

Titre : L'Automobile et les armées modernes
Auteur : Taris, Étienne

Mots-clés : Automobiles*France*1870-1914

Description : 1 vol. (351 p.) ; 22 cm

Adresse : Paris : H. Dunod et E. Pinat, 1908

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 8 De 265

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8DE265>



La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*. You may assemble and distribute links that point to other CNUM documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from CNUM.

L'AUTOMOBILE
ET
LES ARMÉES MODERNES

8^e De 265

L'AUTOMOBILE

ET

LES ARMÉES MODERNES

PAR

ETIENNE TARIS

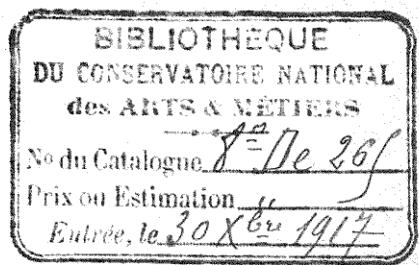
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

49, Quai des Grands-Augustins, 49

1908



A

Monsieur le Général H. Langlois

EN SOUVENIR
DE SES PRÉCIEUX ENCOURAGEMENTS

25 juin 1908.

L'AUTOMOBILE ET LES ARMÉES MODERNES

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

L'INDUSTRIE ET LA GUERRE MODERNE

Le caractère industriel de la guerre moderne est un fait qui résulte des enseignements de l'histoire récente et des dispositions qu'on a adoptées dans les principaux pays civilisés. L'activité industrielle et la puissance militaire ont aujourd'hui une étroite corrélation; elles peuvent même s'engendrer l'une l'autre: l'Allemagne et les États-Unis en sont des exemples.

Ces deux formes de la vitalité des diverses races n'ont pas toujours atteint ensemble leur apogée; dans l'antiquité, on pouvait distinguer assez nettement les peuples marchands des peuples guerriers, Athènes et Carthage de Sparte et de Rome. De plus, jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les guerres étaient loin d'absorber toute l'activité des adversaires; chacun d'eux n'y consacrait qu'une armée de métier, peu nombreuse en général; d'ailleurs, l'enjeu était une ville, une province tout au plus. Les rivalités entre princes ou entre citoyens des villes voisines, des questions d'étiquette

et de préséance quelquefois, suffisaient à amener des hostilités ; on se battait pour son roi, pour son évêque ou pour le plaisir.

La gravité des conflits s'est accrue démesurément depuis un siècle ; la victoire et la défaite auraient maintenant un retentissement lointain et durable sur le développement ultérieur du vainqueur et du vaincu. Le soin qu'on met partout à s'entourer des garanties les plus coûteuses, à s'assurer une supériorité d'armement, même provisoire ; les sacrifices de plus en pénibles que les États s'imposent sans hésiter, tout montre l'inquiétude avec laquelle on envisage l'éventualité d'une guerre.

Mais, en somme, le combat moderne est resté, comme aux premiers temps, l'antagonisme simple de deux forces. On a même introduit, dans le langage de l'art militaire, des expressions tirées des sciences exactes et où reviennent les mots *masse* et *vitesse*, pour ne pas dire *nombre* et *mobilité*. Une conception de plus en plus mécanique et la nécessité vitale de mettre désormais en ligne tout ce que chacun des belligérants possède d'énergie, ce sont là les raisons qui ont donné peu à peu à la guerre la physionomie industrielle déjà signalée.

L'armement. — Industrie est un mot récent, tout au moins dans son sens le plus général. Le xix^e siècle l'a vu naître ; mais, dès sa naissance, l'industrie a été l'auxiliaire de l'art militaire, puisqu'elle n'est, comme lui, que l'art d'utiliser les forces. À l'origine, les soldats disposaient de leur vigueur physique et de machines grossières, dont ils avaient déjà éprouvé le besoin. Il était naturel de les voir adopter, dès leur apparition,

les moyens d'action nouveaux, plus énergiques, que l'industrie moderne imagine tous les jours. L'histoire de l'armement, en particulier celle de la lutte classique entre le canon et la cuirasse, n'est pas autre chose que l'histoire des progrès de l'industrie. C'est ainsi que la loi du plus fort devient rigoureuse ; elle réserve de plus en plus la victoire à l'énergie mesurable en unités mécaniques.

C'est par le fusil que l'évolution a commencé. La métallurgie y a réalisé des améliorations rapides, à partir du premier Empire. Aujourd'hui, les armes portatives possèdent les qualités des instruments de précision, alliées à une puissance effective considérable. Un fusil, dans la main d'un homme d'une vigueur quelconque, c'est un nombre très élevé de kilogrammètres disponibles. Mais il a fallu des aciers à haute résistance et une chimie déjà précise, avant de réaliser l'arme et la cartouche.

Les chemins de fer, dès leur apparition, ont été considérés comme des moyens de hâter les concentrations de troupes et le transport des approvisionnements. La Prusse en avait prévu l'usage méthodique avant 1870 et, à l'heure actuelle, leur utilisation est réglée partout, d'après des plans minutieusement établis.

Toutes les conquêtes récentes sur les forces naturelles ont été de même adaptées aux besoins des armées : les ballons, la bicyclette, le télégraphe, le téléphone et la télégraphie sans fil. On ne se croit plus le droit de rien négliger des inventions utiles, chacune d'elles se traduisant, en définitive, par un accroissement de force disponible. Les armées ne se contentent même pas d'accueillir un à un les perfectionnements apportés dans l'art de la guerre par l'application des méthodes

nouvelles; elles provoquent des recherches et font les frais d'études spéciales. La métallurgie a bénéficié, plus qu'aucune autre industrie, des besoins des armées et des flottes modernes, qui sont ses clientes éclairées. Le problème de l'aviation devra sûrement sa solution, s'il en a une, à l'intérêt qu'il présente dès maintenant pour les armées: tout n'est pas mauvais dans la guerre.

Il y a ainsi réaction réciproque de la fonction et de l'organe. Si l'art militaire profite avidement de tous les progrès industriels, il les amène quelquefois et il en subit après coup la répercussion. Les besoins de l'infanterie ont créé le fusil rayé, se chargeant par la culasse; à son tour, le fusil rayé a modifié les règlements d'infanterie. Il n'est pas jusqu'aux perfectionnements les plus infimes qui n'aient ainsi des conséquences absolument imprévues. Un accroissement notable dans la résistance des aciers coulés amènerait encore un bouleversement du dernier règlement d'infanterie, car il permettrait une cartouche plus chargée, des vitesses initiales supérieures, c'est-à-dire la suppression totale des hausses. La confiance exagérée dans les effets du feu a créé la théorie des positions défensives, dont nous avons eu à déplorer l'application persévérente. L'outillage le plus puissant ne suffit pas, en effet, il faut tenir compte du « facteur moral ». Mais il n'en reste pas moins vrai qu'une nation sera plus apte à soutenir une guerre, si les institutions militaires y sont au niveau exact des dernières conquêtes industrielles.

Les transports militaires. — La plus récente de ces conquêtes est l'automobile. Il était donc à prévoir, qu'après des hésitations qui ont duré autant que les

tâtonnements des constructeurs, on finirait par étudier l'application possible du nouveau moyen de transport aux besoins militaires. Beaucoup de recherches et d'expériences pratiques ont été faites dans divers pays. Le problème a été précisé jusque dans les moindres détails, et, si aucune solution définitive n'a été donnée encore, du moins, l'espoir d'y parvenir est-il permis.

Les transports de ravitaillement aux armées constituent, comme nous le verrons, une des difficultés les plus inquiétantes qu'on ait à prévoir et à tourner. Leur importance croît avec les effectifs et elle est un obstacle à l'accroissement de ces effectifs au-dessus de la limite correspondant à la capacité de rendement des lignes qui les approvisionnent. Il faut, pour se représenter avec quelque vraisemblance ce que sera, peut-être demain, une région d'opérations, en dehors des énormes rassemblements de troupes sur quelques points, imaginer toutes les routes encombrées d'immenses convois, se déplaçant avec peine sur les chaussées défoncées ; les voies ferrées occupées, sur tout leur développement, par des chapelets de trains militaires ; les canaux et les rivières sillonnés nuit et jour par d'interminables files de bateaux, bondés de vivres, d'armes et de matériel. C'est de l'intérieur du pays que les armées de campagne tirent, presque en totalité, vivres et munitions ; en outre, elles y évacuent quotidiennement les malades et les blessés.

De la sécurité et de l'activité de ces échanges dépendent le maintien de la santé des troupes et le succès de la guerre. On affecte à leur exécution toutes les ressources disponibles : elles sont à peine suffisantes. On verra, au cours de ce livre, quelle dispo-

portion existe souvent entre le trafic à assurer et les moyens d'exécution qu'on y consacre.

Aussi, ceux à qui le soin incombe de préparer la mobilisation des armées et leur équipement ont-ils accueilli avec intérêt l'avènement des poids-lourds automobiles. Sans vouloir leur confier, de prime abord, l'exécution en bloc des gros transports militaires, ils y ont vu des auxiliaires possibles et précieux, et, en tout cas, l'assurance que l'automobilisme entrat enfin dans une voie utilitaire, qui ouvre le champ des espérances. Mais l'enthousiasme fut loin d'être universel, beaucoup de critiques, dont quelques-unes sont encore fondées, ont été émises sur la militarisation des camions mécaniques. Il faut y voir la preuve que, si le principe est accepté, des perfectionnements sont pourtant indispensables ; en tout cas il reste beaucoup à faire, beaucoup à travailler.

Cela est d'autant plus exact que l'automobilisme ne se prête pas seulement aux gros transports ; la rapidité des voitures légères est susceptible d'applications différentes (*fig. 1*). L'établissement des types appropriés au transport du personnel, aux évacuations sanitaires, aux services spéciaux de la télégraphie et du génie ; la création des voitures à mitrailleuses, des voitures d'exploration etc., la mise en service progressive de chacun de ces éléments, c'est là ce qui reste à examiner. Une pareille spécialisation de l'automobile n'est pas indépendante de son évolution générale. Pour être tout à fait propres au rude service que leur demanderont les armées, les moteurs ont besoin de gagner beaucoup en robustesse, en rusticité et en rendement. Les châssis doivent également s'améliorer, quant à la simplicité des organes, à l'aptitude aux réparations de

fortune et à la solidité générale. L'approvisionnement en combustible doit faire également l'objet d'études délicates.

D'autre part, une révolution aussi essentielle dans les transports entraînera des aptitudes différentes pour les éléments des corps d'armées ; des groupements nouveaux seront possibles, des bases nouvelles pour-

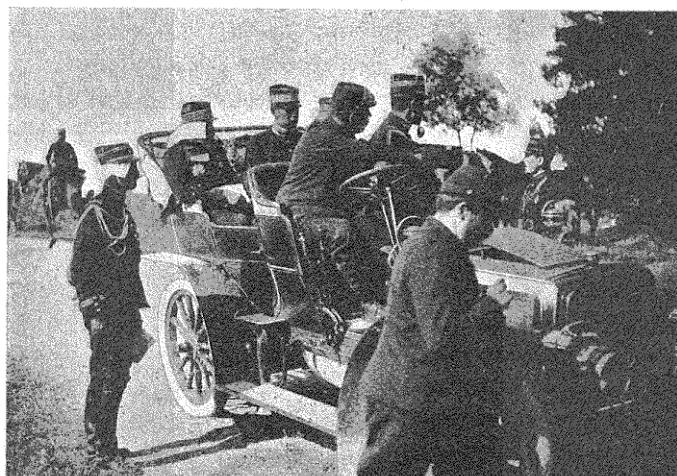


Fig. 1. — Le général Dessirier, gouverneur militaire de Paris, aux manœuvres de 1905.

ront être prises, pour assurer certains services, l'alimentation par exemple. Bien des organes administratifs pourront être réduits ou supprimés, bien des ressources deviendront disponibles, en hommes ou en chevaux. C'est là la réaction signalée de l'organe sur la fonction.

Les industries automobiles. — Plusieurs classes de citoyens sont destinées à concourir à la création

d'une telle organisation. En premier lieu, à ces modifications, les officiers de toutes armes sont intéressés à des titres divers, ceux du train des équipages, de l'artillerie et du génie avant tous les autres, en raison de leurs fonctions en campagne.

Les constructeurs, en second lieu, doivent être guidés dans leurs recherches par une connaissance précise du but à atteindre et des besoins des armées, besoins qui exigent des dispositifs spéciaux. Ces dispositifs n'entraînent pas nécessairement, sauf pour certaines voitures techniques, une différenciation réelle entre la voiture courante et le type militaire. Les qualités que l'administration de l'armée est en droit d'exiger de ses véhicules sont des qualités rigoureusement industrielles : solidité, simplicité, rapidité, économie. Il serait facile, par l'agencement de quelques accessoires, de mobiliser impromptu les voitures privées qui réaliseraient des désiderata aussi complets. En présence du développement de l'automobilisme rural, il semble que les Gouvernements auront bientôt les moyens d'orienter ce courant dans un sens favorable à une mobilisation, par exemple au moyen de primes aux voitures satisfaisant à certaines conditions.

Le commerce des matières premières, telles que le pétrole et le caoutchouc, est un des éléments les plus intéressants du problème de la locomotion nouvelle. Si la France est jusqu'ici fort dénuée de sources d'huile minérale, il n'en est pas de même pour le caoutchouc, qui forme une part importante du commerce de toutes ses colonies. Il n'est même pas interdit d'espérer qu'on y rencontrera quelque jour, en Indo-Chine par exemple, des gisements pétrolifères.

Une littérature déjà copieuse s'est créée, pour l'examen

et la discussion de tous les sujets d'études que nous venons d'énumérer. Elle est fertile en journaux techniques, où revient de plus en plus fréquemment la préoccupation de l'avenir que les armées modernes réservent à l'automobilisme. L'Allemagne, l'Autriche, l'Italie, l'Angleterre, la France possèdent des revues fort complètes, qu'il est utile de consulter. On y saisit sur le vif la diversité des efforts entrepris, l'étendue des résultats constatés, le nombre considérable des solutions proposées et l'intérêt que les questions auxquelles elles répondent suscite dans les milieux militaires étrangers.

Une fermentation aussi active ne peut pas être considérée comme une agitation stérile, dont rien ne survivra. Il faut, bon gré mal gré, restituer à l'automobilisme toute sa réelle importance et considérer son apparition et son développement comme des événements comparables à l'apparition et au développement des chemins de fer. Les deux phénomènes sont d'ailleurs connexes. Ce sont les étapes de l'organisation automatique et rationnelle du mouvement à la surface du sol, quelque chose d'analogue à la formation progressive des réseaux artériel et veineux, depuis les troncs principaux jusqu'aux multiples ramifications des capillaires.

L'automobile en France. — Aucun pays n'est plus désigné que la France, pour accorder sa bienveillance et sa protection intelligente à cette organisation naissante. Elle y est engagée par l'avance importante que l'industrie automobile française a prise sur celle des pays voisins. Cette avance a fait rentrer chez nous, en 1907, 150 millions d'argent étranger. Mais la raison

principale, qui est aussi la véritable source de prospérité de l'automobilisme en France, c'est notre admirable réseau routier. Ce n'est pas là un lieu commun, comme ceux que le chauvinisme national aime à développer. Nous sommes redevables de cet avantage à la fois à la constitution géologique de notre sol et à une prospérité déjà vieille de trois siècles, en face des jeunes prospérités rivales. Les routes de France, bordées de chênes séculaires, étaient déjà parcourues depuis bien des règnes par les postillons légendaires ; elles étaient passées au rang des antiques institutions, alors que, chez nos voisins immédiats, leurs pareilles n'existaient pas encore, même en projet. Les nôtres ont presque toutes un passé et une histoire ; les leurs sont nées d'hier et n'ont pas de souvenirs. Cette supériorité se complète par les paysages que la France offre aux touristes et dont le charme les attire, chaque jour plus nombreux ; c'est ici la véritable patrie de l'automobile.

Personne n'ignore qu'en bien des contrées le chemin de fer a « tué » la route. Cela n'est vrai qu'au figuré et pour un temps. Néanmoins, les remises ont fermé leurs portes, les unes après les autres ; la richesse des hôteliers et des loueurs de voitures s'est envolée ; rien n'est venu remplacer, le long des chaussées, sonores autrefois du roulement des diligences et du fouet des cochers classiques, les nombreux métiers dont on vivait, aux abords des grands chemins. Quelque chose d'analogique s'est produit pour certains canaux, où les bateliers se font de plus en plus rares ; des villes aussi se sont endormies dans l'inaction et la solitude, depuis que la locomotive a fait dévier loin d'elles, méprisées par les express, le commerce et la richesse.

On ne peut encore rien prévoir, quant aux voies navigables, mais tout annonce le réveil des routes assoupies. Jusqu'ici, à vrai dire, seules les voitures de luxe, pressées et dédaigneuses des villages, y soulèvent une poussière qui rend les riverains hostiles.

Ce sentiment disparaît déjà dans les grands centres, où les magasins d'essence et d'accessoires, les mécaniciens, les patrons d'hôtel, les marchands de souvenirs profitent d'une générosité avivée par l'agrément du voyage, ou stimulée par la nécessité. Mais ce n'est là qu'un début. L'organisation économique des transports automobiles sur route est entrée dans la période des études préparatoires. Déjà des services fonctionnent dans des conditions suffisamment rémunératrices pour qu'ils songent à s'agrandir et pour trouver des imitateurs. Beaucoup d'expériences sont nécessaires, avant qu'on puisse déterminer, dans chaque cas particulier, la solution exacte, hors de laquelle il n'y a que déboires et catastrophes. Mais il y a là un symptôme très sérieux d'une résurrection du trafic rural, qui s'allierait étroitement à une agriculture résolument scientifique. Beaucoup de régions, où l'établissement de voies ferrées est impossible, en raison du profil, sont au contraire très aptes à alimenter un service automobile, dont les frais d'établissement sont assez faibles. Il y a longtemps qu'on a publié là-dessus les chiffres qui justifient cette opinion. Ces chiffres ont varié depuis lors ; mais la démonstration n'en est devenue que plus rigoureuse. En tout cas, l'ouverture de plusieurs lignes, dans la Seine-Inférieure, est là pour prouver, par l'expérience, que la chose peut être tentée.

De semblables services semblent donc destinés à compléter ou à suppléer la voie ferrée, partout où elle

ne peut atteindre. Dans les pays de montagne, le cas se présente fréquemment ; or, c'est précisément dans de tels pays que la conduite des opérations serait le plus pénible et le plus risquée. Il ne serait donc pas d'un mince intérêt, pour une armée, d'y trouver ou d'y conduire des automobiles, propres à lui servir de pourvoyeuses rapides.

L'automobile aux armées. — On voit, par ce qui précède, que, par bien des points, le développement de la locomotion mécanique intéresse directement les armées. Elles ne sont pas restées indifférentes devant la popularisation rapide du cyclisme ; beaucoup de maîtres éminents sont les défenseurs des bataillons cyclistes de création récente. On ne peut pas refuser à l'automobile l'attention qu'on a accordée à la bicyclette. Personne n'y songe, il est vrai ; mais cela ne suffit pas. L'automobilisme est un événement social de première importance et il ne suffit pas de ne pas lui demeurer étranger. On munit déjà les élèves des écoles militaires d'un certain minimum de connaissances usuelles, où l'on fait entrer l'escrime, la natation, et la pratique de la bicyclette. Il faut compter qu'avant longtemps on y joindra nécessairement celle de la voiture automobile, pour les mêmes raisons. Il ne sera plus permis, d'ici quelques années, d'ignorer l'organisation élémentaire d'un châssis. Dès maintenant, il est bon que les officiers de toutes armes se familiarisent avec des mécanismes d'un usage courant. Il y a à cela bien des motifs. Le plus clair, c'est que les voitures à traction mécanique sont sur le point de conquérir droit de cité dans les services des armées modernes ; elles présentent donc, pour les fantassins et les cavaliers, le

même intérêt que le canon, auquel elles seront souvent associées.

On a essayé, dans les chapitres qui suivent, de faire un exposé exact des problèmes actuellement soulevés par la nouvelle locomotion et du point où en sont les recherches dans les principales armées d'Europe. Les sources qu'on a consultées sont les publications étrangères, les revues militaires et les revues techniques françaises. Les nombres qu'on rencontrera sont extraits, pour la plupart, du *Vade-Mecum* bien connu. Plusieurs peuvent ne pas correspondre à la réalité des faits, réalité confidentielle ou demeurée imprécise ; mais, dans la plupart des cas, ils suffiront à donner de chaque question une idée très approchée.

On a cru nécessaire de faire une description assez complète de l'organisation des services de l'arrière aux armées, afin d'en mieux faire saisir l'immense complication et les difficultés. Quelques schémas très classiques éclairent cette exposition, forcément aride.

En écrivant cet ouvrage, l'auteur s'est proposé un double but : rappeler à quelques-uns de ses lecteurs et exposer aux autres combien la préparation à la guerre est une œuvre multiple, délicate et épineuse, qui exige le concours simultané des talents les plus vastes et les plus variés. L'étude des diverses applications possibles de l'automobile permettra d'effleurer l'organisation d'un grand nombre de services distincts, dont le fonctionnement est indispensable à la bonne issue des opérations. L'armée mobilisée apparaîtra ainsi comme un immense organisme vivant, possédant un système nerveux et toutes les fonctions nécessaires à la vie. Mais, depuis que les lois de recrutement ont élevé les contingents disponibles au niveau qu'ils atteignent

aujourd'hui, l'animal robuste, agile et sain qu'était l'armée napoléonienne est devenu un être géant et lymphatique. La circulation est lente dans son grand corps anémié ; le souci de lui conserver une activité suffisante est un des plus graves du général en chef. Les tissus les plus périphériques sont menacés d'un appauvrissement fatal, par défaut d'une nutrition appropriée ; dans ces conditions, il est impossible de leur demander des efforts suivis et intenses. Il faut donc activer les échanges nutritifs, éliminer les produits nuisibles, réveiller le système nerveux atone, mettre sur pied une bête agressive, dotée de muscles bien nourris, l'œil clair, l'oreille au guet.

C'est de la rapidité dans les échanges qu'il faut attendre un résultat aussi désirable, aussi capital. Le télégraphe, le ballon, la bicyclette et l'automobile y contribueront ensemble. Ce sont là les principaux représentants du facteur vitesse, qu'on se plaît aujourd'hui à faire entrer dans les démonstrations de l'art militaire. Si une armée vaut par sa masse et par sa vitesse, comme on l'enseigne de plus en plus, il est hors de doute que l'automobile est un instrument de guerre de premier ordre. Elle peut posséder ces deux propriétés à un degré éminent et elle est apte à communiquer aux armées qui en feront un emploi raisonné une qualité essentielle : la *mobilité*.

CHAPITRE II

LES AUTOMOBILES MILITAIRES EN EUROPE

Avant d'aborder l'exposé historique succinct des premières recherches entreprises dans les divers pays d'Europe sur l'application de l'automobilisme aux armées, il convient de signaler l'importance de ces essais et la faveur très visible où ils sont, auprès des chefs d'État, des Gouvernements et des théoriciens militaires. Ce fait ressort nettement du soin avec lequel les administrations supérieures se font tenir au courant des questions d'automobilisme et du concours fréquent qu'on attend des volontaires aux diverses manœuvres.

AUTRICHE

Le 24 juillet 1903, l'Empereur a approuvé les Statuts du Freiwilligen-Automobil-Corps Autrichien ou Corps d'Automobilistes volontaires, et, le 29 août suivant, 41 voitures partaient aux grandes manœuvres, sous la conduite du prince Alexander Solms, président de l'Association. A l'origine, les conditions d'admission au F. A. C. étaient les suivantes:

- 1^o Être sujet autrichien;
- 2^o Posséder une voiture de 16 HP au minimum;

- 3^e Prendre part à des séries d'exercices de dix jours ;
4^e Posséder un domestique autrichien ou hongrois.

Le Ministre de la Guerre a adopté pour le F. A. C. autrichien un uniforme gris bleu spécial, qui comporte,

pour la petite tenue, une tunique, une culotte, des jambières, une casquette, une ceinture à cartouchière et un revolver (*fig. 2*).

Les dispositions définitives que le Ministre de la Guerre a adoptées sont les suivantes :

Le F. A. C. peut être convoqué en bloc en cas de guerre. En temps ordinaire, chacun de ses membres doit participer, dans un intervalle de quatre ans, à trois périodes d'instruction, de dix jours chacune.

Pendant ces périodes, les membres du F. A. C. sont entièrement à la disposition de l'autorité militaire et recevraient, en cas de guerre, s'ils n'appartenaient pas par avance à la réserve de l'armée active, comme officiers ou comme cadets, le grade et la solde de lieutenant. En temps de paix, leur solde est de



FIG. 2. — Uniforme du F. A. C. Autrichien
(Tenue de campagne).

16 francs; le chauffeur qu'ils sont tenus d'emmener avec eux reçoit 5 francs par jour. A la déclaration de guerre, on leur allouerait une indemnité d'entrée en campagne de 1.000 couronnes par voiture, de 200 couronnes par motocyclette.

Les manœuvres de 1906, en Autriche, ont mis à l'épreuve tous les véhicules automobiles expérimentés auparavant. Onze automobilistes volontaires y ont pris une part active et ont rendu de grands services pour l'expédition des ordres. A côté de ce premier essai, on a expérimenté trois trains automobiles, destinés à assurer le ravitaillement. Ces trains se composaient chacun de 1 voiture-tracteur et de 4 camions-porteurs, chargés chacun de 8 tonnes de poids utile. Les moteurs avaient les puissances respectives de 35, 45 et 60 HP. Ils étaient conduits chacun par un soldat-chauffeur, assisté de deux mécaniciens; en outre, à chaque camion était attaché un homme pour le service. La conduite des trois trains avait été confiée à deux lieutenants.

Essayés ayant les manœuvres sur des côtes fôr dures, les trains avaient donné déjà satisfaction. Cette impression n'aurait pas été, dit-on, infirmée, après l'expérience plus concluante des manœuvres, où les trains auraient effectué des parcours journaliers à pleine charge de 73, 90, 110, 89, 72, et 60 kilomètres.

Une mitrailleuse automobile a été expérimentée également et elle s'est comportée d'une façon très remarquable, en franchissant beaucoup de terrains réputés impraticables, beaucoup de pentes à 50 0/0 et en débouchant inopinément en des points où sa présence aurait eu, en réalité, des effets très sérieux.

Les motocyclettes ont figuré en grand nombre à ces mêmes manœuvres ; elles paraissent jouir en ce moment d'une grande faveur, auprès des autorités militaires autrichiennes.

Tous ces véhicules ont évolué aisément le long des routes, pendant les marches ou les stationnements. Il n'en est résulté, ainsi qu'on aurait pu le craindre, aucun inconvénient sérieux pour les colonnes. À ce sujet, on a beaucoup remarqué les qualités des motocyclettes à une ou à deux places. Ces dernières, en raison de leur commodité et de leur facilité d'évolution sur tous les chemins, sont considérées comme devant remplacer, auprès des petites unités, les grosses voitures, dont on n'aura pas un nombre suffisant et qu'il pourrait même être nuisible de multiplier.

La ville de Prague offre, d'ailleurs, un exemple de services publics (celui des Postes) exécuté par des motocyclettes à une ou deux places analogues à nos tri-cars. Ces voiturettes transportent, outre le conducteur, soit un facteur avec sa boîte, soit une caisse assez grande, pour le service des colis postaux. L'Administration des Postes s'occupe, en Autriche, d'introduire les voitures automobiles dans tous ses services, d'après les résultats qu'ont fournis les expériences, déjà anciennes, qui ont été faites en Bavière, où des lignes d'omnibus fonctionnent aujourd'hui régulièrement dans la campagne.

Les lignes des chemins de fer autrichiens sont en nombre trop restreint, pour desservir tous les centres dont la population justifierait la présence d'une gare. Il en résulte que le service des transports par diligence a encore, dans une bonne partie de l'Europe centrale, un trafic considérable. On a indiqué récemment, dans

une revue militaire autrichienne, une mesure qui donnerait la solution du problème très délicat de la constitution des parcs militaires automobiles. L'auteur, après avoir reconnu les inconvénients de la diversité des types et constaté l'impuissance du budget de la guerre à former en bloc, dès maintenant, un parc composé de voitures identiques et appropriées à leur fonction, propose de commencer, dans les services postaux de ville à ville, le remplacement progressif des diligences par des omnibus automobiles. Le transport des bagages et des colis lourds peut devenir la source de bénéfices suffisants, pour qu'on entre résolument dans cette voie. Le matériel qu'on y affecterait serait dès lors utilisable par l'armée et formerait une réserve toute trouvée, où le Ministère de la Guerre n'aurait qu'à puiser, au moment du besoin.

Cette idée a été, semble-t-il, assez bien accueillie dans les milieux influents, et l'on signale déjà quelques circulaires, qui indiquent un essai de transformation du matériel et qui invitent plusieurs maisons d'automobiles à soumettre des types à l'examen d'une commission compétente.

HONGRIE

La Hongrie, quoique en retard sur l'Autriche, au point de vue du nombre des automobiles (ce qui s'explique aisément par l'état du réseau routier), se prépare à marcher dans la même voie. Un corps d'automobilistes volontaires s'est organisé en 1908, sur des bases exclusivement militaires et probablement d'après les idées qui ont présidé récemment à la création du corps anglais correspondant, qui est contemporain.

ITALIE

L'état florissant de l'industrie automobile en Italie s'explique un peu, si l'on pense qu'il faut y remonter à 1873 pour trouver la première utilisation publique des véhicules à traction mécanique par une entreprise industrielle. On s'était aperçu tout de suite de l'heureux emploi qu'on pouvait faire des locomotives routières, des voitures à vapeur et à essence de pétrole. Une soixantaine de camions automobiles furent achetés par l'Administration militaire, en 1876. Elle les avait commandés en Angleterre, pour concourir à l'édification des forts, au transport des matériaux de construction et des approvisionnements ; ils avaient été répartis entre l'artillerie et le génie, qui se contentaient alors de 5 kilomètres à l'heure. C'est avec ces auxiliaires, un peu lents, mais robustes, que fut construit l'arsenal de la Spezzia et que furent amenées les pièces de 24 et de 32 dont on arma les batteries de ce grand port militaire.

Le corps du génie italien, qui s'est toujours montré un partisan averti de l'automobile, inaugura de 1898 à 1900, avec le général Mirandoli, des recherches systématiques ; ce dernier put conclure nettement en faveur de l'établissement d'un parc de corps d'armée automobile. Mais ses idées ne purent triompher. Néanmoins, après des hésitations, l'efficacité de l'automobile dans le transport du personnel et la transmission des ordres fut reconnue et de nouveaux essais furent entrepris, dont le capitaine Pagliano a rendu compte. Dans son rapport, cet officier conclut, lui aussi, à la nécessité des automobiles militaires, pour beaucoup

de raisons. Il en a vérifié, tout d'abord, la commodité et le rendement élevé, mais il en signale encore un avantage tout à fait particulier, qui est l'économie. Nous ne reproduirons pas ici les calculs par lesquels il établit les résultats que nous donnerons seuls. Ses évaluations se rapportent au parc d'un corps à deux divisions. Il admet que l'on doit se borner, en général, à utiliser les voitures comme tracteurs, en se basant sur la règle suivante : un moteur capable de démarrer avec un poids de 4 tonnes sur son propre châssis doit pouvoir démarrer avec 12 tonnes, si elles sont simplement attelées derrière et fractionnées en quatre éléments par exemple. En appliquant ce principe d'une manière absolue, un parc automobile réaliserait, d'après le capitaine Pagliano, une économie nette de 1.000 francs par jour. Les recherches continuent sous la direction du général Saletta.

Les automobiles aux manœuvres italiennes.

— Le roi et les généraux italiens sont acquis, dès maintenant, à l'automobilisme. Aux dernières manœuvres ont pris part 35 voitures, dont 30 privées et 5 appartenant à l'État. Elles ont été partagées entre les deux partis en présence et la direction des manœuvres ; voitures et chauffeurs se distinguaient par des fanions et des brassards bleus, rouges et blancs. Le Ministère de la Guerre avait établi un règlement succinct, renfermant les prescriptions essentielles du service des automobilistes appartenant à un corps national analogue à ceux que nous connaissons déjà. Pour les manœuvres, on avait distribué à tous les chauffeurs :

- ~ 1^o Une carte au 1 : 100.000^e de la région des manœuvres ;

2° Un guide de la Campanie, édité par le Touring Club;

3° Un règlement; celui-ci contenait des renseignements sur les approvisionnements constitués dans les quatre camps établis pour les opérations, ainsi que les bons indispensables pour se ravitailler ou obtenir les pièces de rechange.

En chacun des camps était stationnée une voiture de secours. Dès que l'une des voitures en service était signalée comme ayant subi des avaries importantes, l'automobile de secours, montée par des mécaniciens, se portait en hâte sur les lieux et l'on procédait sur-le-champ aux réparations. Cette mesure, érigée en principe pendant toute la durée des manœuvres, a donné d'excellents résultats.

Les propriétaires des voitures et leurs chauffeurs avaient été pourvus, pour la circonstance, des grades respectifs d'officier et de sous-officier. Quand ils rencontraient le roi ou les généraux directeurs, ils devaient s'arrêter pour pouvoir prendre les ordres, s'il y en avait.

Des indemnités spéciales avaient été prévues comme solde et pour l'entretien des voitures. Les automobilistes recevaient 10 francs par jour, les chauffeurs 5, sans distinction de jours de travail et jours de repos. L'allocation pour les voitures était fixée à 0 fr. 15 par kilomètre, pour les moteurs de plus de 0^m,090 d'alésage. Le transport des véhicules était gratuit, à l'aller et au retour, sur les chemins de fer entre la région des manœuvres et le domicile du propriétaire. Au cas où il s'y rendait sur sa voiture, il avait droit, pour ce parcours, à la même indemnité kilométrique de 0 fr. 15.

Les trains automobiles. — Depuis lors, on a continué les expériences, en étudiant les mitrailleuses automo-

biles et les canons à tir rapide. La dernière exposition de Milan a fait connaître plusieurs types nouveaux d'automobiles militaires, parmi lesquels il faut signaler les voitures ambulances et les voitures électriques. Les premières répondent à un besoin qui a été signalé dans tous les pays par les médecins militaires. Les autres sont un indice de l'esprit qui règne actuellement dans les milieux militaires italiens ; c'est la préférence marquée qu'on y laisse voir pour les camions électriques.

L'un des trains qui figurait à Milan est dû au capitaine du génie Cantono. C'est, au premier abord, une copie du train Renard : même moteur unique dans la voiture avant, mêmes récepteurs de force dans chacun des éléments qui suivent. En réalité, c'est un système très différent et qui peut prétendre être une amélioration. Le moteur avant, qui fait 70 chevaux, est un moteur ordinaire d'automobile ; il est accouplé à une dynamo génératrice, et cette adjonction, aujourd'hui banale, n'exige guère qu'un régulateur électromagnétique. Le courant est envoyé dans les essieux moteurs des éléments passifs attelés au premier. En somme, c'est la transmission mécanique du train Renard, avec ses pertes de force et ses ruptures d'engrenages possibles, remplacée par la transmission électrique, la plus économique, la plus souple, la plus sûre qui soit. Ces avantages sont compensés par une complication réelle, qui amène avec elle des risques d'accident ou d'indisponibilité. L'ensemble du train comporte un moteur, une dynamo génératrice et dix moteurs électriques. C'est plus qu'il n'en faut, en cas de construction défectueuse, pour être en panne fréquemment.

Il faut toutefois remarquer, à la décharge du train

Cantono, qu'il possède un dispositif des plus heureux, lequel n'existe guère qu'en Belgique et qui consiste dans l'adjonction d'une batterie d'accumulateurs, dont le rôle est le suivant: en plaine, la batterie emmagasine le surplus d'énergie inutilement engendrée par le moteur; en côte, la batterie arrive à la rescousse, unit son effort à celui du moteur à bout de souffle et se comporte ainsi comme un volant de machine à vapeur. Cette utilisation des batteries n'est nouvelle, du reste, qu'en matière d'automobile. A l'aide de cet appoint, le moteur a remorqué le train Cantono dans les côtes les plus dures et par les chemins les plus détestables.

Le train Novarretti est actionné simplement par une voiture motrice avant, à laquelle on a joint les suivantes par un système articulé, qui fait suivre à toutes le chemin tracé par la première.

La section d'automobilistes. — Ce n'est pas seulement de l'initiative privée que l'Italie a attendu jusqu'ici le développement des applications militaires de l'automobilisme. Elle a organisé de toutes pièces une institution officielle qui fonctionne de la manière suivante : Le 18 juillet 1906, une décision du Ministre de la Guerre a créé une section spéciale d'automobilistes militaires, rattachée au groupe des chemins de fer du génie, à Rome. Un programme d'instruction a été établi; il comprend les connaissances indispensables à la fois à un soldat et à un chauffeur. Les cours se feront en deux parties :

1^o Stage de trois mois dans l'usine qui aura fourni les machines (ce stage est prévu et assuré par son inscription au rang des clauses d'achat). Pendant ce stage, les soldats automobilistes se mettront au courant de

la fabrication de toutes les pièces qui entrent dans la construction de leur voiture, ainsi que de leur agencement entre elles. Ils apprendront, pour ainsi dire, l'anatomie et la physiologie de l'automobile.

2^e Cours d'instruction, à Rome. Ces cours porteront sur :

- La conduite des voitures ;
- La géographie de l'Italie ;
- La lecture des cartes ;
- La comptabilité des isolés.

L'uniforme prévu pour les soldats automobilistes comprend un manteau imperméable, une casquette, des lunettes et des gants.

La création de cette section d'automobilistes est un fait important à signaler. C'est le premier pas dans la voie où devront sans doute s'engager successivement toutes les armées européennes, si elles veulent pouvoir compter, d'une façon ferme, sur les éléments automobiles dont elles disposeront. Sans doute, les corps volontaires sont déjà des auxiliaires qu'il ne faut pas négliger. Mais il y aura à s'occuper tôt ou tard, outre les voitures rapides, destinées à faciliter les communications des chefs entre eux et la transmission de leurs ordres, des nombreux camions qu'on en arrivera bien à embrigader un jour, dès que les expériences actuelles auront permis de conclure et de fixer un choix. Il sera nécessaire, alors, de posséder un personnel et surtout des cadres appropriés, que l'appel des réserves fournirait sûrement comme nombre, mais non probablement comme qualité. Nous serons forcés de revenir plus tard sur certains points du programme d'instruction cité plus haut. Il peut servir de base, sinon de modèle, à ce qui reste à faire, ailleurs qu'en Italie, en

profitant de l'expérience des manœuvres où les sections d'automobilistes ont montré ce qu'elles peuvent faire.

ANGLETERRE

On ne pense pas à l'armée anglaise, quand il s'agit de prélever, parmi les armées modernes, le meilleur des idées et des institutions nouvelles. En attendant que ce soit là un oubli grossier, grâce à la réorganisation que nos voisins viennent de commencer, il faut constater, cependant, qu'en matière d'automobiles militaires, l'Angleterre n'a rien à envier aux puissances continentales.

L'Army Motor Reserve. — En premier lieu, sous la direction du Ministère de la Guerre, le corps d'automobilistes volontaires, créé en Angleterre sur le modèle des corps du continent, a subi une transformation complète, qui l'a mis complètement dans la main de l'autorité militaire. Il avait été créé, en 1903, par le colonel Mark Mayhew et avait pris part, en septembre de la même année, à ses premières manœuvres. Chaque année, son importance et ses services avaient attiré davantage sur lui l'attention du Gouvernement. Il vient d'être dissous, sur l'ordre du roi; à sa place, on a créé, sur des bases légèrement différentes, l'*Army Motor Reserve*. On a ramené de dix à sept jours la durée de la période des exercices annuels; encore ces sept jours ne seront-ils pas forcément consécutifs. En revanche, peuvent faire partie de l'*Army Motor Reserve*, non seulement les membres de l'ancien corps volontaire, mais toutes les personnes en possession de certaines capacités requises. Les seuls grades conférés

dans l'*Army Motor Reserve* seront : lieutenant-colonel, commandant, capitaine, lieutenant et sous-lieutenant. La limite d'âge a été fixée à soixante ans.

En dehors de la solde qui correspond à leur grade, les officiers du corps nouveau recevront les indemnités journalières suivantes :

Lieutenant-colonel	24	shillings
Commandant	19	—
Capitaine	13	— 6 pences
Lieutenant	10	—
Sous-lieutenant	7	— 9 pences

Ils devront tous prendre l'engagement de mettre leur voiture à la disposition de l'État, en cas de guerre, ou bien de la lui abandonner, contre une somme déterminée. Le colonel Mayhew, qui est également à la tête de l'*Army Motor Reserve*, espère porter bientôt à 1.000 le nombre de ses membres, qui est actuellement de 200.

Projecteurs et mitrailleuses. — En 1902, F.-R. Simms avait construit et exposé une voiture de guerre, avec projecteur électrique. Aux dernières manœuvres anglaises, à Salisbury, a pris part une voiture construite par J.-W. Brook and C°, et confiée au 1^{er} Tynesside Bataillon des Royal-Engineer-Volunteers, qui était chargé de la défense des côtes. Les caractéristiques étaient les suivantes : un châssis de 45 HP portait un moteur de 15 HP à 3 cylindres et une dynamo; le courant fourni par cette dernière alimentait le projecteur. L'ensemble a fonctionné d'une manière satisfaisante.

Le capitaine Thornycroft-Vernon a imaginé aussi, en 1906, un affût automobile pour mitrailleuse. La

voiture est très légère, quoique résistante. Un moteur de 12 HP peut la traîner à travers champs et lui assure, sur les routes, une vitesse de 30 kilomètres à l'heure. Cette rapidité est suffisante pour permettre à la machine de se plier à toutes les manœuvres de la cavalerie, sans perdre le contact. Les quatre hommes nécessaires au service de la mitrailleuse prennent place à l'avant ; sur les côtés et en arrière sont les caisses de cartouches, les outils et les pièces de rechange. Le châssis transporte un appareil de franchissement des petits obstacles.

On a déjà signalé en Allemagne (il est d'ailleurs incontestable) l'intérêt des mitrailleuses de ce genre pour les opérations maritimes. L'obstacle principal qui limite encore les succès des gros navires, dans l'attaque des places maritimes, est la difficulté d'un débarquement efficace. Mettre à terre un corps d'infanterie, en pays ennemi, est toujours une entreprise délicate et hasardée, *a fortiori* est-il difficile de donner à ce corps un soutien quelconque d'artillerie, sans lequel pourtant il ne peut pas grand'chose contre la garnison des places ennemis. Il ne serait pas impossible de loger plusieurs mitrailleuses automobiles sur un cuirassé ; leur débarquement serait autrement simple, rapide et pratique que ne l'est actuellement celui des canons avec leurs attelages. Il ne serait même pas nécessaire d'aménager les cales pour les recevoir. Une fois à terre, les mitrailleuses pourraient tenter des coups de surprise, et, en tout cas, assurer au corps de débarquement la supériorité en artillerie sur les garnisons des côtes, forcément restreintes au début, en raison du développement du littoral. En cas d'insuccès, c'est sous la protection de ces mêmes mitrailleuses que l'embarquement se

ferait en toute sécurité ; après quoi, par une fuite à toute allure, elles se déroberaient à un ennemi devenu supérieur en nombre, pour tenter de se rembarquer plus loin. On ne serait exposé par là qu'à la perte d'un petit nombre d'hommes et d'un matériel restreint. Ces considérations ne sont absolument pas neuves, ni propres seulement à la machine du capitaine Thornycroft-Vernon. Toutes les mitrailleuses de ce genre (il y en a beaucoup) possèdent des qualités comparables ; mais elles ne présentent nulle part plus d'intérêt qu'en Angleterre, où la défense des côtes (à laquelle elles se prêtent aussi bien qu'à leur attaque), est toute la raison d'être de la flotte anglaise. Il est naturel de trouver l'Angleterre à l'affût des améliorations qu'on peut apporter à l'armement des cuirassés et c'est là un argument de plus en faveur du procédé préconisé ici.

ALLEMAGNE

Le développement rapide de l'automobilisme en Allemagne a attiré, là comme ailleurs et plus qu'ailleurs, l'attention des autorités militaires sur les aptitudes spéciales de la locomotion nouvelle. Le-Kaiserlich Automobil-Freiwilligen-Corps, dirigé par le major von Brandenstein, a été le modèle des corps d'automobilistes volontaires, modèle sur lequel on a calqué les corps analogues dans les autres nations. Il a pris part déjà à un certain nombre de manœuvres, où l'on a utilisé les automobiles uniquement au transport du personnel et à la transmission des ordres. Il faudrait à ce propos, refaire les observations déjà faites.

Nous ne nous y étendrons donc pas.

On a expérimenté en outre des combinaisons plus originales : voitures de guerre, voitures blindées, voi-

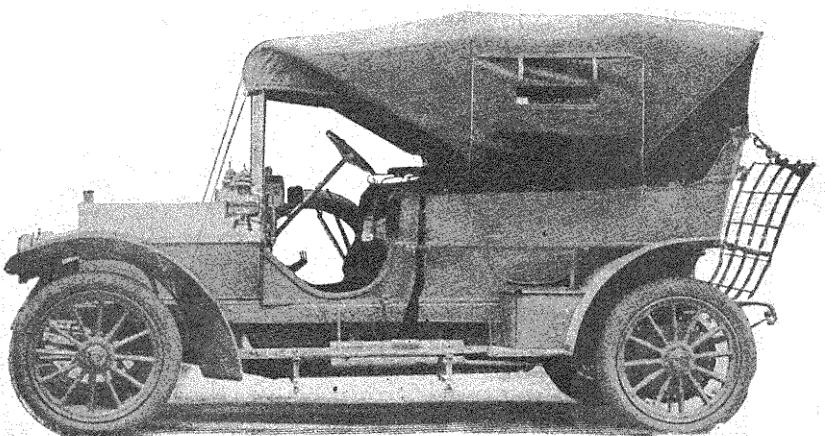
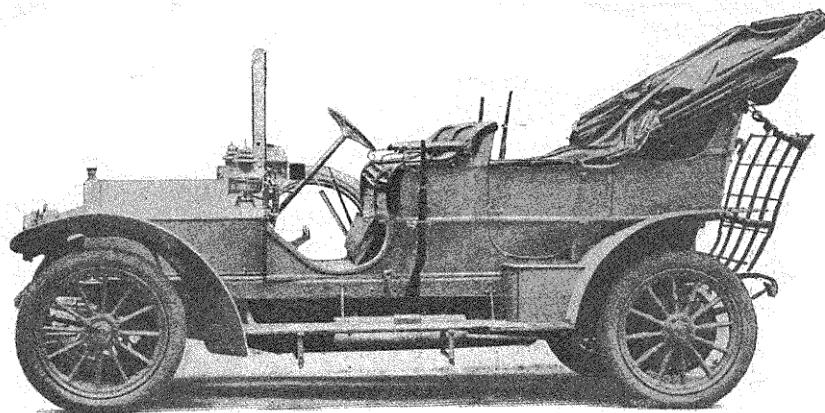


FIG. 3. — Automobile d'État-Major (Allemagne).

tures contre les ballons. Les premières (*fig. 3*) ne présentaient aucun caractère saillant et ne constituaient pas une innovation réelle. Les voitures blindées (*fig. 4*)

sont analogues à celles dont nous donnerons plus loin une description détaillée. Quant aux voitures à ballons, elles consistent en une simple tourelle automobile, pouvant se déplacer avec une grande rapidité et susceptible de se maintenir, pendant quelques minutes, à bonne portée d'un dirigeable, pour tenter, avec quelques

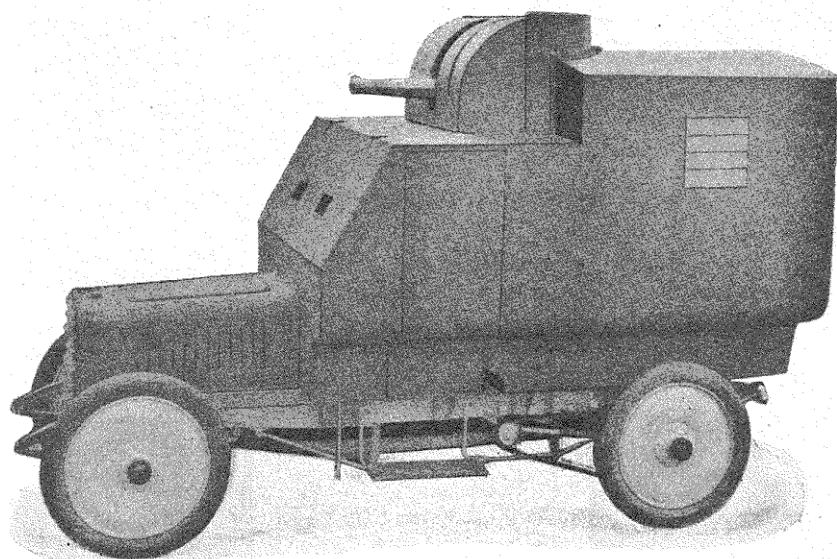


FIG. 4. — Mitrailleuse automobile (Allemagne).

chances de succès, de l'atteindre avec un canon spécial.

Enfin des trains routiers militaires ont pris part, en 1907, aux manœuvres de Bavière.

Le fait capital, en ce qui concerne nos voisins de l'Est, réside plutôt dans l'intérêt que portent à l'automobilisme l'empereur Guillaume et les pouvoirs publics, en particulier les grands chefs de l'armée. L'empereur, qui assiste régulièrement aux grandes manifesta-

tions automobiles, possède personnellement plusieurs voitures, qu'il utilise fréquemment, surtout aux manœuvres. Quant aux généraux, un grand nombre d'entre eux sont complètement acquis à l'automobile, et les écrivains militaires autorisés lui prédisent un rôle extrêmement actif dans la guerre future, tant au point de vue de la célérité que de l'intensité des transports¹.

1. Rien n'est plus caractéristique que le projet, étudié récemment, qui consisterait à créer les routes automobiles stratégiques jalonnées par Francfort-Kaiserslautern-Sarrebruck-Metz-Strasbourg, puis Strasbourg-Carlsruhe-Mannheim-Würzbourg et enfin Cologne-Mayence.

CHAPITRE III

LES AUTOMOBILES MILITAIRES EN FRANCE

Il n'entre pas dans le plan de cet ouvrage de rappeler en détail tout ce qui a été fait en France, en vue d'appliquer l'automobile aux besoins des armées. Cet exposé exigerait des développements historiques surabondants, car l'Administration militaire a pris bien des fois contact avec l'industrie, soit en décernant des primes aux véhicules les plus intéressants, soit en déléguant des officiers commissaires, pour l'organisation des épreuves de poids lourds. Ces marques d'intérêt ont eu des conséquences pratiques significatives, telles que l'achat de voitures d'ambulance automobiles et de camions, et l'organisation des services automobiles de ravitaillement, au cours de certaines manœuvres. C'est par là, surtout, que l'on peut apprécier à sa mesure exacte la valeur pratique des nouveaux procédés de transport. C'est donc sur ce point que nous insisterons le plus.

Les manœuvres de Langres en 1906. — Les grandes manœuvres de 1906 ont été consacrées à la guerre de siège. La ville de Langres, et en particulier le secteur Nord-Ouest de cette place, ont été régulièrement investis; on y a exécuté réellement quelques-

uns des nombreux travaux d'approche que comporte un siège moderne. Les divers services prévus par les règlements ont été organisés ; c'est ainsi qu'on a vu fonctionner, à l'attaque et à la défense, la télégraphie, l'aérostation, etc. La nature du sol où se sont déroulées les opérations est essentiellement propre à créer des difficultés à l'assiégeant, par suite de la peine qu'on

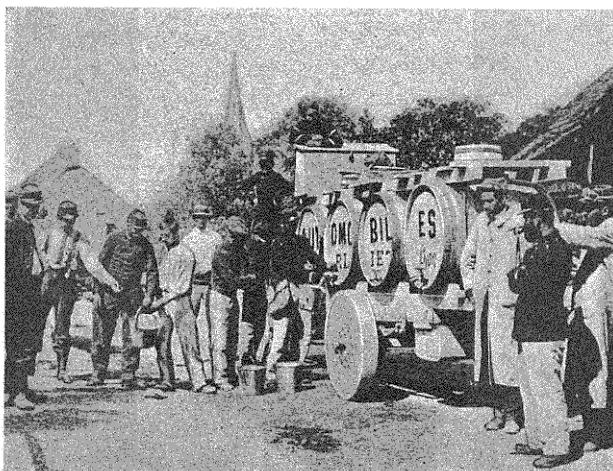


FIG. 5. — Aux manœuvres de Langres (1906). Ravitaillement en eau potable.

éprouve à creuser des tranchées dans un terrain rocheux. Par surcroît, le temps s'est maintenu au beau fixe pendant toute la durée des manœuvres, c'est-à-dire plus de vingt jours ; aussi, l'aridité bien connue de la contrée, célèbre par la poussière blanche de ses routes, s'est affirmée une fois de plus.

Le ravitaillement en eau potable avait été prévu minutieusement, aussi bien chez l'assaillant que chez l'assiégé. Le premier avait affecté à cet usage 10 camions automobiles de diverses marques. Ils se sont

acquittés de leur tâche très régulièrement, en sorte que les divers camps, où était cantonnée l'armée d'investissement, ont été abondamment pourvus d'eau. Le

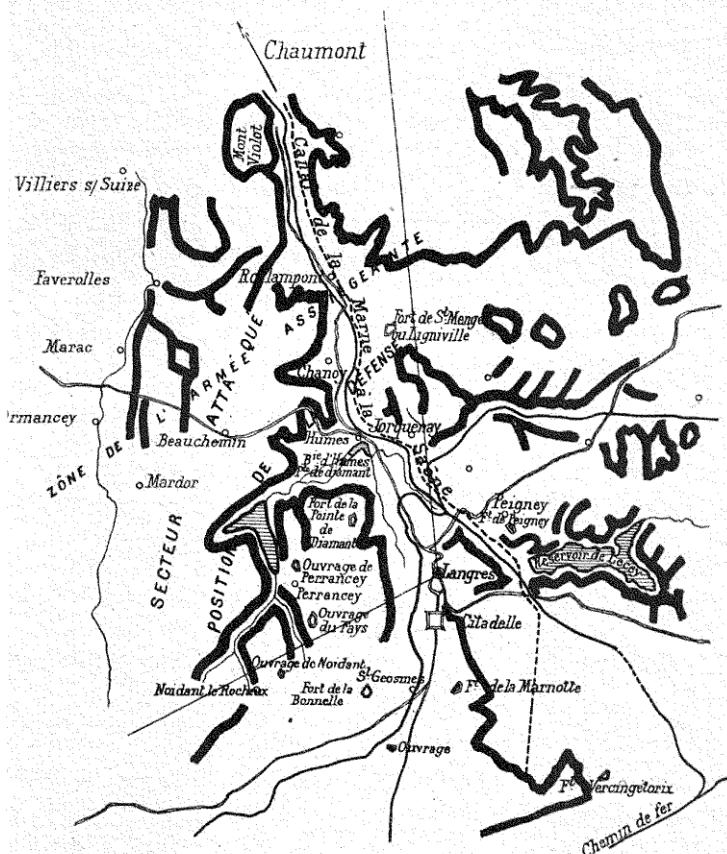


Fig. 6. — Environs de Langres (Manœuvres de siège de 1906).

centre de ravitaillement était Chaumont; 25 tonnes d'eau potable y étaient approvisionnées, et, de là, distribuées chaque jour dans les camps de la ligne d'opérations. La contrée, connue sous le nom de plateau de

Langres, présente des vallonnements à longue inflexion, parfois aussi des pentes très brusques ; pour ce motif, tout d'abord, à cause de la nature des routes poussiéreuses, ensuite, le parcours peut être considéré comme difficile. Du reste, l'inspection de la carte d'État-Major confirme cette assertion, au premier coup d'œil. Il est donc intéressant de voir de près comment se sont comportés les camions automobiles, mis ainsi à une épreuve sévère. Rien n'est plus instructif que de suivre sur la carte les déplacements journaliers de l'un quelconque d'entre eux. Ces déplacements, extraits de documents officiels, sont reproduits dans le tableau suivant.

A titre d'exemple, citons les caractéristiques du camion dont il s'agit :

Puissance	22 HP (moteur sous le siège).
Cylindres	100/120 (4).
Bandages (<i>caoutchouc à l'avant, fer à l'arrière</i>). .	
Empattement	3 ^m ,100.
Voie avant	1 ^m ,440.
Voie arrière	1 ^m ,500.
Longueur disponible pour la carrosserie... .	3 ^m ,400.
Emplacement occupé par le châssis	4 ^m ,60×1 ^m ,90.
Nombre de vitesses	4 (plus la marche arrière).
Vitesse maxima en palier	18 kilomètres.
Sur rampe de 10 0/0	4 ^{km} ,500.
REMARQUE. — Le moteur est pourvu d'un régulateur à boules, agissant sur l'admission.	
Consommation aux 100 kilomètres : dont	
50 en charge, 50 à vide	35 litres.
Poids utile transporté	2.000 kilogr.
Poids à vide (avec accessoires)	2.200 —

ÉTAT DES DÉPLACEMENTS

19 août 1906	Chaumont - Brottes - Neuilly-sur-Suize - Chaumont	27 ^{km} ,400.
20 —	Chaumont - Villiers-sur-Suize - Chaumont	39 ^{km} ,000.

21 août 1906	Chaumont-Villiers-sur-Suize- Leffonds-Chaumont.....	58 ^{km} ,000.
22 —	Chaumont - Rolampont - Ma- rac - Ormancey - Beauche- min - Humes-Chaumont...	81 ^{km} ,700.
23 —	Chaumont-Rolampont-Beau- chemin-Ormancey-Marac- Beauchemin-Humes-Chau- mont.....	85 ^{km} ,800.
24 —	Chaumont - Rolampont - Hu- mes-Beauchemin-Mardor- Beauchemin-Humes-Chau- mont.....	80 ^{km} ,200.
25 —	Chaumont - Humes - Beauche- min - Mardor - Beauchemin- Humes - Chaumont.....	80 ^{km} ,200.
26 —	Id.....	80 ^{km} ,200.
27 —	Chaumont - Humes - Beauche- min - Mardor - Ormancey- Beauchemin-Humes-Chau- mont.....	87 ^{km} ,000.
28 —	Comme le 26.....	80 ^{km} ,200.
29 —	Chaumont - Humes - Beauche- min - Humes - Chaumont...	73 ^{km} ,800.
30 —	Comme le 28.....	80 ^{km} ,200.
31 —	Comme le 30.....	80 ^{km} ,200.
1 ^{er} septembre	Comme le 29 août.....	73 ^{km} ,800.
2 —	Comme le 31 août.....	80 ^{km} ,200.
3 —	Comme le 2 septembre.....	80 ^{km} ,200.
4 —	Chaumont - Villiers - Marac - Mardor - Beauchemin - Hu- mes - Chaumont	82 ^{km} ,200
5 —	Chaumont - Humes - Beauche- min - Mardor - Beauchemin- Humes - Langres - Humes - Chaumont	100 ^{km} ,800.
6 —	Chaumont - Humes - Beauche- min - Ormancey - Beauche- min - Humes - Chaumont ...	89 ^{km} ,800.

On voit, par ce tableau, que la moyenne des parcours a été légèrement supérieure à 80 kilomètres, pendant les quinze derniers jours. Exceptionnellement, le 5 août, le camion a même fourni un parcours de 100 kilomètres, comprenant plusieurs côtes très dures ; la route de Humes à Langres se termine, en effet, par

une rampe de plusieurs kilomètres, qui atteint environ 10 0/0 vers le sommet.

Voitures d'Etat-Major (fig. 7). — Plusieurs voitures de tourisme avaient été affectées au service des états-majors de la place et de l'armée extérieure. C'est surtout à la défense que ces voitures se sont montrées utiles ; elles ont permis au gouverneur et à son état-

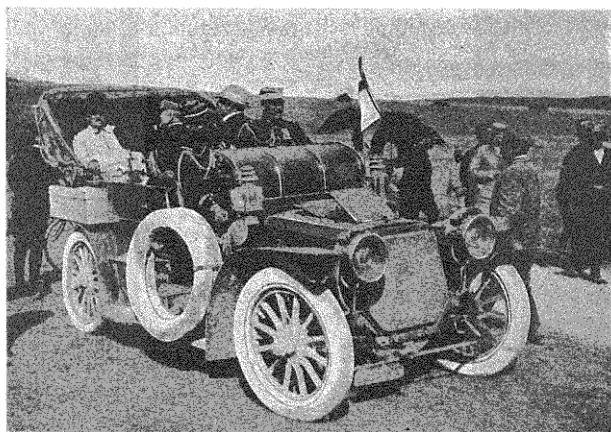


FIG. 7. — Le Ministre de la guerre (M. Etienne) aux manœuvres de 1906.

major d'exercer sur la zone attaquée une surveillance effective, qui eût été toute théorique et conventionnelle sans leur concours. En effet, s'il se fût agi d'un siège réel, l'investissement aurait été complet, au lieu de ne porter que sur l'unique secteur Nord-Ouest. Il aurait fallu défendre une zone quatre fois plus étendue en surface et le rôle du gouverneur et de son état-major aurait été autrement pénible et délicat. L'état des travaux de la défense, les progrès de l'attaque, les effets du bombardement sont des choses qu'un chef doit voir de ses yeux, quand c'est possible, car c'est là le seul

moyen qu'il ait de deviner les intentions de l'ennemi. L'automobile seule lui en donne la faculté; elle rend sa tâche, sinon facile, du moins possible et permet à un homme, même d'un âge mûr, dont la santé est à mé-nager, d'être partout où il faut, au moment opportun, sans recourir aux chevauchées interminables, où se dépensent le temps et l'énergie physique d'un chef, choses également précieuses toutes deux.

Les manœuvres de 1907. — Le plus gros effort qui ait été tenté jusqu'ici, afin de soumettre les camions automobiles à une épreuve concluante, a eu lieu aux manœuvres de 1907, dans la région de Bordeaux. Le ravitaillement complet du XVIII^e corps a été exécuté au moyen de camions automobiles qui faisaient la navette entre Bordeaux, centre d'approvisionnement, et le front des troupes, distant d'une centaine de kilomètres. Ce cas concret correspond grossièrement à celui de Bordeaux tête d'étapes de guerre, pour une armée venant du Sud. La distance de 100 kilomètres n'a aucunement gêné le ravitaillement, et cette indication peut avoir quelque intérêt, en ce qui touche à la longueur admissible pour la route d'étapes, avec des convois automobiles. Qu'une armée tire ainsi toute sa subsistance de l'arrière, c'est un cas très fréquent à la guerre, bien qu'on soit convenu de vivre sur le pays, tant qu'on le pourra.

Les camions qui ont figuré à ces manœuvres provenaient d'un grand nombre de maisons et étaient de types différents. Quelques-uns appartenaient à l'Administration de l'armée. Le tableau suivant renferme la liste complète de ces véhicules, avec leurs principales caractéristiques.

TABLEAU DES VÉHICULES AYANT PRIS PART AUX MANŒUVRES
EN 1907

NOMS DES CONSTRUCTEURS	PUIS- SANCE	TRANS- MISSION	P. u	P. TOTAL	BANDAGES
CAMIONS ACHETÉS PAR L'ARMÉE A LA SUITE DU CONCOURS DE MAI-JUIN 1907					
De Dion-Bouton.....	30	Cardan	3.000	chev.	Caoutchouc
Mors.....	28	Chaines	3.500	5.700	id.
Turgan.....	28-30	Chaines	3.000	5.800	id.
Darracq-Serpollet.....	20-25	Chaines	1.800	3.800	id.
Gillet-Forest.....	12	Cardan	2.000	4.000	id.
Delahaye.....					id.
CAMIONS FOURNIS PAR LES CONSTRUCTEURS					
De Dion-Bouton.....	20	Cardan	2.300	chev.	Caoutchouc
id.	40	id.	3.000		id.
Automobiles Commer- ciales.....	28	id.	3.000	5.830	id.
Emress.....	24	Chaines	3.000	8.500	Fer
Mors.....	24	id.	4.000	6.500	Caoutchouc
Panhard-Levassor.....	24	id.	4.000		id.
Darracq-Serpollet.....	30-40	id.	4.000	6.600	id.
Peugeot.....	10-12	id.	1.800		id.
Cohendet.....	27-30	id.	4.000	7.000	Fer
id.	36-40	id.	5.000		Fer
Brillié.....	20-24	Cardan	4.500	7.000	Caoutchouc
id. (6 roues).....	35-45	id.			id.
Lorraine Diétrich.....	20	Chaines	4.000		id.
id. (6 roues).....	40	id.	5.000		id.
U. D. P. X.....	28	Cardan			Fer
Delaugère-Clayette.....	15-18	Chaines	5.000	7.500	id.
Berliet.....	22	id.	4.500		id.
Pantz.....	12-15	Chaines et courroie	3.000	5.400	Fer
Purrey.....	Vapeur	id.	3.000		id.
id.		id.	5.000		id.
Ariès.....			8.000		id.
Turgan.....			1.300		Caoutchouc

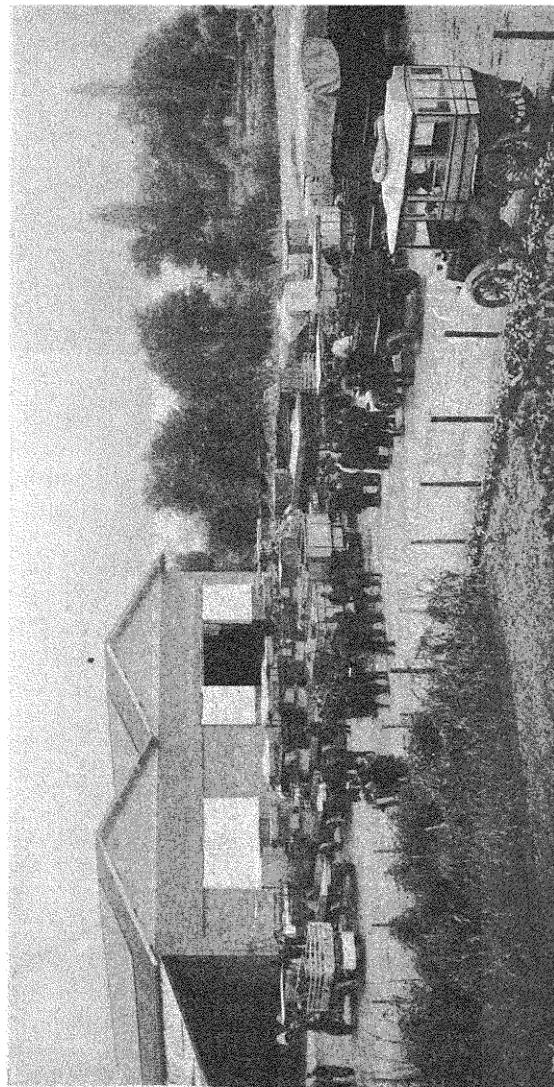


Fig. 8. — Manœuvres du XVIII^e Corps en 1907. Les camions au parc (Bordeaux).

Réunion du matériel. — Le 1^{er} septembre 1907, un train spécial partait d'Ivry, emportant 33 camions, qui arrivèrent le 3, au matin, à Bordeaux ; 3 camions devaient rejoindre par leurs propres moyens ; quant aux 4 camions Purrey, ils étaient déjà rendus, puisque le parc était installé précisément aux usines Purrey (fig. 8). Le 2, au soir, les officiers de réserve destinés au service des convois recevaient leurs premières instructions du capitaine chargé par le 4^e bureau de diriger le ravitaillement.

Le 4 septembre, après-midi, les camions débarqués, ravitaillés, remis à leurs conducteurs, étaient conduits au parc : seuls le Pantz et le Delahaye n'avaient pas rejoint.

Le problème à résoudre. — Il consistait à approvisionner, en vivres pour les hommes et en avoine pour les chevaux, la 35^e et la 36^e division du XVIII^e corps, échelonnées entre Angoulême et Périgueux. Les commandants des divisions devaient désigner, chaque jour, par télégramme, deux points de ravitaillement, ce qui établissait ainsi quatre points de contact quotidien, entre les camions et les trains régimentaires.

Pour desservir ces quatre points, on créa 4 convois numérotés de 1 à 4 et affectés, 1 et 2, aux jours pairs, 3 et 4, aux jours impairs. Considérons, par exemple, un jour pair. A cinq heures du matin, les convois 1 et 2 quittent Bordeaux, destinés, 1 à la 35^e division, 2 à la 36^e division. Ils cheminent de conserve, jusqu'à un certain point, où chacun d'eux oblique vers le centre de la division qu'il dessert. Arrivé à proximité des deux points de ravitaillement, chacun des convois se fractionne en deux parties, et c'est ainsi que les quatre points sont desservis simultanément.

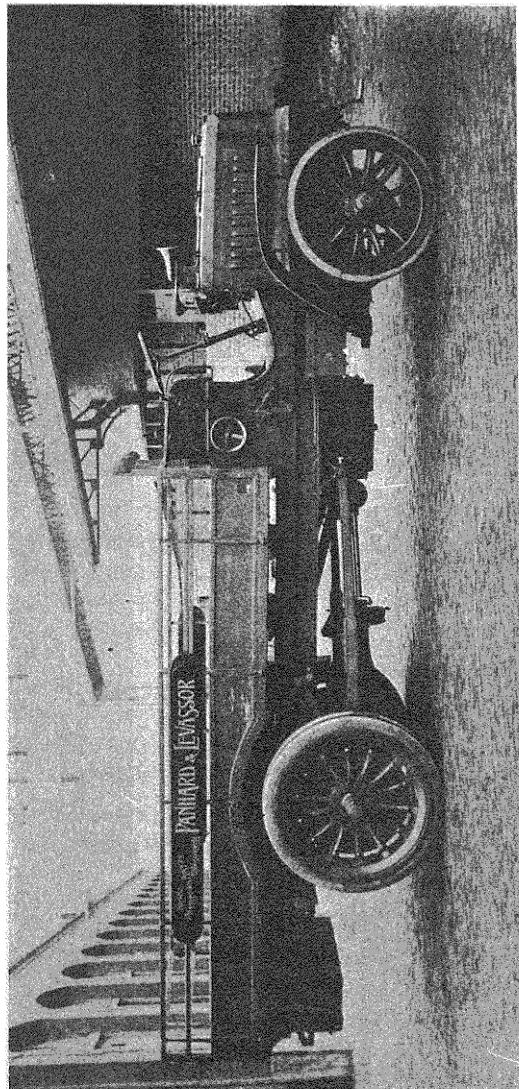


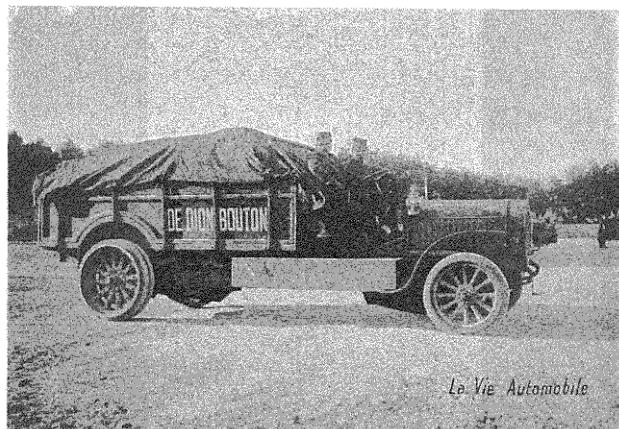
Fig. 9. — Grandes manœuvres de 1907.

L'arrivée a lieu vers deux heures ; le déchargement est terminé à cinq heures du soir ; à ce moment, les camions sont prêts à repartir à vide vers Bordeaux. Ils repartent en effet, mais ils se contentent d'effectuer un parcours de 40 kilomètres et cantonnent dans un village : c'est autant de gagné pour le lendemain. Le jour suivant, ils arrivent au but vers midi, et, avant la nuit, rechargeés, ravitaillés eux-mêmes en eau, essence, huile, pétrole ou charbon, ils seront tout prêts à recommencer le jour suivant.

Tel était le fonctionnement des convois, pour chaque groupe de camions 1 et 2, 3 et 4 ; le premier groupe partant de Bordeaux les jours pairs, par exemple, l'autre groupe partait les jours impairs.

