

## 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 ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

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

Auteur(s)	Cellerier, F. (18..-19..)
Auteur(s) secondaire(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers ; France. Direction des inventions, études et expériences techniques. Mission d'essais, vérifications et expériences techniques
Titre	Laboratoire d'essais du conservatoire national des Arts et Métiers : Résumé des travaux pendant la guerre
Adresse	Paris ; Nancy : Imprimerie Chapelot, 1919
Collation	1 vol. (220 p.) : ill. ; 24 cm
Nombre de vues	229
Cote	CNAM-BIB 8 Ku 108 (10)
Sujet(s)	Laboratoire commun de métrologie LNE-Cnam (Paris) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/096456116">https://www.sudoc.fr/096456116</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8KU108.10">https://cnum.cnam.fr/redir?8KU108.10</a>



Ku

108(10)

MINISTÈRE DE L'ARMEMENT ET DES FABRICATIONS DE GUERRE  
Direction des Inventions, Etudes et Expériences techniques

Mission d'Essais, Vérifications et Expériences techniques

# LABORATOIRE D'ESSAIS

DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

## RÉSUMÉ

DES

## TRAVAUX PENDANT LA GUERRE

PAR LE L<sup>T</sup>-COLONEL F. CELLERIER

Directeur du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National  
des Arts et Métiers



PARIS  
LIBRAIRIE MILITAIRE CHAPELOT

MARC IMHAUS & RENÉ CHAPELOT, ÉDITEURS  
136, Boulevard Saint-Germain, VI<sup>e</sup> (Même Maison à Nancy)

1919









MINISTÈRE DE L'ARMEMENT ET DES FABRICATIONS DE GUERRE  
Direction des Inventions, Études et Expériences techniques

Mission d'Essais, Vérifications et Expériences techniques

# LABORATOIRE D'ESSAIS

DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

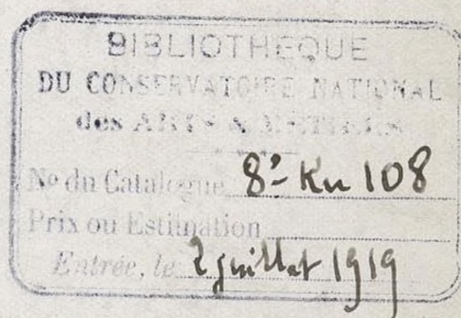
## RÉSUMÉ

DES

## TRAVAUX PENDANT LA GUERRE

PAR LE L<sup>T</sup>-COLONEL F. CELLERIER

Directeur du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National  
des Arts et Métiers



IMPRIMERIE CHAPELOT  
PARIS - NANCY

1919







## PRÉFACE

---

Le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers fut créé par décret du 19 mai 1900 et organisé par une loi et un décret du 9 juillet 1901, à la suite d'une convention passée entre le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, la Chambre de Commerce de Paris et le Conservatoire National des Arts et Métiers.

Le but du Laboratoire fut de permettre aux industriels et aux commerçants de soumettre des produits bruts ou manufacturés de toutes natures, des machines et des appareils, aux études, recherches et essais mécaniques, physiques et chimiques nécessaires pour les qualifier.

Depuis sa création, l'activité du Laboratoire d'Essais a régulièrement progressé. Par suite toutefois de l'importance relativement faible de la subvention de l'Etat ou des grands groupements industriels intéressés, les recherches techniques, qui exigent un personnel compétent et en nombre suffisant, et nécessitent des dépenses assez élevées, ne pouvaient acquérir l'ampleur qu'elles auraient dû prendre dans un Etablissement national de ce genre.

C'est ainsi que, pour l'année 1913 qui précéda la guerre, le personnel total s'élevait seulement au chiffre de soixante-deux agents, dont dix ingénieurs. Les dépenses totales avaient atteint la somme de 242.171 francs, dont 166.476 francs récupérés par l'Etat sous forme de recettes d'essais.

A cette époque, par suite de l'extension des travaux du Laboratoire d'Essais, la nécessité de son transfert sur de vastes emplacements, permettant son libre développement, commençait à s'imposer. Ces projets furent brusquement interrompus par la guerre.

Le 2 août 1914, une notable partie du personnel était mobilisé et tous les agents en état de rendre service à la Défense nationale quittaient le Laboratoire pour accomplir leur devoir



militaire. Comme conséquence, il ne restait, pour assurer le service, d'ailleurs très réduit des essais civils, qu'un personnel excessivement restreint.

---

### CRÉATION DE LA MISSION D'ESSAIS VÉRIFICATIONS ET EXPÉRIENCES TECHNIQUES

Au cours de l'année 1915, lorsque fut organisé au Ministère de la Guerre, le Sous-Secrétariat d'Etat de l'Armement, et que les plus incrédules eurent enfin compris l'importance des questions techniques dans la lutte contre nos ennemis, on se rendit compte de la nécessité d'utiliser sans retard, les installations scientifiques et techniques que nous possédions en France avant la guerre et qui étaient tombées dans l'inaction, par suite de la mobilisation du personnel.

Au mois de septembre 1915, M. Pierre Dupuy, député, signalait à M. Millerand, alors ministre de la Guerre, ancien président du Conseil d'administration du Conservatoire National des Arts et Métiers, l'intérêt de l'utilisation du Laboratoire d'Essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire, pour les besoins de la Défense nationale. M. Millerand acceptait aussitôt le principe de la création d'une mission spéciale, utilisant le Laboratoire d'Essais et destinée à être mise à la disposition des Services divers de la Guerre.

A la suite d'un accord avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie, qui mettait gracieusement le Laboratoire d'Essais à sa disposition, le Ministre de la Guerre créait, le 18 septembre 1915, la Mission d'essais, vérifications et expériences techniques, dont l'organe expérimental était constitué par le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.

M. Pierre Dupuy était nommé directeur de cette Mission et le commandant Cellerier, qui dirigeait le Laboratoire avant la guerre et qui venait d'être rappelé des armées, prenait la direction de ce nouvel organe, tout en assurant, par autorisation spéciale, la direction des essais pour l'industrie. M. Gabelle, directeur du Conservatoire, accordait toutes facilités pour le fonctionnement, dans cet établissement, des divers Services qui s'y installaient.



MINISTÈRE  
DE LA GUERRE

CABINET  
DU MINISTRE

N° 9751 D

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Paris, 18 septembre 1915.

## NOTE

Pour les Sous-Secrétariats d'Etat; les Directions; la Commission supérieure des Inventions; le Grand Quartier Général.

La plupart des Sous-Secrétariats d'Etat et des Directions ne sont pas, ou sont insuffisamment outillés, pour effectuer les essais ou vérifications de matières, l'expérimentation de certains instruments, dont ils sont appelés à faire usage.

D'autre part, ces Sous-Secrétariats d'Etat ou Directions, de même que la Commission des Inventions, sont, le plus souvent, dans l'impossibilité, faute du matériel expérimental indispensable, de faire procéder aux expériences nécessaires pour se prononcer avec autorité sur la valeur pratique des inventions considérées par leurs services d'études, après examen théorique, comme étant de nature à intéresser la Défense nationale.

Le Ministre a donc décidé la création, auprès de son Cabinet, d'une Mission d'Essais, Vérifications et Expériences Techniques, dont l'organe expérimental sera constitué par le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, mis gracieusement à la disposition du Ministre de la Guerre par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

Le but de cette Mission sera de centraliser les demandes d'essais, vérifications et expériences qui lui seraient adressées par les Sous-Secrétariats d'Etat, les Directions ou la Commission supérieure des Inventions, de faire procéder à ces essais, vérifications ou expériences, par les moyens du Laboratoire d'Essais; puis, de faire connaître aux intéressés les résultats obtenus.

Les demandes adressées sous le timbre de la Mission comporteront, soit l'indication des conditions à satisfaire par les matières ou appareils présentés, soit un questionnaire au sujet des propriétés positives ou négatives dont jouissent ces matières ou appareils.

Elles indiqueront également les conditions particulières dans lesquelles essais, vérifications ou expériences devront être effectués.

La Mission n'étant pas un organe d'études, son rôle sera exclusivement expérimental, c'est-à-dire que les matières ou appareils à essayer, vérifier ou expérimenter lui seront livrés par les Sous-Secrétariats, Directions, Inventions tels qu'ils doivent être soumis à l'expérience.

Les expériences pourront être reprises à nouveau après perfectionnements reconnus réalisables à la suite des premières.

La Mission s'entendra avec les intéressés pour l'organisation des dates et lieux des expériences.

Elle pourra, de même, se mettre avec tout ou partie de son personnel et du matériel du Laboratoire d'Essais à la disposition du Grand Quartier Général pour procéder aux essais, vérifications ou expériences qu'il y aurait lieu de faire dans la zone des armées.

Signé : MILLERAND.



La Note ministérielle ci-dessus prévoyait qu'en outre des essais des matières et de machines, des essais pourraient être entrepris par la Mission pour le perfectionnement d'appareils reconnus utilisables à la suite des premières expériences. Or, à ce moment, le Service des Inventions était presque exclusivement représenté par la Commission supérieure des Inventions intéressant les armées de terre et de mer, laquelle, ne disposant en propre d'aucun organe expérimental, était contrainte, dans nombre de cas, de juger sur simples documents les propositions qui lui étaient soumises.

Le Laboratoire d'Essais fut donc amené, par suite du rôle qui fut confié à la Mission, à collaborer dès cette époque avec les inventeurs pour l'examen et la mise au point de leurs appareils et à faciliter ainsi, à la Commission des Inventions, l'examen pratique des questions qui lui étaient posées.

Par la suite, accru dans ses attributions, le Laboratoire étendit bientôt ses travaux non seulement à l'exécution d'un nombre considérable d'essais pour les divers Services de la Guerre mais également à des recherches d'ordre scientifique et technique qui lui furent demandées par ces Services, et, enfin, à des questions concernant les Inventions, les Armées alliées, etc.

La transformation, en 1916, du Sous-Secrétariat d'Etat de l'Armement en Ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre, puis la création, à ce Ministère, du Sous-Secrétariat des Inventions, lequel reprenait, avec un programme et des moyens d'action plus étendus, les principes de la Mission d'Essais pour les Inventions, enfin, certaines conditions administratives et financières, eurent pour conséquence, en 1917, d'affecter le Laboratoire d'Essais (qui continuait d'être l'organe expérimental de la Mission d'Essais de M. P. Dupuy, à la Direction des Inventions, Etudes et Expériences techniques. On sait que cette Direction fut créée en 1916 par M. Painlevé, ministre de l'Instruction publique, président de la Commission technique du Laboratoire d'Essais, puis dirigée par M. Breton, député.

L'activité du Laboratoire d'Essais ne cessa de croître. Les Services techniques des armées anglaises, belges, italiennes, roumaines, américaines et françaises eurent recours au Laboratoire pour les travaux les plus variés. Les locaux pourtant relativement vastes, couvrant une superficie de plus de 5.500 mètres carrés, dans lesquels s'effectuaient les expériences,



devinrent bientôt insuffisants. Il fallut créer des Services nouveaux, en utilisant des laboratoires existants dans d'autres établissements et disponibles, qui constituèrent des annexes du Laboratoire d'Essais. C'est ainsi que furent successivement ouverts : le laboratoire de M. le professeur Tassard, de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures ; le Laboratoire de Chimie organique du Muséum d'Histoire naturelle ; le laboratoire de M. le professeur Léon Bertrand, de l'Ecole Normale Supérieure ; les laboratoires de la Société Française de Photographie.

