

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1. Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par [Eclydre](#).
2. Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :
 - la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - <https://cnum.cnam.fr>)
 - la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.
3. Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :
 - les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
4. Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)
5. L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.
6. Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif
Auteur(s)	Auteur collectif
Titre	Conférences du dimanche
Adresse	Paris : Librairie de l'enseignement technique : Cnam, 1920-1926
Collation	23 vol.
Nombre de volumes	23
Sujet(s)	Sciences et industrie
Notice complète	0
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?12KY48_2CC20
LISTE DES VOLUMES	
	Conférence faite le 11 janvier 1920 sur les métallurgies
	Conférence sur l'aviation faite le 18 janvier 1920
	Conférence sur les recherches et les inventions faite le 25 janvier 1920
	Conférence faite le 1er février 1920 sur l'évolution du matériel d'artillerie
	Conférence faite le 15 février 1920 sur les chars d'assaut : historique technique, historique tactique, vues d'avenir
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	Conférence faite le 22 février 1920 sur le service géographique de l'armée pendant la guerre
	Conférence faite le 29 février 1920 sur la fabrication des poudres et explosifs
	Conférence faite le 7 mars 1920 sur les radio-éléments et leurs applications
	Conférence faite le 14 mars 1920 sur la chimie de guerre : les gaz de combat
	Conférence faite le 21 mars 1920 sur le rôle du laboratoire d'usine
	Conférence sur les industries chimiques faite le 28 mars 1920
	Conférence faite le 16 janvier 1921 sur l'aide des colonies au relèvement de l'industrie nationale
	Conférence faite le 23 janvier 1921 sur les moteurs à combustion
	Conférence faite le 23 janvier 1921 sur les chemins de fer pendant et après la guerre
	Conférence faite le 30 janvier 1921 sur les richesses de l'Alsace et de la Lorraine
	Conférence faite le 13 février 1921 sur l'utilisation du combustible dans la métallurgie
	Conférence faite le 20 février 1921 sur la Roumanie nouvelle
	Conférence faite le 6 mars 1921 sur les banques d'émission et la guerre
	Conférence faite le 6 mars 1921 sur l'aluminium : emplois industriels du métal et de ses principaux alliages
	Conférence faite le 20 mars 1921 sur la valorisation du travail humain
	Conférence faite le 19 mars 1922 sur une mission au Canada
	Conférence faite le 2 avril 1922 sur l'état actuel de la télégraphie et de la téléphonie sans fil
	La structure de la matière et l'électricité [14 février 1926]

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Auteur collectif
Titre	Conférences du dimanche
Volume	Conférence faite le 22 février 1920 sur le service géographique de l'armée pendant la guerre
Adresse	Paris : Librairie de l'enseignement technique, 1920
Collection	La science et l'industrie françaises pendant la guerre : leur rôle dans l'œuvre de renaissance économique de notre pays, 7 [6]
Collation	1 vol. (50 p.-[3] f. de pl.) : ill., cartes en noir et en coul. ; 19 cm
Nombre de vues	62
Cote	CNAM-BIB 12 Ky 48 (6)
Sujet(s)	Art et science militaires -- France -- 1900-1945 Cartes militaires -- France -- 1900-1945 France : Service géographique de l'armée (1887-1940) (1887-1940) Guerre mondiale (1914-1918) -- France Guerre mondiale (1914-1918) -- Influence Topographie -- Instruments -- France -- 1900-1945 Topographie militaire -- France -- 1900-1945
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	29/10/2026
Date de génération du PDF	29/10/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/095544925
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?12KY48.6

La Haye 48
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

LA SCIENCE ET L'INDUSTRIE FRANÇAISES PENDANT LA GUERRE
LEUR RÔLE DANS L'ŒUVRE DE RENAISSANCE ÉCONOMIQUE DE NOTRE PAYS

Conférence faite le 22 Février 1920

SUR LE

SERVICE GÉOGRAPHIQUE

DE L'ARMÉE

PENDANT LA GUERRE

PAR

LE GÉNÉRAL BOURGEOIS

Sénateur, Membre de l'Institut, Directeur honoraire
du Service Géographique de l'Armée.



PARIS

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

3 bis, rue Thénard (V^e)

—
Tous droits réservés



CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

292, rue Saint-Martin, Paris (3^e).

Le Conservatoire national des Arts et Métiers comprend :

1^o Un **musée industriel** contenant des collections uniques d'appareils et de modèles dont le nombre s'élève à plus de 15 000 et parmi lesquels se trouvent des objets historiques de la plus haute importance.

2^o Un **enseignement public et gratuit** pour l'application des sciences aux arts industriels et ne comprenant pas moins de 23 cours :

Géométrie appliquée aux arts. — Mécanique. — Machines. — Physique appliquée aux arts. — Électricité industrielle. — Métallurgie et travail des métaux. — Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie. — Chimie agricole et analyse chimique. — Chimie industrielle. — Chimie appliquée aux industries des matières colorantes. — Chimie appliquée aux industries des chaux et ciments. — Filature et tissage. — Constructions civiles. — Art appliqué aux métiers. — Agriculture. — Économie industrielle et statistique. — Assurance et Prévoyance sociales. — Associations ouvrières. — Hygiène industrielle. — Économie sociale. — Droit commercial. — Géographie commerciale et industrielle. — Économie politique.

En outre, des conférences sur des sujets d'actualité sont faites dans le courant de l'année.

3^o Un **enseignement pratique** donné dans la journée et qui constitue une préparation directe à l'industrie.

Cet enseignement porte actuellement sur les machines, la métallurgie, la mécanique, la physique, l'électricité industrielle, la filature et le tissage.

4^o Une **bibliothèque** contenant une riche collection d'ouvrages relatifs aux sciences, aux arts, à l'agriculture et à l'industrie et renfermant environ 53 000 volumes ou cartes. C'est un centre de documentation pour les industriels, les commerçants, les ouvriers; les étudiants, les élèves des grandes Écoles y trouvent aussi les ouvrages utiles à leurs études.

5^o Un **laboratoire d'essais industriels** dont le but est de permettre aux Services de l'État, aux industriels, commerçants et particuliers de soumettre les produits bruts ou manufacturés de toute nature, les machines et les appareils, aux essais mécaniques, physiques, chimiques ou aux essais de machines susceptibles de les qualifier.

6^o Un **musée de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle** qui constitue une exposition permanente des appareils protecteurs et des dispositifs de sécurité et d'hygiène industrielle les plus pratiques et les plus perfectionnés.

7^o Enfin un **laboratoire de recherches sur le travail professionnel** qui poursuit l'application, au monde économique, des méthodes de discipline et d'ordre de l'activité humaine. Le but à atteindre est le rendement social maximum; les moyens sont dans l'organisation de l'outillage et de la main-d'œuvre, et, avant tout, de l'apprentissage.

LA SCIENCE ET L'INDUSTRIE FRANÇAISES
PENDANT LA GUERRE

LE SERVICE GÉOGRAPHIQUE
DE L'ARMÉE

STAY

12° Ky 48 (6)

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Conférence faite le 22 Février 1920

SUR LE

SERVICE GÉOGRAPHIQUE
DE L'ARMÉE
PENDANT LA GUERRE

PAR

le Général BOURGEOIS

Sénateur Membre de l'Institut, Directeur honoraire
du Service Géographique de l'Armée.

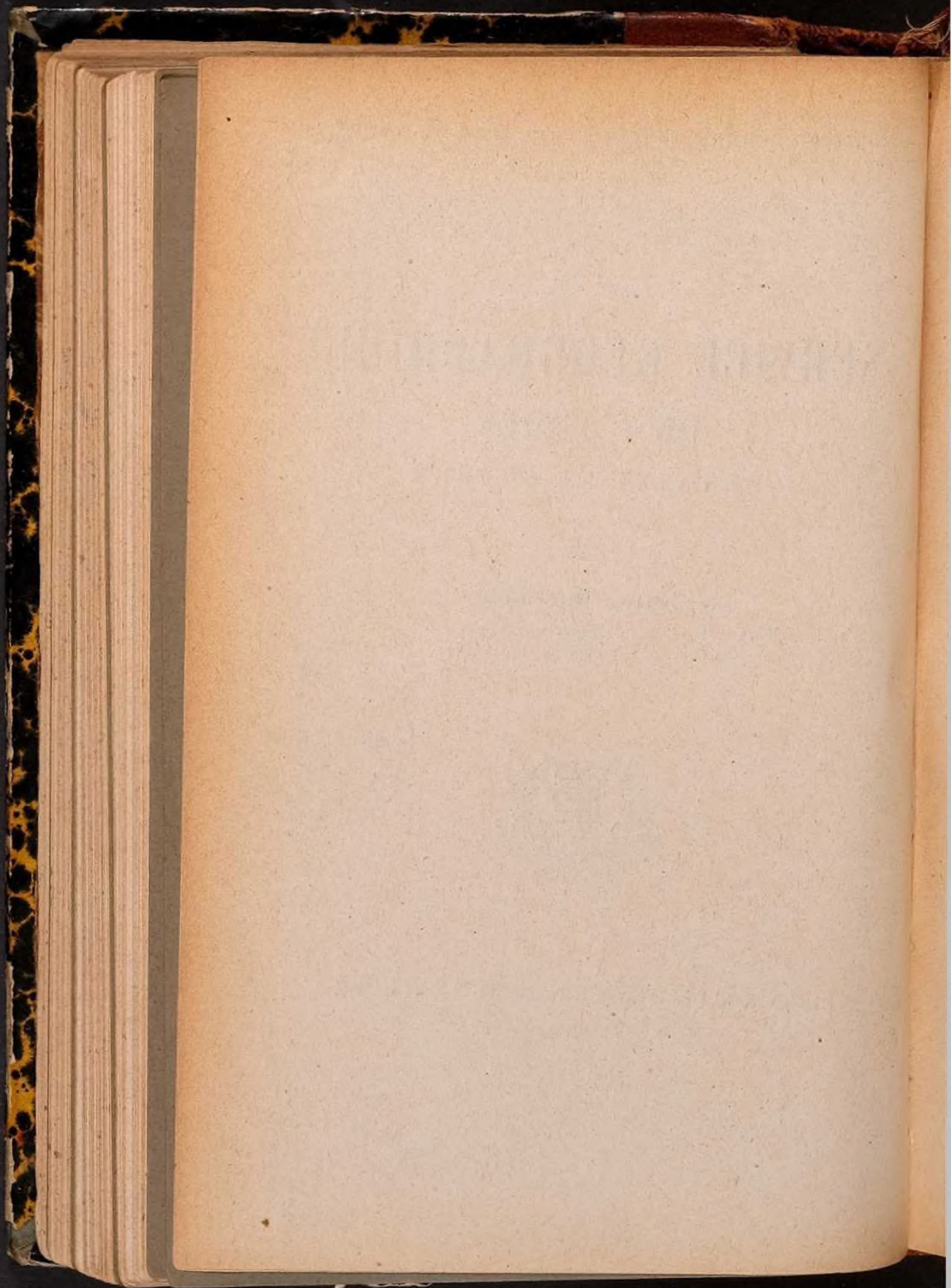


LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

3 bis, Rue Thénard, PARIS, V°

1920

TOUS DROITS RÉSERVÉS



Nécessité pour l'Armée d'une carte précise à grande échelle.

D'après les idées du Haut Commandement avant la guerre, le rôle essentiel du Service Géographique consistait à préparer toutes les cartes dont l'Armée pouvait avoir besoin au moment de la mobilisation, puis, à les tenir à jour pendant les opérations, en ayant, par conséquent, prévu la possibilité d'en tirer au besoin de nouvelles éditions.

La préparation d'avant-guerre se réduisait donc à rassembler, pour chaque officier, dans les villes où devait s'exécuter la mobilisation, c'est-à-dire au siège des différents régiments ou services, ce que l'on appelait les *lots de cartes de mobilisation*. Chaque officier avait son lot et ce lot comprenait les cartes militaires dont nous disposions à cette époque, c'est-à-dire la carte d'État-Major au 80 000^e et une carte dérivée du 80 000^e, dite carte au 200 000^e; du reste, des dispositions presque identiques avaient été adoptées dans toutes les armées. En Allemagne comme chez nous, des mesures analogues aux nôtres étaient envisagées pour le cas de mobilisation; chaque officier allemand devait recevoir son lot de cartes de mobilisation, préparé dans les mêmes conditions que chez nous, et qui comprenait des feuilles au

100 000^e allemand, et, en outre, des cartes au 80 000^e, reproduction des nôtres pour la partie du territoire que les Allemands comptaient envahir ; il va de soi que nous avons fait des préparatifs du même genre.

Les idées qui avaient conduit à constituer les lots de cette manière, en en excluant les cartes à de plus grandes échelles, telles que le 10 000^e et le 20 000^e, étaient celles qui avaient cours avant 1914 dans tous les milieux militaires, à savoir qu'une guerre entre la France et l'Allemagne ne pouvait être que de courte durée et que ce serait essentiellement une guerre de mouvement ; ces conceptions étaient admises aussi bien chez nos ennemis que chez nous et c'est en les réalisant que la composition des lots de mobilisation avait été arrêtée dans le sens que je viens de vous dire.

Il faut remarquer, du reste, que si, en France, on avait voulu faire entrer, dans les lots de cartes de mobilisation, des plans à grande échelle, on se serait heurté à une grosse difficulté, puisque cette carte à grande échelle, essentiellement la carte dont les minutes sont au 10 000^e, mais qui servait à dresser la nouvelle carte du 50 000^e, n'était encore levée que pour une petite partie de notre pays, soit le dixième de notre territoire métropolitain. De plus, dans les intentions de la Commission interministérielle de 1898 qui avait décidé l'établissement de cette carte, elle ne devait pas être une carte militaire, elle était surtout destinée aux travaux publics, en vue de l'établissement des nouvelles voies ferrées, de la construction des canaux, des routes, etc.