Les conducteurs. — Le service des conducteurs, ainsi qu'il résulte des heures indiquées plus haut, était relativement pénible. Partis à cinq heures du matin du parc, ils ne prenaient de repos qu'à la nuit noire, en arrivant au cantonnement. Le jour suivant, le parcours était moindre, mais il fallait, outre le chargement, s'occuper de passer en revue le châssis tout entier, exécuter de menues réparations, etc. Les officiers de réserve qui ont dirigé chacun des convois ont constaté que le rendement obtenu doit être considéré comme un maximum, qu'il faut attribuer, pour une bonne part, à l'état des routes, bonnes en général, à la température favorable, au dévouement du personnel. Ce sont là des éléments sur la réunion desquels on ne peut pas compter régulièrement. En particulier, on ne sait pas très bien ce qu'aurait amené la pluie, encore moins ce qui se serait produit, par mauvais temps, dans un pays comme la Woëvre, par exemple. Cette

remarque n'a rien de décourageant. On a constaté que des convois, certains jours, effectuaient des par-



Le Vie Automobile

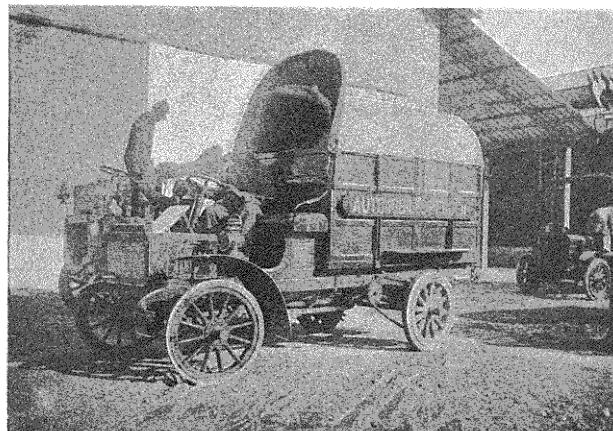


FIG. 10. — Deux camions ayant pris part aux manœuvres de 1907.

cours de 180 kilomètres, dont 100 en charge. Une réduction de 50 kilomètres, par suite des circonstances défavorables, comme la pluie et le mauvais état des

routes, correspondrait encore à des parcours de 130 kilomètres, ce qui est déjà fort intéressant.

Formation des convois. — Il était essentiel, pour des raisons sur lesquelles nous reviendrons, d'imposer à tous les camions la marche en convoi, la seule compatible avec les exigences militaires. Il fallait donc grouper, si possible, des véhicules de vitesse à peu



FIG. 10 bis. — Camion ayant pris part aux manœuvres de 1907.

près égale, afin d'augmenter le rendement en tirant le parti maximum de chacun d'eux et de ne pas fatiguer les camions, par des allures pour lesquelles ils ne sont pas établis. Le classement auquel on s'arrêta, après une épreuve en côte, fut le suivant :

Convoi 1 : 4 Darracq-Serpellet, 4 Purrey, 2 Brillié ;
 Convoi 2 : 4 de Dion-Bouton, 2 Mors, 2 Turgan ;
 1 Peugeot, 1 Auto Commerciales ;
 Convoi 3 : 6 Berliet, 3 Cohendet, 4 U. D. P. X ;

Convoi 4 : 2 Gillet-Forest, 2 Lorraine Dietrich, 1 Ariès,
1 Delaugère-Clayette, 1 Pantz, 1 Delahaye,
1 Panhard Levassor, 1 Emress.

Les résultats de ce classement furent entachés d'erreurs, faciles à relever d'après l'inspection des listes, par suite de l'ignorance où étaient les conducteurs de quelques camions sur le sens exact de l'épreuve en côte qui servit de critérium.

Néanmoins, pendant toute la durée des opérations, le service fut parfaitement assuré, dans les meilleures conditions.

Observations. — L'expérience de ces manœuvres a conduit à quelques observations intéressantes.

Difficultés de la marche en convoi. — La marche en convoi n'est absolument pratique qu'avec des convois homogènes. Sinon, il se produit, dans les côtes en particulier, un égrènement désavantageux ou des retards pénibles. Quand, à la suite de telles dislocations, le convoi s'est démesurément allongé, l'officier qui le commande ne peut plus exercer sur lui une surveillance efficace. Il ne peut transmettre ses ordres qu'avec une extrême difficulté, quelque bonne volonté dont fassent preuve les cyclistes qui en sont porteurs, et cela, en raison de la vitesse même du convoi. Celle-ci ne doit pourtant pas dépasser 15 à 16 kilomètres, par temps sec, car la poussière soulevée pourrait causer des accidents. Le complément qui s'impose est la voiturette, qui permettra au commandant du convoi de se porter rapidement en un point quelconque de la colonne, de ralentir la tête, de l'arrêter s'il y a lieu, pour attendre l'un des éléments en difficulté ou en détresse. Le nombre des camions ne paraît pas devoir dépasser 15 ;

leur classement doit être basé sur leur vitesse en côte, les plus rapides étant en tête, pour ne pas être gênés par les plus lents.

Ponts. — Les cartes d'état-major n'indiquent pas la charge maxima des ponts permanents. Le cas s'est présenté d'un convoi contraint par cette omission de faire demi-tour, et d'aller chercher un autre point de franchissement.

Retours à vide. — Le retour à vide est susceptible d'être très heureusement utilisé pour le transport des blessés. L'expérience a été faite le 11 septembre, avec des camions garnis de paille, dans lesquels on a ramené de 15 à 20 malades par voiture. Le confortable est, dans ces conditions, au moins égal à celui que réalise le matériel actuel; quant au rendement, il est dix fois supérieur.

Les trains Renard aux manœuvres du VIII^e corps en 1907. — On sait que le train Renard, dont nous donnerons plus loin une description complète, est le prototype des trains routiers automobiles. Il est composé, en principe, d'un véhicule moteur, d'une puissance de 75 chevaux environ, qui transmet le mouvement à tous les véhicules du train, au moyen d'arbres longitudinaux (*fig. 11*). La puissance recueillie est utilisée ainsi par chaque voiture; c'est une fraction déterminée de la puissance du moteur et l'adhérence propre des divers éléments du train permet de l'employer intégralement. Par cette propulsion continue on évite d'avoir des tracteurs très lourds, à la seule adhérence desquels serait confié le remorquage du train entier. Cette première difficulté étant tournée, on en a résolu une autre, celle de la direction. Pour permettre au conducteur de la

première voiture d'imprimer aux suivantes une direction unique et invariable, ce qui est indispensable dans les virages, les voitures sont réunies entre elles par un système articulé, qui oblige chacune d'elles à décrire un cercle de même centre et de même rayon que le cercle décrit par la précédente.

Les manœuvres du VI^e corps, en 1907, ont eu lieu

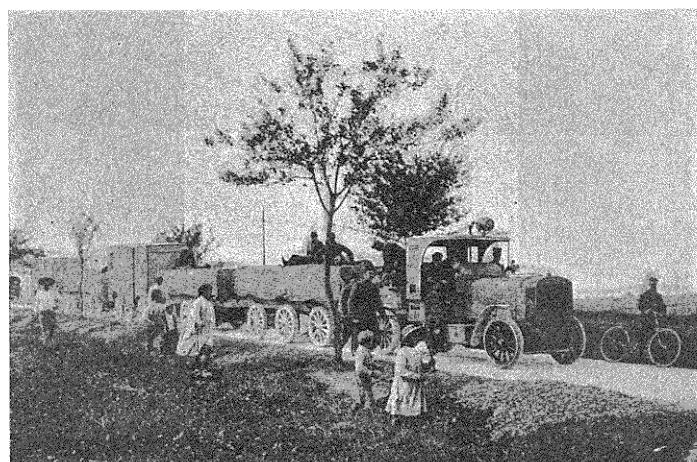


FIG. 41. — Manœuvres du VIII^e corps (1907). Train Renard à 6 véhicules (18 tonnes de charge utile). Locomoteur de 75 HP.

entre Vesoul, Langres et Besançon. Le ravitaillement a été assuré par un ensemble de 3 trains, dont un demeurait en réserve.

Composition des trains. — Une voiture motrice (moteur de 75 chevaux à quatre cylindres de 180/190 tournant à 750 tours environ), traînait 3 remorques, dont 2 plates-formes à ridelles et 1 fourgon fermé. La charge utile de chaque remorque est de 3.500 kilogrammes, ce qui donne, pour le train entier, 10.500 kilogrammes. La longueur totale s'élevait à 22^m,50 par train.

Les manœuvres. — Le matériel précédent, réuni à Besançon et conduit par des réservistes de la 1^{re} compagnie d'ouvriers à Vincennes, fut mis en service du 2 au 13 septembre inclus. Besançon était le centre d'approvisionnement. Les trains y prenaient chaque matin leur chargement (avoine, pain, sucre, café) et le trans-

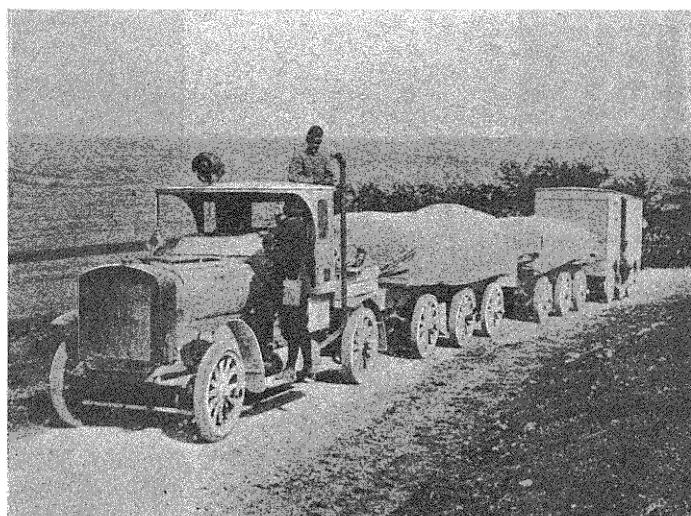


FIG. 12. — Manœuvres du VIII^e corps (1907). Train Renard en côte.

portaient au contact des services régimentaires. Les itinéraires variaient chaque jour et la région était très accidentée.

RÉSULTATS

Vitesse moyenne de chaque train.	12 à 14 kilomètres
Vitesse d'un train formé par un locomoteur attelé aux six remorques des deux trains (hypothèse d'une panne, survenue à l'un des locomoteurs).....	8 kilomètres
Parcours quotidien	90 kilomètres
Parcours maximum	125-130 kilomètres

Observations. — Il résulte de ces expériences que les trains routiers sont susceptibles d'un emploi très efficace en campagne. Leur grand intérêt consiste en ce qu'ils forment par eux-mêmes des *convois homogènes indéformables*, plus faciles à équiper, à conduire et à surveiller qu'un convoi de camions, par conséquent plus aptes à assurer des transports importants entre deux points. D'autre part, il faut remarquer que l'indépendance des véhicules étant absolument nulle, les services où le fractionnement est indispensable leur échappent complètement. La robustesse de leur construction et la présence d'un seul moteur par train réduisent notablement les chances d'indisponibilité. Enfin, dernier avantage, à tonnage utile égal, ils occupent une longueur de route beaucoup moindre que des camions. En effet, 12 tonnes utiles exigent 4 camions qui, marchant en convoi, à 20 mètres d'intervalle, ont une longueur totale, d'au moins 90 mètres contre 30 mètres pour un train équivalent. Toutefois, il faut reconnaître que la maniabilité des trains est très inférieure à celle des camions.

Les concours de mai-juin 1907, mai 1908.

— L'Automobile Club de France, sous le patronage du Ministère de la Guerre, a organisé du 20 mai au 10 juin 1907 un concours de véhicules industriels. Les concurrents, classés en cinq catégories, d'après leur charge utile, devaient satisfaire aux conditions suivantes, pour participer au classement spécial fait par les soins du Ministère.

Poids utile minimum.....	2.000 kilogrammes
Poids total maximum	8.000 kilogrammes
Rendement minimum.....	50 0/0 $\left(\frac{P_u}{P_t} \right)$

Le classement par catégorie a été fait au moyen d'une épreuve de consommation basée sur la formule :

$$N = \frac{TC}{PD}$$

où :

T est le temps en heures ;
 C, la consommation en francs ;
 P, le poids utile transporté ;
 D, la distance en kilomètres.

Le Ministère de la Guerre avait affecté une somme de 9.000 francs aux primes à décerner aux neuf premières voitures de son classement spécial. En outre, dès la publication du règlement, on avait fixé à quatre, au minimum, le nombre des voitures à acheter par les divers services de l'armée. Ces voitures, au nombre de sept, ont figuré aux manœuvres de Bordeaux, ainsi qu'on l'a vu.

Des officiers commissaires, chargés de suivre de bout en bout chacun des concurrents, notaient sur une feuille de route les incidents, menues réparations, arrêts avec leurs causes, etc.

Parmi les conditions spéciales exigées par l'armée pour ses camions, il faut citer :

1^o La présence de deux freins au moins et d'une béquille ;

2^o La direction irréversible ;

3^o La présence de deux crochets d'attelage, avant et arrière, avec leurs cordes.

Les résultats de ce concours ont été des plus instructifs, pour les officiers et les industriels qui l'ont suivi. Il faut en voir la preuve dans la réédition, qui a lieu en 1908, sur des bases presque identiques et qui met

aux prises 40 camions appartenant aux meilleures marques.

CLASSEMENT DU CONCOURS DE MAI-JUIN 1907

ÉPREUVE DE CONSOMMATION

4^e Catégorie. *Distance : 99 kilomètres.*

		CONSOMMATION EN FRANCS	CHARGE UTILE EN KILOGRS	TC PD
1	De Dion-Bouton.....	12,96	3040	9,65
2	Darracq-Serpollet.....	15,39	3528	11,97
3	Darracq-Serpollet.....	16,29	3530	11,77
4	Mors	14,37	3013	14,25

CHAPITRE IV

LES ÉLÉMENTS DU TRAFIC A L'ARRIÈRE DES ARMÉES

Le seul mot de mobilisation éveille l'idée de mouvement et de transport; c'est par des mouvements et des transports considérables qu'une armée passe du pied de paix au pied de guerre. Les troupes une fois rassemblées dans la région déterminée par un plan prévu et remanié sans cesse, selon les besoins, c'est encore par des mouvements et des transports que se manifeste l'activité des armées. On gagne les batailles avec ses jambes, suivant la vieille formule; c'est là le côté exclusivement manœuvrier de la guerre. Mais au repos, pendant des périodes parfois très longues, comme cela est arrivé en Mandchourie, où les adversaires sont contraints à demeurer inactifs, en face l'un de l'autre, l'existence des troupes immobiles exige encore, en arrière du rideau qu'elles forment, des échanges prodigieusement actifs et un mouvement incessant. Les agglomérations d'hommes représentées par les armées modernes ne pourraient pas vivre des ressources que fournirait la région où elles séjournent, si on pouvait l'exploiter normalement. Elles doivent tirer de l'arrière, c'est-à-dire de l'intérieur de la métropole, à peu près tous les approvisionnements qui leur sont indispensables; elles doivent aussi évacuer

vers l'arrière les produits d'élimination que crée perpétuellement la vie de cet organisme compliqué qu'est une armée en campagne. D'où la nécessité des lignes de communication, par où arrivent les aliments et s'éliminent les déchets.

L'importance des lignes de communication a été consacrée par les expressions courantes des historiens : tourner l'ennemi, lui couper la retraite, tomber sur ses derrières. La zone qui s'étend ainsi, entre l'intérieur du pays et le front des troupes, zone où s'organisent et s'effectuent les échanges, représente, si l'on veut, les coulisses du théâtre. C'est là que l'on saisit les raisons secrètes des changements de décor et des jeux de la machinerie ; on peut y prévoir les incidents qu'amènera l'entrée en scène de nouveaux personnages et savoir pourquoi l'un d'eux a manqué sa réplique.

Assurer ses lignes de communication, en préparer le changement ou l'extension, inquiéter celles de l'ennemi, les surprendre s'il est possible, c'est par là surtout que se sont affirmés jusqu'ici les talents militaires les plus incontestés. En matière d'art militaire, un nom, entre tous, hante la mémoire : Napoléon ; c'est à lui, en effet, que nous allons emprunter le premier exemple qui confirmera ce qui précède.

Les communications de l'armée d'Italie en mars 1796. — En mars 1796, l'armée d'Italie, égrenée sur la côte, de Nice à Voltri (*fig. 43*), n'a encore qu'une seule ligne de communication avec Marseille, par la route de la Corniche. Cette ligne est menacée, au sud, par la présence de la flotte anglaise, sous Nelson ; au nord, au delà du mur à peu près infranchissable de l'Apennin, par les troupes sardes de Colli et l'armée

autrichienne de Beaulieu. La disposition du sol est la suivante: au nord de l'Apennin, les vallées sont parallèles et leur direction générale, nord-sud, est perpen-

Légende

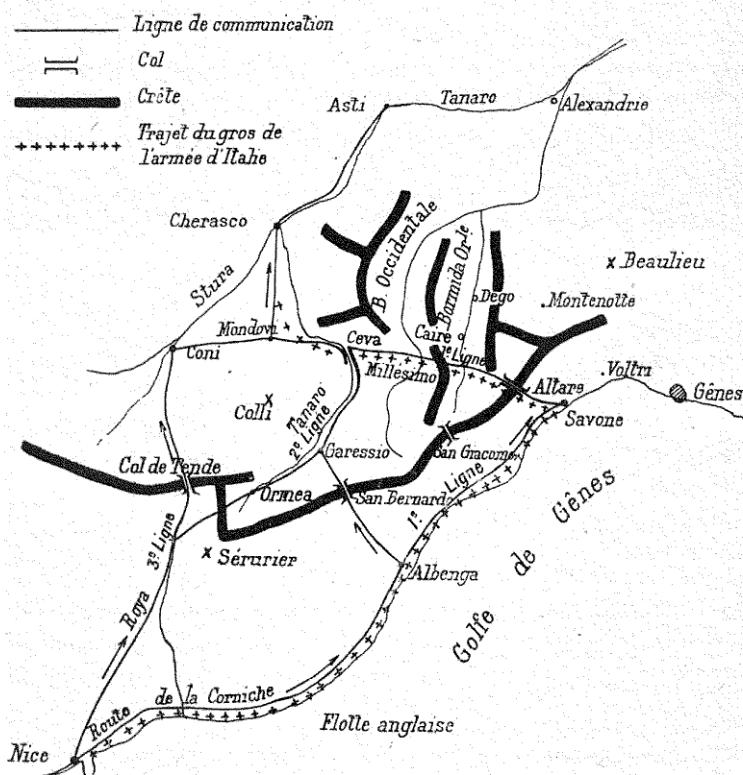


FIG. 13. — Communications de l'armée d'Italie en mars 1796.

diculaire à la chaîne. Les communications de vallée à vallée sont donc précaires et les corps qui les occupent sensiblement isolés les uns des autres. Vers l'ouest, par le col de Tende, Colli peut inquiéter la gauche de Bonaparte et le priver de ses convois. Les routes qui

permettent de franchir l'Apennin, du sud au nord, convergent vers Ormea et Garessio, sur le Tanaro, vers Millésino et Cairo, sur les deux Bormida.

En dépit de cette situation hasardée, Bonaparte exécute la manœuvre célèbre de Montenotte, qui coupe en deux l'armée austro-sarde et rejette Beaulieu à l'est, vers Novi, Colli à l'ouest, vers Ceva. Pour garantir cette opération, il fait exécuter en même temps par Sérurier, vers Tende, une démonstration contre Colli et rassembler des approvisionnements vers Ormea et Garessio, dans le dessein de les utiliser plus tard. Après les combats de Dego et Millesimo, il prend sa ligne de communication par Albenga et le col San Giacomo ; il déloge ensuite Colli de Ceva et raccourcit la ligne par Ormea et Garessio. Il chasse encore Colli vers Mondovi, et, après un dernier succès, il négocie un armistice qui lui livrera Coni et l'obtient ; une nouvelle ligne est prise, plus courte encore que la précédente, celle de Tende. Pendant toute cette période, les corps autrichiens sont restés inutiles, séparés des Sardes par l'obstacle des montagnes et les troupes de couverture.

Il serait aisément de multiplier les exemples de nature à prouver avec quel soin Napoléon s'est occupé de prévoir la constitution et la garde de ses lignes de communication, même dans la désastreuse campagne de 1812, où des récoltes exceptionnellement et universellement mauvaises privèrent l'armée, dès le début, du concours nécessaire de la cavalerie.

Plus près de nous, la destruction du pont de Fontenoy et du tunnel de Nanteuil¹ sont deux faits distincts, qui concourent tous deux à montrer les conséquences d'une interruption des lignes ferrées. La dépendance

1. Guerre de 1870-71.

étroite où se trouvaient déjà les opérations du premier Empire, vis-à-vis des routes d'étapes, est devenue un esclavage. Malgré l'appoint des chemins de fer, ou à cause de cet appoint, les armées modernes sont rivées à leurs lignes. Les effectifs énormes qu'elles mettront en mouvement et leur armement spécial sont tels que le tonnage consommé par jour s'accroît suivant une loi plus rapide que la simple proportionnalité. Déjà la guerre russo-japonaise a montré qu'il fallait craindre le manque de cartouches; cette éventualité rendrait très probablement illusoire, sinon funeste, la découverte d'un fusil à répétition automatique vraiment pratique et utilisable en campagne.

La capacité de consommation des armées comprend divers éléments que nous allons successivement examiner; ce sont, à proprement parler, les éléments du trafic que doit assurer l'arrière, pendant toute la durée de la guerre. Il y a à considérer séparément :

- 1^o Les transports de personnel;
- 2^o Les transports de matériel et de munitions ;
- 3^o Les transports d'alimentation.

Transports de personnel. — Le personnel qui arrive sur les bases de concentration, au début d'une guerre, est amené, en général, par voie ferrée. Nous n'étudierons pas les détails qui s'y rapportent; c'est là la matière des prescriptions diverses du plan de mobilisation.

Dès les premiers jours des opérations, il se crée, en sens inverse, un mouvement de personnel qui peut devenir considérable ; c'est celui qui incombe au service des évacuations sanitaires. On examinera, dans le chapitre suivant, les effectifs dont on peut assurer l'éva-

cuation, avec les moyens actuellement disponibles. Contentons-nous de noter ici qu'il faudrait compter maintenant sur 200.000 à 300.000 évacués au cours d'une guerre sérieuse. Les transports dont il s'agit ne sont pas d'ailleurs exécutables dans des conditions quelconques. Depuis le front de bataille, où s'opère la

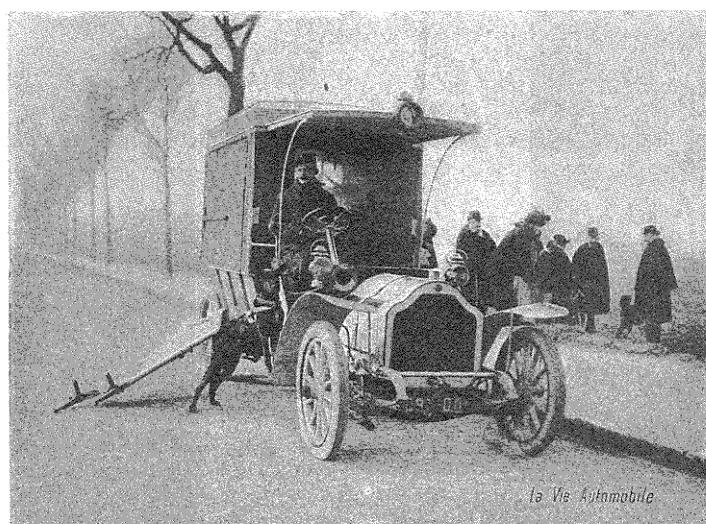


Fig. 14. — L'ambulance automobile avec équipage de chiens.

recherche et le relèvement des blessés, jusqu'aux hôpitaux de l'intérieur, il faudra assurer aux transports un certain confortable ; c'est dire que le rendement des lignes d'évacuation sera affecté par là d'un coefficient très sensible de réduction. Les circonstances seront rarement favorables à l'exécution de ces services ; il faudra s'attendre à être débordé de jour, de nuit, par un encombrement et un afflux croissant de blessés.

Le 26 août 1904, la 42^e division japonaise, formant

l'aile droite de la 1^{re} armée (général Kuroki), se heurtait, à l'Est d'Amping, sur les bords du Tan-Ho, affluent du Taï-tsen, qui est la rivière de Liao-Yang, à la 7^e division du X^e corps russe⁴. Toute la journée se passa en assauts inutiles contre les positions russes. La nuit venue, à huit heures, les Japonais livrèrent un nouvel assaut infructueux. Ils ramenèrent leurs troupes et leur donnèrent du repos. A une heure du matin, le 27, un assaut fut livré encore, sans résultat. Rentrés dans leurs lignes, les Japonais eurent l'idée qu'aux premières heures du jour la lassitude physique et morale des adversaires amènerait un relâchement de leur surveillance. A quatre heures du matin, ils montèrent à l'assaut, pour la troisième fois dans la même nuit; ils furent repoussés encore. Dans la matinée, des renforts leur arrivèrent et le combat reprit. Il dura toute la journée, et, vers le soir du même jour, le X^e corps russe, épuisé, n'ayant ni bu, ni mangé, ni dormi, depuis trente-six heures, quitta la place et se retira sur la rive gauche de la rivière.

Nous laissons aux directeurs des services de santé le soin d'apprécier dans quelles conditions a dû s'opérer, pendant la lutte dont on vient de lire le récit, la recherche des blessés, ainsi que leur transport aux ambulances et comment on a pu leur donner les premiers soins indispensables.

Sur le front des troupes, au contact de l'ennemi, il peut se présenter des cas où, les transports par chemins de fer étant impossibles, on est forcé d'employer des moyens plus appropriés. Les troupes du génie auront ainsi souvent à utiliser des voitures de réquisition, pour aller à grande distance exécuter

4. Général Sloutchewski.

des travaux de destruction importants, la ruine d'un pont ou d'une digue, par exemple. Des détachements entiers devront quelquefois être transportés à la suite des troupes de cavalerie qui leur serviront d'organe de sûreté et d'avant-garde. Il pourra même arriver, au cours d'une bataille, qu'on soit dans l'obligation de hâter par tous les moyens d'arrivée des réserves au point où l'effort décisif doit être tenté. L'infanterie s'y rendra en voiture, quand cet expédient pourra être employé. C'est ainsi qu'en 1814, après avoir défait l'armée de Silésie et rejeté Blücher vers l'Est, Napoléon se dirige à marches forcées sur Schwartzenberg et réquisitionne des charrettes pour transporter la vieille garde. La bicyclette, dont on a doté un corps récemment créé, n'est qu'une preuve d'un besoin reconnu, qui est de posséder des réserves très mobiles destinées à affluer sur certains points déterminés, au moment précis où il faut qu'elles y soient.

Transport de munitions et de matériel. — Il n'est pas possible de fixer, d'une façon exacte, ni même approchée, les quantités qu'il est nécessaire de fournir par jour à une armée en fait de munitions et de matériel.

Les éléments du tonnage total sont : les munitions d'infanterie et d'artillerie, le matériel de remplacement d'artillerie et du génie, les matériels des services de santé, de télégraphie, de la trésorerie et des postes, etc. La consommation de chacun de ces services dépend évidemment de la nature des opérations. Mais, en ce qui concerne l'infanterie et l'artillerie, le problème du remplacement des munitions sur la ligne de feu a une importance de premier ordre.

Dans la guerre de siège, où les positions sont fixes et bien connues, le poids des munitions est la seule difficulté sérieuse et résulte du calibre des pièces à alimenter. Un obus de notre mortier de 220 millimètres pèse environ 100 kilogrammes ; un obus du canon de 155 millimètres en pèse environ 45 ; les bouches à feu des armées étrangères ont des projectiles analogues. En admettant un effectif minimum de 200 pièces de siège installées autour d'une place et tirant chacune, 25 fois par jour, un projectile de 60 kilogrammes, on arrive à $200 \times 25 \times 60 = 300$ tonnes de fer, à amener quotidiennement aux batteries ; à ce total il faut joindre le poids des gargousses et du matériel de rechange. C'est pour faire face à ces exigences de plus en plus élevées qu'on a été contraint d'adopter la voie de 0^m,60, dont l'établissement préliminaire est indispensable et forme, avec la construction minutieuse des batteries, le travail préparatoire de tout siège sérieux.

La consommation en munitions d'infanterie et d'artillerie de campagne peut subir des fluctuations énormes et se trouver, par exemple, fort au-dessus du rendement des moyens qu'on possède, pour renouveler les cartouches. Il est en effet difficile de les faire affluer au point exact où le besoin s'en fait sentir, car ce point peut varier selon les circonstances du combat et se trouver même inaccessible aux voitures. Toute opération de remplacement qui exigerait un retour en arrière doit, en outre, être proscrire ; il est de toute nécessité que les combattants soient affranchis du souci de revenir chercher des munitions. Il faut donc que celles-ci soient en mesure de suivre rapidement l'infanterie ou l'artillerie, si avant qu'elles s'engagent ; les éléments qu'on devra ainsi pousser devront cependant

rester en liaison avec les réserves, qu'on ne peut pas déplacer sans cesse; ni compromettre absolument. Ce sont là les conditions du problème auquel on essaiera de remédier par le jeu des agents de liaison. L'aperçu qui précède suffit pour en faire sentir toute la difficulté.

Le soldat d'infanterie porte 120 cartouches en France; le soldat japonais en avait autant en Mandchourie. Ce poids, faible en apparence, est pourtant une limite qu'on ne peut dépasser; il est indispensable de veiller à modérer la consommation de cette réserve. L'artillerie est dans une situation semblable; le souci de lui conserver une mobilité dont elle ne peut se défaire a conduit à ne lui laisser que 312 coups par pièce pour le canon de 75 millimètres et 142 pour le canon de 80 millimètres. La plus stricte économie devient une loi, si l'on ne veut pas se trouver, les coffres vides, en face d'un adversaire qui surgit inopinément, bien pourvu. On voit, en résumé, que, pour assurer le ravitaillement en munitions au combat, rien ne sert d'accumuler, en un certain nombre d'emplacements fixes, un approvisionnement considérable. Le premier caractère de la bataille est la *mobilité*: ce doit être aussi celui des organes de ravitaillement; et c'est à le leur donner au plus haut degré possible que tendent les efforts des armées modernes.

Le tableau suivant¹ donne les quantités disponibles sur la ligne de bataille et dans les parcs de corps d'armée, c'est-à-dire les munitions sur lesquelles on peut compter, à proximité du terrain du combat.

1. Extrait du *Vade-Mecum de l'officier d'état-major en campagne* (Lavauzelle).

	CARTOUCHES — NOMBRE DE COUPS		
	INFANTERIE (par homme)	ARTILLERIE (par bouche à feu)	
		75mm	80mm
I. Ligne de bataille.....	185,5	312	142
II. Parc de corps.....	110,4	189,5	355,6
TOTAL.....	296	501,5	497,6

Chacun des services de l'armée possède un matériel plus ou moins consommable, dont il doit assurer l'échange. L'artillerie est chargée des pièces de canon et des caisses de fusils, mousquetons, carabines et revolvers ; le génie, du matériel de ponts d'équipage, des outils et des explosifs destinés aux destructions. Il existe des approvisionnements intermédiaires dans les paires de corps d'armée et d'armée et c'est à ces éléments que sont adressées les premières demandes.

Transports d'alimentation. — Les transports d'alimentation, auxquels se joignent ceux de l'habillement et de l'équipement, incombent à l'Intendance. Ils constituent la première et la principale difficulté qu'on a à résoudre, dans la formation et la conduite des armées. Elle s'est présentée de tout temps, depuis le roi Pyrrhus, dont les « bagages » étonnaient Cinéas, jusqu'à nous.

Les armées du moyen âge comportaient, outre les soldats, une population considérable de « goujats » ou valets d'armée, de marchands et de femmes. Tout ce monde suivait les expéditions et jouait le rôle de l'intendance d'aujourd'hui. Sous Louis XIV, les fourgons,

qui formaient les bagages des armées, étaient en nombre respectable. Les officiers en possédaient chacun plusieurs, qui étaient bondés, la plupart du temps, d'effets, d'armes, d'objets d'équipement, de victuailles ou de « souvenirs », comme il était d'usage d'en rapporter de chaque campagne. Le commandement ne se préoccupait pas autre mesure de nourrir les hommes ; il fermait les yeux sur les volailles dérobées chaque jour, au hasard des chemins, en France comme en pays ennemi. Le passage d'une armée amie était alors une calamité pour la région qu'elle honorait de sa présence, et la nécessité de vivre l'obligeait à changer fréquemment ses cantonnements. En 1796, au début de la campagne dont nous avons exposé les premiers événements, c'est aussi un peu pour faire manger ses troupes, que le jeune général, à peine arrivé sur les lieux, décide de se porter en avant. Les convois qu'il recevait étaient pauvres de vivres, de munitions et d'argent, bons motifs pour ne pas rester plus longtemps dans un pays dont les ressources n'étaient pas en mesure de suppléer à l'indigence des arrivages.

De nos jours, l'alimentation des troupes s'opère différemment, suivant les ressources des pays traversés et le rendement des lignes de communication. Certaines denrées sont nécessairement expédiées de l'arrière ; ce sont le pain, les conserves et les vivres du sac, dont il est bon de renouveler de temps en temps la constitution, en les faisant consommer aux hommes et en distribuant ensuite un lot de vivres frais. La région des armées ne saurait assurer le ravitaillement des troupes, en ce qui concerne les vivres précédents et l'avoine ; il arrive ainsi, tous les jours, un chargement d'environ 20 wagons par corps d'armée. C'est donc là

la mesure des besoins de cette unité, non compris les légumes et la viande fraîche, qu'on se procure sur les lieux mêmes, quand on le peut. Vivre sur le pays, partout où cela est possible, en tirer le meilleur parti, dans tous les cas, telles sont les règles ordinaires. Il faut donc procéder à une sorte d'exploitation intensive des ressources de la région occupée. Les organes à qui elle est confiée prennent le nom de *groupes d'exploitation*; les *trains régimentaires* sont chargés de recueillir le produit de leurs recherches et de le mettre à la disposition des corps de troupe. Si le pays s'appauvrit, les trains régimentaires s'adressent à un organe nouveau, le *convoi administratif des subsistances*, qui se tient à leur disposition, en arrière des troupes et où ils vont s'approvisionner. Mais, en définitive, c'est à la voie ferrée qu'il faut avoir recours, pour alimenter le convoi administratif. Et c'est en cela que consiste l'esclavage qu'on a signalé déjà.

Si l'on suppose une armée de 250.000 hommes, massée dans une région dévastée par la guerre, épuisée par un séjour prolongé ou totalement dénuée de ressources, comme cela s'est présenté en Mandchourie, les conditions d'entretien journalier seront les suivantes :

L'armée considérée comprendra, par exemple, 12 corps; chacun d'eux exigera par jour :

1 ^o Farine, avoine, petits vivres	16 wagons
2 ^o Viande	16 —
TOTAL.....	32 wagons

soit, approximativement, un train par corps d'armée. L'armée entière absorbera donc 42 trains montants; si elle est desservie par 3 lignes distinctes, ce qui est une moyenne satisfaisante, chaque ligne devra expédier 4 trains complets quotidiennement, pour le seul

service de l'alimentation. Cela représente au total, à 300 tonnes par train, 3.600 tonnes de vivres, qui devront parvenir aux corps de troupe. Les trains régimentaires auront, en moyenne, 12 à 15 kilomètres à faire, pour amener ces vivres, depuis la station tête d'étapes de guerre, jusqu'au contact des unités, ce qui donne finalement, en adoptant la tonne-kilomètre comme unité pratique, 54.000 tonnes-kilomètres par jour. (Ces nombres n'ont, hâtons-nous de le faire remarquer, qu'une valeur spéculative ; ils servent à fixer surtout l'ordre de grandeur des quantités inconnues et non pas leur valeur exacte.) Pour les éléments du calcul qui précède, on a adopté les chiffres les plus réduits ; c'est ainsi, par exemple, que le nombre de wagons (16) nécessaire à chaque corps, pour le transport du pain, de l'avoine et des petits vivres, correspond au cas où l'on envoie la farine et non le pain de guerre, qui conduirait à 20 wagons, encore moins le pain biscuité, ce qui exigerait 22 wagons. De plus, on a supposé le corps d'armée à 2 divisions seulement.

L'hypothèse sur laquelle reposent les évaluations précédentes est celle d'un pays assez déshérité pour ne pouvoir contribuer en rien à l'entretien de l'armée ; c'est un cas purement imaginaire et qui ne se présenterait probablement pas, si une guerre éclatait prochainement entre deux puissances continentales européennes. C'est lui cependant qu'il faut envisager, la contribution du pays occupé aux ravitaillements étant toujours faible, quand elle n'est pas nulle.

Jusqu'à présent, nous avons pressenti superficiellement la grandeur du trafic nécessaire par l'alimentation et l'approvisionnement en munitions. Il est facile de se rendre compte du matériel qu'il faut consacrer à l'exé-

cution de ce trafic. Pour l'alimentation seulement, les 3.600 tonnes à conduire chaque jour à 12 corps d'armée exigeront 4.000 voitures et 15.000 chevaux conduits par 10.000 hommes environ. Il faudrait compter sur des nombres du même ordre, si l'on voulait évaluer aussi les autres transports journaliers. A côté de l'armée combattante, se trouve ainsi une *armée ouvrière*, dont la mission est de fournir à l'autre, avec le plus de célérité, le plus d'abondance et au moins de frais possible, tout ce dont elle a besoin, pour vivre et combattre. On vient de voir que cette mission capitale est difficile ; il importe de l'accomplir à l'aide d'un outillage suffisant.

En dehors des moyens d'existence que les services auxiliaires préparent et apportent spontanément au soldat, il a fallu lui donner une réserve toujours disponible à portée de sa main, qui garantisson, dans une certaine mesure, son indépendance vis-à-vis des autres moyens de ravitaillement et permette de tendre vers cet idéal : n'avoir, comme limite de marche et comme loi d'orientation des mouvements des troupes, que les nécessités tactiques et stratégiques du moment. Cette réserve, c'est le sac.

La question du sac a été, est encore et sera longtemps discutée. « Le sac est le compagnon gênant », dit le général Maillard. Cette gêne, qu'on cherche par tous les moyens à diminuer, s'élève à 8^{kg},085. Elle s'ajoute aux 6^{kg},320 des vêtements, aux 3^{kg},050 de l'équipement, aux 8^{kg},745 de l'armement et des munitions, et l'on arrive ainsi à 26^{kg},200 comme charge totale du fantassin. Les soldats peuvent poser le sac dans un cas tout à fait déterminé, où cela est indispensable : au moment de l'assaut. On doit obtenir à cet instant critique l'agilité maxima ; le fait même de

poser le sac est, en outre, un stimulant énergique, il correspond au geste de retrousser ses manches, avant d' « y aller ». L'assaut terminé, l'ennemi en fuite, le ralliement opéré, on reviendra prendre les sacs en bon ordre, pendant que les camarades défendront la position conquise contre tout retour offensif. Il n'y a là aucune prescription formelle des règlements; néanmoins, c'est ainsi qu'ont procédé les Japonais au cours de la dernière guerre. Ils paraissent d'ailleurs animés d'un esprit offensif tout à fait conforme à celui dont notre règlement d'infanterie est imprégné et ils ont mené les assauts avec un brio pour lequel il faudra inventer un mot nouveau : la *furia giapponese*.

Il est difficile de séparer le soldat de son sac; en fait, on n'y a jamais songé; mais on étudie toujours la scission du sac en deux éléments, qui comprendraient, l'un, les cartouches et les vivres, dont le soldat ne ne déferait jamais, l'autre, la réserve d'effets et de petit équipement, qui prendrait place sur une voiture destinée à cet usage, au moment opportun.

En attendant, on a prévu, pour jouer un rôle analogue, la voiture de compagnie, qui porte l'approvisionnement en munitions; débarrassée de ses cartouches, elle peut porter 50 sacs du modèle actuel; elle en contiendrait aisément 100 du modèle proposé. Avec deux voitures, au lieu d'une, on aurait la faculté d'alléger instantanément les troupes désignées pour le « coup de collier ».

Quoi qu'il en soit, en vivres, en munitions, en matériel, les besoins des armées modernes seront bientôt disproportionnés avec les ressources dont elles disposent. Cela suffit à démontrer la gravité des soucis qui peuvent en résulter pour le commandement.

CHAPITRE V

EXÉCUTION DU TRAFIC A L'ARRIÈRE DES ARMÉES¹

On a vu précédemment à quelles exigences, de jour en jour plus grandes et plus impérieuses, doit faire face la zone de l'arrière, pendant le cours des opérations. Il est temps maintenant de se rendre compte, en la parcourant d'une vue d'ensemble précise, de la conception qui a pris corps progressivement et qui présidera, dans une armée moderne, à l'exécution du trafic dont nous venons d'établir l'importance.

Répartition territoriale. — En vue d'introduire le plus de clarté possible dans le fonctionnement de tous les services, on s'est arrêté à l'adoption des mesures suivantes. Pendant tout le cours de la guerre supposée, le territoire national sera jalonné, du côté des armées, par une ligne dite ligne de *démarcation* ; en deçà de cette ligne, la zone de l'*intérieur* restera sous les ordres directs du Ministre de la Guerre ; la zone située au delà, ou zone *des armées*, sera placée sous le commandement unique du général commandant en chef le *groupe d'armées* ou l'*armée opérant isolément*. La zone des armées comprendra elle-même deux régions dis-

1. Tous les nombres cités dans ce chapitre ont été empruntés au *Vade-Macum de l'officier d'État-Major en Campagne* (1906).

tinctes : la zone de l'*arrière*, comprise entre la ligne de démarcation et les têtes d'étapes de route¹ (T. E. R.), la zone de l'*avant* au delà de ces T. E. R.

Communications. — Les communications par voie ferrée desservant les régions ainsi définies seront l'objet d'une répartition spéciale et dirigées par des organes temporaires.

Les compagnies nationales des chemins de fer passant, dès la mobilisation et dans leur totalité, aux mains du Ministre de la Guerre, celui-ci disposera du

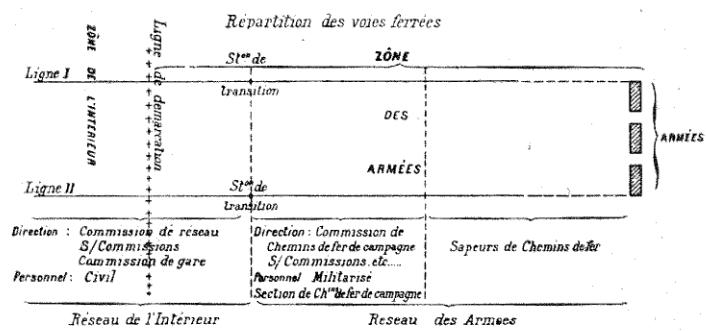


FIG. 15.

personnel des chemins de fer, militarisé ou non, dirigé par des commissions de réseau, sous-commissions de réseau et commissions de gare. Ces dispositions seront conservées dans la zone des armées, jusqu'en des points où le voisinage de l'ennemi obligera à employer, non plus le personnel civil des Compagnies, mais les *sections de chemins de fer de campagne*. Les stations, dirigées par les Commissions de chemins de fer de campagne, où s'opérera ce changement, porteront le

1. Voir plus loin.

nom de *stations de transition*. Enfin, un peu plus loin, le service des voies ferrées ne pourra plus être confié qu'à des troupes de l'armée active, en raison de la proximité immédiate des colonnes ennemis et des travaux de réparation et de construction qui pourront devenir nécessaires ; on affectera à ce rôle les sapeurs de chemins de fer du 5^e Génie. La succession des échelons sera conforme au schéma précédent (fig. 15).

Sur la portion du réseau de l'intérieur situé dans la zone des armées, le service sera exécuté sous la direction du commandant en chef.

L'ensemble des communications desservant le groupe d'armées est placé sous l'autorité du Directeur général des chemins de fer et des étapes¹ (Aide-Major général), qui relève directement du chef d'Etat-Major général du commandant en chef et qui a sous ses ordres un Directeur des chemins de fer aux armées. L'ensemble des services de l'arrière ne rentrant pas dans les attributions du Directeur des chemins de fer est organisé par armée et placé sous le commandement

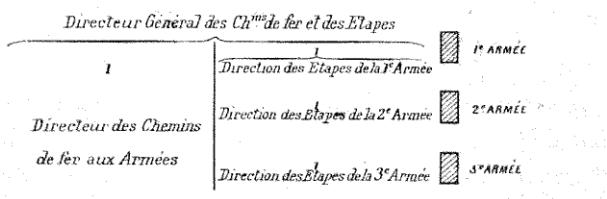


FIG. 16.

du Directeur des étapes et des services de l'armée (fig. 16).

Les stations où s'arrêtent provisoirement les transports par voie ferrée et où ils passent ainsi sous la responsabilité de la Direction des étapes de l'armée à laquelle ils sont destinés, portent le nom de Têtes

1. Ou Directeur de l'arrière.

d'Étapes de Guerre (T. E. G.)¹. A partir des T. E. G., les transports s'effectuent le long des routes, dites routes d'étapes, dont l'organisation comporte des éléments relevant de chacun des services de l'armée. La route d'étapes s'allonge ainsi entre les gares T. E. G. et les T. E. R. (têtes d'étapes de route), jalonnée de *gîtes*, dont les plus importants prennent le nom de *gîtes principaux*, la position du dernier gîte, c'est-à-dire de la T. E. R., étant variable et pouvant s'éloigner jusqu'à cinq ou six journées de marche de la station

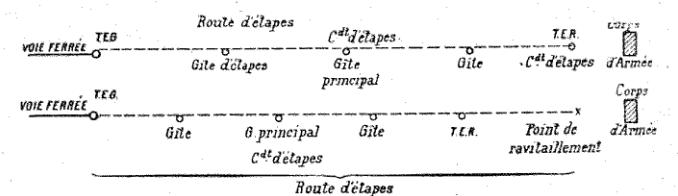


FIG. 17.

choisie pour servir momentanément de T. E. G. (fig. 17).

Les voies navigables sont pourvues d'une organisation parallèle, et des ports désignés peuvent y tenir lieu de T. E. G.

Un point est fixé chaque jour par le commandant en chef, pour le contact entre les services de ravitaillement des corps de troupes et les organes de la Direction des étapes. Ce point peut se trouver soit à la T. E. R., où est cantonné le dernier des commandements d'étapes, soit au delà de cette T. E. R., plus près de l'ennemi.

L'énumération des dispositions précédentes suffit à montrer que les difficultés principales des transports aux armées se localiseront naturellement sur les routes d'étapes et au delà. On ne veut pas entendre par là

1. Ou celui de *gares de ravitaillement*.

que le service sera toujours aisé à assurer en arrière ; mais la présence des voies ferrées y rendra toujours possible l'exécution d'un trafic suffisant pour les besoins de tous les effectifs. Dès qu'on s'en éloignera, au contraire, il sera nécessaire de faire entrer en jeu successivement des convois de plus en plus considérables, dont le recrutement, l'utilisation et la conduite deviendront de plus en plus délicats. Pour peu que surgissent à ce moment des difficultés imprévues, provenant des mouvements de l'ennemi ou de la température, on pourra être acculé à des situations extrêmement périlleuses, qui transporteront tout l'intérêt de la lutte dans la zone de l'arrière et mettront en valeur les qualités ou les défauts de l'outillage qui aura été prévu, pour ces cas particuliers. La traversée d'une chaîne de montagne, comme les Vosges, est une des occasions où ce risque sera le plus fréquent et le plus grave ; la rupture des relations par voie ferrée aura, dans de telles circonstances, une répercussion incalculable sur les événements ultérieurs et la garde des lignes de communication, contre les tentatives d'un ennemi averti et audacieux, sera bien, ainsi qu'on l'a déjà vu, la première préoccupation du commandement.

L'étude superficielle que nous venons de faire va servir de base à celle que nous allons commencer et où nous examinerons successivement l'exécution des transports relatifs à tous les services, le long des routes d'étapes et jusqu'au contact des unités.

Dans la plupart des paragraphes qui vont suivre, l'unité la plus souvent considérée sera le corps d'armée. C'est lui qui représente en effet la plus petite unité vraiment complète, pouvant opérer seule et possédant, exception faite pour quelques services très spé-

ciaux, comme la télégraphie et l'aérostation, des troupes de toutes armes.

D'une manière générale, chacun des services d'une armée comprend deux échelons distincts, celui de *l'avant*, qui est à la disposition immédiate des corps d'armée, et celui de *l'arrière*, qui est chargé d'alimenter le premier et qui est confié à la Direction des étapes et des services de l'armée. Nous étudierons, pour chacun des grands services de l'armée, l'organisation schématique des deux échelons de ravitaillement, au point de vue particulier des transports.

SERVICE DE L'ARTILLERIE

Le service de l'artillerie aux armées a pour principale mission, en laissant de côté la guerre de siège, c'est-à-dire la construction de voies et de batteries, d'opérer le remplacement des armes et des munitions. Il est indispensable, pour que ce remplacement s'execute avec l'opportunité et l'abondance convenables, que le commandant de l'artillerie soit toujours informé des intentions du commandant des troupes, reçoive ses ordres et reste en liaison avec lui.

Les munitions dont dispose une armée forment trois groupes distincts (*fig. 18*) :

- 1^o Munitions de la ligne de bataille ;
- 2^o Munitions des parcs de corps ;
- 3^o Munitions du grand parc d'artillerie d'armée.

Des éléments mobiles relient la ligne de bataille au parc de corps d'armée ; ce sont les voitures de compagnie pour l'infanterie, le groupe des échelons de batterie, pour un groupe de batteries.

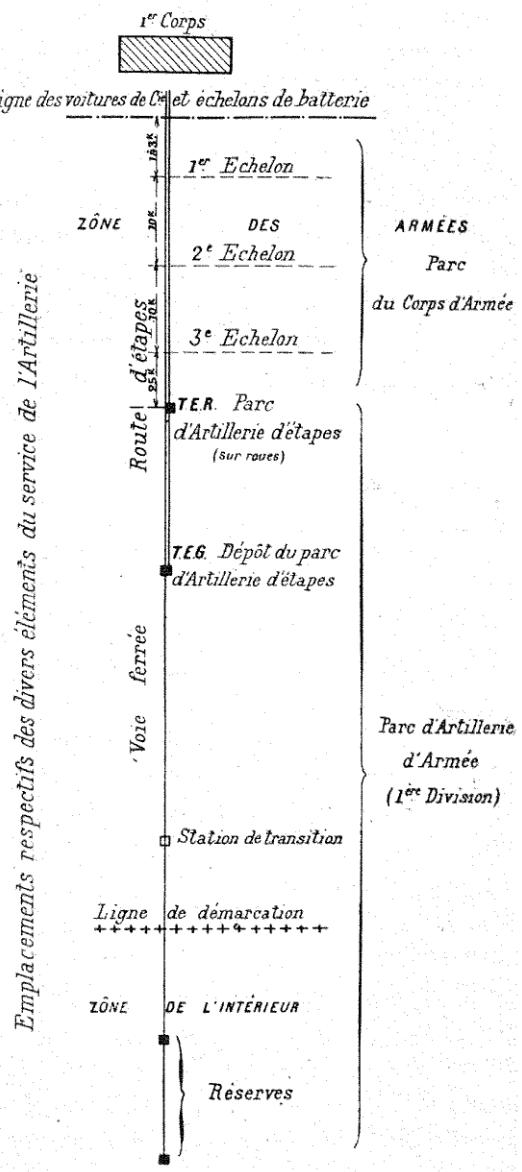


FIG. 18.

Ligne de bataille. — Les munitions qui s'y trouvent sont portées par les hommes (120) et les batteries elles-mêmes; on a vu quel est le nombre de cartouches et de coups ainsi disponible.

Parc de corps. — Le parc de corps d'armée comprend trois échelons constitués ainsi qu'il suit:

Premier échelon

3 sections de munitions de 75;
1 — — de 80;
2 — — d'infanterie.

Deuxième échelon

3 sections de munitions de 75;
3 — — d'infanterie.

Troisième échelon

2 sections de parc de corps d'armée;
1 — de réparations et de matériel.

Les sections de munitions ont leur approvisionnement en caissons.

Les sections de parc ont le leur dans les caisses blanches portées par des chariots de parc.

Parc d'armée. — Le parc d'armée est destiné à ravitailler les parcs de corps; il comprend autant de *divisions* que l'armée renferme de corps d'armée. Chacune des divisions est elle-même fractionnée en plusieurs éléments, qui s'échelonnent le long de la ligne de communication. Le premier, ou parc d'artillerie d'étapes, est installé à la T. E. R.; il est entièrement sur roues et est attelé par l'équipage de transport; en

arrière, se trouvent le dépôt du parc, puis les réserves.

Il est très important de se rendre compte tout de suite, par un exemple, des effectifs en hommes, chevaux et voitures, que représentent les unités précédentes. Le parc de corps d'armée renferme :

	Voitures	Chevaux
5 sections de munitions d'Infanterie à 31 voitures et 162 chevaux, ci.....	155	810
7 sections de munitions de 75 ^m et de 80 ^m à 26 voitures et 188 chevaux, ci	182	1.316
2 sections de parc à 35 voitures et 206 chevaux, ci.	70	442
1 section de réparation à 24 voitures et 138 chevaux, ci.....	24	138
TOTAL.....	431	2.676

Le parc d'artillerie d'étapes ne possède pas une composition fixée d'avance; mais il est facile d'imaginer que l'ensemble des trois divisions d'une armée à trois corps comporterait un nombre très élevé de voitures et de chevaux de trait.

Fonctionnement du service. — La partie la plus intéressante du fonctionnement est celle qui s'exécute au contact des troupes engagées. Notons tout d'abord qu'il faut, dans l'état actuel tout au moins, amener aux batteries de tir et aux groupes des échelons qui les approvisionnent directement des munitions *en caissons*. On ne peut pas songer, en effet, à procéder, sous le feu, à une manutention comme celle qu'exigerait le transbordement des gargousses; un caisson vide est remplacé par un caisson identique, mais plein¹. Cette condition limite, pour le moment, les améliorations qu'on pourrait apporter à l'exécution de cette partie

1. Pour les batteries à cheval, on échange même les caissons intégralement, matériel, personnel et chevaux.

des transports, puisqu'elle prescrit la forme dans laquelle ils doivent être faits.

Le principe qui règle le ravitaillement est le suivant : il faut épargner aux batteries et aux compagnies le souci du remplacement des munitions. Il en résulte que c'est aux organes situés en arrière qu'il appartient de maintenir le contact avec l'avant ; il faut qu'à tout instant l'offre soit supérieure à la demande. Cette nécessité exige l'emploi des agents de liaison, dont le rôle est essentiel.

En ce qui concerne l'infanterie, on admet que les voitures de compagnie, qui permettront de compléter avant l'ouverture du feu l'approvisionnement des hommes, ne seront pas ravitaillées pendant le combat. Il faut s'attendre à ce que cette règle soit infirmée plus d'une fois, pour peu que la prochaine guerre prenne le caractère d'acharnement, qui a, plus d'une fois, été celui de la guerre russo-japonaise. Il est entendu déjà que les hommes utiliseront soigneusement les cartouches des morts et des blessés, que la plus stricte économie sera appliquée et que des feux à cartouches comptées permettront aux capitaines de savoir toujours à combien se monte, à peu près, le nombre des coups qui restent à tirer. Dès que la lutte prendra une tournure favorable pour l'un des adversaires, elle occasionnera des mouvements en avant et des changements de front assez étendus, pour forcer les sections de munitions d'infanterie à se déplacer, afin de garder le contact. Dans beaucoup de circonstances, l'arrivée des caissons de ravitaillement devra être hâtée et leur allure forcée jusqu'à sa dernière limite. D'autre part, l'emplacement des sections des munitions étant souvent rejeté, par la nature même du terrain, à une distance déjà assez

grande des corps qu'elles ravitaillent, leur rendement pourra de ce fait devenir assez faible, influer sur les progrès des unités appauvries et leur interdire de s'assurer un avantage décisif. Ce sont là les événements auxquels doit parer le service du ravitaillement; ils suffisent à souligner la responsabilité qui peut peser sur lui.

Quant aux munitions d'artillerie, elles sont destinées à subir, à un degré encore plus grand, les vicissitudes du combat. Les déplacements des groupes, la séparation de leurs trois batteries et leurs bonds en avant, au moment de l'attaque décisive, l'irruption de la cavalerie adverse, les incidents qui peuvent survenir en des régions imprévues du champ de bataille, le rendement élevé qu'il est nécessaire d'obtenir dans le transport des approvisionnements pour les canons à tir rapide, tout contribuera à rendre le ravitaillement plus pénible.

On a vu, sur le croquis précédent, les distances qui séparent approximativement les échelons du parc de corps et les emplacements du grand parc d'armée. Ces distances sont indispensables, entre autres motifs, pour éviter l'encombrement, qui est une menace constante pour tous les services; les effectifs qui composent les trois échelons justifient ces précautions.

La manutention qui est impossible au contact de l'ennemi, celle du remplissage des caissons vides, s'effectuera dans les deux derniers échelons du parc de corps d'armée, au moyen des approvisionnements portés par les sections du parc. Celles-ci, destinées à rester à l'abri des circonstances spéciales, qui naissent de la proximité de l'ennemi, ne possèdent qu'un chargement en caisses et n'attellent que des chariots de parc. Il en est de même pour le parc d'artillerie d'étapes, qui

est le pourvoyeur de ces sections et n'a, lui non plus, que des munitions en caisses blanches.

Imaginons une circonstance de guerre, assez normale d'ailleurs, où le parc de corps ait été contraint à vider successivement tous ses coffres et que, vers le soir, les munitions soient à peu près épuisées. Le cas se présentera, par exemple, quand on aura voulu favoriser un mouvement en avant, par une préparation prolongée du combat. On aura rencontré inopinément une résistance énergique, appuyée à des ouvrages plus sérieux qu'on ne pouvait le supposer et l'on aura été conduit, pour ne pas perdre le bénéfice de l'entreprise, à consommer tous les approvisionnements.

Si la victoire a été la récompense des sacrifices consentis, la nuit devra, quand même, être consacrée au ravitaillement. Il faudra faire venir de l'arrière, au travers des obstacles créés par l'obscurité, l'équipage de transport du parc d'artillerie ; on l'arrêtera à mi-chemin et les échelons du parc du corps viendront s'y ravitailler. Cette opération représentera quelquefois une marche d'une trentaine de kilomètres, dans la nuit noire, par des chemins défoncés et boueux. La fatigue, les accidents aussi seront des obstacles à prévoir ; trop heureux encore, si le ravitaillement peut s'opérer. Ce ne sont pas là des circonstances inventées à plaisir et n'ayant avec la réalité qu'une similitude lointaine. L'histoire de toutes les guerres récentes retentit d'un cri d'alarme unanime : Ménagez les munitions !

Ménager les munitions est, en effet, le seul moyen qu'on ait d'éviter les conséquences qu'on vient d'énumérer ; mais ce sera de plus en plus difficile, au fur et à mesure que les deux causes antagonistes s'affirmeront.

L'une est la nécessité de préparer, par le feu d'infanterie et par l'action de l'artillerie, la marche en avant de troupes de plus en plus neuves (tout au moins au début de la guerre), de plus en plus hétérogènes aussi, quant à la composition, puisque la proportion à prévoir des réservistes aux hommes de l'active croît tous les jours. L'autre cause est la tendance à l'amélioration de l'armement, qui conduit à imaginer sans cesse des fusils à tir plus rapide, plus gros mangeurs de cartouches et plus difficiles à servir.

L'organisation existante n'est, pas plus que celles qui l'ont précédée ou la suivront, destinée à demeurer. Suffisante jusqu'ici, elle ne le sera peut-être plus désormais. Laquelle faudra-t-il lui substituer ? Il n'entre pas dans le but et le cadre de cet ouvrage d'en parler ; il suffit d'avoir insisté sur ce point essentiel et dont il sera bientôt temps de se préoccuper.

SERVICE DE SANTÉ

Les organes du service de santé peuvent se grouper en deux séries, ceux de l'avant et ceux de l'arrière.

Organes de l'avant. — Les organes de l'avant comprennent :

- 1^o Le service régimentaire ;
- 2^o Les ambulances ;
- 3^o Les hôpitaux de campagne.

Il est intéressant d'étudier le fonctionnement de ces services pendant le combat. Des médecins militaires italiens et allemands ont déjà attiré sur la question l'attention publique ; on va voir que ce n'est pas en vain.

Au moment du combat, l'*ambulance divisionnaire* met à la disposition de chaque corps de troupe (régiment ou bataillon de chasseurs) une grande voiture pour blessés, à quatre roues, ainsi que d'autres moyens de transport (mulets, brancards, etc.). L'emplacement où s'arrête cette formation provisoire constitue un *relai d'ambulance*, qui est l'intermédiaire entre la ligne de feu et l'ambulance elle-même. Au delà de ce relai, les médecins régimentaires installent un *poste de secours*, où s'établit le contact entre le personnel régimentaire et celui de l'ambulance. Un médecin est présent sur la ligne d'engagement et les brancardiers du corps dirigent les blessés qu'il a examinés sur le poste de secours. Le transport d'un homme frappé en avant s'opère donc comme il suit.

Muni d'une fiche de diagnostic sommaire, établie par le médecin présent, le blessé est relevé par les brancardiers ; ceux-ci le conduisent au poste de secours le plus voisin, qui est d'ailleurs mobile pendant toute la durée du combat. Là, il est procédé à un nouvel examen, qui précise et complète la fiche et le blessé est transporté au relai d'ambulance, par les mêmes brancardiers, par deux musiciens, à l'aide des mulets de litière ou des voitures disponibles. Au relai, nouvel examen, nouveaux pansements s'il y a lieu, nouvelles inscriptions sur la fiche de diagnostic ; celle-ci est blanche pour les non-évacuables, rouge pour les autres. Les brancardiers de l'ambulance transportent le blessé jusqu'à l'ambulance divisionnaire, où il reçoit des soins plus détaillés.

Et c'est ainsi qu'il arrive à cette ambulance, au fur et à mesure que la lutte se prolonge, des files de plus en plus serrées de blessés. Dès qu'ils ont reçu les

soins indispensables, ils sont répartis en trois groupes:

- 1^o Ceux qu'on peut faire marcher ;
- 2^o Ceux qu'on peut transporter ;
- 3^o Ceux qui ne peuvent pas bouger.

Les premiers sont les moins à plaindre; laissons-les aller là où le commandement a prescrit de les conduire. Les seconds seront dirigés, à l'aide des moyens de transport propres de l'ambulance et du matériel de réquisition, si c'est nécessaire, sur des points spéciaux d'évacuation. Les derniers seront remis aux *hôpitaux de campagne*, destinés à relever l'ambulance.

Celle-ci est, en effet, un organe essentiellement mobile et qui doit toujours rester disponible. Les blessés n'y font jamais qu'un séjour de quelques heures, puisqu'elle se déplace avec le corps d'armée et subit avec lui toutes les fluctuations de la campagne.

Les hôpitaux de campagne sont destinés à continuer sur place le traitement des blessés ou des malades non évacuables, que les ambulances ne peuvent continuer à soigner. Si les moyens d'évacuation de l'arrière sont insuffisants ou nuls, si la région ne renferme pas d'hôpitaux permanents, plusieurs hôpitaux de campagne peuvent être immobilisés temporairement, dans certaines localités, où ils s'installent à demeure, pour une durée plus ou moins longue.

Organes de l'arrière. — Les organes de l'arrière comprennent :

- 1^o Les établissements destinés à l'*hospitalisation sur place* ;
- 2^o Les *hôpitaux d'évacuation*.

Les premiers peuvent être des hôpitaux de campagne immobilisés (comme on vient de le voir), des *hôpitaux*

temporaires militaires, des hôpitaux ou hospices permanents, des *hôpitaux auxiliaires*, organisés par les sociétés d'assistance aux blessés.

Les autres comprennent les hôpitaux d'évacuation, les *infirmeries de gares* et de *gîtes d'étapes*, les *transports d'évacuation*.

Tous les organes énumérés possèdent des moyens de transport plus ou moins parfaits. Dans la région voisine de la ligne de feu, il faudra battre les taillis, parcourir le terrain à pied, dans tous les sens, si l'on veut être sûr de ne pas oublier, au fond d'un sillon ou d'un petit fossé de prairie, un blessé qui mourra là, faute de soins. Il n'est pas possible de garantir, malgré toute la diligence qu'on peut y mettre, que ce cas, fréquent autrefois, ne se reproduira plus. Tout le monde se rappelle Marbot, ramené à lui, dans la plaine d'Eylau, par le soldat du train, qui, le croyant mort, essaya de lui enlever sa dernière botte et mit à cette opération l'énergie qui réveilla son mort.

Jusqu'au relai d'ambulance, le transport à bras d'hommes s'impose donc, à peu près. Le relai sera installé, en général, au bord d'une route, à proximité d'un ruisseau, si possible, à mi-distance entre l'ambulance et le poste de secours, qui pourra se trouver n'importe où, dans les champs.

A partir du relai, des moyens de transport plus efficaces comme rendement pourront être employés. On devra s'efforcer de les y réunir, parce que plusieurs postes de secours y feront converger les blessés, en provenance de 2, 3 bataillons, de la cavalerie voisine, de l'artillerie, etc. C'est ici le moment de se rendre compte des ressources disponibles.

Un régiment d'infanterie possède 48 brancardiers;

l'ambulance du corps d'armée comprend 3 sections, qui renferment en tout 12 médecins, 30 infirmiers, 139 brancardiers. Les voitures spécialement destinées au transport des blessés sont au nombre de 21, 12 petites et 9 grandes ; il faut y ajouter une cinquantaine de cacolets et de litières.

L'ambulance de division d'infanterie n'a que 2 sections, qui renferment un personnel à peu près équivalent et disposent de 8 voitures à blessés, 4 petites et 4 grandes. Enfin, il y a une dizaine d'hôpitaux de campagne par corps d'armée.

Dès que l'urgence en est reconnue, on dirige momentanément l'une des sections de l'ambulance du corps d'armée et le nombre d'hôpitaux de campagne jugé nécessaire sur la division dont le service sanitaire est débordé momentanément. Sur le champ de bataille, des réquisitions peuvent être exercées par le médecin divisionnaire ou le médecin-chef, en vue de réunir des voitures auxiliaires de transport. Ce cas doit être considéré comme susceptible de se présenter fréquemment. En effet, les évacuations que devront assurer les voitures d'ambulances seront limitées par le petit nombre de places disponibles dans leurs voitures et par la nécessité où elles se trouveront de regagner, dans un délai très court, l'emplacement de l'ambulance.

Un corps d'armée dispose ainsi, pour évacuer vers l'arrière les blessés transportables, d'environ 250 places dans les voitures. La vitesse de ces voitures ne peut pas être considérable, tant à cause du terrain et de l'encombrement que de la nature des véhicules eux-mêmes. Ces véhicules, que tout le monde connaît, sont loin de présenter le confortable qu'on pourrait attendre d'eux. La rusticité de ce matériel, qui est

une qualité précieuse, mais insuffisante, est telle que le transport des blessés gravement atteints leur sera souvent fatal; c'est, du moins, l'opinion des spécialistes. Quant à son efficacité, les nombres suivants vont nous fixer là-dessus.



FIG. 19. — Vue intérieure d'une automobile d'ambulance
(4 blessés couchés).

En supposant l'effectif d'un corps d'armée égal à 30.000 hommes, un corps engagé à fond, c'est-à-dire ayant fait donner ses réserves, pourra avoir fréquemment 4 ou 5.000 hommes hors de combat. En adoptant le chiffre de 4.000, on peut supposer que les trois quarts environ des blessés seront transportables; il y

aura donc un total de 3.000 hommes à évacuer; et cela peut se présenter deux ou trois jours de suite.

L'opération est impossible par les seules ressources du corps d'armée. On aura donc recours à la réquisition et ce sera souvent dans des voitures agricoles qu'on ramènera sur l'arrière les convois de malades ou de blessés. Si l'on ne peut organiser de telles colonnes, faute de matériel, les hommes, entassés dans les locaux disponibles ou chez l'habitant, seront tout de suite une gêne pour les troupes valides, une charge pour la contrée et un foyer permanent d'épidémies. Éliminer, le plus rapidement possible, les blessés et les malades est donc une mesure conseillée également par l'humanité et par le souci de mener à bien la guerre entreprise. La distance à franchir n'est pas bien considérable, puisque la voie ferrée disponible commence à la gare tête d'étapes de guerre (T.E.G.). En même temps que le rendement, il y aurait lieu d'améliorer les conditions de ces transports et de substituer aux voitures actuelles des voitures sanitaires, calquées, avec réduction, sur les wagons aménagés par la Croix-Rouge, pour la guerre russo-japonaise.

SERVICE DE L'INTENDANCE

C'est à l'intendance qu'incombe, aux armées, les transports les plus importants et la tâche la plus compliquée, puisqu'elle assure à la fois l'alimentation, l'équipement, le harnachement et l'administration des troupes; nous allons étudier exclusivement ce qui a trait au premier de ces services.

Organe de ravitaillement. — Un corps d'armée

dispose de plusieurs organes distincts, qui sont destinés à assurer son alimentation :

- 1° Les trains régimentaires;
- 2° Le convoi administratif;
- 3° La boulangerie de campagne;
- 4° Les voitures à viande, les troupeaux de ravitaillement, un parc de bétail;
- 5° Des groupes d'exploitation, pour tirer parti des ressources locales.

Les trois premiers organes représentent, pour l'ensemble du corps d'armée, un nombre de voitures et de chevaux très élevé; le tableau suivant permet de s'en rendre compte.

	VOITURES	CHEVAUX	HOMMES DE TROUPP
Trains régimentaires.....	250	600	»
Convoi (4 sections égales).....	636	1.748	1.276
Boulangerie.....	489	584	760

L'alimentation des troupes peut se faire de plusieurs manières, suivant les régions traversées et les circonstances de la guerre. On peut ainsi :

- 1° Faire fournir les repas par les municipalités ou l'habitant;
- 2° Utiliser les vivres que les voitures régimentaires (13 par régiment) peuvent recueillir dans le pays environnant, ou aller prendre aux convois;
- 3° Consommer les vivres du sac, etc.

Ces derniers sont recomplétés dans le plus bref délai possible, au moyen des ressources locales et des arrivages de l'arrière (pain de guerre).

Le ravitaillement des trains se fait différemment, suivant que l'armée est à une distance plus ou moins grande de la gare tête d'étapes de guerre. Si la marche en avant s'opère le long d'une voie ferrée dont on ne doit pas s'écartier, les trains régimentaires vont s'y approvisionner tous les jours. Ils sont divisés en deux sections qu'on vide successivement, chacune d'elles correspondant aux besoins de l'unité pendant vingt-quatre heures. On peut ainsi passer deux jours entiers, sans se rapprocher de la ligne, à condition d'être sûr de cantonner au bord, le soir du second jour.

C'était le cas de l'armée russe en Mandchourie. La proximité de la voie ferrée était une condition *sine qua non* de la possibilité de ses opérations, et, du reste, les deux armées ne s'en sont guère éloignées pendant toute la campagne.

Si l'armée s'éloigne à plus de 15 kilomètres de la station T. E. G., les trains régimentaires ne peuvent pas s'y réapprovisionner; le convoi administratif entre alors en jeu; il est divisé en quatre sections égales, portant chacune un jour de vivres pour le corps entier (pain, sel, sucre, café, lard, viande de conserve et potage condensé, plus un jour d'avoine). Quoique ce soit proprement un organe de corps d'armée, il pourra, suivant les cas, être fractionné en plusieurs parties, rester groupé, ou se fondre avec les convois des autres corps de la même armée.

Il deviendra insuffisant, à son tour, dès que la route d'étapes s'allongera au delà de deux ou trois journées de marche, ainsi que cela arrivera en montagne. Il sera nécessaire de lui adjoindre un convoi auxiliaire, entièrement composé de voitures réquisitionnées et des convois éventuels, si la route s'allonge encore.

Dans ce cas, 2.000 voitures et 5.000 chevaux encombreront les chemins de l'arrière, s'embourberont dans les accotements et défonceront les chaussées. C'est dire qu'on évitera sans doute de laisser un corps d'armée s'engager dans une pareille impasse. La densité des armées modernes est, en effet, supérieure à celle des armées d'autrefois ; elle offre, dans un espace qui aurait contenu l'effectif d'un régiment, une brigade ou une division. C'est là une des raisons qui rendront de plus en plus difficile le problème essentiel du ravitaillement. Les armées seront donc, pour ce motif comme pour tous les autres (munitions, matériel, évacuations), de plus en plus sous la dépendance des chemins de fer. C'est comme une congestion progressive, qui s'empare peu à peu de tous les services et rend le jeu relatif de tous leurs organes de plus en plus précaire.

Cavalerie. — Ceux-ci sont d'ailleurs à la disposition de l'infanterie ; mais la cavalerie isolée doit s'en passer ; elle n'a ni convoi, ni troupeau, ni boulangerie, ce qui s'explique par sa mobilité extrême. Elle sera donc exposée, plus qu'aucune autre arme, à vivre sur le pays, à l'aide de ses seuls trains régimentaires. Pour faire face à tous les besoins, ils auront souvent des étapes fort longues à fournir, soit à cause des déplacements rapides et de grande amplitude des corps de cavalerie, soit à cause de la nature du pays, soit, enfin, par suite de l'isolement complet de la cavalerie, en avant des armées, dans une contrée hostile, théâtre de toutes les entreprises possibles de la part de la cavalerie adverse.

La cavalerie de sûreté, qui opère au contact des divisions, sera chargée souvent de préparer le ravitaillement direct de leurs trains régimentaires. Elle

fera réunir, en des points déterminés, les approvisionnements jugés nécessaires ; c'est pourquoi un fonctionnaire de l'intendance lui sera adjoint, la plupart du temps.