## PERSONNEL DU LABORATOIRE D'ESSAIS (1918).

### DIRECTION

Directeur : Lieutenant-colonel Fernand CELLERIER \* \* \*  
(directeur avant la guerre) ;

Adjoint technique : Capitaine OLIVIER RAULIN \* \* \* ;

Adjoint administratif : Capitaine Henri TRIPIER.

### I. — SECTION DE PHYSIQUE

Chef : M. Robert BIQUARD (chef de la Section avant la guerre) ;

Sous-chefs : M. Albert FRÉRET, physicien ; M. Adolphe DINESMAN, physicien.

### II. — SECTION DES MÉTAUX

Chef : Sous-lieutenant Paul SABATIÉ (chef de la Section avant la guerre) ;

Sous-chef : Sous-lieutenant Julien SERVAIS.

### III. — SECTION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Chef : Capitaine Victor BODIN \* (chef de la Section avant la guerre) ;

Sous-chef : Lieutenant Robert BARBÉ \* \*.


### IV. — SECTION DES MACHINES

Chef : Capitaine Victor BODIN \* (remplaçant le Capitaine BOYER-GUILLON \* \* , aux armées) ;

Sous-chef : M. André COULMEAU, assistant au Laboratoire d'Essais.



V. — SECTION DE CHIMIE MINÉRALE

Chef : M. Hamlet GRIFFITHS O.  (chef de Section avant la guerre);


Sous-chefs : Lieutenant Marcel MANEN, assistant; M. Marcel CHEVAL, assistant.

VI. — SECTION DE CHIMIE ORGANIQUE

Chef : Capitaine TASSART, puis Pharmacien aide-major Jean-André SOULIER;

Sous-chefs : Pharmacien aide-major Joseph TOUSSAINT; Sous-lieutenant Robert FREY.

VII. — SECTION D'ÉTUDES PÉTROGRAPHIQUES

Chef : M. Léon BERTRAND , professeur à l'Ecole Normale Supérieure, président de la Société Géologique de France;


Sous-chef: M. Antonin LANQUINE, préparateur à la Faculté des Sciences, ancien vice-président de la Société Géologique de France.

VIII. — SECTION DE PHOTOGRAPHIE


Chef : M. E. COUSIN, secrétaire de la Société Française de Photographie;


Sous-chef : M. Lucien SOLIGNAC, photographe.


ATELIER

Chef : M. Paul LANDAIS , ingénieur des Ecoles d'Arts et Métiers.

D'autre part, le Laboratoire d'Essais fit appel, pour certains travaux, au concours de spécialistes distingués :

M. BIGOT , ingénieur-conseil en matières de fours et de produits céramiques et réfractaires;

Commandant MICHEL , Service des Produits métallurgiques au Ministère de l'Armement;

Capitaine F. WATTEBLED , chef du Service des Produits céramiques et réfractaires au Ministère de l'Armement;

Lieutenant DE REYTERE, Ministère du Travail et de l'Industrie du Gouvernement belge.



Le Laboratoire d'Essais a compté, pendant les années 1916-1917-1918, une moyenne de cent-cinq personnes, administrées par l'autorité militaire.

En outre, le personnel non mobilisé du Laboratoire, environ trente agents employés aux essais civils, a prêté, en maintes circonstances, son utile concours aux travaux d'ordre militaire de l'Etablissement.

Enfin, par sa collaboration étroite avec certaines Commissions importantes et avec les divers Services de la Défense nationale et des Armées alliées, le Laboratoire a reçu les conseils les plus éclairés des membres de ces Commissions et des officiers de ces Services.

---

## ATTRIBUTIONS DES SECTIONS DU LABORATOIRE D'ESSAIS

Les divers travaux du Laboratoire d'Essais se rapportant à la technique de la plupart des diverses branches des sciences appliquées, il devint nécessaire de les répartir entre les huit Sections spéciales désignées plus haut. Il va être indiqué sommairement les attributions de chacune de ces Sections quant à l'outillage et au matériel d'essais des plus importants et des plus perfectionnés, qui représentaient, avant la guerre, une somme de près de un million de francs.

C'est ainsi que, grâce à l'esprit d'initiative et de complet dévouement de chacun, grâce aussi à l'importance de son outillage, le Laboratoire d'Essais a été en mesure, dès la création de la Mission d'Essais, de pouvoir apporter pour le contrôle des fabrications de guerre et les études techniques, d'importants moyens de réalisation.

### SECTION DE PHYSIQUE

Les vérifications, étalonnages, contrôles et études effectués par la Section de Physique ont porté notamment sur :

*Etude de constantes physiques.* — Liquéfaction du chlore, densités, etc.

*Mesures de longueur.* — Appareils étalons, filetages, etc.



*Vérification d'angles et de poids.* — Calibres, étalons, etc.

*Vérifications des baromètres, manomètres, thermomètres, pyromètres.*

*Mesures de dilatation des corps.* — Métaux, verres, matériaux, etc.

*Etude des sources lumineuses.* — Fusées éclairantes, projecteurs, etc.

*Mesure des indices de réfraction des solides et des liquides;*

*Mesure des rayons de courbure de lentilles.*

*Détermination des éléments de systèmes optiques.*

*Etudes d'appareils de chauffage, de calorifuges.* — Poêles à bois, gamelles calorifugées, etc.

*Etude de la protection contre les rayons X.*

#### SECTION DES MÉTAUX ET DES BOIS

Les essais ont été effectués soit sur des pièces confectionnées soit sur des échantillons (barres, chaînes, câbles, cordages, courroies, tissus, lanières, bois de construction, bois spéciaux de construction, arbres de machines, tuyaux, récipients, creusets, etc.). Ils ont comporté des essais de traction, compression, flexion, torsion, cisailage, poinçonnage, dureté, choc, frottement et un certain nombre d'essais technologiques. Un Service spécial a été affecté dans cette Section aux études métallographiques. L'outillage très important de cette Section a permis des essais de grosses pièces, par l'emploi notamment de la grande machine universelle de 300 tonnes, permettant d'essayer à la traction et à la compression des pièces de 25 mètres sur 1 mètre d'équarrissage; à la flexion, des poutres ayant 6 mètres de portée sur 1 mètre d'équarrissage; des bandages de roues ayant jusqu'à 3 mètres de diamètre.

#### SECTION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Les essais de cette Section ont porté sur les chaux, ciments, mortiers, plâtres, produits réfractaires, pierres naturelles et artificielles, enduits, produits céramiques, peintures, carton bitumé, produits ignifuges, verres, etc., en un mot sur les matériaux de construction autres que les métaux et les bois.

Par suite de l'importance des études des produits réfractaires nécessitée par les besoins de nos usines métallurgiques, il fut



nécessaire de compléter les essais de laboratoire proprement dits par des expériences semi-industrielles à l'aide de fours spéciaux (dont un dû à MM. Bigot et Bodin), qui ont permis d'effectuer des expériences jusqu'à 1.750° sur plusieurs briques entières.

#### SECTION DES MACHINES

Les déterminations ont porté, en particulier, sur les points suivants :

*Essais des appareils à vapeur.* — Manomètres, indicateurs de vide, accessoires de chaudières, désincrustants, machines à vapeur et turbines de toutes espèces; essais de puissance, consommation, rendement, etc.

*Essais d'autres machines thermiques*, telles que gazogènes, machines à gaz, à air chaud, machines frigorifiques, etc.

*Essais des machines hydrauliques.* — Pompes, turbines, moteurs divers.

*Essais des appareils fondés sur la pression des gaz*, comme : freins à air comprimé, compresseurs, ventilateurs, anémomètres, etc.

*Essais de voitures automobiles, voiturettes, camions.*

*Essais d'hélices aériennes et de modèles d'appareils pour l'aviation*, etc.

#### SECTION DE CHIMIE MINÉRALE

Cette Section s'est occupée particulièrement des métaux et alliages, des chaux, ciments, plâtres, produits céramiques et réfractaires, verres, peintures, huiles, pétroles, essences, etc., elle a collaboré avec les sections d'essais mécaniques et physiques pour compléter la documentation qui était nécessaire à leurs expériences.

#### SECTION DE CHIMIE ORGANIQUE

Cette Section a été installée au Laboratoire de Chimie organique du Muséum d'Histoire naturelle, mis à la disposition de la Mission; elle a effectué, notamment, le dosage des réactifs d'imprégnation contenus dans les gazes des appareils protecteurs contre les gaz asphyxiants; des analyses de pâtes, d'enduits de caoutchoucs, etc.; des études d'enduits, etc.



Un Service spécial a été créé, dans les derniers temps, pour les études technologiques des bois indigènes et des bois coloniaux.

#### SECTION DE PÉTROGRAPHIE

Cette Section a été créée, au commencement de l'année 1917, pour contribuer aux recherches entreprises par le Laboratoire d'Essais sur les produits céramiques et réfractaires. M. le professeur Bertrand, de l'Ecole Normale Supérieure, en a assuré la direction dans son laboratoire de l'Ecole Normale, en collaboration avec M. Lanquine. Les résultats les plus intéressants ont été ainsi obtenus par l'étude pétrographique des matières premières constituant les briques, notamment les briques de silice, utilisées pour la confection des fours des usines métallurgiques.

#### SECTION DE PHOTOGRAPHIE

Par suite du développement des travaux de photographie pour les services du Laboratoire d'Essais, et de la nécessité qui s'imposait de prendre un assez grand nombre de photographies en couleurs pour l'étude anatomique des bois neufs ou des bois vieux ou artificiellement vieillis, il a été constitué un Service spécial, en 1918, dont M. Cousin, le distingué secrétaire de la Société Française de Photographie, a pris la direction. L'outillage spécial du Laboratoire et celui particulièrement bien organisé de cette Société ont été utilisés à cet effet.

---

## RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX TRAVAUX

effectués par le LABORATOIRE D'ESSAIS pour les Services  
de la Défense Nationale et les Armées alliées

Les principaux travaux effectués par le Laboratoire d'Essais pour les divers Services de la Défense nationale et pour les Armées alliées, du 18 septembre 1915, date de la création de la Mission, au 11 novembre 1918, comprennent :

- I. — *Essais courants et contrôles de fabrications;*
- II. — *Recherches et études spéciales.*

Nous indiquons succinctement, ci-après, la nature de ces essais, recherches et études, et résumons, en annexe, les plus intéressants de ces travaux, dont un certain nombre ont fait l'objet de fascicules spéciaux imprimés et distribués aux Services intéressés.



# I. — ESSAIS COURANTS ET CONTROLES DE FABRICATIONS

NATURE DES ESSAIS	NOMBRE des ÉCHANTILLONS essayés	POUR LES ÉTABLISSEMENTS et SERVICES COURANTS
<b>Physique</b>		
Vérification de thermomètres médicaux.....	13.394	Sous-Secrétariat d'Etat du Service de Santé.
Essais de réception de cartouches absorbantes pour masques respiratoires et d'appareils respiratoires...	20.445	{ Matériel chimique de guerre.
Vérification de gants, tissus et objets divers protecteurs contre les rayons X.....	846	
Vérification de glaces pour écrans radioscopiques....	1.819	Sous-Secrétariat d'Etat du Service de Santé.
<b>Mécanique</b>		
Tractions statiques sur éprouvettes, fils et bandes métalliques, tissus caoutchoucs, cordages, courroies, crochets, tendeurs, câbles, etc.	20.083	{ Inspection technique des Produits métallurgiques.
Flexions statiques ou par choc, compressions.....	2.968	
Essais d'usure de dureté et examens micrographiques.	3.790	{ Inspection des Fabrications des Munitions. — Service technique de l'Automobile.
Epreuves mécaniques sur lunettes et masques protecteurs contre les gaz asphyxiants.....	23.613	
Essais de perméabilité sur différents tissus.....	19.614	{ Matériel chimique de guerre. (Commission de réception.)
Essais sur divers bois.....	1.220	
Essais de cuisson et de fusion sur matériaux de construction.....	2.517	{ Ministère des Colonies. — Aviation.
A reporter.....	110.339	Ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre.