Cette carte n'existait donc encore que pour une zone restreinte de la frontière de l'Est et, aussi,

pour une faible partie des Alpes et du littoral de la Méditerranée. Il pourrait sembler bizarre que ces levés aient été d'abord exécutés sur les bords de la Méditerranée, mais cela tient à ce que les brigades topographiques qui, pendant l'été, travaillent dans les Alpes ou sur la frontière de l'Est, ne pourraient opérer sur le terrain en plein hiver à cause du mauvais temps. Pendant la saison rigoureuse, on les emploie donc dans les régions plus tempérées de la Méditerranée.

Pour le temps de guerre, en plus de ce renouvellement éventuel des cartes militaires, on avait prévu depuis 1903 que, dans le cas du siège de places allemandes et, en particulier, de Strasbourg, Metz et Thionville, il serait nécessaire d'adjoindre à chaque corps de siège une équipe d'officiers cartographes spécialisés en matière de géodésie rapide et de topographie, et ceci nous conduit à parler de la façon dont s'exécute le tir dans une guerre de siège.

Dans la guerre de siège, on met en batterie surtout de très grosses pièces dont les munitions coûtent cher et que, par conséquent, il y a lieu d'économiser le plus possible, d'abord en raison de leur prix et de leur rareté et, peut-être plus encore, à cause des difficultés de ravitaillement.

Par conséquent, il y a intérêt à avoir dès le premier coup le tir le plus précis possible, en vue d'obtenir à moindres frais une efficacité fixée d'avance, mais, en outre, dans la guerre de siège, on a à tirer sur des buts que l'on ne voit pas, car les batteries d'artillerie ennemies sont dissimulées aux vues avec beaucoup de soin, de même que les abris à munitions; il faut donc exécuter ce que

l'on appelle un tir *indirect*, c'est-à-dire un tir sur objectif invisible et qui, par conséquent, ne peut être fait que d'après la carte, lorsque, grâce à des renseignements que l'on peut avoir de diverses sources, comme nous le verrons tout à l'heure, on arrive à savoir où se trouvent ces objectifs invisibles de la batterie; mais on peut alors déterminer la distance et la différence d'altitude, d'où découlent les données du tir, quand, sur la carte en courbes, à grande échelle, susceptible de fournir avec grande précision les distances et les différences de niveau, on a réporté la position de la batterie, ou même de la pièce, ainsi que l'emplacement de l'objectif que l'on cherche à battre.

C'est pour atteindre ce résultat que l'on avait décidé que, dans chaque armée de siège, il y aurait un groupe d'officiers du Service Géographique, sous le nom de *brigade géodésique* de la *n^{ème}* armée de siège.

Afin de résoudre les problèmes de tir indirect dont je viens de vous dire un mot, ces brigades géodésiques se servaient des cartes à grande échelle au 10 000^e et au 20 000^e que l'on avait établies dès le temps de paix et qui existaient en 1914 autour de toutes nos places fortes. En ce qui concerne les environs des trois places d'Alsace-Lorraine, on tirait profit des documents allemands que l'on s'était procurés d'une façon bien facile, puisque les Allemands avaient mis en vente leurs levés au 25 000^e.

Les brigades géodésiques établissaient ce que l'on appelle un *canevas d'ensemble*; c'est un ensemble de points géodésiques plus dense que le réseau géodésique qui avait été établi initialement pour dresser

la carte elle-même. On reportait par leurs coordonnées, sur une feuille collée sur zinc et quadrillée à l'échelle du 20 000^e, les points du canevas d'ensemble, les positions des batteries qui devaient exécuter le tir, et les emplacements des objectifs sur lesquels on devait tirer lorsqu'on était parvenu à déceler ces objectifs par les moyens que nous citerons plus loin.

On avait ainsi, sur ce plan très précis au 20 000^e où se trouvaient également reportées les courbes de la carte à grande échelle, dont je vous parlais tout à l'heure, toutes les données géométriques nécessaires pour déterminer les éléments de tir, c'est-à-dire la distance et la différence de niveau ; on allait même plus loin, ce plan directeur de tir était découpé pour chaque batterie et l'on remettait à chacune d'elles la portion du plan directeur de tir qui lui convenait, de façon à ne pas l'encombrer par toutes les autres portions qui lui étaient inutiles. L'on obtenait alors pour chaque batterie ce que l'on appelait *la planchette de batterie* servant à ses officiers pour préparer tous les tirs qu'elle devait exécuter.

J'insiste sur ce problème du tir indirect envisagé longtemps avant 1914, parce que c'est ce problème qui va se représenter devant nous presque au commencement de la guerre, lorsque le front se sera stabilisé.

Ainsi donc, au début des opérations et pendant les premiers combats, au cours des batailles de Belgique et de la bataille de Morhange, pendant la retraite qui a suivi les batailles de Belgique, puis, au moment de la première bataille de la Marne et dans

la poursuite de l'ennemi qui l'a suivie, nos officiers disposaient de leur lot de mobilisation et il n'était pas question d'autre chose. Il devait en être ainsi, puisque ces premières batailles, depuis le mois d'août 1914 jusque vers la fin de septembre, ont été uniquement des opérations de guerre de mouvement.

C'est à la fin de septembre, comme vous le savez, que le front s'est stabilisé et que l'on est entré, tout au moins pour la partie du front qui va depuis les Vosges jusque vers la Fère, dans ce qu'on appelle la *guerre de tranchées*.

C'est à ce moment, alors que la lutte prenait tous les caractères d'une guerre de siège, que le Service Géographique s'est préoccupé de cette situation particulière et a proposé au Général Commandant en Chef, alors le général Joffre, à son quartier général de Romilly-sur-Seine, d'adapter autant que cela serait possible, à la guerre de position que l'on venait d'inaugurer, les procédés de tir en usage jusqu'ici dans la guerre de siège.

Le Général Commandant en chef accepta sans la moindre hésitation cette offre du Service Géographique et lui laissa complètement carte blanche pour l'organisation de ce nouveau service.

Par analogie avec ce que je vous disais tout à l'heure à propos de l'organisation des brigades géodésiques des armées de siège, des sections ont été constituées à chaque armée, c'est ce que l'on a appelé des *groupes de canevas de tir*; leur dénomination initiale de « groupes de canevas d'ensemble et de tir » mettait encore mieux en évidence l'idée principale qui avait présidé à leur création.

Plus tard, pour simplifier, on a adopté l'épithète

de « groupe de canevas de tir de telle armée ». Il a donc existé, à partir d'octobre 1914, à chacune de nos armées, un groupe de canevas de tir composé d'officiers venant du Service Géographique; et comme ces officiers n'auraient pas été en nombre suffisant et que, d'autre part, les ingénieurs hydrographes de la marine, très désireux de venir au front, n'avaient guère d'utilisation dans leurs fonctions techniques particulières, le Ministre de la Marine, sur la proposition du Ministre de la Guerre, les mit à la disposition du Service Géographique. Par leurs connaissances spéciales en géodésie et en cartographie, ils étaient vraiment qualifiés pour faire partie des groupes de canevas de tir; il va sans dire qu'ils nous ont rendu les plus grands services.

Voilà donc le personnel dont on disposait au début; il faut y ajouter un certain nombre de secrétaires et d'opérateurs techniques.

Le but primitif des groupes de canevas de tir devait être surtout d'établir, sur l'ensemble du front, un canevas d'ensemble et, accessoirement, un canevas directeur de tir; mais on s'est aperçu tout de suite que, pour dresser utilement ces canevas, il était absolument indispensable de posséder, pour tout l'ensemble du front, une carte à grande échelle.

D'un autre côté, ces levés au 10 000^e n'existaient précisément pas aux endroits où l'on en avait le plus besoin, car la violence de la bataille s'était calmée dans la région de l'Est dont nous possédions les plans au 10 000^e et la lutte s'était déplacée sur le front de Champagne où l'ennemi s'était stabilisé, sur le front de la Somme, du Pas-de-Calais, dans le Nord et en Belgique où avait lieu la fameuse course à

la mer. C'était l'effort des Allemands pour déborder notre aile gauche, arriver aux portes de Calais et interdire aux Anglais le débarquement de leurs renforts.

Dans ces régions-là, nous étions complètement dépourvus de levés au 10 000^e.

Il fallait donc, pour établir une carte à grande échelle de cette zone afin d'y reporter avec exactitude les renseignements recueillis sur la position de l'ennemi, se servir d'un autre moyen plus expéditif. Ce moyen, on l'a trouvé dans l'emploi de la *photographie aérienne par avion*.

Seulement, comme une photo prise en avion est une perspective conique du terrain, il faut procéder à ce que l'on appelle la *restitution* de cette perspective sur la carte en opérant comme nous le verrons tout à l'heure. Pour cela, il est absolument nécessaire de posséder préalablement un certain nombre de points de repère; mais, comme l'on était très près des lignes, on ne pouvait les choisir que parmi les points remarquables déjà existants, croisées de routes, arbres isolés, etc., et, par conséquent, on s'est trouvé en face de la nécessité d'établir avant tout un canevas à grande échelle.

D'un autre côté, cette carte à grande échelle qui devait servir à l'artillerie lourde, dès que les premiers exemplaires en eurent paru, s'est montrée utile et même indispensable, en raison de la tournure que prenait la guerre, non plus seulement à l'artillerie lourde, mais à toutes les autres armes et, en particulier, à l'artillerie de campagne; en effet, les batteries de 75 avaient à faire des tirs de barrages précis sur des zones restreintes et bien déter-

minées, des tirs d'accompagnement, réglés d'une façon très minutieuse pour éviter d'atteindre nos propres troupes, des tirs sur ce qu'on appelle les points sensibles de l'ennemi, sur les routes où il était obligé de faire passer ses convois de munitions et son ravitaillement.

La nécessité de cette carte au 20 000^e s'imposait aussi à cause des réglages par avion, qui devenaient de plus en plus en faveur.

La conversation par T. S. F. entre l'avion de réglage et la batterie qui tire n'est pas excessivement facile; d'un autre côté, l'avion de réglage est souvent pris en chasse par les avions ennemis. Il est donc important que le rôle de cet avion de réglage soit simplifié et allégé autant que possible et qu'on puisse éviter toute espèce de confusion quand plusieurs batteries tirent simultanément dans une même région. Il est alors nécessaire que les coups d'une batterie tirant sur un objectif déterminé arrivent le plus près possible de l'objectif dès les premières salves et c'est ce qui a conduit le commandement à réclamer, même des batteries de campagne, une préparation très minutieuse du tir.

Bientôt, à son tour, l'infanterie a demandé avec insistance des cartes à grande échelle, mais pour d'autres raisons. L'infanterie ayant des tranchées à creuser, un plan lui est indispensable pour en étudier le tracé le plus rationnel; une fois la première tranchée terminée, on en creuse d'autres jusqu'à en faire un dédale, et il est nécessaire de posséder une bonne carte qui en fournisse le relevé exact pour qu'on puisse s'y diriger à coup sûr.

En outre, l'infanterie avait absolument besoin

d'une carte à grande échelle qui lui fournît toutes les organisations de l'ennemi en face d'elle, pour la préparation de ses attaques et l'exécution de ces attaques elles-mêmes ; vous verrez, sur les projections, combien, dans la zone ennemie, le relevé des organisations était fait minutieusement, car il s'agissait d'indiquer autant que possible la position des mitrailleuses, les parties des boyaux par lesquelles pouvaient arriver les renforts, etc.

Sans insister, on comprendra que le génie et l'aéronautique avaient aussi le plus grand intérêt à posséder un pareil document.

Quant au commandement, une fois la guerre engagée dans la période de guerre de tranchées, il avait un besoin impérieux de cette carte afin d'y voir comment était organisé l'ensemble des positions ennemies, de façon à établir, dans une vue d'ensemble, ses plans d'attaque. Il résulte de tout ce qui précède que le plan directeur au 20 000^e est devenu la véritable carte de guerre et qu'il a remplacé complètement la carte d'État-Major au 80 000^e.

De ce plan directeur au 20 000^e ont été tirés, pour des besoins spéciaux, deux autres plans par simple agrandissement photographique : le plan au 10 000^e, qui portait surtout les organisations françaises, et le plan au 5 000^e, destiné presque uniquement à l'infanterie et qui donnait avec tous les détails possibles les organisations ennemies que l'infanterie avait devant elle, de sorte que cette arme a pu préparer ses attaques et en poursuivre l'exécution.

Plans directeurs faits pendant la guerre. — Maintenant que cette nécessité d'avoir une carte à grande

échelle est bien démontrée, voyons comment on est arrivé à la faire. D'abord, de quels matériaux disposait-on ?

Je vous ai dit tout à l'heure qu'en 1914, au moment de la création des groupes de canevas de tir, nous n'avions pas de levés à grande échelle dans les endroits où il était le plus urgent de les établir : front de Champagne, front de la Somme, front du Nord.

Le problème aurait été presque insoluble si nous n'avions pas disposé de *plans d'assemblage du cadastre*. Vous savez que le cadastre comporte deux sortes de plans principaux : les *levés parcellaires*, au millième, quelquefois au 5 000^e, et les *tableaux d'assemblage*, au 10 000^e.

Vous savez également qu'en France, le service du cadastre est décentralisé et que les plans du cadastre, aussi bien les parcellaires que les tableaux d'assemblage, se trouvent répartis dans différents bureaux ; en particulier, le tableau d'assemblage se trouve normalement au chef-lieu du département.