Exemple de ravitaillement dans un pays dévasté ou pauvre. — En résumé, de tout ce qui précède on conclut que l'on se passera le plus possible des convois actuels. Leur entrée en action sera retardée jusqu'à la dernière limite, en raison de leur encombrement et de leur lenteur. L'alimentation des armées devra s'effectuer, le plus qu'on pourra, par les seuls trains régimentaires ; mais, dans l'état actuel des choses, leur zone d'action est trop restreinte pour qu'ils suffisent longtemps à la tâche. L'éloignement des gares de ravitaillement ou la longueur des étapes à fournir à travers la contrée à exploiter sont des obstacles qui s'opposent pratiquement à l'emploi exclusif du service régimentaire.

A. Considérons un corps en marche dans une région sans ressource et s'éloignant progressivement de la voie

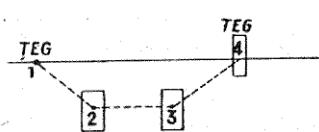


FIG. 20.

ferrée (*fig. 20*). Le premier jour, le corps avait cantonné en 1, à proximité de la gare T. E. G. ; dans la soirée, les deux sections du train régimentaire étaient

ravitailées en pain, petits vivres, conserves, etc. Le soir du second jour, le corps, cantonné en 2, est trop loin de 1 pour qu'on s'y ravitailler, c'est-à-dire à plus de 15 kilomètres ; la distribution de ce soir-là vide l'une des sections. Même sort pour la deuxième, le soir du troisième jour. Désormais, toutes les deux étant vides, il faut

que le premier cantonnement du corps soit en 4, à la nouvelle gare T. E. G., pour y faire le plein.

Si l'on veut que les corps se ravitaillent sans faire intervenir le convoi, leur zone de marche doit être, au maximum, égale à la bande de terrain comprise entre deux lignes parallèles à la voie ferrée et à une distance de cette voie égale à 30 kilomètres, en fixant à 30 kilomètres l'étape normale des trains et à 20 kilomètres celle du corps d'armée.

En effet, le corps peut rester trois jours entiers sans ravitailler ses trains. Le premier jour, il s'éloigne au plus de 20 kilomètres (*fig. 21*); le deuxième jour, il doit revenir cantonner à la même distance, c'est-à-dire qu'il atteindra une élévation maximale de $20 + 10 = 30$ kilomètres et cantonnera encore à 20 kilomètres de la station, après avoir parcouru 20 kilomètres. Le lendemain, il marchera toute la journée, pour rejoindre la T. E. G. qu'il atteindra le soir. Il pourra aussi cantonner à 30 kilomètres de la voie et les trains le ravitailleront pendant quelques jours, à raison de 30 kilomètres par étape quotidienne pour chaque section.

B. Les nécessités de la guerre peuvent forcer le même corps à sortir de la zone qu'on vient de déterminer. Dans ce cas, c'est au convoi administratif que les trains régimentaires iront faire le plein; ce convoi est, en principe, à une demi-étape de l'arrière-garde, soit 10 kilomètres en moyenne. Il renferme, ainsi qu'on l'a

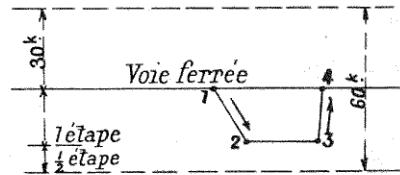


FIG. 21.

déjà vu, quatre sections égales, portant chacune un jour de vivres pour les hommes et d'avoine pour les chevaux.

Le soir du premier jour (fig. 22) une section des trains ravitaille chaque unité, mais, dès le deuxième

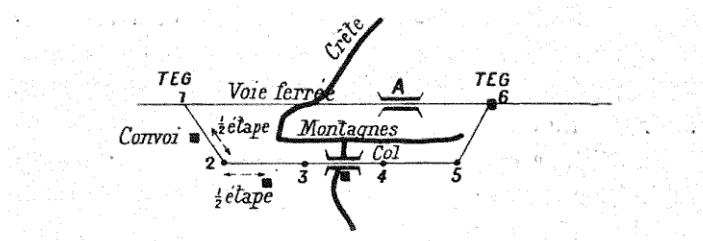


FIG. 22.

jour, une section du convoi est vidée en 2 par les trains régimentaires; une seconde est vidée en 3 le lendemain, la troisième en 4, la quatrième en 5, et, le soir du sixième jour, les trains et le convoi vont se ravitailler en 6. C'est là l'effort maximum qu'on peut demander au convoi; on ne se hasardera pas, en général, à le vider complètement; on essaiera sans doute de ravitailler les sections vides, dès qu'il n'en restera plus que deux disponibles; mais cela peut devenir irréalisable, par suite d'obstacles naturels infranchissables entre la voie et la route.

Un ouvrage d'art situé en A, par exemple le pont jeté sur un torrent, a été détruit par un parti ennemi, mais on peut rétablir les communications en cinq jours, à l'aide du matériel des ponts de chemin de fer du génie. On pourra alors tenter la marche qui figure sur le schéma ci-contre, mais il faudra être sûr de trouver en 6 le train de ravitaillement. Le cas qu'on vient d'examiner sera rendu encore plus vraisemblable, en supposant que la voie ferrée traverse, entre 1 et 6,

une chaîne de montagnes et que la route jalonnée par les cantonnements successifs 1, 2, 3, 4, 5, 6 est la seule praticable, grâce au col qu'elle emprunte entre 3 et 4.

Toutefois, à l'aide du convoi, la zone d'opérations du corps peut atteindre, théoriquement, une étendue assez considérable. Une évaluation semblable à celle que nous avons faite pour les trains régimentaires conduit à lui donner, comme dimensions maxima, celles d'une bande parallèle à la voie et large de cinq étapes ou 100 kilomètres. Mais il faut remarquer que la conduite des convois est une opération pénible, qu'elle expose les troupes à se voir enlever toutes leurs ressources par un coup de main et qu'il faut, au fur et à mesure qu'on s'éloigne du chemin de fer, consacrer à la garde des énormes files de voitures des effectifs qui réduisent sensiblement celui du corps principal.

C. Dès que ce dernier est à 40 kilomètres de la ligne ferrée, le service des étapes s'occupe de constituer le *convoi auxiliaire*, pour ravitailler le convoi administratif, avant qu'il se soit vidé complètement. Le convoi auxiliaire reste à deux étapes du gros, c'est-à-dire à une étape et demie du gros du convoi administratif; il envoie, à une étape en avant, la section destinée à ravitailler chaque section vide de ce convoi; la section vide revient pour cela d'une demi-étape en arrière, fait le plein et rejoint son gros.

Les observations déjà faites s'appliquent ici, avec plus d'à propos même. Le convoi auxiliaire est constitué par des moyens de fortune; matériel, personnel, atte-lages sont, par conséquent, d'une qualité douteuse; beaucoup de complications seront donc à craindre, dès qu'on dépendra d'un organe aussi défectueux, en suppo-

sant que l'on ait pu réunir matériel, personnel et chevaux. Ce sera néanmoins le premier souci du commandement d'étapes de la tête d'étapes de route, qui doit avoir constamment un jour de vivres sur roues, soit une section du convoi auxiliaire, prêt à être poussé au contact de chaque convoi administratif. Il peut se faire que, malgré les prévisions, la réquisition ne fournisse pas partout les éléments nécessaires à la constitution des convois ; on ne peut, d'autre part, songer à organiser à l'avance des unités aussi encombrantes, aussi coûteuses et qu'on cherchera toujours à rendre inutiles. Ce sera donc, en général, à l'improviste, dans des pays déshérités à tous les points de vue, qu'il faudra les créer, à moins qu'on n'ait prévu une organisation toute différente, à la fois plus souple et plus puissante. Tout ce qui précède s'applique avec plus de force encore à la réunion et à l'emploi régulier des *convois éventuels*, qui ravitaillent les précédents.

Le passage des contrées montagneuses sera, en raison des nécessités qu'on vient de préciser, une opération qu'on tâchera d'éviter. Elle ne pourra être facile que pour des unités relativement faibles, semblables à celles qui étaient en usage il y a un siècle et non pourvues de l'armement puissant, mais fort gênant, qu'est l'artillerie lourde. Les Vosges, le Jura, les Alpes sont ainsi d'excellents rideaux défensifs, à l'abri desquels on ne redoute guère l'invasion en masse. Celle-ci sera forcément canalisée, par suite du libre parcours qu'elle exige, dans les régions de facile accès, où abondent les cours d'eau, les routes et les chemins de fer. En sorte que ce serait un avantage considérable, pour une armée, que de posséder des services de ravitaillement capables d'assurer sa liberté de

manœuvre en tout pays, lui permettant d'apparaître, avec des effectifs supérieurs, là où on ne l'attend pas, et de se réfugier là où on ne pourra pas la poursuivre. Sous cette forme, le problème du ravitaillement prend une importance plus grande encore, dès que l'on envisage les opérations d'armées nombreuses, dans les Vosges, les Alpes ou des régions analogues.

On sait les immenses quais de débarquement qu'on a construits dans les gares, de part et d'autre de la frontière de l'Est, en vue de faciliter ou plutôt de rendre possibles les diverses opérations de la concentration. La présence de ces quais est un indice suffisamment caractéristique des intentions du commandement. C'est sur leur nombre, dans les diverses régions voisines de la frontière, qu'on a souvent basé les prévisions relatives aux intentions de l'adversaire, tant on les estime inséparables d'une mobilisation sérieuse. Leur rareté dans la Haute Alsace semble indiquer, si l'on veut s'en tenir à un premier aperçu, que l'effort principal des Allemands ne se produirait pas vers Belfort. On peut en voir la cause dans le peu de viabilité de la région environnante; l'obstacle des montagnes était déjà réel, mais non insurmontable, pour les armées de Napoléon; il serait terrible pour les nôtres.

Un pays marécageux, dont le sous-sol est composé d'argile, est également un rempart, à l'abri duquel des troupes sont en sécurité relative. L'attaque de nos forts de l'Est, entre Toul et Verdun, par des temps de pluie persistante, présenterait des difficultés énormes. On n'y amènerait pas aisément les obusiers, qui se flattent d'avoir raison des vieilles tourelles en fonte dure et des ouvrages démodés. Le temps qu'on y perdrat et les pertes que cette attaque entraînerait justifieraient

largement encore la construction déjà lointaine de cette ligne de défense. Ce serait bien autre chose, s'il fallait faire traverser, dans des conditions analogues, les collines de la rive droite de la Meuse à des convois de ravitaillement. Les voies d'invasion facile sont ainsi, depuis longtemps, prescrites par la topographie ; les régions d'opérations elles-mêmes se restreignent de plus en plus aux bonnes routes et aux pays ne présentant pas de hauteurs trop considérables. Il en sera ainsi tant que les moyens de transport actuels resteront seuls en usage dans les armées.

Matériel. — La réunion du matériel nécessaire pour constituer les convois administratifs, auxiliaires et éventuels est une opération hasardeuse, vu le nombre des voitures qu'ils comportent. Le premier renferme déjà 352 voitures de réquisition à deux chevaux, les autres devraient en posséder chacun environ 2.000, pour être à peu près équivalents au premier. C'est donc une véritable armée et une cavalerie très considérable qui seraient ainsi mobilisées. En y joignant les chevaux nécessaires pour les services du parc d'artillerie, on arrive à environ 5.000 chevaux de trait par corps d'armée, sans le convoi auxiliaire, en sorte que 12 corps mobilisés exigeront d'abord 60.000 bons chevaux de trait, effectif qu'il faudra maintenir, malgré les pertes dues aux fatigues, aux accidents, aux maladies, au manque de soins et de nourriture.

Les voitures qui entrent dans la composition des organes de ravitaillement appartiennent à un grand nombre de types dont les principaux sont :

	TARE	CHARGE UTILE		POIDS TOTAL EN CHARGE en kilogrammes
		MOYENNE en kilogrammes		
Chariot de parc à 4 chevaux.	900	1350		2250
Fourgon à 2 chevaux	750	850		1600
Fourragère à 4 chevaux.....	1140	800		1940
Voitures de réquisition.....	700	800		1500

Tels sont les véhicules du convoi administratif. La capacité de transport de ce convoi peut s'évaluer ainsi, par section :

Fourgons 53 :

portant $53 \times 850 = 457,050$ et pesant $53 \times 1.600 = 847,800$

Chariots de parc 19 :

portant $19 \times 1350 = 257,650$ et pesant $19 \times 2.250 = 427,750$

V. de réquisition 88 :

portant $88 \times 800 = 707,400$ et pesant $88 \times 1.500 = 1327,000$

TOTAL..... 1417,100 2597,550

On peut estimer à 15 kilomètres le parcours moyen en charge de la section de ravitaillement. Cette distance correspondra donc à :

$1417,100 \times 15 = 2125$ tonnes-kilomètres utiles,
 $2597,5 \times 15 = 3892$ — brutes.

Ce trafic doit être réalisé chaque jour sur les routes d'étapes (outre celui qui correspond au fonctionnement normal des trains régimentaires), dès que le corps d'armée s'éloigne au delà d'une quinzaine de kilomètres de la gare T. E. G.

Les trains d'un corps à deux divisions, qui forment le premier échelon du service des subsistances, com-

prennent les effectifs inscrits dans le tableau suivant.

	VOITURES	CHEVAUX
8 Régiments d'Infanterie à 13 voitures...	104	208
Artillerie divisionnaire.....	18	36
— de corps.....	35	70
— lourde (?).....	3	6
Parcs de Corps (Etat-major et 3 échelons)	49	98
Quartiers généraux	9	18
Ambulances, Hôpitaux, Cie d'équipage....	19	38
TOTAUX.....	237	474

En fixant à 800 kilogrammes le poids utile transporté, en moyenne, par chaque fourgon sur 15 kilomètres par jour, on arrive à

$$237 \times 15 \times 800^{\text{kg}} = 2.844 \text{ tonnes-kilomètres},$$

$$237 \times 15 \times 1.600^{\text{kg}} = 5.688 \text{ tonnes-kilomètres brutes};$$

ce qui porte à environ 10.000 tonnes-kilomètres le mouvement que doit supporter le réseau des routes, dans les conditions précisées plus haut. Ce n'est d'ailleurs là qu'une faible partie du mouvement total, puisqu'il ne correspond qu'au seul service des subsistances, et cela, dans le cas très favorable où la gare T. E. G. n'est encore qu'à une étape et demie du gros du corps d'armée.

TRÉSORERIE ET POSTES

Ce service est chargé d'opérer les recettes, d'acquitter les dépenses et d'exécuter le service postal.

C'est aux stations T. E. G. que s'effectue le contact entre les services de la direction générale des postes et ceux de la trésorerie et des postes aux armées.

Le schéma du dispositif est le suivant (fig. 23).

Entre les T. E. G. et les quartiers généraux des corps d'armée, la correspondance est transportée par des *malles-postes*. Le bureau du quartier général est bureau de transit, pour toute la correspondance du corps d'armée.

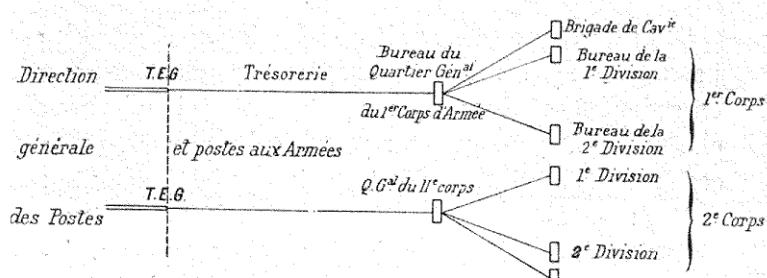


FIG. 23.

Entre ce bureau et ceux des divisions, le service est fait par les deux *tilburys* du corps et le *tilbury* de chaque division, qui font tous les jours un seul voyage, dans l'un ou dans l'autre sens. Des bureaux des divisions jusqu'aux unités, la correspondance est portée par les vagueumestres de ces unités.

Pour les relations entre les corps d'armée voisins, on utilise les *fourgons de correspondance*. Des *estafettes* relient également le bureau du corps au bureau de la brigade de cavalerie, ainsi que les divisions d'un même corps entre elles.

Nous avons terminé l'examen des principaux services de transports aux armées; nous y arrêter plus longtemps serait dépasser le but que nous avions en vue en abordant cette étude et que les chapitres suivants mettront en évidence. Cependant, avant de quitter le sujet, il convient de dire quelques mots du service

qui est chargé de mettre en mouvement la plupart des organes décrits jusqu'ici.

TRAIN DES ÉQUIPAGES

Organisation du train. — Le train est organisé par escadrons, à raison de un par corps d'armée ; il y en a donc 20 en France, en ce moment, qui mobilisent chacun en moyenne 10 compagnies. La répartition de ces unités se ferait à peu près de la manière suivante :

1 compagnie est affectée aux quartiers généraux, états-majors des brigades, hôpitaux de campagne, dépôts de remonte, etc. ;

1 compagnie attelle les ambulances du corps d'armée ;

4 compagnies (1 par section) attellent le convoi administratif ;

1 compagnie est destinée à la boulangerie de campagne ;

Diverses compagnies peuvent être affectées aux quartiers généraux d'armée, de divisions isolées d'infanterie ou de cavalerie, etc.

En admettant un effectif moyen de 200 hommes et 250 chevaux par compagnie, ce qui est loin d'être exagéré, on arrive, en supposant que 100 compagnies soient mobilisées, à :

Hommes.....	20.000
Chevaux.....	25.000

c'est là l'effectif d'un corps d'armée. Il est à remarquer que les chevaux du train doivent être d'un modèle assez fort pour fournir le travail qu'on attend d'eux; au cours d'une guerre, il en mourrait un grand nombre, et leur

remplacement serait assez difficile. L'exécution des transports, l'organisation et la conduite des convois, l'entretien des chevaux et du matériel, c'est là le rôle du train des équipages. Il importe à la fois au bien-être des troupes et à l'issue de la guerre qu'il s'en acquitte parfaitement.

CONCLUSION

On voit combien sont importants les services qui opèrent en arrière des armées. Il est urgent d'assurer leur fonctionnement régulier, à l'égal des organes de combat eux-mêmes.

Ce qu'il faut craindre à cet égard, c'est que des circonstances imprévues, comme celles qui se produisirent en 1812, ne rendent impuissants les équipages des armées et ne paralysent tout à fait leurs mouvements, en frappant d'inertie tous les services de l'arrière.

Un exemple historique va montrer comment une pareille catastrophe peut se produire et avec quelle intensité elle se répercute sur toute une campagne.

Les transports pendant la campagne de 1812 (*fig. 24*). — La campagne de Russie avait été préparée par l'empereur avec autant de soin, autant de minutieuses précautions, qu'aucune des précédentes. Les moyens de transports et les approvisionnements avaient été réunis aux points voulus. Mais l'énormité de l'effectif, hors de proportion avec les moyens de l'époque, rendait cette organisation préliminaire à la fois plus indispensable et plus pénible. Le théâtre de la guerre était lointain, la durée de l'expédition s'annonçait comme fort longue, les lignes de communication des plus difficiles, à tra-

vers des contrées désertes et dont le climat était le défenseur naturel. Tout semblait exiger une prompte entrée en ligne des armées de Napoléon, si elles ne voulaient pas se trouver exposées à la fois aux horreurs combinées du froid et de la guerre d'extermination, à 800 lieues de France.

Cependant, des lenteurs funestes se produisirent. La Grande Armée était sur pied en avril; mais sa mise en marche réelle fut reportée en juin, beaucoup plus par les retards d'organisation, que par suite de la distance à parcourir. L'empereur voulait tout faire par lui-même, limitait à peu de chose l'initiative de ses lieutenants et s'exposait à ce que ses ordres ne fussent pas exécutés en temps voulu, en raison de l'étendue du front et des procédés de transport seuls disponibles à cette époque. Les années 1810 et 1811 avaient été fort mauvaises pour l'agriculture. Les fourrages manquaient partout; c'était avec beaucoup de peine qu'on avait attelé les bagages que traînaient après eux les 600.000 hommes de l'armée française.

La campagne débute par la célèbre manœuvre de Vilna. La route de Vilna était des plus détestables, sauf en plein été, où elle était suffisamment sèche, et en plein hiver, quand la neige avait nivelé la contrée et fait disparaître les chaussées. On était en juin au moment du passage du Niémen, c'est-à-dire à l'époque la plus défavorable. L'armée d'Italie, retardée par une marche des plus pénibles dans des chemins inondés, avait eu des débuts malheureux. Surprise par un orage pendant un franchissement, un pont de bateaux s'était rompu sous elle; la moitié des équipages s'était embourbée et une foule de chevaux avaient péri. Le 28 mai, l'empereur entre à Vilna; Barclay, qui commande la

I^{re} armée russe, venait d'évacuer la ville, après avoir détruit les magasins et les ponts. Napoléon forme alors le projet d'attaquer au sud Bagration, commandant la II^e armée russe, pendant qu'il rejoint Barclay, qui vient de l'appeler à lui vers le nord. Il confie cette mission à Davout, que le roi Jérôme doit aider, en prenant l'armée russe en queue. Mais Jérôme est en retard ; il a passé le Niémen, vers le 30, à Grodno et il vient de perdre en route la moitié de ses bagages et le tiers de son effectif, sans tirer ni recevoir un coup de fusil. D'où un échec, qui vaut au frère de Napoléon d'être placé sous les ordres de Davout, humiliation qui le détermine finalement à quitter l'armée.

De nouveaux retards s'ensuivent, et, malgré les efforts de Davout, après quelques combats indécis, Bagration s'échappe et rejoint Barclay, le 6 août. La manœuvre de Vilna avait échoué.

Pendant que ces péripéties consommaient un temps précieux et mal employé, Napoléon s'arrêtait quinze jours à Vilna. On venait de traverser une période de pluies ininterrompues et diluvienues. La contrée tout entière était un immense marécage et la mortalité des chevaux était effroyable. Des réductions et des allègements dans les équipages s'imposaient chaque jour. Des négligences, des mécontentements, une certaine lassitude commençaient à se manifester, par suite des privations qui se faisaient déjà sentir et de l'impression générale que « cela finirait mal ». La rigueur du climat enlevait beaucoup de confiance aux troupes et leur faisait augurer un hiver extraordinairement rigoureux.

A ce moment, le service des convois est organisé par eau et l'on prend des précautions très sérieuses, pour

sauvegarder les lignes de communication. La garde nationale, mobilisée en France, garde la rive gauche du Rhin ; Augereau est à Berlin, avec le 1^{er} corps. Cependant, les convois attardés rejoignent à Vilna ; l'armée, réapprovisionnée et réorganisée, se met en route le 16 juillet. Vilna a reçu une garnison et devient le centre du ravitaillement ; on y crée des dépôts de matériel et de vivres.

Le 26 juillet, à Ostrowno, Barclay refuse encore une fois le combat, et Napoléon voit lui échapper à nouveau la bataille qu'il cherche avec tant d'impatience. Il arrive à Witebsk, constraint une deuxième fois de réparer le désordre que l'insuffisance des ressources de la contrée et la lenteur des arrivages ont encore accentué depuis Vilna. Le pays est dévasté par l'ennemi, autant par incurie que par calcul ; il faut attendre les vivres, créer des dépôts à Witebsk et y laisser une garnison. Depuis le Niémen, 60.000 cadavres de chevaux jonchent les routes ; de 350.000 hommes, l'armée d'opérations est tombée à 220.000. Les garnisons qu'elle égrène le long du chemin l'affaiblissent sans cesse ; elle en a laissé partout : sur le Niémen, que gardent 5.000 Prussiens de Macdonald ; sur la Dwina, qui est surveillée par une division polonaise ; à Vilna, à Witebsk, etc.

Après des combats très meurtriers et des marches qui épuisent les troupes, Napoléon s'empare de Smolensk, laissant les Russes battre en retraite, et s'arrête dans cette ville. L'organisation de l'arrière l'y force en effet. Les Cosaques et les paysans commencent à se livrer à la guerre de partisans dont l'armée a tant souffert en Espagne. 30.000 hommes de renfort, venus d'Allemagne, assurent l'arrivée des convois vers Smo-

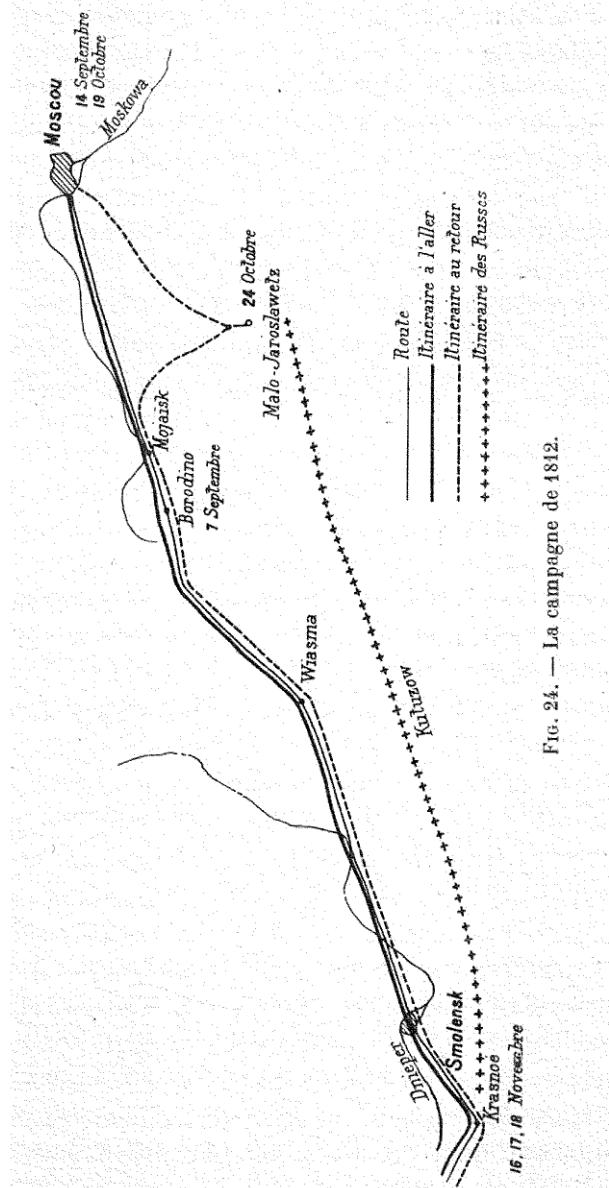


FIG. 24. — La campagne de 1812.

lensk et l'on établit le long des routes d'étapes des petits postes fortifiés. Dans chacun d'eux, une garnison de 150 hommes, avec deux canons, surveille la contrée et escorte les arrivages. A Smolensk, on crée des hôpitaux, des magasins, des fours. Une organisation défensive est donnée à la ville et l'armée, qui s'y refait pendant une semaine, s'y affaiblit néanmoins de quelques milliers d'hommes, qu'elle y laisse à son départ (25 août).

Dès le 1^{er} septembre, la pluie reparait ; les routes se transforment encore une fois, celle-ci définitive, en bourbiers innommables, où pataugent les fantassins, où s'enfoncent les canons et les caissons, où s'arrêtent complètement les fourgons d'approvisionnement. Le 7 septembre, la Moskowa nous coûte 30.000 tués ou blessés, dont 25 généraux. L'armée russe, qui est passée quelques jours avant sous le commandement du populaire Kutuzow, a subi d'ailleurs des pertes au moins aussi élevées. Le 14 septembre, Napoléon entre à Moscou. On sait l'histoire de l'incendie et le pillage qui suivit.

A ce moment, la situation de l'empereur est la suivante. Il a perdu, du Niémen à Moscou, à peu près toute sa cavalerie, dont 70.000 chevaux sont morts de faim. L'artillerie a traîné, on ne sait comment, 600 canons jusqu'à Moscou ; elle en a pris un grand nombre à l'ennemi ; mais c'est là son dernier effort. Les attelages manquent, pour ramener en France, si l'on y parvient, les pièces, les chariots où l'on a entassé les munitions et les vivres. Les effectifs ont fondu par la maraude, par les innombrables combats, par l'éparpillement, qui les a semés le long des immenses routes qu'on vient de parcourir. L'heure est assez grave pour

songer à la paix ; Napoléon va perdre, à des tentatives de négociations, du 15 septembre jusqu'au 19 octobre, et il n'obtiendra pas de réponse. Enfin, il se résigne au retour ; la route qui s'impose est celle de Smolensk, où des magasins l'attendent et où des renforts sont disponibles.

Le 11 octobre, la Grande Armée (90.000 hommes) quitte Moscou ; elle se heurte, le 24, à l'ennemi devant Malojaroslavetz et se fait jour à grand'peine. Le froid commence à être vif ; des canons sont laissés en route. Le 2 novembre, Ney passe à l'arrière-garde. On marche en carré, les bagages au milieu, à travers des nuées de Cosaques ; le froid s'accentue encore ; les chevaux meurent toujours ; les canons jalonnent la route ; beaucoup d'hommes s'endorment au bivouac et ne se réveillent plus. Wittgenstein s'empare de Witebsk, et le prince Eugène rejoint le gros à Smolensk, ramenant ce qui reste de l'armée d'Italie, qui a perdu les trois quarts de ses fourgons et de ses canons. Du 9 au 14 novembre, les lamentables colonnes de l'armée française s'écoulent dans Smolensk. 400 pièces d'artillerie y sont abandonnées ; les magasins, incomplets, sont pillés. Les trois quarts des voitures sont brûlées, car il n'y a plus de chevaux ; privés de bagages, de fourgons à vivres, d'artillerie, les 35.000 hommes qui restent marchent vers l'ouest, en quatre groupes commandés par l'empereur, le prince Eugène, Davout et Ney. A Krasnoë (16, 17 et 18 novembre), les trois derniers sont attaqués successivement par Miloradowitch, que Kutuzov a jeté entre la garde et le deuxième échelon. Le dernier jour, c'est au tour de Ney de se frayer un chemin. Il se défend, avec 7.000 hommes et 5 à 6.000 trainards, contre 80.000 Russes et ne peut passer.

Il rebrousse chemin, comme s'il renonçait, et va attendre, au bord du Dnieper, que la glace soit assez solide. Pendant la nuit (heureusement !) il gèle à 25°, et le maréchal passe, sur des planches, avec 2 à 3.000 hommes. Le reste, canons, trainards et bagages est perdu. Sur l'autre rive, 6.000 Cosaques l'attendaient; il lutte toute la journée et se réfugie, à la nuit tombante, dans la forêt qui borde le fleuve (19 novembre). Il marche toute la nuit et toute la journée du lendemain et arrive enfin, le 20 au soir, avec 300 hommes, aux avant-postes de Mortier, qui n'en revient pas. On parvient quand même à Orscha, que l'on quitte le 21, après avoir brûlé, sur l'ordre de l'empereur, *toutes les voitures autres que celles de l'artillerie*. Alors, c'est la Bérézina, l'héroïque légende connue de tous. A partir de ce moment, il n'y a plus de munitions autres que celles portées par les hommes. Napoléon quitte l'armée, dans la nuit du 5 au 6, inquiet de ce qui se passe à Paris. Les derniers équipages sont capturés dans une côte rapide, à la sortie de Vilna, et c'est la déroute; Ney, avec 500 hommes, tire les derniers coups de fusil à Kowno et s'enfuit, seul, dans les bois.

Tous les malheurs s'étaient abattus ensemble, pendant cette épique retraite, sur l'armée française. Nous n'en retiendrons qu'un enseignement, entre tous ceux qui ont été tant de fois et si exactement dégagés: c'est l'extrême difficulté qu'on y a rencontrée dans l'organisation des ravitaillements. La garde des communications a exigé des garnisons qui ont affaibli outre mesure l'armée de campagne; les transports n'ont pu, malgré les plus soigneuses prévisions d'un homme comme Napoléon, être à la hauteur des efforts qu'on leur demandait. La mortalité des chevaux n'a pu être

enrayée et leur remplacement n'a pas même pu être tenté.

La cavalerie, tout d'abord, les voitures, en second lieu, l'artillerie elle-même, pour finir, ont été abandonnées sur la route. Des moyens de communication plus rapides que des estafettes, des transports plus efficaces que des fourgons auraient peut-être atténué l'échec auquel s'exposait une armée aussi nombreuse, pénétrant dans une contrée pauvre et pourvue d'un climat barbare.

Nous possédons aujourd'hui des moyens d'action autrement efficaces. Ce qu'un Napoléon n'a pu exécuter, malgré ses talents d'organisateur et sa minutie dans la préparation des moyens, les généraux modernes l'exécuteront, pourvu qu'ils puissent tirer parti de toutes les ressources que l'industrie leur a préparées, depuis le chemin de fer, jusqu'à l'automobile.

DEUXIÈME PARTIE

Avertissement. — Ce chapitre et le suivant sont consacrés à une description schématique de la voiture automobile. Il ne faut pas y chercher des renseignements détaillés, comme l'étude des rendements des divers systèmes de transmission par chaînes et par cardans longitudinaux, non plus que des détails pratiques sur le graissage, les formes et dimensions courantes, la nature des matériaux, etc. Le principe seul de chaque dispositif a pu être exposé ; tels qu'ils sont, ces chapitres doivent suffire à donner au lecteur une idée précise, sinon complète, des organes essentiels d'une voiture automobile. On trouvera plus loin, disséminés dans le corps de l'ouvrage, tous les compléments qui s'appliqueront plus directement aux poids lourds, ainsi que la description de quelques types intéressants à des titres divers. On complétera ainsi, à propos de mécanismes réels, l'énoncé des idées générales relatives à l'état actuel de l'automobilisme. Enfin, le chapitre sur la navigation aérienne et le vol plané fournira une occasion de décrire complètement deux types qui caractérisent nettement l'effort continu des ingénieurs français vers le but dont l'importance industrielle et militaire a été soulignée dès les premières pages : un moteur toujours plus puissant et toujours plus léger.

CHAPITRE VI

L'AUTOMOBILE. — LE MOTEUR

Principe du moteur à quatre temps. — Cylindre, piston, arbre vilebrequin. — Carburateur. — Allumage. — Distribution, graissage et refroidissement. — Idées actuelles et dispositifs récents.

Principe du moteur à quatre temps. — Les moteurs d'automobile appartiennent au type général des moteurs à explosion. On appelle « temps » chacune des quatre périodes qui se succèdent toujours dans le même ordre et dont l'ensemble constitue un cycle complet. Chaque cycle renferme ainsi :

1^o *L'aspiration.* — Le piston, parti du fond du cylindre (en haut) descend, soit en vertu de la seule inertie déjà acquise (moteurs à un cylindre), soit, en outre, sous l'effet d'une explosion dans un autre cylindre (moteurs à plusieurs cylindres). Pendant une fraction de ce mouvement, une soupape dite d'*aspiration*, est soulevée sur son siège par la pression atmosphérique (cas de l'admission automatique) ou par le jeu d'une came (admission commandée). Elle découvre ainsi, derrière le piston, un orifice par où un mélange d'air et de gaz combustible (vapeur d'essence, d'alcool, gaz d'éclairage, etc.), préparé par l'appareil dit *carburateur*, pénètre dans le cylindre.

2^o *La compression.* — Arrivé au bas de sa course,

après que la tête de bielle a parcouru une demi-circonférence, le piston revient sur ses pas ; mais, la soupape d'admission s'étant refermée, il comprime cette fois le mélange qu'il avait aspiré, jusqu'à lui faire occuper un espace restreint, analogue à l'espace nuisible de la machine pneumatique et qui correspond à la position limite du piston, quand il est remonté à fond de course, après un tour complet de la manivelle. Ce volume, appelé aussi chambre de compression, est au volume total, appelé cylindrée, dans un rapport donné, qui caractérise à la fois le moteur et le combustible : avec l'essence, on ne dépasse guère une compression de 5^{kg},5 par centimètre carré ; sinon, il y aurait, pendant la compression, échauffement et inflammation spontanée du mélange explosif (auto-allumages) ; avec les gaz pauvres, obtenus dans les appareils dits « gazogènes », on atteint 10 kilogrammes sans inconvénient.

REMARQUE. — Les deux temps qui précèdent sont purement passifs ; ils représentent donc un certain travail qu'il faut dépenser, pour vaincre les frottements et comprimer le gaz détonant. Quant aux résultats de la compression, ce sont les suivants : brassage des gaz, mélange intime de l'air et des vapeurs combustibles, accroissement d'effet de l'explosion et allumage plus facile.

3^e *L'explosion.* — *Un peu avant* la fin du deuxième temps, dans la chambre de compression, une étincelle électrique a jailli, soit entre deux conducteurs à basse tension, qui s'écartent mécaniquement l'un de l'autre (rupteurs), soit entre les pointes d'un appareil spécial à haute tension (bougies). Le piston vient à peine de commencer son troisième parcours que l'explosion se

produit derrière lui, avec une force qui est fonction de la proportion, suivant laquelle le mélange a été fait, de la compression et de la chaleur dégagée par l'étincelle.

Cette explosion agit sur la surface supérieure du piston, plutôt comme une poussée que comme un choc. En effet, le piston est animé lui-même d'une vitesse linéaire qui atteint 6 mètres par seconde dans beaucoup de moteurs; il fuit donc devant l'onde explosive; de plus, la pression dans le cylindre ne s'élève guère au-dessus de 20 kilogrammes par centimètre; enfin, la combustion du mélange d'air et de vapeur d'alcool ou d'essence, cause unique des effets précédents, n'est pas assimilable à une déflagration explosive. Sous l'action de cette poussée, le piston parcourt une seconde fois le cylindre de haut en bas. Il imprime ainsi à l'arbre moteur, par l'intermédiaire de la bielle, un mouvement qui est distribué aux roues arrière par les divers engrenages du châssis. Cette énergie s'emmagasine en partie dans un volant assez lourd, monté sur l'arbre, et elle servira, s'il n'y a qu'un cylindre, à franchir les temps suivants, où le moteur absorbera du travail sans en produire.

4^e *L'échappement.* — *Un peu avant* que le piston, au cours du temps moteur, n'atteigne le point le plus bas de sa course, une deuxième soupape, mue par une came spéciale, qui tourne avec un arbre appelé pour cette raison l'arbre à cames, met le cylindre en communication avec un large tube, le collecteur d'échappement, ouvert à l'air libre. Quand le piston remonte, il refoule dans ce collecteur les gaz qui viennent de brûler, faisant ainsi place nette pour une nouvelle aspiration de gaz frais.

Le cycle est maintenant terminé, puisque le système se retrouve dans les conditions initiales. Il n'y a qu'une particularité à signaler, c'est que le moteur est dès lors lancé et que les cycles vont se succéder de plus en plus vite, jusqu'à ce qu'il s'établisse un équilibre entre le travail résistant, qui correspond par exemple au déplacement d'une voiture, et le travail moteur, fourni par les explosions.

Cylindre. — Piston. — Arbre vilebrequin. — Volant. — Le cylindre (fig. 25) est en fonte générale-

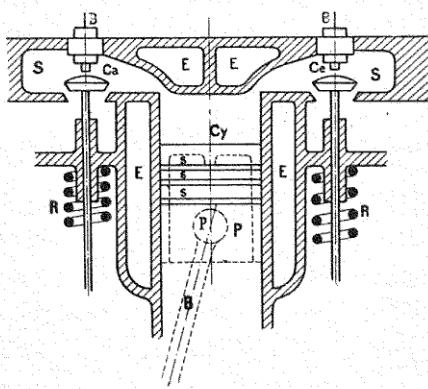


FIG. 25. — Cylindre.

Cy, chambre d'explosion. — P, piston. — ss, segments du piston. — B, bielle. — p, pied de bielle. — EE, enveloppe d'eau. — SS, chambre des soupapes. — Ca, clapet d'aspiration. — Ce, clapet d'échappement. — RR, ressorts de fermeture des clapets. — BB, bougies. (Ce cylindre est symétrique et l'on peut intervertir les rôles des deux clapets.)

ment; on le fait en acier quand on est limité par le poids (voitures de course, moteurs de ballons, d'aéroplanes, etc.). L'épaisseur des parois est variable, elle oscille autour de 6 millimètres. Chaque cylindre est fondu d'une pièce et comporte une enveloppe double, qui règne seulement à la partie supérieure (culasse) et

sert de chambre d'eau, pour le refroidissement des parois échauffées par les explosions successives. De part et d'autre de l'axe du cylindre ou du même côté de cet axe, à la partie supérieure, des chambres sont ménagées, plus ou moins en contact avec l'eau de refroidissement; ce sont les chambres des soupapes d'admission et d'échappement.

A la partie supérieure ou latéralement, suivant les moteurs, un orifice est ménagé dans le cylindre, par où pénètre l'appareil d'allumage, bougie ou rupteur. Enfin, des robinets, fermés en temps ordinaire, servent à vérifier isolément chaque cylindre et à s'assurer qu'ils fonctionnent tous correctement. Quand il n'en est pas ainsi, la compression ou l'explosion n'ayant pas lieu, on ne perçoit pas le siflement caractéristique que produit un cylindre sain, lorsque l'on ouvre le robinet.

Les moteurs sont à deux, trois cylindres ou davantage. Ces cylindres peuvent être fondus par paires, ce qui diminue la longueur du moteur, ou même par quatre.

Le refroidissement ne se fait pas toujours au moyen de l'eau; quand il est réalisé par le rayonnement seul (procédé de l'*air-cooling*), le cylindre est muni d'ailettes, analogues à celles des radiateurs de calorifères.

Le *piston*, généralement en fonte, se fait quelquefois en acier embouti, pour réduire les forces d'inertie; il porte un axe transversal, autour duquel est articulé le *pied de bielle*. L'obturation de la chambre d'explosion est assurée le plus souvent par trois segments en fonte, tournés exactement, de façon à offrir un diamètre égal à celui du cylindre, quand ils sont légèrement comprimés. Leur élasticité les applique contre les parois du cylindre et procure l'étanchéité cherchée.

La *bielle* en acier, fixée au piston comme on l'a vu, est réunie par sa partie inférieure, la *tête de bielle*, à l'arbre moteur en acier, dont l'axe de figure est horizontal et qui, en raison de sa forme (fig. 26), porte

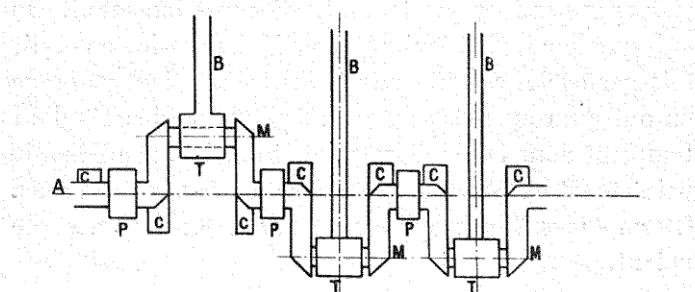


FIG. 26. — Arbre vilebrequin.

A, arbre. — P, P, paliers. — B, B, bielles. — M, manetons — T, T, têtes de bielle. C, contrepoids d'équilibrage.

le nom d'*arbre vilebrequin*. Le vilebrequin comporte autant de manetons qu'il y a de bielles. Dans les moteurs à 1, 2, 4 cylindres, il est plan et découpé dans une plaque d'épaisseur convenable. Dans les moteurs à 3 et 6 cylindres et dans certains moteurs spéciaux, les manetons sont situés dans trois plans à 120° ou dans des orientations particulières. Enfin, des contrepoids sont répartis le long de l'arbre, pour ramener sur l'axe de rotation l'axe principal d'inertie.

Sur l'arbre vilebrequin est calé un volant plus ou moins lourd. Son rôle décroît quand le nombre des cylindres augmente. Avec un cylindre, le volant est double et constitué par deux disques, entre lesquels passe la bielle. Avec quatre cylindres, dont les cycles sont décalés d'un temps, il y a toujours un piston moteur, mais quand il arrive au bas de sa course, il y a un *point mort*; cet inconvénient est sensible avant que le

piston soit à fond de course, parce que l'explosion n'a guère d'effet utile au delà du deuxième tiers du temps moteur. Pendant le dernier tiers, le couple agissant sur le vilebrequin est donc uniquement formé des résistances passives (frottement, compression, etc.). On voit que le couple résultant effectif change de sens huit fois par cycle, ce qui amène des trépidations et exige en outre un volant. Avec six cylindres, décalés d'un temps et dont les bielles sont à 120° , il n'y a plus de point mort et le couple moteur ne change plus de sens. Les moteurs à huit cylindres peuvent se dispenser de volant.

Carburateur. — On nomme ainsi l'appareil chargé de préparer le mélange combustible qui doit exploser dans les cylindres.

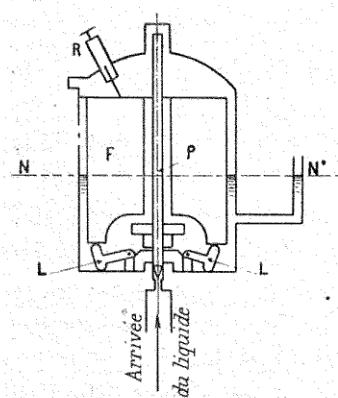


FIG. 27. — Niveau constant.

NN', niveau du liquide. — P, tige du pointeau. — F, flotteur. — L, L, leviers bascules. — R, poussoir à ressort pour abaisser le flotteur à la main et ouvrir en grand le pointeau. (Le poids restant du flotteur et celui du pointeau se font équilibre aux extrémités des leviers.)

Carburateur à niveau constant (fig. 27). — Il comprend d'abord un organe appelé *niveau constant*, dont le rôle est de maintenir fixe le niveau du liquide combustible dans un tube débouchant à la partie inférieure du carburateur proprement dit (fig. 28). Ce résultat est obtenu au moyen de deux leviers-bascules, actionnés, d'un côté, par le flotteur, de l'autre, par le pointeau.

A chaque aspiration du moteur, il se produit une dépression au-dessus du niveau N', et une petite quantité de liquide *gicle* par l'orifice G (gicleur). Elle est pulvérisée mécaniquement, par un dispositif quelconque, par exemple à l'aide d'un chapeau C, sur lequel le jet vient se briser. En même temps, sous l'action de la dépression, de l'air pur pénètre par un orifice A et circule dans la *chambre d'air* c. Cet air arrive, par des orifices réglables r, en contact avec les gouttelettes qu'il vaporise. Le courant gazeux s'élève ainsi jusqu'au disque percé de trous D, où il s'étale et se brasse fortement, au contact d'une nouvelle arrivée d'air S (air supplémentaire). Au-dessus du disque D, se trouve quelquefois un organe spécial, le réchauffeur R, où circulent des gaz chauds provenant de l'échappement et qui achève de vaporiser le liquide, s'il y a lieu. C'est donc un gaz homogène, en proportions explosives (quand le réglage des orifices est bien fait), qui sort du carburateur en M, pour se rendre directement dans les chambres d'admission. Régler la carburation, c'est faire varier par des manettes les orifices A, r, S, de façon à produire le gaz le plus explosif possible.

Fonctionnement. — Le débit des orifices est variable : 1° avec la valeur de la dépression produite par l'aspiration, c'est-à-dire, pour un même moteur, avec la

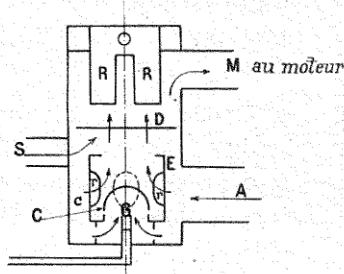


FIG. 28. — Carburateur.

G, gicleur. — C, chapeau. — c, chambre d'air. — A, arrivée d'air. — E, étrangleur. — r, orifices réglables. — D, disque perforé. — S, arrivée de l'air supplémentaire. — R, réchauffeur. (Dans les carburateurs pour liquides peu volatils, le réchauffeur joue un rôle plus important et il est parcouru souvent par les gaz provenant de l'échappement, qui sont à 200° environ.)

vitesse de rotation; 2° avec la pression atmosphérique.

La nature du gaz débité en M dépend, en outre : 1° de l'état hygrométrique de l'air aspiré; 2° de la température qui fait varier la tension de vapeur des liquides. Toutes ces causes exigent un réglage automatique ou à la main.

EXEMPLE I. — Une voiture roule en palier; le moteur tourne à sa vitesse normale. Une côte se présente : le moteur ralentit l'aspiration, et, par suite, la dépression diminue; moins d'essence arrive par G. Il faut donc réduire la section S d'arrivée d'air supplémentaire, pour conserver la même proportion du mélange, M étant constant¹.

EXEMPLE II. — On veut atteindre à un certain moment l'allure maxima. Pour cela, le moteur doit tourner très vite; mais la dépression augmentera, l'essence arrivera en excès, à moins qu'on n'augmente la section S en même temps².

EXEMPLE III. — On veut marcher « au ralenti ». Il faut, pour cela, diminuer la section d'arrivée des gaz au moteur M, tout en conservant leur composition, en réduisant parallèlement S; etc.

REMARQUE. — Pour éviter l'influence des variations brusques de température sur le carburateur (voyages en montagne), on peut l'entourer d'une chemise, où circule l'eau de refroidissement des cylindres, qui est toujours à 65° au moins et facilite ici la vaporisation.

Modèles divers. — Il y a beaucoup d'autres types de carburateurs, plus ou moins appropriés à certains

1. L'inertie de l'essence et celle de l'air sont très différentes; le débit de l'essence subit, plus que celui de l'air, l'effet de la dépression dans la tuyauterie, dépression qui varie comme la vitesse de rotation.

2. Voir la note précédente.

combustibles. Ces appareils peuvent se classer suivant

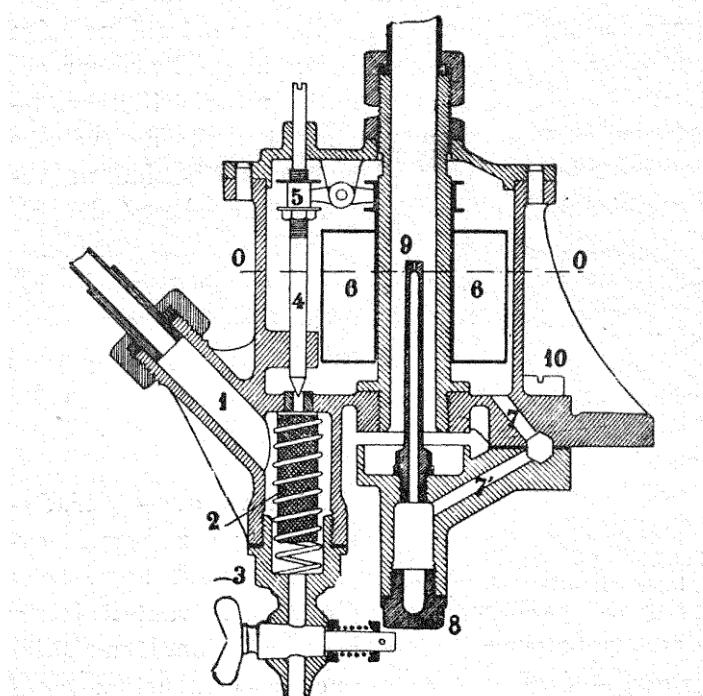


FIG. 29. — Carburateur automatique (de Dion-Bouton).
(Niveau constant et gicleur.)

1, arrivée d'essence. — 2, tamis de filtrage. — 3, robinet de vidange. — 4, pointeau. — 5, organe de commande pour la levée du pointeau. — 6, flotteur. — 7, canaux d'arrivée d'essence. — 8, bouchon. — 9, gicleur. — 10, vis d'attache (L'air pénètre dans l'espace annulaire qui entoure le tube gicleur).

le procédé employé pour vaporiser le liquide ; on trouve ainsi les carburations :

- Par giclage (déjà étudiée) ;
- Par léchage ;
- Par barbotage ;
- Par distributeur.

Les trois premières s'expliquent d'elles-mêmes. Elles

prêtent à plusieurs critiques de fond, que la présence indispensable des appareils de réglage ne fait que souligner. La carburation par distributeur mécanique exige un appareillage plus compliqué, puisqu'elle comprend, outre un distributeur, lequel fournit un volume constant de liquide, un vaporisateur, chargé de préparer le mélange gazeux.

La tendance actuelle est favorable au gicleage, avec régulation automatique de l'air additionnel (fig. 29 et 30).

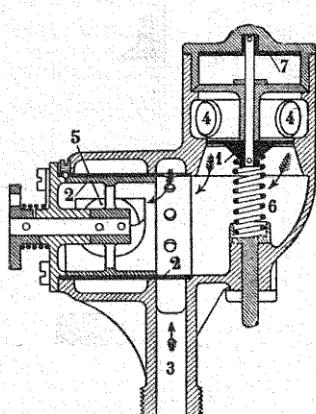


FIG. 30. — Carburateur automatique (de Dion-Bouton). Réglage de l'air additionnel.

1, clapet automatique. — 2, étrangleur cylindrique. — 3, arrivée d'air carburé. — 4, arrivée d'air additionnel. — 5, départ des gaz au moteur. — 6, ressort du clapet. — 7, piston amortisseur. (La dépression qui fait agir le clapet se produit dans l'espace occupé par le ressort. L'air arrive en quantité d'autant plus grande que le moteur tourne plus vite.)

allumage. — L'allumage des gaz dans le cylindre a lieu, avons-nous dit, un peu avant la fin de la compression. Il en résulte que la combustion commence sous une compression croissante, qui la rend plus active et plus explosive. Cette « avance à l'allumage » accroît sensiblement, pourvu qu'elle reste inférieure à une certaine fraction, la puissance des moteurs. L'étincelle électrique est fournie par une source quelconque, accumulateurs ou magnéto; elle se produit entre deux points que le choc d'un marteau écarte l'un de l'autre (rupteur) ou entre les deux conducteurs d'une bougie, où l'on produit une tension élevée, capable de provo-

quer une décharge disruptive. Les deux méthodes ont des partisans nombreux et donnent de bons résultats. Les critiques possibles sont, pour les bougies, leur encrassement facile, qui empêche les étincelles de passer; pour les rupteurs, leur complication mécanique et leur réglage minutieux et nécessaire. Les avantages de chaque système sont le facile remplacement des bougies en cas de rupture, et l'impossibilité d'encrassement des rupteurs.

Il est superflu d'entrer ici dans le détail des organes tels que les magnétos, les distributeurs d'allumage des bougies et la constitution des rupteurs. On conçoit qu'il faut un appareil permettant d'allumer les cylindres dans un ordre et à un instant déterminés. Cet appareil est le distributeur d'allumage, dans le cas des bougies, c'est le mécanisme de commande des rupteurs, dans l'allumage à basse tension. Quant à la source d'électricité, c'est le plus souvent une magnéto, commandée par engrenages et qui tourne, en général, à demi-vitesse du moteur. Quand on règle à la main l'époque où se produit l'étincelle, il y a sur le volant de direction une manette dite « manette d'avance ». Dans le cas contraire, ce réglage s'opère de lui-même, quand le moteur tourne plus vite; l'avance est dite alors *automatique*.

Graissage et refroidissement. — Le *graissage* du moteur est assuré par deux méthodes distinctes, appliquées simultanément, suivant les organes considérés : le barbotage et le graissage sous pression.

Les têtes de bielle des pistons d'un moteur tournant à 1.200 tours passent 20 fois par seconde en leur point le plus bas. Si l'on dispose au-dessous de chacune d'elles

un bain d'huile d'une hauteur suffisante (fig. 31), le brassage énergique de ce bain amènera la formation d'un « brouillard d'huile », dans lequel seront plongées toutes les pièces et les parois du cylindre. Quant aux

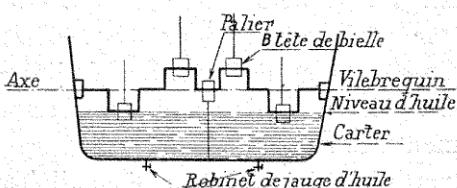


FIG. 31. — Graissage des paliers du vilebrequin.

surfaces qui seront cachées et qui échapperait au graissage, on y conduira le lubrifiant, par des canaux creusés et orientés convenablement. C'est ainsi que des « pattes d'araignée » amènent l'huile sur les paliers du vilebrequin et sur les bagues de bronze des articulations des bielles; les axes de la plupart des pièces sont creusés de canaux, où passe l'huile destinée à venir lubrifier les surfaces de roulement. Pour assurer le graissage, il suffit donc, dans la boîte d'acier ou d'aluminium sur laquelle sont boulonnés les cylindres et qu'on appelle le *carter*, de ménager des compartiments, où l'huile sera maintenue en bon état et à un niveau suffisant, que des robinets permettront de vérifier. Le moteur tourne ainsi presque complètement dans l'huile, du seul fait de la rotation rapide de l'arbre vilebrequin.

Outre ce graissage, qui suffirait à la rigueur, en prenant certaines précautions, on emploie le graissage sous pression. A cet effet, une pompe commandée par le moteur puise l'huile à la partie inférieure du *carter*, après qu'elle a passé au travers d'un

tamis. La pompe l'envoie ensuite directement aux points principaux (paliers du vilebrequin), d'où elle s'échappe sous forme de jet et se répand dans le carter.

L'huile employée en général est l'huile lourde russe, provenant des pétroles naturels du Caucase et pesant 0¹⁸,900 par litre, en moyenne.

Le refroidissement. — Le refroidissement, qui est en quelque sorte le complément du graissage, s'opère soit par l'air seul, soit par l'eau. Les données du problème sont les suivantes. Sur 100 calories fournies par l'explosion, 25, au maximum, correspondent au travail recueilli; c'est-à-dire au déplacement du piston, 35 traversent le cylindre et vont se perdre dans le courant d'eau qui le baigne ou dans l'air, 40 enfin, au minimum, s'en vont, entraînées avec les gaz d'échappement.

On a tout intérêt à diminuer la seconde de ces trois quantités, au profit de la première, pourvu qu'on demeure dans des conditions acceptables pour le fonctionnement du moteur. Dans le refroidissement par l'eau, l'expérience a montré qu'il est à désirer que l'eau sorte des cylindres à 70°-75° environ et qu'elle y pénètre à 50°. Le moteur carré (dont l'alésage est égal à la course du piston) est le plus avantageux à ce point de vue; c'est celui qui perd le moins de calories par les parois. Quand le refroidissement se fait par l'air seul, ainsi qu'on l'a vu plus haut, on augmente la surface de refroidissement en donnant des ailettes au cylindre¹.

Le refroidissement par l'air seul, plus simple, puisqu'il supprime la tuyauterie d'eau, la pompe et le radiateur, allège notablement le moteur; mais il ne semble

1. La loi de conductibilité, qui régit les échanges thermiques entre deux enceintes à T et t , à travers une surface S , d'épaisseur e et de

pas fonctionner toujours d'une façon régulière et soutenue.

Le refroidissement par l'eau (fig. 32) s'opère le plus

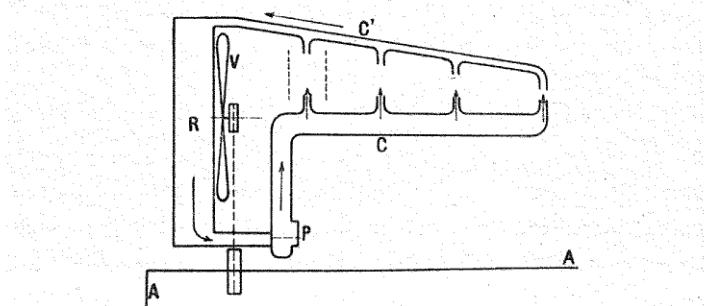


FIG. 32. — Refroidissement.

R, radiateur. — P, pompe centrifuge. — V, ventilateur. — AA, arbre. — CC', tuyauterie d'arrivée et de départ.

souvent à l'aide d'une pompe centrifuge, commandée par un ressort, une courroie ou un engrenage, et placée sur le côté du carter. Elle établit une circulation dont conductibilité c , est la suivante (Q désigne la quantité de chaleur) :

$$Q = S \frac{c}{e} (T - t);$$

pour le fer $c = 58$, pour le cuivre $c = 362$.

Dans le cas de l'air, la chaleur cédée est formée de deux parties, l'une due au rayonnement Q_r , l'autre au léchage de la paroi par l'air Q_l .

$$Q = Q_r + Q_l,$$

$$Q_r = 124,72rS (a^r - a^t).$$

r est le coefficient de rayonnement de la surface;
 a une constante égale à 1,077 :

$$Q_l = \lambda f \cdot S (T - t)^{1,233}.$$

f est le coefficient de convection caractérisant le fluide (air, eau, etc.); λ est une constante.

Pratiquement, lorsque $T - t$ est inférieur à 60° (cas général), la formule se réduit à :

$$Q = KS (T - t).$$

K est alors un coefficient mixte de rayonnement et de convection.

L'activité varie avec la vitesse de rotation, entre les chambres d'eau des cylindres et l'organe appelé radiateur placé à l'avant. Le radiateur est formé d'un grand nombre de tubes à ailettes ou de dispositifs analogues, offrant une grande surface et où l'eau provenant des cylindres vient abandonner les calories en excès à l'air ambiant, qui se renouvelle d'autant plus vite que le moteur tourne et que la voiture avance plus rapidement.

Souvent l'arbre moteur commande par courroie un ventilateur, qui ajoute son action à celle du déplacement pour refroidir l'eau dans le radiateur.

Enfin, dans quelques moteurs, le refroidissement se fait simplement par thermo-siphon, la différence de densité de l'eau chaude des chambres et de l'eau froide du radiateur entretenant une circulation suffisamment rapide. Naturellement, ce procédé exige une quantité d'eau beaucoup plus grande.

Les moteurs des voitures de tourisme, de puissance moyenne, possédant une pompe, exigent environ 25 litres d'eau.

Distribution. — On désigne sous ce nom l'ensemble des organes qui servent à mouvoir chacun des appareils nécessaires au fonctionnement du moteur et qui sont : la magnéto, la pompe à eau, la pompe à huile, le ventilateur, les rupteurs ou le distributeur d'allumage, les soupapes. Beaucoup de dispositifs différents ont été imaginés et décrits dans les ouvrages spéciaux. Bons-nous à en concevoir un schématique, représenté par la figure 33, où M, A, E, P, sont des roues dentées.

Arbres à cames. — On se rend compte aisément que l'arbre moteur M, tournant à N tours par minute,

fait tourner les arbres des roues A et E à une vitesse $\frac{N}{2}$.

En supposant que des cames soient disposées sur chacun de ces arbres, en dessous des tiges de levée des soupapes (t , t), au moment où les cames soulèveront

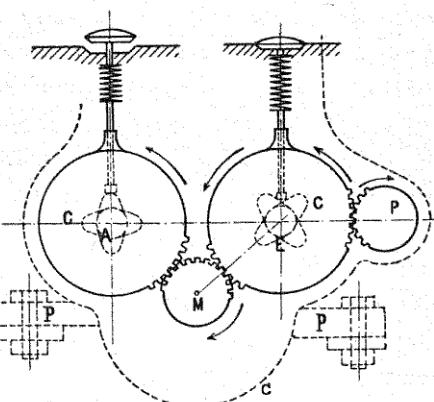


FIG. 33. — Distribution.

M, arbre moteur. — A, E, arbres à came. — P, pattes d'attache.
CC, came. — p, arbre de la pompe.

les tiges correspondant à un cylindre donné, ce cylindre admettra, ou échappera. S'il y a 4 cylindres, il y aura 4 cames d'admission et 4 cames d'échappement. Si les soupapes sont toutes d'un même côté du moteur, il n'y aura qu'un arbre à cames, A ou E, mais il portera 8 cames. Remarquons que le calage des cames de même espèce est fait à 90° , puisque les cycles des 4 cylindres sont eux-mêmes décalés d'un temps. En effet, pendant que l'arbre M fait un demi-tour à la vitesse N (1 temps), l'arbre à cames exécute un quart de tour seulement à $\frac{N}{2}$. Il en résulte que les 4 cylindres doivent avoir aspiré, par exemple, au bout de 4 demi-tours suc-

cessifs de l'arbre M, c'est-à-dire 1 tour des arbres A ou E. Il faut donc que, pendant ce tour, les 4 cames d'aspiration soient passées par les positions correspondantes, d'où le calage précédent.

Si l'allumage se fait par rupteurs, l'arbre à cames porte en outre les cames qui commandent les rupteurs. En sorte que, pour 6 cylindres allumés par rupteurs, un arbre à came unique doit porter 18 cames (6 cylindres Turcat Méry).

Pompes et magnéto. — La magnéto est calée sur un arbre tel que P et tourne, suivant les modèles, à la vitesse du moteur ou à une vitesse en rapport simple avec elle. Sur la figure, on voit aisément que l'on est dans le premier cas.

La pompe peut être calée sur le même arbre (Panhard et Levassor), ou sur un arbre spécial (Lorraine-Diétrich), ou actionnée par une transmission flexible, un ressort par exemple (de Dion-Bouton), etc.

Les distributeurs d'allumage, la pompe à huile, etc., peuvent être commandés par une vis sans fin, qui tourne avec l'arbre moteur et actionne un axe transversal quelconque.

Le ventilateur est généralement commandé par courroie.

Idées actuelles et dispositifs récents. — Les résultats de l'expérience et la conclusion de la théorie ont conduit les constructeurs à faire un choix parmi les dispositifs entre lesquels on a longtemps hésité.

On peut ainsi déterminer les conquêtes qui semblent désormais définitivement acquises. Il faut citer :

1° La disparition des soupapes automatiques ;

2° Les culasses de cylindres hémisphériques ou voisines de cette forme, qui réduit au minimum les pertes de chaleur par rayonnement (volume de gaz maximum sous la surface de refroidissement minima) ;

3° La vulgarisation des moteurs à 6 cylindres et des moteurs en V, formés de deux rangées de cylindres inclinées de part et d'autre à 45° sur l'horizon et formant ainsi entre elles un angle droit.

Ces moteurs possèdent sur les autres une supériorité d'équilibrage indiscutable. De plus, pour les six cylindres, le couple moteur reste positif et presque constant ; ils peuvent tourner à des vitesses très faibles sans trépidations.

Parmi les perfectionnements récents apportés aux organes des moteurs, notons encore :

Les carburateurs à réglage automatique ;

L'emploi généralisé des roulements à billes pour les paliers, les têtes de bielles, etc. ;

Le désaxage des cylindres ;

La mise en marche automatique ;

Le freinage par les moteurs.

Ces derniers perfectionnements seront décrits plus loin.

CHAPITRE VII

L'AUTOMOBILE (*suite*). — LA TRANSMISSION

Le volant et l'embrayage. — Le changement de vitesse. — Le différentiel. — Chaines et cardans ; une transmission par cardans transversaux. — La direction.

Nous avons terminé la description du moteur, c'est-à-dire de la source d'énergie. Entre elle et les organes qui mettront en œuvre cette énergie au contact du sol, pneumatiques ou bandages, un certain nombre d'intermédiaires sont indispensables ; ce sont, de l'avant à

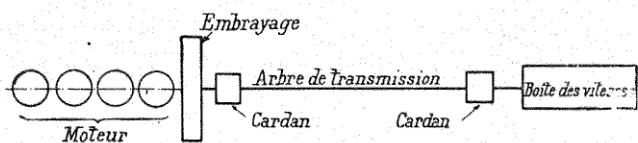


FIG. 34.

l'arrière, l'embrayage, le changement de vitesse, le différentiel, les chaines ou les cardans qui les remplacent (fig. 34).

Le volant et l'embrayage. — Un volant est nécessaire aux moteurs à explosion, comme aux moteurs à vapeur, pour régulariser la vitesse du moteur pendant les 4 temps de chaque cycle. Cette nécessité se conçoit très facilement pour les monocylindres ; elle devient moins impérieuse, quand le nombre des cylindres aug-

mente ; elle pourrait être nulle, pratiquement, avec plus de 8 cylindres. Quoi qu'il en soit, tous les moteurs actuels, même à 6 et 8 cylindres, possèdent un volant.

Outre son rôle de régulateur du couple moteur, le volant est utilisé pour l'embrayage. Il importe que l'on puisse, à volonté, laisser tourner le moteur seul, la voiture restant immobile, ou rendre solidaires, au moment de partir, le moteur et les roues. Entre ces deux extrêmes, il doit même exister des états intermédiaires, tels qu'on puisse passer progressivement du premier au dernier ; s'il en est ainsi, la voiture se mettra en marche d'une façon insensible et sans secousse, la liaison mécanique entre le moteur et les roues se faisant peu à peu plus rigoureuse et plus complète. On dit alors que la voiture est munie d'un *embrayage progressif*, embrayer consistant ainsi à lier les roues au moteur, débrayer à détruire la liaison précédemment établie. Tout revient donc à communiquer progressivement le mouvement de l'arbre moteur à l'arbre de la transmission qui le prolonge et lui fait suite.

Embrayage à cône et cuir. — On réalise pratiquement les embrayages par des dispositifs aujourd'hui fort nombreux. Le plus répandu est l'embrayage à cône et cuir. Il est formé, schématiquement, d'un tronc de cône femelle, qui est le volant, et d'un cône mâle, garni de cuir, lié invariablement aux roues (fig. 35). Sous l'action d'un ressort, qui agit quand on cesse d'appuyer sur la pédale d'embrayage, le cône mâle arrive au contact du cône femelle, sur lequel il s'applique de plus en plus fortement. Une certaine adhérence en résulte ; dès qu'elle dépasse la valeur des résistances passives présentées par le cône mâle, les deux cônes tournent ensemble, en patinant l'un sur l'autre ; la

pression continuant à croître, le glissement lui-même disparaît, l'adhérence étant devenue suffisante. Les deux cônes tournent alors à la même vitesse, d'un bloc,

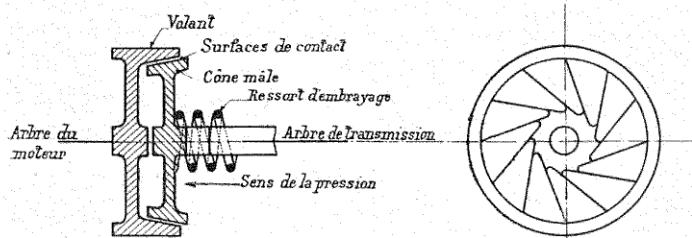


FIG. 35. — Embrayage à cône et cuir.

et l'arbre de transmission transmet intégralement aux engrenages et aux roues l'effort propulseur qu'il reçoit. Toute la progressivité résulte donc des deux conditions suivantes :

- 1° Pression du ressort variant d'une façon continue;
- 2° Glissement relatif des deux cônes décroissant également d'une façon continue.

Quand il n'en est pas ainsi, au moment où l'adhérence devient tout à coup suffisante, il y a mise en marche brusque et choc au départ.

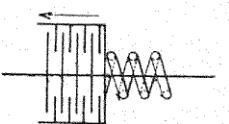


FIG. 36. — Embrayage à disques.

Embrayage à disques. — Il est formé de disques groupés en deux séries et alternés, en sorte qu'un déplacement faible, sous l'action du ressort d'embrayage, amène les deux séries au contact et produit l'adhérence cherchée (fig. 36) (Panhard et Levassor).

Embrayage à plateau. — Un plateau P tourne avec le moteur entre deux plateaux P', P'' que des ressorts R, R, tendent sans cesse à rapprocher. Dès qu'on cesse d'appuyer sur la pédale, les ressorts se détendent, le pla-

teau P'' se rapproche de P' , et le plateau P , saisi comme entre deux mâchoires, les entraîne avec lui, (de Dion-Bouton) (fig. 37).

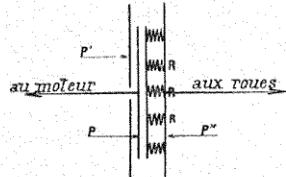


FIG. 37. — Embrayage à plateau.

commandé par un ressort R , l'autre extrémité du segment tend à s'écartez de E et à coller dans la cuvette (Société Lorraine des Anciens Établissements de Diétrich) (fig. 38).

REMARQUE. — Dans tous les appareils précédents, l'adhérence est produite, pendant la marche, par l'action continue d'un ressort, qui reparaît ainsi dans tous les systèmes. L'embrayage à main a disparu aujourd'hui, c'est au moyen d'une pédale qu'on annule provisoirement l'action du ressort pour débrayer.

Le changement de vitesse. — On a vu que l'arbre du moteur est prolongé, par un arbre de transmission qui tourne avec lui, par l'intermédiaire de l'embrayage. Le moteur, l'embrayage et les organes ultérieurs étant fixés au châssis, qui est susceptible de certaines déformations élastiques, on est obligé de terminer l'arbre de transmission, à ses deux extrémités, par deux articulations à la cardan, qui donnent tout le

Embrayage à segment. —

Un segment S , logé dans une cuvette C solidaire du volant, a l'une de ses extrémités E fixée à l'arbre de la transmission T . Sous l'action d'un levier quelconque L ,

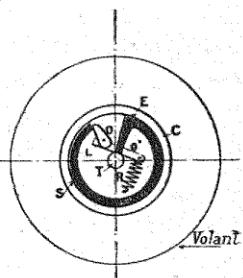


FIG. 38. — Embrayage à segment.

jeu nécessaire. Le type de ces articulations est celui qui est représenté par la figure 39 dans diverses positions. Pratiquement on donne aux cardans des formes différentes, dont les propriétés géométriques se ramènent à celles du modèle figuré ici. On voit que la transmission du mouvement de l'arbre moteur à l'arbre entraîné peut se faire sous un angle α quelconque, par l'intermédiaire de la croix *abcd*, dont les bras engendrent des plans faisant entre eux l'angle α , perpendiculaires respectivement à chacun des deux arbres.