NATURE DES ESSAIS	NOMBRE des ÉCHANTILLONS essayés	POUR LES ÉTABLISSEMENTS et SERVICES SUIVANTS
<i>Report</i> .....	110.389	
Essais de moteurs, hélices...	65	} Section technique de l'Aéronautique.
Essais à la pression hydraulique de bouteilles à oxygène.....	82.207	
<b>Chimie</b>		
Analyses de métaux et alliages, matériaux de construction.....	1.448	} Ministère de l'Armement et Armée anglaise.
Essais d'huiles, d'essences...	260	
Analyses de pétroles, enduits, pâtes, caoutchouc.....	289	} Service des Fabrications de l'Aviation.
Dosages des réactifs d'imprégnation contenus dans les gazes des appareils protecteurs contre les gaz asphyxiants.....	50.492	
Vérification des duitages des tissus des masques protecteurs contre les gaz asphyxiants et appareils respiratoires.....	57.261	} Matériel chimique de guerre.
Analyses diverses.....	279	
TOTAL.....	291.640	Divers Services.

En résumé, pendant les trois années de son fonctionnement pour les besoins de la guerre, près de *trois cent mille* échantillons ont été examinés au Laboratoire d'Essais pour essais divers d'ordre physique, chimique ou mécanique. L'activité de l'établissement pour les travaux de la guerre a été d'environ trois fois celle de l'année 1913 pour les essais civils, laquelle avait été un maximum depuis la fondation primitive du Laboratoire.



### Pourcentage des Essais par Service

N <sup>os</sup> de Réfé- rence	SÉRVICES DE LA DÉFENSE NATIONALE	POUR- CENTAGE
1	<i>Ministère de l'Armement et des Fabrications de Guerre :</i> (Etablissement Central du Matériel Chimique de Guerre. — Inspection des Fabrications. — Direction des Forges. — Service Technique d'Automobile. — Section Technique de l'Artillerie. — Service des Poudres. — Bureau des Combustibles Végétaux. — Commission des Produits Céramiques et Réfractaires. — Service des Bois, etc.).....	78 %
2	<i>Sous-Secrétariat d'Etat de l'Aviation :</i> (Service Technique de l'Aéronautique. — Services Industriels de l'Aéronautique. — Service des Fabrications de l'Aviation).....	4 %
3	<i>Direction du Génie :</i> (Section Technique du Génie. — Etablissements Centraux du Matériel de Tranchée, du Matériel de Baraquement, et du Matériel de Radio-Télégraphie. — Ecole de Chemin de Fer, etc.).....	4,5 %
4	<i>Service de Santé :</i> (Pharmacie Centrale de l'Armée. — Matériel du Service de Santé, etc.).....	3 %
5	<i>Intendance :</i> (Service d'Habillement et de Campement).....	1,5 %
6	<i>Ministère de la Marine</i> .....	1 %
7	<i>Armées alliées</i> .....	3,5 %
8	<i>Direction des Inventions :</i> (Section des Inventions mécaniques, chimiques, d'artillerie et d'automobile, etc.).....	2 %
9	<i>Mission d'Essais :</i> (Service des Inventions. — Service de Santé de l'Intendance. — Divers.).....	1 %
10	<i>Ministères divers :</i> (Travaux Publics. — Colonies. — Blocus. — Ravitaillement. — Commerce et Industrie.).....	1,5 %



## II. — RÉSUMÉ DES RECHERCHES ET ÉTUDES SPÉCIALES

Nous résumons ici très sommairement ces principaux travaux.

Pour les plus intéressants, des renseignements complémentaires sont annexés au présent Rapport et pour certains d'entre eux des fascicules imprimés, distribués aux Services intéressés, exposent avec détails les études entreprises.

**Etudes des tissus destinés aux armées (1915).** — Le Laboratoire d'Essais a pris l'initiative d'effectuer une étude expérimentale systématique des tissus destinés aux troupes, non seulement au point de vue de la résistance mécanique, qui est l'épreuve habituelle, mais encore au point de vue, si important pour l'hygiène et la santé des hommes, des qualités de protection contre le froid, le vent et la pluie, et de la résistance à l'usure.

Le Laboratoire a créé, à cet effet, une série de dispositifs d'expériences appropriées sur des échantillons de divers tissus (drap d'uniformes, chemises, caleçons, échantillons de doublures, de couvertures, etc.).

Les résultats ont été transmis au Service de l'Intendance.

**Etude de types de marmites et gamelles calorifuges (1915-16).** — Un travail d'ensemble des moyens de protection contre les pertes de chaleur du contenu des marmites ou gamelles de campagne, fut entrepris au commencement de l'hiver 1915-16.

Cette étude a porté notamment sur la comparaison des résultats obtenus avec différents isolants : drap, toile goudronnée, liège, carton ondulé, feutre, etc.

**Affût de créneau Jean Dupuy.** — Des expériences ont été exécutées au champ de tir, sous le contrôle du Laboratoire, sur un dispositif d'affût simple, imaginé par le sous-lieutenant Jean Dupuy. L'appareil a donné des résultats très intéressants; il a été expérimenté ensuite aux Armées.

**Etude sur la liquéfaction du chlore (1915-1916).** — La liquéfaction industrielle du chlore présentait de sérieuses difficultés qu'eurent à vaincre les Services du Matériel chimique de guerre



(M. C. G.) au moment où se créèrent les usines nouvelles de fabrication de ce produit.

Le Laboratoire d'Essais a été amené à entreprendre une importante étude en vue de rechercher les rendements industriels les meilleurs pour la liquéfaction du chlore, en utilisant soit uniquement le froid sans compression, soit uniquement la compression, soit le froid et la compression combinés, afin de trouver le mode opératoire optimum.

Le compte rendu des résultats de ces travaux a été remis aux Services du Matériel chimique de guerre.

**Appareils détecteurs de gaz asphyxiants (1915-1916).** — Ces appareils avaient pour but de révéler la présence des gaz asphyxiants dans une sape, etc., et d'avertir à distance l'arrivée d'une vague de gaz, ou sa fin. Deux types complètement nouveaux de détecteurs ont été conçus, étudiés et réalisés au Laboratoire d'Essais, et ont fourni de bons résultats :

1° *Appareils à signal lumineux, de M. Biquard, chef de Section de physique du Laboratoire d'Essais.*

Ces appareils sont basés sur le changement de coloration et d'éclat qu'éprouve une flamme bleue d'essence, brûlant en présence de cuivre métallique lorsqu'elle est soumise à l'action de traces de produits chlorés ou bromés gazeux.

2° *Appareil électrique de M. Gabreau, physicien au Laboratoire d'Essais.*

Cet appareil est basé sur la variation de la force électromotrice d'une pile polarisée (élément zinc, eau salée, argent), lorsque cette pile est soumise à l'action de traces de produits chlorés ou bromés gazeux.

Le courant actionne alors, par un relai, des lampes, sonneries, klaxons placés au poste central.

La pile est lancée comme une bombe, soit avec un canon pneumatique, soit avec un mortier spécial tel que le mortier Cellerier.

**Pierres de la cathédrale de Reims (1915-16).** — Pendant l'incendie de la cathédrale de Reims qui, en 1915, suivit le premier bombardement, les pierres calcaires constituant l'édifice furent soumises à une forte chaleur et plus ou moins détériorées.



Le Laboratoire d'Essais fut chargé d'exécuter, sur la demande de M. Boudouard, des épreuves spéciales sur divers échantillons prélevés sur le monument, en vue de rechercher si, pour l'avenir et malgré l'influence du temps et des intempéries, il serait possible de restaurer l'édifice.

Malheureusement, la barbarie allemande, détruisant systématiquement la ville, a rendu précaire le résultat de cette étude qui donnait l'espoir, à cette époque, de conserver une partie artistique importante de la célèbre cathédrale.

**Etude des plaques d'identité des militaires (1915-16).** — Il avait été signalé par les armées, que le métal de certaines plaques d'identité en aluminium se décomposait rapidement sur le corps des militaires tués au cours des combats et que les circonstances obligeaient parfois à abandonner avant d'avoir pu les identifier. Au bout de peu de mois, ces plaques étaient réduites à l'état de poussière.

Un certain nombre d'échantillons de métaux ont été, en conséquence, spécialement choisis. Pour tenir compte, dans la mesure du possible, de l'incertitude des conditions dans lesquelles se produit la putréfaction des cadavres, on a soumis les échantillons examinés à des épreuves variées se rapprochant de la réalité, bien qu'en raison de l'urgence il n'ait pu être effectué d'essais de très longue durée.

Les expériences ont été réalisées au Laboratoire d'Essais du Conservatoire et également au laboratoire de M. le professeur Lebeau, à l'Ecole Supérieure de Pharmacie.

Un rapport spécial détaillé a été fourni au Ministre de la Guerre.

**Etude sur la rotation des ceintures d'obus et le forçement des obus dans la pièce (1916).** — On a évalué les efforts statiques nécessaires à la rotation des ceintures de cuivre sur le projectile, et déterminé la variation de ces efforts avec le profil du logement de la ceinture et avec le diamètre de celle-ci. Les résultats ont été communiqués à la Commission de ceinturage des obus, sur la demande de laquelle ce travail avait été entrepris.

D'autre part, on a recherché la valeur des efforts de forçement de l'obus monté dans des tubes d'acier ayant les mêmes rayures que celles de canons de 155 et de 75.

Ces travaux intéressants ont été conduits par le Lieutenant Sabatié, chef de la Section des Métaux.

**Etude et essais d'un nouveau procédé de lubrification des moteurs à explosion (1916).** — Le procédé consistait en une émulsion d'huile dans l'eau. Des essais au banc ayant donné des résultats satisfaisants, des essais sur route ont été ensuite exécutés.

**Expérimentation et mise au point de deux automobiles-buanderies (1916).** — Après étude de ces deux voitures (lessiveuse et essoreuse), des essais pratiques ont donné la quantité de linge lavé par jour, la consommation en charbon, eau, etc.

Les défauts constatés aux premiers essais sur les modèles remis à la Société Française de Secours aux Blessés furent corrigées sur les indications de la Mission. Les voitures, ainsi modifiées, ont été mises en service aux armées.

**Recherches de procédés de coloration de l'essence minérale et du benzol (1916).** — Cette étude a été entreprise sur la demande du Service Automobile pour l'essence, le benzol et leur mélange.

L'orcanette a été trouvée par M. Griffiths comme possédant les diverses propriétés requises.

**Essais de rouleaux pour lancement de ponts (1916).** — Des expériences pour le Service des Chemins de fer du Génie ont été effectués au moyen de la machine de 300 tonnes horizontale du Laboratoire d'Essais. Elles avaient pour but de se rendre compte de la déformation élastique de ces pièces sous charge.