Nous aurions donc été en singulière posture, puisque les chefs-lieux des départements qui nous intéressaient étaient occupés par l'ennemi, mais, par une heureuse fortune, à cause des travaux de la future carte au 50 000^e dont les levés étaient en train depuis 1910, le Service Géographique possédait à Paris les copies de tous les tableaux d'assemblage. Ce fut une chance, car, sans cela, on aurait éprouvé des difficultés considérables et perdu beaucoup de temps.

C'est donc avec ces documents cadastraux que nous nous sommes tirés d'affaire. Il ne faut pas

oublier que le cadastre a été établi de 1820 à 1830, qu'il n'a pas été tenu à jour, et qu'en particulier, les chemins de fer ne s'y trouvent pas portés. Il était donc indispensable de procéder d'abord à un complétage du cadastre; or, le cadastre porte toutes les grandes routes et elles n'ont pas changé depuis son établissement. Il nous donnait ainsi un nombre considérable de repères, de points d'intersection. D'un autre côté, le cadastre nous fournissait également les positions très exactes des maisons dans les villages et, en particulier, des églises, des monuments principaux sur lesquels existent très souvent de petits clochetons.

Tout le cadastre avait été fait par des géomètres civils qui avaient opéré avec la plus grande conscience au point de vue de la précision; c'est un document tout à fait remarquable. Nous pouvions, en partant de ces levés, dresser notre carte à grande échelle et, en nous repérant sur ces points très précis indiqués sur le cadastre, la compléter par la photographie aérienne, ainsi que nous allons le voir.

Pour faire ce complétage, on a d'abord tiré du plan au 10 000^e une réduction photographique au 20 000^e. Puis on a fait choix d'un système de projection cartographique qui porte le nom de projection Lambert et jouit de cette propriété que les angles sont conservés et les longueurs très peu altérées. On a tracé les méridiens et les parallèles, et, en outre, un quadrillage kilométrique qui a servi à placer sur cette feuille de projection tous les points principaux : carrefours des routes, arbres isolés, etc. Alors, par petits éléments de surface,

on a fait coïncider les points de repère du cadastre sur les deux feuilles et on a décalqué par petits morceaux toute la planimétrie du cadastre sur ce plan directeur.

On a procédé de la sorte à l'assemblage du cadastre, mais, bien entendu, cela ne donne encore que ce qu'il y a sur le cadastre et rien de plus. C'est alors qu'intervenaient deux éléments : — dans la zone amie, des levés que l'on pouvait exécuter sur le terrain en avançant jusqu'à la première ligne ; — dans la zone ennemie, des photos aériennes utilisées avec le système de restitution que nous verrons tout à l'heure, au moyen de l'appareil fort simple, dû au commandant Vavon.

Pour déduire d'une photographie aérienne tout ce qu'elle peut donner, il faut une grande habitude. Il est certain que, dans les derniers mois de 1914, on ne tirait pas des photographies aériennes tout le parti possible, parce que l'on n'y était pas assez entraîné. Il faut une longue expérience pour déceler sur une photographie les batteries, les abris à munitions, etc., d'autant plus qu'au fur et à mesure que la guerre se prolongeait, le camouflage avait fait d'énormes progrès. Il a donc bientôt fallu aux officiers, chargés de l'exploitation des clichés, un sens divinatoire tout spécial, qui s'est perfectionné par la suite, pour pouvoir indiquer sur chaque photographie, en dépit d'un camouflage souvent très habile, les organisations ennemies véritables et les discriminer des fausses organisations.

Nous allons, si vous voulez, commencer par examiner un certain nombre de clichés de photogra-

phies aériennes; vous verrez, sur ces photographies que j'ai choisies parmi les plus simples, des batteries, des tranchées, des organisations de toute sorte, et nous étudierons ensuite comment, de ces photographies, on a pu tirer un compléage des plans directeurs.

On montre successivement :

— une photo de tranchées au Quart-en-Réserve (partie du bois Leprêtre, près de Pont-à-Mousson, où la lutte a été particulièrement acharnée en 1914 et 1915). On voit sur ce cliché des réseaux de fils de fer (n° 1);

— une photo de batteries à épaulements simples, et sans camoufflage, comme c'était le cas au début de la guerre (n° 2);

— une photo de batteries allemandes aux environs de Saint-Mard-les-Triot, prise par temps de neige. On y remarque nettement que le souffle des canons a fondu ou chassé la neige, ce qui produit des taches noires arrondies, de forme caractéristique (n° 3);

— une photo de batteries allemandes près de la Fère, dissimulées dans un verger (n° 4);

— un batterie de quatre pièces de 305 sur le front de la mer du Nord, enfin une batterie du même front, célèbre sous le nom de batterie Tirpitz, et composée de quatre pièces de 280 (nos 5 et 6).

Comment s'opère la restitution? Elle se fait d'une façon excessivement simple, avec l'appareil du commandant Vavon, qui permet avec la plus grande facilité de placer le cliché et la carte sur laquelle on veut faire la restitution dans la même situation relative, l'un par rapport à l'autre, que le cliché



FIG. 1. — TRANCHÉES ET RÉSEAUX DE FILS DE FER, BOIS LEPRÊTRE.



FIG. 2. — BATTERIES A ÉPAULEMENTS SIMPLES, NON CAMOUFLÉES.

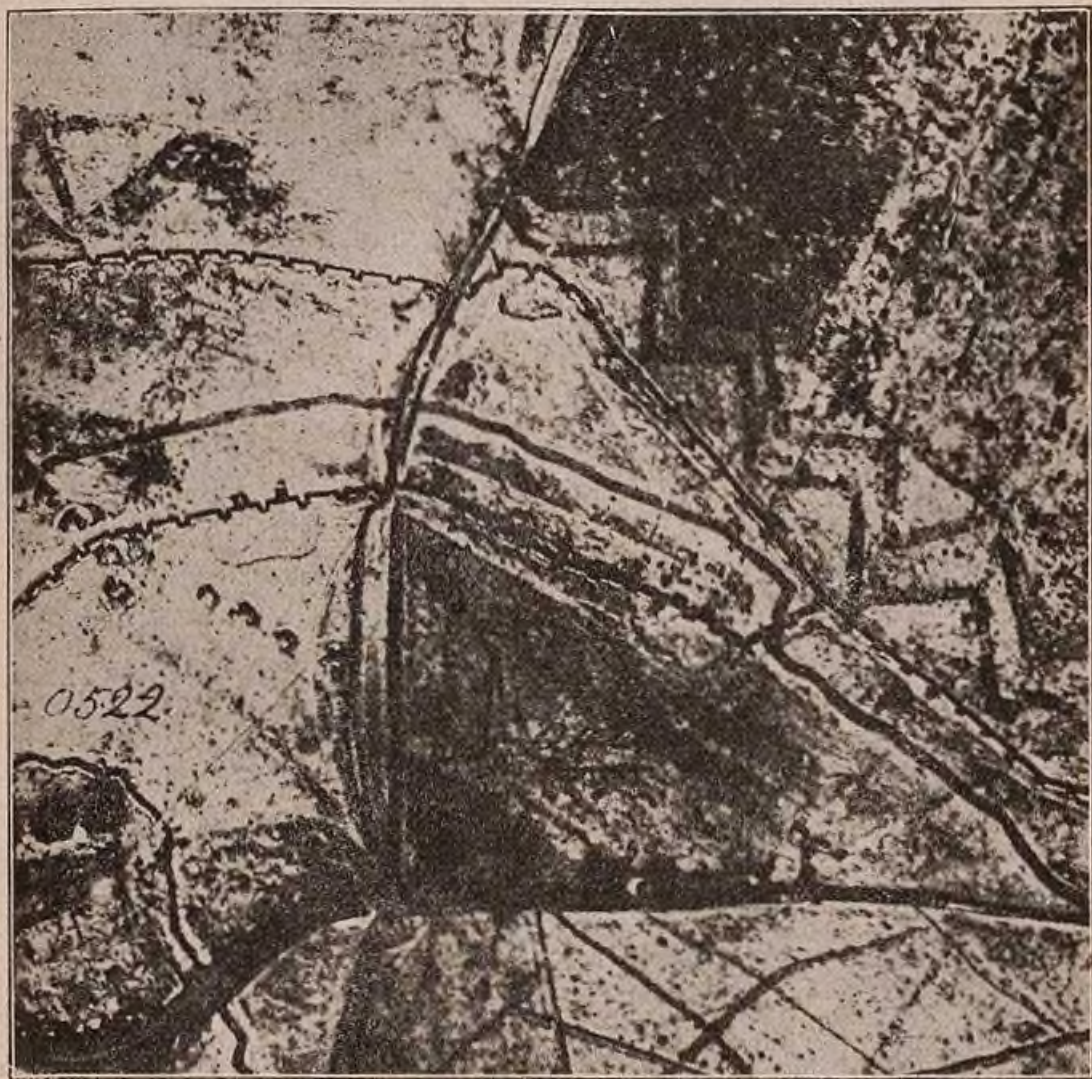


FIG. 3. — SOUFFLES DE PIÈCES PAR TEMPS DE NEIGE
(VERS LE BAS DU CLICHÉ).

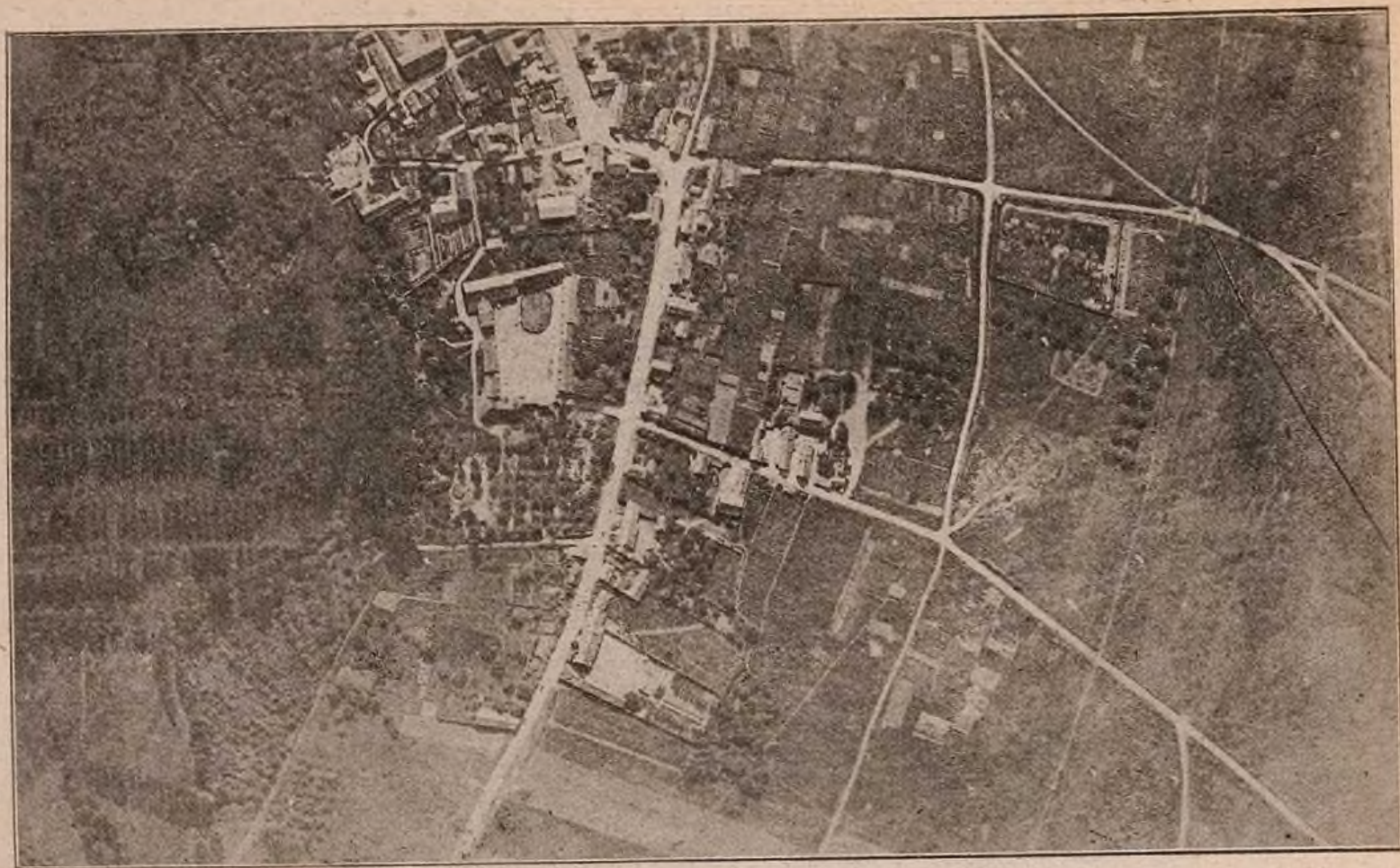


FIG. 4. — BATTERIES DISSIMULÉES DANS UN VERGER (PARTIE DROITE DU CLICHÉ).



FIG. 5. — BATTERIE DE 4 PIÈCES DE 305.



FIG. 6. — BATTERIE TIRPITZ (4 PIÈCES DE 280).

s'était trouvé par rapport au terrain au moment où la photo a été prise.