Quoiqu'il en soit, l'arbre de transmission pénètre à l'arrière dans un carter, où sont disposés les engrenages dont les combinaisons correspondent aux diverses vitesses et qui porte, pour cette raison, le nom de boîte des vitesses.

Il en existe un grand nombre de modèles, qui se distinguent chacun par des détails de montage ou par le nombre des pignons qu'ils contiennent. Nous allons essayer d'imaginer un dispositif schématique, avant de nous reporter à ceux qui existent réellement.

Soit (fig. 40) AA' un arbre horizontal, relié directement à l'arbre de transmission et tournant avec lui. Sur cet arbre, disposons 4 pignons de diamètre croissant comme 1, 2, 3, 4, d'avant en arrière : P_1, P_2, P_3, P_4 ; donnons à la section de l'arbre AA' l'aspect de la figure. Cette disposition permet aux pignons de coulisser le long de AA', mais non de tourner sur lui; ils sont ainsi solidaires de l'arbre principal. Parallèlement à cet

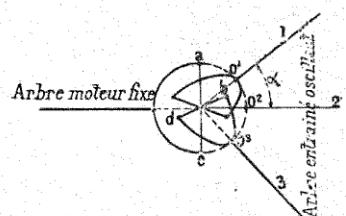


FIG. 39. — Articulation à la Cardan.

arbre, et à son niveau par exemple, disposons un autre arbre BB' , qui portera aussi 4 pignons P'_1, P'_2, P'_3, P'_4 , de diamètre décroissant $4, 3, 2, 1$, fixes et calés sur lui, en sorte que le mouvement d'un seul pignon entraîne celui de l'ensemble. Enfin, à l'extrémité arrière

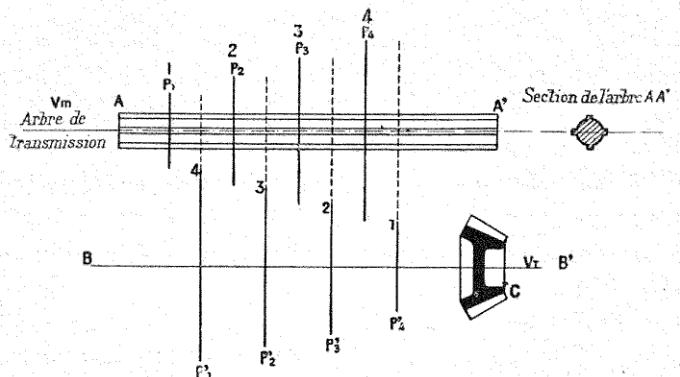


FIG. 40. — Schéma d'un changement de vitesse.

de BB' , calons un pignon-cone C. Examinons maintenant les quatre cas suivants :

1^o Par un procédé quelconque, on fait coulisser P_1 sur AA' , de façon à l'amener en regard de P'_1 . Soit V_m , le nombre de tours du moteur (par minute), V_r celui du pignon C. On a évidemment, en désignant par v_1, v_2, v_3, v_4 , les quatre valeurs de $\frac{V_r}{V_m}$:

1^o :

$$v_1 = \frac{1}{4}.$$

Si nous combinons de même P_2 avec P'_2 , P_3 avec P'_3 et P_4 avec P'_4 , nous aurons :

2^o P_2, P'_2 :

$$v_2 = \frac{2}{3};$$

3° P_3, P'_3 :

$$v_3 = \frac{3}{2};$$

4° P_4, P'_4 :

$$v_4 = \frac{4}{1}.$$

Le dispositif précédent permet de faire tourner le pignon cône C à des vitesses qui sont entre elles comme les rapports $\frac{1}{4}, \frac{2}{3}, \frac{3}{2}, \frac{4}{1}$; nous appellerons cet appareil un *changement de vitesse*.

REMARQUE. — v_1, v_2, v_3, v_4 sont de même sens. Mais si, en dessous de P_1 , nous disposons un pignon qui puisse être mis en prise en même temps avec P_1 et P'_1 , on voit tout de suite que P'_1 , c'est-à-dire BB', prendra une vitesse égale à v_1 , mais de sens contraire, le mouvement étant inversé deux fois.

Supposons maintenant que le pignon-cône C commande, par un procédé quelconque, les roues arrière d'une voiture; l'appareil précédent permettra de la faire rouler à quatre vitesses différentes dans un même sens (marche avant) et, en outre, à une cinquième vitesse, unique, en sens contraire (marche arrière).

Tel est le principe général des changements de vitesse d'automobiles.

Description pratique. — L'appareil que nous venons d'imaginer n'est possible, pratiquement, qu'au moyen d'un jeu assez compliqué de griffes et de tringles de commande. Considérons, par exemple, les pignons P_1, P_2 , etc., de l'arbre AA', qui porte le nom d'*arbre principal*. En général, ces pignons ne sont pas mobiles isolément, pour des raisons d'encombrement et de solidité; ils sont groupés par deux, et chaque groupe

porte le nom de *train balladeur*. A chaque train cor-

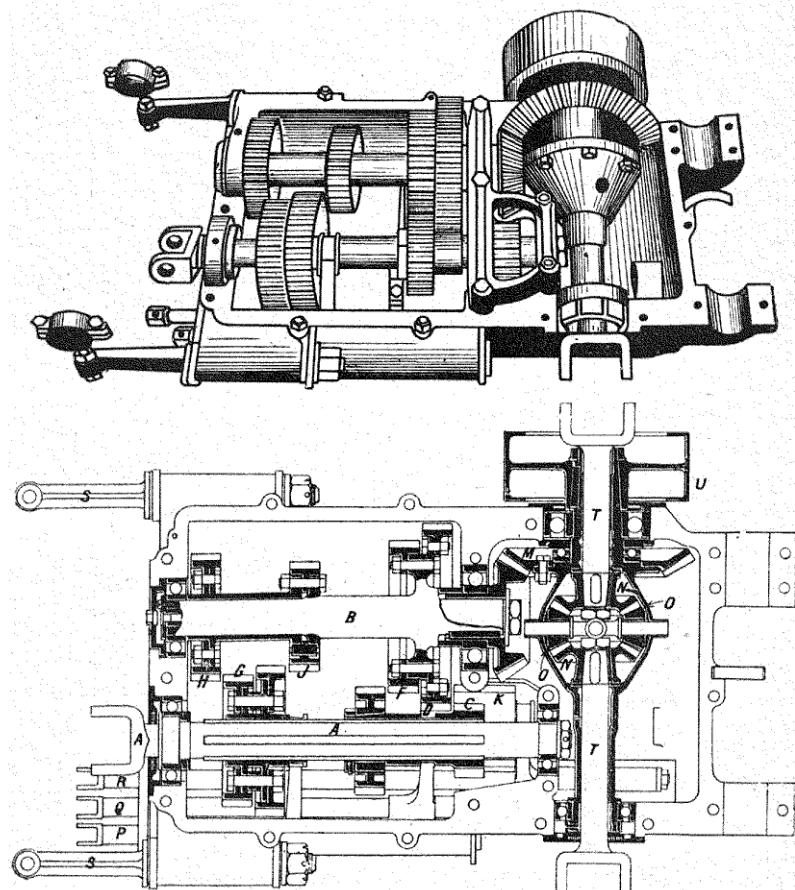


FIG. 41. — Changement de vitesse Turcat-Méry (Lorraine de Dietrich).

A, arbre principal à clavettes. — B, arbre secondaire. — G, 1^{er} balladeur (2 roues). — C, 2^e balladeur (2 roues). — HJFD, roues des 3^e, 4^e, 2^e et 1^{re} vitesses. — PQR, tringles de commande des balladeurs et de la marche arrière. — K, roue de marche arrière. — S, pattes d'attache de la boîte. — M, couronne de la coquille du différentiel. — NN, Pignon d'angle. — O, satellites (roues planétaires) — TT, arbre du différentiel. — U, poulie de frein.

respondent une tringle et une griffe ou fourchette, qui permettent de le faire coulisser sur son arbre. Quand un

train se porte en avant, l'un des pignons vient en prise avec un pignon de l'arbre BB', qui porte le nom d'*arbre secondaire*; si le même train se porte en arrière, son deuxième pignon vient en prise avec un autre pignon de BB'. Toutes les combinaisons sont possibles dans cet ordre d'idées. Une seule préoccupation doit guider le constructeur, celle de la simplicité maxima,

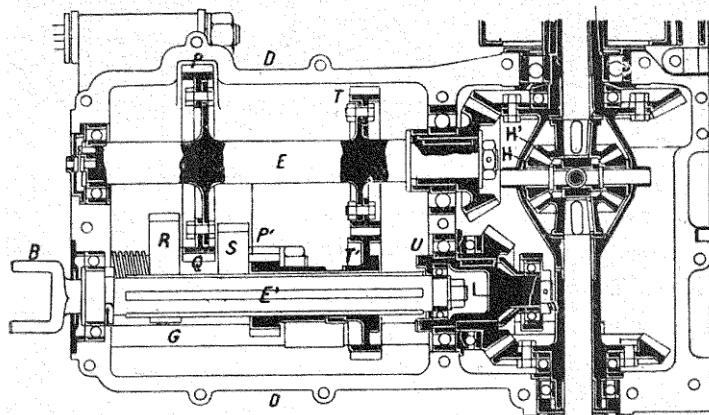


FIG. 42. — Changement de vitesse Turcat-Méry (Lorraine de Dietrich).

E', arbre à clavettes. — B, cardan. — E, arbre secondaire servant pour les deux premières vitesses. — G, commande des vitesses. — PPTT, 1^{re} et 2^e vitesses. — RS, marche arrière. — I, pignon d'attaque de la 3^e vitesse. — U, prise directe (3^e). — HH', pignons du différentiel. — OO, carter.

qui est la condition du meilleur rendement. On est ainsi conduit à considérer *les prises directes*.

Reprendons le schéma théorique de la figure 40. Sur ce modèle, on voit que le mouvement est transmis d'abord de l'arbre AA' à l'arbre BB', et de BB'', par le pignon C, aux organes ultérieurs. Le passage d'un arbre à l'autre s'effectue avec une perte de puissance de 100/0, par exemple, attribuable aux frottements et à l'imperfection de la taille des pignons. On a cherché à éviter

cette perte et le bruit qui l'accompagne, en actionnant directement l'essieu arrière, au moyen de l'arbre principal. On s'est attaché surtout à réaliser cette amélioration pour la grande vitesse, qui est la plus utile et la plus fréquemment employée. On donne à ce dispositif le nom, qui s'explique de lui-même, de *prise directe*. Il existe des changements de vitesse à une, deux, trois prises directes. Ils ne peuvent naturellement pas être disposés comme celui de la figure 40 qui n'en a aucune. Les figures 41 et 42 représentent des boîtes de vitesses de deux systèmes différents ; celle de la figure 41 n'a aucune prise directe ; celle de la figure 42 en a une. On aperçoit les roulements à billes qui supportent les divers arbres, afin de réduire les frottements et de faciliter le graissage. Tous les pignons des boîtes tournent dans l'huile, et il est important de s'assurer que le lubrifiant ne manque pas ; sinon, il y a échauffement des portées, dilatation énorme et grippage.

Le différentiel. — Jusqu'à présent nous n'avons pas défini l'action du pignon C de la figure 40, ou des

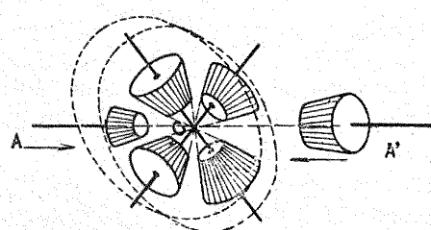


FIG. 43. — Différentiel à pignons cônes.
C, croix. — AA', arbres entraînés par la croix.
le plus ingénieux de la transmission, le *differential*.

pignons équivalents des figures 41 et 42. Ces pignons engrènent avec des roues plates, visibles sur les plans, qui mettent en mouvement l'organe

Réduit à sa plus simple expression, un différentiel (fig. 43) est formé :

- 1° D'une croix C portant quatre pignons cônes, fous sur les branches de la croix;
- 2° D'une boîte ou coquille, à l'intérieur de laquelle est fixée la croix et qui est percée de deux trous;
- 3° De deux arbres, A, A', terminés par des pignons

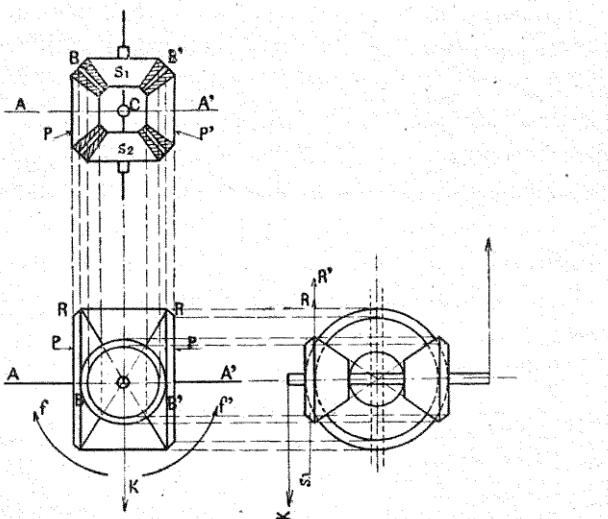


FIG. 44. — Différentiel à pignons cônes.

d'angle, P et P', qui engrènent avec les quatre pignons de la croix (fig. 44).

Ces derniers, qu'on appelle les *satellites* ou les roues planétaires et les pignons P et P' (roues d'angle) sont toujours en prise à l'intérieur de la boîte.

Supposons que, la boîte étant immobilisée, on fasse tourner l'arbre A dans un certain sens; on voit aisément que les satellites tourneront sur eux-mêmes et entraîneront A' en sens contraire; inversement, on peut entraîner A en faisant tourner A'.

Supposons qu'on rende A et A' fixes et essayons de

faire tourner la boîte autour de l'axe AA' on voit immédiatement que c'est impossible. En effet (*fig. 44*), deux dents de A et de S_1 sont en prise en B, de même en B'. Puisque A est fixe, par hypothèse, S_1 ne peut tourner autour de AA' qu'en *roulant* sur le pignon P, de même pour le pignon P'. Ceci exigerait pour S, une rotation dans le sens *f* sur P et une rotation dans le sens *f'* sur P'. Le satellite est donc *immobilisé* et ainsi des autres ; la croix restera par conséquent immobile.

Si nous laissons également libres les axes A et A' et si nous essayons de faire tourner la boîte à l'aide d'un couple K', rien ne s'y opposera plus ; les dents B et B' resteront en prise, les satellites demeureront fixes sur leurs axes, les pignons P et P', et, avec eux, les axes A, A' qui les portent, tourneront, en opposant en B et B' deux résistances égales dues aux frottements.

Supposons maintenant qu'on freine légèrement l'arbre A ; le couple K va rencontrer deux résistances inégales en B et en B' : $R > R'$. Le satellite S_1 sera sollicité, par suite, à tourner dans le sens *f* ; il en sera de même des trois autres et l'ensemble de la croix et des satellites prendra, autour de AA', une vitesse intermédiaire entre celle de A', qui tourne vite, et celle de A, qui tourne lentement. Nous constaterons ainsi ce résultat : les arbres A et A' tournent tous deux dans le même sens, à des vitesses différentes, *sans cesser d'être entraînés par la croix*.

En résumé, le différentiel répartit inégalement sa vitesse propre, qui est celle de la croix C, sur les deux arbres qu'il entraîne et il compense la différence en prenant lui-même une vitesse moyenne ; il se met ainsi en retard sur A' et en avance sur A, ainsi qu'il est facile de le voir, en considérant le sens de rotation de S_1 .

Le différentiel, dû à Pecqueur, est, comme on le voit, excessivement précieux, lorsque l'on a à commander deux arbres à des vitesses différentes. Le cas se présente précisément en automobilisme, lorsque les deux roues motrices, calées par exemple sur les arbres A et A', parcourent une courbe. Celle qui est à l'intérieur décrit un arc moindre que l'arc parcouru par la roue extérieure, et cela, sans cesser d'être mue par la croix C. Sans le différentiel, l'une des roues devrait glisser sur le sol pour rattrapper son retard (roue extérieure) ou consommer son avance (roue intérieure). Il est inutile d'insister sur les conséquences qui en résulteraient pour le bandage et le corps de la roue.

Pratiquement, la boîte contenant la croix du différentiel est solidaire d'une couronne plate, visible sur les figures, qui reçoit son mouvement du pignon C.

Il existe un type de différentiel différent du précédent, qui porte le nom de *défensif à pignons cônes*, c'est le *défensif à pignons droits*, dont le fonctionnement est identique.

REMARQUE. — Les deux appareils précédents (changement de vitesse et différentiel) sont tantôt accolés dans le même carter, tantôt séparés.

Butées. — Un arbre moteur peut exercer sur les roues qu'il commande deux sortes d'actions.

Les unes sont perpendiculaires à sa direction et supportées par des paliers lisses ou à billes. Les autres,

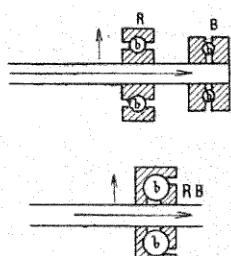


FIG. 43. — Roulements à billes.

La figure supérieure représente un roulement R et une butée B.

La figure inférieure représente un roulement-butée RB. Les flèches indiquent le sens des pressions; b, billes d'acier.

dirigées suivant l'axe de l'arbre, amèneraient des frottements de pivotement exagérés, si elles n'étaient supportées par des organes spéciaux, disposés pour les réduire, les *butées à billes* (fig. 45), dont l'emploi est universel en automobilisme.

Chaines et Cardans. — Considérons, indépendamment du différentiel d'où ils sortent, les arbres A

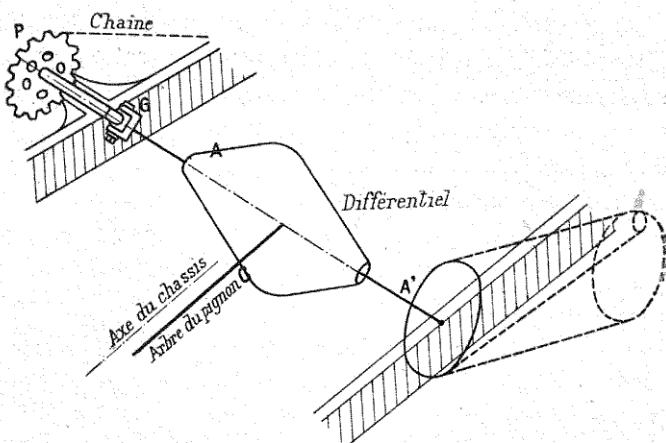


FIG. 46. — Transmission par chaînes.

et A' (fig. 46). Nous pouvons, sur l'arbre A, à l'aide d'un cardan tel que G, par exemple, monter un pignon P, qui, au moyen d'une chaîne, actionnera directement l'une des roues; de même pour l'arbre A'. La rotation des arbres A et A' entraînera celle des roues, et l'on assurera la tension de la chaîne, en maintenant un écartement suffisant entre les axes de la roue et du pignon P, au moyen d'un tendeur. Dans ce cas, l'essieu arrière sera fixe et les roues tourneront sur les fusées à des vitesses proportionnelles à celles de A et A'. Les pignons P, les chaînes et les accessoires

qu'elles comportent seront, si l'on veut, enfermés dans un carter en tôle légère pour les mettre à l'abri de la poussière et de la boue. La transmission ainsi réalisée portera le nom de transmission par chaînes. On lui accorde les avantages suivants : simplicité et facile

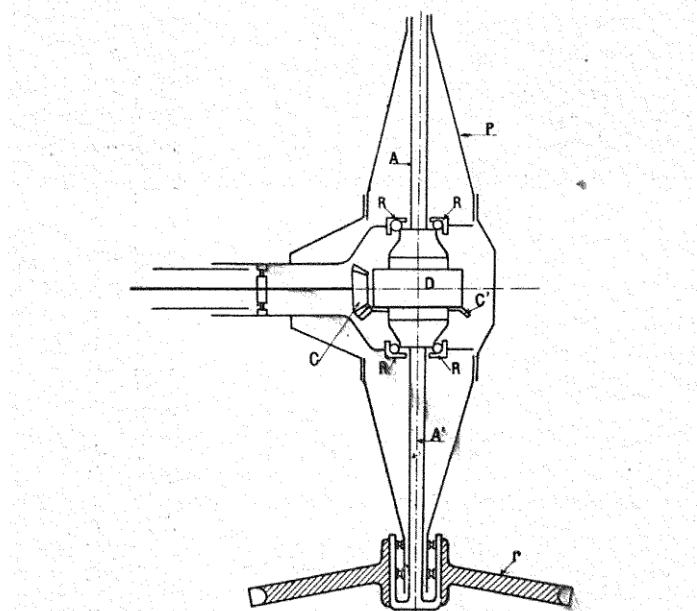


FIG. 47. — Pont arrière.

P, pont en tôle. — C, pignon d'entrainement. — C', couronne plate du différentiel. — D, différentiel. — R, roulements-butées. — AA', arbres des roues. — r, roues.

réparation, en cas de rupture de chaînes. On lui reproche d'autre part quelques inconvénients : bruit, ruptures, entretien minutieux, etc.

Si, au contraire, la boîte des vitesses étant nettement séparée du différentiel, les arbres A et A' portent non plus les pignons P, mais les roues elles-mêmes; c'est que le carter du différentiel constitue alors l'essieu arrière,

un essieu particulier, creux, qui prend le nom de *pont arrière* (fig. 47). A l'intérieur de ce pont, le différentiel, porté sur deux roulements à billes, reçoit son

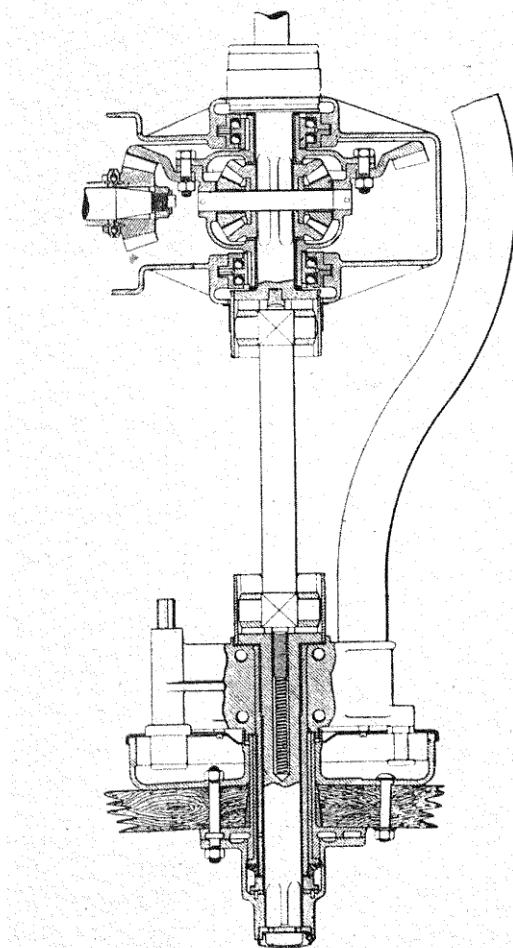


FIG. 48. — Transmission par cardans transversaux (de Dion-Bouton).

La figure montre l'essieu coudé arrière et les arbres moteurs à la cardan, issus du différentiel, qui passent à travers la fusée creuse de l'essieu et entraînent les roues directement, au moyen d'une pièce en forme de couvercle, qui coiffe l'extrémité de l'arbre moteur et est boulonnée sur la roue.

mouvement du pignon C, par la couronne C'. Les arbres A et A', disposés comme on vient de le voir, tournent à l'intérieur du pont et portent eux-mêmes les roues.

Il faut remarquer que le pignon C se trouve à l'extrémité d'un arbre qui est alors très long (1 mètre, 1^m,40), et que des articulations très souples sont nécessaires, parce que le pont arrière, qui porte les ressorts et le châssis, subit tous les ressauts de la route ; elles sont réalisées par des cardans qui terminent cet arbre à chaque extrémité, à sa sortie du changement de vitesse et avant son entrée dans le pont arrière ; l'appareillage ainsi obtenu prend le nom de transmission par cardans longitudinaux.

Quel que soit le système adopté, chaînes ou cardan, la propulsion en avant est réalisée par l'essieu arrière, qui pousse la voiture par l'intermédiaire des ressorts, par les tendeurs des chaînes ou par une barre d' entraînement, laquelle relie invariablement le pont au châssis, dans les voitures à cardans. Il y a intérêt à ce que cette barre reste horizontale, malgré les cahots ; sinon les roues sont obligées de patiner plus ou moins sur le sol.

En dehors des deux systèmes précédents, il existe un type de transmission comportant, outre les cardans déjà examinés, des arbres transversaux à la cardan et utilisant un essieu ordinaire coudé, c'est la transmission de Dion-Bouton, qui est très suffisamment compréhensible sur la figure 48. On se rend compte que le différentiel y est suspendu aux ressorts, ce qui n'a pas lieu dans les transmissions par cardans longitudinaux, simples. C'est pourquoi ce système est applicable aux poids lourds, alors que le précédent ne saurait l'être.

La direction et les freins. — La direction de la voiture (fig. 49) se fait, ordinairement, à l'aide d'un volant agissant par une vis sans fin sur un sec-

teur denté ou sur un écrou mobile. On produit ainsi le déplacement suivant son axe d'une barre qui agit en même temps sur les deux roues, au moyen de la barre de connexion placée en avant ou en arrière de l'essieu avant. Les pièces KLMN, K'L'M', pivotent ensemble autour des axes verticaux ST, ST'. Les freins sont en général doubles; l'un est disposé sur le différentiel

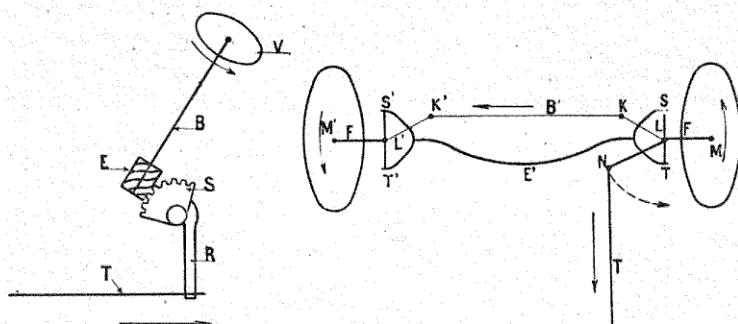


FIG. 49. — La direction.

V, volant. — B, barre de direction. — E, écrou de la vis sans fin. — S, secteur denté. — R, levier de commande. — T, tringle mobile. — B', barre de connexion. — E', essieu avant.

et est du système à mâchoires; l'autre agit sur les roues arrière et est en général formé d'un segment collant sur un tambour (voir *Embrayage à segment*). Le premier se manœuvre au pied, par une pédale qui agit en même temps sur l'admission des gaz au moteur; l'autre est commandé par un levier à main, à droite du conducteur.

On étudiera plus loin ce qui est relatif à la suspension du châssis sur les essieux.

CHAPITRE VIII

LES TRAINS AUTOMOBILES ET LES VOITURES DE COMBAT

On a donné le nom de trains aux organes de transport constitués par une voiture tracteur, à laquelle sont attelées une ou plusieurs remorques. Parfois, le tracteur seul est moteur; son poids adhérent doit alors être suffisant pour remorquer les véhicules qu'il traîne, même dans les côtes les plus dures. Parfois aussi, comme on l'a vu pour les trains italiens, le tracteur est un simple générateur de force et transmet, électriquement ou mécaniquement, à chacun des organes du train, établi en conséquence, la puissance nécessaire à sa propulsion: tels sont, en particulier, les trains Renard.

Avant de les décrire en détail, il faut observer que les trains du premier système, composés d'un tracteur et de simples remorques, ont un rendement assez faible; le poids adhérent compatible avec le roulage sur route ne permettrait pas de les constituer de plus de deux éléments. Leur emploi doit être regardé comme accidentel, consécutif à des pannes qui frappent d'immobilité des camions automoteurs. Les trains du second système, au contraire, qui ont été étudiés et exploités régulièrement, seraient susceptibles d'un ren-

dement élevé et d'un emploi efficace par les services de l'arrière en campagne.

LES TRAINS RENARD

Imaginés par le colonel du génie Ch. Renard, ces trains sont caractérisés par deux propriétés principales, dont nous avons déjà parlé au début de ce livre :

- La propulsion continue;
- Le tournant correct.

Propulsion continue. — Chaque voiture du train, montée sur six roues, est traversée, dans toute sa longueur, par un arbre qui reçoit le mouvement du locomoteur où il est produit. Cet arbre commande, par des engrenages réunis dans une boîte de vitesses, un différentiel qui actionne deux pignons, lesquels transmettent par chaînes l'effort à l'essieu du milieu. La

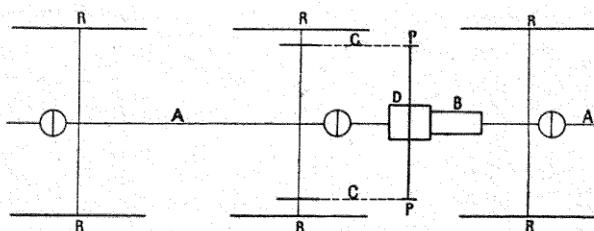


FIG. 50. — Châssis Renard à 6 roues.

AA, arbre moteur. — B, boîte de vitesses. — D, différentiel.
PP, pignons d'entrainement. — CC, chaînes. — RR, roues.

boîte permet d'obtenir deux vitesses, par la manœuvre d'un levier à l'intérieur de la voiture (fig. 50).

L'arbre moteur de chaque voiture est relié invaria-

blement à celui de la voiture précédente au moyen d'une articulation en forme de joint universel ou de Cardan (*fig. 51*). Cette articulation permet à deux arbres consécutifs de faire sans inconvénient des angles notables, ce qui se produit du reste à tous les virages. Le freinage est obtenu en agissant sur deux tambours portés par l'arbre du locomoteur lui-même. Par ce moyen, on ralentit exactement de la même quantité la vitesse de rotation de tous les arbres des éléments successifs, puisqu'ils sont solidaires les uns des autres.

Les arbres tournent tous à la même vitesse, qui est sensiblement uniforme pour chacun d'eux. Les roues motrices de chaque voiture, ont des diamètres égaux, et parcourent en principe, des espaces égaux dans le même temps. Ce résultat serait suffisant en alignement droit, mais non pas en courbe. En effet, dès l'entrée en courbe et au fur et à mesure que la courbure s'accentue, la distance curviligne entre deux essieux moteurs diminue; l'effet inverse se produira à la sortie du virage. Il faut donc, dans une certaine proportion, autoriser ce mouvement et permettre aux roues motrices de prendre de l'avance ou du retard, par rapport aux pignons de commande, sous l'effet des réactions du sol. On y parvient (*fig. 52*) en entraînant la roue au moyen d'un plateau *P* solidaire de la roue dentée *D* commandée par la chaîne et portant un doigt

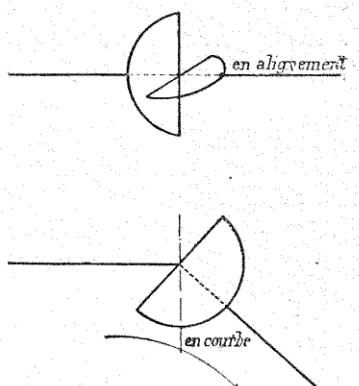


FIG. 51.

d qui comprime un ressort en tore R. Ce ressort bute par son extrémité sur une embase double EE, qui appartient aux joues de la boîte du moyeu. Ceci revient à interposer, entre l'effort de tension de la chaîne, qui tend à faire tourner le plateau P, d'une part, et les

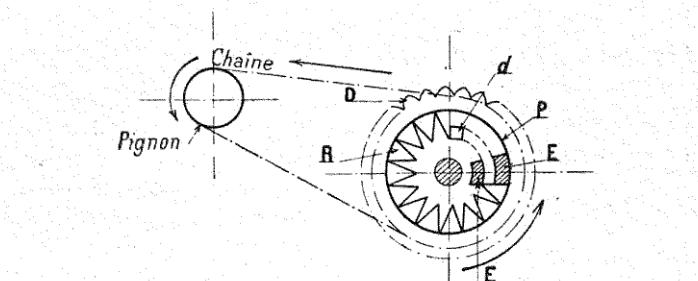


FIG. 52. — Commande des roues dans le train Renard.

P, plateau d' entraînement. — D, roue dentée, solidaire du plateau. — EE, embases, solidaires du moyeu. — R, ressort intermédiaire. — *d*, doigt d' entraînement.

embases EE du moyeu, d'autre part, un ressort à boudin, pour permettre au moyeu de prendre, par rapport au plateau, c'est-à-dire, en définitive, par rapport à l'arbre moteur, l'avance ou le retard nécessaire.

Tournant correct. — Des trois essieux de chaque véhicule, les deux extrêmes, dits « essieux brisés » sont directeurs ; l'essieu central, équidistant des deux autres, est moteur. La direction est obtenue grâce au dispositif représenté sur la figure.

Considérons un véhicule en courbe (fig. 53). Les roues de l'essieu avant sont braquées vers la gauche, c'est-à-dire que les fusées de chaque roue, pivotant autour d'un axe *a* vertical, ont pris des directions qui concourent en C. Ce mouvement est obtenu en même temps qu'une tringle T prend elle-même un braquage intermédiaire

tel que, prolongée, elle passerait en C. La rotation de T se transmet rigoureusement à la tringle correspondante T' de l'essieu directeur arrière et se traduit par un braquage égal et de sens contraire des roues arrière. Cette transmission s'opère par le fonctionnement de deux

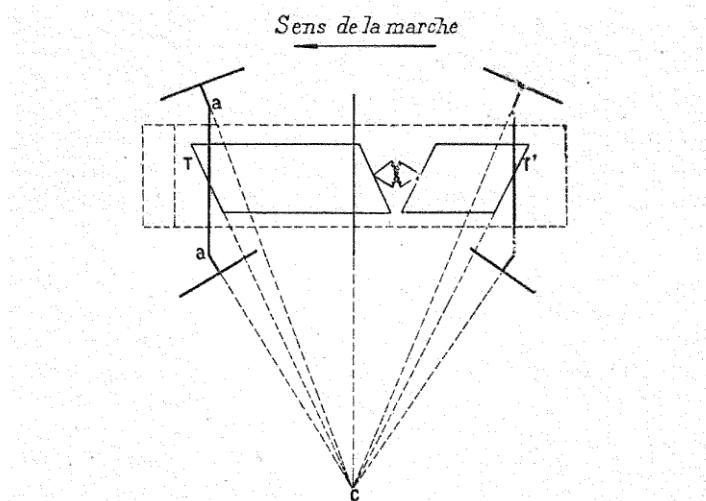


FIG. 53.

parallélogrammes et deux secteurs dentés. Le véhicule est alors prêt à tourner autour du point C comme centre.

Supposons maintenant le tournant correct réalisé, les véhicules sont alors tangents à un cercle unique (fig. 54). Nous allons montrer que, à tout déplacement angulaire du timon, supposé attaché au milieu d'un essieu directeur, correspond, dans l'hypothèse du tournant correct, un déplacement angulaire de cet essieu égal à la moitié du précédent. En effet, supposons, pour simplifier, que les essieux soient disposés comme les représente la figure 54 ; 1, 2 et 3 concourent au point C.

Appelons l l'intervalle de deux essieux consécutifs 2-3; t , la longueur du timon; R , le rayon du cercle inscrit à la trajectoire; α , le déplacement angulaire de l'essieu 2; $\alpha + \beta$, le déplacement total du timon, de na-

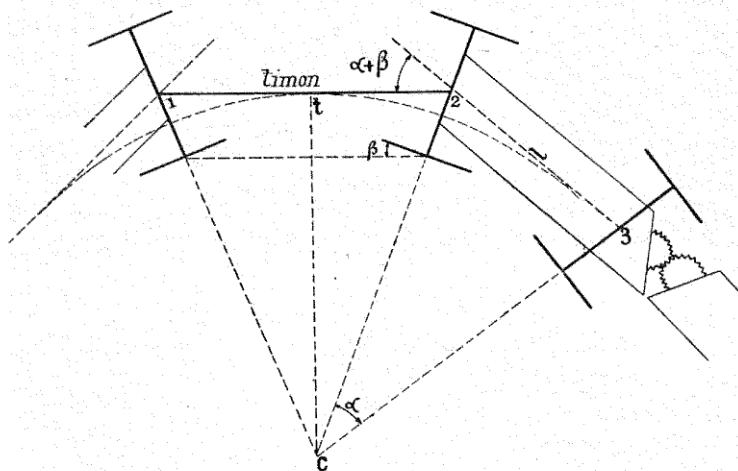


FIG. 54.

ture à entraîner le second véhicule tangentielle au cercle de rayon R ; on a alors :

$$\sin \alpha = \frac{l}{R},$$

$$\sin \beta = \frac{t}{2R},$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{2l}{t} = C^e.$$

Si l'on s'astreint à prendre $t = 2l$, $\sin \alpha = \sin \beta$, $\alpha = \beta$, c'est-à-dire que, à tout déplacement $\alpha + \beta = 2\alpha$ du timon, correspondra un déplacement α de l'essieu directeur.

Nous venons ainsi de déterminer la *condition* néces-

saire et suffisante du tournant correct; il reste à la réaliser pratiquement. On y arrive en articulant les timons et les fusées comme l'indique la figure 55. Il suffit de choisir les longueurs des bielles, de façon que, à un déplacement 2α du timon, corresponde pour

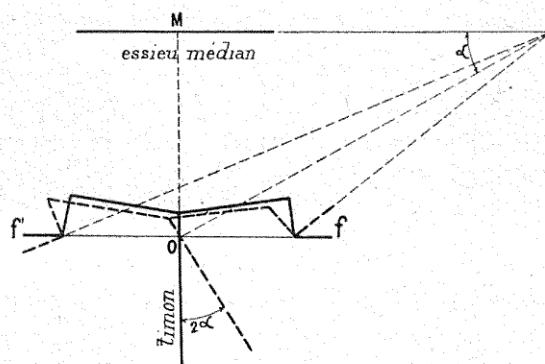


FIG. 55.

les axes des fusées f , f' , un point de concours C, situé sur le prolongement de l'essieu médian et tel que l'angle MCO soit égal à α .

Le tournant correct étant assuré pour un certain rayon R, se trouve assuré pratiquement pour des rayons quelconques, avec une approximation suffisante.

L'avant et l'arrière de chaque voiture sont munis des mêmes appareils de transmission; chaque voiture peut donc guider ou être guidée; c'est-à-dire que le train peut reculer correctement, la direction provenant aussi bien du locomoteur dans le recul que dans la marche normale.

Suspension à trois essieux. — Cette suspension a été étudiée, à l'origine, en vue des résultats suivants:

- 1^o Augmentation du poids utile transporté, avec une charge acceptable par essieu ;
 2^o Meilleure tenue sur les mauvaises routes, par

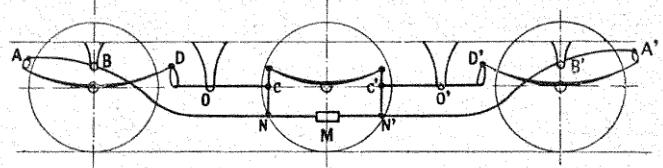
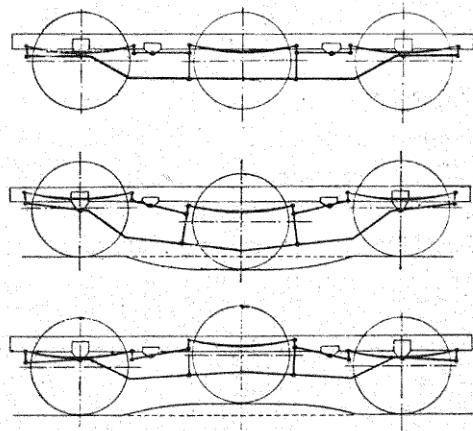


FIG. 56. — Suspension Renard.

suite d'une élasticité plus grande des nouveaux châssis.
 3^o Conservation des routes.

La suspension adoptée par les trains Renard est du type « compensé » (fig. 56). Elle comporte deux

FIG. 57. — Suspension Renard.
Passage d'un cassis et d'un dos d'âne.

leviers coudés ABN, A'B'N', articulés au châssis en B, B', aux ressorts extrêmes en A, A' et au ressort médian par l'intermédiaire des bielles N, N'. Le châssis

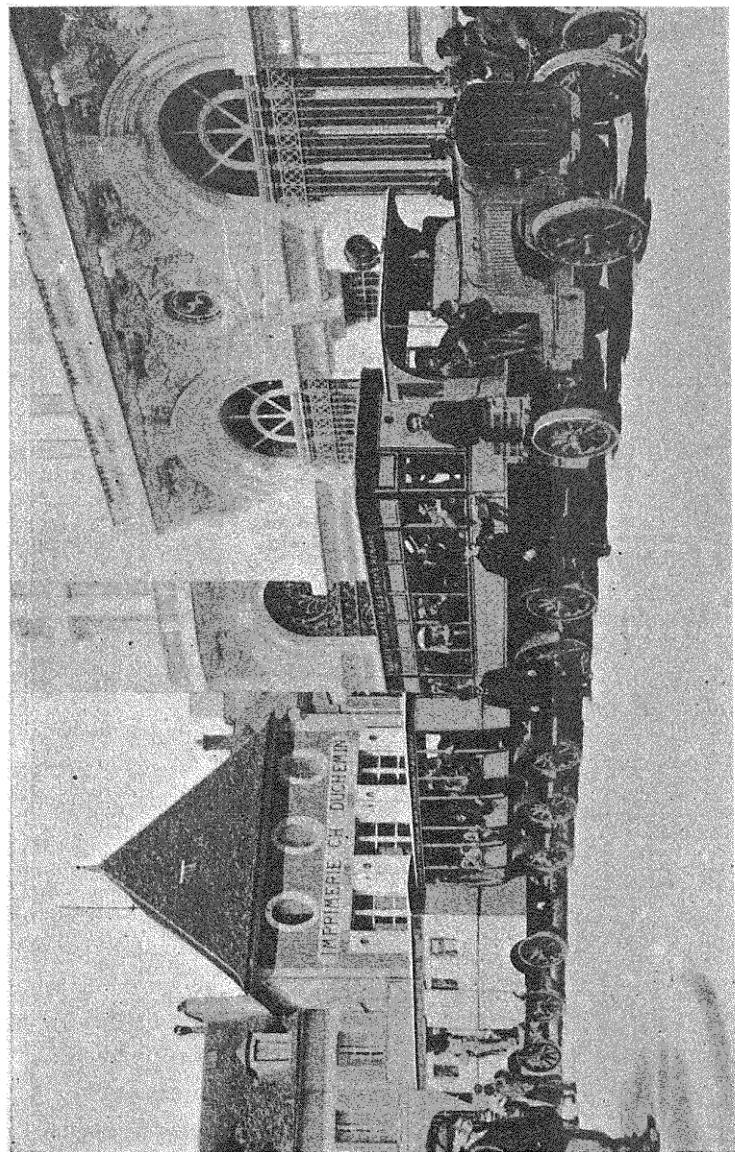


FIG. 58. — Train Renard pour voyageurs,

sis repose sur les ressorts en B, B' et sur deux balanciers en O, O'. Les points d'articulation O, O' divisent ces balanciers dans le rapport $\frac{AB}{BN} = \frac{A'B'}{B'N'}$. Il en résulte que les points C et N, C' et N' ont des déplacements verticaux sensiblement égaux.

Les propriétés de cette suspension découlent des considérations exposées plus loin à propos des châssis à six roues.

Caractéristiques du matériel. — Poids :

Locomoteur de 75 chevaux.....	3.200 kilos
Remorque à voyageurs en charge.....	5.400 —
Remorque à marchandises en charge.....	5.750 —
Charges utiles moyennes.....	4.000 —

Longueur d'un train :

1 locomoteur et 4 voitures.....	28 ^m ,500
4 — — 5 —	34 ,500

Moteurs :

	Alésage	Coupe
40 chevaux.....	140	150
50 —	150	160
75 —	182	195

Vitesses maxima :

Trains lourds.....	21 kilomètres (voyageurs)
Id.	15 — (marchandises)
Trains légers.....	28-30 — en palier

Les jantes sont en acier; chaque essieu porte en moyenne 1.800 kilogrammes dans les remorques à voyageurs, et de 1.437 à 2.875 kilogrammes dans les remorques à marchandises.

Le matériel comprend des locomoteurs-porteurs pour les trains légers, où le poids porté par l'essieu moteur, le plus chargé, atteint 4.200 kilogrammes ; les jantes ont alors 200 millimètres de largeur. Ces locomoteurs-porteurs constituent, pris isolément, soit des camions, soit des omnibus automobiles à six roues, pouvant transporter 5 tonnes utiles ou 32 voyageurs.

LES MITRAILLEUSES AUTOMOBILES

L'idée de monter une mitrailleuse sur une voiture automobile est née à peu près simultanément, vers 1904, dans plusieurs pays. On a vu, à propos des essais faits en Angleterre et en Allemagne, que des engins de ce genre ont été imaginés et réalisés depuis plusieurs années (*fig. 3*).

En France, des essais ont été faits dans ce sens par les services de l'artillerie ; la mitrailleuse de M. le capitaine Genty (compagnie d'ouvriers de Vincennes) est constituée par un simple châssis de tourisme (24 HP. Panhard), à l'arrière duquel on a fixé une mitrailleuse (Hotchkiss). Cette voiture, expérimentée avec succès sur la frontière marocaine, jouit d'une mobilité et d'une efficacité remarquables, même dans les mauvais terrains. Sa protection est nulle, n'ayant pas été prévue (*fig. 433*).

La protection. — La nécessité de protéger les mitrailleuses automobiles est-elle absolument fondée ? C'est ce que nous allons tâcher d'éclaircir. L'artillerie moderne, exposée, au feu de l'artillerie adverse, est obligée de se soustraire à ses vues par un défillement

aussi grand que possible, si elle ne veut pas être détruite. C'est là une vérité déjà ancienne et que la guerre récente de Mandchourie a confirmée. Le plus autorisé peut-être de nos critiques militaires¹ signalait même, il y a quelques mois, l'insuffisance de protection que donnent aux servants du canon français de 75 millimètres les boucliers articulés, qui ont été imités et perfectionnés par les Allemands. Il préconisait, en même temps, pour des motifs qu'il serait trop long d'exposer ici, l'emploi de l'artillerie légère inaugurée au Transvaal, sous le nom de poms-poms, dont l'action sur le personnel de l'artillerie de campagne est des plus meurtrières.

Tous les arguments sur lesquels se fonde cette opinion sont applicables au cas des mitrailleuses automobiles. Celles-ci, en effet, destinées à surgir soudainement à faible distance, seraient le point de mire d'un feu intense, qui convergerait sur elles, dès qu'elles seraient en mesure d'agir, c'est-à-dire à découvert.

Une protection complète est ainsi la condition *sine qua non* de leur emploi. Cette protection est d'autant plus logique qu'elle est, dans le cas présent, facile à réaliser, sans nuire à la mobilité de l'engin. Elle se composera de plaques de blindage, les plus légères possible, mais capables de résister au feu de l'infanterie à toute distance et d'abriter le personnel ainsi que les organes principaux.

Il faut de plus en plus compter avec l'effet moral de l'armement. Les artilleurs anglais qui ont fait campagne en Afrique du Sud ont raconté quelle démorálisation s'emparait des hommes, dès qu'ils entendaient le bruit particulier des poms-poms. Ce sentiment naissait

1. M. le général Langlois.

spontanément de la conviction qu'ils étaient exposés dès lors à un ennemi sur lequel ils ne pouvaient absolument rien et qui pouvait les détruire à son aise. Empêcher l'adversaire de riposter, lui en ôter jusqu'à l'envie, c'est le moyen le plus sûr de le convaincre de son infériorité, de lui ôter la force morale, en somme, de le battre.

Une mitrailleuse blindée, s'exposant sans hésitation au feu d'une infanterie compacte et démontrant par là qu'elle n'a rien à craindre du fusil, produira, par sa seule apparition, l'effet des pom-poms sur les batteries anglaises. A bonne portée pour utiliser ses moyens d'attaque, mitrailleuse ou canon de petit calibre, elle y ajoutera un second effet, celui-là décisif, des pertes énormes et instantanées.

L'armement. — L'armement des mitrailleuses automobiles peut être conçu très différemment, suivant qu'on a en vue les divers emplois qui en sont possibles.

Les Allemands ont songé, entre autres applications, à confier à des automobiles blindées la destruction des ballons dirigeables. C'est là un rôle qui se précisera et s'étendra sans doute et pour lequel des canons longs, très spéciaux, doivent être employés.

En Russie et en France, on a expérimenté une voiture blindée construite par la maison Charron, dont l'armement se composait d'une mitrailleuse Hotchkiss, tirant la cartouche du fusil modèle 1886.

Il semble que l'on pourrait mieux utiliser la robustesse de ces voitures et y installer des canons de petit calibre, analogues aux canons de 37 millimètres de la Marine et appropriés comme le sont précisément ces derniers, à la lutte à faible distance contre le personnel.

Quel que soit l'armement adopté, il est indispensable d'assurer largement son ravitaillement en munitions. Le seul moyen d'y parvenir est d'affecter un caisson spécial à un groupe de deux ou trois mitrailleuses. Ce caisson, du modèle des camions lourds à 3 tonnes de charge utile, n'aura besoin que d'une vitesse et d'une mobilité faibles. Les voitures pouvant toujours aller s'y réapprovisionner en quelques minutes, il suffira que le caisson se maintienne sur une grande route, à peu près au centre de gravité des trois voitures qu'il ravitaille.

Caractéristiques d'une voiture blindée. — La voiture Charron, représentée par la figure 59, est munie d'un moteur de 35 HP et pèse 3.200 kilogrammes. Elle est entièrement composée de plaques d'acier chromé de 5 millimètres, qui forment une caisse fermée, recouvrant le châssis jusqu'au moyeu. Quatre fenêtres, obturées à volonté par des volets à glissières, donnent le jour latéralement. En avant, un capot à rabattement et une lucarne qu'on peut fermer de même permettent la conduite de la voiture. L'intérieur est à quatre places, destinées à l'officier commandant, au conducteur et aux deux servants de la mitrailleuse Hotchkiss. Le compartiment arrière qu'il renferme est surmonté d'une tourelle mobile, pouvant faire le tour d'horizon. L'angle mort est de 10 mètres. Les réservoirs à essence et à huile sont suffisants pour 400 kilomètres. La voiture porte 5.000 cartouches. La vitesse maxima est de 50 kilomètres. La mitrailleuse franchit aisément des champs profondément labourés ; elle peut rouler avec deux roues dans une ornière de 40 centimètres, et passer des gués de 60. Les rails qu'elle porte latéralement permettent de franchir, en

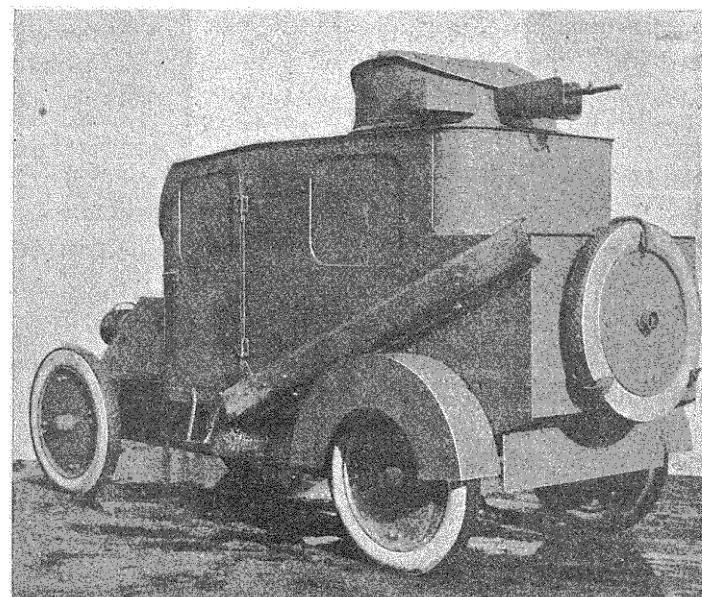
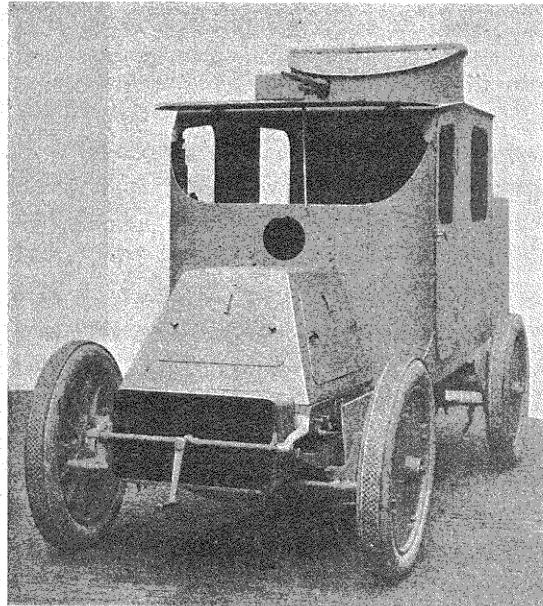


FIG. 59. — Mitrailleuse française Charron.
(Les rails de franchissement sont visibles sur la figure.)

moins de dix minutes, un fossé de 2 mètres, à l'aide d'une manœuvre simple (fig. 60).

Telle qu'elle est, elle peut rendre de grands services, mais il serait facile d'y apporter des modifi-

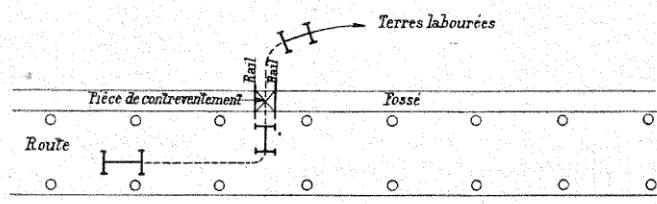


FIG. 60. — Franchissement d'un fossé par la mitrailleuse.

cations qui en accroîtraient encore l'efficacité. La première serait le remplacement de la mitrailleuse par un canon-revolver. On pourrait aussi augmenter sans inconvénient l'approvisionnement. La mise en marche doit pouvoir se faire de l'intérieur, problème résolu aujourd'hui depuis longtemps; de plus, les rails paraissent un peu faibles et surtout étroits. On a constaté, pendant le tir, que le séjour à l'intérieur devenait rapidement pénible, à cause de la température et de la fumée. Ce sont là des inconvénients auxquels il serait facile de remédier, à l'aide d'une ventilation mécanique ou naturelle.

Nous avons personnellement constaté l'aptitude remarquable de cet engin à circuler en terrain varié. Cette aptitude si précieuse pourrait encore être augmentée, en réduisant un peu la vitesse maxima et en prenant des dispositions spéciales. On ne saurait, en effet, trop améliorer la mitrailleuse à ce point de vue, ainsi que va le montrer l'exposé des expériences déjà faites.

La mitrailleuse aux manœuvres. — Employée à l'avant-garde et en reconnaissance, la mitrailleuse a donné les résultats suivants. Son concours permet à la cavalerie de briser rapidement les premières résistances qu'elle rencontre et de parvenir, sans perte de temps, au contact des formations qu'elle veut reconnaître. L'opération terminée, les renseignements recueillis sont transmis en quelques minutes au chef de parti.

D'une façon générale, la transmission des ordres et la liaison des colonnes peuvent être confiées à une voiture blindée avec avantage. La sécurité de ces opérations est évidemment accrue par la rapidité et les moyens de défense de cet engin. Quant au combat lui-même, il peut offrir aux mitrailleuses des occasions fréquentes d'intervenir avec efficacité. C'est ainsi, par exemple, qu'elles peuvent assumer les rôles de soutien d'artillerie, de flanc-garde, d'arrière-garde, etc.

Toutes ces applications exigent, de la part des voitures mitrailleuses, des qualités de solidité et de facile circulation absolument indispensables. Dans cet ordre d'idées, il n'est pas inutile de rappeler que les progrès faits depuis quelque temps autorisent à croire que des modèles répondant à ces conditions peuvent être établis dès à présent. La voiture étudiée au paragraphe précédent en est une preuve facile à constater. Son poids de 3.200 kilogrammes ne l'empêche pas de traverser des terrains mous, où les roues tracent des ornières de 30 centimètres. On peut, avec elle, franchir des levées de terre à pentes de 50 0/0, pourvu qu'elles ne dépassent pas 1 mètre d'élévation. Quant aux pentes accessibles, on doit se montrer exigeant. Les déclivités de 20 0/0, dans les terres labourées, en

sol de consistance moyenne, doivent être franchies sans hésitation.

Ces *desiderata* sont la conséquence des divers emplois auxquels on destinera les mitrailleuses, celui de soutien de cavalerie, par exemple. On ne peut prétendre que la voiture passera partout où le cheval passe, mais elle doit pouvoir serrer d'assez près les colonnes et n'avoir jamais que de faibles détours à faire, en suivant la route, pour gagner son emplacement de combat. C'est pour cette raison aussi qu'il faut la doter de moyens de franchissement du genre de ceux que possède la voiture Charron. Les emplacements favorables seront situés, la plupart du temps, dans les terres labourées, un peu en arrière des crêtes, de façon à défiler la voiture et à ne laisser à décou-

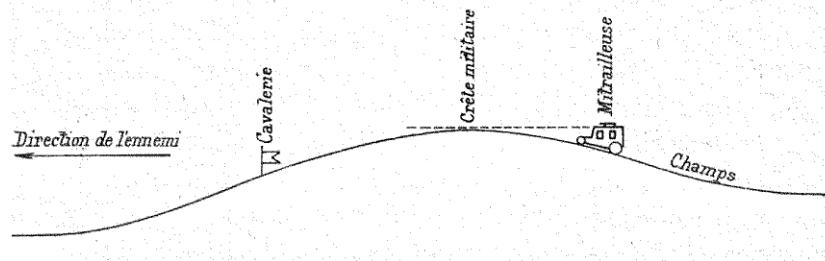


FIG. 61.

vert que le sommet de la tourelle (*fig. 61*). Ainsi employée, celle-ci sera à peu près invisible, sans être pour cela moins utile à sa cavalerie. Le résultat obtenu, la mitrailleuse devra se porter en avant pour appuyer la poursuite, couper la retraite à l'ennemi, en le devançant aux points de passage ou en les interdisant par son feu.

La circulation en terrain varié ne devra pas rendre,

par suite de la boue et de la poussière, la machine indisponible. L'étanchéité des carters devra être complète, et leur élévation au-dessus du sol sera la plus grande possible. Enfin, on devra s'attacher à augmenter la rapidité du montage des rails ainsi que l'efficacité du procédé.

CHAPITRE IX

FREINAGE PAR LE MOTEUR MISE EN MARCHE AUTOMATIQUE

I. Freinage par le moteur. — Il faut ranger les freins parmi les organes les plus importants des camions militaires. La marche en convoi, la seule qui soit compatible avec les exigences de la guerre, exige que les conducteurs soient à même de garder leurs intervalles. Or, cela est d'autant plus difficile que le pays est plus accidenté. Le franchissement de régions montagneuses par des convois lourds donnera toujours lieu à des difficultés ; s'il y a de mauvais freins, des désordres, des accidents, des retards seront à prévoir. Le freinage par le moteur, qui paraît être le plus rationnel qu'on ait imaginé jusqu'ici, est extrêmement précieux à ce point de vue.

Les freins ordinaires des camions peuvent agir sur le différentiel ou les moyeux des roues arrière. En tout cas, ils ne sont pas établis en vue d'un usage prolongé. La descente de longues côtes, par des voitures pesantes, à une vitesse régulière, amène toujours un échauffement nuisible et une usure tout à fait dispendieuse des surfaces de frottement. Le freinage par le moteur, au contraire, laisse en repos tous les organes du camion, y compris les freins de roue ; il ne demande

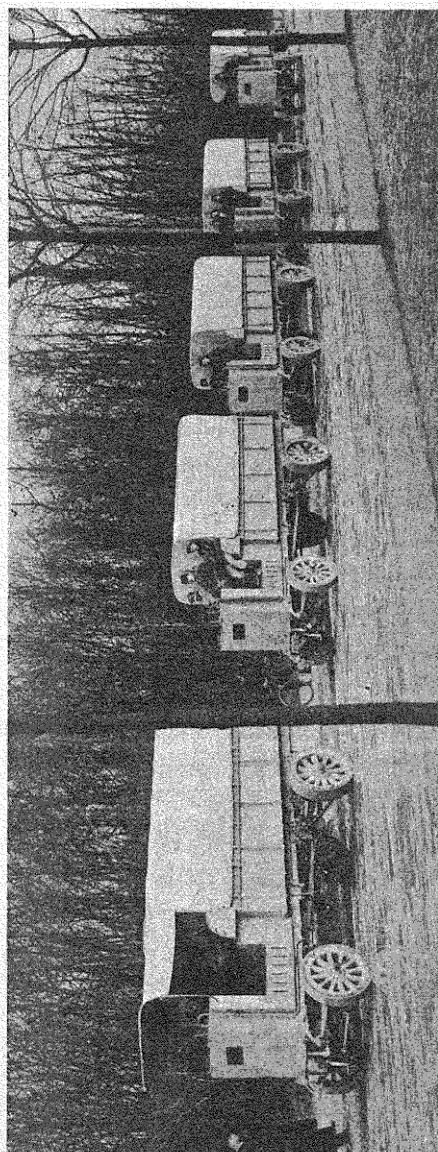


FIG. 62. — Les cinq camions du Maroc en convoi.

au moteur que des efforts inférieurs à ceux auxquels il est soumis en temps normal et il peut se prolonger indéfiniment.

Nous décrirons le système adopté par la Société Panhard et Levassor.

Considérons un moteur à quatre temps et fermons la communication du carburateur, en laissant subsister les autres dispositions. Les temps et les efforts auxquels ils donnent lieu se succéderont ainsi :

PREMIER ET 2^e TEMPS (*aspiration et compression*). — Vide partiel pendant la descente du piston (puisque le carburateur est fermé), d'où résistance R_1 ; puis, remontée du piston, sous l'effort atmosphérique, d'où travail utile T_1 . R_1 et T_1 s'équivalent exactement; il n'y a aucun bénéfice.

TROISIÈME ET 4^e TEMPS (*descente du piston*). — Vide partiel (comme plus haut). Mais, un peu avant le point mort (chap. vi, *Avance à l'échappement*), la soupape d'échappement se soulève, les gaz inertes du collecteur d'échappement se précipitent dans le cylindre, d'où le piston les expulse pendant le dernier temps, ce qui produit, en définitive, une résistance positive, utile au freinage.

Dans tout ce qui précède on n'envisage pas les résistances passives, réelles et positives toutefois.

Considérons alors la figure 63, qui représente une section de l'arbre à cames, où est tracée la came d'échappement C. Supposons que l'on dispose, latéralement à la came C, deux petites cames A et B, taillées dans le même bloc, qui entreront en action quand on aura fait subir à l'arbre commun le déplacement l suivant son axe, de façon à les amener sous le galet g du poussoir de la soupape C, et plaçons-nous dans cette

hypothèse. Pendant un cycle complet, l'arbre à cames effectuera un tour seulement, ainsi qu'on l'a vu à propos de la distribution ; les temps se succéderont donc ainsi :

PREMIER TEMPS T_1 (*aspiration*), a à b . — Vide partiel,

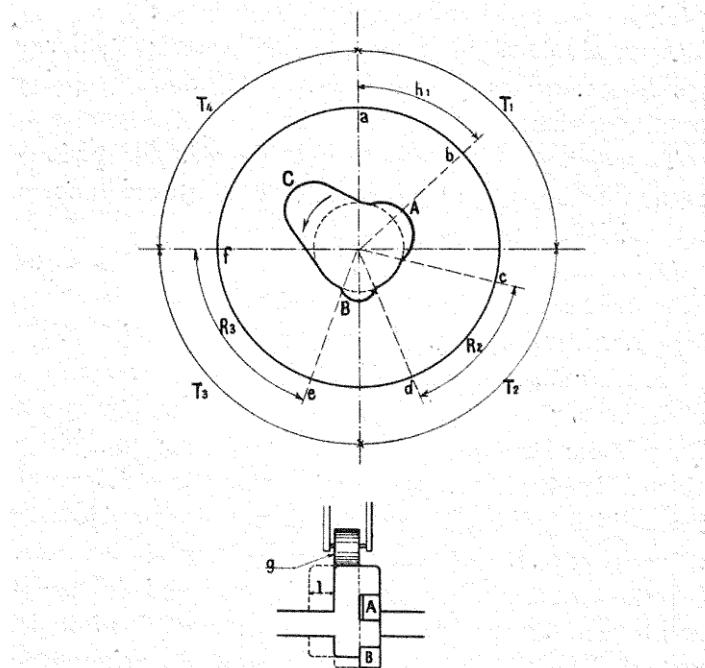


FIG. 63.

résistance R_1 , jusqu'à ce que la came A permette aux gaz du collecteur de remplir le cylindre et d'équilibrer la pression atmosphérique qui règne, dans le carter, sur l'autre face du piston.

Cet équilibre se prolongera jusqu'en c .

DEUXIÈME TEMPS T_2 (*compression*). — Dès la remontée, l'échappement se ferme, le piston comprime les gaz

inertes précédemment introduits, jusque vers la fin du temps T_2 en d , moment où intervient la deuxième came B, qui soulève à son tour la soupape et permet à la pression dans le cylindre de redescendre jusqu'à la valeur de celle qui règne dans le collecteur. A cette période correspond ainsi une résistance R_2 :

A partir de d jusqu'en e , l'équilibre est établi sur les deux faces du piston qui franchit alors le point mort supérieur.

TROISIÈME TEMPS. — Après e et jusqu'en f le phénomène du temps T_1 se reproduit, donnant naissance à un troisième effort résistant R_3 .

QUATRIÈME TEMPS. — Le piston arrive au bas de sa course, la came C agit à son tour, et l'équilibre règne à nouveau sur les deux faces du piston jusqu'en a .

En résumé, le dispositif considéré procure, outre les résistances passives, trois résistances utiles par cycle. La puissance nécessaire, pour faire tourner un moteur ainsi freiné à une vitesse déterminée, est supérieure à la moitié de celle qu'il peut fournir normalement à cette même vitesse. C'est là une mesure de l'effort de freinage.

Remarquons qu'il n'y a à craindre ici ni échauffement du moteur, ni usure des pièces. Les freins à main restent disponibles et l'on peut sans danger s'engager sur de longues pentes, qu'il est très facile de descendre ainsi à une allure régulière, sans avoir à redouter d'accélération dangereuse. Quant au déplacement de l'arbre à came et à la fermeture simultanée du carburateur, ils s'effectuent au moyen d'une seule pédale, par exemple, avec un système de bielles conjuguées.

II. La mise en marche automatique et les applications de l'air comprimé. — S'arrêter, se

ranger sur la route, quand il s'agit d'une colonne à pied, demande un certain temps; se reformer, repartir en demande aussi. Ce temps est réduit au minimum quand chacun reste à sa place, parce qu'on évite ainsi le désordre, les retards individuels et les à-coups de toute espèce. C'est pourquoi, quand on est exposé à partir au premier signal, il est impossible de quitter les rangs.

Pour un convoi de véhicules mécaniques, la mise en marche des moteurs est l'équivalent de la rupture des formations. Au signal du départ, il y aura toujours des moteurs qui refuseront de tourner, pendant que les premiers prêts attendront en tournant à vide. D'autres fois, en certains passages difficiles, où la pente sera raide et l'allure ralentie, un moteur calera, immobilisant sa voiture et les suivantes. Ce sera au mécanicien de courir à la manivelle, et, pour peu qu'il s'énerve, que le moteur soit paresseux et l'homme intimidé, ce seront cinq, dix minutes perdues.

Supposons, au contraire, tous les camions munis d'une mise en marche automatique. Un arrêt imprévu s'impose-t-il? Personne ne descend, et, le signal de repartir étant donné, le convoi s'ébranle presque d'un bloc, sans flottement, sans temps perdu. En laissant les conducteurs sur leur siège, on fait disparaître du même coup cette source de désordre, d'hésitation et d'incidents qu'est la sonnerie « à cheval » pour la cavalerie et qui a pour conséquences quotidiennes des coups de pied, des chutes, etc.

La mise en marche automatique la plus répandue, qui est due à la maison Saurer, est une application de l'air comprimé. Elle est d'une extrême simplicité, au moins théorique, et nous en donnerons le principe.

Une pompe à air, actionnée par le moteur à quatre cylindres, comprime de l'air dans un réservoir spécial, jusqu'à une certaine pression limite. Le réservoir peut

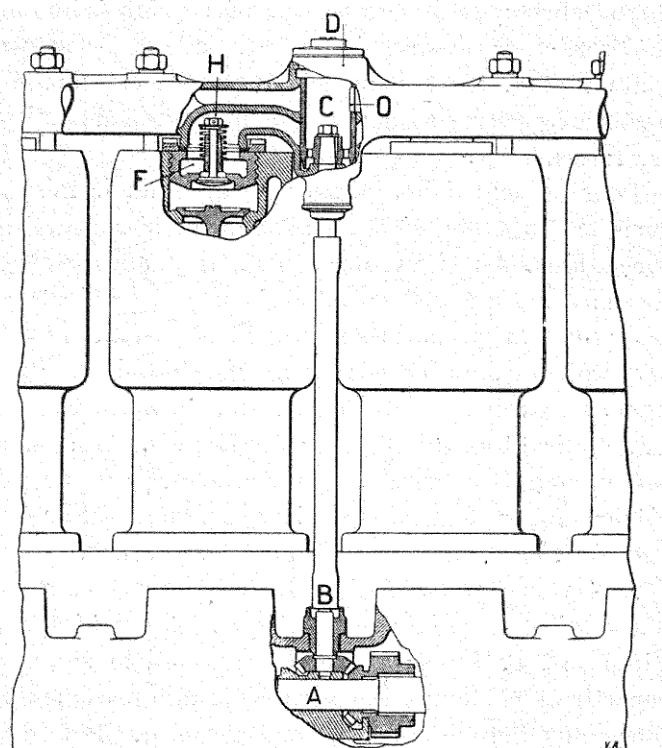


FIG. 64. — Mise en marche automatique Saurer.

A, arbre des cames. — B, arbre de renvoi. — C, boisseau de distribution. — D, culotte. — F, clapet automatique. — H, écrou de réglage du clapet. — O, arrivée de l'air du réservoir.

être mis en communication avec un organe distributeur analogue au barillet d'un revolver, tournant avec le moteur et calé de sorte qu'il est toujours en regard du cylindre qui en est au 3^e temps (explosion). Supposons le moteur arrêté; l'un des cylindres est au

3^e temps, il renferme donc un mélange explosif qui n'a pas brûlé, ou bien il y règne une certaine pression, inférieure à la pression atmosphérique. Mettons le réservoir d'air en relation avec le distributeur; l'air se rendra précisément dans le cylindre considéré, en vertu du calage déjà décrit. Il agira sur le piston, comme une explosion pourrait le faire; puis, le moteur tournant et le distributeur avec lui, ce sera le tour d'un autre cylindre et ainsi de suite. Le moteur partira donc, s'il est en bon état.

On fera le plein du réservoir pendant les descentes, pour économiser l'essence et la force, en profitant du freinage par le moteur, et même, si le réservoir est suffisant, il permettra de démarrer à la fois le moteur et la voiture ou servira de renfort au sommet d'un raidillon. Tous ces dispositifs existent et fonctionnent d'une façon satisfaisante.

CHAPITRE X

CHASSIS A SIX ROUES

Leur origine. — L'intérêt des châssis à six roues résulte des considérations suivantes :

Pour permettre un tonnage utile vraiment efficace et un rapport satisfaisant du poids utile au poids total, dans les camions mécaniques, il faut atteindre des charges totales très élevées, 6 tonnes et davantage, ce qui a pour résultat :

1^o De faire supporter à l'essieu arrière jusqu'à 5 tonnes en charge ;

2^o De fatiguer d'une façon exagérée le mécanisme, les roues, les bandages et la route ;

3^o De diminuer la maniabilité des camions démesurément allongés et qui ne peuvent plus s'écartier des chemins durs et bien entretenus.

De tels sacrifices ne sont même pas compensés par des résultats très heureux dans le rendement, qui ne dépasse guère, du moins dans les conditions pratiques, la valeur 0,50.