**Etude de la résistance aux hautes températures de produits réfractaires.** — Les expériences ont porté sur :

Des argiles non mélangées de chamotte;

Des argiles mélangées de chamotte;

Du corindon;

Un produit alumineux spécial dénommé corindite;

Trois silices;

Un zircone.



Pour chacun de ces produits, le capitaine Bodin a déterminé la courbe des charges de rupture par centimètre carré en fonction de température entre 20° et 1.500°. Ces courbes indiquent qu'avant la température où un produit réfractaire commence à devenir plastique, il existe généralement une température de résistance minima vers 800° et une autre de résistance maxima vers 1.100°. En particulier, une des argiles non mélangée de chamotte a présenté à 1.300° une résistance quadruple de celle qu'elle a à la température ordinaire.

Tous ces essais ont été effectués à l'aide du dispositif des mesures de résistance à l'écrasement, mis au point et amélioré par le capitaine Bodin.

**Essais photométriques sur arcs de projecteurs Sperry.** — Ces essais étaient destinés à comparer aux arcs en usage le nouvel arc Sperry proposé au Service des Projecteurs de campagne et qui est caractérisé par un dispositif spécial de rotation du charbon positif assurant une grande fixité au cratère, ainsi que par une constitution spéciale de l'âme des charbons.

Les résultats obtenus ont montré une grande supériorité sur ceux obtenus avec les arcs utilisés jusqu'alors.

**Etude sur les procédés de mesures des constantes physiques et chimiques des verres spéciaux (1916).** — La France était, avant la guerre, presque exclusivement tributaire de l'Allemagne pour la fourniture de la verrerie spéciale.

D'importantes études ont été entreprises pour mettre au point des procédés nouveaux de mesure des constantes physiques liées aux propriétés de ces verres allemands et pour en obtenir d'autres présentant des qualités comparables.

Des expériences délicates relatives au coefficient d'élasticité, à la résistance, à la traction et au palier de fusibilité sont en voie d'aboutissement.

Un Bulletin spécial du Laboratoire d'Essais, établi par M. Griffiths, chef de la Section de Chimie minérale du Laboratoire d'Essais, donne les procédés employés d'essais chimiques des verres.

**Recherche du balourd dynamique des obus. (1917).** — On sait que, parmi les différentes épreuves de réception des obus, figure la détermination de la position du centre de gravité par rapport



à l'axe géométrique, pour s'assurer que le moment de la masse du projectile par rapport à cet axe, ou *balourd statique*, ne dépasse pas une certaine limite, à partir de laquelle seraient à craindre des irrégularités de tir.

Mais cette détermination ne tient pas compte du non-parallélisme de l'axe principal d'inertie avec l'axe de symétrie, pouvant provenir d'un usinage plus ou moins soigné et des déformations après trempe, surtout pour les gros calibres.

Ce défaut du parallélisme, qui donne naissance au *balourd dynamique*, se traduit pendant le mouvement du projectile sur sa trajectoire, par la nutation de l'axe de symétrie autour de l'axe instantané de rotation; l'angle du cône de nutation peut servir de mesure du *balourd dynamique*.

Le balourd dynamique, qui prend naissance dans l'âme même de la pièce, tend à en causer l'usure plus rapide; il provoque, en outre, des mouvements du projectile sur sa trajectoire qui peuvent avoir une influence sur la précision du tir.

Le Service des Inventions de l'Artillerie a envisagé, à cet effet, d'étudier le double problème suivant :

1° Détermination du balourd dynamique à la vitesse de rotation du projectile au départ;

2° Influence du balourd dynamique sur la portée qui devra être étudiée dans des tirs réels.

M. Hadamard, de l'Académie des Sciences, a établi les équations du mouvement de l'obus en rotation sur un ingénieux appareil imaginé et construit au Laboratoire d'Essais par M. Biquard, chef de Section, et M. Lebrun, physicien, et qui permet d'étudier le balourd dynamique pour l'obus de 75. Cet appareil fournit en même temps des mesures du balourd statique.

La durée des mesures est assez courte pour permettre d'examiner 60 à 100 obus à l'heure.

**Essais sur des cartouches de fusées d'avion (1917).** — Il a été demandé par la Section technique de l'Aéronautique de déterminer la loi de la variation en fonction du temps, de la force propulsive au point fixe, de cartouches de fusées de différents types.

On a pu enregistrer automatiquement les temps et les efforts



à mesurer, les temps étant donnés par les vibrations d'un diapason battant le centième de seconde, et les efforts par la déformation amplifiée d'un puissant ressort.

L'étude de différents modèles de cartouches a conduit à l'amélioration sensible d'un type spécialement approprié au but visé.

**Etude sur la protection contre les rayons X (1917).** — Il s'agissait d'étudier l'efficacité des moyens actuellement employés pour protéger contre les rayons X les médecins et les opérateurs radiographes, et de rechercher des procédés simples permettant d'éviter les accidents toujours très nombreux de radiodermite. Les expériences exécutées montrent qu'en général les dispositifs actuels ont une efficacité *incomplète*.

On a expérimenté de *nouvelles matières* destinées à la confection de gants et de tabliers. Une relation simple a été établie entre leur densité et leur puissance absorbante, qui permettra d'apprécier la valeur de tous les produits qui pourront être proposés à l'avenir.

Il a été étudié, d'autre part, divers *écrans renforceurs*, destinés à diminuer les temps de pose et, par suite, les dangers de radiodermite chez les blessés; certains types ont permis d'obtenir une réduction dans le rapport de 14 à 1.

**Etude sur le emploi, dans les constructions, des vieux matériaux provenant des villes et villages détruits par la guerre (1917).** — Dans le but de faciliter la reconstruction rapide et à bon marché des immeubles détruits par les faits de guerre, une étude très importante a été entreprise à la demande des grandes Sociétés d'Architectes. Elle a porté :

- 1° Sur la formation du salpêtre produit sur les matériaux de construction;
- 2° Sur l'analyse des matériaux provenant des ruines des pays dévastés;
- 3° Sur la fabrication d'agglomérés avec ces matériaux;
- 4° Sur les caractéristiques mécaniques et la résistance aux intempéries de ces agglomérés.

On saisit l'intérêt général de cette question qui se rattache aux travaux entrepris au début par l'autorité militaire, puis par le Ministère des Régions Libérées, pour la réédification des



localités atteintes par le fait de la guerre. Un programme méthodique d'expériences a été établi, d'accord avec les représentants de ces Sociétés et avec le précieux concours de M. H. Le Chatelier.

De nombreuses expériences comparatives ont eu lieu sur échantillons provenant soit de la région parisienne, soit d'immeubles détruits à Reims, et sur des agglomérés faits avec divers débris de matériaux de ces régions.

Le capitaine Bodin et M. Griffiths ont effectué les recherches mécaniques, physiques et chimiques, et M. le capitaine Tassart celles relatives à la nitrification.

Les essais ont permis d'aboutir à toute une série de conclusions intéressantes relatives aux meilleurs dosages en ciments ou en chaux hydrauliques; aux précautions à prendre pour éviter les méfaits des efflorescences, etc.

Un rapport spécial a été établi à ce sujet.

**Etude sur les mesures comparatives de pression des moteurs d'aviation, au sol et à des altitudes élevées (1917).** — Jusqu'à ces derniers temps, les moteurs d'aviation étaient réglés de façon à donner leur maximum de puissance au sol. Il en résultait qu'à mesure qu'un avion s'élevait, la puissance de son moteur et par suite sa force ascensionnelle diminuaient; celle-ci devenait nulle à une certaine altitude correspondant au « plafond » de l'appareil.

Plusieurs dispositifs ont été imaginés pour élever, autant que possible, ce « plafond » des différents appareils. Un progrès sensible a été apporté par l'augmentation de la compression des moteurs, qui présente cependant des inconvénients au point de vue de la conservation des bougies d'allumage.

En août 1917, la Section technique de l'Aéronautique a organisé des expériences aux cols du Lautaret et Galibier, en vue de déterminer la valeur optima de la compression dans les moteurs.

Elle a demandé au Laboratoire d'Essais son concours pour déterminer, concurremment avec des expériences de puissance, et de consommation effectuées par ses soins, la mesure des pressions développées dans les cylindres.

**Etudes sur les bois indigènes et coloniaux (1916-17-18).** — On a étudié les caractéristiques mécaniques de divers bois colo-



niaux : densité, humidité, dureté, résistance à la compression, à la flexion, au choc, au fendage, etc.

Les essais ont porté notamment sur des essences de Madagascar et de l'Indo-Chine. Ils ont eu pour but de permettre le remplacement éventuel de nos bois indigènes dans leurs diverses applications aux besoins de la Guerre.

Toute une suite d'essais a été entreprise à ce sujet, tant au point de vue des essais technologiques, par MM. Soulié et Frey, qu'au point de vue des essais mécaniques et physiques, par le lieutenant Sabatié. Une documentation importante a pu ainsi être établie, qui contribuera, après la guerre, à l'étude générale des bois.

**Etudes sur la différenciation des bois verts et des bois vieux ou artificiellement vieillis.** — L'usage considérable qui a été fait pendant la guerre des diverses essences de bois dont on pouvait disposer, a eu pour conséquence d'épuiser rapidement les stocks de bois vieux constitués depuis plusieurs années. Les bois verts, en effet, sont généralement inutilisables pour la confection d'appareils ou de machines, parce qu'avec le temps ils se « voilent » et « jouent », ce qui peut présenter de sérieux inconvénients.

Il est donc apparu bientôt aux Services intéressés qu'il y avait lieu de se préoccuper de trouver des procédés industriels permettant de transformer très rapidement et par des moyens aussi simples que possible, des bois encore verts en bois présentant les qualités recherchées dans les bois vieillis.

Parallèlement à cette étude, il devenait indispensable de trouver des caractéristiques précises permettant d'apprécier le moment où les bois, ainsi artificiellement vieillis, présentaient bien les caractères des véritables bois vieux.

Cette dernière étude, qui a été entreprise au Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, a porté sur six essences vulgaires de bois du pays, savoir : frêne, sapin, peuplier, hêtre, chêne et orme, essences qu'il est encore facile de se procurer.

— On saisit tout l'intérêt de cette question dont l'importance s'accroît du fait des difficultés sérieuses de transports des bois provenant de nos colonies ou des pays étrangers.



MM. Soulié et Frey ont établi un rapport spécial sur leurs travaux.

**Essais de poêles à bois ou à sciure de bois (1917).** — La pénurie de charbon a conduit le Service des Combustibles végétaux du Ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre à la recherche de nouveaux appareils de chauffage au bois ou à la sciure.

Le Laboratoire d'Essais a été chargé de déterminer le rendement calorifique et les conditions de fonctionnement, au point de vue de la salubrité, des appareils spécialement construits dans ce but et présentés au Ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre, qui a établi un concours à cet effet. Quelques résultats intéressants ont ainsi été obtenus; toutefois, ils ont fait ressortir certains défauts des appareils, défaut qui devront, pour l'avenir de cette industrie en France, être corrigés.

**Contrôle de montres fusibles à haute température (1917-18).** — Ces montres, de fabrication française, destinées à remplacer les montres allemandes de Séger, ont été contrôlées dans un four spécial construit pour les hautes températures.

Les résultats obtenus sont très encourageants et permettent d'espérer que l'industrie française sera en mesure de fournir, pour toute l'échelle des températures, des pyroscopes aussi réguliers que ceux de Séger.