On arrive d'une manière commode à cette disposition en appliquant le principe de la chambre

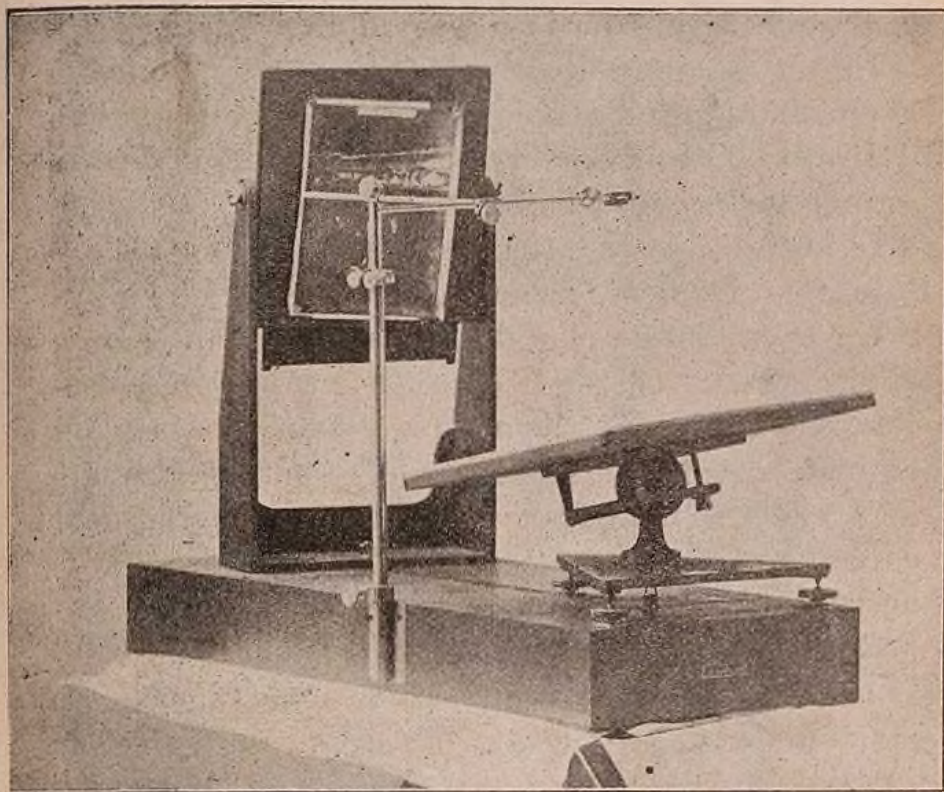


FIG. 7. — APPAREIL DE RESTITUTION DU COMMANDANT VAVON.

claire, appareil qui est constitué essentiellement par un prisme. L'appareil Vavon est représenté par la figure 7. Le dispositif doit permettre de faire prendre au cliché et à la carte ou, tout simplement, à l'un de ces deux documents, toutes les positions possibles, grâce à la présence de genoux à coquilles et d'axes de rotation ou de mouvements de glissement. On marque, sur la carte et sur le cliché, au

moins trois points de repère et, en procédant par tâtonnement, on arrive à faire coïncider exactement les repères de la carte et ceux de la photo. L'appareil est alors prêt à fonctionner et le dessinateur n'a plus qu'à reporter sur la carte les détails intéressants que l'étude de la photo lui a dévoilé.

Un autre appareil de restitution, qui donne un cliché photographique de la carte, à l'échelle que l'on désire, a été mis en service par l'ingénieur-hydrographe principal Roussilhe, alors qu'il était chef d'un des groupes de canevas de tir.

A la fin de la conférence, on publie hors texte :

Un fragment de plan directeur au 20 000^e — on a choisi les environs de la cote 108, près de Berry-aubac : les tranchées allemandes y sont représentées en bleu, avec tous les détails. On y a porté (en rouge) la première ligne française; ensuite le fragment correspondant de la carte d'État-Major, mais agrandi au 20 000^e, pour faciliter la comparaison.

Enfin, un fragment du plan directeur au 5 000^e, avec des détails d'organisation ennemie encore plus nombreux, emplacements de mitrailleuses, de « crapouillots », batteries, pistes, fils de fer, etc.

Le plan au 20 000^e est destiné surtout à l'artillerie, pour ses tirs, le plan au 5 000^e est spécialement approprié à la préparation des attaques d'infanterie.

(A la conférence, on a projeté l'édition du plan directeur, à une certaine date, puis la photo d'avion qui a été utilisée pour le mettre à jour;

Enfin, la carte après rectification. Ceci nous conduit à dire un mot sur la tenue à jour des plans directeurs).

Une fois le plan obtenu, le problème n'était pas complètement terminé; car vous savez tous qu'une carte n'a de valeur que si elle est tenue à jour et je suis sûr que, parmi vous, se trouvent quelques touristes qui se sont plaints de ce que la carte d'État-Major n'était pas révisée plus fréquemment. Mais, avec le nombre d'officiers dont on disposait, avant 1914, pour faire la révision de la carte au 80 000^e, et eu égard à la modicité des crédits alloués pour cette opération, on ne pouvait, avec la meilleure volonté du monde, arriver à ne revoir, même les feuilles de la frontière du nord-est, que tous les six ans.

A la guerre, il fallait que le plan directeur fût tenu à jour pour ainsi dire quotidiennement; il fallait que les photographies d'avion fussent suffisamment serrées et qu'on en prît assez fréquemment pour qu'au moins tous les huit ou quinze jours, on pût sortir une nouvelle édition du plan directeur.

La publication d'une véritable nouvelle édition du plan directeur, toutes les semaines, aurait conduit à un travail trop considérable, mais on pouvait obtenir que les éditions complètes du plan directeur se succédassent à peu près tous les mois. Dans l'intervalle du mois, on complétait et on modifiait le plan directeur, dans les parties où la photographie aérienne dévoilait des changements, par l'établissement de ce que l'on appelle des *rectificatifs*, sorte de papillons envoyés aux grandes unités et à l'artillerie, et qui étaient collés en bonne place sur le plan directeur.

Pendant l'année 1913, ce sont les groupes de canevas de tir qui ont établi et envoyé les rectifica-

tifs, mais la tâche demandée à ces bureaux topographiques d'armée augmentait de jour en jour et finalement, avec le nombre restreint d'officiers, de spécialistes et aussi d'appareils de photo et de restitution dont ils disposaient, avec l'augmentation incessante de leurs attributions, ils ne purent continuer à remplir cette partie de leur mission initiale.

Tandis qu'il y avait un groupe de canevas de tir par armée, on organisa dans chaque corps d'armée ce que l'on a appelé une *section topographique de corps d'armée*, comprenant en général deux officiers et un certain nombre de militaires dessinateurs qu'on avait initiés au dessin topographique et qui savaient exploiter les photographies. Ce sont les sections topographiques de corps d'armée qui étaient chargées, tout d'abord, de compléter sur le front de leur corps d'armée le plan directeur dans la zone amie et également dans la zone ennemie, par les renseignements que l'on pouvait recueillir des officiers des corps engagés en première ligne. Elles étaient chargées de faire une exploitation rapide des photographies aériennes qui leur étaient communiquées avant d'être remises au groupe de canevas de tir et de publier à l'aide de ces documents le rectificatif qu'elles devaient compléter par des opérations topographiques rapides faites dans nos lignes.

Donc, le but de la section topographique du corps d'armée était de dresser rapidement les rectificatifs du plan directeur, rectificatifs qui n'étaient que provisoires jusqu'au moment où le groupe de canevas de tir avait pu faire une nouvelle édition

définitive. La nouvelle édition de la feuille du plan, je le répète, paraissait à peu près tous les mois. C'était la section topographique du corps d'armée, pourvue d'une sorte de petite imprimerie, qui faisait tirer sur papier calque ces rectificatifs et les expédiait aux unités de son corps d'armée.

On s'est aperçu au bout de très peu de temps que le travail des sections de topographie ainsi défini était encore trop lourd et on a créé, en 1916, un nouvel élément : la *section topographique de division*, chargée de faire dans la division ce que la section topographique de corps d'armée faisait auparavant dans le corps d'armée, celle-ci n'étant plus chargée que du tirage des rectificatifs.

Il y avait donc, à la fin de la guerre, trois échelons, en commençant par l'arrière, si vous voulez, le groupe de canevas de tir, la section topographique de corps d'armée, puis la section topographique de division, qui avaient pour mission de tenir à jour le plan directeur au moyen de renseignements se propageant depuis la première ligne jusqu'au service central où s'élaborait le plan directeur définitif.

C'est ainsi que nous avons travaillé jusqu'à l'armistice du 11 novembre 1918.

Les sections de division avaient à exécuter, tout à fait en première ligne, des opérations topographiques sommaires, dans la tranchée même; elles se servaient pour cela du *goniomètre-périscopique*, de ce qu'on appelle la *boussole alidade du général Peigné* et aussi d'un appareil photo monté sur un périscopes et permettant de déterminer des distances angulaires, afin de situer sur le plan les objets remar-

quables photographiés de plusieurs stations connues (appareil photo Malle, fig. 8).

Pour en terminer avec le chapitre de la cartographie, je vous dirai que les effectifs des groupes de

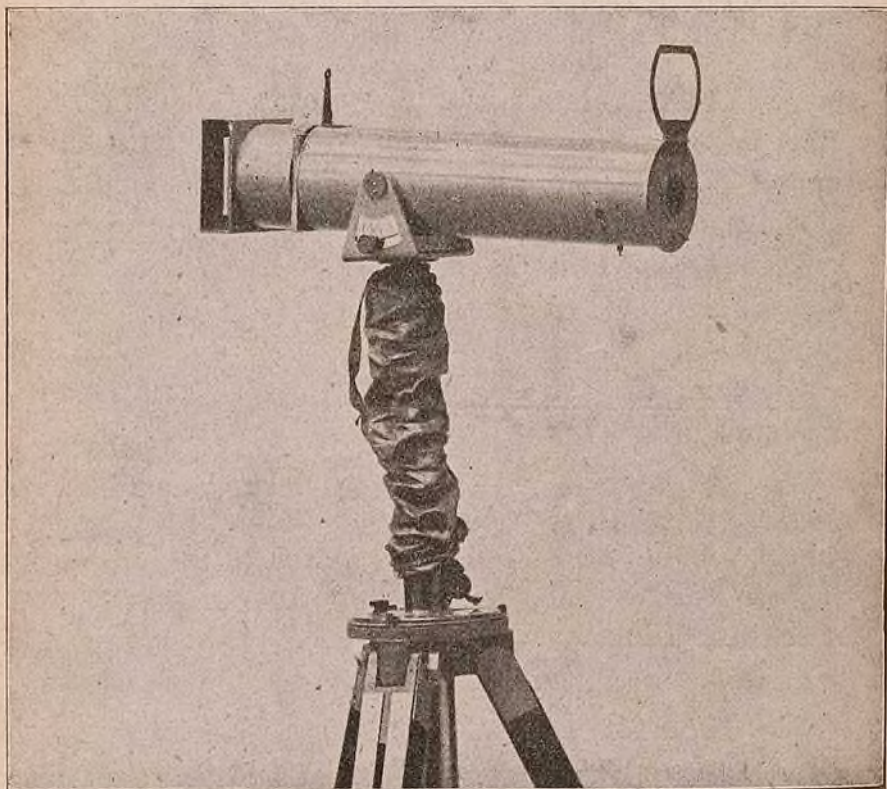


FIG. 8. — APPAREIL PHOTO MALLE.

canevas de tir, de section topographique de corps d'armée et de section topographique de division s'élevaient, à la fin de la guerre, avec les groupes de canevas de tir de l'armée d'Italie et de l'armée d'Orient, à environ 1 800 hommes et 300 officiers. Quant au nombre de plans différents, nous en

avions établis le 11 novembre 1918, 550 au 20 000^e, 350 au 10 000^e et 400 au 5 000^e.

Maintenant, pour vous donner une idée de ce qui en a été consommé par les armées, voici le nombre de plans qui ont été imprimés, par les imprimeries du Service Géographique à Paris, sans compter ceux qu'ont tirés les presses appartenant en propre aux groupes de canevas de tir.

Rien qu'à Paris, on a imprimé, en plans directeurs :

en 1914	300 exemplaires.
en 1915	913 000 —
en 1916	3 507 000 —
en 1917	4 427 000 —
en 1918 jusqu'à l'armistice . .	4 460 000 —

Cela vous donne, avec ceux qu'ont tirés les groupes de canevas de tir, plus de 5 millions de plans directeurs par an.

Cette grande consommation de plans directeurs n'a pas empêché une distribution considérable de cartes d'État-Major proprement dites (80 000^e et 200 000^e). Le Service Géographique, tant dans son imprimerie de la rue de Grenelle que dans les imprimeries réquisitionnées en province, a tiré pendant les cinq ans de guerre, 16 millions de cartes au 80 000^e et un million de cartes au 200 000^e.

Nos alliés, à notre exemple, ont également, dès qu'ils ont constaté les services énormes que rendaient les plans directeurs, organisé à l'armée anglaise, à l'armée belge, à l'armée italienne, un service de plans directeurs, absolument analogue au nôtre. Toutefois, au début, leurs plans directeurs différaient entre eux par l'origine du quadrillage,

par le système de projection adopté et par les signes conventionnels qui représentaient certaines organisations du terrain. Cette situation n'a eu aucun inconvénient jusqu'en 1918, tant que l'armée anglaise a été nettement séparée de l'armée française, et tant que le théâtre d'action de l'armée italienne a été limité à l'Italie; mais, en 1918, quand on a créé l'unité de commandement, et que le maréchal Foch, selon son expression, — se mit à « brasser » les troupes de toutes les nationalités les unes dans les autres, il a été absolument indispensable d'unifier tous ces plans directeurs, afin de ne pas s'exposer à des confusions fâcheuses. Il fallait que le quadrillage dérivât de la même origine, sans quoi nos avions de réglage n'auraient pas pu régler le tir des batteries anglaises qui se seraient servies de leur plan directeur, pas plus que les avions anglais n'auraient pu régler le tir de notre artillerie. On a donc réuni à Paris une Conférence interalliée pour l'unification des plans directeurs, conférence dont la présidence fut confiée au service français.