Une voiture à six roues supprime les inconvénients des charges totales élevées, puisqu'elles y sont portées sur trois essieux, dont chacun est très allégé, par rapport à ceux d'une voiture à quatre roues équivalente. De plus, le châssis à six roues peut tourner, à braquage

égal, sur un cercle dont le rayon est moitié du rayon de courbure minimum du châssis à quatre roues de même longueur. Enfin, les charges totales élevées, qui sont parfaitement acceptables avec six roues, permettent d'atteindre les valeurs maxima du rendement.

Tous ces avantages ont amené les constructeurs à établir des châssis à six roues, connus depuis plusieurs années et qui méritent une étude approfondie.

I. Conditions à réaliser dans la suspension.

— Les propriétés principales de ces châssis sont relatives à leur mode de suspension et de direction. Quant à leur suspension, il est facile de reconnaître qu'elle doit satisfaire, *a priori*, à la condition suivante : La répartition de la charge sur les trois essieux doit être constante. En effet, si elle pouvait varier, le poids porté par un essieu pourrait atteindre, dans certains cas, une valeur supérieure à la limite acceptable, limite qu'on peut atteindre tout de suite, quand on est sûr de ne jamais la dépasser, mais qu'on ne peut pas se permettre, dans le cas contraire. On voit que, dans la seconde hypothèse, on se priverait de ce qui fait précisément l'intérêt des six roues, c'est-à-dire la faculté d'imposer normalement à chaque essieu la charge maxima qu'il peut raisonnablement porter, avec la certitude que cette charge ne sera jamais accrue, quels que soient les accidents du sol, dos d'ânes ou caniveaux.

Ce n'est pas là le seul motif qui rend indispensable l'invariabilité de la répartition des charges ; la nécessité d'assurer la propulsion et la direction l'exigent également. En effet, que l'essieu moteur soit chargé au-dessous d'une certaine limite et l'adhérence deviendra

insuffisante, pour peu que le terrain soit gras et la pente rapide. Si ce sont les essieux directeurs, au contraire, la direction ne sera plus assurée, le dérapage

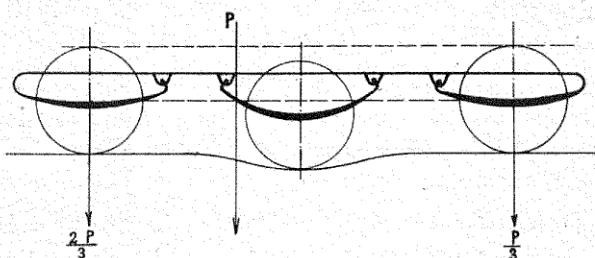


FIG. 65.

sera à craindre, la voiture chassera de l'arrière ou de l'avant.

Un châssis ordinaire, dans lequel les essieux sont réunis aux longerons par de simples ressorts, ne convient nullement aux voitures à six roues. Il est facile de voir (*fig. 65*) qu'il se comporterait mal dans les caniveaux, l'essieu médian pouvant être complètement délesté, pendant que les deux autres supporteraient la totalité de la charge.

Il est clair que cet inconvénient résulte de l'indé-

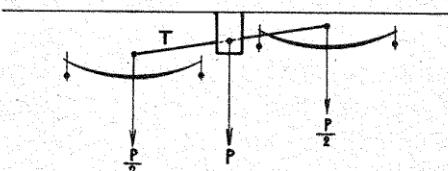


FIG. 66.

pendance des essieux. On peut y remédier en conjuguant :

- 1° Les deux essieux avant : système Janvier 1905;
- 2° Les deux essieux arrière : système Brillié 1906;

3° Les trois essieux: systèmes Borderel, Renard, Lindecker.

Le principe de la suspension sur essieux conjugués, ou suspension compensée, est le suivant: une charge P y est transmise à deux essieux à la fois, par l'intermédiaire d'une tige T , appelée balancier (*fig. 66*). La répartition de la charge P est indépendante de l'orientation du balancier T , elle ne dépend que du rapport des bras. S'ils sont égaux, la charge sera divisée par moitié. On voit que la hauteur relative des roues, qui agit sur l'orientation du balancier, ne modifie en rien la répartition de l'effort P ; cela veut dire que les caniveaux et les dos d'âne n'auront aucun effet sur cette répartition.

REMARQUE. — En conjuguant deux essieux sur trois, on réalise bien la condition cherchée, car le poids total se partage entre l'essieu unique et le groupe des essieux conjugués, qui supportent ainsi, chacun, la moitié d'une charge constante (*fig. 67*):

$$P = P_1 + P_2, \quad P'_1 + P''_1 = P_1.$$

P'_1 , P''_1 , et P_2 sont invariables. Mais il faut observer tout de suite que cette méthode de compensation n'est pas absolument satisfaisante, parce que les trois charges P'_1 , P''_1 , P_2 varient avec la position du centre de gravité G , position très variable dans les voitures à voyageurs.

Camion Janvier (*fig. 68*). — La compensation est obtenue par un ressort qui réunit les deux essieux

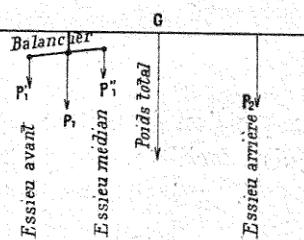


FIG. 67.

avant et supporte le châssis en son milieu. Outre la critique générale qui précède, on peut reprocher à ce système de ne soulager aucunement l'essieu arrière, qui est toujours le plus chargé; l'avantage, par rapport aux châssis à quatre roues, réside dans une meilleure

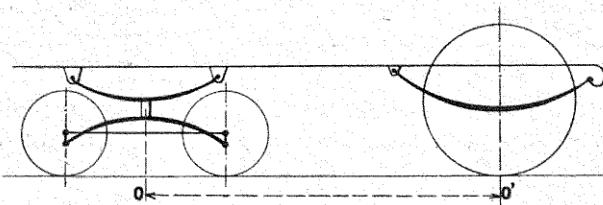


FIG. 68. — Camion Janvier.

suspension du moteur. Quant à la direction, elle n'est guère facilitée, l'empattement à considérer étant égal à OO' , puisque les quatre roues d'avant sont directrices.

Camion Brillié (fig. 69). — Ici, l'essieu arrière est nettement soulagé, puisqu'il est dédoublé par l'action du balancier B. Mais, par contre, le moteur ne béné-

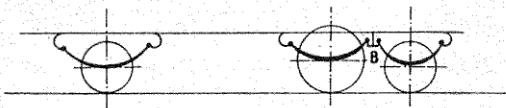


FIG. 69. — Camion Brillié.

fie d'aucune amélioration; l'empattement, par suite, l'aptitude aux évolutions sont les mêmes que dans le type précédent.

Camion Lindecker (Société Lorraine des Anciens Établissements de Diétrich). — Ce camion est du modèle à trois essieux conjugués, dont la figure 70 fournit le schéma général. On voit (fig. 70) que les trois essieux sont

réunis par deux balanciers, qui rendent solidaires les extrémités des trois ressorts. Bornée à cette disposition, cette suspension est parfaitement instable, ainsi que le montre la deuxième figure où le châssis a pivoté autour de l'essieu central. Pour obvier à ce grave défaut, il convient d'empêcher le ressort de l'essieu médian de tourner par rapport aux longerons. S'il tourne, c'est que les balanciers lui transmettent en R et R' des efforts inégaux, ce qui revient à créer un couple. On

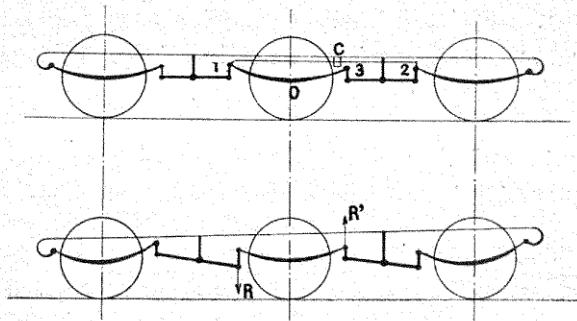


FIG. 70.

peut détruire ce couple, en réunissant les points 1 et 2 par une bielle articulée en C au châssis; par ce moyen, les points 1 et 2 auront des déplacements verticaux égaux et de sens contraire et les points 1 et 3 des déplacements égaux et de même sens. Le ressort médian ne pourra plus tourner par rapport au châssis, l'équilibre de ce dernier sera donc stable. Toutefois, l'adjonction des bielles telles que 1-2 et des organes qu'elles entraînent alourdit et complique la voiture. C'est pourquoi M. Lindecker a renoncé à combattre le couple de rotation appliqué au ressort médian; il l'a supprimé complètement, en annulant son bras de levier. Pour cela, il suffit d'attacher directement l'extrémité

des balanciers au point 0, ce qui réunit en 0 les deux points 1 et 3. On en profite pour constituer les balanciers par des ressorts, afin d'améliorer encore la sus-

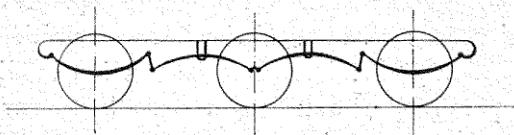


FIG. 71.

pension. Le résultat est le châssis représenté par la figure 71; c'est assurément la plus simple et la plus souple des suspensions compensées.

II. Calcul des charges dans la suspension compensée à trois essieux conjugués. — Pour



FIG. 72. — Camion Lindecker à six roues.

apprécier à sa mesure l'intérêt de ce système, il est nécessaire d'étudier ses propriétés principales. Nous empruntons à M. Lindecker lui-même les éléments de

l'exposé très simple qui va suivre (fig. 73). Nous appellerons : L , M , N , les réactions des trois essieux; P , la charge totale; d , la distance du centre de gravité

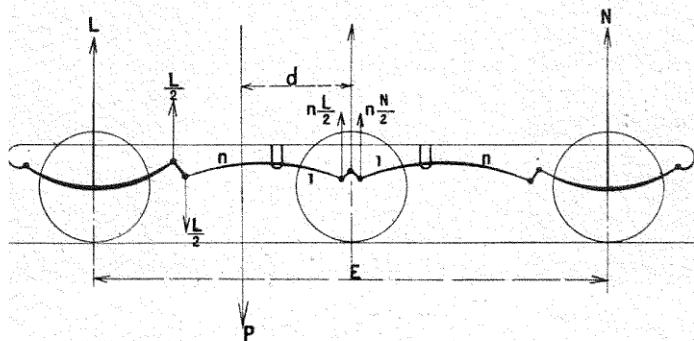


FIG. 73. — Suspension à 6 roues Lindecker.

LN , réactions du sol sur les essieux extrêmes. Une fraction de ces réactions $\left(n \frac{L}{2}, n \frac{N}{2}\right)$ est transmise par les balanciers à l'essieu médian.

au milieu de la voiture; E , l'empattement total; n , le rapport des bras des balanciers.

L'essieu médian, moteur, est supposé également distant des deux autres.

S'il y a équilibre, à l'instant considéré, c'est que :

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} L + M + N = P, \\ (L - N) \frac{E}{2} = Pd \end{array} \right.$$

(équation des moments par rapport à l'essieu médian); d est positif dans le cas de la figure.

La réaction L se divise en deux efforts $\frac{L}{2}$, et fait naître, au milieu, un effort $n \frac{L}{2}$; de même pour N , qui produit $n \frac{N}{2}$. On a donc :

$$M = n \frac{L + N}{2}.$$

En remplaçant M par cette valeur, dans les équations (1), il vient :

$$(L + N) \frac{n+2}{2} = P,$$

$$(L - N) \frac{E}{2} = Pd;$$

d'où :

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} L = \frac{P}{n+2} + \frac{Pd}{E}, \\ N = \frac{P}{n+2} - \frac{Pd}{E}, \\ M = \frac{nP}{n+2}. \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Valeur des} \\ \text{charges sur} \\ \text{les trois es-} \\ \text{sieux.} \end{array} \right.$$

Le calcul précédent suppose, comme on l'a dit, que l'essieu médian est équidistant des extrêmes. On peut être conduit à d'autres dispositions, qui exigent des

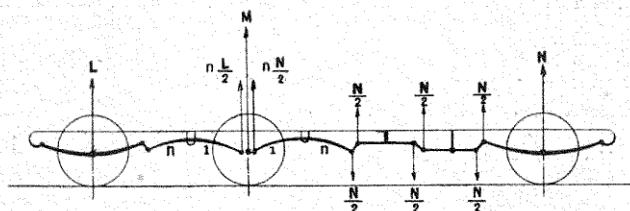


FIG. 74. — Suspension à six roues Lindecker.

Balanciers de renvoi à bras égaux.

balanciers de renvoi (fig. 74). S'ils sont à bras égaux l'effort transmis en M n'est pas modifié. S'ils sont inégaux (fig. 75), dans un rapport λ et en nombre égal à q , l'effort transmis en M devient, au lieu de $\frac{nN}{2}$,

$$\lambda q n \frac{N}{2}.$$

Si le ressort-balancier est à bras égaux, $n = 1$, l'effort transmis en O , venant de N , est alors :

$$\frac{\lambda^q N}{2}.$$

Dans le premier cas, pour obtenir à l'essieu médian un effort égal à $\frac{nN}{2}$, il fallait donner au ressort-balancier des bras inégaux dans le rapport de 1 à n , ce qui n'est pas

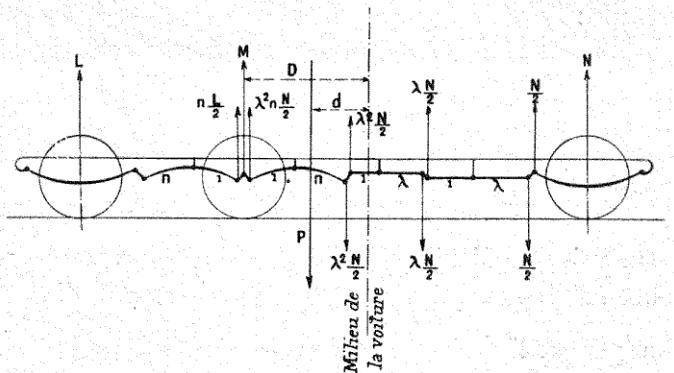


FIG. 75. — Suspension à six roues Lindecker.

Balanciers de renvoi à bras inégaux.

facile à réaliser, les ressorts à lames étant, en général, symétriques. On peut arriver au même résultat, en intercalant des balanciers rigides, à bras inégaux, très faciles, au contraire, à exécuter, en nombre q , pourvu que leurs bras soient dans le rapport λ et que l'on ait :

$$\lambda^q = n.$$

Avec deux balanciers :

$$\lambda^2 = n, \quad \text{d'où} \quad \lambda = \sqrt{n}.$$

Considérons le cas de la figure 75 qui est particulièrement intéressant.

En procédant comme plus haut et en supposant :

- 1° Des ressorts à bras égaux ($n = 1$);
- 2° Un nombre quelconque de balanciers intermédiaires, tels que :

$$\lambda^q = n,$$

le calcul des charges conduit aux résultats suivants, où D est la distance de l'essieu médian au milieu de la voiture :

$$(3) \quad \begin{cases} L = \frac{P}{n+2} + \frac{Pd}{E} - \frac{nPD}{E(n+2)}, \\ M = \frac{nP}{n+2}, \\ N = \frac{P}{n+2} - \frac{Pd}{E} + \frac{nPD}{E(n+2)}. \end{cases}$$

On voit que M n'a pas changé. Le déplacement des roues médianes, qui sont motrices, en général, n'influe donc pas sur l'adhérence, qui est précisément égale à $\frac{M}{P}$.

Les valeurs de L et N sont les mêmes, au terme correctif $\frac{nPD}{E(n+2)}$ près. Or ce terme a un effet salutaire, puisqu'il tend à alléger l'essieu arrière (le plus chargé) au profit de l'essieu avant. Pour arriver à ce que $L = N$, malgré la dissymétrie du châssis, dissymétrie exigée impérativement par l'usage auquel on le destine (camion, omnibus, etc.), il suffit que l'on ait (formules 3) :

$$\frac{Pd}{E} = \frac{nPD}{E(n+2)},$$

soit :

$$D = \frac{(n+2)d}{n}.$$

Conclusions. — De l'analyse succincte qui précède, il résulte que, les niveaux respectifs des essieux n'intervenant pas dans les calculs, les valeurs trouvées pour L , M , N sont des *constantes*, pour une charge donnée. C'est bien là ce que l'on cherchait.

L'adhérence motrice est indépendante de d , c'est-à-dire du chargement ; de plus, elle est proportionnelle à P ; l'adhérence directrice (c'est-à-dire la charge portée par les essieux directeurs extrêmes) jouit des mêmes propriétés.

En effet, l'adhérence motrice :

$$A_m = \frac{M}{P} = \frac{n}{n+2}.$$

L'adhérence directrice :

$$A_d = \frac{L+N}{P} = \frac{2}{n+2}.$$

Pour construire une voiture, on se donnera A_m , A_d étant toujours très suffisant. Le constructeur a cru devoir adopter $A_m = 0,40$, ce qui paraît être une valeur un peu faible. On a donc :

$$\frac{n}{n+2} = A_m,$$

d'où :

$$n = \frac{2A_m}{1 - A_m}.$$

($n = \frac{3}{2}$ conduit, pour A_m , à la valeur 0,43).

Le chapitre XIII (la Route) mettra en évidence l'intérêt que présente la suspension à six roues pour des transports intensifs.

CHAPITRE XI

SUSPENSION. — ROUES ET BANDAGES

- I. Le châssis. — II. Les ressorts en général. — III. Les divers types de suspensions. — IV. Rôle des ressorts et fonctionnement de la suspension. — V. La roue. — VI. Le caoutchouc. — VII. Les bandages en caoutchouc. — VIII. Roues en fer pour camions. Les roues élastiques.

I. — CONSTITUTION D'UN CHASSIS

Tous les organes étudiés dans les chapitres précédents sont tels qu'ils doivent rester à des distances et dans des orientations fixes les uns par rapport aux autres, sans quoi les arbres se tordraient, les engrenages se disloqueraient, les divers roulements seraient coincés, etc. On les suspend donc à un bâti rigide, appelé châssis, formé de deux longerons en acier profilé ou de deux poutres en bois armé, aussi résistantes et plus légères, le tout solidement entretoisé sur toute sa longueur et portant, à l'avant, le moteur (quelquefois par l'intermédiaire d'un faux châssis) au milieu, l'embrayage ; à l'arrière, le changement de vitesse et le différentiel (*fig. 76*). Tous ces appareils sont souvent protégés par des garde-boue, en tôle légère, qui règnent au-dessous du châssis et sur toute sa longueur. Le moteur est fixé par des pattes d'attache, au moyen de boulons, ainsi que l'embrayage.

Le changement de vitesse est, en général, suspendu

aux entretoises par trois points, dispositif qui évite le gauchissement de la boîte, au moment des déformations élastiques dissymétriques du châssis.

L'ensemble du châssis repose sur les deux essieux par l'intermédiaire de ressorts, analogues à ceux des voitures à chevaux.

Dans le cas des voitures de tourisme, où le rôle des ressorts est facilité par la présence des pneumatiques, qui annulent les effets des petits obstacles, on adopte souvent le dispositif représenté ci-contre (fig. 77). Les ressorts arrière sont fixés, d'une part, au châssis, par une jumelle J, d'autre part, à un ressort transversal A, en TT. A ce dernier est fixée l'entretoise arrière en son milieu O.

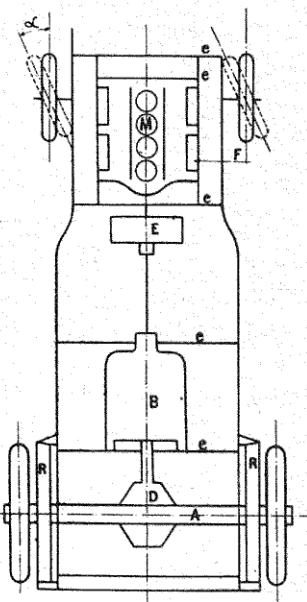


FIG. 76. — Plan d'un châssis.

F, faux-châssis. — M, moteur. — e, entretoises. — E, embrayage. — B, boîte des vitesses. — D, différentiel. — A, essieu arrière. — R, ressorts. — α , angle de braquage maximum des roues avant.

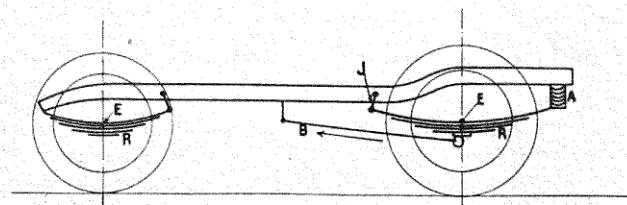


FIG. 77. — Châssis. (Élévation.)

EE, essieux. — RR, roues. — J, jumelle. — A, ressort transversal. — B, barre d'entrainement. (C'est cette barre qui pousse la voiture en avant, elle travaille donc à la compression.)

L'ensemble du châssis repose, par conséquent, par trois points M_1 , M_2 , 3 sur l'essieu arrière (fig. 78). Le ressort transversal, A, est invariablement lié en O à l'entretoise (fig. 79), en sorte qu'il ne peut pas osciller autour du point O et que les flexions de chaque moitié n'intéressent pas nécessairement l'autre.

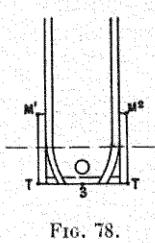


FIG. 78.

Dans le cas des camions de poids lourds, le châssis est soumis à des efforts plus brutaux, à cause de l'infériorité du bandage plein et surtout des bandages en fer, par rapport au pneumatique. Il y a donc lieu d'étudier soigneusement, dans ce cas, la suspension tout entière, roues, essieux et ressorts. Nous allons passer en revue les points principaux de cette question.

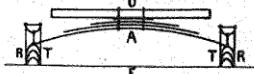


FIG. 79.

II. — LES RESSORTS EN GÉNÉRAL

Nous nous bornerons à décrire succinctement la constitution des ressorts ordinaires et leurs moyens d'attache (fig. 80).

Les aciers employés dans la fabrication des ressorts de camions sont, en général, des aciers durs ou demi-durs, caractérisés par les constantes suivantes :

Résistance en kilogrammes par millimètre carré.....	65 à 75
Allongement pour cent.....	13 à 18
Teneur en carbone.....	0,6 à 0,7

On les assemble en feuilles plus ou moins nombreuses

(de trois à dix) et d'épaisseur variable ($0^m,005$ - $0^m,015$), suivant les charges à supporter. Leur réunion est assurée, soit par des rainures en creux pour une feuille et en

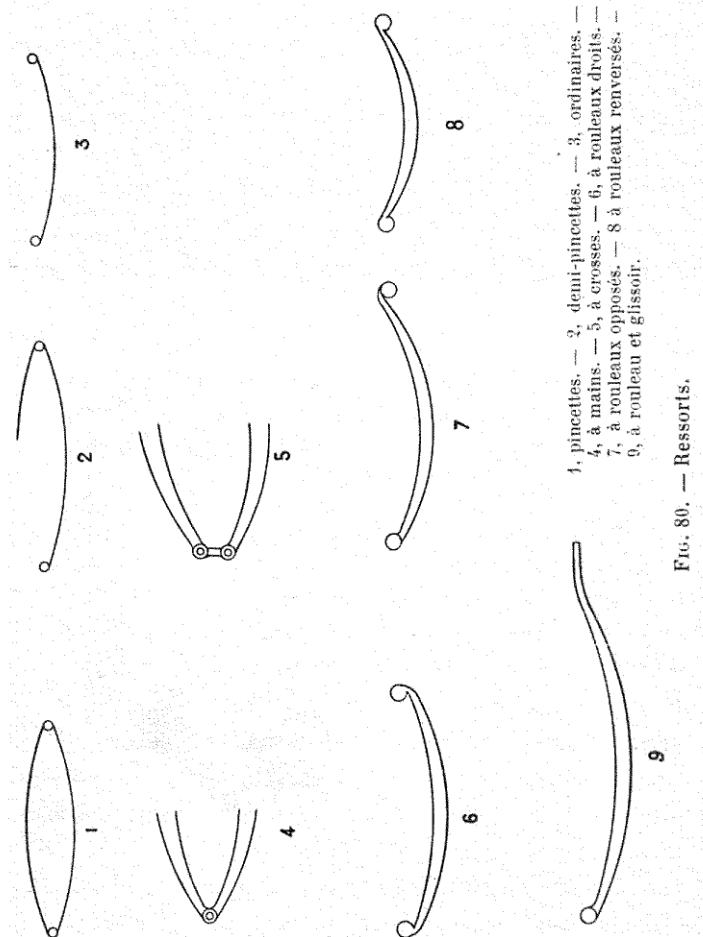


FIG. 80. — Ressorts.

relief pour celle qui repose dessus, soit par des tenons qui encastrent chaque feuille, à chacune de ses extrémités. En outre, un écrou central perce toutes les

lames en leur milieu, depuis la maîtresse lame, jusqu'à la plus courte, qui repose sur l'essieu.

Les ressorts sont dits pincettes, demi-pincettes ou ordinaires. Leurs assemblages sont à mains ou à crosses. Les ressorts ordinaires simples, les seuls qui intéressent les camions automobiles, sont à rouleaux droits, opposés ou renversés, à rouleaux et glissoir, ou à double glissoir.

Ils sont fixés à l'essieu, au moyen d'étriers simples, boulonnés au patin, et, quelquefois, à l'aide de plaques serrées par des boulons, qui traversent le patin. Les

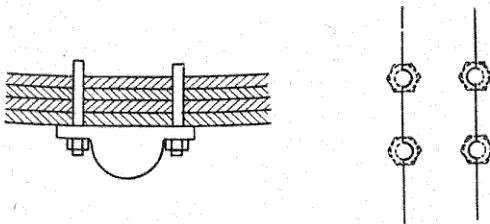


FIG. 81. — Assemblage des ressorts à étrier et à plaque.

tiges des boulons sont alors logées dans une rainure, formée par des échancrures superposées dans les lames du ressort (fig. 81).

La charge limite pratique des ressorts est les 2/3 de la charge d'aplatissement. Exemple :

Ressort à 12 feuilles de 70 millimètres de largeur sur 10 millimètres d'épaisseur, en acier de Firminy, d'une longueur totale de 1 mètre ; charge d'aplatissement ; 4.400 kilogrammes ; limite pratique : 2.900 kilogrammes.

III. — LES DIVERS TYPES DE SUSPENSIONS

Souvent les châssis des camions sont portés simplement par des ressorts latéraux, suivant le système adopté pour les wagons. Les flexions présentées par chacun d'eux sont alors complètement indépendantes et chaque roue subit des variations de charge notables, qu'on doit prévoir, en constituant les ressorts par des lames longues et robustes. A l'avant, les conditions sont les suivantes ; si, d'une part, le poids porté est faible, $1/3$, $1/4$ du poids total, d'autre part, les organes qui s'y trouvent sont délicats (moteur et embrayage). Aussi, beaucoup de constructeurs garnissent-ils les roues avant de bandages en caoutchouc, pour donner à la suspension, en ce point, le moelleux nécessaire. A l'arrière, les organes sont moins délicats, les charges plus élevées. Elles représentent, pour chaque roue, jusqu'à 3 tonnes dans les gros camions. Pour ce motif et en raison de l'effort moteur, l'usure des bandages en caoutchouc y est très rapide ; c'est pourquoi on y met souvent des bandages en fer. Dans ce cas, la suspension sur ressorts latéraux indépendants est hasardée, parce qu'elle n'assure aucune répartition des efforts imposés à chaque roue. On emploie souvent la suspension sur trois ressorts déjà étudiée au début de ce chapitre (*fig. 77-79*).

Elle a l'avantage de se plier aux déformations latérales, sans créer des efforts tendant à gauchir le système des longerons et des entretoises ; de plus, une partie de l'effort de soulèvement amené par un cahot est reportée au centre du châssis, ce qui diminue les effets de roulis.

Les camions Regina présentent un dispositif spécial, destiné à faire concourir les deux ressorts latéraux à l'amortissement des oscillations. Il est formé d'un simple balancier mobile autour du milieu O de l'entretoise arrière ; en négligeant certains détails de construction,

on peut ramener son fonctionnement au suivant (fig. 82).

Tout cahot sur la roue R_1 se traduit sensiblement par une percussion, qui amène, en A_1 et B_1 , l'apparition de deux forces égales, tendant à imprimer au

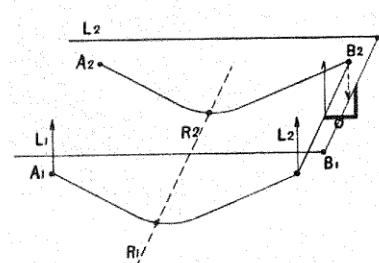


FIG. 82. — Suspension Régina à balancier transversal.

longeron L_1 , une accélération verticale. La force appliquée en A_1 , agit directement sur le châssis. La force appliquée en B_1 peut être remplacée par une force égale, appliquée en O , tendant à soulever l'ensemble de l'essieu en arrière et un couple égal au produit de la force par la longueur OB_1 ; c'est ce couple qui crée les oscillations du camion autour de son axe d'inertie. Mais, le balancier étant mobile autour du point O , le couple est combattu par l'action simultanée des deux ressorts, qui concourent ensemble à absorber le travail correspondant ; en outre, une liaison rigide tend à maintenir horizontale la ligne R_1R_2 . Les camions munis de cette suspension ont des roues ferrées à l'arrière et sont établis pour des charges de 5 tonnes utiles.

On voit qu'il y a une différence fondamentale, entre la suspension ordinaire à ressort transversal et la suspension à balancier oscillant. Tout déplacement d'une extrémité du balancier, par rapport au châssis, exige un

déplacement égal et de sens contraire de l'autre extrémité, c'est-à-dire que les deux ressorts latéraux sont toujours intéressés ensemble, l'un s'aplatissant par son centre, l'autre, par son extrémité. Une oscillation quelconque du balancier est donc éteinte par un couple de freinage puissant, qui tend à égaliser les réactions sur les deux roues.

IV. — ROLE DES RESSORTS ET FONCTIONNEMENT DE LA SUSPENSION

Lorsqu'un camion se déplace, à une certaine vitesse, sur un sol inégal, en admettant que le constructeur ait exactement calculé les ressorts d'essieu, d'après le poids

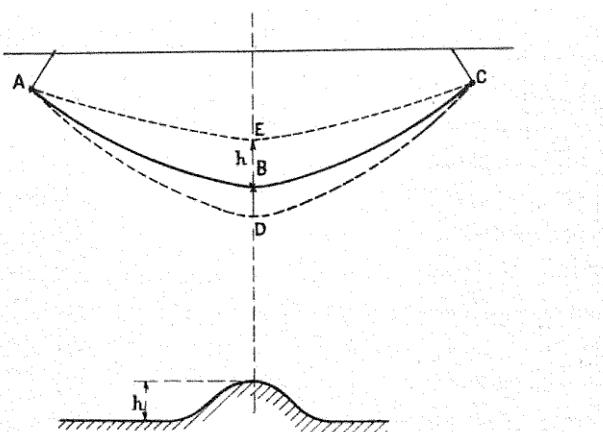


Fig. 83.

du châssis et de sa charge, ils prennent, sous l'action combinée de ces deux forces, une flexion déterminée, qui est proportionnelle à l'effort supporté; BD représente la quantité dont le ressort est ainsi aplati (fig. 83). Pour

fixer les idées, nous supposerons que la charge totale du ressort soit de 1.500 kilogrammes et la flèche correspondante, B D, de 100 millimètres. Dire que le ressort travaille dans des conditions normales, c'est admettre qu'une augmentation (ou une diminution) de la charge égale à 150 kilogrammes amènerait une variation de 10 millimètres dans la flèche. Supposons donc que la roue du camion passe, au moment considéré, sur un dos d'âne $h = 40$ millimètres ; il en résultera tout à coup, pour le ressort, un fléchissement BE de 40 millimètres, qui correspond à une surcharge, à peu près instantanée, de 600 kilogrammes ; c'est là une mesure de la force avec laquelle le ressort va repousser le châssis vers le haut, afin de reprendre la flèche qui correspond aux 1.500 kilogrammes qu'il porte réellement. Mais ces variations sont extrêmement rapides ; les effets des forces se manifestent brusquement, sous forme de percussions ; le châssis va donc être projeté par la réaction du ressort et il acquerra ainsi une certaine vitesse, qui l'entraînera sensiblement plus haut que son niveau normal ; il redescendra donc et l'on voit, en définitive, qu'il exécutera une série d'oscillations plus ou moins rapides¹.

Choix des ressorts. — Le choix des ressorts destinés à un véhicule est fixé d'abord par la charge maxima

1. Pour saisir exactement le rôle du ressort, pendant les deux phases de compression et de détente, on peut raisonner comme il suit : La flèche que prend le ressort, au passage du dos d'âne, se manifeste immédiatement par une réaction verticale, dirigée vers le haut et proportionnelle à cette flèche. Cette réaction est faible, au début, parce qu'elle ne correspond qu'à une petite valeur de la flèche ; elle agit cependant sur le châssis et lui communique une certaine accélération, qui va en croissant, avec la flèche elle-même. Quand celle-ci a atteint sa valeur maxima, la réaction exercée sur le châssis continue à augmenter la vitesse de ce dernier et cet effet ne disparaît définitivement, qu'au moment où

qu'il doit porter. Mais il est aisément de remarquer que, neuf fois sur dix, cette charge ne sera pas atteinte, les ressorts ne travailleront donc presque jamais dans les conditions « aux limites ». D'autre part, un camion, qui, chargé, fait 45 kilomètres de moyenne à l'heure, devrait pouvoir éléver notablement cette moyenne, quand il roule à vide. Il ne le peut pourtant pas ; car, s'il passe cette allure, les ressorts, devenus trop durs, c'est-à-dire prenant des flèches trop petites, sous la faible charge qu'ils supportent, ne feront grâce au camion d'aucune des secousses que leur communiquent le terrain parcouru.

L'écart entre le poids à vide et le poids en charge détermine la flexibilité pratique. Si l'on prend des ressorts trop durs, ils ne seront utiles que dans les parcours en charge ; dans les parcours à vide, le mécanisme souffrira davantage, pour la même vitesse. S'ils sont trop faibles, ils s'aplatiront sous une charge utile dérisoire. En outre, les oscillations seront lentes et de grande amplitude.

la flèche accidentelle a disparu, elle aussi. A ce moment-là, le châssis possède une certaine vitesse ascendante, qui va décroître sous l'action de la pesanteur. On est ainsi dans le cas classique de l'oscillation pendulaire, dont l'amplitude et la période sont déterminées par la hauteur de l'obstacle franchi et la flexibilité du ressort. On posséderait par là un moyen de déterminer exactement les éléments inconnus du problème, en se fixant la limite supérieure admissible, comme durée et comme amplitude, d'une oscillation. Pratiquement, d'autres considérations interviennent pour fixer le choix, surtout en remarquant qu'on a intérêt à alléger la suspension tout entière.

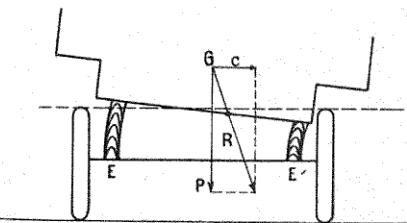


FIG. 84. — Effets de la force centrifuge sur les ressorts.

C, centre de gravité de la caisse. — P, poids de la caisse. — C, force centrifuge. — R, résultante oblique au sol.

Les charges imposées ne sont pas les seuls efforts qui agissent sur les ressorts. Dans les virages, par exemple, la force centrifuge tend à charger davantage le ressort extérieur, ainsi que le montre la figure 84. A cette action, dangereuse pour la stabilité des véhicules, s'ajoute un effet de torsion, qui tend à faire tourner le ressort autour de son point d'attache E.

L'analyse élémentaire qui précède suffit à expliquer les conditions qui fixent le choix des ressorts et exigent leur parfaite adaptation aux divers éléments du transport : poids mort, poids utile moyen, poids utile maximum, amplitude acceptable des oscillations (garde), nature du bandage, etc.

Amortisseurs. — On vient de voir que la suspension reçoit à chaque instant des percussions qu'elle a pour mission d'éteindre le plus possible, avant de les transmettre à la caisse qu'elle supporte.

On a pensé à agir d'une autre manière sur la façon

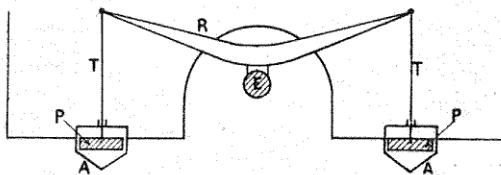


FIG. 85. — Amortisseur Patouneau.

AA, amortisseurs. — E, essieu. — PP, pistons. — TT, Tiges de suspension. R, ressort. (Le châssis est suspendu aux tiges TT.)

dont la suspension restitue à la caisse la force vive non amortie et à imposer à ce phénomène un régime régulier, lent et progressif. C'est, précisément, le résultat visé par les amortisseurs.

L'amortisseur Patouneau, par exemple, est constitué

par le dispositif suivant. Le chassis est suspendu au ressort métallique, par l'intermédiaire de ressorts à air et de deux tiges (*fig. 85*). L'adjonction des ressorts à air permet d'adopter, pour le ressort métallique, une flexibilité beaucoup moindre, sans que la flexion totale, pour un effort donné, soit changée. Il en résulte qu'après l'obstacle le ressort métallique ne restituera qu'une flèche faible et le ressort à air presque rien. L'amplitude et la soudaineté des cahots seront donc simultanément atténuées. De plus, la suspension agira à peu près aussi efficacement pour toutes les charges courantes et l'on a vu plus haut l'importance de cette condition. Il faut signaler toutefois, que, en cas de fuite d'air, un camion muni d'amortisseurs, c'est-à-dire posé sur des ressorts d'une très faible flexibilité, peut offrir de sérieux inconvénients.

Effets des cahots sur la transmission. — La nature de la transmission n'est pas indifférente, au point de vue de la suspension des camions de poids lourds. Par exemple, la transmission par simples cardans longitudinaux est inapplicable aux camions pesants, même sur bandages en caoutchouc. En effet, l'élasticité des bandages d'arrière étant à peu près nulle, comparée à celle du pneumatique, le différentiel tout entier et l'arbre moteur recevraient intégralement tous les chocs du roulement et cela sous des charges élevées. Il est donc indispensable de suspendre le différentiel sur les ressorts, c'est-à-dire d'employer des chaînes ou des cardans transversaux.

V. — LA ROUE

Les roues des camions automobiles, par les charges qu'elles supportent (jusqu'à 3 tonnes), et par le rôle qu'elles jouent dans la propulsion, sont soumises à des efforts tangentiels considérables, ainsi qu'à des percussions radiales qui rendent leur construction extrêmement délicate. On a commencé par les établir sur le modèle des roues des voitures à chevaux, en leur

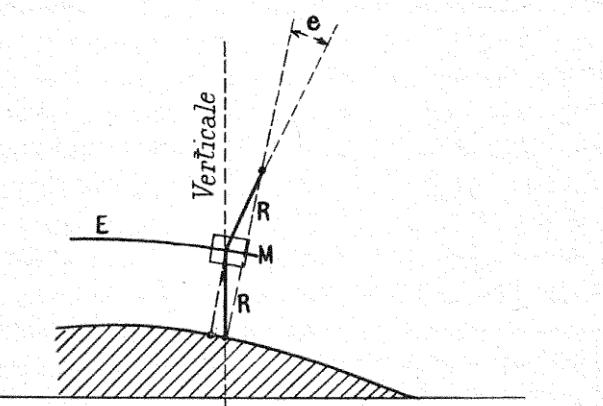


FIG. 86. — Ecuanteur.

E, essieu. — M, moyeu. — RR, rais. — e, angle d'écuanteur. (Si le rai était normal à l'essieu, il serait normal à la route, mais oblique avec la verticale.)

donnant toutefois la résistance réclamée par le service qu'on en attend.

On sait qu'une roue comprend, d'une façon générale, un moyeu en bois ou en fer, tout autour duquel rayonnent des pièces appelées rais, qui forment une surface conique d'angle très ouvert¹ et pénètrent

1. Cette particularité, qui porte le nom d'écuanteur, a pour effet de conserver exactement verticaux les rais porteurs, malgré le bombement

par leur extrémité dans une jante circulaire, en bois, formée d'un certain nombre de segments¹. Dans les roues pour camions mécaniques, l'assemblage des rais avec le moyeu, d'une part, avec la jante, de l'autre, est souvent maintenu par un double serrage. Le premier est obtenu, au moyen de deux plaques jumelles, réunies par des boulons, qui traversent les pieds des rais, autour du moyeu ; le second est réalisé par le bandage en fer, qui, entré à chaud autour de la jante en bois, exerce sur celle-ci et sur l'ensemble des rais, après refroidissement, une pression énergique.

A la longue, par suite des alternances de dilatation et de contraction, amenées par l'humidité et la sécheresse, les roues prennent du jeu, les trous des boulons s'agrandissent, les mortaises se fatiguent, les abouts des pièces ballottent dans leur logement, etc.

Il est temps alors de *châtrer* la roue. Cette opération consiste à retailler les assemblages, pour rafraîchir les surfaces de contact. On est obligé de déplacer les trous des boulons du moyeu, car, les rais étant raccourcis, ces trous ne sont plus exactement en regard de ceux des plaques de serrage. Pratiquement, on ovalise les trous primitifs. Ces opérations une fois effectuées, le diamètre de la roue est sensiblement amoindri. Il faut donc diminuer² en proportion la longueur des segments de la jante, refouler à la

des routes. Elle est exigée par le serrage, qui gauchirait irrégulièrement les rais, si l'on ne prenait pas les devants (*fig. 86*) en orientant la déformation.

1. Les essences généralement employées en charronnage sont : l'orme, tortillard (jante, moyeu), le frêne (jante), le chêne (toutes pièces), l'acacia (rais).

2. Les charrons se contentent de raccourcir l'un d'eux, ce qui est mauvais évidemment, puisque l'on oblige ainsi les extrémités des rais qui comprennent le joint retaillé à se rapprocher en s'incurvant.

forge le bandage sur lui-même pour le raccourcir, et le replacer à nouveau.

Cette méthode, qui est bonne en elle-même, entraîne

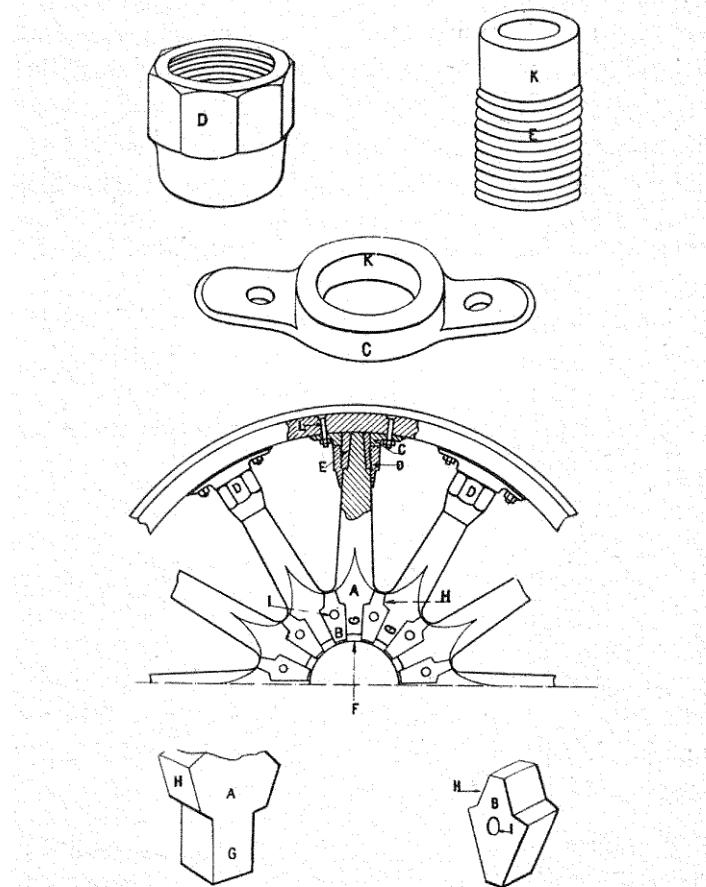


FIG. 87. — La roue Soulas.

une indisponibilité assez longue des roues à réparer; de plus, elle est pénible et elle rend difficile l'emploi de bandages en caoutchouc de diamètre

constant. On a essayé d'établir des roues qui échappent aux précédentes critiques. Telle est, par exemple, la roue Soulard (fig. 87). Le dessin en fait clairement saisir la constitution. On voit, en particulier, que les abouts G des rais ne sont pas perforés, puisque les boulons traversent uniquement les mailles B; la charge est portée par les épaulements H. On saisit facilement l'avantage de cette disposition; mais l'originalité principale réside dans les pièces C, D et E. On voit qu'en vissant l'écrou D autour du manchon E, on peut faire varier la longueur de chaque rai, c'est-à-dire compenser le jeu, s'il s'en est produit, ce dont on est averti par le bruit particulier, le *cri* de la roue en marche. L'entretien se borne alors, du moins, en principe, à surveiller les écrous E.

Il convient de remarquer (fig. 88) qu'il est de toute importance, dans une roue ordinaire, que l'about des rais soit en contact avec le moyeu. C'est le seul moyen de répartir la charge sur les rais voisins de la verticale du point de contact de la roue avec le sol. En effet, s'il n'en est pas ainsi, la charge est supportée exclusivement par les boulons B et l'ensemble travaille dans de mauvaises conditions. On corrige ce montage défектueux, en glissant des cales C sous les pieds des rais, afin d'assurer un contact permanent entre eux et le

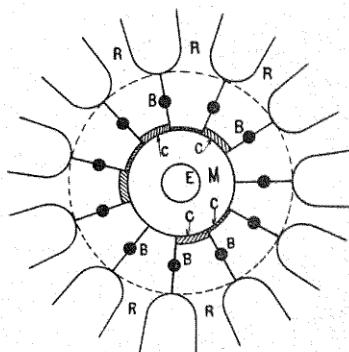


FIG. 88. — Assemblage des rais.
RR, rais. — B, trous des boulons. — E, essieu. — M, moyeu. — C, cales assurant le contact des rais et du moyeu.

moyeu. De cette façon, le poids de l'essieu est transmis par la cale au rai, et, de là, au bandage et au sol. Cependant, c'est là un correctif qui n'est pas toujours employé et qui est souvent insuffisant; il peut devenir illusoire, n'étant pas vérifiable et réglable aisément.

Roue des camions de Dion-Bouton (fig. 89). — Elle offre une constitution spéciale, en raison du mode de transmission adopté. Les camions de cette marque sont munis de cardans transversaux, c'est-à-dire possèdent deux axes moteurs, issus du différentiel, qui actionnent chacune des roues arrière, par l'intermédiaire d'un pignon droit P, engrenant intérieurement avec une couronne C, fixée au flasque de la roue. L'essieu arrière supportant simplement les efforts de flexion, les cardans transversaux se plient à tous les déplacements verticaux du différentiel.

En outre, les rais r appuient efficacement sur le moyeu, par l'intermédiaire d'une bague tronconique B, qui est enfoncée à forcement entre le moyeu et les rais; elle joue ainsi, d'une façon beaucoup plus exacte, le rôle des cales signalées plus haut. Quant à l'angle du cône auquel appartient la surface périphérique de la bague en contact avec les rais, il est précisément égal à l'écouanteur de la roue.

VI. — LE CAOUTCHOUC

L'industrie du caoutchouc, l'une des plus curieuses et des plus intéressantes qui soient, est en plein développement, à l'époque actuelle. La production annuelle dépassait 70.000 tonnes en 1906; il faut s'attendre à

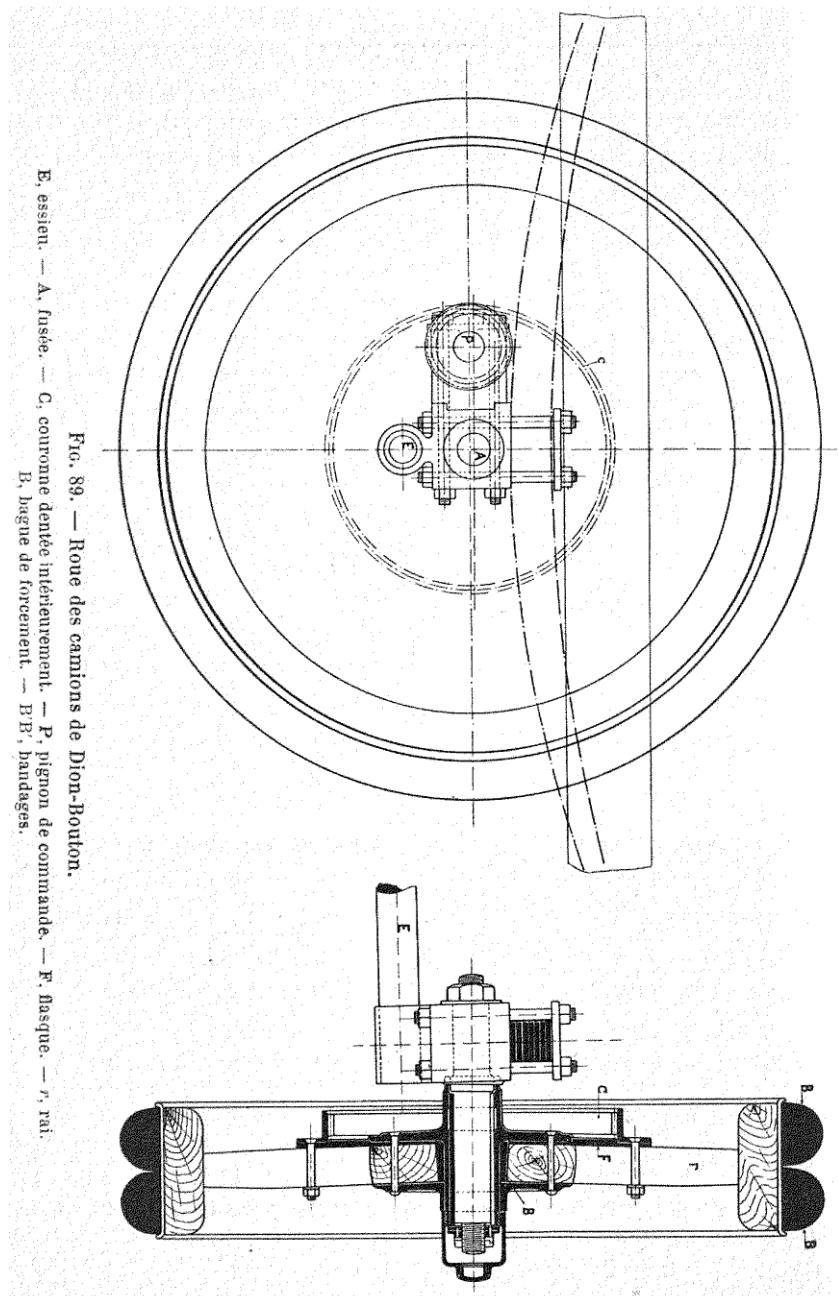


FIG. 89. — Roue des camions de Dion-Bouton.
E, essieu. — A, fusée. — C, couronne dentée intérieurement. — P, pignon de commande. — F, flasque. — r, rai.
B, bague de forcement. — B'B', bandages.

ce que ce chiffre soit triplé, d'ici une dizaine d'années.

Depuis la découverte de la vulcanisation par Goodyear, vers 1855, les applications du caoutchouc se sont multipliées avec rapidité et l'automobile est venue s'ajouter à la liste des clients de la gomme élastique. La variation des prix a présenté, jusqu'en 1907, une marche ascendante régulière. Le kilogramme de caoutchouc Para épuré (Brésil) valant 10 francs en 1890, valait 18 fr. 50 en 1907. La question des prix du caoutchouc est si intimement liée au progrès de l'automobile, que nous ne pouvons mieux faire que de la traiter avec quelque détail.

Gomme naturelle et caoutchouc industriel.

— Le caoutchouc industriel est le résultat obtenu en incorporant une petite quantité de soufre à la gomme naturelle, par une opération désignée sous le nom de *vulcanisation*. La raison de cette addition réside dans la propriété que la gomme naturelle possède d'être hygrométrique et de devenir très poisseuse par la chaleur, ce qui la rend impropre aux usages courants. La vulcanisation fait disparaître ce double inconvénient.

La gomme naturelle est obtenue en coagulant, par un procédé quelconque (évaporation à chaud, par exemple), un suc laiteux, le *latex*, sécrété par certains arbres de la zone équatoriale, dont les principaux sont au Brésil, l'hévéa (*Hevea Brasiliensis*); en Afrique, des lianes (*Landolphia*, etc.); en Asie et en Océanie, la riche famille des *Ficus* (*Ficus elastica*) à laquelle appartient le caoutchouc des appartements. Le latex s'écoule par des incisions, pratiquées sur l'écorce, à la façon des résiniers des Landes. Suivant le soin apporté à la récolte du latex et aux diverses opérations ultérieures,

suivant l'âge et la nature de l'arbre producteur, on obtient des gommes dont les propriétés et la valeur marchande sont très différentes.

Jusqu'à ces dernières années, le principal producteur de caoutchouc était le Brésil. La seule province de Para en exportait annuellement 30.000 tonnes et la qualité Para faisait prime, à juste titre, sur tous les marchés. Les autres pays producteurs étaient l'Afrique équatoriale (Guinée Française, Gabon, Congo, Madagascar), les îles de la Sonde et la Malaisie. Depuis dix ans environ, c'est-à-dire sous la poussée de l'automobilisme, les débouchés offerts à la gomme se sont tellement élargis, l'horizon s'est tellement ouvert, que l'on s'est mis, à peu près partout à la fois, à organiser ou à essayer la production. Ceylan est en tête de ce mouvement; sa gomme espère rivaliser avec le Para fin; des plantations y ont été entreprises, avec l'hévéa du Brésil, lequel s'est fort bien acclimaté. Des essais analogues ont été faits en Indo-Chine, où le ficus, plus robuste et autochtone, réussit bien dans la partie septentrionale (Annam et Tonkin), pendant que l'hévéa fait ses débuts en Cochinchine. Enfin, un groupement important s'est créé, sous le nom de Planteurs fédérés Malais, pour l'exploitation des richesses que présente sous ce rapport l'archipel de la Sonde. L'Afrique, elle aussi, peut émettre quelques prétentions à figurer bientôt au rang des fournisseurs de caoutchouc. Déjà Anvers, où arrive la récolte du Congo, est un des grands marchés de la gomme. Les possessions françaises, toutes situées dans la zone où poussent les lianes à caoutchouc, sont des mieux placées, dans cette lutte universelle. Enfin, nous avons surtout une colonie qui est sans rivale, pour la beauté de ses arbres et les richesses de ses forêts.

intérieures : c'est la Guyane. Il semble, malheureusement, que les difficultés d'exploitation n'y aient pas été surmontées.

La culture des plantes à caoutchouc est donc une industrie prospère et à qui l'avenir promet des débouchés de plus en plus larges. Ses prix actuels sont très rémunérateurs ; le kilogramme de gomme vaut encore, suivant la qualité, de 8 à 12 francs.

L'avenir de la production. — Les essais très nombreux qui ont été tentés jusqu'à présent, pour introduire les arbres à gomme dans les divers pays tropicaux, où ils sont susceptibles d'une culture intensive, sont soumis à des conditions qui paralySENT un peu l'essor des plantations, et empêcheront la production d'atteindre immédiatement les chiffres auxquels elle peut prétendre.

La gomme de Ceylan, par exemple, est la plus estimée, après celle de Para. Or, sa situation actuelle est celle-ci. Ne donnant, à l'épuration, qu'un déchet de 1/2 à 1 0/0, contre 20 0/0 pour le Para, provenant de latex traités suivant les méthodes rationnelles de la chimie moderne, alors que le Para est obtenu, encore aujourd'hui, par des procédés empiriques, elle n'en est pas moins considérée comme inférieure à la gomme de l'Amazone, qui est fournie par une exploitation rudimentaire des hévéas autochtones et qui contient de l'eau d'interposition. On a ainsi été conduit à reproduire à Ceylan tous les caractères du procédé de récolte amazonien, l'enfumage, qui consiste à exposer, au-dessus d'un foyer où brûlent des noix aromatiques, des palettes de bois, trempées dans le latex. On a même été jusqu'à renoncer systématiquement à la dessiccation des gommes

et on y a laissé subsister à dessein un excès d'eau. Les résultats industriels ont justifié ces sacrifices, mais on n'a pu égaler, cependant, la qualité des gommes brésiliennes.

C'est que, en dehors des procédés d'extraction, il faut compter avec l'âge des sujets producteurs du latex. Combien de temps faudra-t-il, pour que les hévéas de Ceylan arrivent à égaler ceux de l'Amazonie, s'ils y parviennent jamais? Peut-être plusieurs générations seront-elles nécessaires; encore n'est-on pas sûr de retomber exactement sur les caractères des plants primitifs. Il y a ainsi des crus de caoutchouc, comme il y a des crus de vins blancs et de vins rouges.

Les gommes africaines, provenant de lianes, ou les gommes malaises, fournies par les ficus, sont d'une qualité très inférieure aux précédentes. Il n'en faut pas conclure qu'elles présentent peu d'intérêt. En effet, dans l'état actuel, les bandages pour poids lourds exigent des gommes de première qualité. C'est d'ailleurs une des raisons de leur prix élevé; mais les progrès dans la production et dans la mise en œuvre des matières premières ont une marche parallèle. Le tout est que les débouchés ne se ferment pas, devant l'industrie du bandage.

VII. — LES BANDAGES EN CAOUTCHOUC

On a vu, au début de ce chapitre, que les exigences de l'automobile ont amené des transformations plus ou moins heureuses, dans la construction des roues pour poids lourd. Le problème du châtrage est la raison unique de toutes ces tentatives.

On a vu que, lorsqu'une roue de camion, munie d'un bandage en caoutchouc, a roulé, on peut toujours y constater un léger desserrage, qui doit disparaître. A ce moment, le problème se présente ainsi : ou bien le bandage en caoutchouc a été établi pour être monté sur une jante en fer de dimensions fixes, ou bien il est susceptible d'être raccourci sans inconvenient.

Dans le premier cas, l'opération du châtrage, qui diminue sensiblement le périmètre de la roue, oblige à remplacer la jante en fer primitive par une nouvelle, plus épaisse, afin de conserver le serrage énergique du bandage contre la jante qu'il entoure, à moins que la roue ne possède des rais extensibles, comme la roue Soulard.

Dans le second cas, le châtrage ayant été opéré, par simple refoulement de la jante en fer, par exemple, le bandage primitif, recoupé à la longueur convenable, est replacé sur la jante raccourcie.

Au premier type appartiennent les bandes Bergougnau, au second, les bandes Torrilhon, pour ne citer que les plus connues en France.

Bandes Bergougnau. — Il y en a deux classes très distinctes : les bandes pleines, continues ; les bandes à blocs ou à pavés. Les premières, simples ou doubles (fig. 90), entrées à la presse sur leur jante spéciale en fer, sont fixées à cette jante par des plaques et des écrous qui saisissent les talons.

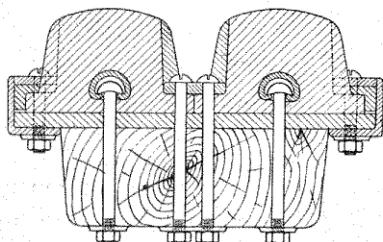


FIG. 90. — Bandes pleines Bergougnan.

Les bandages à blocs sont destinés à faciliter l'entretien des roues, en localisant les accidents. Pour

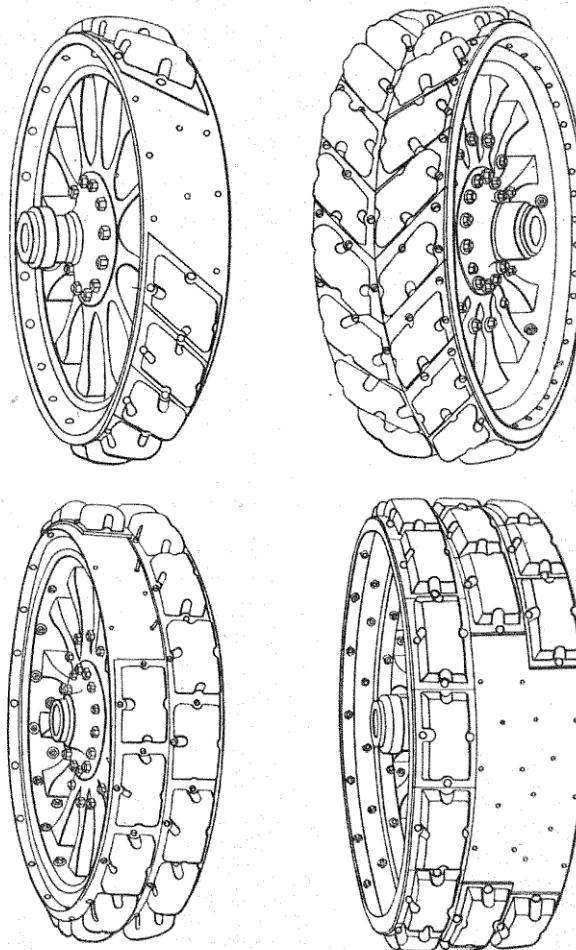


FIG. 91. — Roues à blocs Bergougnan.

cela, le bandage est composé d'éléments égaux, formés de blocs de caoutchouc, en forme de rectangles ou de

parallélogrammes, en sorte que l'aspect des roues soit l'un quelconque de ceux de la figure 91. Le fixage de ces éléments à leur jante s'opère au moyen de cadres en acier, sur lesquels s'appuient les écrous qui passent dans les quatre échancrures de chaque élément. Une roue comporte ainsi une ou deux rangées de blocs, suivant la charge de l'essieu. Ce système donne de bons résultats contre le dérapage. Il serait intéressant peut-être de l'expérimenter sur la neige et le verglas, où son adhérence doit être supérieure à celle des bandes pleines quelconques.

Entretien. — Il se borne au remplacement des blocs détériorés accidentellement et à la visite régulière des écrous.

Bandes pleines Torrilhon. — Les bandes Torrilhon (fig. 92) sont formées

d'une masse pleine de caoutchouc ordinaire, traversée de distance en distance par des tiges en acier dur, appelées broches, perpendiculaires à l'axe de la bande et émergeant de part et d'autre, au-dessous de deux encoches parallèles, qui servent

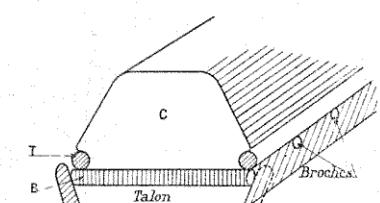


FIG. 92. — Bandes pleines Torrilhon.
T, tringle. — B, broche. — J, jante.
C, corps du bandage.

de logement aux organes de fixation du bandage à la roue, les tringles de sertissage.

Ces tringles, véritables anneaux d'acier de longueur convenable, appuient fortement les broches contre les joues de la jante, en sorte que le talon de la bande est

comprimé, contre le plancher de cette jante, juste de la quantité suffisante à l'adhérence.

Pour garnir une roue avec ce bandage, on la munit d'une jante de profil approprié, dont on mesure le développement, et l'on coupe une longueur légèrement supérieure du bandage à employer. On prépare ensuite les tringles de sertissage, en coupant des fils d'acier à la longueur voulue, puis en formant avec chacun d'eux un cerceau, au moyen du brasage des extrémités, taillées à cet effet en biseau, de manière à se recouvrir. On met en place le bandage et les tringles en profitant de l'élasticité de ces dernières, pour les faire passer par dessus les joues de la jante. Leur tension, si elles ont été bien coupées, suffit à maintenir le bandage.

Entretien. — La description même de ces diverses opérations montre qu'elles n'exigent pas de roues de périmètre constant. Quand celui-ci a varié, après le châtrage (par suite du refoulement de la jante à la forge), il suffit de retailler le bandage primitif et de placer des tringles plus courtes, pour se retrouver dans les conditions initiales.

L'usure principale se produit aux points d'appui des tringles sur chaque broche. Elle amène une diminution du serrage, car le diamètre du cercle ou du polygone régulier que dessinent les tringles se trouve ainsi réduit. On s'en aperçoit, en essayant, au moyen d'un outil quelconque, de faire sortir la tringle de son logement. Si elle cède sans grand effort, il faut la remplacer par une autre plus courte. Il en est de même des broches, qu'on remplacera par d'autres plus grosses, afin de ramener le périmètre à sa valeur première.

Réparations locales. — Pour les exécuter, il suffit de faire sauter les tringles hors de la jante, à l'endroit voulu, de couper la partie du bandage détériorée, en maintenant le reste par un serrage spécial et de remplacer cette partie par une portion égale de bandage neuf, convenablement taillé.

Quel que soit le système adopté, la présence d'un bandage en caoutchouc apporte aux camions automobiles un concours précieux. Le bandage, au contact du sol, agit par sa déformabilité et son adhérence. La déformabilité a pour résultat d'absorber les menues aspérités et les rugosités de la surface. Elle répartit également les pressions sur toute la largeur de la jante et atténue ainsi l'usure inévitable de la suspension. Un châssis reposant sur du caoutchouc se disloque moins vite, coûte moins cher d'entretien, peut supporter des vitesses plus grandes et est susceptible d'un rendement plus élevé que dans tout autre système. Sur les routes ordinaires, l'adhérence du caoutchouc est comparable à celle du fer; sur les pavés mouillés, elle est très supérieure. Ce sont là des avantages sérieux en faveur du caoutchouc. Quant aux prix de revient, ils subissent les fluctuations des cours de la gomme. Un train, pour camion de 3 tonnes de poids utile, coûte environ 3.500 francs. Dans les divers services de transports automobiles, où l'on a fait des expériences prolongées sur la durée des bandages, on a trouvé que chacun d'eux pouvait faire, sans accident, de 12 à 18.000 kilomètres, jusqu'à l'usure complète, suivant la charge et la nature du sol. Tels sont les éléments qui servent à établir les prix de revient.

VIII. — ROUES EN FER POUR CAMIONS

Le bandage en caoutchouc, qui représente la plus heureuse solution du problème de la suspension, au point de vue de la douceur du roulement, a deux inconvénients principaux qui confèrent quelque intérêt au point de vue industriel et militaire, à toutes les tentatives qu'on a faites pour s'en passer. Ces deux inconvénients sont le prix élevé du caoutchouc et les risques d'indisponibilité des véhicules qui l'emploient. Il est possible que le prix des bandages caoutchouc baisse au point de les rendre plus avantageux qu'aucun autre système, mais les chances d'accident, c'est-à-dire d'immobilisation forcée, subsisteront. Un camion muni de caoutchouc doit être construit en vue d'utiliser tous les avantages de cette suspension. Il peut être plus léger et d'un emploi plus commode, mais il est, par ses roues, l'esclave de ses bandages. Si ces derniers lui manquent, le camion s'arrête définitivement, car il ne peut rouler sur ses jantes, sans s'exposer à des accidents graves. Dans un service de transports publics, en rase campagne, loin d'autres secours que ceux du bord, cette expectative est déjà pénible à envisager. En temps de guerre, le camion roulera quand même, dans certain cas ; le tout est qu'il arrive au but ; mais il a peu de chances de l'atteindre, s'il en est loin, même au prix de sacrifices qui le rendront inutilisable pour longtemps. Ce sont des considérations de cette espèce qui donnent tout leur prix aux bandages *réparables*, tout d'abord, aux *roues ferrées*, en second lieu.

L'intérêt que présente l'emploi des bandages en fer

dans les camions mécaniques étant établi, on s'est efforcé de construire des châssis appropriés. La solution pratique, celle qui semble tenir compte, dans une juste mesure, de toutes les conditions du problème¹, comporte des bandages de caoutchouc à l'avant et en fer à l'arrière. De cette façon, on obtient les résultats suivants : le moteur demeure bien suspendu, sa durée n'est aucunement atteinte et l'usure des bandages d'avant, qui portent au plus un tiers de la charge, n'est pas considérable. D'ailleurs, ils coûtent beaucoup moins cher, étant moins gros que les bandages arrière. Les organes situés à l'arrière sont moins fragiles que le moteur ; ils ne souffrent pas d'une façon exagérée, par l'emploi des roues ferrées. Celles-ci portent un poids élevé et assurent la propulsion ; cela suffit à justifier l'abandon du caoutchouc, dont l'usure serait rapide ; on réalise ainsi une économie considérable dans le prix d'achat et dans le prix de revient de la tonne-kilomètre. La durée des bandages ferrés de camions peut atteindre jusqu'à deux ans. La vitesse maximale est, par ailleurs, sensiblement réduite, ainsi que l'adhérence sur les chaussées pavées. On voit par là que la répartition de la charge doit varier avec la nature des bandages. Les camions à roues motrices en fer doivent être plus chargés, à l'arrière, que les camions où ces roues ont des bandages en caoutchouc. On voit, en même temps, que la présence du caoutchouc à l'avant garantit une adhérence directrice élevée.

Les roues élastiques. — A la question des bandages ferrés se rattache celle des roues élastiques (qui

1. En attendant qu'on ait réalisé la suspension réellement simple et robuste qui n'existe pas, en dehors des bandages en caoutchouc.

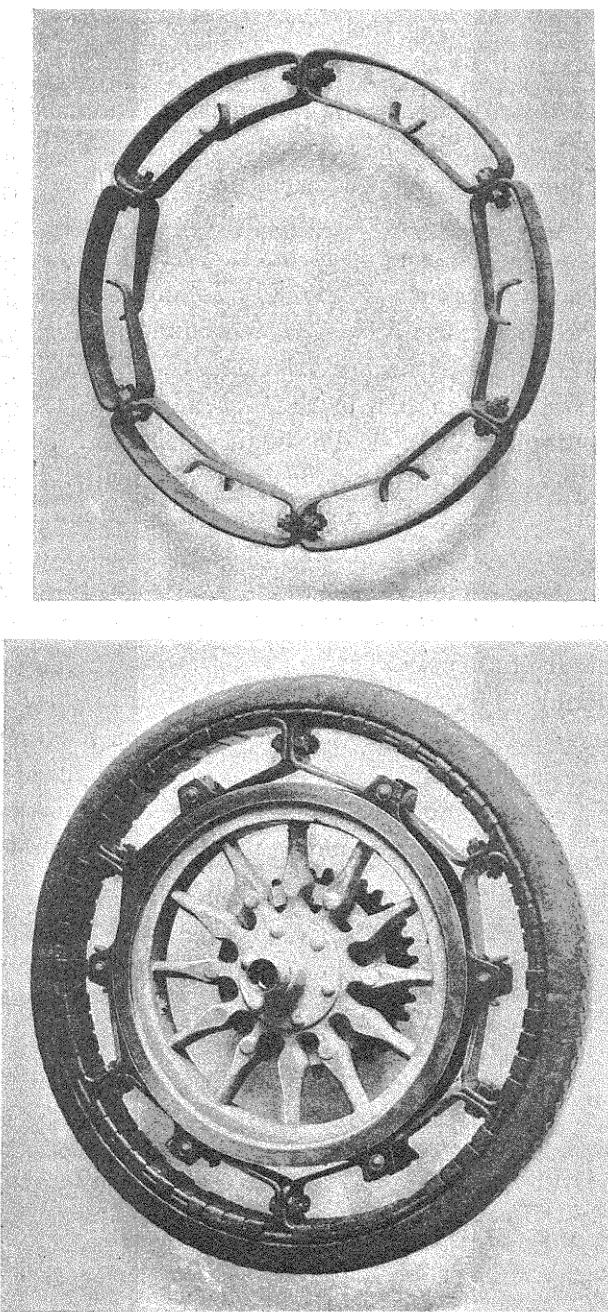
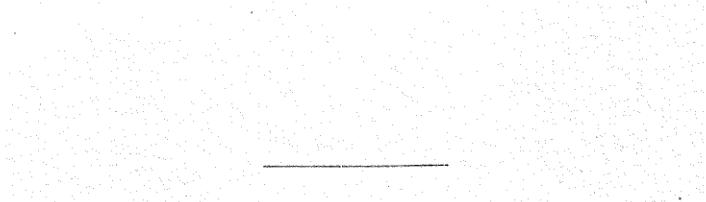


FIG. 93. — Une roue élastique (Jean-Bart) pour voitures légères et pour camions

visent toutes à remplacer le pneumatique) pour le tourisme et le bandage plein pour les camions. Un grand nombre de modèles ont déjà été proposés. Ils peuvent se classer en deux catégories, suivant que la jante extérieure est déformable ou non. Si elle ne l'est pas, on est dans le cas d'une roue rigide, dont on atténue les vibrations; les solutions qu'on a données de ce problème ne paraissent ni satisfaisantes, ni définitives. Si la jante est déformable, la roue prend à son compte une partie du rôle joué, d'ordinaire, par les ressorts; son action est alors très efficace, en principe. Pratiquement la complexité mécanique des solutions de ce genre, leur poids, leur prix indiquent qu'aucun résultat concluant n'a été obtenu jusqu'ici. La figure 93 reproduit une roue élastique déformable, qui paraît être une des mieux étudiées.