**Etude de la fabrication des briques de silice (1917-18).** — On sait que notre industrie métallurgique, qui utilise pour les revêtements de ses fours des quantités relativement importantes de briques de silice, était, avant la guerre, presque entièrement tributaire de l'Allemagne pour la fourniture de ces produits.

La fabrication des briques de silice, en effet, avait été l'objet chez nos ennemis, notamment dans ces dernières années, d'une longue mise au point, comportant de minutieuses et systématiques études scientifiques et pratiques, portant sur les matières premières, les procédés de fabrication, les modes d'utilisation de ces briques.

La Commission technique des produits céramiques et réfractaires du Ministère de l'Armement, présidée par le Directeur du Laboratoire d'Essais et constituée dès que les circonstances l'ont

permis, en vue d'étudier les moyens susceptibles de remédier à cette grave situation, a aussitôt décidé qu'il était indispensable d'instituer des recherches systématiques sur les matières premières et sur les briques confectionnées.

Ces utiles recherches ont été entreprises au Laboratoire d'Essais. En outre des essais physiques, chimiques et mécaniques qui ont été effectués sur les matières premières et sur des briques par le capitaine Bodin et par M. Griffiths, certains essais de cuisson ont été exécutés dans un four semi-industriel, qui a été combiné par MM. Bigot et Bodin, pour porter et maintenir plusieurs briques entières à une température de  $1.700^{\circ}$  à  $1.750^{\circ}$ , pendant plusieurs heures.

Enfin, M. Léon Bertrand et M. Lanquine ont traité les questions concernant les caractères optiques usuels des matières premières et des briques de silice.

Un rapport spécial donne le détail de cette importante étude sur les briques de silice.

**Détermination des constantes mécaniques du duralumin.** — Ces déterminations, faites en vue de la construction de grands croiseurs aériens, ont été exécutées sur tôles et profilés divers; elles ont permis de mesurer les constantes élastiques de ce métal à l'état d'emploi. Ces essais ont été complétés par des essais de flexion et compression sur poutres entières de plusieurs mètres de long, provenant de dirigeables allemands ou de croiseurs en construction.

**Essais d'un nouveau casque (Polack) (1917-18).** — Ce nouveau casque inventé et mis au point par M. le Médecin-Major Polack, de la Mission d'Essais, a été essayé par comparaison avec les casques réglementaires français, anglais et allemand. La résistance comparative de ces divers types de casques, étudiée dans les essais de laboratoire par des pénétrations de poinçons sous l'influence d'efforts statiques ou dynamiques, puis dans des essais de tir par des pénétrations de divers projectiles, ont mis en évidence, dans tous les cas, l'infériorité du casque français et l'égalité du casque proposé avec les meilleurs casques anglais et allemand.

**Essais spéciaux sur bois contre-plaqués.** — Ces essais avaient pour but de déterminer la résistance de bois contre-plaqués aux



efforts de cisaillement auxquels ils sont principalement soumis et d'étudier l'influence, à ce point de vue, du nombre et de l'orientation des feuilles élémentaires. Ces études se poursuivent actuellement.

**Essais sur roues d'avions et train d'atterrissage.** — Ces essais avaient pour but d'étudier les résistances des diverses pièces, soit prises isolément, soit montées ensemble, qui composent les trains d'atterrissage : roues métalliques, pneumatiques, sandow d'assemblage, et de déterminer la part de chacune dans la résistance de l'ensemble. Les essais ont permis une différenciation nette des divers types de roues et de pneumatiques.

**Etude de la variation des propriétés mécaniques de l'aluminium avec le recuit et l'écroutissage.** — Ces essais, exécutés à la demande de l'Aviation et en cours actuellement, donneront pour l'aluminium les lois de variation de résistance en fonction de l'écroutissage et du recuit.

**Essai d'une hélice provenant du Zeppelin « L. 49 » (1918).** — Les essais ont eu pour but de mesurer à différentes vitesses de rotation de cette hélice, d'une part, les puissances dépensées sur le moyeu et, d'autre part, les poussées correspondantes au point fixe, en vue d'établir certains coefficients utiles pour la construction des croiseurs aériens français.

Cette étude a été faite par mesure directe au moyen du pendule dynamométrique du laboratoire.

Les résultats obtenus, très instructifs, ont montré que cette hélice produisait au point fixe des poussées très supérieures à celles auxquelles l'on s'attendait, pour des vitesses et des puissances absorbées faibles.

**Recherches d'alliages pouvant remplacer le platine dans ses différents usages (1918).** — En vue de parer aux graves conséquences résultant des événements de Russie, il fut créé, par décision du 4 mars 1918 du Ministre de l'Armement et des Fabrications de Guerre, une Commission interministérielle chargée d'apporter, sans retard, des solutions pratiques pour le remplacement du platine dans ses divers usages.

Cette Commission, dite « Commission du Platine », présidée



par le commandant Cellerier, a eu recours à divers laboratoires et notamment à celui du Conservatoire des Arts et Métiers.

Le compte rendu des Travaux de la Commission interministérielle du Platine fait connaître la part importante qu'a pris le Laboratoire d'Essais aux travaux de cette Commission, qui, au bout de six mois, avait abouti à l'emploi de succédanés divers du platine suivant les usages (chimiques, chirurgicaux, radiologiques, mécaniques, etc.).

**Repérage des batteries ennemies par photographie aérienne nocturne (1917-18).** — Cette méthode de repérage, imaginée par le lieutenant Lattès, de la Mission d'Essais, Vérifications et Expériences techniques, consiste en principe, à photographier sur la même plaque, à l'aide d'un appareil à champ très ouvert porté par un avion volant à grande altitude, la lueur de la pièce ennemie et quatre repères lumineux placés en des points connus à l'intérieur de nos lignes. Une restitution perspective permet ensuite de situer la batterie qui a tiré.

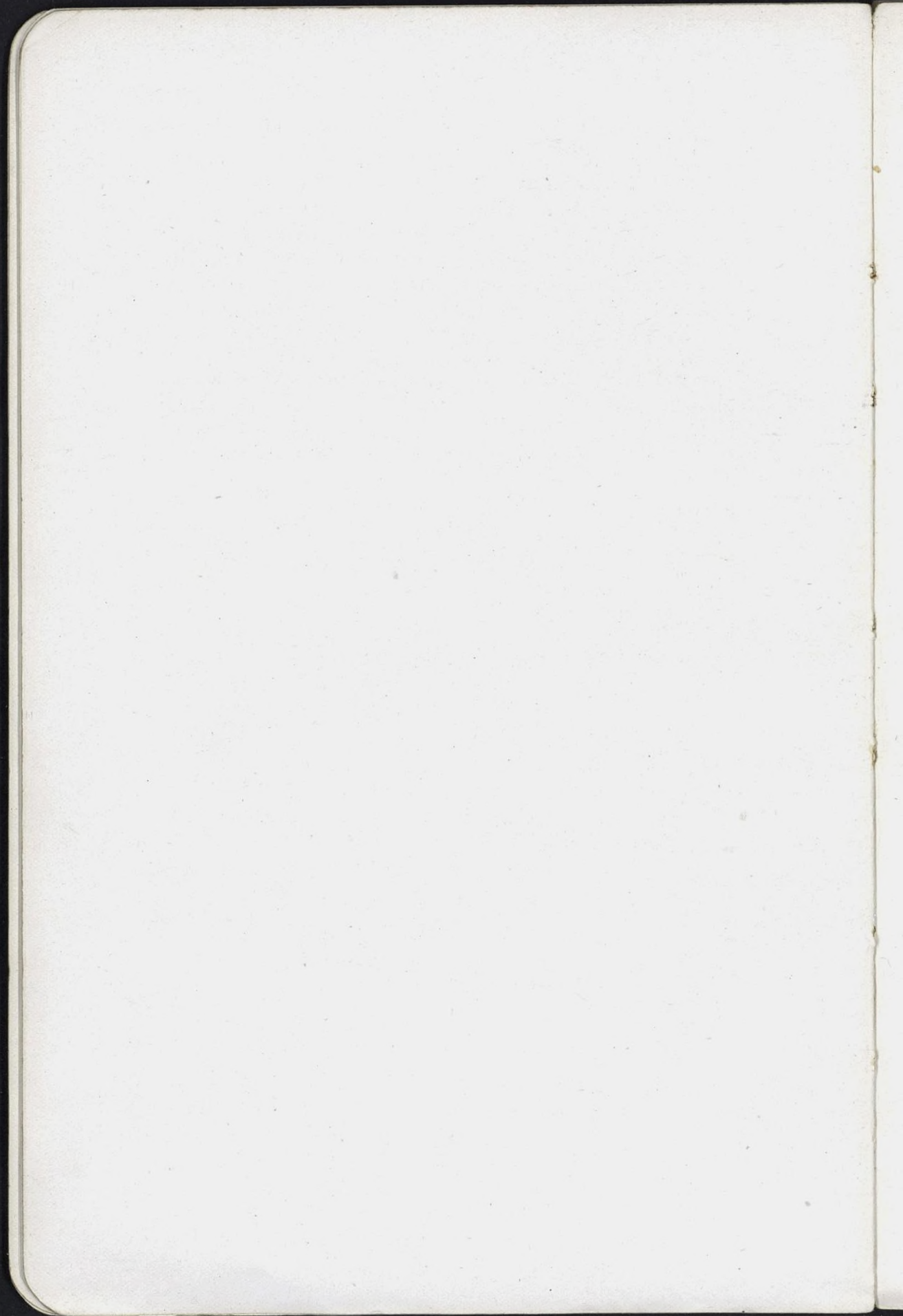
Le Laboratoire d'Essais a contribué aux expériences instituées tant à l'intérieur que dans la zone des armées pour mettre au point cette méthode, en étudiant :

1° Le pouvoir photogénique de différents mélanges lumineux au point de vue de l'enregistrement photographique, pour permettre de choisir la meilleure composition pour les chandelles utilisées comme repères;

2° La distorsion de champ de l'objectif, qu'il est indispensable de connaître exactement pour corriger les erreurs correspondantes avant de faire l'épure de restitution.

---







## ANNEXES

---

### RAPPORTS SOMMAIRES

SUR QUELQUES

### ÉTUDES SPÉCIALEMENT INTÉRESSANTES

---

#### ÉTUDE DES TISSUS DESTINÉS A L'ARMÉE

(1915)

Le Laboratoire d'Essais avait, avant la guerre, commencé une étude sur la détermination des caractéristiques des toiles et tissus divers, et notamment sur leurs coefficients de conductibilité calorifique. Il a pensé faire œuvre utile en prenant l'initiative d'effectuer, d'accord avec le Service de l'Intendance intéressé, l'étude expérimentale systématique des tissus destinés aux troupes, non seulement au point de vue de l'épreuve habituelle de leur résistance mécanique, mais encore au point de vue si important pour la santé des hommes, de leurs qualités de protection contre le froid, le vent ou la pluie et à celui, d'un intérêt économique prépondérant, de leur résistance à l'usure.

Le Laboratoire a donc créé une série de dispositifs d'expérimentation appropriés, permettant la détermination des caractéristiques suivantes :

- Teneur en humidité;
- Imprégnabilité par l'eau;
- Détermination de la teinture et de l'apprêt;
- Détermination de la laine pure;
- Perméabilité à l'air;
- Pouvoir isolant thermique;
- Résistance à la traction;
- Résistance à la perforation;
- Résistance à l'usure.