Je dois dire que nos alliés ont adopté immédiatement toutes nos propositions et qu'en somme, ce sont les principes servant de base au plan directeur français qui se trouvaient appliqués chez nos alliés à la fin de la campagne.

Quant à l'armée américaine, elle s'est tout simplement mise à l'école chez nous, et c'est au camp du Valdahon (Doubs) qu'on a dressé le personnel américain.

Parlons maintenant un peu des Allemands. L'armée allemande a adopté des solutions identiques aux nôtres, seulement je dois dire, et c'est à notre

louange, qu'elle a toujours été à notre remorque; elle a commencé à établir des plans directeurs après nous en avoir pris, et il y a une chose très curieuse, c'est qu'elle nous a copié servilement, en reproduisant littéralement ce que nous faisons; chaque fois que nous apportions des perfectionnements à nos plans directeurs, nous étions sûrs que, chez les Allemands, deux ou trois mois après, on trouverait exactement les mêmes modifications.

Chronographe Joly (fig. n° 9). — Le Service Géographique s'est également occupé de la construction d'un appareil imaginé par un de ses officiers, le capitaine Joly, et destiné à mesurer, sur le front même, en effectuant sans la moindre modification les tirs de guerre, la mesure de la vitesse initiale des projectiles, à chaque coup tiré. On conçoit aisément l'avantage considérable qu'il y a à pouvoir opérer ainsi : les tables de tir ont été calculées pour une vitesse initiale type, qui est dite la *vitesse normale*, mais la poudre des gargousses s'altère d'une façon continue, avec le temps, surtout quand il s'agit de munitions fabriquées en période de guerre, et qui, dans les batteries, sont exposées aux intempéries.

Le chronographe Joly s'inspire des idées qui président à la construction des appareils de ce genre, mais il est très simple, tout en restant très léger et d'un usage assez facile pour qu'on puisse le confier à des officiers non spécialisés. La précision qu'il donne est suffisante dans la pratique. Son emploi se traduit évidemment par une économie de munitions dans un tir avec réglage, et augmente

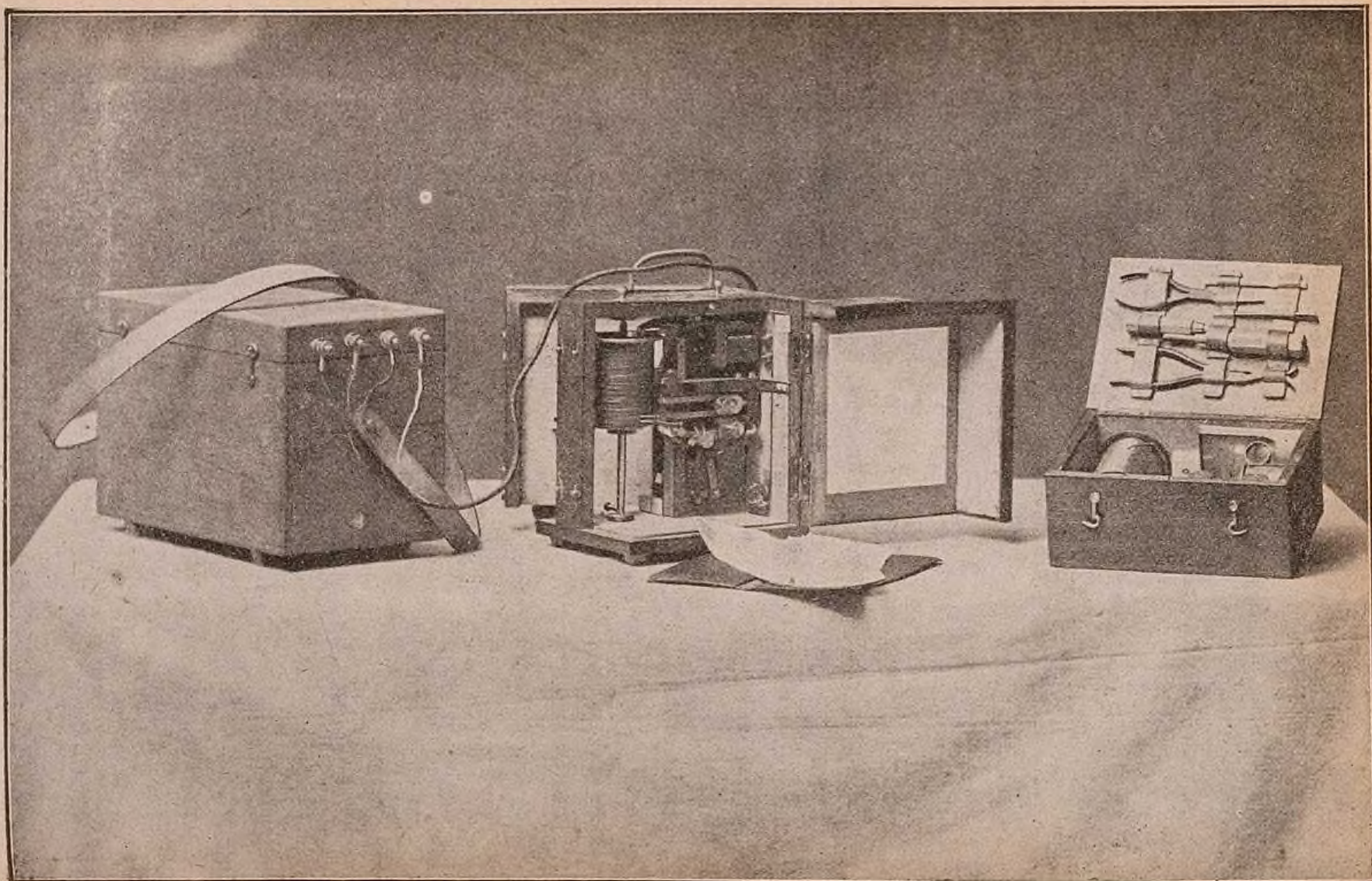


FIG. 9 — CHRONOGAPHE JOLY.

notablement l'efficacité d'un tir qui serait déclenché sans réglage préalable.

Le *Service de la Météorologie militaire* a été monté de toutes pièces par le Service Géographique pendant la guerre. Il a rendu les plus grands services aux batteries d'artillerie, en leur permettant de tenir compte, au préalable, du vent et de la température dans les couches successives que doit traverser le projectile. Ses renseignements venaient donc compléter les indications du chronographe. Depuis quelques mois, ce bureau a été classé à la Direction de l'Aéronautique.

Conclusions.

Ce qu'il faut par dessus tout retenir des nombreux enseignements de la guerre qui vient de finir, c'est la nécessité d'avoir une carte à grande échelle de tout notre territoire; il faut donc continuer les levés commencés et qui ne couvraient encore que le dixième de la France continentale au mois d'août 1914. Ces levés doivent être établis au 10 000^e en pays de plaine ou moyennement accidenté, au 20 000^e en pays de montagne. Il est indispensable d'entreprendre ce travail dès maintenant, et de le mener à bonne allure, en fournissant au Service Géographique tous les crédits et tous les moyens d'action qui lui sont indispensables.

Ces plans seraient aisément transformés en 20 000^e, puisque c'est l'échelle la mieux appropriée aux

nécessités de l'artillerie, et posséderaient une précision vraiment en rapport avec cette échelle.

Ils serviraient à en déduire, par généralisation, une carte plus petite, c'est-à-dire à une échelle voisine de celle de la Carte d'État-Major, soit le 75 000^e, soit le 100 000^e, et qui servirait aussi bien aux officiers (comme carte tactique) qu'aux particuliers.

Ceci me conduit à dire un mot de la nouvelle carte de France qui, commencée en 1900, est tirée des levés à grande échelle. Elle est bien supérieure à l'ancienne carte au 80 000^e. Carte en couleurs, figuré de terrain en courbes. Mais, à l'usage, on peut se demander si cette échelle n'est pas trop petite pour les artilleurs et trop grande pour la plupart des usages civils.

Les Travaux publics réclament à cor et à cri une carte à grande échelle, au 20 000^e, car le programme des chemins de fer, des routes, des canaux, etc., n'est jamais complètement terminé. Et n'oublions pas le grand problème de la houille blanche qui doit tant nous aider à sortir de nos embarras actuels.

Un rapport fait il y a une quinzaine d'années par le ministre des Travaux publics, établissait que, si nous avions déjà possédé une carte à grande échelle au moment de la construction de notre premier réseau de chemins de fer, nous aurions économisé largement un milliard de francs.

Les levés réguliers existent déjà sur toute notre frontière de l'Est, et dans quelques autres régions, environs de Paris, de Brest, littoral de la Méditerranée.

Cadastré de la France. — Puisque je viens de parler des levés à grande échelle, c'est l'occasion de dire un mot du cadastre; il s'agit là de levés à plus grande échelle encore, au 1 500^e, au 1 000^e, mais ne comportant que la planimétrie.

Il est indispensable qu'un grand pays comme la France ait un cadastre d'ensemble, et non tout simplement un cadastre par commune. La réfection du cadastre général avait été entreprise, à la suite de longues études, en 1899, mais les opérations furent arrêtées dès 1906. Sans vouloir discuter sur l'opportunité de cette vaste entreprise, je puis dire que le réseau géodésique servant de base à ces levés est le même que celui de la carte de France, car il possède une précision suffisante. Les deux travaux peuvent donc marcher de pair sans qu'il en résulte la moindre dépense supplémentaire.

Il faut absolument trouver un procédé, à la fois rapide et peu onéreux, de réfection du cadastre; précisément, la guerre a amené une révolution dans les méthodes topographiques ou, plus exactement, elle a fait progresser l'emploi de la photographie aérienne. D'après des expériences très minutieuses qui viennent de se terminer au Service Géographique, cette idée s'est montrée féconde, du moins en ce qui concerne la planimétrie, et on peut dresser le cadastre à l'aide de clichés d'avions.

La partie du problème qui concerne la détermination des altitudes n'est pas encore tout à fait au point, mais l'on y travaille. Par conséquent, on peut admettre qu'en organisant le travail avec soin, on économisera du temps et de l'argent sur les procédés habituels quand on se décidera à refaire le

cadastre ou à lever, à grande échelle et d'une façon précise, le territoire de notre pays.

En ce moment même, au Maroc, nous dressons au 200 000^e, d'après ces principes, une carte de reconnaissance des régions dissidentes.

Voici ce que je voulais vous dire sur l'évolution du Service Géographique au point de vue cartographique pendant la guerre.

Repérage au son. — Je voudrais vous donner quelques détails d'un autre service très important qui a aussi été confié au Service Géographique. Je veux parler du Service des Sections de *repérage par le son*, dont la mission était de trouver, avec une exactitude raisonnable, la position des batteries en activité. Vous avez vu comment, grâce aux photos aériennes, on arrive après un long entraînement, à « dénicher » les emplacements de batterie même les plus soigneusement camouflés. Ce qu'il importe de connaître, ce sont surtout les batteries en action, celles où il y a des canons qui tirent réellement, car l'ennemi avait préparé sur tout le front quantité d'emplacements de batteries, mais toutes ces positions n'étaient pas occupées en même temps, il y avait de faux emplacements destinés à nous dérouter et, d'un autre côté, l'ennemi pratiquait, sur une vaste échelle, le déplacement continu de son artillerie; des emplacements qui avaient été armés ne l'étaient plus pendant une autre période et les pièces allaient s'installer ailleurs. Il y a donc un intérêt primordial à distinguer quels sont, parmi les emplacements des batteries reconnus, ceux qui sont effectivement occupés.

C'est d'ailleurs excessivement simple, un élève de mathématiques spéciales aurait trouvé de suite la solution théorique de ce problème.

Dès le début de la campagne de 1914, un colonel d'artillerie qui est devenu depuis le général Nivelle, s'est préoccupé de cette question et s'est demandé si on ne pourrait pas déceler les batteries en activité par l'audition du son du coup de canon; de bonne heure, il a posé nettement le problème. Il y avait dans toutes les armées des savants spécialisés dans les diverses branches de la science; le colonel Nivelle s'est adressé à des physiciens qui se trouvaient dans la division où il commandait l'artillerie et on lui a donné immédiatement une solution.

Nous avons deux postes A et B munis chacun d'un chronomètre et ces deux chronomètres sont bien réglés l'un sur l'autre; chacun des postes note l'instant auquel il entend le son du coup de canon. S'il s'écoule 3 secondes d'intervalle entre le moment où on l'entend au poste A et le moment où on l'entend au poste B, et si nous multiplions ces 3 secondes par 340 mètres, ce qui est la vitesse de propagation du son, la distance qui sépare la pièce du poste A est plus grande ou plus courte de 3 fois 340 mètres que la distance qui la sépare du poste B.

C'est un problème théorique élémentaire, mais moins simple dans sa réalisation. Parmi les physiciens auxquels le général Nivelle avait eu recours, se trouvait un astronome de l'Observatoire de Paris qui eut immédiatement l'idée d'utiliser les appareils enregistreurs du temps, dont on se sert dans les observatoires quand on fait des différences

de longitudes et quand on a à apprécier avec une précision énorme les différences de temps.

Ces appareils sont fort simples, ils consistent en une sorte d'appareil de télégraphie Morse; toutefois, au lieu d'avoir une seule plume, il y a autant de plumes qui écrivent sur la bande qu'il y a de postes.