D'ailleurs, l'issue de la lutte qui s'établira entre les bandages et les roues élastiques, le jour où il en surgira une à peu près sûre, est, *a priori*, douteuse. Le prix du caoutchouc peut tomber assez bas, d'ici peu d'années, pour rendre vaines toutes les inventions destinées à remplacer le bandage ordinaire...



CHAPITRE XII

LES COMBUSTIBLES

- I. Le Pétrole et l'Essence. — II. L'Alcool. — III. Autres combustibles.
- IV. Les moteurs militaires.

Dans toutes les contrées habitées, c'est-à-dire où il y a des populations stables attachées au sol, on peut espérer trouver des vivres pour les armées, en quantité variable.

L'alimentation des chevaux est déjà d'un ordre de difficulté supérieur, car les bêtes sont plus difficiles. Elles exigent, non seulement une quantité d'aliments élevée, mais encore une composition presque invariable de leur nourriture. Les changements de régime sont funestes à la cavalerie de ligne et de réserve; la légère s'accommode mieux de toutes les privations.

L'histoire des guerres passées montre combien la mauvaise qualité ou la pénurie des fourrages réduit rapidement les effectifs. C'est pourquoi l'on peut considérer certaines régions comme peu accessibles à la cavalerie : ce sont les régions où les animaux de trait sont déjà rares ou dégénérés, faute d'aliments appropriés, par suite du climat et des caractères géologiques du sol.

Le ravitaillement des camions militaires en campagne sera aussi un problème capital et souvent déli-

cat. Son importance résulte de la rareté relative des combustibles et de la nécessité où l'on sera de prévoir des centres spéciaux d'alimentation. La difficulté provient encore de la nature des combustibles employés et du poids consommé quotidiennement. En tablant sur 120 kilomètres par jour, en charge, un camion de 6 tonnes de poids total consommera, par exemple, 40 litres de combustible. A raison de 40 camions par corps d'armée, on arrive à 1.600 litres par jour.

Nous examinerons plus loin s'il ne serait pas possible, au moyen d'un truquage momentané, d'opérer, au besoin, le remplacement de certains combustibles par d'autres. Auparavant, il n'est pas inutile de préciser quels sont, dans l'état actuel, les combustibles en usage et de donner, à propos de chacun d'eux, quelques détails sur leur provenance et leur fabrication.

I. — LE PÉTROLE ET L'ESSENCE

Le pétrole est un liquide bleuâtre, qui se rencontre à l'état libre dans plusieurs régions, dont les principales sont : la région ouest des monts Alleghanys (États-Unis), la vallée du Rhin, la région centrale des Carpates (Galicie), la Roumanie, le Caucase (Bakou). L'origine géologique des huiles minérales n'est pas déterminée avec précision ; en effet, plusieurs hypothèses sont en présence : la volcanique, l'organique, la chimique.

La première, soutenue par l'illustre Mendéléeff, appuyée sur la théorie des lignes de fracture de l'écorce terrestre, admet que l'eau de mer, amenée par les fractures au contact du feu central, a produit, par une

série de réactions, tous les carbures d'hydrogène dont le mélange constitue le pétrole. Il faut avouer, à l'appui de cette façon de voir, que les gisements d'huile sont, en général, accompagnés d'eau salée et situés le long des lignes où l'étude des gisements a permis de retrouver les traces de fractures dans les terrains archéens.

L'hypothèse organique, défendue par l'école allemande d'Engler, s'appuie sur les résultats obtenus en laboratoire, où l'on a réalisé la synthèse du pétrole, à partir de matières organiques. A l'appui de ces dires, il faut reconnaître que des débris organiques ont été retrouvés dans certains puits. Les huiles actuelles proviendraient alors de la distillation, sous des pressions considérables, des détritus végétaux et animaux des époques anciennes.

L'hypothèse minérale, appuyée sur les idées de Berthelot et les travaux de MM. Sabattier et Senderens, basée sur des réactions signalées depuis longtemps, attribue la production continue des huiles à la décomposition de l'eau de mer et des minéraux qu'elle contient par les roches à haute température des grandes profondeurs.

L'analyse des divers pétroles, qu'on peut classer sommairement en *américains* et *russes*, y fait reconnaître la présence d'une foule de carbures d'hydrogène appartenant à plusieurs séries, la série saturée (C_nH_{2n+2}), la série éthylénique (C_nH_{2n}) et d'autres, appartenant à la série aromatique et présentant cependant les caractères de la saturation complète. Les densités moyennes vont de 0,730 à 0,880, les pétroles américains étant, d'une façon générale, plus légers que les pétroles russes. Parmi les carbures les plus importants qui entrent

dans la composition des essences minérales, il faut citer :

CORPS	ÉTAT ORDINAIRE	TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION
Le butane.....	Gazeux	4°
Le pentane.....	Liquide	37°
L'hexane.....	id.	68°
L'heptane.....	id.	98°
L'octane, etc.....	id.	124°

Le traitement industriel des huiles naturelles consiste à opérer des distillations lentes, pour obtenir des produits de densité croissante :

Éther de pétrole.....	$d = 0,650$
Essence.....	$d = 0,700$
Huile lampante.....	$d = 0,800$
Huile lourde.....	$d = 0,880$ et au dessus

En même temps qu'on effectue ces séparations, on épure les huiles et on les débarrasse de leur mauvaise odeur.

C'est au second de ces produits qu'on s'arrête, dans la fabrication de l'essence pour les moteurs. Il présente des caractères dont il est important de tenir compte.

Volatilité. — L'essence est volatile à la température ordinaire; elle émet sans cesse des vapeurs inflammables et celles-ci forment, dans un espace confiné, avec l'air ambiant, un mélange qui devient rapidement détonant. L'essence est ainsi très difficile à conserver; elle exige des récipients parfaitement étanches et des fermetures spéciales.

Inflammabilité. — L'inflammabilité de l'essence est extrême; un vase qui en contient peut être allumé à une distance de plusieurs mètres. La flamme ne s'éteint pas par l'eau.

Cours. — Les cours de l'essence ont varié beaucoup dans ces dernières années et ils sont soumis à la volonté à peu près despotique des trusts comme la Standard Oil Company. A ce propos, il faut remarquer que les pétroles russes étant très pauvres en essence par rapport aux pétroles américains, ce sont les États-Unis (Pennsylvanie, Ohio, Californie, etc.) qui produisent la majeure partie de l'essence utilisée en Europe. Il y a là de quoi justifier complètement les efforts tentés pour étendre le plus possible en France les applications de l'alcool aux moteurs à explosion.

En mai 1908, les cours étaient les suivants :

Hors Paris.....	40 fr. 50 l/hectolitre
Dans Paris	60 — 50 —

II. — L'ALCOOL

L'alcool a fait, depuis quelques années, l'objet de recherches théoriques, économiques et industrielles. Les chimistes et les ingénieurs ont cherché à déterminer les conditions les plus favorables à son emploi dans les moteurs à explosion. Le nom de Sorel doit rester attaché à ces recherches, où il a apporté le premier les méthodes rigoureuses de la science expérimentale, appuyées sur des idées théoriques extrêmement fécondes. Les divers Congrès qui se sont réunis récemment, celui de 1907 par exemple, ont examiné le point

de vue économique, c'est-à-dire les moyens de développer la production en la surveillant, afin d'assurer à la fois l'abaissement du prix courant et la sauvegarde des intérêts de l'État. Enfin, plusieurs entreprises, la Compagnie générale des Omnibus de Paris en particulier, ont longuement essayé l'alcool carburé dans les moteurs. Nous allons résumer, le plus rapidement possible, les résultats de ces travaux et de ces tentatives.

Les moteurs à alcool. — Au point de vue purement technique, l'emploi de l'alcool pur dans les moteurs à explosion, à la place de l'essence, est soumis aux conditions suivantes. L'essence possède environ 8.000 calories au litre ; l'alcool, 5.200. On voit que l'avantage est au premier combustible, en apparence. A regarder de plus près, en effet, on constate que l'on ne peut pas tirer de l'essence tout le parti qu'on tire de l'alcool. La compression dans les moteurs à essence ne dépasse guère, pratiquement, 5^{kg},5 par centimètre. Cette limite est celle où commencent les auto-allumages, c'est-à-dire l'inflammation spontanée du mélange pendant la phase de la compression, par suite du dégagement de chaleur qui l'accompagne. Avec l'alcool, au contraire, la compression atteint sans aucun risque 7^{kg},5. Or, il résulte de l'expérience des moteurs et de la théorie, que le rendement maximum s'obtient toujours par un mélange pauvre et une compression élevée. En sorte que l'on arrive ainsi à utiliser les 18/100 de l'énergie contenue dans un certain poids d'essence, pendant que l'on utilise jusqu'à 24 0/0 de celle que renferme le même poids d'alcool. De plus, les deux combustibles se vendant au litre, la densité supérieure de l'alcool cons-

titue pour lui un avantage qui s'ajoute à la différence de la valeur marchande à Paris.

Dénaturation. — L'alcool industriel français, type régie, renferme, outre de l'alcool de vin ou éthylique (C_2H_6O), un dénaturant qui le rend impropre à la consommation et contient du méthylène ou alcool méthylique (CH_2O) et du benzol (ou benzène C_6H_6 , communément benzine).

La composition centésimale de l'alcool dénaturé est ainsi :

	En France	En Allemagne
Alcool éthylique.....	81,50	88,02
Méthylène-régie (acétone).....	9,05	4,76
Benzine lourde.....	0,45	»
Pyridine (C_5H_5Az).....	»	0,44

On a reproché au dénaturant français plusieurs inconvénients :

1° Il affaiblit sensiblement la valeur calorifique du produit, qui contient 1/10 de méthylène. En effet, les pouvoirs calorifiques des alcools français et allemands sont, respectivement, de 5.250 et 6.119 calories au litre;

2° Il augmente le prix de l'alcool, car le méthylène vaut actuellement 1 franc le litre.

3° Il rend le mélange dangereux pour les applications aux moteurs, qu'il encrasse et attaque.

Les reproches qu'on adresse à l'alcool dénaturé, outre l'encrassement : rouille des soupapes, détérioration des cylindres, etc., sont dus à la formation d'acide acétique, qui attaque les métaux et peut se former par la combustion incomplète du méthylène et des corps qu'il renferme.

A ce système, on oppose le système allemand, où

l'alcool contient, comme on l'a vu, une proportion bien moindre de dénaturant. Quoi qu'il en soit, les moteurs actuels, pourvu qu'ils possèdent un carburateur spécial, muni d'un réchauffeur, pourraient en principe fonctionner à l'alcool dénaturé pur, à condition d'augmenter la proportion d'air par rapport au réglage ordinaire à l'essence. Il faut environ de 1,5 à 1,7 fois le volume d'air indiqué par la théorie (Sorel). De plus la précaution nécessaire et suffisante pour éviter la rouille, consiste à graisser le moteur avec du pétrole, dès qu'on est arrêté pour longtemps, et à brûler complètement l'alcool contenu dans le carburateur. Il n'y aurait là que des difficultés d'ordre courant, et l'on pourrait considérer la question comme tranchée, s'il n'y avait pas encore un problème capital à résoudre, celui du départ. L'essence, volatile à la température ordinaire, forme, par barbotage, par léchage ou par giclage, suivant le carburateur employé, un mélange qui est toujours assez riche pour être enflammé. Il en résulte que le départ du moteur est très facile. L'alcool, au contraire, à moins d'être porté au préalable à une certaine température, qui est voisine de 70° à la pression de 760 millimètres, ne dégage pas des vapeurs assez abondantes pour que l'air forme, dans un carburateur ordinaire, un mélange détonant. *Le moteur ne part donc pas à froid.* On peut tourner la difficulté en partant à l'essence, en réchauffant aussitôt le carburateur au moyen des gaz d'échappement et en substituant, dès que la température critique est dépassée, l'alcool à l'essence. Ce n'est là qu'un pis aller. La solution vraiment pratique consisterait plutôt dans un dispositif de réchauffage du carburateur, au moyen d'une simple coupelle, dans laquelle on brûlerait quelques gouttes d'al-

cool, avant de tourner la manivelle. On atteindrait ainsi, en quelques secondes, la température de départ facile et elle serait maintenue, comme plus haut, par la tubulure d'échappement. Une masse métallique convenablement calculée et disposée servirait de réservoir de chaleur pour les arrêts de faible durée et éviterait d'employer la coupelle.

Le cours de l'alcool. — En somme, on connaît dès maintenant tous les principes de l'adaptation des organes du moteur à l'alcool pur. Ce n'est pas dans des difficultés de ce genre qu'il faut chercher la cause principale du petit nombre d'applications qu'on en a faites. Cette cause est dans le peu de fixité des cours de l'alcool et le peu de confiance qu'inspirent les prix du moment aux constructeurs, qui hésitent à faire des études coûteuses, qu'une hausse très probable des prix rendrait sans doute inutiles. La production de l'alcool industriel, en effet, entravée par la dénaturation obligatoire, est, en outre, peu rémunératrice pour l'agriculture, qui lui préfère naturellement l'alcool de bouche. Pour maintenir l'équilibre entre les deux produits, équilibre qui est troublé en France en faveur du second, parce qu'il se vend cher, il faudrait pouvoir, par une entente complète entre les producteurs et une limitation bien comprise de la fabrication, arriver à faire payer à l'alcool de bouche la rançon de l'alcool dénaturé. A cette seule condition, le producteur agricole y trouverait son compte, en même temps que l'industriel. Cette solution est d'ailleurs la solution allemande ; elle a des conséquences salutaires, qui ressortent clairement des données ci-dessous.

	ALLEMAGNE	FRANCE
Prix du litre d'alcool dénaturé en 1907.	0 fr. 27	0 fr. 40
Production en hectolitres :		
en 1904.....	407.695	133.813
en 1905.....	418.386	157.160
en 1906.....	461.454	170.961

ALCOOL CARBURE

Entre l'essence et l'alcool pur, qui est peut-être destiné à la remplacer, se place un combustible intermédiaire, l'*alcool carbure*. On désigne ainsi un mélange d'alcool et de benzol¹ en parties égales. La maison Leprêtre fournit de ce combustible la Compagnie des Omnibus de Paris, qui l'utilise dans les moteurs Brillé de ses autobus. L'intérêt de cette combinaison est loin d'être négligeable. En effet, depuis la mise en marche des premières voitures jusqu'au 4^{er} novembre 1907, les autobus parisiens ont consommé 22.000 hectolitres d'alcool carbure. L'économie ainsi réalisée par la Compagnie se monte à 310.000 francs environ, malgré une consommation d'alcool supérieure de 5 0/0 à la consommation correspondante d'essence.

A ce sujet, voici quels étaient, en novembre 1907, les cours comparés de l'essence et de l'alcool carbure :

Hors Paris :

Essence.....	36 fr.
Alcool.....	33 fr. 90

1. Le benzol du commerce est un mélange de trois homologues de la série aromatique, le benzène (C_6H_6), le toluène (C_6H_5,CH_3) et le xylène ($C_6H_4,2CH_3$).

Dans Paris :

Essence.....	56 fr.
(Octroi 20 francs)	
Alcool.....	39 fr.
(Octroi 5 fr. 40)	

III. — AUTRES COMBUSTIBLES

Beaucoup d'autres corps ont été essayés et ont donné des résultats intéressants, par exemple la naphtaline essayée par la maison Brillié : le benzol, utilisé par

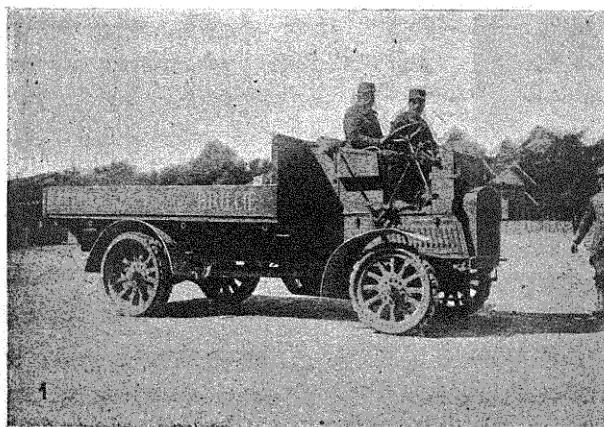


FIG. 94. — Camion marchant à la naphtaline.

camions de Dion-Bouton et Panhard, au concours industriel de 1908, le white spirit (Leprêtre), etc.

Dans un autre ordre d'idées, il faut remarquer que les camions du système Serpollet, à vapeur, brûlent des huiles lourdes et que les camions Purrey brûlent à peu près tous les combustibles solides, le coke étant le plus avantageux.

Parmi les combustibles nouveaux, la naphtaline mérite une attention spéciale, parce que son emploi prouve combien il y aurait peu à faire pour rendre les moteurs à peu près « omnivores ».

La naphtaline est un carbure d'hydrogène aromatique, c'est-à-dire de la famille de la benzine; sa formule brute est $C_{10}H_8$. Elle provient des goudrons de houille, fond à 79° et brûle (à l'état solide) comme la résine ou (en vapeur) comme le gaz d'éclairage. Un mélange convenable de vapeur de naphtaline et d'air est explosif. Le pouvoir calorifique atteint 9.620 calories par kilogramme.

La maison Brillié, reprenant des brevets déjà anciens, a établi un type de moteur à naphtaline basé sur les principes suivants. La naphtaline, en boules blanches, est approvisionnée dans un réservoir, qu'un obturateur circulaire, à niveau constant, fait communiquer avec un réchauffeur entouré par l'échappement, où les boules de carburant fondent et sont portées à 130° environ. Dès lors, le liquide est traité comme un combustible quelconque, à cela près que le carburateur est supprimé et qu'un injecteur spécial, débouchant contre la soupape d'aspiration, introduit dans le cylindre le mélange convenable d'air et de naphtaline. Les cylindres sont peu refroidis, aussi le mélange est-il immédiatement gazéifié. Le moteur porte également tous les organes nécessaires pour brûler l'alcool carburé, qui demande à peu près les mêmes compressions et autant d'air que la naphtaline pure.

Le fonctionnement est donc le suivant: Le départ s'effectue à l'alcool; au bout de vingt à vingt-cinq minutes, le réchauffeur atteint la température convenable et l'on passe à la naphtaline. Quand le moteur est bien

chaud, on peut partir directement à la naphtaline, pourvu que l'arrêt n'ait pas duré plus de vingt minutes environ. La mise en train, parcourue à l'alcool, représente 12 kilomètres.

Les expériences faites par l'omnibus Brillié, à six roues, en présence d'une Commission militaire, en 1907, ont donné les résultats ci-dessous.

Alcool carburé.....	35 fr. 00 l'hectolitre.
Naphtaline	46 fr. 50 les 100 kilog.

Pour 100 kilomètres :

Alcool.....	1 fr. 53 (12 ^{km})
Naphtaline.....	3 fr. 96 (88 ^{km})
TOTAL.....	<u>5 fr. 51</u>

soit 0 fr. 055 par kilomètre.

Economie sur l'essence et la vapeur, 60 0/0.

IV. — LES MOTEURS MILITAIRES

De même qu'il est à désirer qu'une certaine uniformité dans les gabarits des pièces de rechange, pignons, roues, etc., s'établisse peu à peu dans la construction des poids lourds, il est très important que les moteurs militaires arrivent à fonctionner dans des conditions satisfaisantes, avec plusieurs sortes de combustibles, l'essence et les divers alcools en particulier. Il n'y a là aucune difficulté de principe. Nous savons maintenant que, pour tirer de l'alcool dénaturé pur à peu près le parti qu'on tire de l'essence, il suffit d'admettre plus d'air, de comprimer davantage et de

réchauffer, au départ, le carburateur. Or tout ce programme peut être réalisé sur un modèle destiné à l'alcool, sans qu'il en résulte aucun inconvénient pour la marche à l'essence.

En effet, quant au carburateur, s'il est réchauffé par l'échappement, il n'en fonctionnera pas plus mal à l'essence. D'ailleurs, sur beaucoup de modèles actuels, le carburateur est déjà réchauffé par un courant d'eau, ce qui rend invariable le régime de la carburation, quels que soient le temps et la pression, c'est-à-dire, pratiquement, l'altitude.

Le réglage de l'air se fera de même aisément, par une manette munie d'une course considérable, une certaine région servant pour l'alcool, l'autre pour l'essence ou l'alcool carburé.

Le plus délicat est évidemment de faire varier, à volonté, la compression. Un procédé qui semble assez avantageux est celui du *transvasement*. Il consiste à fermer à des époques variables, réglables à volonté, la soupape d'aspiration, pendant la remontée du piston au moment de la compression. Il est facile de comprendre que, si la soupape d'admission se ferme, au moment précis où le piston commence à comprimer, la cylindrée sera *complète* ; la pression finale sera maximum et dépendra uniquement du rapport de la chambre de compression v_0 à la cylindrée totale, $V + v_0$.

Si ce rapport est, par exemple, $\frac{1}{8}$, c'est que nous marchons à l'alcool pur, qui permet cette haute compression. Mais si, au contraire, la soupape d'admission demeure ouverte un certain temps après que le piston a commencé sa course de compression, une partie du mélange détonant, aspiré dans la course précédente,

est refoulée, transvasée dans la canalisation : la cylindrée est incomplète. Le volume total n'est plus $v_0 + V$, mais $v_0 + V'$ où V' est plus petit que V . La pression finale sera donc moins élevée et appropriée à un autre combustible. Pour réaliser la levée des soupapes qui correspond à un transvasement donné, il suffit, au lieu d'une came d'admission, d'en avoir deux ou trois contiguës et de profil différent. On passera d'une compression à une autre, en substituant un jeu de cames à un autre par un mouvement de glissière de l'arbre à cames et comme on change de vitesse.

Il est très désirable, pour beaucoup de raisons, qu'on fasse le nécessaire en France, en vue de substituer le plus possible l'alcool pur à l'essence et même à l'alcool carburé, pour lequel nous sommes aussi tributaires de l'étranger. En supposant que l'on y parvienne, beaucoup de moteurs posséderont très probablement les organes spéciaux que nous avons décrits, à propos des carburateurs à alcool. Il faut espérer qu'on pourra aussi leur appliquer le principe du transvasement ou tout autre système équivalent, permettant la marche à l'essence, à l'alcool carburé et à l'alcool pur.

Dès lors, on aura diminué notablement les risques d'indisponibilité des camions militaires et soulagé d'autant le service de l'arrière, chargé de leur ravitaillement en combustible.

L'importance de l'alcool industriel ne pouvant guère qu'augmenter, au fur et à mesure que le machinisme rural se développera, c'est lui qu'il sera le plus facile de se procurer en campagne.

Il y a lieu de considérer, en outre, que les dangers de l'essence, son extrême facilité de destruction et les risques d'incendie qu'elle représente, en pays hostile,

doivent, *a priori*, lui faire préférer l'alcool, qui crée des dangers notamment moindres.

Pendant la durée d'une guerre continentale, il ne faudrait pas compter sur le renouvellement des stocks d'essence par les arrivages maritimes; la création de réserves de guerre dans les places fortes permettrait seule de faire face à tous les besoins d'une campagne un peu longue. Là encore on constate les avantages que présente l'alcool, qui est moins dangereux et est, de plus, un produit autochtone.

Prix ayant servi de base au concours industriel de mai 1908 :

Essence.....	40	fr. 50	l'hectolitre.
Alcool carburé.....	33	70	—
White Spirit.....	27	75	—
Benzol.....	23	65	—

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE XIII

LA ROUTE

I. Constitution des routes. — II. Usure et entretien. — III. Le roulage automobile et ses effets. — IV. Exemples concrets.

I. — CONSTITUTION DES ROUTES

L'influence des routes sur le développement économique et politique d'un pays est capitale. Rome affirmait déjà sa domination par des routes, qui sont restées des modèles, et, ceci est à noter, elle les faisait construire par ses légionnaires, inoccupés en temps de paix. L'occupation des pays conquis par les armées conquérantes était ainsi effective, prolongée, définitive en ses résultats. De nos jours, nous avons créé une autre voie plus commode, la voie ferrée. Mais la voie ferrée ne peut pas supplanter la route, car elle ne satisfait pas aux mêmes besoins. Les échanges commerciaux s'effectuent de village à village, de ville à ville, de province à province, de nation à nation. L'activité de ceux-ci dépend de l'activité de ceux-là, qui sont subordonnés à l'état du réseau routier. La route est l'organe naturel le mieux approprié, par sa

flexibilité, par son accessibilité sans transbordement, au commerce à courte portée, qui nourrit le grand commerce. La prospérité d'un pays, du moins sa prospérité spécifique, peut se définir assez exactement la longueur des voies carrossables par unité de surface. Les contrées riches sont facilement parcourables en voiture, les pays pauvres n'ont que des pistes et des sentiers. Le premier signe de l'avènement d'un pays à la vie moderne est, en général, l'apparition des chaussées.

La France (c'est là une impression que les voyages procurent et fortifient sans cesse) est, en raison d'une maturité déjà vieille de plusieurs siècles, le pays le plus riche en routes. Beaucoup datent de Henri IV et de Sully ; Louis XIV en fit tracer également un grand nombre ; Napoléon laissa là aussi la marque de son passage. Mais, au moins sous leur forme présente, la plupart de nos routes remontent au milieu du xix^e siècle, époque où s'est répandu le macadam.

Profil des routes. — D'une façon générale, une route comprend les éléments représentés sur le profil en travers (fig. 95). L'infrastructure est une plateforme

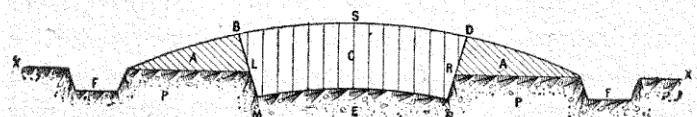


FIG. 95. — Profil d'une route.

PP, plateforme. — LMNR, forme. — AA, accotements. — BMND, empierrement. — BSD, chaussée. — FF, fossés. — XX, terrain naturel.

horizontale, sur laquelle on établit un dispositif variable avec la nature de la route et qui constitue la superstructure. Les éléments de ce dispositif sont la chaussée, empierrement, dallage, pavage, etc., et les

accotements en terre rapportée, destinés à soutenir la chaussée, d'où leur nom. On peut constater, sur le profil, que la chaussée est bombée au milieu, pour l'écoulement des eaux et pour favoriser le croisement des voitures, chacune d'elles descendant une pente légère, quand elle se range sur le côté. Le bombardement, qui est indispensable, varie avec les chaussées. Il est plus faible sur les routes bien entretenues, plus fort sur les autres, parce que l'eau est exposée à y séjourner davantage. En outre, il dépend de la perméabilité et de la résistance de la route. Il oscille ainsi de $\frac{1}{25}$, pour les chaussées peu entretenues, à $\frac{1}{50}$, sur les routes nationales, et $\frac{1}{70}$, $\frac{1}{100}$, sur les chaussées en ciment, dans les villes. Quant à l'épaisseur SE, elle va de 0^m,12 à 0^m,45. Une certaine portion LMNR de la chaussée proprement dite est située au-dessous du terrain naturel ; la cavité ménagée à cet effet dans l'infrastructure prend le nom de *forme*.

Éléments du tracé. — Rampes. — La largeur de l'empierrement des routes nationales, en France, est de 6 mètres. Elle a été fixée en considération du règlement de police, qui limite à 2^m,50 la longueur des essieux de voiture. Sur les routes nationales, par conséquent, deux voitures peuvent toujours se croiser sans quitter la chaussée. Les rayons de courbure minima, sur ces routes, sont : 50 mètres en palier, 30 mètres dans les faibles pentes, 20 mètres en montagne. En principe, les alignements droits sont raccordés par des arcs de cercle. Les pentes admises sont calculées d'après les données suivantes.

Le roulage. — En palier, sur une bonne route en macadam et au pas, le tirage d'une voiture de P_t tonnes exige un effort de traction T_k donné en kilogrammes, par la formule :

$$T_k = 0,03 \times 1000 P_t.$$

Une tonne demande ainsi un effort de 30 kilogrammes. Un camion automobile de 4 tonnes de charge utile, de 8 tonnes de poids total, exige, par conséquent, un effort de 250 kilogrammes environ. Chaque bandage, en alignement droit, exerce alors, au point de contact avec la chaussée, outre l'effort d'érasement, qui peut varier de 8 à 25 kilogrammes par centimètre carré, suivant la largeur des jantes, un effort de traction de

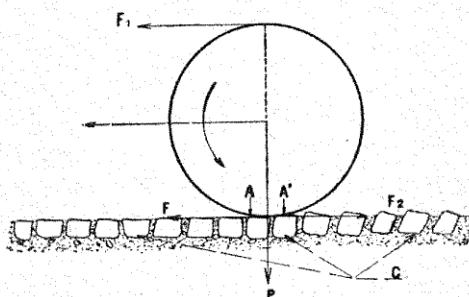


FIG. 96. — Effet du passage d'une roue de camion sur les cailloux de la chaussée.

$F_1 F_2$, couple moteur. — F , effort résistant du sol. — AA' , surface d'appui. — C , cailloux.

125 kilogrammes, qui tend à arracher et à entraîner à l'opposé de la vitesse les éléments de l'empierrement [pierres cassées, galets, graviers, etc. (fig. 96)]. Sur une chaussée pavée, où les roues n'enfoncent pas sensiblement, l'effort de traction est plus faible :

$$T'_k = 0,02 \times 1000 P_t.$$

Quand il y a une pente i , l'effort de traction varie (fig. 97). La pression normale sur la route, qui donne naissance à la résistance de roulement, devient $1.000 P_t \times \cos i$; mais il y a à vaincre, en outre, la composante. Or, parallèle au déplacement et égale à $1.000 P_t \times \sin i$. L'effort total est donc, suivant le sens de la pente, en désignant par f le coefficient de résistance en palier (égal à 0,03 ou 0,02) :

$$T_k = 1.000 (f P_t \cos i \pm P_t \sin i).$$

Avec les pentes ordinaires, où i est très petit, on a pratiquement :

$$T_k = 1.000 P_t (f \pm \operatorname{tg} i).$$

Comme la tangente de la pente est égale au quotient par 1.000, du nombre de millimètres dont on s'élève par mètre, chaque millimètre de pente exige un supplément d'effort de 1 kilogramme par tonne¹ (ceci est vrai pour les voies ferrées, où l'importance des pentes est beaucoup plus grande encore). Le camion de tout à l'heure roulait en palier à l'aide d'un effort de 250 kilogrammes, ce qui, à raison de 3 mètres par seconde, correspondait à une puissance utile de 10 chevaux. S'il se présente devant lui une rampe de 6 0/0,

1. En effet, soit une pente de 3 millimètres à monter :

$$T_k = 1.000 P_t \left(f + \frac{3}{1000} \right) = 1.000 P_t f \text{ (traction en palier)} + 3 P_t,$$

soit 3 kilogrammes par tonne de plus qu'en palier.

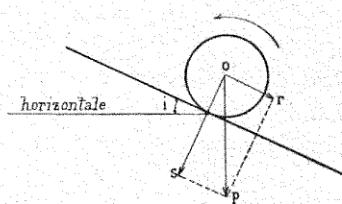


FIG. 97. — La résistance en côte.
OP, poids. — OS, pression normale.
OR, composante nuisible.

ce qui est fréquent, l'effort nécessaire sera, d'après la formule précédente,

$$T_k = 250 + (60 \times 8) = 730 \text{ kilogrammes.}$$

S'il voulait conserver la vitesse de 3 mètres par seconde ($10^{km},8$ à l'heure), le camion devrait développer une puissance utile :

$$\frac{730 \times 3}{75} = 30 \text{ chevaux environ,}$$

ce qui, avec un rendement à la jante de 60 0/0, correspond à une puissance effective du moteur égale à 50 chevaux.

Quand la pente est négative, si

$$\operatorname{tg} i = f, \quad T = 0;$$

la voiture roule sans aucun effort. Sur les routes nationales, on admet des pentes de 60 millimètres par mètre ($\operatorname{tg} i = 2f$), en sorte que les chevaux ont à exercer à la descente le même effort, pour retenir, qu'en palier, pour tirer.

Un cheval ordinaire fournit son travail maximum quand il travaille dix heures par jour, à $3^{km},200$ à l'heure ; l'effort de traction correspondant est le $1/6$ de son poids, soit 70 kilogrammes, en moyenne. Deux chevaux fournissent un effort exactement double ; au-dessus de deux, le rendement diminue : à six chevaux, il y a une perte de 30 0/0¹.

Les matériaux de la chaussée. — *Macadam.* — Quel que soit le profil de la forme; convexe dans les

1. L'attelage à 6 chevaux, par groupes de deux, a été reconnu le plus pratique pour l'artillerie de campagne, qui l'a adopté partout.

terrains secs, concave dans les terrains argileux, l'épaisseur de l'empierrement est toujours de 10 centimètres au moins. Les pierres cassées, cubiques plutôt qu'en plaques ou en lamelles, sont disposées à même ou reposent sur un dallage grossier, appelé hérisson. On produit leur agrégation, en répandant par-dessus, avant le passage des cylindres, de l'eau et du sable ou des marnes calcaires, quand la chaussée est en blocs de silex.

Les matériaux propres à l'exécution de ce genre de chaussées sont :

Les calcaires, bons dans les contrées sèches, parce que leur poussière s'agglomère par la pression ;

Les silex, durs mais cassants, convenant surtout aux régions humides, parce que leurs détritus, peu liants en général, se tassent à l'humidité ;

Les quartz, analogues aux silex, mais préférables ;

Les grès compacts, excellents (routes des Vosges) ;

Les granites, bons en général, mais dont quelques-uns sont friables et fournissent beaucoup de boue en hiver ;

Les porphyres et les roches amphiboliques, les meilleurs matériaux d'empierrement ;

Les roches volcaniques, excellentes également.

Pavage. — Les pavés sont en porphyre ou en granit ; ils doivent être oblongs, pour présenter des joints nombreux, ce qui augmente l'adhérence et facilite beaucoup le tirage des chevaux. Ils sont placés par rangées perpendiculaires à l'axe de la route, avec joints recroisés, et reposent sur un lit de sable pur.

Autres systèmes. — Il y a encore beaucoup d'autres chaussées : en bois, en ciment, en asphalte, etc., mais elles sont jusqu'ici réservées aux voies urbaines.

II. — USURE ET ENTRETIEN DES ROUTES

Usure. — L'usure des routes provient de l'action atmosphérique et du trafic qu'elles supportent.

Action atmosphérique. — Elle se résume dans l'alternance de la sécheresse et de l'humidité et dans l'effet du vent. Par les temps secs, le ciment grossier, qui remplit les interstices des blocs constituant l'empierrement, se transforme en une poussière ténue, qui lie moins efficacement les blocs entre eux et les fait concourir isolément aux efforts imposés par le roulage ; ils s'écrasent dans leurs alvéoles et y prennent un jeu qui les déchâusse. Par les temps humides, l'eau séjourne dans les frayés créés par le roulage ; elle ameublit, et délave la surface de la chaussée, entraîne dans les fossés les matériaux d'agrégation et contribue surtout à diminuer la résistance de la plate-forme inférieure. Le vent agit en balayant la route et en dispersant dans la campagne, sous forme de poussière, les débris des cailloux et les matériaux d'agrégation.

L'humidité et la sécheresse contribuent ainsi à disperser les éléments essentiels des routes.

Effets du roulage. — Le roulage agit à son tour, par écrasement et dislocation des blocs, ainsi qu'on l'a vu déjà. Soumise à tous ces effets, la route s'effrite, les pierres, arrachées de la forme, se répandent à la surface de la chaussée, le roulage les y écrase, et le vent ou la pluie les entraînent au loin.

Quant à l'intensité respective des divers effets précédents, elle est loin d'être ce qu'on pourrait la croire *a priori*. Par exemple, le passage d'un troupeau de moutons sur une route a des effets destructeurs au

moins égaux à celui d'un convoi lourd, bien établi et bien suspendu. Les pieds de ces animaux effritent la chaussée, comme le feraient des bêquilles pointues et déchaussent profondément le gravier superficiel. De même, la circulation des lourdes charges, de 5 à 6 tonnes, à une vitesse moindre que 15 kilomètres à l'heure, a moins d'effet sur une chaussée neuve que le passage d'une automobile de course, pesant à peine 1.000 kilogrammes, mais roulant à 100 kilomètres à l'heure.

Pour apercevoir la raison de ces anomalies apparentes, il suffit de se reporter à la figure 96.

Les effets d'usure imputables au roulage sont de deux sortes. Le premier est l'*écrasement* ; il dépend uniquement de la pression par unité de surface, dans la portion du bandage en contact avec la route. Il peut donc être moindre pour de lourdes charges, portées par de larges roues, que pour des voitures plus légères avec des bandages étroits. Il y a ensuite l'*effort de propulsion*. Celui-ci est donné, au pas, par la formule déjà citée, mais il croît avec la vitesse¹, et il peut être supérieur, pour une

1. Aux allures rapides, la résistance de l'air absorbe la majeure partie de la puissance des moteurs.

Elle entre dans la formule

$$R = aP + KSV^2,$$

qui donne la résistance à l'avancement des voitures à pneumatiques sur les bonnes routes.

$a = 12$ kilog. ; P est le poids en tonnes ; S , la surface de la voiture, projetée sur un plan normal à la vitesse ; V , la vitesse en mètres par seconde : $K = 0,085$.

Pour $S = 2$, à 72 kilomètres à l'heure ($V = 20$), on a

$$KSV^2 = 0,17 \times 400 = 68 \text{ kilogrammes.}$$

Le travail absorbé par seconde est de :

$$68 \times 20 = 1360 \text{ kilogrammètres.}$$

Il correspond à $\frac{1360}{75} = 18$ chevaux à la jante, c'est-à-dire près de 30 chevaux effectifs.

voiture légère et rapide, à l'effort exigé par un camion au pas. Or c'est lui qui est le plus pernicieux, parce qu'il râpe la chaussée et tend constamment à la disloquer. Il pulvérise le ciment intersticiel, formé de sable et de détritus, surtout quand la cohésion de la surface libre est diminuée par la sécheresse. Chaque caillou devient ainsi progressivement plus mobile dans son logement et il en est expulsé au bout d'un certain temps. On constate ainsi que la route *remonte à la surface*, comme si le passage des voitures, au lieu d'enfoncer la chaussée et de la tasser, opérait une sorte de succion.

Entretien. — L'entretien des routes comporte un certain nombre d'opérations, telles que l'époudrement et l'ébouage, l'effacement des frayés et des flaches, l'arrosage et l'évacuation des eaux. Tous ces travaux n'exigent pas l'emploi de matériaux nouveaux. Il faut cependant en arriver là, quand l'usure est trop avancée et pour les sections les plus anciennes. Sur les routes ordinaires, on peut refaire les sections en bloc ; sur les routes stratégiques, cette méthode n'est pas applicable, puisqu'elle rend tout trafic impossible pendant la durée de la réfection. On répare alors journalement les flaches et les ornières, en disposant une couche de matériaux frais et en damant la chaussée à la main. On répartit ces sortes de reprises alternativement sur les deux côtés, pour forcer le roulage à circuler au-dessus.

Quand la chaussée est pavée, elle se détériore par l'enfoncement des pavés et l'usure de leurs arêtes, ce qui leur donne une forme bombée, très incommodé pour les chevaux. On relève les pavés trop enfouis, par l'opération du soufflage, qui consiste à les déchausser partiellement, à pilonner du plâtre et du sable par dessous

et à damer le pavé exhaussé, jusqu'au niveau des voisins. Les pavés bombés sont retaillés ou remplacés.

III. — LE ROULAGE AUTOMOBILE ET SES EFFETS

Le roulage automobile est assurément plus nuisible aux routes, à tonnage égal, que l'ancien. Le travail supporté par la surface supérieure des chaussées, dans le sens parallèle à cette surface, est très élevé aux grandes vitesses, qui sont courantes aujourd'hui. De plus, à cette action, que nous avons déjà comparée à celle d'une râpe, s'ajoute la production d'une ventilation énergique, qui soulève une poussière opaque derrière les voitures et produit l'effet d'un vent violent. Une automobile use donc ainsi doublement les chaussées : elle en ronge la surface, puis elle balaie les résultats de cette érosion.

D'après ce qui précède, on peut énoncer le principe suivant : pour combattre les effets du roulage automobile, il faut : 1^o accroître la résistance horizontale de la route, puisque les efforts horizontaux ont augmenté ; 2^o supprimer la possibilité de la poussière. On a proposé beaucoup de méthodes pour atteindre ce double but. Nous citerons l'emploi du mazout (résidu de la distillation du pétrole du Caucase), des huiles lourdes de goudron, etc. Toutes ces substances ont des effets très heureux sur la durée des chaussées où on les répand méthodiquement. On peut l'expliquer ainsi : mazout, westrumite, goudron, etc., forment, avec les matériaux d'agrégation, c'est-à-dire le sable et la poussière, un mastic qui agglomère étroitement les blocs entre eux ; ce mastic est doué, probablement, d'une certaine com-

pressibilité, qui l'empêche de se pulvériser sous l'effort des roues. Au passage de ces dernières chaque caillou s'incline dans sa gangue, par rapport à sa position normale, mais il y revient aussitôt exactement; en outre, les éléments voisins concourent avec lui à supporter cet effort momentané. La sécheresse n'a aucune action sur l'enduit, qui reste pâteux par tous les temps; il n'y a donc jamais de poussière. Quant à l'action de l'eau, elle est à peu près nulle, car le mastic est imperméable. Pour obtenir ces résultats, il convient d'assurer la pénétration de l'enduit, et, pour cela, de balayer avec soin la portion à goudronner. La pénétration est toujours achevée au bout de quinze jours. Quant à la persistance des effets, elle est assez longue pour qu'ils soient sensibles au bout d'un an (circuit de Dieppe).

Une bonne route pavée, composée de blocs assez petits, liés par un ciment analogue à celui qui vient d'être décrit, serait sans doute la meilleure chaussée pour le roulage automobile, tout en étant plus propice que le macadam au roulage ordinaire. D'ailleurs cette question est à l'étude à l'heure actuelle, et l'on saura d'ici peu quel type a donné jusqu'ici les meilleurs résultats. Il faut signaler, en attendant, ceux que l'on a enregistrés avec le pavage en bois de Karri et de Javah (Australie), très supérieurs aux pavés de sapin créosoté, en usage à Paris.

Ce qui est à considérer surtout, au point de vue proprement militaire, c'est le service qu'on peut attendre, dès maintenant, des routes qui existent à nos frontières, en cas de transports de ravitaillement par camions automobiles. Il résulte de l'expérience des années précédentes qu'on peut, sans inconvénient sérieux, utiliser

des camions pesant jusqu'à 7-8 tonnes sur quatre roues et roulant, au maximum, à 15-18 kilomètres à l'heure. C'est là ce qu'on peut appeler la *mesure* des routes actuelles.

Au-dessus de la vitesse indiquée, les chaussées neuves sont détériorées sensiblement ; un service courant ne pourrait pas y être assuré pendant plusieurs jours sans réparations. Les nombres précédents ont une grande importance, car ils prouvent que les transports automobiles à l'arrière des armées sont possibles, en toute circonstance. En effet, la latitude qu'ils laissent, tant à la vitesse maxima qu'au tonnage des camions, permet encore un rendement élevé en tonnes-kilomètres, rendement très suffisant à démontrer la réalité des services qu'on pourra demander, au jour de la mobilisation, aux convois automobiles. Un service de ce genre fonctionne depuis plusieurs années à Madagascar, sur des routes laissant parfois à désirer ; il y exécute le transport des voyageurs et des messageries.

IV. — EXEMPLES CONCRETS

Les routes de la Haute-Alsace (fig. 98). — Autant la région de Nancy est riche en voies de communication (trois lignes ferrées, de Toul à Metz, Sarreguemines et Strasbourg, le canal de la Marne au Rhin et de nombreuses routes plates), autant la région des Vosges en est dépourvue. Aucune ligne de chemin de fer ne relie les hautes vallées de la Meurthe et de la Moselle aux vallées des rivières du versant alsacien, la Doller, la Thur, la Fecht, etc. Toutefois, il existe de nombreuses routes de montagnes bien entretenues de part et

d'autre de la frontière, qui convergent vers Saint-Dié, sur la Meurthe, et vers Épinal, sur la Moselle. Il est de toute importance, pour la mobilisation et les opérations des armées françaises, que le rideau formé par les crêtes des Vosges cristallines, du ballon d'Alsace, au Donon, les couvre efficacement. Cette région serait donc le théâtre d'opérations secondaires très actives. Or, la disposition des vallées est telle que quatre points, Raon-l'Étape, Saint-Dié, Bruyères et Épinal, tiennent les débouchés de tous les cols. Ces quatre villes sont réunies par une voie ferrée, parallèle à la frontière; elle permettrait évidemment les transports rapides vers le point le plus menacé.

Quant aux mouvements perpendiculaires de ravitaillement, ils pourraient s'effectuer encore par voie ferrée, dans les vallées de la Meurthe, de la Moselle et de leurs affluents, jusqu'aux gares terminus, telles que Bussang, au pied du col de même nom, Cornimont sur la route des cols d'Oderen et de Bramont, Gérardmer sur la célèbre route de la Schlucht. Au delà, les transports emprunteraient nécessairement les routes vosgiennes.

En admettant maintenant un mouvement offensif en Alsace par cette voie, les lignes de communications avec l'arrière auraient comme têtes d'étape les gares précédentes; mais la route d'étapes comporterait des points de passage à des altitudes variant de 750 mètres (col de Bramont) à 1.150 mètres (Schlucht). Il en serait de même, vers le nord sur une longueur de 100 kilomètres environ.

D'autre part, un corps français pénétrant en Alsace par Belfort serait isolé d'Épinal par les Vosges, qu'il aurait à dos; il serait donc contraint de conserver ses

lignes de communication par le sud, à moins de profiter des routes précédentes.

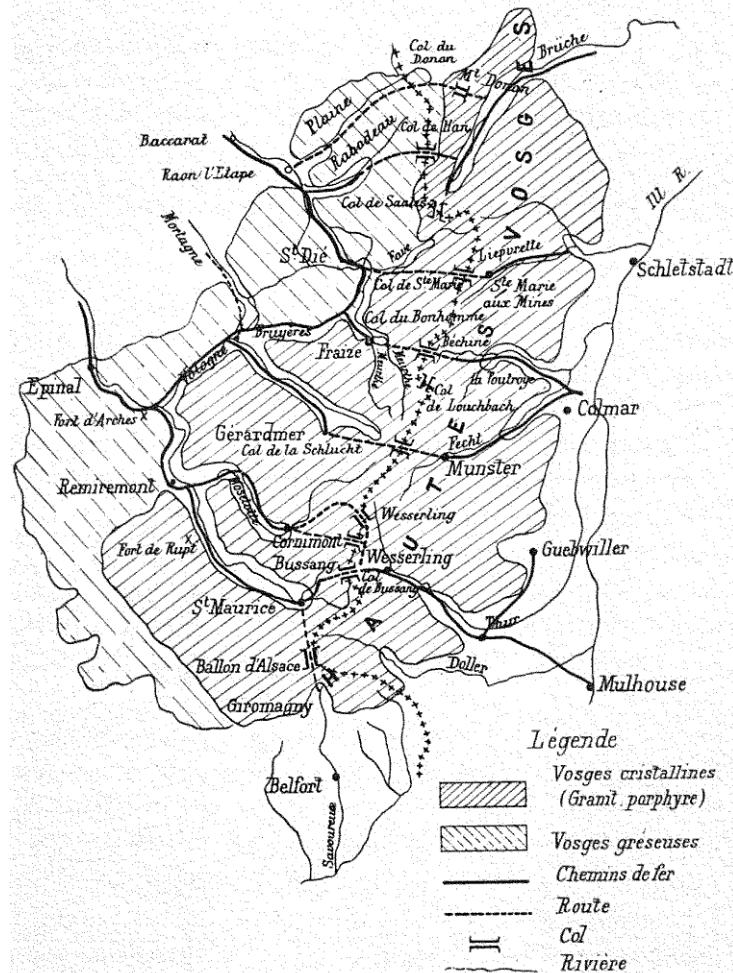


FIG. 98. — Les routes des Vosges.

Après les manœuvres du XVIII^e corps, en 1907, on peut affirmer que l'emploi de camions automobiles

faciliterait, dans une large mesure, les transports sur route pour le cas d'une offensive à travers les Vosges, ainsi que le ravitaillement du corps d'invasion en Alsace. Le franchissement des cols, qui présenterait pour des convois à chevaux des difficultés sérieuses et causerait, en tout cas, des retards sensibles, n'offrirait aucune difficulté aux convois automobiles, avec des routes en bon état, ce qui est précisément le cas dans ces régions. À travers le massif des Vosges, la liaison pourrait être maintenue étroite avec les troupes opérant en Alsace, jusqu'à ce que les événements décisifs, dont le théâtre serait sans doute situé vers le nord, aient permis de prononcer un mouvement général vers l'est ou une retraite immédiate sur nos positions. La situation du corps d'invasion de la Haute Alsace, séparé du territoire par la crête des Vosges, rappelle singulièrement celle du début de la campagne de 1796 et l'emploi de nouvelles routes de ravitaillement, plus directes que celle de Belfort, permettrait aux troupes d'invasion de descendre la rive gauche du Rhin sans allonger les routes d'étapes, à condition d'utiliser chaque fois le col le plus avantageux parmi ceux qui se succèdent du sud au nord. Aux cantonnement successifs de Mulhouse-Guebwiller, Colmar, Schlettstadt, correspondraient respectivement les routes d'étapes suivantes :

Bussang (T. E. G.) : Col de Bussang-Wesserling-Mulhouse ou Wesserling-Guebwiller;

Gérardmer (T. E. G.) : Col de la Schlucht-Munster-Colmar ou Fraize (T. E. G.) : Col du Bonhomme-la Poutroye-Colmar;

Saint-Dié (T. E. G.) : Col de Sainte-Marie-aux-Mines, Sainte-Marie-aux-Mines-Schlettstadt.

Dans une opération de ce genre, à laquelle, bien entendu, il ne faut pas attacher d'autre portée que celle d'un schéma figuré, plus commode et plus saisissant que des raisonnements abstraits, on n'aurait pas forcément recours aux voies ferrées sur toute leur étendue disponible. Les ravitaillements destinés à un corps d'armée sont rassemblés, avant leur mise en route, en des centres qu'on ne peut pas changer sans cesse, sous peine d'introduire un désordre inextricable et de perdre, en transports de rassemblement, en erreurs d'expédition et en retard dans l'arrivée des ordres, au delà du bénéfice apparent sur la carte. Il en résulte que les envois destinés au corps d'opération supposé partiraient tous, pendant un temps plus ou moins long, d'Épinal, par exemple.

Dans l'hypothèse des convois à chevaux, ils devraient être déchargés aux gares T. E. G., rechargés sur les fourgons et transportés aux points successifs désignés pour le ravitaillement des trains régimentaires. Les lignes allemandes qui s'avancent au cœur des Vosges sur le versant est ne seraient peut-être pas utilisées, en admettant même que l'ennemi en retraite les eût laissées intactes, faute de temps, à cause du retard qu'amènerait un nouveau transbordement. Il y aurait ainsi à parcourir une soixantaine de kilomètres en montagne, travail délicat entre tous, avec des charrois lourds.

Dans l'hypothèse de convois de camions mécaniques, trente unités à 4 tonnes de charge utile suffiraient à transporter directement les approvisionnements d'Épinal sur la ligne Guebwiller, Munster, Sainte-Marie-aux-Mines, où les trains régimentaires pourraient se ravitailler. Cette affirmation est absolument permise, après les essais effectués entre Bordeaux et Périgueux. On

éviterait ainsi les transbordements ; les camions seraient chargés à Épinal, aux magasins centraux, et déchargés directement dans les fourgons des corps de troupe. Le trajet durerait en moyenne de cinq à six heures et les voitures pourraient ramener, le jour même, les évacués.

L'exposé qui précède est un premier exemple, simple à dessein, des possibilités militaires nouvelles que donne le camion mécanique. Il met en évidence l'avantage capital que doit procurer l'usage rationnel de l'automobile aux armées : l'accroissement de la mobilité. Grâce à cette liberté plus grande, les généraux pourront donner cours un peu plus aisément à leur habileté tactique personnelle, et les troupes utiliseront plus fréquemment leurs précieuses qualités offensives.

Opérations dans les Alpes. — A partir du mois d'avril, le franchissement des cols des Vosges par les convois mécaniques d'approvisionnements, n'offre pas de difficultés très sérieuses, à cause de la faible altitude des points de passage et de l'état des routes qui y conduisent. Elles sont empierrées avec du grès compact, reposant sur un sous-sol résistant, et traversent des régions où les formes adoucies des mamelons vosgiens n'imposent que des pentes accessibles aux plus lourds charrois. De plus, l'épaisseur du massif des Vosges étant relativement faible, la longueur réelle des parcours en montagnes n'y excède, en aucun cas, 60 kilomètres.

La frontière des Alpes, au contraire, par l'élévation des cols, par la longueur des parcours et par la faible durée de la saison favorable (juin-septembre) constitue un obstacle beaucoup plus important. Il a été cependant franchi plusieurs fois par des armées nombreuses,

et chacune de ces opérations a présenté des difficultés que les historiens ont enregistrées, depuis Annibal jusqu'à Bonaparte.

C'est en mai 1800 que le Premier Consul franchit le

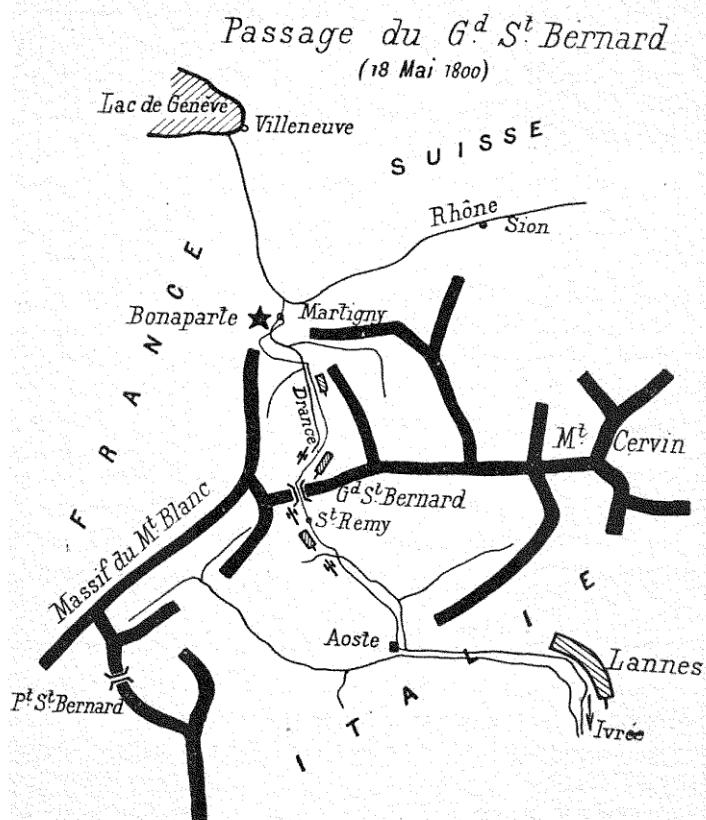


FIG. 99.

Grand Saint-Bernard, avec l'armée de réserve, rassemblée depuis le 20 avril autour de Dijon (fig. 99).

Le passage s'effectue au prix de fatigues considérables, malgré la légèreté relative du matériel de l'époque.

L'artillerie est encore attelée par des entrepreneurs civils, qui seront militarisés prochainement (1801-1802). Les pièces, du système Griauf (1774), sont attelées à 4 chevaux, sauf la pièce de 12 (tirant le boulet de 12 livres) et la forge, qui en ont 6. Les poids des pièces de 12,8 et 4 sont, respectivement, 2.100, 1.650, 1.100 kilogrammes.

Le 14 mai, l'avant-garde, sous Lannes, arrive au pied du Grand Saint-Bernard, par la vallée de la Drance Valaisane. Le gros suit, formé de 6 colonnes, échelonnées à un jour de marche d'intervalle. L'ascension jusqu'au sommet du col, à travers la neige, est exceptionnellement pénible. On ne parvient à y hisser l'artillerie qu'en démontant les pièces et en posant les canons sur des troncs d'arbres creusés, qui servent de traîneaux ; les caissons et les affûts sont démontés également ; les munitions sont chargées dans des caisses, portées à dos de mulets. Les généraux commandant l'artillerie, Marmont et Gassendi, surmontent tous les obstacles, et, après les combats d'avant-garde qui dégagent la route, le matériel est réparé et remonté à Saint-Rémy, dans la vallée de la Doire-Baltée, par une compagnie d'ouvriers d'artillerie.

Pendant ces opérations délicates, Mélas et les Autrichiens s'obstinent à escompter l'apparition de l'armée vers Gênes, par les routes du littoral. Le passage des Alpes ne leur semblant pas possible, pour une armée importante, ils n'affectent à la défense des routes, au nord de Turin, que des effectifs insuffisants et des détachements sans cohésion. C'est donc une véritable surprise qui se produit, lorsque Bonaparte débouche d'Ivrée, à la tête de 60.000 hommes. Les conséquences de cette marche imprévue auraient pu être beaucoup plus dé-

cisives qu'elles ne le furent effectivement. Nous n'entreprendrons pas d'en exposer les raisons, mais nous retiendrons de ce qui précéde l'enseignement le plus manifeste.

De Martigny, sur le Rhône, à Ivrea sur la Doire-Baltée, à la sortie des Alpes, il y a, par la route, approximativement 150 kilomètres.

Les contemporains ont considéré la marche de Bonaparte comme exceptionnellement hardie, et l'opération du passage comme presque irréalisable.

Le poids des bagages et de l'artillerie des 50.000 hommes qui ont franchi le Saint-Bernard représente pourtant à peine la moitié des poids qu'auraient à transporter deux corps d'armée actuels. Quant à l'efficacité des moyens de transport, elle n'a pas changé, c'est celle dont sont capables les équipages à chevaux. Par conséquent, en supposant qu'une armée moderne se trouve en présence d'un problème analogue, la marche de Briançon sur Turin, par exemple (*fig. 100*), elle serait dans la même situation que Bonaparte en 1800, à quelques variantes près, qui sont, d'une part, l'accroissement des convois, de l'autre, l'amélioration sensible des routes et la présence des chemins de fer. Toutefois, pour ce qui concerne les voies ferrées, il ne faut pas escompter leur concours en temps de guerre, parce que le premier soin de l'adversaire sera de les détruire et de les rendre inutilisables pour de longues semaines, en faisant sauter les ouvrages d'art, ponts, tunnels et remblais. Le tunnel du mont Cenis, qui relie Modane, sur l'Arc, à Bardonnèche, sur l'une des sources de la Doire Ripuaire, est ainsi miné à ses deux extrémités. A Modane même, à la sortie du tunnel, un fort d'interdiction, le Replaton, a pour mission à peu près unique d'empê-

cher l'entrée en France des trains venant d'Italie. Il ne fait aucun doute que les voies ferrées soient annihilées par chacun des belligérants sur son propre ter-

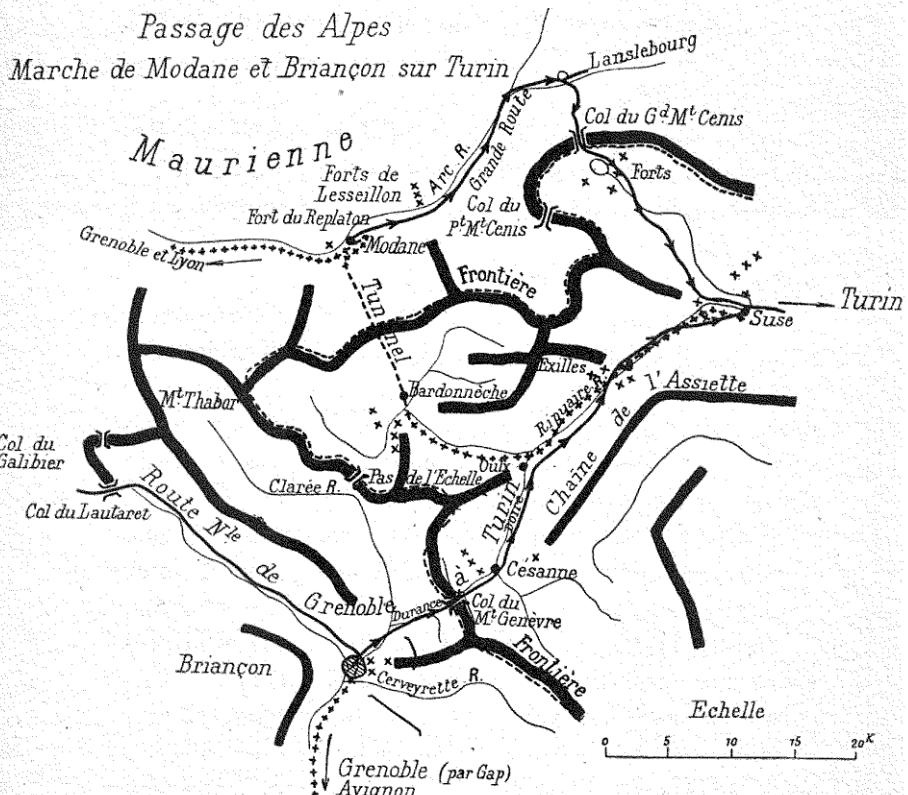


FIG. 100.

ritoire. L'envahisseur ne devra donc compter que sur les routes qu'on ne peut pas détruire et qui resteront, comme par le passé, les seules artères utilisables, au début des opérations en pays ennemi.

Considérons le cas, déjà énoncé plus haut, d'une ar-

mée de deux corps, chargée de franchir les Alpes vers Briançon et de marcher sur Turin.

On voit, sur la carte, que les points de passage principaux sont le mont Cenis, et, surtout, le mont Genèvre. Ce dernier est traversé par une belle route, qui date précisément de Napoléon I^{er}, et qui est accessible en toute saison ; la circulation de convois lourds entre Briançon et Suse peut s'effectuer par là, sans difficulté, de mai à septembre. Une grande route traverse aussi le col du mont Cenis et relie directement Modane à Suse. Entre ces deux points de franchissement, un grand nombre de sentiers muletiers, très propres aux mouvements des troupes alpines, mais impraticables aux convois de ravitaillement, empruntent les cols du petit mont Cenis, de la vallée Étroite (au-dessus du tunnel et au pied du mont Thabor), du pas de l'Échelle, etc.

Briançon et Modane sont les points terminus tout désignés pour servir de gares têtes d'étapes de guerre. Briançon, en particulier, possède des établissements militaires importants, qui en feraient le centre de la base d'opérations ; cependant, la ligne de chemin de fer qui relie Grenoble à Modane est beaucoup plus courte que celle de la Durance. En profitant de la disposition de la frontière, qui dessine un saillant très net, dont le sommet est le Thabor, les deux corps pourraient franchir la crête en même temps, l'un au mont Cenis, l'autre au mont Genèvre, où passeraient alors les deux routes d'étapes. Les directions de marche convergeraient vers Suse, qui serait le premier objectif.

Le ravitaillement en vivres des corps d'invasion pourrait être assuré de la manière suivante : 40 camions mécaniques portant, en moyenne, 3 tonnes de charge

utile, suffiraient à chacun d'eux, d'autant mieux qu'une bonne partie du tonnage actuel disparaîtrait, par la réduction du nombre des attelages, et, par conséquent, du poids d'avoine à transporter.

Deux convois quotidiens, formés d'une trentaine de camions par corps, feraient le plein à Briançon et à Modane dans la matinée ; ils ravitailleraient les trains régimentaires, le premier, vers Césanne, Oulx ou Exilles, le second, sur la route du mont Cenis, vers Lanslebourg ou au delà du col. Le premier convoi serait favorisé par le tracé de la route : il pourrait atteindre Suse vers midi, en partant de Briançon vers sept heures ; il lui suffirait, pour cela, de maintenir une moyenne de 10 kilomètres à l'heure, ce qui n'a rien d'exagéré, la route du mont Genève n'ayant pas de pente supérieure à 7 0/0.

Le deuxième convoi, partant de Modane, ne réaliserait guère qu'une moyenne de 8-9 kilomètres sur le parcours Modane-Suse, qui présente des virages très courts, et, en général, un profil plus dur. La distance par la route est d'environ 65 kilomètres ; en partant à cinq heures, le ravitaillement pourrait encore s'effectuer à Suse vers une heure. En supposant donc le point de ravitaillement déjà assez éloigné et situé vers Suse, c'est-à-dire après quatre ou cinq jours d'opérations au moins, les deux convois seraient de retour chaque soir à Briançon et à Modane entre huit et dix heures au plus tard. Le lendemain, 10 camions sur 30 seraient relayés par les 10 camions restés au garage la veille, afin de soulager le service en donnant du repos au personnel et au matériel.

Les détachements de conducteurs qu'il faudrait réunir, à Modane et à Briançon, auraient chacun un effectif de

100 hommes au plus. La consommation maxima d'essence ou d'alcool s'élèverait, par jour, à 40 litres par camion environ, c'est-à-dire à 1.200 litres par détachement. Des vivres frais pourraient être expédiés et consommés quotidiennement; les malades et les blessés parviendraient chaque soir aux gares d'embarquement et aux infirmeries de gare.

Dans l'hypothèse où les transports seraient exécutés par des équipages à chevaux, le parcours de Modane à Suse, par beau temps, prendrait au moins trois jours; l'arrivée ininterrompue des approvisionnements exigerait le va-et-vient continu, sur la route, de trois convois, équivalents à une section du convoi administratif, soit, en tout, 600 voitures occupant 12 kilomètres de longueur. Il y aurait, en outre, deux transbordements, avant la livraison des denrées aux parties prenantes. Quant aux évacués, ils devraient passer deux nuits dans les montagnes, avant d'atteindre les trains sanitaires.

La haute vallée de la Doire Ripuaire est défendue par une série d'ouvrages répartis en trois groupes. Le premier barre la route du mont Cenis; le second couvre Bardonnèche et la route du mont Genèvre, le troisième sert de réduit aux précédents et tient le point de jonction des vallées convergentes, à Exilles et Suse. L'artillerie de campagne serait parfaitement impuissante contre les fortifications modernes; il serait très avantageux, sinon nécessaire, pour forcer le passage des cols et des vallées interdites, d'amener en batterie l'artillerie lourde d'armée. Cette opération et le ravitaillement en munitions pesantes qui s'ensuit, est toujours très difficile en plaine avec des chevaux. Dans le cas présent, elle représenterait des retards tellement consi-

dérables que l'opportunité du franchissement des Alpes pourrait disparaître, pendant l'arrivée de l'artillerie ; l'effet considérable qui pourrait en résulter serait alors en grande partie perdu.

Les camions mécaniques, au contraire, se prêtent facilement au transport du matériel d'artillerie, ainsi que l'expérience en a été faite au Maroc (*fig. 101*). On peut même dire que, dans l'hypothèse actuelle, ces camions seraient à peu près indispensables à l'artillerie,



FIG. 101. — Les transports d'artillerie au Maroc (1908).

dont ils pourraient seuls assurer, avec une efficacité suffisante, le transport et le ravitaillement.

En résumé, prévu comme il vient d'être exposé schématiquement, le passage des Alpes par une armée de 50 à 60.000 hommes serait encore une opération assez rapide pour être tentée, malgré l'accroissement des bagages et des convois depuis un siècle. Entrepris sans le concours des camions mécaniques, avec les seuls services que peuvent rendre les équipages à chevaux, ce passage serait beaucoup plus long qu'autrefois et peut-être impossible, à cause de l'organisation défensive des frontières, qui rend à peu près inévitable l'emploi d'une artillerie puissante et lourde. Par là on peut

voir nettement l'appoint que fournit l'automobile à la mobilité des armées actuelles.

Quant à la destruction des voies ferrées, qui est la base de l'analyse précédente, il est absolument certain qu'elle est inscrite en première ligne dans l'organisation défensive des frontières. Tous les ponts sont munis de mines préparées ; les charges sont déposées à proximité et soigneusement maintenues en bon état. Quelques minutes après que l'ordre en sera parvenu aux autorités responsables, qui sont toujours prêtes à l'exécuter, les ponts sauteront, les tunnels s'effondreront, les remblais seront défoncés. La réparation des brèches ainsi produites exigera souvent des travaux de plusieurs semaines. Par conséquent, pendant ce long délai tout au moins, les armées d'invasion opéreront, aujourd'hui comme autrefois, dans des contrées où les routes seront les seules voies utilisables ; ce sera même une règle absolument générale dans la marche en avant. Seuls les services de l'arrière disposeront à la longue de réseaux ferrés à peu près complets, après la réfection provisoire des ouvrages d'art détruits par l'ennemi en retraite.

Les routes, elles-mêmes, n'échapperont pas à la destruction par un ennemi forcé de rétrograder sur son propre territoire. Leurs ponts seront renversés, partout où le temps et les moyens n'auront pas fait défaut. Mais la réouverture au trafic des sections ainsi endommagées n'exigera que des travaux infiniment plus sommaires, faciles à exécuter en campagne. Les compagnies de Génie construiront des ponts provisoires et rétabliront les remblais. D'ailleurs, le nombre des ouvrages à détruire pour rendre le réseau routier impraticable dépasse, de beaucoup, les possibilités qui restent à un

adversaire déjà démoralisé, privé par la défaite ou la retraite d'une grande partie de ses moyens. Les camions mécaniques pourront toujours au prix de deux ou trois heures de marche, aller chercher, en faisant un détour de 20 ou 30 kilomètres, les ponts solides qui resteront utilisables ou ceux qu'on aura rétablis les premiers, à leur intention.

CHAPITRE XIV

LES BALLONS AUTOMOBILES

I. Le problème du ballon dirigeable. — II. Rôle des moteurs ; l'hélice et son rendement, la stabilisation. — III. Les moteurs d'automobile appliqués à l'aérostation.

I. — LE PROBLÈME DU BALLON DIRIGEABLE

A première vue, le problème du ballon dirigeable peut sembler hors de notre sujet. L'examen attentif des conditions qui en ont retardé la solution, la constatation des progrès faits en aérostation, depuis la naissance de l'automobilisme, la part qu'y ont prise les militaires et les théoriciens des moteurs à essence, montrent, au contraire, que l'on est redevable à l'art militaire et à l'automobilisme des résultats obtenus et justifient amplement ceux qui font des sciences aéronautiques et de leurs applications, au moins à l'époque actuelle, un chapitre de *la Mécanique automobile*. Toute l'histoire de ces dernières années tend, du reste, à le prouver.

L'angle accessible. — La direction des ballons repose sur l'existence de l'angle accessible, que nous allons définir très sommairement. Un ballon étant en B (fig. 102) et animé d'une vitesse propre égale à V_B (au moyen d'un moteur quelconque) serait, s'il n'y avait aucun vent, transporté en B', au bout de l'unité

de temps. Inerte et plongé dans un courant d'air de vitesse V_a , avec lequel il se déplacerait docilement, il serait, au contraire, en un point B'' , au bout de l'unité de temps. En admettant qu'il soit animé de ces deux vitesses à la fois et que l'une n'ait aucune action sur

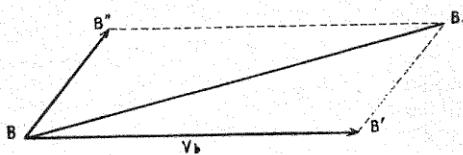


FIG. 102.

l'autre, le ballon ne sera ni en B' ni en B'' mais en B_1 , au bout d'un temps égal à l'unité. B_1 est le sommet du parallélogramme construit sur V_b et V_a . Ceci étant vrai, quelle que soit la petitesse du temps considéré, on voit que le ballon décrit la droite BB_1 pendant l'unité de temps.

En résumé, un ballon étant en B (fig. 103), pour trouver sa position au bout de l'unité de temps, c'est-à-dire

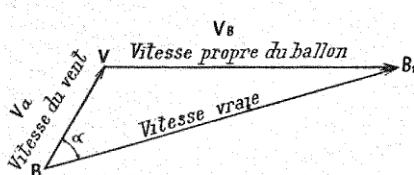


FIG. 103.

pour déterminer sa vitesse vraie, la construction à faire est la suivante : mener BV , égal et parallèle à la vitesse du vent, en mètres par seconde ; puis, à partir du point V , mener VB_1 , égal et parallèle à la vitesse propre du ballon ; BB_1 représente, à tout instant, la vitesse vraie ou résultante, en direction et en grandeur.

Si l'on suppose que la vitesse propre seule change de direction, sans changer de grandeur, le point figuratif B_1 tournera autour de V , sur une circonférence de

rayon égal à cette vitesse (fig. 104). La vitesse vraie prendra toutes les valeurs comprises entre BB' et BB'' . Jusqu'à ces dernières années, la vitesse propre ne pouvait guère dépasser 6 à 7 mètres par seconde; la vitesse du vent étant fréquemment de 8 à 10 mètres, on voit que le point B était, en général, hors du cercle. Or, la figure montre que l'angle VBB_1 , que fait la trajectoire du ballon avec la direction du vent, atteint sa valeur maxima, α ,

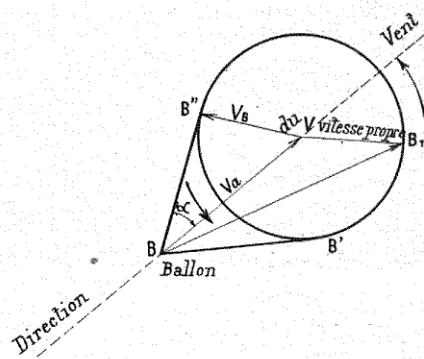


FIG. 104.