#### Importance du pouvoir isolant thermique des tissus

Parmi ces diverses caractéristiques, l'une des plus utiles, surtout en temps de guerre, est assurément celle du pouvoir isolant thermique, ou valeur calorifuge, qui donne une indication précise sur la manière



dont le tissu, interceptant au dehors la radiation de la chaleur du corps humain, empêche ce dernier de se refroidir et lui donne la sensation si nécessaire de chaleur.

Cette propriété est, pour les étoffes, aussi intéressante que pour les applications électriques le pouvoir isolant des diverses matières destinées au revêtement des conducteurs électriques, et, dans un ordre d'idées plus voisin encore, que les qualités calorifuges des corps destinés à réduire les pertes de vapeur pendant son transport dans les canalisations des usines.

On connaît empiriquement et depuis longtemps l'influence de la nature même des fibres (laine, soie, coton, lin), celle de l'épaisseur des tissus, de leur imperméabilité, etc.

On sait aussi que la coloration des textiles influe sur leur pouvoir protecteur; l'expérience de Stark est classique : on entoure plusieurs thermomètres identiques de petits sachets, en même tissu diversement teint; pour varier d'un degré, ces thermomètres mettent des temps différents : minimum pour le noir et maximum pour le blanc, en passant par le vert et l'écarlate.

La forme des vêtements et leur superposition influe également sur leur valeur calorifuge et de précieux renseignements peuvent être recherchés dans les différents rapports d'expéditions polaires (Charcot, Shackelton, Peary, etc.).

Dans une note très intéressante communiquée aux armées au début de 1915, le docteur Charcot a donné un certain nombre d'indications utiles : il a fait ressortir la nécessité des vêtements larges isolant une couche d'air conservée chaude; il a insisté notamment sur la supériorité présentée par des vêtements d'étoffes légères superposées (laine, toile, etc.) sur un vêtement *unique* lourd et épais.

Les expériences poursuivies par le Laboratoire d'Essais paraissent de nature à exprimer par des coefficients, les propriétés connues, ci-dessus rappelées; à les préciser, à faciliter le classement des étoffes, en faisant ressortir leurs défauts et avantages, et à permettre de remplacer des appréciations personnelles d'experts, toujours contestables, par l'introduction, au cahier des charges, de nouvelles conditions de réception précises et susceptibles d'être exprimées par des chiffres.

#### Mode opératoire suivi au cours des essais

De nombreux essais de tissus fournis par l'intendance militaire ont été effectués au cours des années 1916 et 1917.

Nous résumerons dans un tableau les résultats de quelques-uns de ces essais, mais nous allons, auparavant, indiquer les différentes méthodes qui ont permis de les obtenir.



Pour tous les tissus présentés, on a cherché les poids du mètre carré sans dessiccation préalable, ainsi que l'épaisseur. Pour celle-ci, on a placé les étoffes entre deux disques d'acier poli, dont l'un opérait par son poids une pression de 10 grammes par centimètre carré, et on a mesuré à la jauge la distance entre les deux disques.

#### **Teneur en humidité**

On pèse l'échantillon avant et après dessiccation à l'étuve à 110° pendant une heure.

#### **Imprégnabilité par l'eau**

On pèse l'échantillon avant et après immersion pendant une heure dans l'eau à la température ordinaire.

#### **Détermination de la teinture et de l'apprêt**

On soumet l'échantillon à l'action de l'acide chlorhydrique chaud à 10 %, on le filtre sur filtre taré et on le lave. On le chauffe ensuite dans un bain de carbonate de soude à 1° Baumé, on lave et on le dessèche dans l'étuve à 110°. La perte de poids, par rapport à celle de l'échantillon avant le traitement ci-dessus, mais après dessiccation à 110°, indique le poids de la partie soluble de la teinture et de l'apprêt.

#### **Détermination de la laine pure**

L'échantillon est traité à chaud par une lessive de soude caustique à 6° Baumé, puis filtré, lavé et traité par un bain d'acide chlorhydrique chaud à 3 %, pendant 5 minutes. On filtre sur filtre taré et on pèse après dessiccation à l'étuve.

Le résidu représente le coton, et la perte de poids, de laquelle on retranche l'humidité, la teinture et l'apprêt, représente la laine.

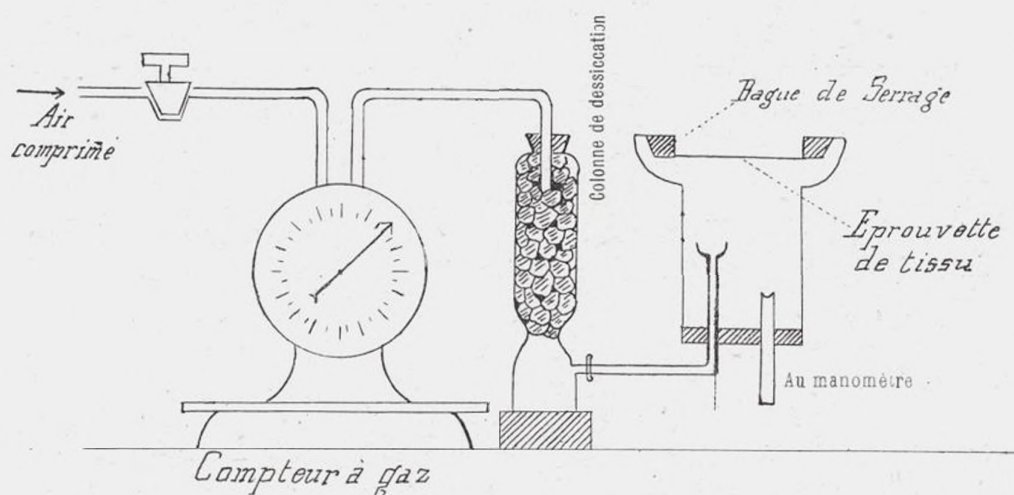
On rapporte ces résultats (teinture, apprêt et laine) au produit sec.

#### **Perméabilité à l'air**

La perméabilité à l'air est effectuée sur une éprouvette circulaire, maintenue à l'aide d'une bague métallique filetée formant serrage contre une ouverture de même diamètre que l'intérieur de la bague à la partie supérieure d'une boîte cylindrique en métal. Le fond inférieur de cette boîte est relié d'une part à un réservoir d'air sous pression par l'intermédiaire d'un pointeau et d'un compteur à gaz, et d'autre part à un manomètre à eau à tube incliné, permettant d'apprécier une surpression de  $0 \frac{m}{m}$  1 d'eau.



On règle, à l'aide du pointeau, le débit d'air à travers l'éprouvette, de manière à obtenir dans la boîte métallique une surpression déterminée que l'on mesure au moyen du manomètre incliné. Le débit d'air à travers l'éprouvette pour cette surpression est indiqué par les lectures effectuées sur le compteur à gaz à des intervalles fixes de temps (5 minutes).



Dans les essais de perméabilité sur tissus secs, on interpose, en outre, une colonne desséchante entre le compteur à gaz et la boîte portant l'éprouvette.

On s'assure, enfin, que, entre 0,1 et 50 millimètres, le débit d'air à travers l'éprouvette est sensiblement proportionnel à la différence de pression entre les deux faces.

### Perméabilité à l'eau

La perméabilité à l'eau est mesurée en constituant avec une éprouvette circulaire du tissu à essayer le fond d'un cylindre métallique, de la même manière que pour les essais de perméabilité à l'air, mais en plaçant cette fois le tissu à la partie inférieure du cylindre.

On fait ensuite arriver de l'eau dans le cylindre avec une vitesse telle que le niveau de l'eau dans le cylindre s'élève à 1 millimètre par seconde. L'eau est fournie par un flacon de Mariotte donnant un écoulement à vitesse constante.

On note l'époque à laquelle l'écoulement commence à se produire par gouttes nombreuses à travers le tissu et l'on en déduit la hauteur de l'eau dans le cylindre à cette époque.

Les essais ont été faits, pour chaque tissu, sur trois éprouvettes. Les résultats donnés sont la moyenne des résultats des trois essais.



### **Pouvoir isolant thermique**

On a déterminé les pertes de chaleur d'une surface métallique nue, puis revêtue successivement de chacun des échantillons à essayer.

Cette surface métallique est constituée par une boîte plate en tôle noire suspendue verticalement et contenant une résistance électrique chauffante. Des couples thermo-électriques soudés en différents points des parois de la boîte donnent la différence entre leur température moyenne et celle de l'air ambiant.

Les quantités de chaleur perdues sont calculées d'après les quantités d'énergie électrique dépensées dans la résistance; mais comme ces quantités de chaleur perdues ne sont pas directement proportionnelles aux différences de température entre la paroi et l'air ambiant, on a adopté arbitrairement 30° pour cette différence et, par interpolation, on a corrigé en conséquence les résultats des mesures.

### **Résistance à la traction**

Les essais de traction sont effectués sur bandes de 50 millimètres de large et 150 millimètres de longueur libre entre mâchoires, sur un dynamomètre système Chèvefy, actionné par un moteur électrique à la vitesse de 5 millimètres par seconde.

Les allongements à la rupture sont mesurés directement au moyen d'une réglette graduée, fixée sur l'éprouvette par deux épingles distantes de 100 millimètres et donnant par la lecture directe l'allongement en millimètres, soit en %.

Les allongements résiduels sont pris entre les deux mêmes repères en rapprochant les extrémités des éprouvettes rompues.

Les résultats donnés sont la moyenne de trois essais.

### **Résistance à la perforation**

Un disque de drap de 100 millimètres de diamètre est solidement maintenu entre deux disques présentant en leur centre une ouverture circulaire de 50 millimètres de diamètre.

On applique au centre de cette ouverture une bille en acier de 12 millimètres de diamètre et on mesure sur un dynamomètre système Chèvefy l'effort nécessaire à la perforation.

Les résultats donnés sont la moyenne de trois essais.

### **Résistance à l'usure**

L'essai consiste à faire frotter sur eux-mêmes deux échantillons de même drap dans le même sens : chaîne sur chaîne, trame sur trame.

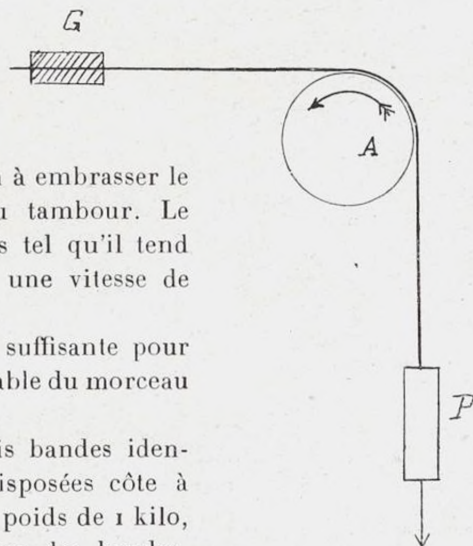


Sur un tambour en bois A de 94 millimètres de diamètre, on fixe un morceau de drap de 120 millimètres de largeur et d'une longueur suffisante (320 millimètres environ) pour assurer un recouvrement de 10 à 20 millimètres aux extrémités.

Sur ce morceau de drap vient s'appuyer une bande du même drap de 25 millimètres de large, fixée par une pince C et tendue par un poids de 1 kilo P, de façon à embrasser le quart du développement du tambour. Le tambour tourne dans un sens tel qu'il tend à soulager le poids P et à une vitesse de 90 tours par minute environ.

La pression des bandes est suffisante pour assurer l'enroulement convenable du morceau de drap fixé au tambour.