Chacun de ces postes est en relation par une communication électrique avec l'appareil Morse, comme dans la télégraphie ordinaire. Le manipulateur du poste qui envoie est en relation par le fil télégraphique avec l'appareil récepteur; il suffit que vous vous imaginiez que, dans chacun des postes A, B, C, vous ayez un militaire muni d'un manipulateur en relation par un fil télégraphique avec un poste spécial où se trouve l'appareil enregistreur à trois plumes; cet appareil est aussi en relation avec une horloge qui marque un point sur la bande à chaque seconde, par exemple. Lorsque chacun de ces militaires entendra le coup de canon dans les postes A, B, C, il appuiera sur son manipulateur, on aura alors un signe sur la bande, pour chaque poste.

Comme vous avez le pointage des secondes de la pendule, vous pourrez relever les temps, en comptant le nombre de secondes qui séparent les points des postes A, B, C.

Donc la réalisation pratique est assez simple, grâce à cette bonne inspiration qu'on a eue au début de la guerre de poser le problème à des astronomes d'observatoire; ils ont eu de suite l'idée d'employer des appareils dont ils avaient la pratique.

Les instruments primitifs se sont beaucoup perfectionnés dans la suite, car le problème posé à l'artil-

lerie de la division du colonel Nivelles a été présenté en même temps à l'École normale supérieure, à l'Institut Marey, de sorte que les physiciens et les savants de ces deux organisations se sont mis à l'œuvre et, au bout d'un mois, nous avons été en possession des quatre systèmes que nous avons employés pendant toute la campagne.

Ces quatre systèmes se sont montrés excellents, quoique avec des particularités propres à chacun d'eux. En voici la liste :

Le premier système, auquel nous avons donné le nom de T. M. et qui était le système imaginé par le Service Géographique;

Le deuxième, système Dufour (M. Dufour est professeur de physique à l'École normale supérieure);

Le troisième, de MM. Cotton et Weiss. M. Cotton est professeur adjoint à la Sorbonne; M. Weiss, professeur à l'École polytechnique de Zurich;

Le quatrième, de M. Bull. M. Bull est un physicien anglais attaché à l'Institut Marey.

C'est le système Bull qui a été adopté par les Anglais quand nos Alliés se sont mis à installer des systèmes de repérage sur le front.

Le système de repérage au son a rendu d'énormes services précisément parce qu'il a permis de déceler constamment les batteries qui étaient en action, et cela avec une très grande précision. Il nous permettait de vérifier si ce que nous pensions être des batteries sur la photographie, étaient bien réellement des batteries; quand les deux renseignements concordaient, on avait la certitude absolue.

On a employé également par la suite les Sections

de Repérage par le Son pour régler le tir, avec le son produit par l'éclatement de nos projectiles dans le voisinage de la batterie ennemie repérée au son.

Je vais vous montrer un certain nombre de clichés vous donnant l'aspect d'une section de repérage par le son. Je vous dirai tout de suite que j'ai supposé tout à l'heure que, dans les postes A, B, C se trouvaient des militaires munis de manipulateurs. Effec-

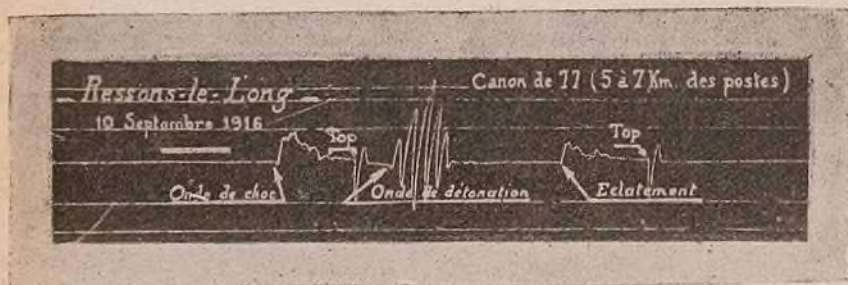


FIG. 10. — FAC-SIMILÉ D'UNE INSCRIPTION OBTENUE AU MOYEN DU MATÉRIEL T. M. 1918 DE REPÉRAGE PAR LE SON.

tivement, on a opéré de cette façon au début, mais la méthode ne donnait pas de bons résultats, car les canonniers se trouvaient installés dans de tout petits abris très voisins des premières lignes et il se produisait des erreurs dans le topage des auditions des coups de canon. On a donc remplacé l'écouteur humain par des *microphones* qui enregistraient automatiquement l'arrivée du coup de canon. Un dispositif spécial, lorsque l'onde agissait sur le microphone, produisait la fermeture du courant qui faisait marcher la plume de l'appareil Morse.

La figure 10 donne un exemple d'enregistrement sur la bande de l'appareil enregistreur du T. M. 1918.

On voit, sur la ligne du bas, l'enregistrement de l'horloge, avec de petites coches de cinquième en cinquième de seconde. Au-dessus, l'un des postes a donné des signaux de quatre formes différentes, l'onde de choc, phénomène très complexe et assez inattendu, qui, au début, a troublé et ralenti le fonctionnement des S. R. S. Ensuite, on voit un « top », signal fait à la main par un des guetteurs de la section, et qui, sans être indispensable, est utile, car il permet de discriminer les bruits parasites. Puis vient l'onde de détonation, c'est-à-dire le bruit réellement intéressant pour la S. R. S. On constatera qu'il a une forme tout à fait spéciale, et différente de celle des autres sons enregistrés, en particulier, de l'éclatement, qui, bien entendu, se trouve souvent inscrit.

Les sections de repérage par le son, à la fin de la campagne, étaient au nombre de 45, réparties sur tout le front.

Les sections de repérage par observation terrestre étaient également de 45 au total, et l'effectif des soldats qui y étaient employés s'élevait à peu près à 6 000 pour l'ensemble des deux services, avec, environ, 300 officiers, de sorte que la totalité du personnel dépendant du Service Géographique, au moment de l'armistice, atteignait en chiffres ronds 550 officiers et 9 000 hommes de troupe.

Ces organisations, qui sont en somme des services scientifiques, exigent pour fonctionner avec toute l'activité nécessaire, dans une guerre comme celle que nous venons de terminer, un grand nombre d'officiers compétents aidés d'un personnel subalterne spécialisé.

Le Service Géographique a encore eu à s'occuper pendant la guerre de beaucoup d'autres choses. Ainsi, il a constitué les centres d'instruction de ce qu'on appelle les *officiers orienteurs*; ce sont les officiers d'artillerie chargés d'utiliser les plans directeurs dans le but d'effectuer avec précision des tirs indirects. Le Service Géographique avait créé des centres d'instruction où il leur enseignait leur métier.

Le Service Géographique a organisé également un *Centre de Perfectionnement des sections de repérage par le son et des sections de renseignements* par observation terrestre. En outre, il a organisé de toutes pièces le Service de la Fabrication des instruments d'optique dont je vais maintenant parler.

Instruments d'optique.

Dès le mois de février 1915, le Service Géographique a été chargé, par le Ministre de la Guerre, de diriger et de contrôler peu à peu la fabrication de tous les instruments d'optique utilisés par les différentes armes. C'est sur la proposition du Service Géographique que cette décision a été prise, la Direction de l'artillerie se trouvant surchargée de travail du fait de l'organisation de l'artillerie lourde, de la fabrication intensive des munitions, et du développement de l'artillerie de campagne.

Notre ennemi se trouvait bien en avance sur nous à ce point de vue et, comme nous étions, avant la guerre, tributaires de l'Allemagne, il a

fallu monter cette fabrication chez nous en partant de rien.

On s'est servi comme modèles des premiers appareils capturés aux Allemands aussitôt après la retraite de la Marne.

Le Service Géographique s'est adressé à la Chambre Syndicale des Jumelliers; dès le début de l'année 1915, au premier appel, son président, M. Petit, est venu se mettre à la disposition du Service Géographique et on doit dire que l'organisation qu'il préside a toujours fait preuve du plus grand dévouement.

Énumérons les principaux types d'instruments, presque tous entièrement nouveaux, que le Service Géographique a fait construire pendant les quatre années de guerre : jumelles à prisme et de Galilée, avec ou sans micromètre; lunettes binoculaires, de grossissement allant de 10 à 16 (fig. 11); lunettes monoculaires, à trois grossissements (fig. 12); théodolites du type Jobin, destinés à la préparation du tir de l'artillerie lourde longue et de l'artillerie à longue portée; viseurs spéciaux pour S. R. O. T.; lunettes spéciales à grossissement 100, pour des observateurs spéciaux (fig. 13); goniomètres-boussoles, servant à la préparation topographique du tir dans toutes les batteries (fig. 14); objectifs photographiques pour l'aviation; viseurs à réticule tangent, utilisés dans certaines méthodes de réglage de tir; lunettes de chars d'assaut; tables de tir mécaniques Baldenweck.

En outre, à partir de décembre 1917, le Service Géographique est chargé du contrôle de toutes les verreries d'optique.



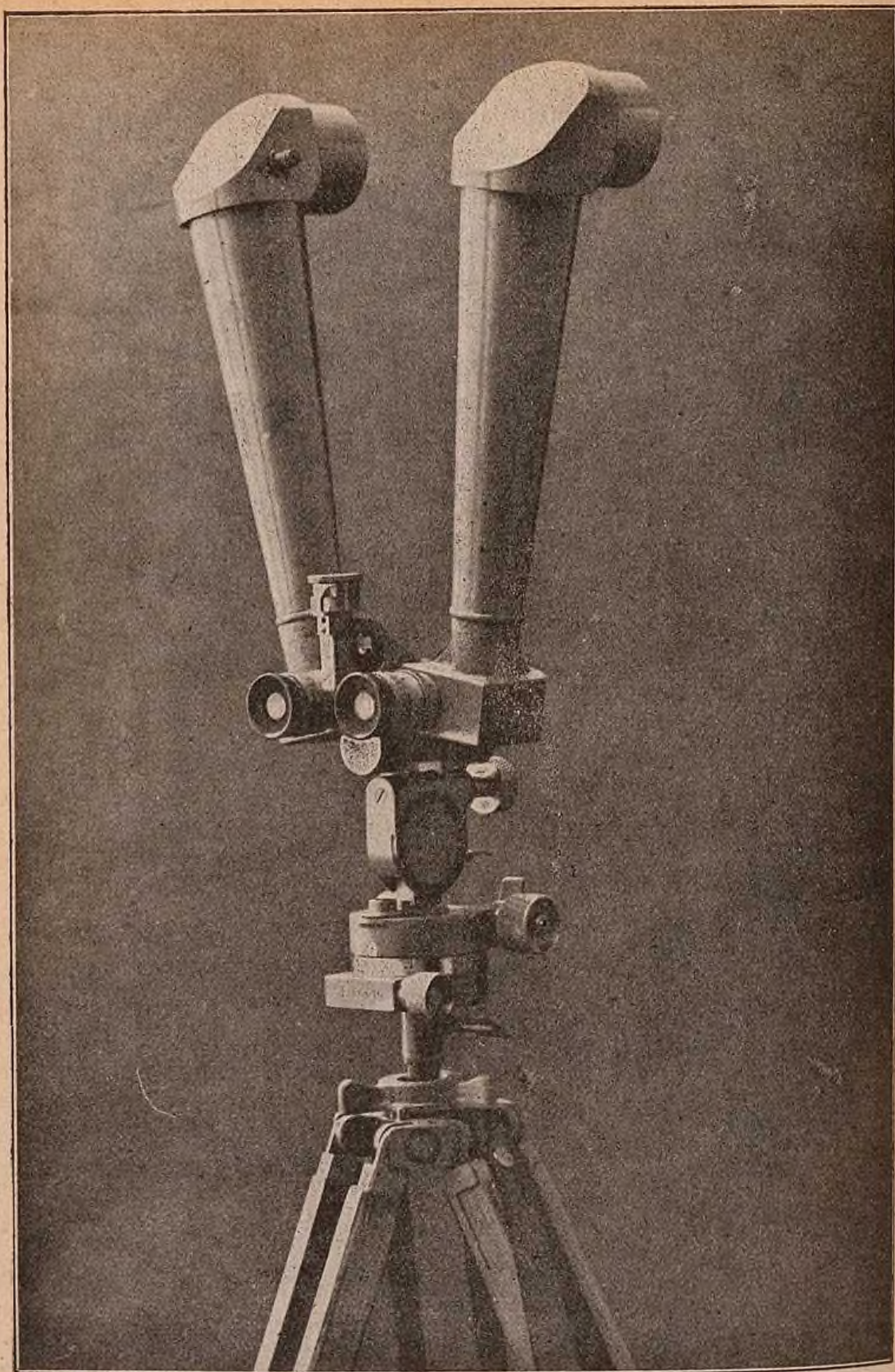


FIG. 11. — LUNETTE BINOCULAIRE, MODÈLE DE L'ARTILLERIE.