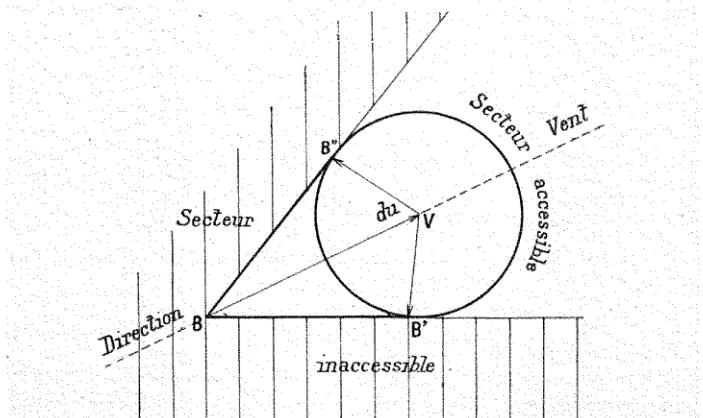


FIG. 105.

quand BB_1 est tangente au cercle. A ce moment, on a :

$$\sin \alpha = \frac{B''V}{BV} = \frac{V_B}{V_a}.$$

L'angle formé par les deux tangentes issues du point B au cercle V détermine donc les points limites de l'espace accessibles au ballon B, puisque ce dernier ne peut être animé que d'une vitesse dont la direction est comprise entre ces deux tangentes, BB' et BB''. L'angle B'BB'' est l'angle accessible au ballon B (fig. 405).

II. — ROLE DES MOTEURS EN AÉROSTATION

L'hélice et son rendement, la stabilisation.

— On voit que, en général, une vitesse propre telle qu'elle reste inférieure à la vitesse moyenne du vent en un point considéré, ne peut être d'aucune utilité dans le problème de la direction des ballons. Elle laisse en effet le point B hors du cercle V et un secteur inaccessible subsiste; cela revient à dire qu'il y a toute

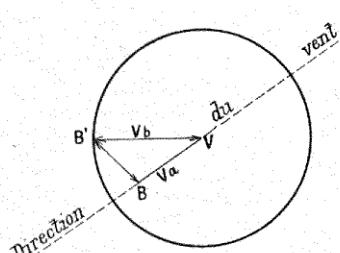


FIG. 406.

une région de l'espace (la région hachée sur la figure 405) où il est impossible d'aller. Un ballon capable de faire 6 mètres par seconde n'est dirigeable que par un vent inférieur à 6 mètres, c'est-à-dire un jour sur

cinq ou six; dans ce seul cas, en effet, le point B étant à l'intérieur du cercle V, puisque VB est plus petit que VB', le vecteur BB' peut avoir une direction quelconque (fig. 406).

Tout dépend donc de la vitesse des vents moyens. Dans nos régions, les vents de 10 mètres ne sont pas

rares; pour rester « dirigeables » par des vents de 10 mètres, nos ballons doivent donc faire au moins

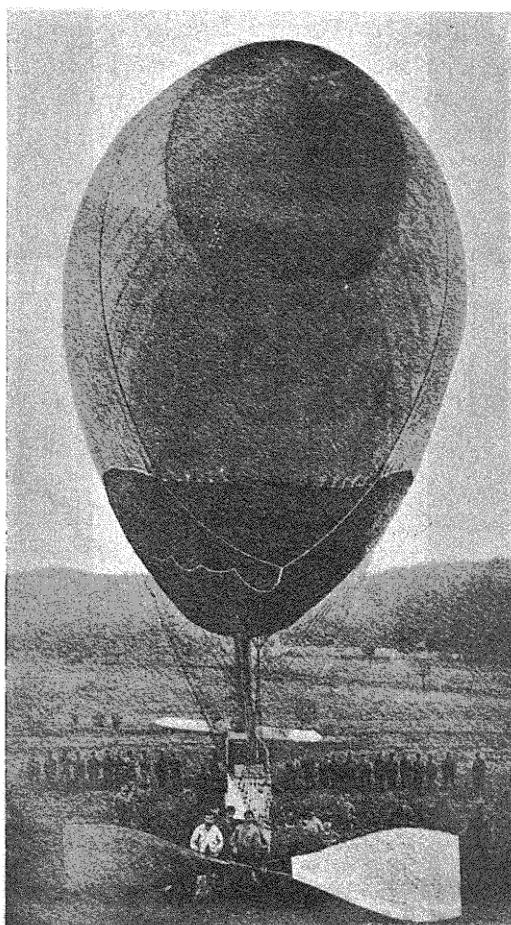


FIG. 107. — Le premier ballon dirigeable, la *France*, des capitaines du génie Renard et Krebs (1884).

40 à 42 mètres par seconde. Ils seront alors capables « d'étaler » et même de remonter les courants aériens.

Les ballons, tels que le *Patrie*, la *Ville-de-Paris*, etc., ont réalisé couramment 12 et même 13 mètres.

Un gain de quelques mètres dans la vitesse propre représente ainsi un progrès dans la dirigeabilité. Tels qu'ils sont aujourd'hui, nos ballons sont dirigeables, théoriquement, environ deux cents jours par an ; c'est-à-dire que, 200 fois sur 365, leur vitesse est supérieure à celle du vent.

C'est au moteur d'automobile, devenu l'âme même du ballon, qu'est dû presque en entier le progrès réalisé depuis la *France* de Renard et Krebs (fig. 107). Le gain de vitesse s'obtient surtout par un accroissement de puissance massique du moteur, c'est-à-dire par un accroissement de la puissance effective par kilogramme. Les résultats obtenus dans cet ordre d'idées sont déjà très satisfaisants. Ils sont devenus possibles, en grande partie, grâce aux travaux du colonel Renard, du Génie, à qui l'on doit également l'idée et la réalisation pratique des trains qui portent son nom.

La détermination des lois de la résistance de l'air et de la forme rationnelle des hélices propulsives, le mode de suspension des ballons captifs, la mise au point de tout le matériel d'aérostation militaire français ne sont même qu'une partie de l'œuvre considérable de Ch. Renard.

Quant aux ballons modernes, ils n'ont, en définitive, guère innové après la *France* ; ils ont surtout bénéficié des progrès accomplis dans la construction des moteurs légers, qui leur ont imprimé, à poids égal, une vitesse et par suite une dirigeabilité bien supérieures. On doit rendre hommage aux ingénieurs qui ont imaginé les organes délicats que sont les divers gouvernails ; mais, pour être à la fois exact et équitable, il faut

réserver aux dirigeables le nom de ballons automobiles.

L'Hélice.—Il est utile de dire un mot de l'hélice, organe capital en aéronautique. On sait que l'hélice est une surface engendrée, d'une façon générale, par une

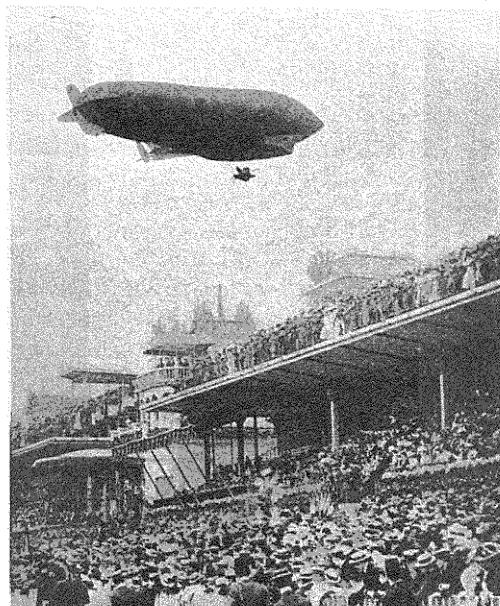


FIG. 408. — *La Patrie* à Longchamps (14 juillet 1907).

droite animée d'un double mouvement de translation et de rotation. Le rapport des vitesses respectives de ces deux mouvements donne le pas de l'hélice, c'est-à-dire la distance suivant l'axe de deux positions parallèles consécutives de la droite génératrice.

Le cas le plus simple est celui d'une droite A_1B_1 , qui se déplace en s'appuyant sur un axe vertical XX et en restant parallèle au plan horizontal P (fig. 109). Les

diverses positions de la droite : A_1B_1 , A_2B_1 , A_3B_3 , figurent, par exemple, les marches successives d'un escalier tournant.

Le mode d'action de l'hélice sur un fluide quelconque, eau ou air, repose sur des considérations très simples.

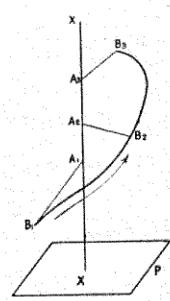
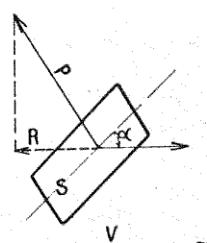


FIG. 109.

Résistance de l'air au mouvement des plans minces. — Quand on déplace une surface plane mince S (fig. 410) dans l'air, par exemple, on éprouve, de la part de l'air, une résistance R variable, croissant très vite avec la vitesse et qui est la composante de la pression P , dont la direction est perpendiculaire à S . Il faut donc, pour animer la surface S de la vitesse correspondante, développer un effort de traction qui contrebalance la résistance R .

Supposons maintenant que l'on fasse tourner une petite portion de surface hélicoïdale autour de son axe, par exemple la portion de surface comprise entre deux positions successives A_1B_1 et A_2B_2 de la droite qui l'engendre. Dans ce mouvement, la résistance du fluide (air ou eau) va se traduire par une pression P *perpendiculaire*, comme précédemment, à l'élément de surface.

Etant donné l'obliquité du petit élément S , par rapport à l'axe XX, la réaction de l'air, P , sera oblique à cet axe; elle pourra se décomposer en deux efforts, l'un normal à l'axe, l'autre parallèle à cet axe et qui tendra à entraîner tout l'ensemble dans la direction XX. Telle est l'explication schématique du fonc-



Sens du déplacement

FIG. 410.

tionnement des hélices. Suivant le sens de rotation, la réaction P agit d'un côté ou de l'autre de l'élément S ;

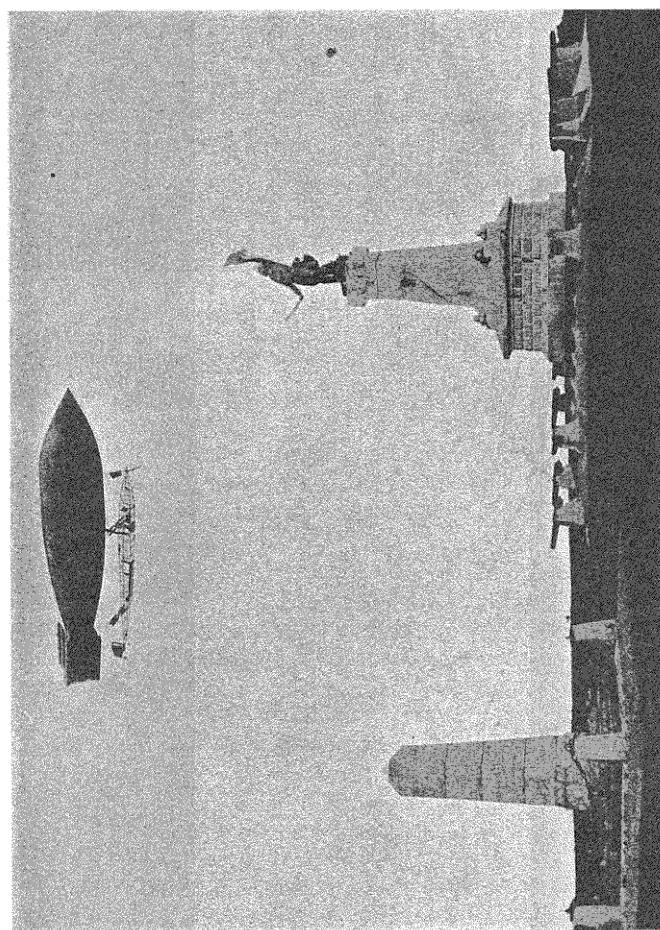


FIG. 441. — La Ville-de-Paris passant au-dessus du monument de Kellermann, à Valmy.

c'est pourquoi une hélice peut être aspirante ou propulsive, placée à l'avant ou à l'arrière. C'est le sens de

rotation qui fait agir l'hélice dans une direction ou dans l'autre. Le changement de marche des bateaux n'a pas d'autre raison d'être; il permet de freiner, en changeant le sens de rotation de l'arbre de couche et de l'hélice, qui tend alors à « tirer » le bateau en arrière au lieu de le « pousser » en avant.

Les machines marines, qui actionnent des hélices, tournent à un régime très lent; toutefois la résistance de l'eau est telle qu'on obtient, à une vitesse relativement faible, le meilleur rendement pratique. Il n'en est pas de même dans l'air. La formule qui donne la pression normale de l'air sur des plans minces, faisant des angles γ très faibles avec la direction de leur déplacement, est :

$$P = KSV^2 \sin \gamma,$$

où K est un coefficient égal à 0,7 environ¹, S la surface en mètres carrés, V la vitesse en mètres par seconde et γ l'angle d'attaque. On voit que K est malheureusement assez faible, en sorte qu'il faut, si l'on veut obtenir une valeur intéressante pour R , éléver notablement la valeur du produit SV^2 .

On peut : 1^o faire S très grand, ce qui conduit à des hélices énormes, peu pratiques, fragiles, encombrantes et lourdes, etc.;

2^o Augmenter V , c'est-à-dire tourner vite.

Mais on ne peut aller très loin non plus dans cette voie, pour les raisons suivantes. La rotation de l'hélice a deux sortes de conséquences, la première, inu-

1. (Ferber). Pour les corps solides, en désignant par S leur surface projetée sur un plan normal au déplacement, on a :

$$R = KSV^2$$

avec :

$$K = 0,085.$$

tile, est la création de tourbillons dans la masse de l'air ambiant ; l'autre, la seule efficace, est l'apparition de la poussée axiale.

La poussée. — Le colonel Renard¹ a proposé les formules suivantes, pour exprimer, en fonction de la vitesse

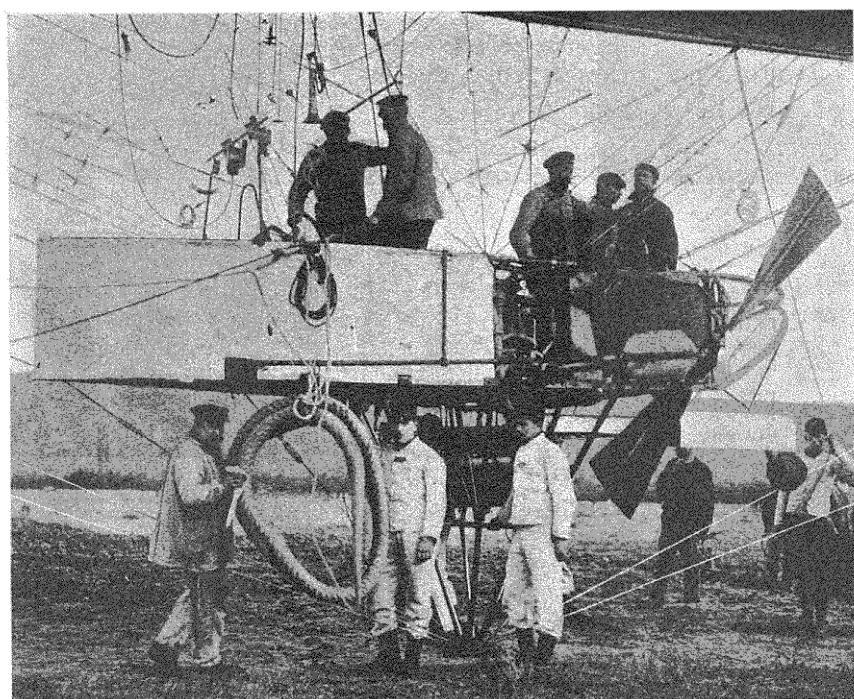


Fig. 112. — Nacelle de la Patrie.

de rotation et du diamètre, la poussée F produite par une hélice *fixe* dans l'air et le travail moteur T , nécessaire à créer cette poussée. D'après lui

$$F = \alpha n^2 d^4,$$

$$T = \beta n^3 d^5;$$

1. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 23 novembre 1903.

α et β sont des coefficients ; n , le nombre de tours par seconde ; d , le diamètre. Quant aux coefficients α et β , ils tiennent compte du pas et de la fraction de pas¹, etc., c'est-à-dire de la nature de l'hélice elle-même.

Le capitaine Ferber, à la suite de ses expériences et comme conséquence d'une analyse minutieuse, propose les formules suivantes, où s'introduit le recul relatif² :

$$F = h(\alpha r - \alpha') n^2 d^4,$$

$$T = (h^2 \beta r + \beta') n^2 d^5,$$

où h est le rapport du pas ($H = 2\pi R \operatorname{tg} \theta$) au diamètre ; α , α' , β et β' des coefficients mesurables, r le recul relatif.

Le rendement. — L'hélice en mouvement ne se visse pas exactement dans l'air, comme une vis dans son écrou, puisque l'air cède devant les palettes. Il y a ainsi, par rapport à la vitesse dans l'écrou, un recul qui est une perte sèche pour le rendement. Celui-ci a pour expression le rapport de la poussée obtenue à la puissance dépensée; il dépend à la fois de la constitution de l'hélice et de sa vitesse de rotation. Au-dessus d'une certaine vitesse, toute la puissance se dépense en tourbillons ; c'est le phénomène de cavitation, bien connu en architecture navale. A chaque hélice correspond ainsi une vitesse de rotation optima, qu'on peut déterminer par l'expérience. Il en résulte que, en

1. La fraction de pas est le rapport de la projection des palettes sur le cercle balayé par l'hélice à la surface totale de ce cercle.

2. C'est le rapport de la différence des vitesses d'avancement de l'hélice dans un écrou solide et dans l'air à la première de ces vitesses :

$$r = \frac{nH - V}{nH}.$$



FIG. 413. — Nacelle de la *Ville-de-Paris*.

général, il n'est pas possible d'embrayer directement l'hélice sur l'arbre moteur et qu'une démultiplication est nécessaire. De plus, la position de l'hélice, à l'avant, à l'arrière ou sur les côtés de la nacelle, n'est pas indifférente. Placée en avant, elle refoule l'air sur la nacelle; en arrière, elle agit sur des masses d'air déjà ébranlées par le passage des agrès. D'ailleurs, dans ces deux cas, la rotation de l'hélice tend à produire un tangage particulier. L'emplacement le plus efficace et qui pare à ces inconvénients paraît être sur les côtés. C'était la disposition adoptée sur le *Lebaudy* et le *Patrie*: deux hélices accouplées, commandées par un moteur unique.

La stabilisation. — C'est ici le lieu de parler d'un danger qui n'est apparu, en aérostation, qu'à partir du moment où la vitesse propre a dépassé 10 mètres.

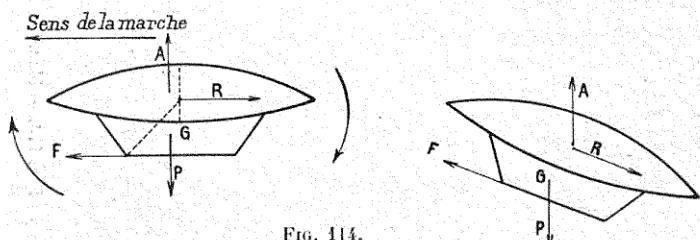


FIG. 114.

Il provient de la présence d'un couple (fig. 114), formé par la résistance au déplacement de l'ensemble ballon et nacelle, qui est appliquée un peu au-dessous de l'axe du ballon et par la traction de l'hélice, qui agit bien au-dessous de la première force. L'action de ce couple, dès que la traction T et, par suite, la vitesse, sont assez fortes tend à faire cabrer l'aérostat; c'est la vitesse *critique*, signalée par le colonel Renard, et atteinte depuis longtemps par Santos-Dumont. Il y a,

heureusement, pour lutter contre cette tendance, un deuxième couple, le couple de rappel, qui comprend la force ascensionnelle A et le poids P (*fig. 114*). Afin de régler l'antagonisme de ces deux couples, on a disposé sur les dirigeables récents des empennages variés et des plans de redressement, pour la description desquels nous renverrons aux ouvrages spéciaux.

III. — LES MOTEURS D'AUTOMOBILE APPLIQUÉS A L'AÉROSTATION *

C'est à la pile électrique que le capitaine Renard avait demandé l'énergie propulsive nécessaire aux expériences de la *France*. Le moteur qu'il avait ainsi établi pesait 44 kilogrammes par cheval.

Les expériences de M. Santos-Dumont mirent en évidence les aptitudes du moteur à essence en aéronautique, et, depuis, le *Lebaudy*, le *Patrie*, la *Ville-de-Paris*, en France, les ballons du comte Zeppelin et du major Parseval en Allemagne, le *Nulli Secundus* en Angleterre, etc., firent appel aux moteurs d'automobile. La légèreté de ces moteurs est telle, dès maintenant, qu'il n'y a plus à attendre, de ce côté, que des perfectionnements de détail. Le moteur du *Lebaudy* pesait 300 kilogrammes pour 40 chevaux, celui du *Patrie*, environ 500 kilogrammes pour 75 chevaux. On a même été beaucoup plus loin en Allemagne, à ce point de vue tout à fait spécial. Et cependant, la supériorité des résultats obtenus en France prouve que ce n'est plus là qu'il faut chercher. Le problème combiné du lest et du ravitaillement en hydrogène par les moyens du bord est au moins aussi urgent;

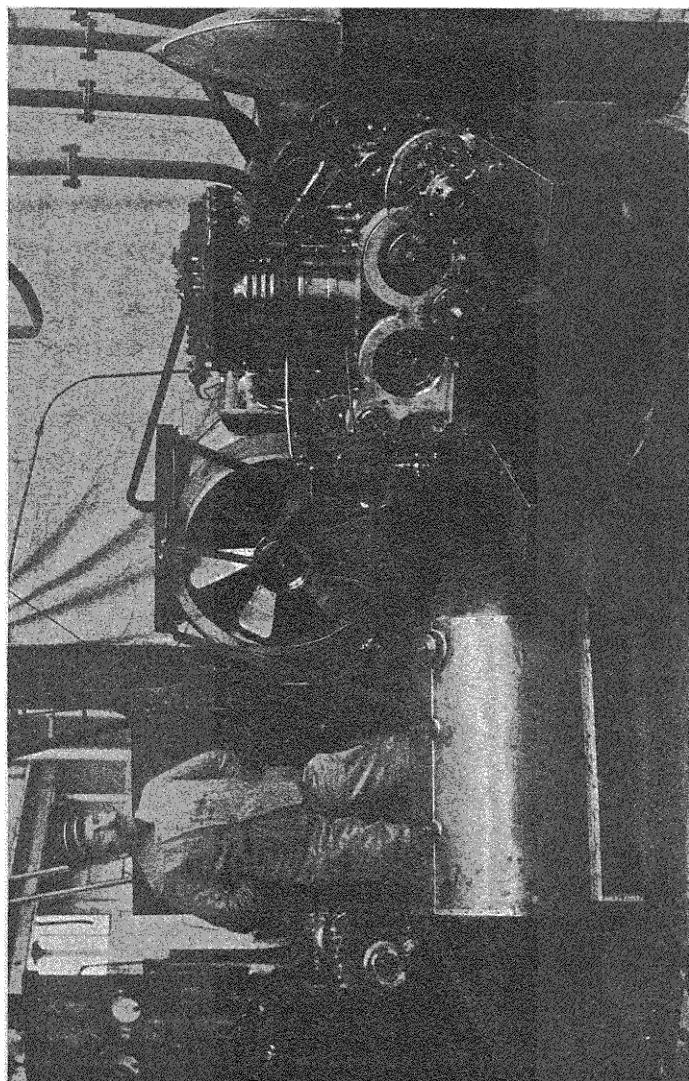
c'est lui qui préoccupe aujourd'hui tous les spécialistes.

Les qualités à attendre du moteur de ballon, outre une certaine légèreté, absolument nécessaire mais facile à atteindre aujourd'hui, sont, avant tout, la régularité de marche et une faible consommation. La marche régulière exige une mise au point très soignée de tous les organes d'allumage, de graissage et de refroidissement. Le travail soutenu qu'on exige du moteur de ballon est analogue à celui qu'on impose aux moteurs marins, qui marchent sans répit à pleine puissance. Mais il est plus varié et réclame une souplesse et une maniabilité absolues, afin de se prêter à toutes les manœuvres que doit faire le pilote, pour se maintenir à l'altitude qu'il juge convenable, en particulier, à l'entraînement intermittent du ventilateur.

Parmi les approvisionnements qu'il faut enlever avec le moteur, la réserve d'essence et d'eau occupe le premier rang. Il en résulte immédiatement que le rayon d'action du ballon dépend, en partie, de la consommation d'essence du moteur. On atteint aujourd'hui 0⁰400 par cheval-heure. Un fonctionnement de cinq heures correspond ainsi, pour un moteur de 100 chevaux, à une consommation de 200 kilogrammes d'essence. De même, le refroidissement du moteur exige une certaine quantité d'eau et un appareil de ventilation énergique.

Moteurs type « Patrie » (fig. 115). — Le modèle du *Patrie* est à 4 cylindres, construit par la maison Panhard et Levassor, d'une puissance de 75 chevaux ; il pèse environ 500 kilogrammes, avec les accessoires d'allumage, la pompe de circulation d'eau et le carburateur.

Les cylindres sont en acier; les chambres d'eau



sont formées par une chemise de cuivre, rapportée

Fig. 115. — Le moteur de la République, le nouveau ballon militaire français.

autour de chaque cylindre. Tous les organes de distribution sont du type courant.

Les dimensions d'encombrement sont à peu près les suivantes :

Largeur.....	0,70
Longueur.....	1,30
Hauteur.....	1,15

L'expérience a montré que ce moteur pouvait fonctionner sans arrêt pendant six heures, sans chauffer ; il paraît avoir été adopté définitivement, en France,

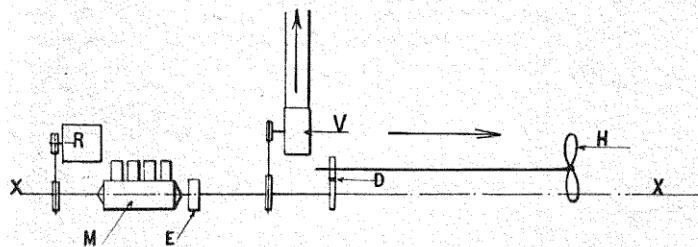


FIG. 116. — Appareil moteur d'un ballon.

M, moteur. — E, embrayage. — R, radiateur. — V, ventilateur.
D, démultiplication. — H, hélice. — XX, axe de la nacelle.

par les aérostiers militaires. Dans cet ordre d'idées, il est bon de connaître la durée maxima des expériences qu'il a permises, sans arrêt d'aucune sorte ; elle a été enregistrée le 23 novembre 1907, au cours du voyage de Paris à Verdun (236 kilomètres) effectué en 6 h. 45 minutes.

Le moteur Chenu, du ballon *Ville-de-Paris*, a fourni, de son côté, les résultats suivants au cours du voyage de Sartrouville à Verdun (15 janvier 1908) :

De Sartrouville à Valmy (escale), 189^{km},600, en 6 h. 43;

De Valmy à Verdun, 48^{km},200, en 1 h. 30.

L'escale de Valmy ne fut d'ailleurs aucunement causée par la nécessité d'arrêter le moteur.

Quant à la vitesse maxima sur un long parcours, c'est le ballon *Patrie* qui l'a réalisée entre Paris et

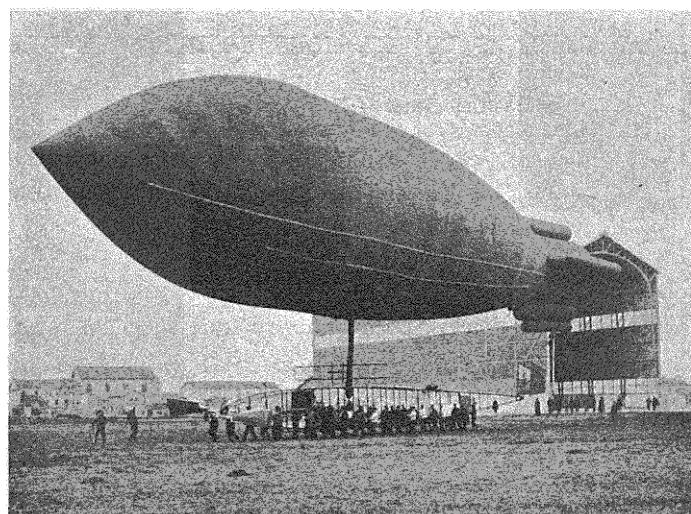


FIG. 417. — *La Ville-de-Paris* sortant de son hangar, à Verdun.

Verdun, où il maintint une moyenne de 34^{km},111 à l'heure.

D'une façon générale, les moteurs de ballons ont à commander les organes suivants : l'hélice, le ventilateur du ballonnet, le refroidisseur. Il en résulte qu'ils sont montés suivant un schéma analogue à celui de la figure 116. Nous n'insisterons pas sur les détails de ces divers montages, dont les uns sont connus déjà et les autres sont confidentiels.

CHAPITRE XV

LES AÉROPLANES ET LES MOTEURS D'AÉROPLANES

- I. L'aéroplane théorique. — II. Les moteurs Antoinette.
- III. Les aéromoteurs Farcot. — IV. Aéroplanes militaires.

I. — L'AÉROPLANE THÉORIQUE

L'aéroplane est la solution unique du problème du vol, le ballon n'étant qu'un procédé tout à fait distinct de s'élever dans l'atmosphère. Les applications de

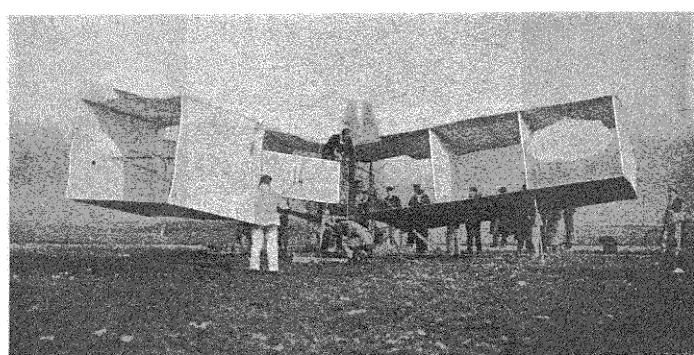


FIG. 118. — Le premier aéroplane ayant volé en France.
(M. Santos-Dumont à Bagatelle, 220 mètres, le 12 novembre 1906.)

l'aéroplane à la guerre moderne seront des plus importantes; il suffit, pour s'en rendre compte, de voir l'intérêt soulevé dans les milieux militaires par les essais actuels et les premiers résultats qu'ils ont fournis; nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

L'aéroplane comprend, schématiquement, un appareil *sustentateur*, formé de surfaces légères très robustes, presque couchées sur l'horizon, et un appareil *propulseur*, formé d'un moteur et d'une hélice placée à l'avant. Suivant le plus autorisé des théoriciens et des praticiens actuels¹, les surfaces composantes peuvent se ramener à trois (fig. 419) : une surface d'appui S , une surface résistante s , une surface directrice ou quille Σ . S et Σ sont respectivement rectangulaires et admettent le même axe de symétrie XX' , qui est l'axe de l'appareil tout entier. L'angle γ que fait avec S la vitesse instantanée de l'aéroplane s'appelle angle d'attaque. L'ensemble de l'appareil repose sur le sol par de petites roues très légères.

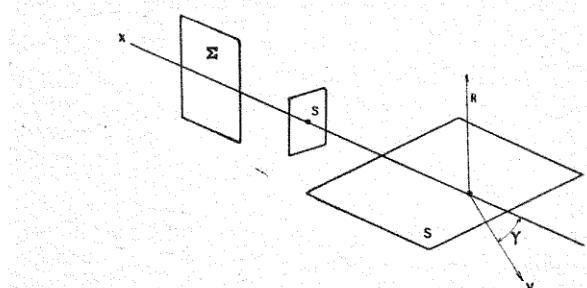


FIG. 419. — L'aéroplane théorique.

S , surface portante. — s , surface résistante. — Σ , surface-queue. — V , vitesse instantanée. — γ , angle d'attaque. — R , résistance de l'air.

On distingue aujourd'hui deux types d'aéroplanes ; l'un est le type cellulaire multiplan, dont les spécimens les plus connus sont les appareils de MM. Farman et Delagrange, qui ont parcouru, le premier, près de 3 kilomètres, le second près de 10 en courbe fermée, à Issy-les-Moulineaux, et à Rome, au début de 1908.

1. Capitaine Ferber.

L'autre type est l'aéroplane monoplan, représenté par les appareils de MM. Blériot, Gastambide et Mangin, l'aéroplane en construction de la Société Antoinette, etc. Le premier type est inspiré de l'école américaine, le second de l'école française d'aviation ; l'un est pour le moment plus stable et moins rapide, l'autre est plus difficile à conduire, plus vite, moins encombrant.

La théorie des deux appareils est identique; ils se distinguent uniquement par le nombre des surfaces sus-

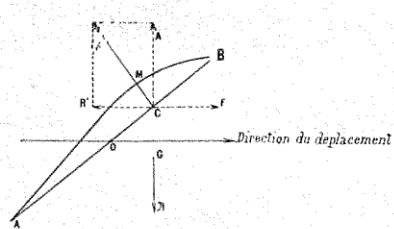


FIG. 420.

tentatrices, qui est de deux au moins dans le type cellulaire. Le mode de fonctionnement d'un aéroplane quelconque est le suivant.

FIG. 120. La pression normale de l'air sur un plan mince en mouvement (*fig. 120*), très incliné sur la direction de ce mouvement, est donnée par la formule expérimentale déjà citée au chapitre précédent :

$$R = KSV^2 \sin \gamma$$

Le point d'application C de cette résistance est situé (fig. 420) en avant du centre O de figure de l'aile, à une distance qui est donnée par l'une des deux formules :

$$\Delta = \frac{l}{4(1 \times 2 \lg \gamma)} \text{ (M. Soreau),}$$

011

$$\Delta \equiv 0.3(1 - \sin x) \text{ (Joessel et Avanzini)}$$

L'expérience a montré qu'il était avantageux de remplacer le plan théorique, AB, par une surface légèrement courbe, AMB.

L'idée de cette substitution provient de l'examen d'une aile d'oiseau, et l'explication de ses heureuses conséquences est assez simple, en considérant la façon dont se comportent les fluides en mouvement.

Quoi qu'il en soit, la surface AB, étant soumise à une force de traction F, que nous supposerons d'abord constante et fournie par une hélice, roule sur le sol, au moyen des roues qui la supportent. Remarquons ici

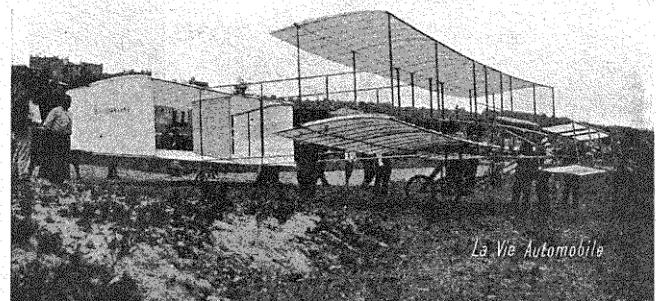


FIG. 121. — L'aéroplane Farman.

que, au début du mouvement, la résistance opposée par l'air à l'avancement n'est autre chose que la composante horizontale R' de la résistance R, qui s'exerce normalement au point C.

Sous l'effet de la traction F, l'aéroplane va donc prendre une vitesse de plus en plus grande, jusqu'à ce que la résistance totale au mouvement équilibre la force F. Or cette résistance comporte deux éléments : le premier est la résistance des roues sur le sol; cet effort diminue au fur et à mesure que la vitesse augmente, ne vertu de l'allègement progressif de l'appareil, dont

nous parlerons plus loin ; en particulier, au moment où l'aéroplane va s'enlever, il est négligeable.

Le second élément est la composante R' .

Remarquons ici que la pression normale R a aussi une composante verticale A , directement opposée au poids π , pourvu que le centre de gravité G soit bien placé. Supposons que, au moment considéré, la vitesse soit devenue constante ; on aura, en appelant γ_1 l'angle d'attaque,

$$\left. \begin{array}{l} R = KSV^2 \sin \gamma_1 \\ R' = KSV^2 \sin^2 \gamma_1 \\ A = \frac{KSV^2}{2} \sin 2\gamma_1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Exemple numérique :} \\ K = 0,7, \quad S = 30 \text{ m}^2, \quad V = 15 \text{ m}, \quad \gamma_1 = 10^\circ. \\ A = 320 \text{ kilogrammes environ.} \end{array}$$

Le poids réel sera devenu $\pi - A$, et, si la vitesse est assez grande, il peut être rendu presque nul.



FIG. 422. — Aéroplane monoplan Blériot.

Supposons alors que, par un procédé quelconque, par exemple en déplaçant le centre de gravité, on augmente légèrement l'angle γ_1 , et examinons les conséquences immédiates du nouvel angle d'attaque γ_2 .

1° R' augmente, si la vitesse reste constante, c'est-à-dire que le moteur doit fournir un supplément de puissance, pour que la vitesse ne diminue pas ce qui

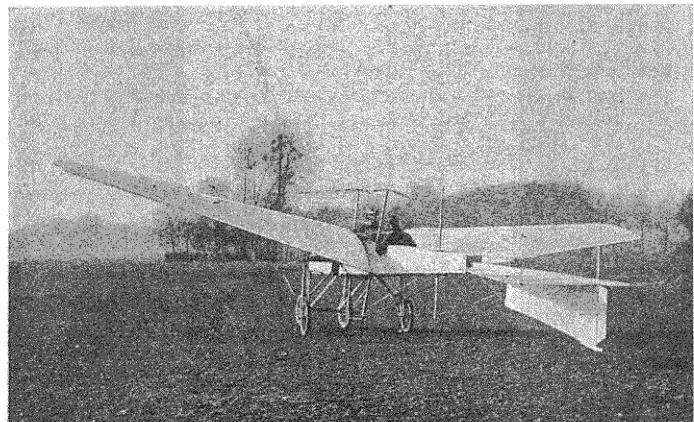


FIG. 123. — Aéroplane monoplan Gastambide et Mangin.

détruirait tout le bénéfice de la manœuvre. L'inertie du système s'oppose, heureusement, à toute variation brusque de la vitesse; le moteur a le temps de

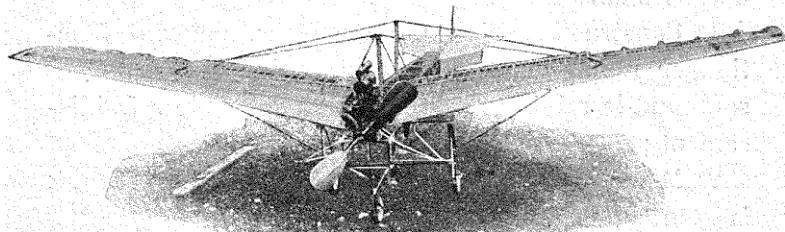


FIG. 123 bis. — Autre aspect de l'aéroplane Gastambide et Mangin.

« reprendre », c'est-à-dire d'équilibrer la résistance nouvelle, qui correspond à une rotation plus rapide de l'hélice;

2° La vitesse n'ayant pas diminué, A augmente également et devient, dans un aéroplane bien établi, légèrement supérieure à π ; l'appareil s'enlèvera donc;

3° Le mouvement ascensionnel continue tant qu'on maintient invariables les conditions actuelles, c'est-à-dire $A > \pi$.

Pratiquement, c'est à l'aide d'un gouvernail de profondeur, formé d'une cellule placée à l'avant ou d'un plan mobile à l'arrière, qu'on peut obtenir les variations de la force ascensionnelle et compenser, en même temps, les variations de la traction F, provenant elles-mêmes de celles du moteur. En effet, dans tous les appareils construits jusqu'ici, le système des ailes et la carcasse sont fixes l'un par rapport à l'autre. On ne peut donc modifier l'angle d'attaque qu'en inclinant l'appareil tout entier. Il faut beaucoup d'habitude pour lui faire exécuter le bond qui correspond au nouvel angle d'attaque γ_2 , les variations de γ sont, en effet très limitées; elles oscillent de 3° à 10° environ.

Les difficultés pratiques de l'aéroplane sont aujourd'hui les suivantes :

1° Construction d'un moteur léger, pouvant fonctionner régulièrement, sans arrêt involontaire, consommant le minimum d'essence et d'eau de refroidissement;

2° Manœuvre appropriée des organes de direction, à la montée, à l'atterrissement et aux virages.

Nous décrirons plus loin deux moteurs d'aéroplanes, l'un bien connu, l'autre tout récent. Toutefois, avant de passer à cette étude, qui nous fournira l'occasion de développer des notions déjà exposées, relativement aux moteurs à explosion, il faut observer que l'aviation était impossible, sans l'automobilisme. C'est à lui qu'on est

redevable du moteur léger qu'il a fait naître, en l'exigeant pour ses grandes épreuves, la Coupe Gordon-Bennett, le grand prix de l'Automobile-Club de France, etc.

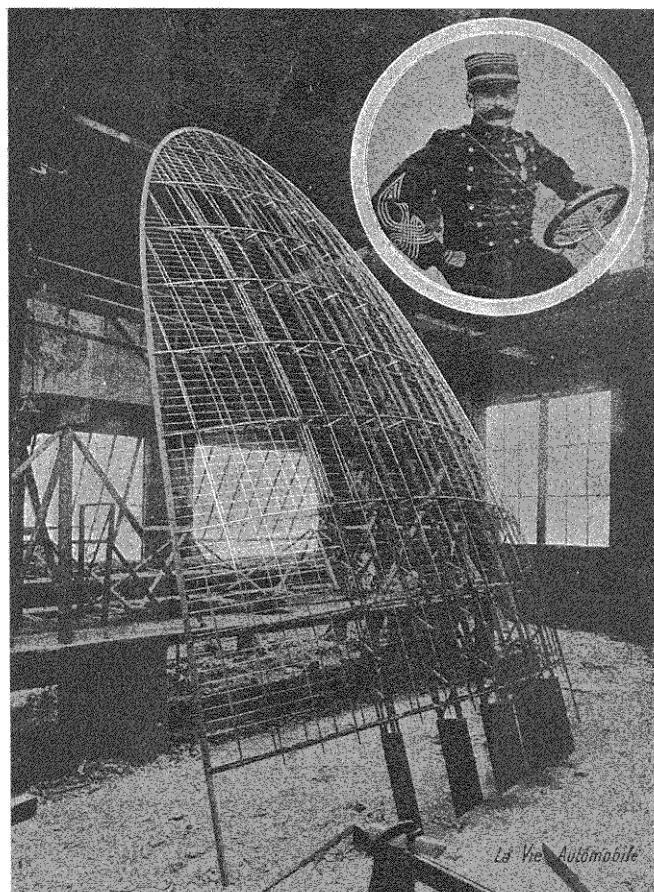


FIG. 124. — Le capitaine Ferber. Une aile d'aéroplane (Antoinette).

Grâce aux règlements de ces courses, qui ont limité, d'abord, le poids total des voitures, puis, la consommation kilométrique, on a réalisé des moteurs de plus en

plus légers et de plus en plus économiques. Cette limitation a surexcité l'ingéniosité et l'amour-propre des constructeurs ; elle a forcé les ingénieurs à serrer de plus en plus près la vérité, touchant les phénomènes de carburation et de combustion des mélanges carburés.

Il a fallu déterminer de mieux en mieux la nature, la valeur, les points d'application des efforts, en raison des taux de sécurité nouveaux auxquels on était condamné, par la condition impérieuse de la légèreté maxima. La qualité et l'emploi judicieux des métaux ont progressé ensemble ; les théoriciens, de leur côté, ont découvert des lois générales, relatives au rendement des moteurs et l'on s'y est conformé peu à peu dans la pratique. Le moteur indispensable à l'aviation est sorti de cette collaboration active, en vue des triomphes dont la prospérité de beaucoup d'usines a dépendu : la victoire au circuit du Taunus, au circuit d'Auvergne, à Dieppe, etc. Les grandes vitesses de rotation qu'on a été amené à adopter, pour accroître la puissance massive, ont conduit à une construction beaucoup plus précise et éliminé, par l'usure rapide ou par des accidents, toutes les solutions approximatives de ces problèmes, devenus aujourd'hui familiers, dans tous leurs détails, à tous les ingénieurs : équilibrage, graissage universel, choix de la compression et des avances, mode d'allumage, refroidissement, etc.

La technique du moteur à explosion s'est formée ainsi, sous le contrôle permanent de l'expérience ; elle est loin d'être terminée, sans doute, mais elle continue à progresser, au fur et à mesure que l'horizon s'élargit devant le *moteur léger*. C'est lui, en définitive, qui peut être considéré à la fois comme le *résumé*, le *but* et le *symbole* de l'effort qui a commencé, il y a près de

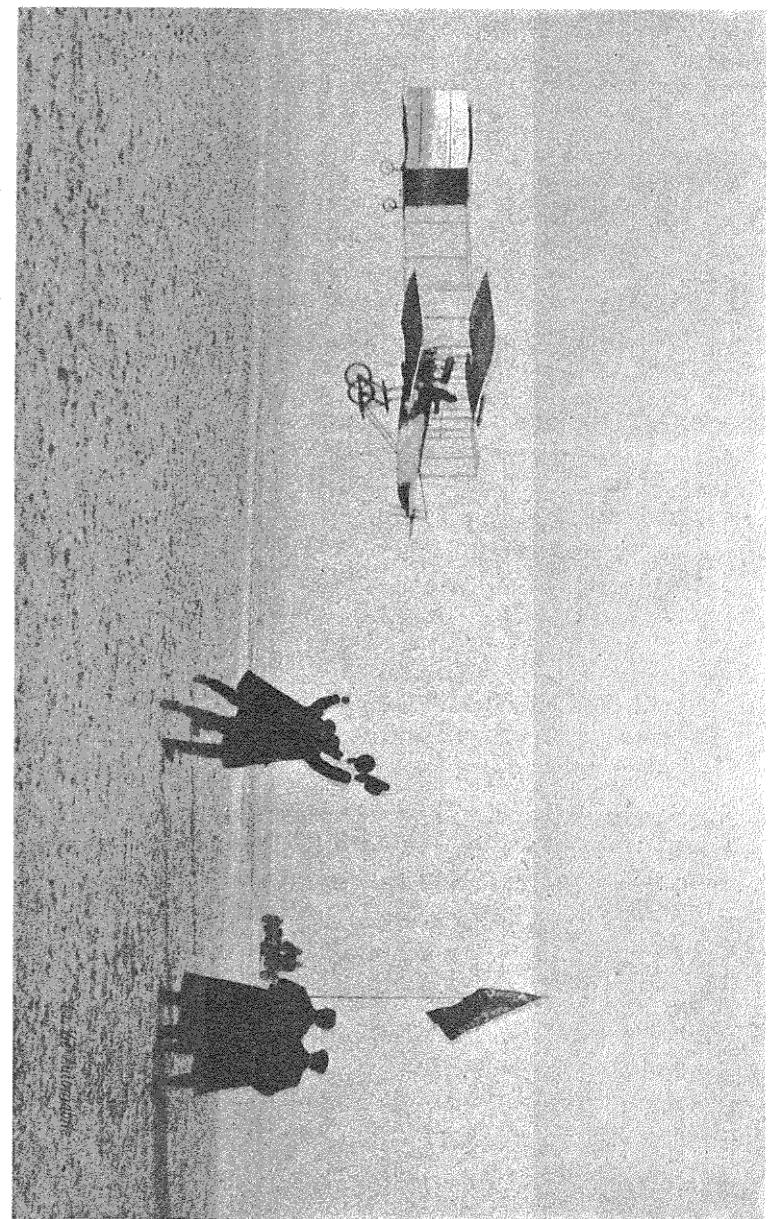


Fig. 425. — Henri Farman gagne le Grand-Prix Deutsch-Archdeacon, 13 janvier 1908 (1^{er}, 500).

vingt ans, dans cette branche de la mécanique. C'est pour lui que travaillent les chercheurs de perfectionnements dans la construction automobile ; en tout cas, il bénéficie de chaque progrès et de toute idée nouvelle. On a considéré longtemps le cheval-kilogramme comme un idéal asymptotique, presque une utopie ; ce but est dépassé aujourd'hui et l'on va toujours de l'avant dans cette voie.

Les moteurs légers sont nombreux maintenant ; tous peuvent prétendre enlever des machines volantes ; citons seulement quelques noms : Antoinette, Renault, Farcot, Rep, etc. Les uns se refroidissent par l'eau, les autres par l'air seul ; tous ont des cylindres petits et nombreux ; les métaux y travaillent aux taux ordinaires, 10 kilogrammes pour l'acier, 1^{kg},5 à 2 kilogrammes pour la fonte, le cuivre, l'aluminium, etc. Ce dernier résultat indique exactement le progrès qui a été accompli jusqu'ici.

II. — LE MOTEUR ANTOINETTE

(fig. 126)

C'est le premier qui ait atteint le cheval-kilogramme ; en outre, il a à son actif presque tous les résultats obtenus jusqu'ici en aviation, double motif pour le citer et le décrire¹.

Il appartient au type des moteurs en V, déjà cités

1. A ce sujet, il est intéressant de pénétrer plus avant dans la constitution intime des moteurs à explosion, en ce qui concerne l'équilibrage et les variations du couple moteur.

En premier lieu, considérons l'inconvénient capital de ces machines : la trépidation. Les conséquences de ce défaut sont les suivantes :

1^o Usure rapide de tous les organes ;

2^o Perte de puissance résultant de ce que l'énergie employée à créer

au chapitre vi. Il est à 8 cylindres, au moins, répartis par quatre dans deux plans à 90° , perpendiculaires respectivement aux faces d'un prisme triangulaire droit, isoscelé et rectangle, qui est le carter.

les trépidations, c'est-à-dire à désarticuler le moteur et son bâti, est prise sur l'arbre, aux dépens de la puissance utile.

Les causes de la trépidation dans les moteurs à explosion sont :

- 1^o La nature explosive de la combustion ;
- 2^o L'existence d'un seul temps moteur sur quatre ;
- 3^o Le défaut de centrage des pièces ;
- 4^o La constitution propre du moteur.

La première cause est variable avec les combustibles ; l'essence est plus brutale que le gaz d'éclairage, par exemple.

La seconde est inhérente au cycle à quatre temps ; les moteurs à deux temps (Tony-Huber-Peugeot) ou les moteurs à deux chambres d'explosion (Boudreaux-Verdet) y remédient dans une certaine mesure.

La troisième cause est à éliminer par un usinage soigné.

Enfin, dans l'établissement du moteur, par le choix des masses des pistons et des bielles et par l'emploi de contrepoids, on peut, au prix de tâtonnements, diminuer les vibrations en marche, vibrations qu'on éteint de la même façon qu'on exalte celles d'une boîte de violon.

Ce point exige quelque développement.

Couple moteur. — Outre ces causes élémentaires de la trépidation, il y en a une qui les résume et les complète, c'est la variation du couple moteur. Examinons brièvement ce qu'il faut entendre par là.

Considérons un moteur à 4 cylindres en marche à vide et soit un piston de ce moteur et le maneton correspondant. Pendant le début du troisième temps, le piston descend sous l'effet de l'explosion, la bielle agit sur la manivelle avec une force décroissante, dont le bras de levier varie à chaque instant. La mesure de cette action, c'est-à-dire le couple moteur, est le produit ($F \times D$) de la force (F) appliquée à la tête de bielle, par la distance (D) de la bielle à l'axe du vilebrequin. Ce produit est nul au point mort supérieur ($D = 0$) maximum vers le premier tiers du parcours, nul encore au point mort inférieur ($F = 0, D = 0$). Pendant les trois autres temps, aucune pression utile ne s'exerce sur la face supérieure du piston ; bien au contraire, il faut vaincre d'abord la petite résistance due à l'échappement, puis, la résistance notable due à la compression, sensible à la mise en marche. Au couple moteur succède donc, pour chaque cylindre, un couple résistant, véritable couple de freinage, qui tend à ralentir et arrêter la rotation ; le volant est précisément chargé d'emmageriser l'inertie nécessaire au franchissement des temps passifs ou résistants. Même pour les quatre cylindres, le couple moteur s'annule après le deuxième tiers du 3^e temps du cylindre actif ; il change de sens, c'est-à-dire de signe, dès que la pression dans ce cylindre se rapproche de la pression atmosphérique. En effet, à ce moment, les trois autres cylindres sont ou inactifs (aspiration, échappement) ou résistants (compression). Donc, même

Le vilebrequin est à quatre manivelles situées dans un plan, chacune d'elles recevant deux bielles, issues de

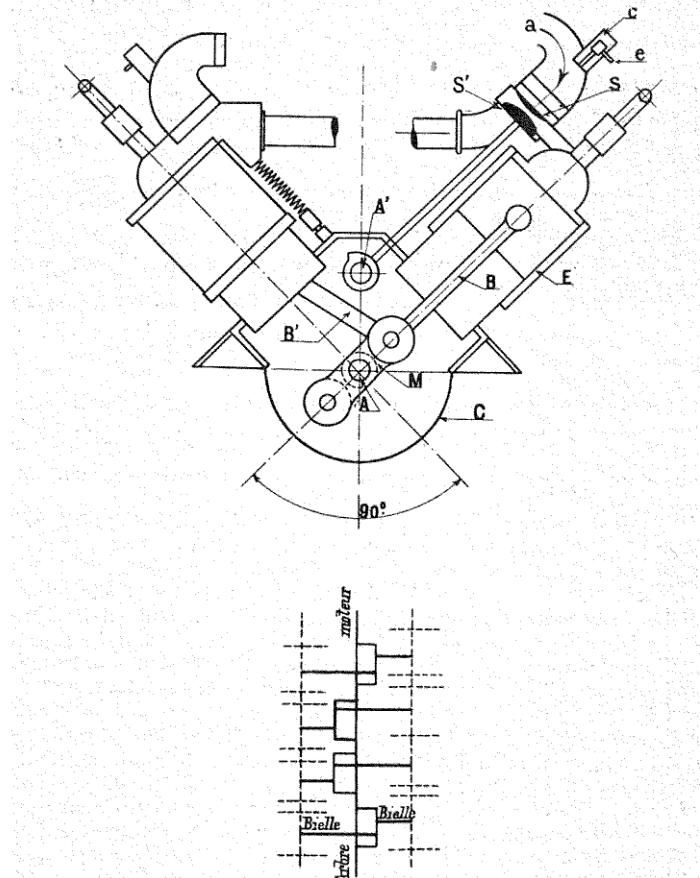


FIG. 126. — Moteur Antoinette.

A, arbre moteur. — A', arbre à cames. — M, manivelle. — B, B', bielles. — C, carter. — E, enveloppe d'eau. — S, soupape d'aspiration. — S', soupape d'échappement. — a, arrivée d'air. — c, carburateur. — e, arrivée d'essence.

avec quatre cylindres, le couple moteur se transforme en couple résistant pendant environ un tiers de chaque temps.

Le mouvement de l'arbre a lieu ainsi sous l'action d'un freinage continu (travail résistant des frottements) et d'impulsions isolées, très

deux cylindres qui se font face, inclinés l'un sur l'autre à 90° et légèrement en retrait l'un par rapport à l'autre, pour le couplage des bielles.

Un arbre à cames, situé à la partie supérieure du

fréquentes (explosions), à peu près comme une toupie américaine, dont la rotation est entretenue à coups de fouet. Les points morts supérieur et inférieur subsistent donc intégralement dans les quatre cylindres.

Soit maintenant un moteur à six cylindres. *A priori*, il doit être combiné de façon que, au bout de deux tours complets de l'arbre, ce qui correspond à quatre allées et venues des pistons (4 temps), chaque cylindre ait effectué un cycle complet. On pourrait y arriver en le constituant d'abord d'un moteur à quatre cylindres, puis de deux nouveaux cylindres répétant exactement le travail des deux premiers. Mais il n'y aurait qu'un bénéfice de puissance et rien de gagné quant à la continuité du couple. On espace alors également les cycles des six cylindres, de manière que, après deux tours de l'arbre, le système se retrouve dans l'état initial ; l'espacement est ainsi de $\frac{2}{6}$ de tour, soit 120°. On cale donc les manetons du vilebrequin à 120° et chaque cycle est en retard sur le précédent d'un tiers de tour, soit les deux tiers d'un temps (fig. 127).

Dans ces conditions, au moment où l'un des pistons, chassé par l'explosion, arrive au bas de sa course, c'est-à-dire au moment critique pour les quatre cylindres, il y a un piston, parmi les cinq qui restent, qui commence son 3^e temps ; il est au premier tiers de ce temps, quand le précédent est au point mort : le couple moteur ne s'annule donc pas. On peut même remarquer que les efforts successifs des deux pistons sont tels que l'un croît au moment précis où l'autre décroît. Le couple est donc non seulement constant comme sens, mais relativement constant aussi en grandeur. Il en résulte que l'utilité du volant est notablement réduite. Les six cylindres tournent ainsi avec une douceur très supérieure, et on peut les ralentir au point qu'on les entend à peine.

En appliquant les principes précédents à un nombre plus élevé de cylindres, on peut améliorer encore les résultats. Remarquons ici qu'il reste à répartir l'ordre d'allumage des six cylindres, de façon à équilibrer les efforts supportés par le carter, par l'intermédiaire des paliers du vilebrequin. Il est évident, par exemple, qu'en allumant successivement les deux cylindres du milieu, puis les deux extrêmes, on produirait des oscillations régulières intenses au centre du vilebrequin.

Sans pousser plus avant cette analyse, on se rend compte que la

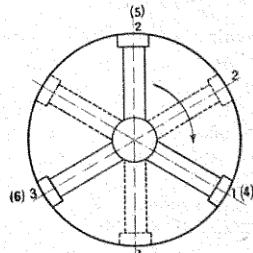


FIG. 127. — Arbre d'un moteur à six cylindres.

bâti, commande les huit clapets d'échappement; il peut commander aussi ceux d'aspiration. Un bouton de manœuvre permet de décaler cet arbre par rapport à l'arbre moteur et d'inverser le sens de rotation, sans arrêt, parce qu'il n'y a pas de volant, et, par suite, aucune force vive restante à user, avant de partir en

constance du couple moteur annule la trépidation qui, en définitive, ne dépend que des variations fréquentes de ce couple et des réactions qui en résultent de la part du bâti.

Equilibrage. — L'équilibrage est une notion toute différente, qui n'est pas moins nécessaire dans l'établissement d'un moteur à explosion. Parmi les organes mobiles, les uns sont animés de mouvements circulaires uniformes, comme la tête de bielle, les autres de mouvements rectilignes alternatifs, par exemple le piston. Les premiers sont soumis, à chaque instant, aux forces extérieures (explosion ou inertie du volant) et aux forces d'inertie qui se réduisent, dans ce cas, à la force centrifuge ($m\omega^2 R$). Les seconds, soumis naturellement aux mêmes forces extérieures, obéissent également aux forces d'inertie qui leur sont propres, c'est-à-dire à l'inertie d'entrainement ($m \frac{dv}{dt}$). Après avoir réalisé dans un moteur un couple à peu près constant, à l'aide d'un volant bien calculé et de six cylindres munis de manetons à 120° par exemple, on est sûr que les forces extérieures seront à peu près constantes et tendront à créer un mouvement uniforme, ce qui est le but à atteindre. Mais, pour cela, il faut annuler les forces d'inertie qui, variables à chaque instant, tendraient à troubler l'équilibre précédent. On a l'habitude, pour résoudre ce problème, de diviser fictivement la bielle en deux fractions : un tiers est supposé concentré autour du maneton et contribue à créer la force centrifuge ; les deux tiers qui restent sont attribués au piston.

L'équilibrage de la force centrifuge est réalisé par un contrepoids, qu'on dispose sur le vilebrequin à 180° de la tête de bielle et qui donne naissance à une force centrifuge constamment égale et de sens contraire à celle du maneton équilibré.

Quant à l'inertie d'entrainement dans les quatre cylindres ordinaires, elle est variable comme grandeur et comme sens, sa direction étant celle des axes des cylindres. Il est donc impossible de l'annuler par des contrepoids ; on se contente d'une solution approchée qui en détruit la plus grande partie. Celle qui subsiste atteint couramment et dépasse même 100 kilogrammes, ce qui montre l'importance de cette étude.

Dans les moteurs en V à 90° à bielles accouplées (fig. 428), la force d'inertie passe constamment par l'axe de l'arbre moteur, sa direction oscille autour de la manivelle, et tourne avec elle sans s'en écarter notablement ; quant à sa grandeur, elle oscille également autour d'une valeur moyenne, dont elle diffère au plus de 25 %. En somme,

sens inverse. Le type de 24 HP tourne à 1.600 tours; le 100 HP, à 1.000 tours par minute.

Les cylindres sont en trois pièces : le corps, en fonte; la fausse culasse rapportée, en aluminium; la chemise d'eau, en laiton.

Les sièges des clapets de soupape sont en acier. Le refroidissement est fait par l'eau, au moyen d'une

elle est presque assimilable à une force centrifuge et peut être équilibrée à un quart près de sa valeur par un contrepoids convenable, disposé à 180° de la manivelle. Les moteurs en V à 90° peuvent donc

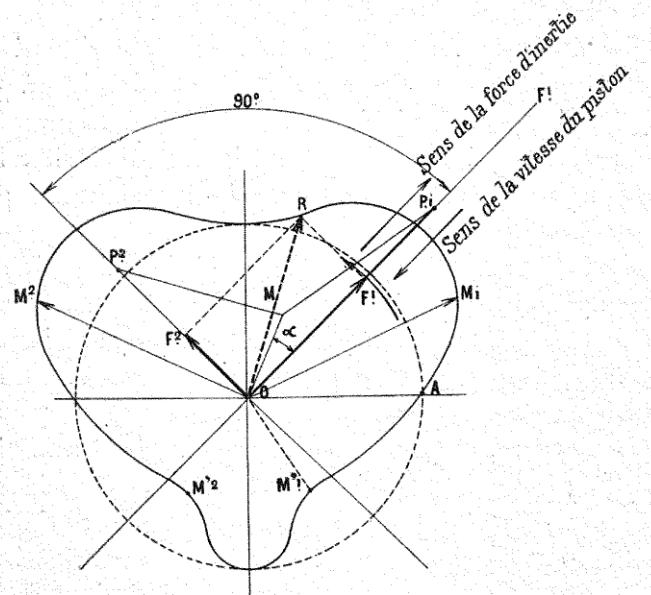


FIG. 128. — Équilibrage des moteurs en V (d'après M. Favron).

P₁P₂M, bielles. — P₁P₂, pistons. — OM, manivelle. — F₁F₂, force d'inertie des pistons et des pieds de bielle. — OR, résultante de F₁ et F₂. — OA, valeur constante de OR pour des bielles infinies. — M¹M², points dans la région où OR est maximum. — M'¹M'², points où OR est minimum.

être mieux équilibrés que les moteurs à cylindres parallèles. (Cette question a fait l'objet d'une étude très intéressante de M. Favron, dans la revue *la Technique Automobile*, 1908.)

pompe à engrenage et d'un radiateur; le graissage se fait également au moyen d'une pompe, qui aspire l'huile au fond du carter et la refoule dans un tube de cuivre (rampe) à la partie supérieure du moteur, d'où elle se rend en tous les points convenables.

Carburation. — La carburation est directe, c'est-à-dire que l'essence, puisée au réservoir par une pompe spéciale, est injectée, après filtrage et épuration, dans les chapelles disposées au sommet de chaque cylindre, où elle est aspirée en même temps que l'air.

Le débit de la pompe, c'est-à-dire la carburation, est réglable par variation de la course du piston. Ce système supprime ainsi le carburateur et les grosses tuyauteries qui seraient nécessaires, pour débiter les gaz nécessaires à un moteur de 100 chevaux, par exemple.

Le moteur Antoinette a déjà permis de quitter le sol aux appareils cellulaires de MM. Delagrange et Farman, dont le dernier, à la date où nous écrivons, a déjà parcouru près de 20 kilomètres sans toucher terre. C'est lui, également, qui est monté sur les appareils monoplans, qui représentent la solution purement française du problème du vol plané (monoplans Gastambide et Mangin, Blériot, etc.). Tout indique que l'aviation est à la veille d'un essor définitif; les moteurs à huit cylindres et au-dessus, tels que celui qui vient d'être décrit, entreront prochainement dans la pratique courante. Rien n'est plus caractéristique à ce sujet que l'apparition des aéromoteurs Farcot.

III. — LES AÉROMOTEURS FARCOL

(fig. 129)

Ils sont composés de 2, 4 ou 8 cylindres, suivant la puissance; nous décrirons le type à 8 cylindres, le plus caractéristique.

Principe. — Dans ce modèle l'arbre est vertical, les cylindres sont horizontaux, répartis en deux groupes de quatre en étoile, les axes des cylindres de chaque groupe étant dans un même plan horizontal; les deux groupes sont superposés et décalés de 45° , l'un par rapport à l'autre. La distance verticale des plans des axes est à peine la moitié de la hauteur d'un maneton; l'ensemble est donc plat. Le vilebrequin, vertical, a deux manetons à 180° , affectés chacun à l'un des groupes de cylindres.

Chaque maneton porte ainsi quatre têtes de bielle.

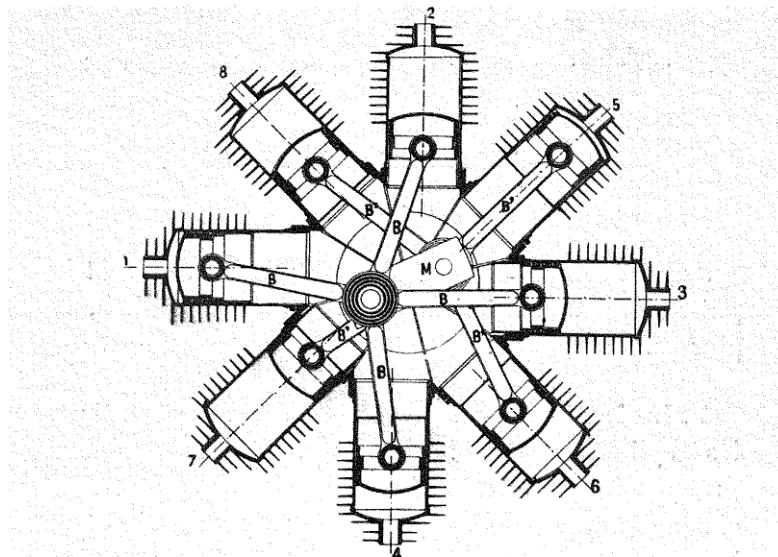
Si l'on considère les forces d'inertie des pistons et des bielles des deux groupes, on voit tout de suite que l'équilibrage est assuré¹. L'ordre d'allumage est celui qui est indiqué sur la figure.

Particularité. — Les cylindres sont désaxés de 15 à 20 millimètres².

1. En effet, la courbe représentant la variation de la résultante d'inertie pour les quatre cylindres d'un groupe serait la résultante de deux courbes semblables à celle que nous avons citée plus haut, ces deux courbes étant décalées de 180° l'une par rapport à l'autre. Il y aurait ainsi, comme le montre l'aspect des courbes, compensation presque absolue entre le maxima de l'une et le minima de l'autre, c'est-à-dire que la résultante d'inertie est à peu près constante.

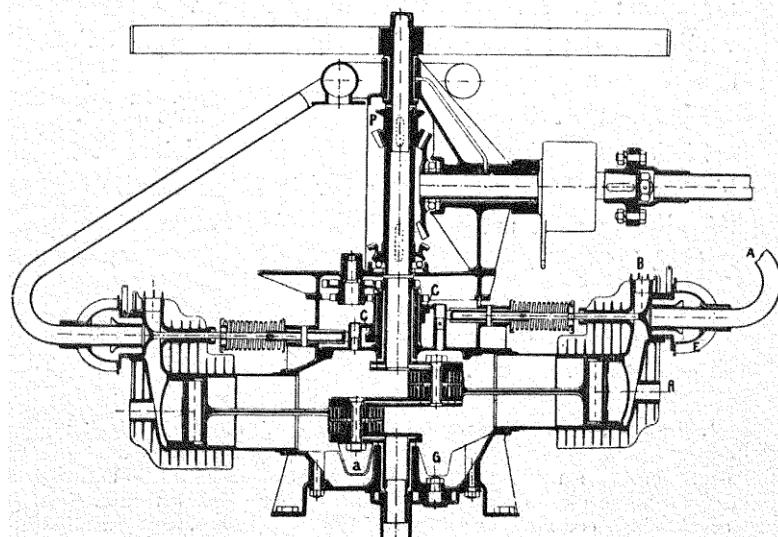
2. Voici ce qu'il faut entendre par là (fig. 130) :

Si l'on considère le cercle décrit par l'axe de la tête de bielle dans un



Coupe horizontale

M, manivelle. — B, B', bielles.
(Les numéros indiquent l'ordre d'allumage des cylindres.)



Coupe verticale

A, arrivée d'air carburé. — E, silencieux d'échappement. — B, bougie. — R, robinet de décompression. — C, cannes. — G, carter où se rassemble l'huile. — a, aile parcourant le carter G. — P, pignon de commande de l'arbre horizontal.

FIG. 129. — Aéromoteur Farcot.

Le refroidissement se fait par l'air, au moyen d'un ventilateur énergique et d'ailettes dont sont munis les cylindres.

Cames et Soupapes (fig. 132). — Huit cames, taillées ensemble, sont disposées sur l'arbre principal

moteur ordinaire, on voit que le centre de ce cercle est sur l'axe du cylindre; les deux points morts M_1 , M_3 sont situés aux points le plus haut et le plus bas; le temps moteur correspond, par exemple, à la moitié droite; la course du piston est égale au diamètre du cercle.

Supposons que, tout en conservant la même course, nous déplaçons le cylindre par rapport au cercle A vers la droite. Les positions nouvelles de la tête de bielle, correspondant aux points morts, au début et à la fin du temps moteur, seront M'_1 et M'_3 . On remarque immédiatement que, grâce à cet artifice, qui porte le nom expressif de désaxage :

1° Il y a un léger bénéfice dans la durée du 3^e temps; ce bénéfice est exprimé par la différence des deux arcs, $M_3 M'_3$ — $M_1 M'_1$;

2° L'obliquité maxima de la bielle, pendant la première moitié du troisième temps, est très inférieure à celle que produit la disposition symétrique.

Il n'est pas besoin d'analyser plus longuement la question du désaxage, pour se rendre compte que ce dispositif procure un double gain de puissance; d'abord, par la durée

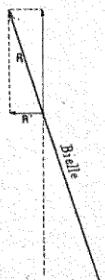


FIG. 130.

plus longue du temps moteur; ensuite et surtout, par la meilleure utilisation de l'explosion qui agit, pendant la période la plus efficace, à peu près suivant l'axe même de la bielle. La figure 131 met en évidence l'effet nuisible de l'obliquité de la réaction transmise par la bielle; c'est l'apparition d'une composante, R' , normale à l'axe, constamment dirigée vers la même génératrice du cylindre et tendant à *ovaliser* le cylindre et le piston, par une usure prématurée suivant cette génératrice.

FIG. 131.

et tournent avec lui. Chacune présente deux bossages inégaux, qui produisent, à l'aide d'un doigt, la levée des soupapes en deux temps. A l'échappement, les gaz traversent une plaque perforée, qui fait l'office de

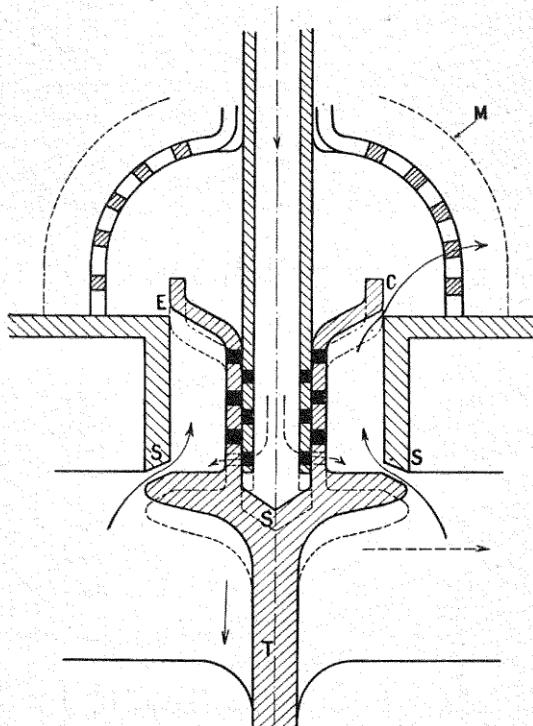


FIG. 132. — Soupape Farcot (à l'échappement).