L'essai se pratique sur trois bandes identiques de 25 millimètres, disposées côte à côte, tendues chacune par un poids de 1 kilo, et se continue jusqu'à rupture des bandes. On annonce les résultats par le chemin (en kilomètres) parcouru par le tambour avant la rupture; le nombre de tours étant relevé par un compteur.

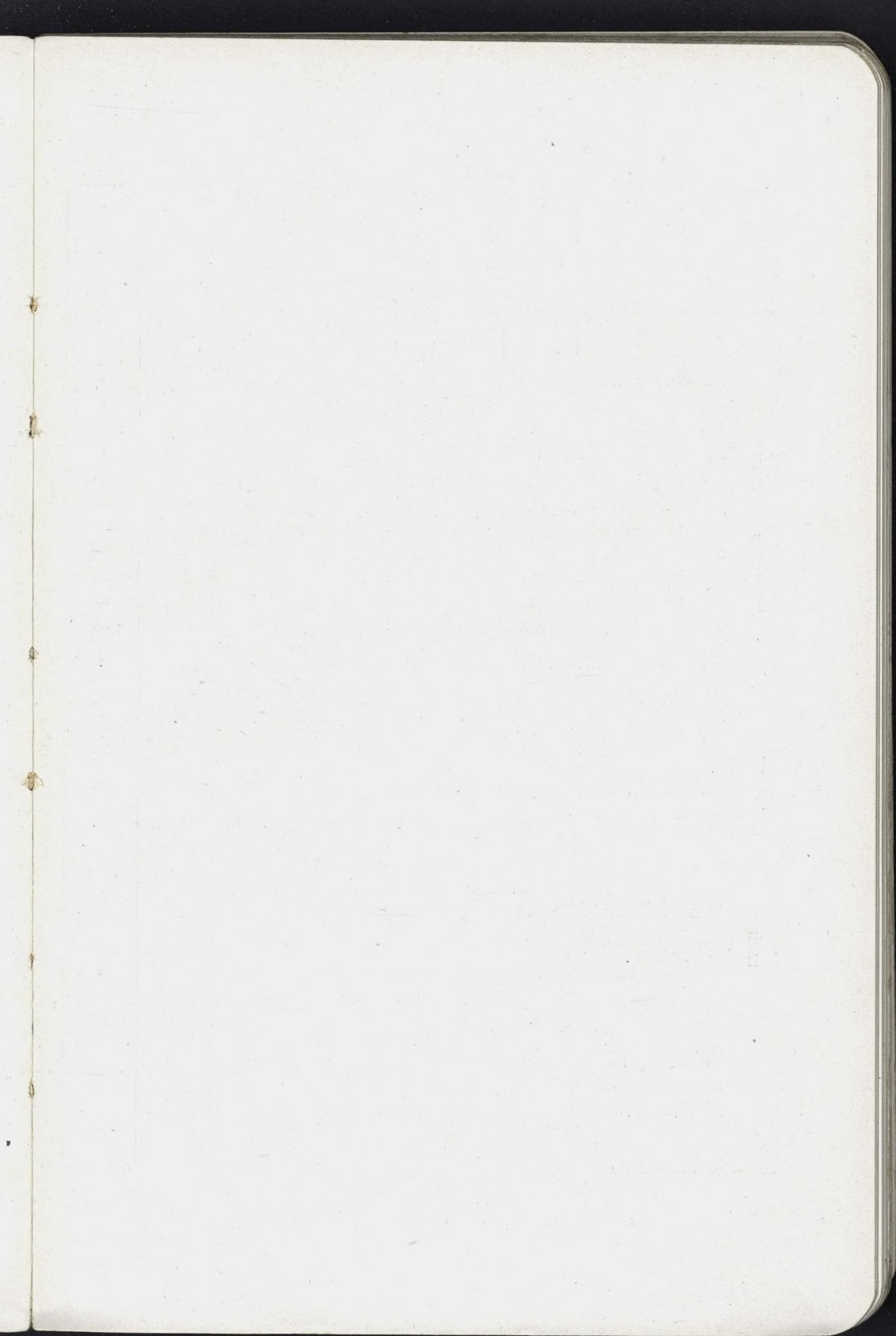


#### Tableau résumant les essais

Le tableau ci-dessous indique, non pas toutes les caractéristiques obtenues au Laboratoire, mais seulement les plus importantes sur diverses séries de tissus présentés les uns (drap militaire bleu, drap militaire rouge, toile écrue, cotonnade, velours de coton à côtes, couvertures de campement) par les Services de l'Intendance militaire, les autres (drap militaire bleu foncé et bleu horizon, papier parchemin entoilé), par des particuliers.

TABLEAU.



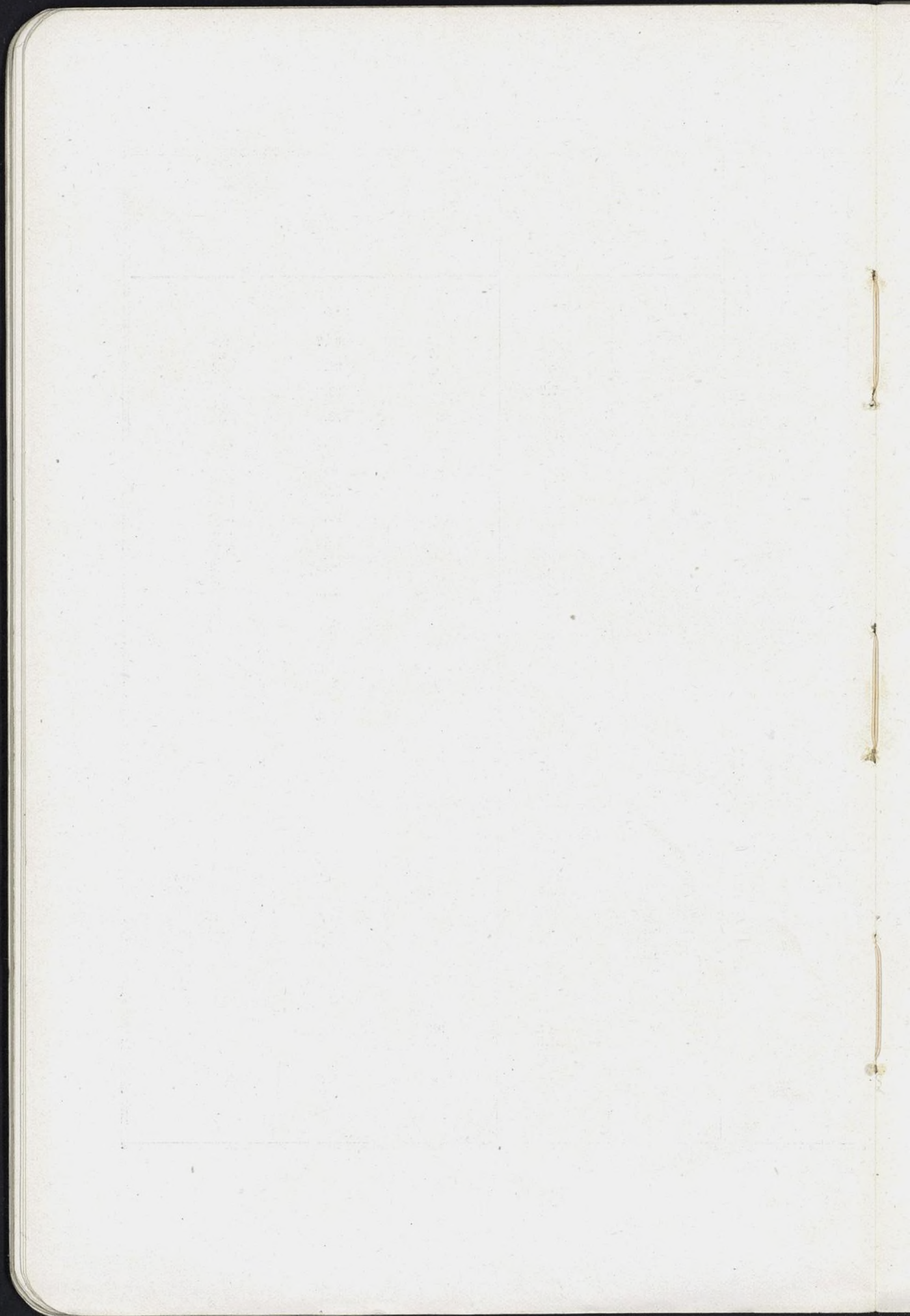




DÉSIGNATION	CARACTÉRISTIQUES					PERMÉABILITÉ		
	Poids au m <sup>2</sup> .	Épaisseur.	Teneur en humidité.	Teneur en laine 0/0 (sur produit sec).	Teneur en teinture et apprêt 0/0 (sur produit sec).	à l'air sec sur tissu sec.	à l'eau (hauteur d'eau produisant le passage par gouttes).	
	Kg/m <sup>2</sup> .	mm.	0/0	0/0	0/0	Litre d'air par cm <sup>2</sup> .	mm.	
TISSUS POUR VÊTEMENTS	Drap bleu foncé .....	0,550	2,0	14,4	93,8	4,2	44,0	240
	Drap bleu foncé .....	0,528	2,0	13,5	93,8	6,2	43,0	80
	Drap rouge .....	0,575	2,0	13,3	90,6	9,4	54,0	100
	Drap bleu foncé .....	0,700	2,1	11,0	84,95 (Coton, 11,30 0/0)	3,75	38,5	30
	Drap bleu horizon .....	0,630	2,4	12,3	96,70 (Coton, 1,45 0/0)	1,85	51,5	90
	Drap bleu horizon .....	0,595	2,0	13,2	100,0		30,0	200
	Drap bleu horizon (B) ..	0,568	1,9	10,7	100,0 environ.		37,5	120
	Drap bleu horizon (C) ..	0,566	1,9	11,0			49,0	135
	Drap bleu horizon (D) ..	0,550	2,1	11,3			53,0	130
	Drap bleu horizon (E) ..	0,578	2,0	11,3			45,0	155
	Drap bleu horizon (F) ..	0,639	2,1	10,7		100,0	38,0	150
	Velours de coton à côtes marron .....	0,800	2,8	6,2	»	»	10,9	70
TISSUS pour sous-vêtements	Toile écrue pour doublure de capote .....	0,270	0,6	6,9	»	»	8,33	400
	Cotonnade pour chemises .....	0,215	0,7	9,2	»	»	105,0	28
	Cotonnade pour chemises .....	0,215	0,7	7,2	»	»	70,0	137
PAPIERS	Papier de Vidalou (entoilé) jaune .....	0,276	0,4	16,0	»	»	< 0,01	impermeable
	Papier de journal (gris), une épaisseur .....	0,056	0,09	»	»	»	< 0,02	110
	— deux épaisseurs ..	0,112	»	»	»	»	»	»
Couverture de campement (marron) .....	0,800	4,6	15,8	95,3 (Coton, 3,50 0/0)	1,15	»	»	
Couverture de campement en double épaisseur (marron) .....	1,600	9,2	»	»	»	»	»	