E16
CNAM

FIG. 12. — LUNETTE MONOCULAIRE A TROIS GROSSISSEMENTS

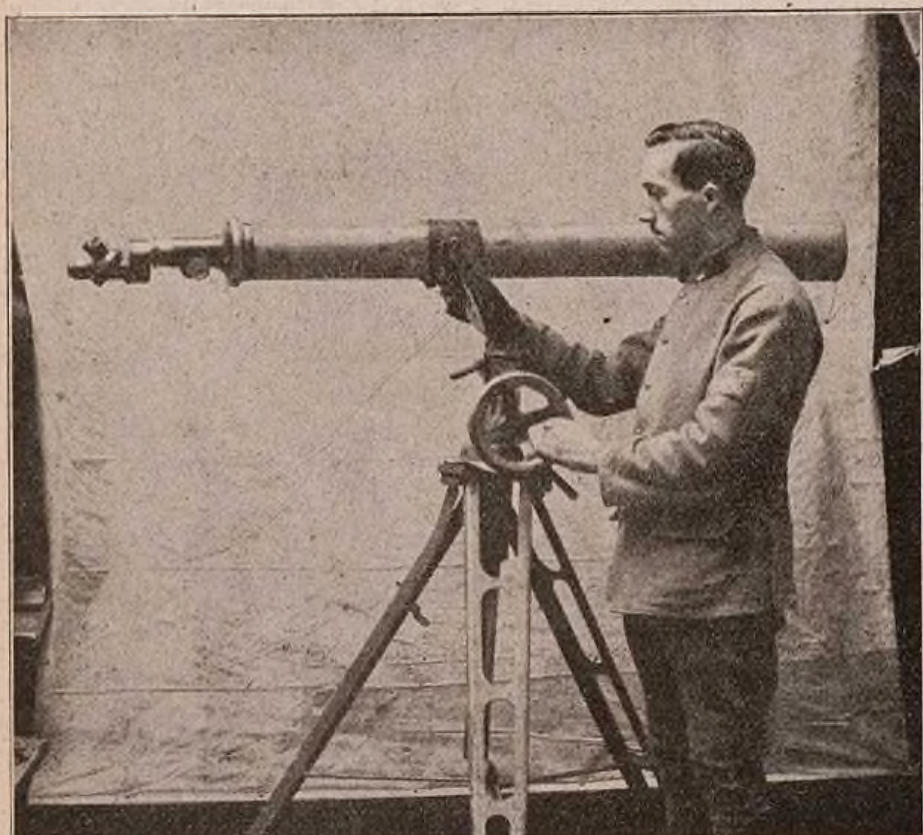
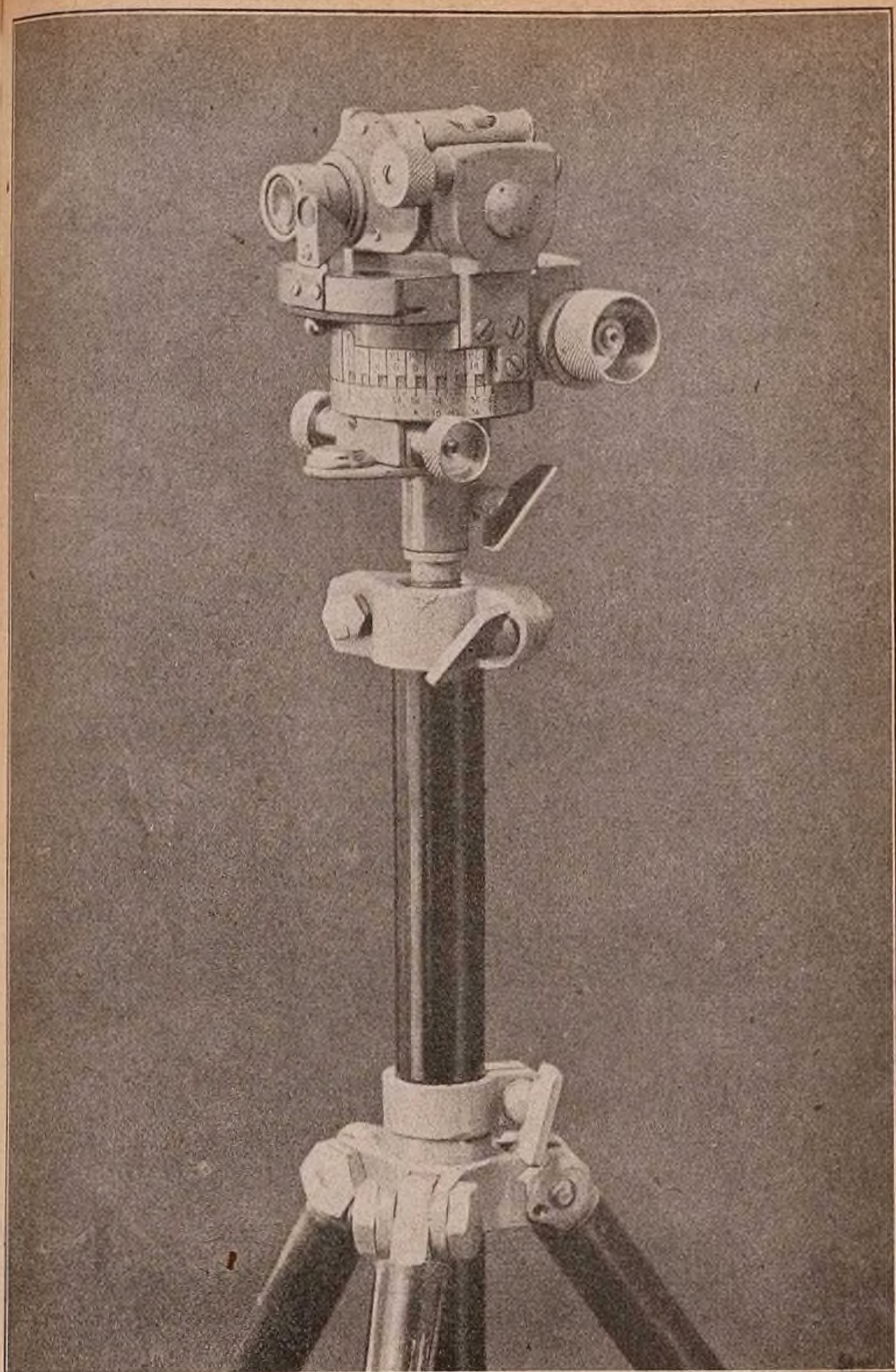


FIG. 13. — LUNETTE D'OBSERVATION SPÉCIALE,
GROSSISSEMENT 100.



Eib
CNAM

FIG. 14. — GONIOMETRE-BOUSSOLE DE BATTERIE.
Conférence Bourgeois.

Il va sans dire que les armées alliées et associées se sont largement approvisionnées chez nous en instruments de tous genres.

Pour donner une idée de l'importance que ce service, inexistant avant les hostilités, a pris en si peu de temps, citons quelques chiffres concernant les instruments fabriqués :

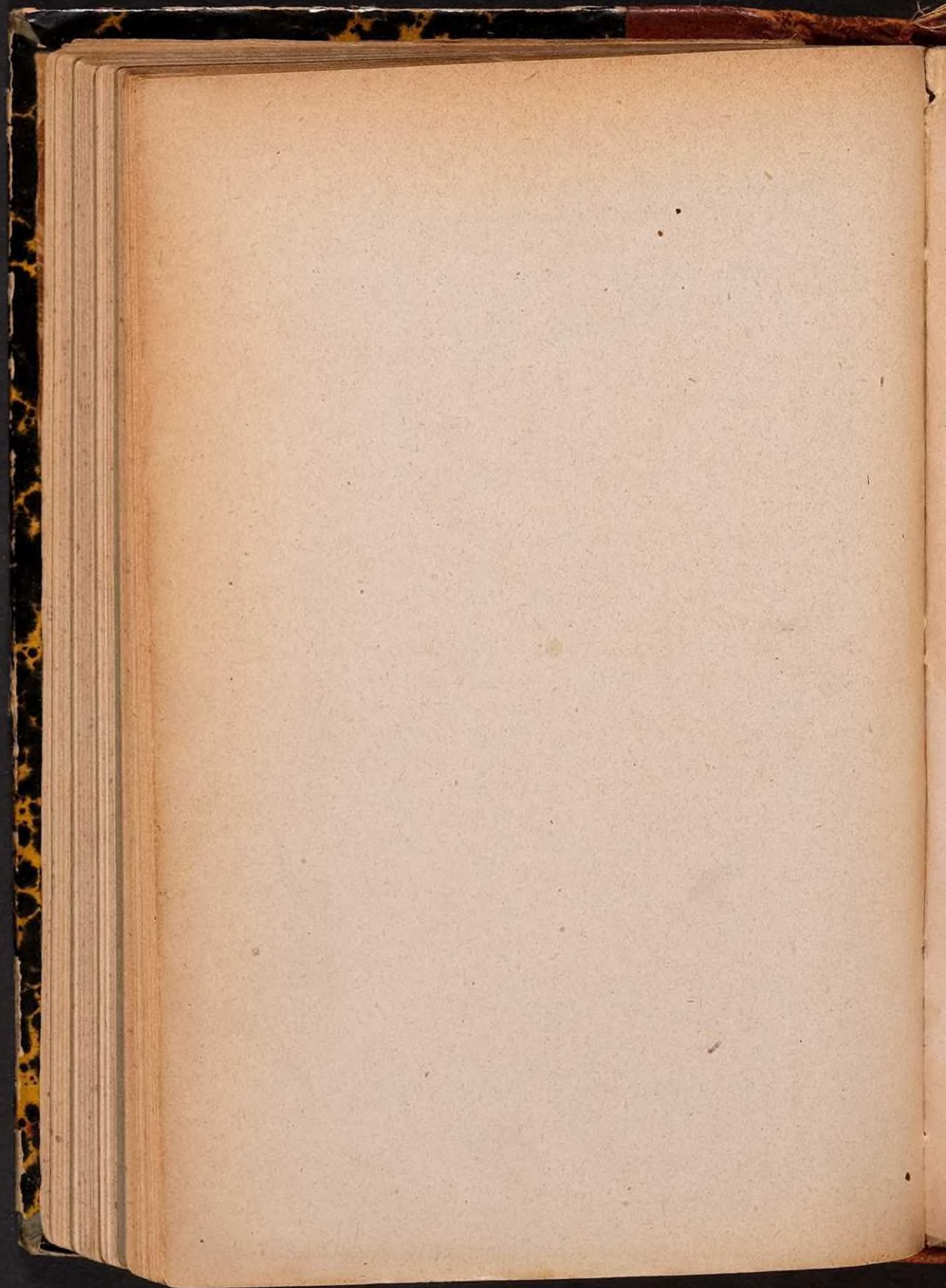
Jumelles	950 000
Monoculaires	11 000
Binoculaires	11 000
Goniomètres-boussoles	16 000
Objectifs d'aviation	6 000.

Il va de soi qu'une partie notable de ces stocks a été cédée aux différentes armées alliées, en particulier à l'armée américaine.

On voit, par cette conférence, que le Service Géographique est complètement sorti du cadre assez étroit où les conceptions anciennes se proposaient de le maintenir en temps de guerre, et qu'il s'est montré vraiment apte aux tâches les plus variées en même temps qu'aux plus vastes entreprises. Il a pu le faire sans hésitation ni retard grâce au dévouement de tout son personnel, et aussi à la valeur scientifique et à la compétence technique de ses officiers.

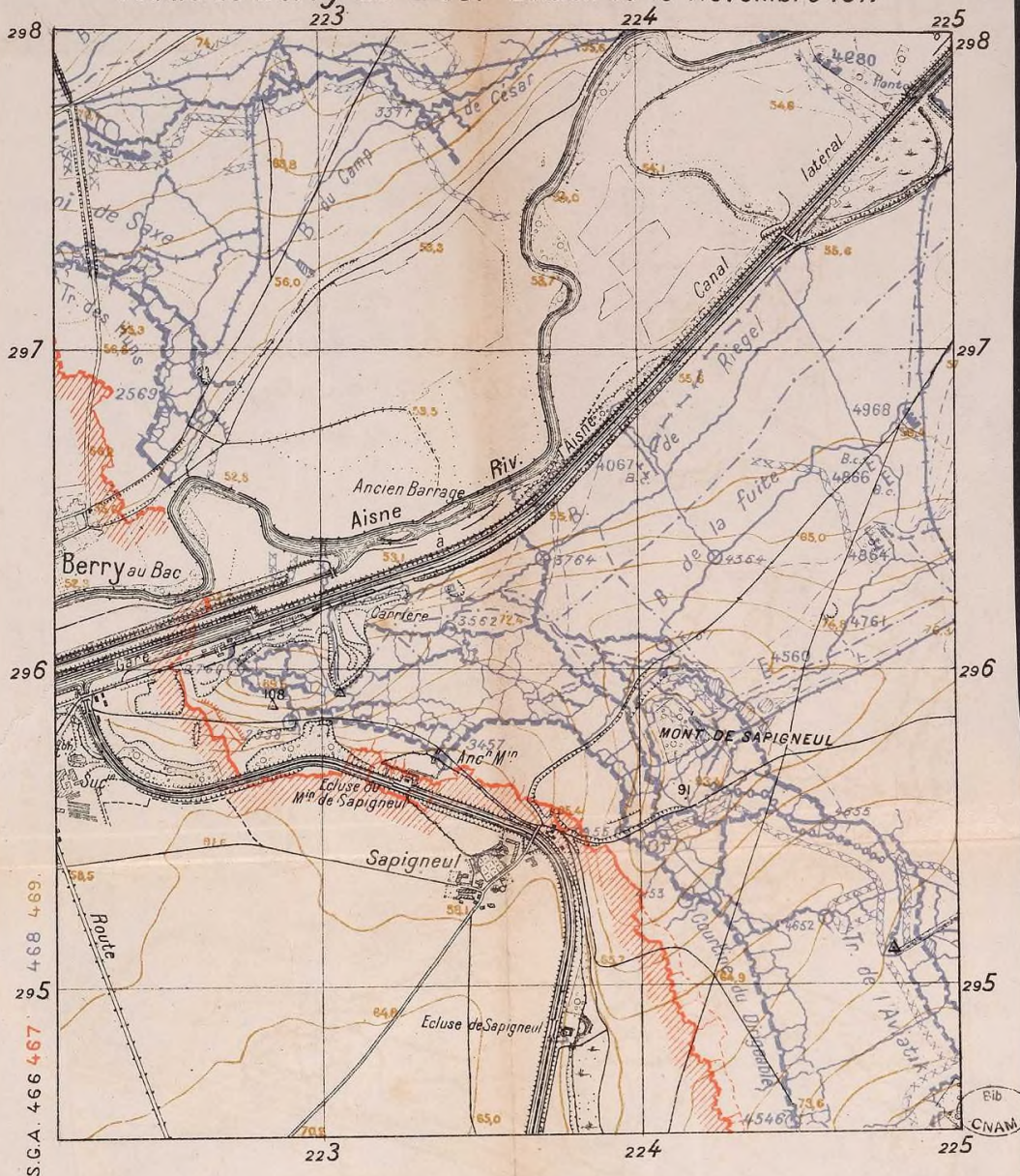






FRAGMENT DE PLAN DIRECTEUR AU 20.000^e

Feuille de *Berry-au-Bac*. Edition du 15 Novembre 1917



Fragment de la Carte
d'Etat-Major au 80.000^e
Correspondant au 20.000^e
ci-dessus