SS, soupape et son siège. — T, tige. — C, corolle à tige perforée.
E, échappement. — M, toile métallique.

silencieux, puis une toile métallique. A l'aspiration, qui correspond au plus grand bossage de la came, les orifices de la corolle mobile, dont la soupape est munie, se présentent devant ceux du tube d'arrivée et les gaz frais pénètrent dans le cylindre.

La carburation est assurée par un carburateur ordinaire, qui fournit le mélange à une nourrice circulaire, où chaque cylindre aspire à son tour, ou par injection directe. Le réglage se fait à la fois pour tous les cylindres.

Les poids respectifs des aéromoteurs, y compris le ventilateur, le dispositif d'allumage et d'aspiration sont :

10 HP, 2 cylindres.....	20 kilogrammes
15 HP, 4 —	28 —
30 HP, 8 —	40 —
50 HP, 8 —	55 —
100 HP, 8 —	95 —

IV. — LES AÉROPLANES MILITAIRES

Les ballons automobiles font partie, dès maintenant, de l'armement national et leurs applications militaires éventuelles sont prévues. Elles se résument dans l'exploration à grande distance et l'exécution du service des renseignements. Il n'y a pas lieu de s'arrêter, en effet, au rôle de combattant actif, rôle auquel nul appareil aérien ne se prêtera sans doute jamais sérieusement, à cause de la disproportion énorme qui existe entre la densité des moyens de destruction qu'il devrait emporter (obus, balles, etc.) et la densité ou la résistance de l'air.

Devenir et rester des agents d'investigation, des instruments d'information militaire, tel est le programme qui est offert aux ballons, programme vaste encore et difficile.

C'est précisément à ce même avenir que les aéro-

planes peuvent prétendre, et, sur ce terrain, l'avantage leur restera. Il suffit, pour s'en convaincre, de réfléchir aux conditions suivantes.

Un ballon automobile revient à 300.000 francs, par exemple ; un aéroplane, à moins de 50.000.

Le ballon dépense de l'hydrogène, à raison d'une cinquantaine de mètres cubes par vingt-quatre heures, pour un volume total de 3.000 mètres cubes. A terre, immobile, l'aéroplane ne dépense rien, n'a besoin de rien.

Le ballon réclame un hangar énorme, pour s'y réfugier, comme une barque de pêche rentre au port ; l'aéroplane peut rester en plein champ.

Une équipe de 50 hommes, au minimum, doit être entretenue pour le service courant d'un ballon ; 4 ou 5 suffisent à un aéroplane.

On pourrait poursuivre plus loin ce parallèle, sans modifier la conclusion où il conduit.

Il est permis d'affirmer qu'il ne manque plus à l'aéroplane que d'enlever régulièrement deux ou trois personnes et de parcourir plusieurs centaines de kilomètres, pour détrôner définitivement le ballon.

Sans doute, dira-t-on, tout est là ; mais quand verrons-nous les « plus lourds que l'air » effectuer pratiquement de semblables trajets ? La conviction des spécialistes est faite, sur ce point. Avant dix ans, le problème sera résolu. Que reste-t-il à trouver, en effet ? A proprement parler, rien. Dès qu'un appareil volant quitte le sol et n'y revient que faute d'eau froide ou d'essence, on peut affirmer que la solution complète du vol plané est proche ; les ingénieurs et les mécaniciens la donneront.

La difficulté essentielle en aviation, celle qui subsistera, après que toutes les autres auront disparu, à

une, c'est l'apprentissage du pilote. La bicyclette offre un exemple de ce genre, mais les dangers qu'on y court sont bénins, alors que le péril encouru par les aviateurs est grave. En outre, les manœuvres à faire, pour maintenir la machine volante en équilibre, sont plus délicates, deviennent moins facilement instinctives que celles des cyclistes. C'est une éducation de l'œil et de la main à acquérir par l'exercice. Pour apprécier le chemin à parcourir, il suffit de se rappeler l'inquiétude que ressentaient, il y a une vingtaine d'années, au passage des bicycles, les gens pour qui ce spectacle était nouveau. A force de voir s'enlever, évoluer et atterrir des planeurs, on saisira immédiatement la nature et les effets de leurs manœuvres et l'on n'aura plus qu'à préciser ces notions par l'expérience.

Quoi qu'il en soit, en supposant l'aéroplane devenu un instrument stable, propre à de longs parcours, il sera tout indiqué, pour accomplir une partie de la mission confiée en campagne à la cavalerie, c'est-à-dire transmettre des ordres et recueillir des renseignements. Sa vulnérabilité sera inférieure à celle d'un cavalier, en raison des difficultés du tir sur un but aussi mobile, aussi rapide et dont un point seul peut souffrir sérieusement des projectiles. Le blocus des places fortes deviendra une « expression stratégique », puisqu'on pourra en sortir et y rentrer, par-dessus les lignes d'investissement. Il y a là de quoi donner à réfléchir aux spécialistes, surtout si, comme nous le pensons, l'aviation bouleverse la vie sociale avant le milieu du xx^e siècle.

Parmi les problèmes encore loin de leur solution définitive en aviation, il faut citer celui du départ. La difficulté est ici proportionnelle au poids et au volume.

On sait combien les grands oiseaux ont de peine à s'envoler. Il leur faut courir, si possible, contre le vent, couvrir parfois une distance assez longue, avant d'avoir acquis la vitesse suffisante. C'est pourquoi, du reste, les gros rapaces habitent les hautes régions des montagnes, où se trouvent les escarpements à pic, d'où ils se laissent tomber pour s'envoler, n'ayant pas les jambes aptes à la course. Un vautour posé en pleins champs ne saurait s'élever sans une peine extrême.

Il en est exactement ainsi des aéroplanes. Trouveront-ils partout les surfaces roulantes, planes et libres, qui leur sont nécessaires? Cela n'aura pas lieu avant leur vulgarisation, qui amènera la création de pistes d'atterrissement et de départ, comme l'automobile a modifié sensiblement l'équipement des hôtels, sur les routes fréquentes. Mais, en campagne, il faudra se contenter de prairies, de champs en friche ou moissonnés, etc. Un aéroplane forcé d'atterrir dans une clairière sera immobilisé, à la merci des poursuivants: de même, dans les villages aux rues étroites, n'ayant que des places exiguës, etc.

Cette difficulté serait résolue, si l'on pouvait emprunter aux hélicoptères, qui demandent leur force sustentatrice à des hélices horizontales, ce dispositif accessoire. L'hélice à axe vertical servirait à s'enlever; puis, une fois atteint un certain niveau suffisant, on passerait au vol plané.

Quels que soient l'avenir et les dispositions qui prévaudront, le vol plané doit permettre des vitesses plus grandes que les vitesses réalisées par les autres moyens de transport et l'on peut raisonnablement entrevoir comme prochains de longs parcours à plus de 100 kilomètres de moyenne.

CHAPITRE XVI

ÉLÉMENTS DU PROBLÈME DE L'AUTOMOBILISME MILITAIRE

I. Aperçu sommaire des applications possibles. — Rôle des poids lourds. — II. Caractéristiques générales des camions automobiles militaires. — III. Trains, remorques ou camions. — IV. L'efficacité des transports mécaniques. — V. La mobilisation automobile.

I. — APERÇU SOMMAIRE DES APPLICATIONS POSSIBLES

Au même titre que le ballon, et, bientôt, l'aéroplane, il y a place pour l'automobile, dans les services d'une armée en campagne ; nous sommes, dès maintenant, en mesure de l'affirmer. On peut déjà répartir le matériel automobile militaire en trois classes,

1^o Voitures du commandement. — Ce service doit assurer le transport des généraux et de leurs états-majors, soit au moyen de voitures de tourisme, comme on fait depuis plusieurs années aux manœuvres, en France, en Allemagne, en Autriche, en Italie, etc., soit, simultanément, par ce moyen et par des omnibus légers, à créer et à aménager spécialement.

2^o Voitures armées et voitures techniques ou spéciales. — Dans les premières, il faut ranger les mitrailleuses des divers modèles, dont un a été décrit et discuté dans un chapitre antérieur. Dans les

secondes, on peut comprendre les voitures-projecteurs (*fig. 134*), les voitures télégraphiques, d'ambulance, etc. Une voiture-projecteur anglaise a été décrite sommairement. Quant aux voitures télégraphiques, elles méritent une mention plus détaillée, en raison du développement de la télégraphie sans fil aux armées.

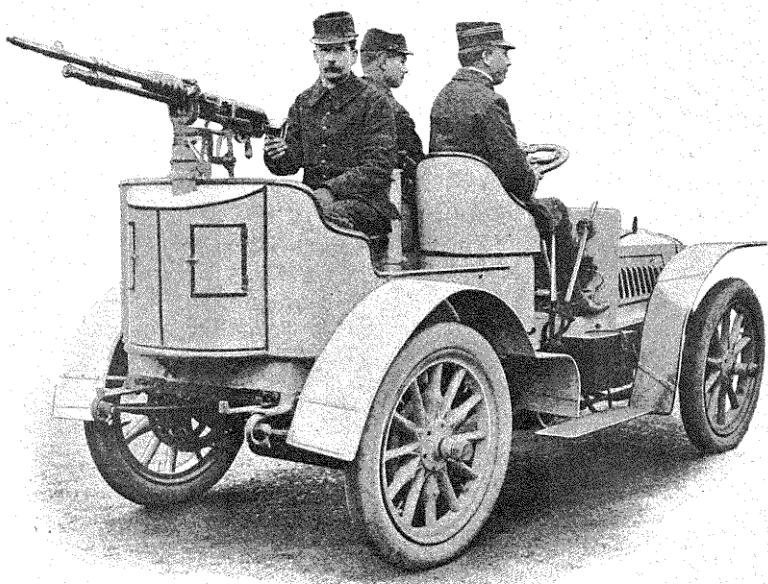
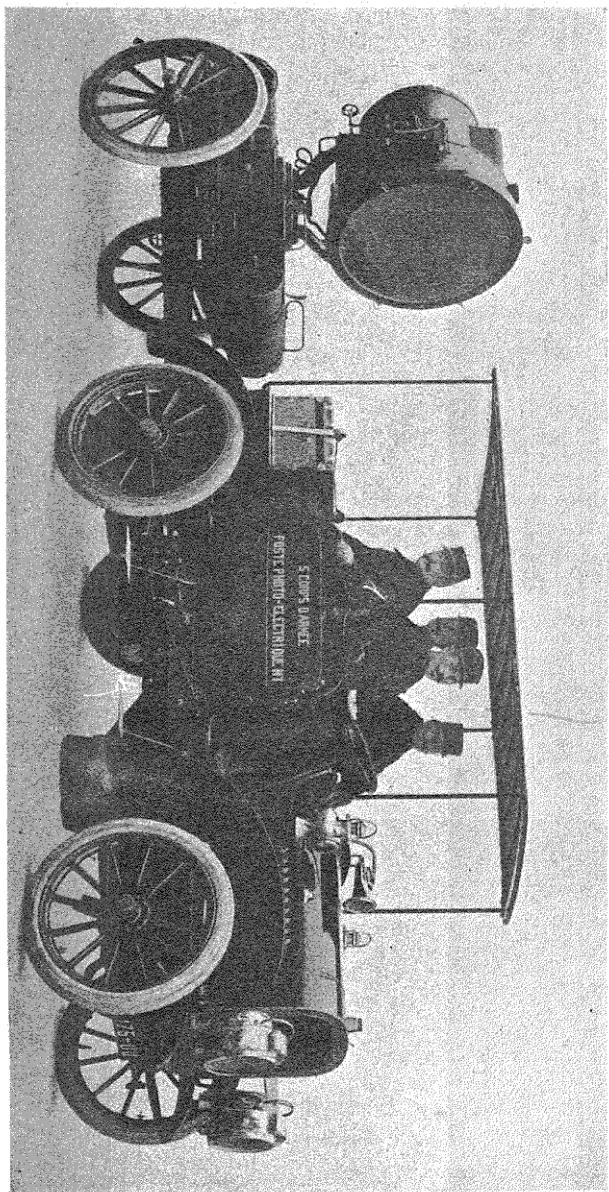


FIG. 133. — Mitrailleuse française au Maroc.

Un poste de télégraphie sans fil exige une source d'énergie assez importante, qui atteint environ 10 chevaux, pour communiquer sûrement à 100 kilomètres. Les moteurs transportables pouvant fournir cette puissance sont nécessairement du type automobile; d'où l'idée de constituer le poste lui-même par une voiture dont le moteur peut servir à deux fins; transport du matériel et du personnel du poste télé-

FIG. 134. — Un projecteur électrique sur automobile.



graphique, service du poste et production d'énergie électrique pour la transmission, pendant les stationnements.

En examinant soigneusement le problème, on voit qu'un matériel de poste complet, comprenant un alternateur, un transformateur, l'antenne, les condensateurs, la boîte de transmission et les accessoires, arrive environ au poids de 1.300 kilogrammes. Le personnel peut être limité à six hommes, y compris le chauffeur. La voiture pèsera, approximativement, 2.800 kilogrammes, avec la carrosserie et le matériel précédent; elle convient donc comme poste télégraphique, car elle peut posséder une mobilité suffisante et circuler sur tous les chemins et les ponts militaires. Le problème mécanique de l'utilisation d'un moteur unique, tantôt pour la propulsion, tantôt au service de l'alternateur, offre quelques difficultés; mais il a, croyons-nous, déjà été résolu plusieurs fois.

Quant à l'efficacité d'un tel poste, elle résulte de la nécessité où l'on est d'aller au loin recueillir les renseignements par la cavalerie d'exploration (ou de sûreté éloignée) qui les communique par pigeon, par estafette ou par télégramme optique, au général en chef. Aucun de ces procédés ne peut être comparé à un poste de télégraphie sans fil, qui pourrait se déplacer avec la cavalerie, ne demanderait jamais plus d'une demi-heure pour entrer en fonctionnement et maintiendrait constante la liaison du commandement supérieur avec les centres de renseignements.

Les voitures d'ambulance existent déjà pour le service des hôpitaux militaires urbains (*fig. 135*); mais elles seraient susceptibles d'un emploi efficace en campagne, en permettant l'évacuation de nombreux blessés, que la

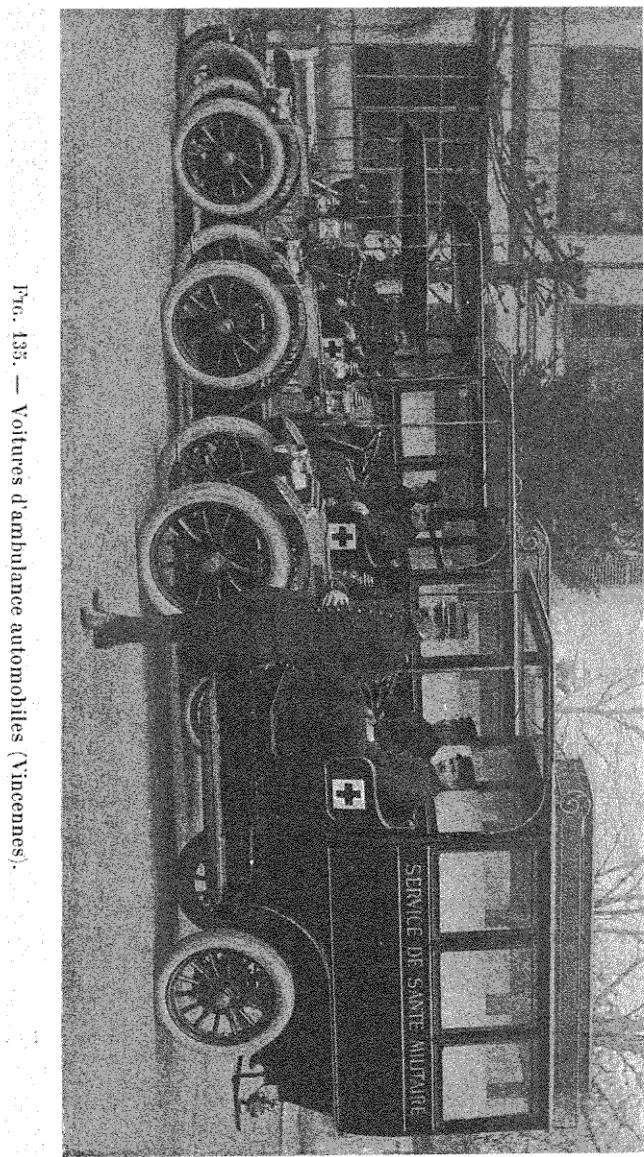


FIG. 135. — Voitures d'ambulance automobiles (Vincennes).

pénurie des moyens actuels, étudiés précédemment, oblige à ranger dans les non-transportables. Le modèle des figures 14 et 19 peut être considéré comme un exemple de ce qu'on peut réaliser pratiquement dans cet ordre d'idées.

3° Camions. — On a vu dans quelle mesure et pour quelles raisons les armées européennes s'intéressent aux camions mécaniques. Ils constituent, en effet, la principale innovation que l'automobile doit amener dans l'organisation des coulisses de la guerre, où leur présence doit introduire une élasticité et une liberté de manœuvre, qui tendaient à disparaître complètement, au fur et à mesure de l'accroissement des effectifs.

Le champ d'action des poids lourds s'étend sur l'ensemble des gros transports de ravitaillement et d'évacuation et à l'exécution des divers services d'alimentation, d'habillement, d'armement, de santé, etc. Beaucoup de types seraient nécessaires, pour remplir exactement en campagne ce programme multiple. La diversité des besoins industriels, dans les villes et dans les campagnes, amènera nécessairement une diversité suffisante dans la construction automobile, pour que l'on n'ait, d'ici quelques années, qu'à prendre où ils seront au moment du besoin, les types appropriés à chacun des services militaires. Ce qu'on peut espérer, c'est qu'on les rencontrera à coup sûr, en parcourant la gamme des modèles courants, depuis les omnibus urbains, jusqu'aux camions les plus lourds.

Quoi qu'il en soit, les derniers étant de beaucoup les plus intéressants pour les armées, c'est à eux que se rapportent les développements qui vont suivre.

**II. — CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES
DES CAMIONS AUTOMOBILES MILITAIRES**

Nous avons fait, dans les chapitres précédents, la description de quelques types des plus caractéristiques, parmi les poids lourds actuels. Malgré l'intérêt qu'ils



FIG. 136. — Camion à vapeur, chargé d'eau potable pour le ravitaillement des troupes. (Manœuvres de 1907.)

présentent pour elles, toutes les armées ne peuvent songer à s'équiper entièrement en camions mécaniques, parce qu'ils devraient attendre dans des magasins le jour où la mobilisation générale les tirerait de leur inaction. A ce moment, ils risqueraient d'être démodés, hors d'état de servir et d'être servis par leurs conducteurs éventuels.

Cependant les armées s'efforcent, ainsi qu'on l'a vu,

d'imprimer à la locomotion mécanique militaire, une impulsion qui ne peut manquer d'être utile à leurs besoins. En effet, au moment de la mobilisation, la réquisition des camions automobiles permettra de constituer immédiatement et dans les meilleures conditions les services dont une armée a besoin, pourvu que : 1^o ces véhicules existent en nombre suffisant; 2^o leurs caractéristiques soient suffisamment voisines d'un type déterminé, que nous désignerons sous le nom de *type militaire ou normal*. C'est pourquoi l'armée encourage chez nous les industriels à employer les nouveaux moyens de transport, espérant que les camions mis en service pour des besoins privés seront utilisables, tels quels, par les armées en campagne. En France, l'administration militaire dispose de plusieurs moyens d'action, dont elle a usé déjà; ce sont les primes et l'achat direct. Les primes, d'une valeur totale de 20.000 francs environ, sont allées, en 1906, en 1907 et elles vont encore, en 1908, aux camions qui, prenant part à des concours publics, remplissent exactement certaines conditions exigées : 4 tonnes de charge par essieu, au plus; rapport du poids utile au poids total égal à 0,5, au moins; aptitude à brûler indifféremment l'essence et l'alcool carburé, etc. L'achat direct, en soulageant les constructeurs des frais que leur cause la participation aux épreuves, permet d'expérimenter, sans dépense exceptionnelle, le matériel mécanique, dans les services militaires du temps de paix. Le but visé par cette politique est déjà atteint en partie : la notion du camion militaire se précise peu à peu et les constructeurs la dégageront insensiblement des expériences répétées entreprises depuis plusieurs années. Les industriels ont tout bénéfice à

cette orientation, car les véhicules ne peuvent que gagner à être établis en vue de servir aux armées, dont les besoins sont identiques à ceux de l'industrie et plus impérieux encore.

Avant de chercher à préciser les caractéristiques des camions militaires, il est utile de revenir sur le rôle qu'on leur attribuera en campagne. On ne peut guère songer à confier aux camions mécaniques un service régimentaire. En effet, les fourgons des compagnies, par exemple, doivent suivre à travers champs les unités qu'ils desservent ; de plus, ils seront affectés à l'exploitation intensive des ressources locales. Cette mission les entraînera souvent dans des chemins inaccessibles à l'automobile, ou tels que la traction mécanique y perdrat le plus clair de ses avantages. Le camion militaire, pour être vraiment efficace, ne doit pas s'écartier du terrain ferme, où il est sans rival. Il ne faut pas en conclure que les trains régimentaires n'éprouveront aucun soulagement, à la suite de l'emploi de camions mécaniques. Dans l'état actuel, l'expérience des manœuvres conduit à penser que le service des fourgons régimentaires résisterait difficilement à une campagne un peu dure. Tous les à-coups dans la fixation des cantonnements ou des points de ravitaillement, tous les imprévus dans les marches, et, *a fortiori*, dans le combat, se traduisent, en définitive, pour les fourgons, par des kilomètres supplémentaires et des parcours inopinés à travers champs. Pour tenir compte de ces deux nécessités : utilisation optima des camions automobiles et soulagement des fourgons, on peut limiter le service des premiers aux chemins à deux traits de la carte au 1/80000. Ces chemins, en y comprenant, dans certains cas, ceux où l'un des deux traits est en

pointillé, dessinent sur le terrain un réseau suffisamment serré, pour que le service des fourgons devienne possible, sans fatigues exagérées, les camions pouvant approcher ainsi de fort près les unités à ravitailler.

Poids utile et poids total. — Ce qui précède étant admis, on a constaté que les routes ordinaires peuvent supporter, sans en souffrir, le passage de charrois limité à 8 tonnes pour deux essieux, à raison de 18 kilomètres à l'heure, au maximum. Il faut donc adopter ces limites, surtout pour des camions à roues ferrées à l'arrière ; nous verrons plus loin qu'elles permettent une intensité de trafic très satisfaisante. Le rendement moyen des camions à deux essieux ou rapport du poids utile au poids total, varie de 0,50 à 0,65. La charge utile courante compatible avec les routes, est ainsi d'environ 4.000 kilogrammes, pour les véhicules à quatre roues. C'est aux environs de ce chiffre qu'il convient de rester, afin de tirer du camion automobile tout le profit possible.

Adhérence. — Les roues motrices auront des bandages en fer, on a déjà vu pourquoi. Cette condition conduit à étudier soigneusement la répartition des poids sur les deux essieux, à vide et en charge. On sait que l'adhérence du fer sur les pavés humides est presque nulle ; il y a donc lieu de donner un porte-à-faux très net à la plateforme vers l'arrière. Le poids adhérent est, en général, les 2/3 du poids total ; l'expérience a montré que c'est là un chiffre quelquefois insuffisant, il ne faut pas craindre d'adopter un rapport intermédiaire entre 2/3 et 3/4.

Transmission. — Un seul type est à rejeter, le cardan longitudinal. Les chaînes ou les cardans transversaux conviennent, à peu près également, au service des poids lourds. Pour les premières, des carters protecteurs satisfont mieux aux conditions sommaires d'entretien du matériel en campagne. Pour les seconds, une construction spécialement robuste et une étanchéité minutieuse des joints sont indispensables. *A priori*, les cardans doivent se tirer mieux des ter-



FIG. 137. — Concours de 1908. Camion lourd avec roues ferrées à l'arrière (charge utile : environ 4 tonnes).

Au milieu, treuil mécanique, actionné par le moteur. — Moteur : 4 cylindres, benzol, 30 chevaux.

rains boueux que les chaînes, qui y sont parfois plongées, d'où des ruptures au démarrage.

Le moteur. — Il sera le plus simple possible et aura pour les gros camions quatre cylindres, avec deux allumages distincts par piles et magnéto. L'allumage par bougie, à l'heure actuelle, est aussi sûr que l'allumage à basse tension, par rupteurs mécaniques ; de plus, la bougie supprime le réglage minutieux des

organes de commande des rupteurs ; enfin, elle est infinitéimellement plus simple à changer. Il existe même des modèles de bougies, à rupture magnétique, qui ont tous les avantages des rupteurs, sans en procurer les sujétions. C'est donc l'allumage par bougie qu'on recherchera, avec un distributeur simple et surtout facile à réparer. Le carburateur sera automatique et muni de tous les organes susceptibles de faciliter la substitution des divers combustibles, dans la mesure où cette aptitude n'entraînera pas de complications exagérées. On devra, par exemple, pouvoir carburer l'alcool, pur ou à 50 0/0 de benzol, l'essence ordinaire et le benzol. On a vu précédemment, au chapitre des *Combustibles*, qu'il y a encore un certain chemin à parcourir, avant d'atteindre ce résultat.

On munira les arbres à cames du dispositif supplémentaire, destiné à faire fonctionner le moteur comme frein ; c'est là un avantage absolument précieux pour les camions militaires, qui devront pouvoir marcher partout en colonne, à intervalles fixes ; la mise en marche automatique à l'air comprimé sera recherchée également, pour des motifs déjà examinés, pourvu qu'elle soit simple et absolument robuste.

Vitesse, puissance, approvisionnement. — Les camions militaires lourds auront quatre vitesses, la plus grande étant de 18 kilomètres en palier. Un moteur de 30-35 chevaux effectifs est suffisant ; il consommera environ 1 litre par 5 kilomètres ; le réservoir devra, par suite, contenir, au moins, 50 litres de combustible. On devra pouvoir facilement démarrer dans les côtes à 10 0/0, qui se rencontrent fréquemment

sur les chemins où nous avons admis la circulation des camions militaires.

Détails de construction. — En principe, on recherchera les organes automatiques pour le graissage, la carburation, l'avance à l'allumage. On renfermera dans des carters tous ceux qui souffrent de la boue et de la poussière ; on réduira les commandes au minimum : deux pédales pour l'embrayage et le frein au pied ; une manette pour le carburateur ; pas d'avance réglable, pas d'accélérateur au pied, pas de rampe de graissage, mais un indicateur exact et sensible de la pression d'huile, avec des viseurs commodes, au besoin. On n'abusera pas des roulements à billes, ou bien on se résignera à les prendre un peu gros, pour réduire les chances de rupture. On exigera deux balladeurs et la prise directe en grande vitesse.

La direction sera massive, les fusées spécialement robustes, la barre d'accouplement en avant de l'essieu, parce qu'elle y travaille à l'extension. Le braquage maximum des roues avant sera très grand, pour faciliter les mouvements d'entrée et de sortie des magasins et des arsenaux. Les plateformes seront larges de 2 mètres à 2^m,20, hautes de 1^m,30 environ pour faciliter la manutention à quai ; les bords seront à rabattement sur les côtés et vers l'arrière. L'avant portera un dispositif d'attelage et l'arrière un crochet articulé, pour la remorque éventuelle.

III. — TRAINS, REMORQUES OU CAMIONS

Les véhicules qu'on utilisera au cours de la prochaine guerre seront, presque en totalité, des camions mobi-

lisés. Leur nature dépendra donc plus des préférences personnelles manifestées en temps de paix par les industriels qui les auront cédés à l'État que des convenances militaires, malgré l'étroite analogie déjà signalée, entre les conditions économiques des entreprises particulières et celles des services de l'armée. En admettant que cette analogie devienne une identité, ou, ce qui revient au même, en supposant qu'on étudie l'équipement logique des armées, on serait amené à discuter, *a priori*, les avantages des divers systèmes, trains, remorques ou camions.

Les trains. — A l'actif des trains automobiles, il faut porter leur faible longueur, pour un tonnage donné, leur personnel réduit, leur homogénéité complète, leur conduite et leur surveillance faciles. D'un autre côté, ils sont incompatibles avec les fractionnements que les circonstances peuvent exiger; ils sont moins maniables que des camions; un accident à leur moteur arrête en chemin une quantité considérable d'approvisionnements et peut avoir une répercussion importante sur les ravitaillements. Ces divers arguments pourraient prêter à discussion, et l'on aboutirait peut-être à y voir l'organe normal des transports militaires. Mais il faut remarquer tout de suite que les trains Renard, à coup sûr les mieux conçus de tous les trains routiers, n'ont pas encore pris une extension pratique suffisante, pour qu'on ait à envisager prochainement leur généralisation aux armées, par suite d'une mobilisation. Il n'y a même pas d'espoir qu'ils se multiplient très vite, parce qu'ils ne conviennent qu'à des sociétés de transport et que les particuliers, entrepreneurs, usiniers, commerçants ne s'en serviront jamais.

Les remorques. — L'idée de faire traîner un camion ordinaire par un camion automobile paraît séduisante, à cause du rendement élevé qu'on peut atteindre et de l'économie d'hommes et de matériel qui en résulte. L'expérience est malheureusement peu favorable à l'adoption systématique des remorques. Elles constituent une source continue de pannes et d'accidents. L'adhérence considérable qu'elles exigent dans le camion tracteur conduit à lui donner un poids exagéré ; la vitesse commerciale de l'ensemble, sur de bonnes routes, tombe alors facilement à 8 kilomètres environ, par suite des ralentissements amenés par les côtes ; dans les pays accidentés, les remorques automobiles seraient pratiquement sans intérêt. Une amélioration sensible est obtenue, en constituant la remorque par un camion à deux roues, avec prépondérance notable de la charge sur l'avant. Par ce procédé, en effet, un camion tracteur léger, pourvu d'un moteur puissant, acquiert, quand on lui attelle une remorque, une adhérence suffisante sur l'essieu arrière. Notons ici qu'on se rapproche alors des châssis à six roues, dont on a étudié précédemment les réels avantages. Néanmoins, les oscillations du dispositif d'accrochage, dans les virages un peu courts, le freinage, dans les descentes, les mouvements de lacet imprimés à l'essieu moteur par les réactions du crochet d'attelage, toutes ces causes fatiguent outre mesure le matériel et n'ont de compensation que dans la charge utile transportée. Cet avantage lui-même est rendu illusoire par la vitesse très faible réalisée. En somme, la remorque ne doit être considérée que comme une ressource de plus à utiliser par les véhicules immobilisés après un accident.

Les camions. — C'est donc aux camions ordinaires qu'on est ramené par ces éliminations successives. On les utilisera d'autant mieux qu'ils se rapprocheront plus du prototype dont on vient de déterminer les constantes principales. On tirera bon parti notamment des camions à six roues, comparables aux remorques par leur rendement élevé, mais qui ont un encombrement moindre, une solidité, une maniabilité et une vitesse moyenne très supérieures. C'est-là, même au point de vue de la conservation des routes, un type dont il faut souhaiter le développement rapide et la vulgarisation.

IV. — L'EFFICACITÉ DES TRANSPORTS MÉCANIQUES

Considérons, dans diverses hypothèses, le trafic en tonnes-kilomètres que peuvent assurer les camions ordinaires :

1^o Chargés à raison de 4 tonnes (ce qui permet de répartir sur 4 camions identiques le chargement d'un camion de 5 tonnes, immobilisé accidentellement), les camions mécaniques peuvent toujours marcher normalement dix heures par jour, à raison de 12 kilomètres à l'heure. Le trafic moyen s'élève ainsi à 480 tonnes-kilomètres par véhicule. Les fourgons à chevaux, chargés à 1.000 kilogrammes, parcoururent au maximum 30 kilomètres en une journée, ce qui correspond à 30 tonnes-kilomètres, le $\frac{1}{20}$ du trafic d'un camion.

2^o L'expérience des concours de véhicules industriels a montré que la plupart d'entre eux ont effectué quotidiennement, pendant plusieurs semaines, des parcours supérieurs à 150 kilomètres. En effet, la durée de la

Marche des fourgons est limitée par la fatigue des chevaux ; les camions peuvent, au contraire, rouler douze, quinze, vingt heures au besoin. Il suffit, pour que le service n'en souffre pas, que le personnel conducteur ait un temps de repos suffisant : sept heures sur vingt-quatre, plus deux heures consacrées à l'entretien du véhicule. On peut alors, avec une seule équipe de conducteurs, faire des marches quotidiennes de quinze heures, à 12 kilomètres de moyenne, et cette distance n'a rien d'exagéré. Le trafic réalisé s'élève ainsi à 720 tonnes-kilomètres, c'est-à-dire 24 fois celui d'un fourgon à chevaux portant 1.000 kilogrammes de charge utile.

3^e Enfin, dans des circonstances exceptionnelles, alors qu'il serait impossible d'élever sensiblement la vitesse moyenne des convois à chevaux, ni la durée des étapes, on pourrait, en relevant les conducteurs chaque jour, leur faire exécuter des marches de dix-huit et vingt heures, à 13 ou 14 kilomètres de moyenne, sur des routes favorables. Il resterait de quatre à six heures, à consacrer au chargement et au déchargement des camions. Les parcours pourraient atteindre alors de 250 à 280 kilomètres, et le trafic correspondant pourrait s'élever de 1.000 à 1.120 tonnes-kilomètres utiles, soit de 33 à 38 fois le trafic d'un fourgon. Ces parcours pourraient correspondre, soit à un seul voyage, ce qui est peu probable, étant donné la densité du réseau ferré, soit à deux voyages aller et retour, comportant le transport de matériel de ravitaillement à l'aller, d'évacuation, au retour, sur une longueur de 125 à 140 kilomètres. C'est là, actuellement, la limite supérieure du travail qu'on pourrait accomplir en campagne.

Pratiquement, il faudra s'attendre à ce que les par-

cours restent limités, en général, à 80 ou 100 kilomètres. Dans cette mesure, le voyage d'aller et retour est possible, d'une façon normale, pour chaque camion du type militaire. En supposant que la longueur moyenne des routes d'étapes soit de 50 kilomètres, le poids total d'un jour de vivres pour un corps d'armée étant de 140 tonnes environ, le trafic moyen à assurer sur la route d'étapes est de 7.000 tonnes-kilomètres par jour. Des camions faisant deux fois le voyage aller et retour (ce qui suppose de bonnes routes et peu de côtes) fourniraient chacun 400 tonnes-kilomètres, avec deux voyages à vide; 18 camions seraient alors suffisants pour un corps d'armée. En doublant ce matériel, pour prévoir une alternance dans le service, on arrive à moins de 40 camions par corps. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

V. — LA MOBILISATION AUTOMOBILE

On a envisagé, dans les divers pays d'Europe, l'éventualité d'une mobilisation automobile. La base de cette opération, qui doit être préparée et réglée par une loi spéciale, est la conscription, appliquée aux voitures automobiles, comme elle l'est aux chevaux. Une des difficultés réside dans l'évaluation des indemnités à accorder aux propriétaires, en cas d'achat, et dans l'échelonnement des versements à effectuer par l'Etat. Il appartient à l'administration des armées d'élaborer les projets de lois relatifs à cette question, en favorisant les véhicules plus propres que les autres aux divers services des armées.

Quel que soit le mode de conscription adopté, l'emploi

des voitures mécaniques aux transports militaires doit nécessairement amener une refonte complète du train des équipages qui attelle les divers convois. Il semble tout indiqué, afin de simplifier l'organisation, qu'on laisse au train la mission d'exécuter tous les transports, tant par voitures à chevaux qu'au moyen de camions mécaniques. Mais le recrutement du personnel de cette arme, en hommes de troupe, sous-officiers et officiers, doit subir des modifications importantes, plus faciles, toutefois, que ne le serait la création de toutes pièces d'un corps nouveau, dont l'action, parallèle à celle du train, pourrait se confondre souvent avec cette dernière, au préjudice du rendement de l'ensemble.

Parmi les conséquences de ces transformations, il faut citer la répartition dans les corps de cavalerie des hommes et des chevaux devenus disponibles, après la réduction des effectifs. En même temps, on emploiera sans doute, comme mécaniciens et aides, beaucoup d'hommes de complexion délicate, versés aux services auxiliaires. Sans pénétrer plus loin dans le détail du programme ainsi ébauché, on peut constater, dès maintenant, qu'il conduit à adopter des dispositions analogues à celles qui ont été prises en Italie, où l'on a créé la section d'automobilistes militaires. Le personnel correspondant, classé, par exemple, en aides, conducteurs, chefs de parc et de convoi, devra posséder des connaissances spéciales, non seulement sur la pratique des voitures automobiles, mais sur la marche en convoi, la géographie, la lecture des cartes et l'organisation des services de l'arrière.

On peut se demander si, dès maintenant, un pays tel que la France tirerait un profit notable des voitures automobiles existantes. Le nombre des camions néces-

saires au ravitaillement d'une armée de quatre corps serait approximativement de 160, pour l'intendance seulement. Il faudrait doubler ce chiffre, pour tenir compte des munitions et du matériel de remplacement, soit 300 camions, environ, pour 4 corps. En tablant sur 20 corps mobilisés effectivement à la frontière, on arrive à un total de 1500 camions. C'est là plus qu'il ne serait possible d'en mobiliser aujourd'hui. Il y a tout lieu de penser que cet état de choses se modifiera rapidement, pourvu que les poids lourds, déjà à peu près au point, acquièrent de plus en plus, comme ils le méritent, les faveurs des industriels avisés.

CHAPITRE XVII

L'AUTOMOBILE ET LA MOBILITÉ DES ARMÉES

- I. La mobilité et son importance. — II. Constitution actuelle des colonnes. — Marches, parcs et convois. — Le trafic sur les routes d'étapes. — III. Organisation des transports militaires automobiles. — Intendance. — Artillerie. — IV. Le dégagement des routes.

I. — LA MOBILITÉ DES ARMÉES ET SON IMPORTANCE

La mobilité des armées passe, depuis longtemps, pour leur qualité maîtresse ; Napoléon en a laissé à la fois la théorie et les exemples les plus probants. « *Lorsque, avec de moindres forces, je me trouvais en présence d'une grande armée, groupant avec rapidité la mienne, je tombais comme la foudre sur l'une de ses ailes et je la culbutais... Je la battais ainsi en détail et la victoire, qui en était le résultat, était toujours, comme vous voyez, le triomphe du grand nombre sur le petit.* » (Bonaparte à Moreau.)

La mobilité permet donc de réaliser ce paradoxe apparent : être les plus nombreux, partout où cela est nécessaire, avec des effectifs inférieurs ; il faut être le plus fort sur un seul point, au moment opportun.

Ces principes régissent les manœuvres à faible rayon, préliminaire immédiat d'un combat, au même titre que les grands mouvements statégiques, prélude des gigantesques engagements de la guerre moderne.

La mobilité des armées ne doit pas s'entendre seulement de leur aptitude à la marche, encore moins de la souplesse de leurs formations sur le champ de bataille. Ce sont là, évidemment, des éléments essentiels, mais il faut rechercher encore la mobilité dans les organes non combattants. Dans un grand nombre de cas, d'eux seuls dépendra la mobilité générale de l'ensemble. Dès qu'ils ne seront plus aptes à fonctionner, l'armée sera gênée dans ses évolutions ; sa vitesse, où le succès de la guerre était attaché, se trouvera diminuée et l'ennemi lui échappera.

Souvent un mouvement hardi sur le flanc de l'adversaire ou une pointe audacieuse auraient changé le sort d'une guerre et l'on s'étonne qu'une telle manœuvre n'ait pas été tentée ; mais, à regarder de plus près, les convois manquaient, les munitions étaient épuisées, le pays à parcourir dévasté ; ce sont là les causes réelles, invisibles sur une simple carte, qui ont fait abandonner l'idée d'une action facile en apparence.

Plus les effectifs croissent, plus la densité des troupes s'élève et plus les organes de ravitaillement et d'évacuation prennent d'importance. La mobilité devient ainsi de plus en plus précaire, puisqu'elle est à la merci d'une diminution momentanée dans le rendement d'organes de plus en plus compliqués. L'accroissement parallèle de l'encombrement et du poids de l'armement, joint à celui de la consommation des munitions, aggrave cet état de choses. Une armée pourvue de tout ce qu'on a imaginé de plus récent, en fait d'armes et d'outils, est un organisme infiniment compact et peu maniable. Il lui faut beaucoup de temps et des circonstances favorables pour faire jouer complètement toutes les pièces du mécanisme ingénieux qu'elle représente.

Dans ces conditions, la supériorité d'un adversaire rustique, mais très mobile, devient écrasante. Il rendra inutile, par des manœuvres incessantes, tous les avantages du nombre et évitera toujours, par le mouvement, un corps à corps désavantageux.

Les facteurs de cette mobilité sont nombreux. En première ligne, il faut citer une organisation simple, des voies nombreuses, en bon état, et un matériel à grand rendement dans les services des transports. Il convient aussi que le groupement des diverses unités et leur composition favorisent leurs déplacements.

Enfin, des méthodes de ravitaillement en exacte harmonie avec le matériel employé et un entraînement sérieux du personnel sont également nécessaires. Toutes ces conditions sont loin d'être réalisées à la fois en campagne. Dans la plupart des armées européennes, à côté d'un armement des plus récents et des plus efficaces, on rencontre encore un matériel qui est celui d'il y a trente ans et des méthodes qui n'ont pas varié, depuis la même époque. Des raisons d'économie ont, la plupart du temps, empêché les transformations qui auraient été salutaires.

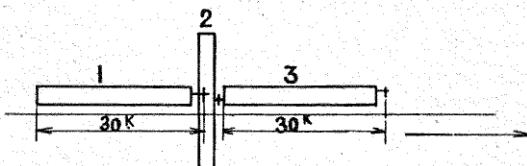
On rencontre des mitrailleuses, des canons à tir rapide, précis comme des instruments de physique, et, à côté, des fourgons, des chariots, des cacolets, que les armées de la Révolution ne désavoueraient pas.

Il est bien clair que, telle qu'elle existe dès maintenant, la voiture automobile est susceptible d'une heureuse utilisation pour tous les besoins militaires, sous leur forme présente. Mais elle peut conduire à quelque chose de plus : *la transformation complète des principes du ravitaillement*.

II. — CONSTITUTION ACTUELLE DES COLONNES
MARCHES, PARCS ET CONVOIS
LE TRAFIC SUR LES ROUTES D'ÉTAPES

Les armées marchent sur les routes, loin du contact de l'ennemi, en colonnes formées d'après des règles très précises et soumises, pendant leurs déplacements, à des prescriptions minutieuses. Une semblable réglementation, fruit d'une expérience fort longue, a pour but de réduire à leur minimum respectif la fatigue des hommes et des chevaux, les désordres, les accidents, l'allongement des colonnes, et, enfin, les effets d'une attaque inopinée. Un corps d'armée occupe ainsi, sur une route, avec tous ses éléments, une longueur de 30 kilomètres et met plus de sept heures à s'écouler, à raison de 4 kilomètres à l'heure.

Ces nombres élevés constituent l'une des plus sérieuses difficultés de l'art militaire. Il faut en tenir compte très exactement, dans la répartition des cantonnements, si l'on veut conserver des troupes homogènes et ne pas imposer à certaines fractions des fatigues excessives¹.



Marche d'un Corps d'armée

FIG. 138.

Un corps d'armée, qui avait au cantonnement de la veille (fig. 138) la formation 1 le long d'une route (*cant-*

1. Marche de Châlons sur Sedan (août 1870).

tonnement en profondeur), mettra toute la journée du lendemain à prendre la formation 2 (*cantonnement en largeur*). Dans ce mouvement, les éléments de tête n'auront pas bougé; ceux de l'arrière-garde auront fourni une étape de 30 kilomètres. Le jour suivant, le corps d'armée cantonnera, par exemple, dans la formation 3; si les éléments qui étaient en queue le premier jour sont en tête le soir du troisième, ils auront fait ainsi 60 kilomètres, pendant que les autres auront plus ou moins marqué le pas.

Colonne de corps d'armée. — Une colonne de corps d'armée (fig. 129) comprend toujours deux par-

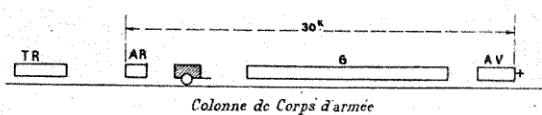


FIG. 129. — Corps d'armée en marche.
AV, avant-garde. — G, gros. — AR, arrière-garde. — TR, trains régimentaires.
(Le train de combat est figuré entre le gros et l'arrière-garde.)

ties principales : 1^o la *colonne de combat*; 2^o les *trains régimentaires*. La colonne de combat est composée des troupes et du *train de combat* (voitures de munitions et d'outils, médicales, à viande; ambulances, un ou deux échelons du parc d'artillerie de corps, parc du génie et compagnie d'équipage de ponts). Le train de combat marche entre les troupes et l'arrière-garde; il est ainsi incorporé dans la colonne. Les trains régimentaires comprennent les fourgons à vivres, à deux chevaux, les fourgons à bagages, etc.; en principe ils marchent immédiatement après l'arrière-garde; toutefois, à proximité de l'ennemi, les trains sont, en général, maintenus à distance (à 10 kilomètres, par exemple).

Parcs et convois. — Les parcs et convois forment une colonne distincte qui marche, à environ une étape du corps d'armée et qui renferme : le reste du parc d'artillerie (3^e échelon), le groupe des hôpitaux de campagne, le convoi administratif, la boulangerie et le dépôt de remonte mobile.

La longueur des principaux éléments qui entrent dans la constitution des colonnes donne la mesure de leur maniabilité.

UNITÉS	LONGUEURS
1^o TRAIN DE COMBAT :	
Parc de Corps { 1 ^{er} échelon	2.000 mètres
(Artillerie) { 2 ^e —	4.000 —
Génie, équipage de ponts	900 —
Parc de Corps (génie)	200 —
Ambulance de Corps	500 —
Ambulance de Division	420 —
2^o TRAINS RÉGIMENTAIRES :	
Du Quartier général du Corps	400 —
Du Quartier général d'une Division	475 —
D'un régiment d'Infanterie	220 —
D'un groupe d'Artillerie	200 —
De l'Artillerie de Corps (4 groupes)	700 —

Quant aux autres éléments, ils ont les longueurs suivantes:

Section de parc d'artillerie d'armée.	4.000 mètres
Convoi administratif.....	6.470 —
Boulangerie de 32 fours avec son convoy de 100 voitures.....	2.400 —

On voit par là ce que représente, dans la zone des routes d'étapes, le mouvement créé par la présence de

plusieurs corps d'armée se déplaçant en colonne et se ravitaillant par l'arrière.

Les convois forment, en général, des files interminables de véhicules fractionnées par 10 ou 12 et animées d'une vitesse très faible, celle des colonnes d'infanterie qu'ils suivent (4 kilomètres).

La longueur de ces files rend leur surveillance et leur protection fort difficiles. C'est pourquoi elles constituent la proie désignée de la cavalerie ennemie. Remarquons qu'il en serait tout autrement, si l'on pouvait leur imprimer une vitesse moyenne de 12 kilomètres, qui est légèrement supérieure à la vitesse moyenne de la cavalerie elle-même (9 kilomètres).

La suppression des convois, ou, à défaut, leur réduction et un accroissement sérieux de leur vitesse, tels sont les premiers résultats que l'on doit viser.

Le trafic sur les routes d'étapes. — Il n'est pas inutile de préciser par quelques données numériques l'intensité de l'encombrement des routes d'étapes qui résulte des chiffres précédents.

Dans l'état actuel, un corps d'armée de 30.000 hommes exige 180 voitures par jour de vivres, soit 360, quand il se déplace en avant, puisque, dans ce cas, il faut quotidiennement expédier deux jours de vivres. Une armée de quatre corps exigera, dans ces conditions, l'envoi quotidien de 1.440 voitures, sur les routes qui la desservent.

Le ravitaillement en munitions, matériel, fourrage, etc., pourra atteindre le même chiffre. Il passera donc, en tout, 3.000 voitures sur les routes affectées à cette armée. S'il n'y a qu'une route, ce qui arrivera fort souvent, les 3.000 voitures y formeront une colonne continue de 30 kilomètres de longueur.

En sens inverse, devra circuler une colonne égale, formée des voitures vides, des évacuations sanitaires, des prisonniers, etc.

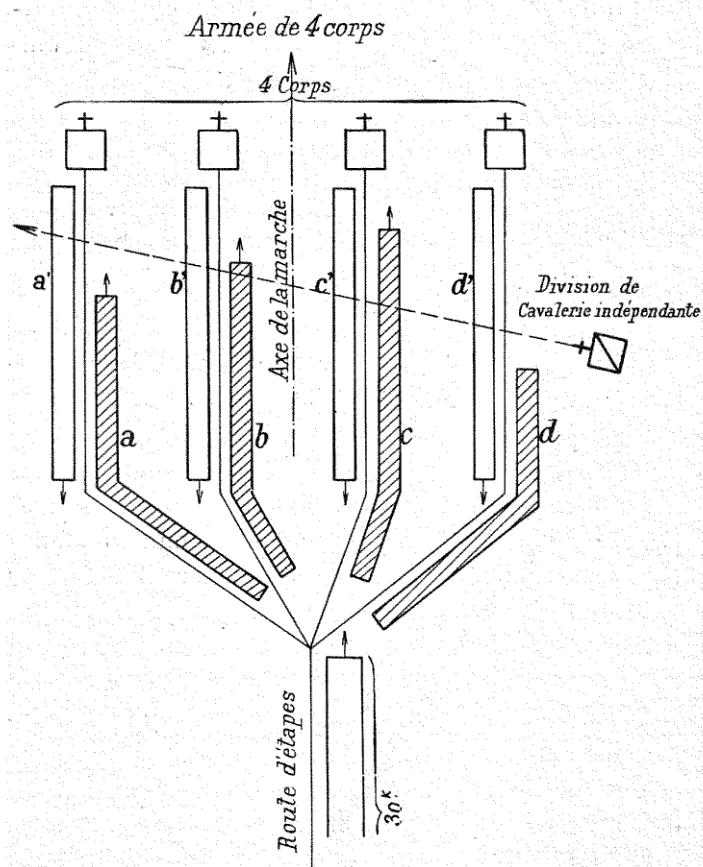


FIG. 140. — Encombrement des routes à l'arrière d'une armée.

L'aspect de la région d'opérations sera donc celui de la figure 140. Que, à ce moment, une conversion devienne nécessaire, ou qu'un corps indépendant, une division

de cavalerie, par exemple, se présente en flanc, avec mission de se porter au plus vite à l'extrême gauche, on mesure aisément la confusion et le désarroi où cette simple opération peut jeter les services de l'arrière, dès que des circonstances défavorables (boue, neige, pénurie d'attelages, montagnes) se présenteront.

En somme, dans l'état actuel des choses, qui est le même pour toutes les armées, les convois encombrent les routes d'une façon *permanente et intégrale*, parce qu'ils sont à la fois trop *lents* et trop *longs*.

On peut même se demander si, avec les effectifs prévus, on pourrait seulement les constituer tous, depuis le convoi administratif, jusqu'aux convois éventuels.

La réponse à cette question est facile à imaginer, en songeant que tous les états-majors suivent anxieusement l'évolution de l'automobilisme. Il est donc naturel d'examiner si là n'est pas la *seule* solution pratique.

III. — ORGANISATION DES TRANSPORTS MILITAIRES AUTOMOBILES

Pour chercher les bases d'une nouvelle organisation, les éléments à considérer sont : l'encombrement, le poids utile, la vitesse de marche des camions mécaniques.

1^o L'encombrement de chacun d'eux est au plus égal à celui d'une voiture à deux chevaux (11 mètres) ;

2^o Le poids utile moyen peut varier énormément avec la nature des camions. Si l'on veut obtenir un fonctionnement pratique, on doit s'en tenir au type

examiné dans le chapitre précédent, type qui portera 4 tonnes et pourrait, au besoin, en porter 5. Il est bien entendu que ce modèle représente la *limite supérieure* compatible avec les routes, telles qu'on les rencontre dans l'Europe centrale, et, aussi, avec l'état actuel de l'industrie automobile.

Il est hors de doute qu'on sera amené à utiliser des camions plus légers¹; mais il vaut mieux étudier le rendement du modèle le plus lourd, pour apprécier,

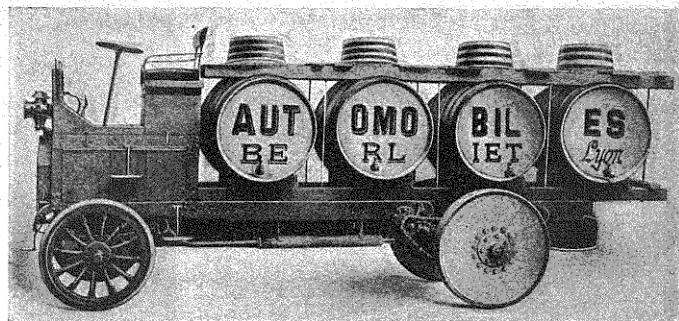


FIG. 141. — Camion porteur d'eau potable. (Langres, 1906.)

dans toute leur étendue, les conséquences militaires de la traction mécanique.

En évaluant à 800 kilogramme la charge courante des véhicules à chevaux actuellement en service, on voit qu'un tel camion *vaut*, en moyenne, cinq de ces véhicules et est sensiblement plus court; un convoi d'automobiles établi sur cette base aurait donc, à capacité égale, une longueur égale au cinquième de sa longueur actuelle;

3^o La vitesse des camions est un de leurs plus pré-

1. En effet, l'artillerie seule a des chargements dont la densité permet d'utiliser, sous des dimensions pratiques, toute la résistance des camions lourds.

cieux avantages, peut-être même le plus précieux; nous nous en tiendrons au chiffre de 12 kilomètres à l'heure, qui représente la moyenne que peut garantir, en pays

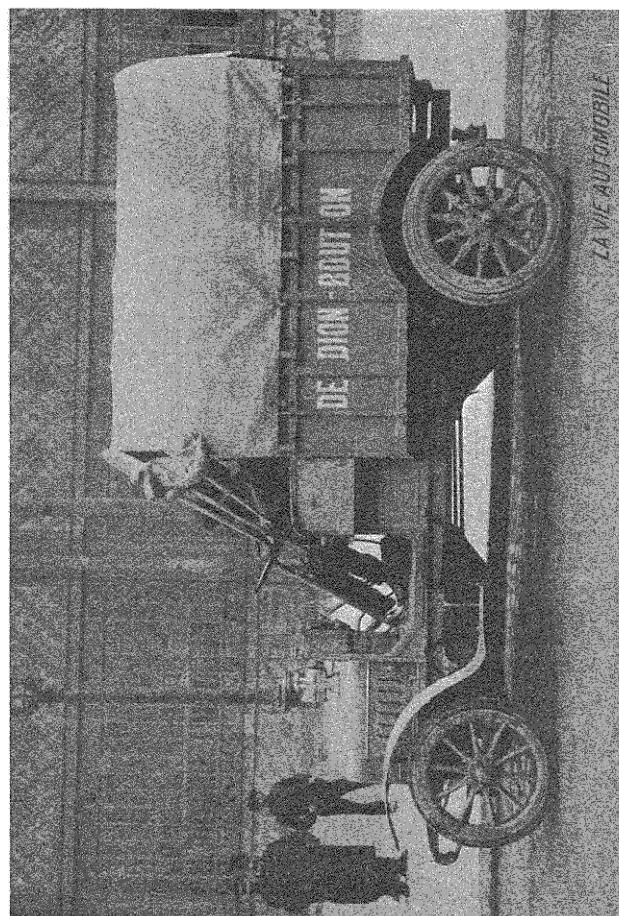


FIG. 142. — Concours de 1908. Camion portant de 1.500 à 2.000 kilogrammes.
Moteur de 8 chevaux (1 cylindre).

faiblement accidenté, le camion type, qui sert de base à nos évaluations.

Dans ces conditions, le convoi mécanique comprend

le cinquième des voitures qui composent le convoi équivalent à chevaux ; il est capable de fournir, sans aucune fatigue, un parcours quotidien de 150 kilomètres, au lieu de 30, qui est la limite pratique pour l'autre convoi. Cela suppose même que l'on ne demandera aux moteurs et aux conducteurs qu'un nombre d'heures de travail à peu près égal à celui qu'on demande aux conducteurs et aux chevaux ; or, il est facile de comprendre que ce nombre pourrait être majoré très aisément. Mais, ici comme plus haut, on ne fera que des estimations à peu près indiscutables. Le rapport d'efficacité des deux convois de même tonnage est donc au minimum de 5 à 1.

Quant à l'utilisation la plus judicieuse du trafic disponible, il appartient à une répartition bien étudiée des voitures et à des formations convenables des unités de ravitaillement de la réaliser.

Examinons seulement ce qui peut être tenté, dans cet ordre d'idées, par les deux services les plus importants, l'intendance et l'artillerie.

Intendance. — Si l'on ne modifie en rien le schéma, déjà décrit, des organes actuels de l'intendance, trains régimentaires, convois divers, etc., le seul fait de constituer chacun d'eux en matériel automobile de *même capacité* allonge les parcours possibles au moins dans la proportion de 1 à 4. Il en résulte un accroissement énorme de la mobilité, que les développements suivants mettront en évidence.

Ainsi qu'on l'a vu déjà, la chaîne qui relie nécessairement les armées d'opération aux voies ferrées ne leur permet guère de s'en écarter de plus de 15 kilomètres, sans faire entrer en jeu le convoi administratif ; de plus

de 90 kilomètres, *théoriquement*, sans exiger la constitution de convois auxiliaires et éventuels, dont les derniers sont plutôt destinés, en principe, à parer aux besoins de l'artillerie. Cette limite de 90 kilomètres, qui paraît, à première vue, presque satisfaisante, s'obtient en supposant que les six unités suivantes : 2 sections des trains régimentaires et 4 sections du

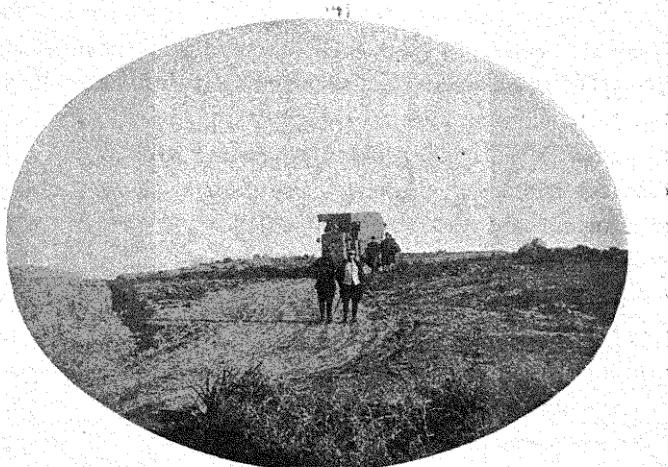


FIG. 143. — Les camions automobiles à la frontière du Maroc, sur la route d'Oudjda à Marnia. (Mars 1908.)

convoi, sont échelonnées à 15 kilomètres les unes des autres, chacune d'elles faisant la navette et effectuant tous les jours un parcours de 20 kilomètres, dont 15 en charge. Quelle est, à ce moment, la situation du corps d'armée ? 1° Il ne peut pas bouger de son cantonnement, sinon les arrivages ne se feront plus ; 2° il a engagé toutes ses ressources, en fait de transport ; 3° le personnel effectue partout le travail maximum. L'équilibre ainsi réalisé est éminemment instable ; par suite des fatigues ou des maladies, le corps

d'armée subira des pertes en hommes, chevaux et matériel; comme ces pertes ne seront pas réparables, la situation ne pourra pas se prolonger. C'est dans cet état d'esprit que le général commandant le corps ainsi immobilisé devra faire face à l'ennemi, sans pouvoir manœuvrer.

Sans insister autrement, il est permis de penser que la présente limite doit être considérée comme absolument théorique dans ces conditions et qu'on ne l'atteindrait réellement qu'en faisant appel, dans une large mesure, aux convois auxiliaires et éventuels. Ce n'est même là qu'une solution apparente, attendu qu'elle conduit à employer un nombre énorme de véhicules, et d'animaux de trait, qu'on n'est pas sûr de trouver et qu'elle amènera rapidement un encombrement inextricable des voies de communication. Dès lors, le corps d'armée considéré deviendra assimilable à un organe éloigné des centres de nutrition, relié à ces derniers par des vaisseaux étroits et engorgés; c'est-à-dire condamné à l'amaigrissement et l'auto-intoxication, faute d'une alimentation et d'une élimination suffisamment actives.

Supposons, au contraire, que, les trains régimentaires conservant leurs chevaux, pour les motifs déjà examinés, on ait formé quatre sections de convoi avec des camions mécaniques normaux. Chacune d'elles pourra fournir 150 kilomètres par jour, au lieu de 30. Pour permettre à un corps de s'éloigner à 150 kilomètres de la gare tête d'étapes de guerre, il suffira par exemple d'utiliser deux sections, agissant en échelons ou alternativement, qui pourront transporter quotidiennement un jour de vivres à 150 kilomètres de la voie ferrée. Ce n'est pas là seulement une vue théorique, c'est le résumé des manœuvres du sud-ouest,

en France, en 1907. Dans ces conditions, il restera toujours deux sections pleines disponibles.

On voit que cette hypothèse accuse, par rapport au présent, une certaine surabondance dans les organes de transport; elle provient de ce qu'on a conservé au convoi son chargement actuel, sans utiliser sa vitesse, autrement qu'en allongeant les parcours journaliers.

En considérant le rendement *théorique* de l'organisation actuellement en vigueur comme suffisant, on doit regarder comme un résultat enviable et important la possibilité de l'égaler au moins, dans la pratique courante, par les camions mécaniques, tout en profitant de l'automobile pour réaliser d'importantes économies d'hommes et de chevaux, pour simplifier l'exécution des transports et dissiper complètement les inquiétudes du commandement, quant aux ravitaillements et aux évacuations.

Pour cela, il faut aller plus loin dans la voie où l'on est entré et réduire, à la fois, le nombre des unités, celui des voitures et leur chargement. On constituera, par exemple, le convoi de trois sections, au lieu de quatre; dans cette hypothèse, à 150 kilomètres du chemin de fer, les corps d'armée pourront encore s'alimenter normalement et conserver un jour de vivres sur roues, à portée des trains régimentaires.

Quant au nombre de camions nécessaires, en évaluant à 140 tonnes le poids d'un jour de vivres, 36 camions normaux seraient suffisants. Divisés en 3 sections, ils exigeraient un personnel de 100 hommes, y compris les cadres. La longueur de la colonne ainsi formée serait, à raison de 30 mètres par camion, de 1.100 mètres environ; sa durée totale d'écoulement, à 12 kilomètres à l'heure, d'un peu plus de cinq minutes.

Rappelons l'ordre de grandeur des nombres correspondants, relatifs au convoi de corps d'armée, tel qu'il est prévu dans la plupart des armées actuelles:

Hommes	4.270
Chevaux	4.750
Voitures.....	660
Longueur	6.200 mètres
Durée d'écoulement.....	4 h. 20

Artillerie. — Le parc d'artillerie de corps renferme, ainsi qu'on l'a exposé au début, 3 échelons, dont les 2 premiers sont constitués par des caissons et le 3^e par des caisses de munitions. Les caissons du 1^{er}, vidés sur la ligne de feu, vont se remplir au 3^e échelon; de là ils sont poussés au 2^e, puis reprennent leur place au 1^{er}: tel est le schéma du ravitaillement.

On voit que le 3^e échelon, pivot de l'opération précédente et distant d'environ 15 kilomètres des batteries, doit s'approvisionner continuellement à l'élément du parc d'artillerie d'armée le plus voisin. Cet élément est le 1^{er} des cinq lots de munitions affectés au corps par le grand parc d'armée; il stationne environ à 10 kilomètres en arrière du 3^e échelon et peut lui fournir chaque jour environ 50 tonnes de munitions, pourvu qu'il n'ait pas à parcourir plus de 40 kilomètres pour se ravitailler. Le 3^e échelon portant lui-même environ 80 tonnes, au début d'une bataille de plusieurs jours le débit peut atteindre :

Premier jour.....	80 + 50 = 130 tonnes
Deuxième jour.....	50 —
Troisième jour.....	50 —
etc.	

L'approvisionnement actuel des armées européennes en munitions de première ligne, qui avait été jugé suffisant au moment de sa constitution, ne semble plus l'être aujourd'hui ; c'est l'opinion des généraux russes qui ont pris part à la guerre de Mandchourie. Cet approvisionnement, qui a d'ailleurs des limites supérieures, est appelé à être consommé souvent avant la fin de la

Ravitaillement A en munitions

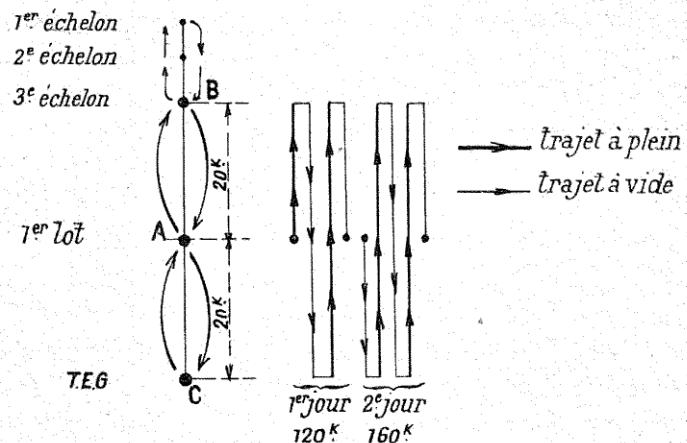


FIG. 144.

première journée, qui videra les trois échelons. Il en résulte que *le rendement des organes situés en arrière déterminera la valeur de l'artillerie à partir du soir du premier jour*. Or, il y a lieu de penser que la bataille aura une durée de plusieurs jours, au cours desquels l'afflux des munitions devra être poussé, avec une activité soutenue, de l'arrière vers l'avant. Ce n'est pas en augmentant le tonnage disponible dans les batteries qu'on parera à leurs besoins, c'est en élévant le tonnage quotidien expédié par l'arrière.

Le premier effet du remplacement des attelages, par la traction mécanique, impossible à introduire dans les deux premiers échelons du parc de corps, formés de « caissons de batterie », doit être la disparition du 3^e échelon, abstraction faite des sections de réparation qu'il contient. En supposant le 1^{er} lot de munitions grossi d'autant, porté à 130 tonnes et laissé à la même distance de la ligne de feu, il pourra délivrer chaque jour, en deux fois, 260 tonnes de munitions aux deux seuls échelons subsistants du parc de corps. En effet, les distances maxima compatibles avec un service soutenu, tel qu'en demanderait une bataille de plusieurs jours, sont celles que représente le croquis. Le 1^{er} lot ne peut pas être actuellement à plus de 20 kilomètres de la voie ferrée, sinon le parcours nécessaire à son ravitaillement dépasserait 40 kilomètres par jour, ce qui est une limite extrême pour les meilleurs attelages. Cela est encore plus vrai de la distance entre le 3^e échelon et le 1^{er} lot. En fusionnant ces deux éléments au moyen de camions et en affectant le point A comme cantonnement au 1^{er} lot ainsi constitué, on voit qu'il lui suffira d'un parcours de 120 kilomètres, le premier jour, de 160, les jours suivants, pour délivrer aux caissons, au point B, 260 tonnes de munitions par jour.

Pour le transport de ces 260 tonnes il faudrait constituer le 1^{er} lot au moyen de 32 camions environ, qui exigeraient un personnel de 80 hommes, cadres compris, auraient une longueur totale de 900 mètres et s'écouleraient en quatre minutes et demie.

Les chiffres actuels, pour le 3^e échelon et le 1^{er} lot, sont, approximativement, de 500 hommes, 650 chevaux, 120 voitures, 1.300 mètres, vingt minutes. Le rendement correspondant est de 50 tonnes par jour.

Autres services. — Nous n'examinerons pas les améliorations qu'apporterait l'équipement en camions automobiles des autres services des armées, le service de santé, par exemple. On imagine aisément que tous les voyages à vide des convois peuvent être affectés aux évacuations sanitaires ou autres.

IV. — LE DÉGAGEMENT DES ROUTES

De l'analyse sommaire qui précède, on peut conclure que, même en réalisant des réductions considérables dans les effectifs et dans la longueur des colonnes, les camions automobiles peuvent effectuer les transports rendus indispensables par les armées modernes. Bien plus, on est autorisé à penser que c'est là le seul moyen d'accomplir ces transports intégralement, et que, de deux adversaires, dont un seul aura des camions mécaniques, celui-là seul, aussi, sera assuré de ne souffrir à aucun moment du manque de nourriture, de munitions et de matériel.

Équipés comme il vient d'être dit, les corps d'armée ne seront plus astreints à subordonner étroitement leurs manœuvres et leurs marches aux nécessités de l'arrière ; il restera plus de temps pour préparer le combat et pour se battre. Les généraux en chef seront, dans une certaine mesure, libérés d'un de leurs plus graves soucis ; ce sera tout profit pour les armées dont le tempérament est surtout propre à l'offensive, ainsi que l'histoire militaire en connaît.

En considérant, par une vue d'ensemble, la zone de l'arrière, on voit que le passage des convois mécaniques sur les routes durera, à capacité égale, 20 fois moins

que celui des convois actuels, qui sont 5 fois plus longs et marchent 4 fois moins vite. Les mouvements transversaux dans cette zone deviendront faciles, grâce aux routes désencombrées. Les gîtes d'étape, organisés de 20 en 20 kilomètres, pourront disparaître, et, du même coup, le personnel et le matériel qu'ils comportent deviendra disponible. La région d'opérations ne sera plus réduite à une activité rurale presque nulle, par suite de la réquisition de tous les moyens de transport existants. Elle pourra continuer à produire un peu et restreindre d'autant les arrivages, déjà réduits par la diminution du nombre des chevaux.

Une organisation complète exigera un personnel important, des dépôts, des ateliers de réparation, etc. L'expérience précisera ces besoins variés. L'important est que la traction mécanique rende à nouveau possibles à nos armées les marches rapides et la vivacité de mouvements, qui, entretenant l'ardeur des soldats, laissent le champ libre à l'audace et à l'esprit inventif de leurs chefs.

NOTE. — A l'heure actuelle, les convois administratifs ne sont plus des organes de corps d'armée. Dans les principaux pays d'Europe, le ravitaillement des troupes est organisé *par armée*. Les convois d'armée comportent alors un nombre variable de sections, suivant les besoins. Cela ne change naturellement rien aux évaluations numériques du chapitre précédent.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

	Pages.
L'industrie et la guerre moderne.....	4

CHAPITRE II

Les automobiles militaires en Europe : Autriche-Hongrie, Italie, Angleterre, Allemagne.....	13
--	----

CHAPITRE III

Les automobiles militaires en France : manœuvres de Langres (août 1906), manœuvres du XVIII ^e corps (sep- tembre 1907), manœuvres du VIII ^e corps (septembre 1907), concours industriels (mai-juin 1907-mai 1908).....	33
---	----

CHAPITRE IV

Éléments du trafic à l'arrière des armées. — Transports de matériel et de munitions. — Transports d'alimentation..	54
---	----

CHAPITRE V

Exécution du trafic à l'arrière des armées. — Communica- tions. — Service de l'artillerie. — Service de santé. — Service de l'Intendance. — Le train des équipages. — Les transports en 1812.....	70
--	----

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE VI

	Pages.
L'automobile : le moteur, principe du moteur à quatre temps, cylindres, pistons, carburateur, allumage, graissage, refroidissement, distribution	413

CHAPITRE VII

L'automobile : la transmission, volant, embrayage, changement de vitesse, différentiel, chaînes et cardans.....	433
---	-----

CHAPITRE VIII

Les trains automobiles et les voitures de combat. — Trains Renard. — Mitrailleuses automobiles.....	451
---	-----

CHAPITRE IX

Freinage par le moteur. — Mise en marche automatique...	470
---	-----

CHAPITRE X

Châssis à six roues. — Suspension compensée	478
---	-----

CHAPITRE XI

Suspension. — Roues et bandages	490
---------------------------------------	-----

CHAPITRE XII

Les combustibles : le pétrole et l'essence, l'alcool. Autres combustibles. — Les moteurs militaires.....	224
--	-----

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE XIII

	Pages.
La route : constitution des routes, usure et entretien. —	
Le roulage automobile et ses effets, exemples concrets..	237

CHAPITRE XIV

Les ballons automobiles. — Le problème du ballon dirigeable. — Rôle des moteurs. — L'hélice. — La stabilisation. — Les moteurs d'automobile appliqués à l'aérostation.	265
--	-----

CHAPITRE XV

Les aéroplanes et les moteurs d'aéroplanes.....	284
---	-----

CHAPITRE XVI

Éléments du problème de l'automobilisme militaire.....	309
--	-----

CHAPITRE XVII

L'automobile et la mobilité des armées.....	329
---	-----