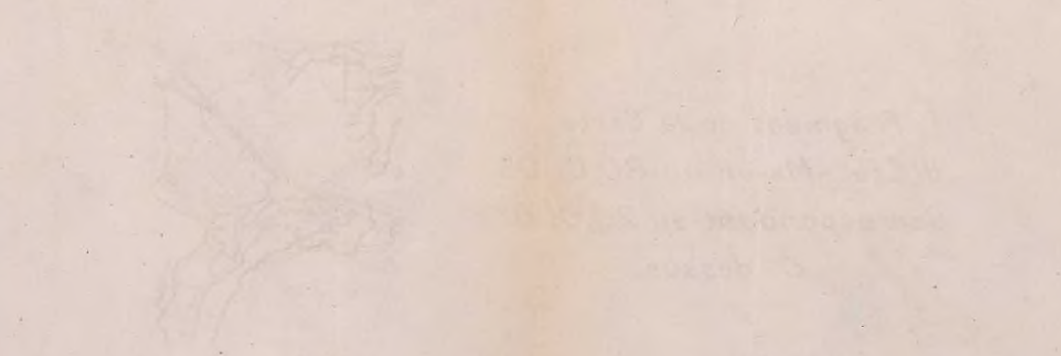


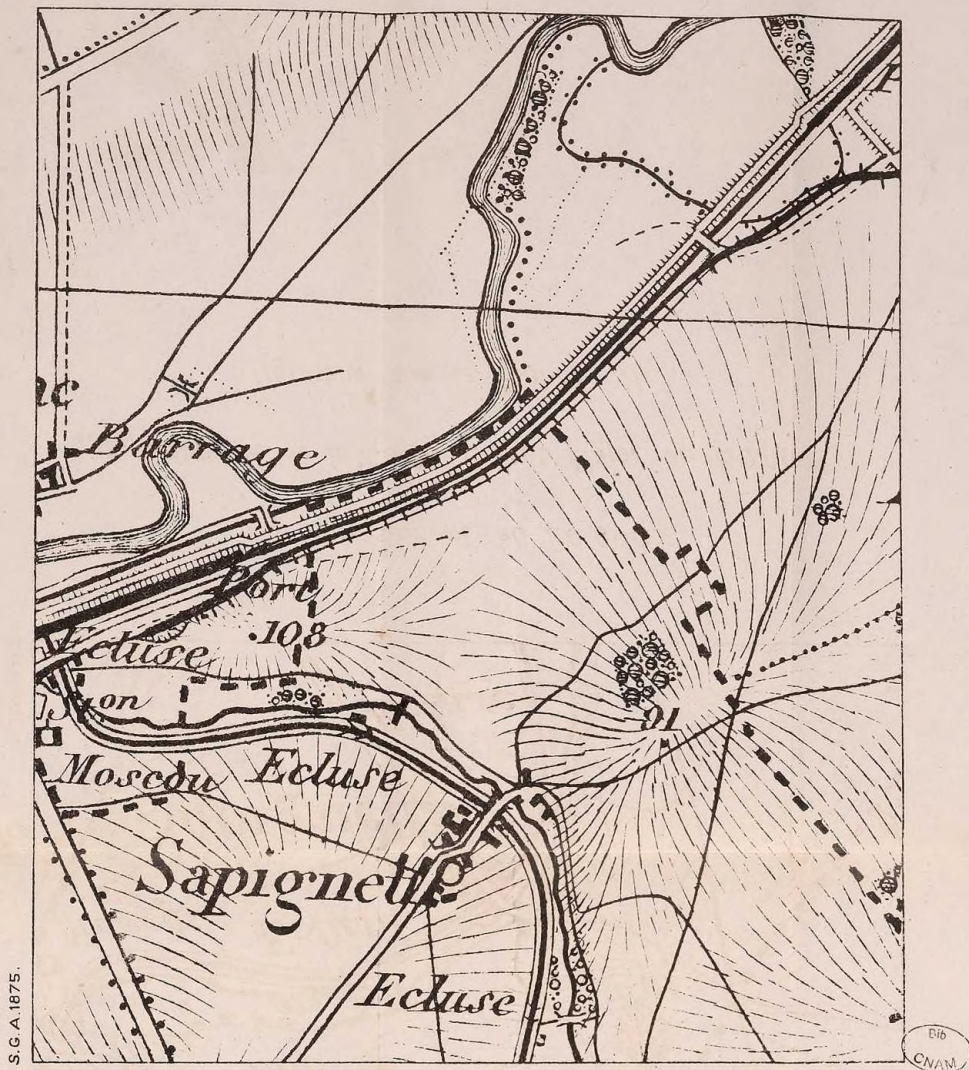
ÉCHELLE AU 20 000^e

Carte de la région de Bary au 20 000^e

FRAGMENT DE PLAN

Carte de la région de Bary au 20 000^e





Agrandissement au 20.000^e

du fragment de la Carte d'Etat-Major au 80.000^e

figurant sur la Planche II



Appareillement de la 1^{re} section
du bâtiment de la 1^{re} section
du bâtiment de la 1^{re} section

Fragment de **PLAN DIRECTEUR** au 5.000^e
 Feuille de la **Cote 108** - (Edition du 14 Avril 1917)

Planche IV



Tranchées
 Boyaux
 Réseaux de fil de fer

B'ies en activité 1^{re} révélées par la photographie
 2^e obtenues par renseignements
 Epaulements révélés par la photographie

Emplacements de mitrailleuses, lance-bombes
 Ligne téléphonique
 Chemin de fer à voie étroite



4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
Ch
rou
St
Par

EN VENTE
A LA LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 bis, rue Thénard, Paris.

LA SCIENCE ET L'INDUSTRIE FRANÇAISES PENDANT LA GUERRE

*Leur rôle dans l'œuvre de renaissance économique
de notre pays*

CONFÉRENCES PUBLIQUES DU DIMANCHE
faites au Conservatoire National des Arts et Métiers
(ANNÉE 1920)

1. — **Les Métallurgies.** — M. LÉON GUILLET, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1 fr. 50
2. — **L'Aviation.** — M. R. SOREAU, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, Vice-Président de l'Aéro-Club de France. 1 fr. »
3. — **Les recherches scientifiques et industrielles et les Inventions.** — M. MAURAIN, Professeur suppléant au Conservatoire national des Arts et Métiers. 2 fr. »
4. — **L'évolution du matériel d'artillerie.** — M. le L-Colonel RIMAILHO. 2 fr. 50
5. — **La fabrication du matériel d'artillerie.** — M. CHARPY, Membre de l'Institut. (en impression)
6. — **Les Chars d'assaut. — Historique technique. Historique tactique. Vues d'avenir.** — M. le Général ESTIENNE. 2 fr. 50
7. — **Le Service géographique de l'armée pendant la guerre.** — M. le Général BOURGEOIS, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Service géographique de l'armée. 2 fr. 50
8. — **De la fabrication des poudres et explosifs.** — M. LHEURE, Ancien Directeur du Service des poudres. 2 fr. »
9. — **Les radio-éléments et leurs applications.** — M^{me} CURIE, Professeur à la Sorbonne. 1 fr. 50
10. — **La chimie de guerre. Les gaz de combat.** — M. MOUREU, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France. 1 fr. 50
11. — **Le rôle du laboratoire d'usine.** — M. LÉON GUILLET, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers et à l'École Centrale des Arts et Manufactures. 1 fr. 50
12. — **Les industries chimiques.** — M. FLEURENT, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. 1 fr. 50

Chaque conférence est éditée séparément en brochure format in-8 couronne (11,5×18).

S'adresser à la Librairie de l'Enseignement technique, 3 bis, rue Thénard, Paris, 5^e, qui en fera l'envoi sur demande accompagnée du montant.

ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

Fondateur : M. LÉON EYROLLES, O. *, * I.

Ingénieur, Directeur de l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie

En vente à la Librairie de l'Enseignement technique, 3 bis, rue Thénard, Paris (5^e).

ORGANISATION ADMINISTRATIVE ET INDUSTRIELLE

- Cours de Commerce industriel, par HOUST. 2 vol. 20 fr.
Cours de Comptabilité commerciale appliquée aux entreprises, par JAYOT. 15 fr.
L'Industrie des Travaux publics, par DUFOUR. 3 fr. 50
Cours d'Organisation générale d'une entreprise de Travaux publics, par POU-LAIN. 15 fr.
Cours de finance et Comptabilité dans l'Industrie, par JULHET. 30 fr.
Les Entreprises Industrielles, fondation et direction, par André LIESSE. 3 fr. 50
Cours de Droit commercial et Introduction à la pratique des affaires, par MASSÉ. 12 fr. 50
Le chèque postal, par Félix Poudon. 10 fr.
Clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs, par GEORGIN. 12 fr. 50

BÉTON ARMÉ

- par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER.
Précis pour le calcul des ouvrages en béton armé. 8 fr.
Cours de Béton armé. *Livre I*: Procédés généraux de construction. 18 fr.
Livre II: Applications. 22 fr.

BÂTIMENTS.

ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS

- Construction et Installation des Bâti-ments agricoles, par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER et PRÉVOT. 20 fr.
Construction des Usines et Établissements industriels, par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER. 25 fr.

MÉCANIQUE ET MACHINES AUTOMOBILE. AVIATION

- Cours de Résistance des matériaux appliquée aux machines, par Georges BAYLE. 30 fr.
Cours de Moteurs à gaz, par LACON. 3 vol. 30 fr.
Cours d'Aviation. *Appareils d'aviation et propulseurs*, par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER. 10 fr.
Les Moteurs d'aéronautique, par MARCOTTE (en impression).
Cours d'Automobiles, par RIDET. *Livre I*: Moteurs. 20 fr. *Livre II*: Voitures. 20 fr.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

- Installations à haute tension, par PARRAP. 25 fr.
Construction de Machines électriques, par CASTANIER. 2 vol. et 1 atlas. 40 fr.
Cours de traction électrique : *Livre I*: Systèmes de traction. Matériel roulant. Moteurs. Equipements, par René MARTIN, avec atlas. 65 fr.
Livre II: Voie électrique et *Livre III*: Mouvements des trains sur les voies ferrées, par JANIN (en réimpression).

- Cours de Mesures électriques, par Eug. VIGNERON. *Livre I*: Essais de laboratoires. 25 fr.
Livre II: Essais de Machines (en impression).
Cours d'éclairage élect., par RUAT. 8 fr.

MÉTALLURGIE.

CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

- Cours de métallurgie, par le Général GAGES. *Livre I*: La Fonte. *Livre II*: Elaboration des fers et des aciers. *Livre III*: Travail du fer et de l'acier. *Livre IV*: Essais mécaniques des fers et des aciers. *Livre V*: Métallurgie des alliages métalliques et des métaux autres que le fer. Les 5 vol. 100 fr.
Standardisation, par le G^{ral} GAGES. 25 fr.
HYDRAULIQUE ET FORCES HYDRAULIQUES
Barrages, par BONNET. 30 fr. — Epuration des eaux et assainissement, par DIENERT. 20 fr. — Moteurs hydrauliques, par MILANDRE. 20 fr. — Aménagement des Cours d'eau en vue de la production de l'énergie électrique, par LEVY SALVADOR. 22 fr. 50
Formation, entretien et aménagement des cours d'eau, par le même. 15 fr.

TRAVAUX MARITIMES

- Cours de Travaux maritimes, par BÉNEZET. 3 vol. 60 fr.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer à crémaillère, funiculaires et transports aériens, par LEVY LAMBERT. 8 fr.
Notice sur les enclenchements, par M. R. ALLEGRET. 5 fr.

DROIT. LÉGISLATION

- Législation du travail et prévoyance sociale, par MASSÉ et BOVIER-LAPIERRE. 20 fr.
Législation du travail et notion de législation ouvrière et industrielle, par BERTHOUT. 35 fr.
Notions élémentaires de Droit civil, par Ch. GEORGIN. 25 fr.

DIVERS

- Cours de Meunerie, par MILANDRE. 12 fr.
Cours de Travaux publics aux Colonies, par HARDEL. 6 fr.
Les Murs de soutènement, par Ch. Aubry. 10 fr.
Règlement du 8 janvier 1915, du Ministère des Travaux publics, pour le Calcul et les épreuves des ponts métalliques, par MATHIEU. 3 fr.
Vocabulaire technique français-allemand, par DEMOLLIENS. 4 fr. 50
Pour devenir Ingénieur, par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER. 3 fr.
Évolution des Industries qui transforment les produits agricoles, par L. LINDET. 3 fr. 50
Formulaire mathématique et technique. 3 fr. 50

Majoration temporaire de 20% sur les prix marqués. — Pour plus de détails, consulter le catalogue général envoyé franco sur demande.