PROPRIÉTÉS THERMIQUES	SENS du PRÉLÈVEMENT	RÉSISTANCE A LA TRACTION		RÉSISTANCE à la PERFORATION — Charge de rupture.	RÉSISTANCE A L'USURE SUR TISSUS NATURELS — Chemin parcouru avant rupture.
		Charge de rupture.	Allongement 0/0.		
Économie dans la chaleur perdue sur une surface chaude revêtue du tissu essayé.		Kg/5 cm.	0/0	Kg.	Km.
0/0	chaîne	38,5	30,2	33,7	9,9
	trame	36,3	45,7		8,2
39,8	chaîne	37,0	32,0	31,0	12,7
	trame	31,5	38,7		8,8
38,3	chaîne	37,7	29,0	30,8	»
	trame	34,8	33,3		10,3
37,0	chaîne	39,1	19,0	28,0	37,0
	trame	25,3	32,0		»
40,2	chaîne	40,0	50,0	38,0	79,0
	trame	54,5	37,0		»
32,0	chaîne	38,5	45,6	29,5	14,8
	trame	37,8	43,0		12,2
34,0	chaîne	33,8	39,3	26,5	50,0
	trame	23,5	59,0		38,4
34,5	chaîne	30,3	31,0	30,0	21,3
	trame	28,5	59,0		16,2
34,0	chaîne	37,3	38,0	30,6	15,8
	trame	30,1	43,0		13,8
33,5	chaîne	34,1	39,0	30,6	13,6
	trame	30,8	40,0		35,5
34,5	chaîne	53,3	35,3	35,5	26,9
	trame	38,5	53,5		29,4
29,6	chaîne	65,1	6,3	47,5	> 150,0
	trame	48,3	18,0		»
28,0	chaîne	80,2	8,0	31,0	»
	trame	93,2	35,5		»
33,5	chaîne	35,2	3,0	13,0	»
	trame	33,7	15,5		»
23,6	chaîne	42,2	11,5	29,5	»
	trame	64,5	13,5		»
19,9	chaîne	61,5	6,0	9,7	> 250,0 (côté papier ou côté toile)
	trame	39,8	7,7		»
20,5	horizontal	3,6	»	0,5	»
	vertical	7,8	»		7,0
27,5	horizontal	»	»	2,5	»
	vertical	»	»		»
60,0	chaîne	53,3	29,3	6,6	»
	trame	44,8	41,6		»
71,0	»	»	»	41,5	34,0
	»	»	»		»







## ESSAIS COMPARATIFS DE CUIR ET D'UN SUCCÉDANÉ

Les besoins considérables de cuir, depuis le début de la campagne, joints aux difficultés d'importation des peaux brutes, tannées ou manufacturées, ayant raréfié considérablement ce produit de première nécessité, des recherches ont été entreprises pour trouver des succédanés susceptibles de remplacer le cuir, au moins dans ses emplois secondaires.

Un industriel a proposé à l'Intendance, pour la confection d'empeignes et de talonnettes de sabots-galoches, un produit dénommé « F... », qu'il présente sous forme de plaques brun chocolat, dures, compactes, assez flexibles, mais cassantes, dont la densité est de 1,38.

L'Intendance a envoyé au Laboratoire d'Essais six échantillons de cette « F... » pour effectuer sur eux, comparativement avec deux échantillons de cuir A et B, des essais physiques, mécaniques et chimiques.

Voici des renseignements sur les divers essais effectués :

### I. — Examen microscopique

Un échantillon de « F... » a été placé pendant une demi-heure dans une solution bouillante de soude caustique à 2 %. L'échantillon a pu alors se diviser en feuillets minces qui furent soumis à une nouvelle ébullition à la soude pendant une demi-heure, puis blanchis au permanganate bisulfite. Les feuillets présentèrent alors l'aspect d'un papier parcheminé très résistant, sans avoir subi aucune désagréation par l'action de la soude.

Ces feuillets, examinés au microscope, apparaissent formés par un assemblage de fibres végétales. Celles-ci, longues, assez grosses, un peu irrégulières quant à leur diamètre, avec canal central, stries longitudinales contournées, extrémités spatulées, prennent par le réactif de Vetillard une coloration violet bleu. Elles semblent pouvoir être identifiées comme fibres de ramie et sont entremêlées de quelques fibres de coton, sans autres éléments étrangers.

### II. — Essai à la traction

Les essais ont été exécutés avec un dynamomètre, système Chèvey, sur matières à l'état sec, sans tenir compte de leur état hygromé-



trique et sur matières ayant séjourné vingt-quatre heures dans l'eau.

A l'état sec, la charge de rupture a été plus grande pour la « F... » que pour les cuirs A et B : 5 k. 1 par millimètre carré contre 2 k. 7 et 4 k. 4.

Mais à l'état mouillé, les résultats ont été inversés, puisque la « F... » a cédé sous l'effort de 2 k. 55 par millimètre carré et les cuirs seulement sous 3 k. 65 et 5 k. 4.

### III. — Essai de perforation

Une bande de 35 millimètres de large environ est maintenue tendue entre deux mâchoires distantes de 50 millimètres. On mesure sur un dynamomètre Chèvefy l'effort nécessaire pour faire pénétrer au centre de la partie de la bande entre mâchoires une tige en acier à tête sphérique de 1  $\frac{m}{m}$  5 de diamètre.

La « F... », bien que présentant une épaisseur moindre que les deux cuirs (1  $\frac{m}{m}$  5 contre 1  $\frac{m}{m}$  6 et 2  $\frac{m}{m}$  8), s'est encore très bien comportée à l'état sec puisqu'elle a nécessité un effort de 23 k. 500 contre 18 k. 5 et 25 k. 5.

Mais, à l'état mouillé, elle est redevenue inférieure, ne demandant qu'un effort de 14 k. 5 contre 18 pour le cuir A.

### IV. — Essai de déchirement

Dans une éprouvette de 100 millimètres sur 35, on donne, dans le sens de la longueur, deux coups de ciseaux de 75 millimètres de long, délimitant une languette centrale de 15 millimètres et deux latérales de 10 millimètres, les coups de ciseaux se terminant dans deux trous de 4 millimètres percés préalablement dans l'éprouvette. On exerce une traction entre la languette centrale et les deux languettes latérales, retournées respectivement de chaque côté à l'éprouvette, l'effort mesuré par un dynamomètre Chèvefy.

Ici, la « F... » s'est montrée inférieure aux cuirs; en effet, à l'état sec :

La « F... » s'est déchirée sous l'effort de.....	10 k. 25
Et les cuirs.....	{ 10 k. 5
	20 k. 00

A l'état mouillé :

Les efforts nécessaires ont été pour la « F... » de.....	3 k. 0
Et pour les cuirs de.....	{ 13 k. 5
	17 k. 5



### V. — Essai de souplesse

Une bande de 15 millimètres de large environ est posée sur deux appuis distants de 28 millimètres. Au moyen d'un fil d'acier de 2 millimètres de diamètre, on exerce une pression au centre de la bande, de façon à le faire passer entre les appuis; les efforts sont mesurés au moyen de grenaille versée dans un récipient pendu au fil.

La « F... » a, d'une façon générale, présenté plus de raideur et moins de souplesse que les cuirs. En effet, à l'état sec, les charges nécessaires pour amener le passage entre les appuis ont été :

Pour la « F... ».....	4 k. 3
Pour les cuirs.....	1 k. 75
	2 k. 35

A l'état mouillé :

Pour la « F... ».....	0 k. 900
Pour les cuirs.....	0 k. 475
	0 k. 100

Il y a lieu de tenir compte, comme dans les précédents essais, que la « F... » est moins épaisse que les cuirs.

### VI. — Essai de pliage

Une bande de 15 millimètres de large est pliée à bloc au moyen d'une pince plate, puis redressée, pliée en sens contraire, etc. On compte le nombre de pliages (le premier à 180°, tous les suivants à 360°) amenant la rupture.

Alors qu'aucune des bandes de cuirs, sèche ou mouillée, ne s'est rompue après 50 flexions, la « F... » sèche a cédé à la deuxième flexion et la « F... » mouillée à la sixième.

### VII. — Essais d'absorption d'eau

On a déterminé l'augmentation de poids des éprouvettes après immersion de un, deux, trois jours dans l'eau de source.

L'absorption est presque complète dès le premier jour. Elle est moindre pour la « F... » que pour les cuirs; ceux-ci ont, en effet, absorbé au bout de trois jours 66,5 % et 59,1 % de leur poids et la « F... » seulement 48,8 %.



### VIII. — Essais de perméabilité sous hauteur d'eau constante de 10 centimètres

On a prélevé dans la « F... » et les deux cuirs, sans tenir compte de leur état hygrométrique, des éprouvettes sur lesquelles on a fixé, au moyen d'un mastic spécial, des tubes de verre de 36 millimètres de diamètre intérieur.

Dans chacun de ces tubes, maintenus par des supports, on a établi, au moyen d'un vase de Mariotte, une hauteur d'eau constante de 10 centimètres et, au-dessous, on a disposé des récipients destinés à recueillir l'eau ayant traversé par perméabilité.

Après huit jours, la « F... » était restée *absolument imperméable*, alors que le cuir A avait été traversé par 39 centimètres cubes et le cuir B par 152 centimètres cubes.

### IX. — Essai chimique

L'incinération au moufle a donné 0,65 % de cendres.

Le traitement par la benzine fait perdre 9,25 % du poids (représentant les graisses, cires et résines); mais la matière apparaît sans grande modification extérieure. Elle est seulement devenue un peu plus grise et plus mate; on peut facilement la séparer en feuilles suivant l'épaisseur, au moyen d'un canif. La solution benzinique évaporée laisse un résidu couvrant dur, résineux, insoluble dans l'alcool.

Sous l'action de l'eau, la « F... » s'assouplit, mais sans présenter aucun gonflement; on peut la séparer en feuillets minces. Après dessiccation, la matière a repris son aspect primitif.

### CONCLUSIONS

Il résulte de ces divers essais que, à l'état sec, le produit « F... » est supérieur ou au moins égal au cuir, mais que l'immersion plus ou moins prolongée dans l'eau lui fait perdre rapidement ses propriétés.

Quant à son imperméabilité, elle est absolue.

---



## COURROIE EN CUIR DE CHEVAL

(1916)

Lorsqu'une substance naturelle, de consommation importante dans l'industrie, se raréfie, on cherche à la remplacer soit en recourant à des procédés synthétiques permettant de l'obtenir artificiellement de façon plus ou moins parfaite, soit par la découverte de succédanés.

Au cours de la présente guerre, la consommation des cuirs de bœuf fut considérable et l'appoint fourni à notre pays, notamment par les importations américaines, devint insuffisant.

L'industrie travaillant de façon intensive et demandant en grandes quantités des courroies de transmission, des recherches ont été faites pour suppléer le cuir de bœuf et les autres matières servant habituellement à la fabrication des courroies, telles que : tissus en poils de chameau, tissus enduits de produits caoutchoutés ou d'huiles siccatives, etc.

On a, en tout premier lieu, pensé à utiliser le cuir de cheval dont on a pu disposer en quantité plus importante qu'en temps de paix, par suite de la grande mortalité de ces animaux résultant de la guerre.

Il a été présenté, fin 1916, au Laboratoire d'Essais, par les Services techniques du Ministère du Commerce et de l'Industrie, une courroie constituée par trois épaisseurs de cuir de cheval : un cuir parcheminé recouvert sur chaque face par un cuir tanné, le côté fleur à l'extérieur.

### Essais effectués

Cette courroie a été essayée comparativement avec une courroie de transmission ordinaire constituée par une seule épaisseur de cuir de bœuf. Ces deux courroies sans fin avaient comme dimensions :

Longueur.....	environ	6 mètres.
Largeur.....	—	70 millimètres.
Epaisseur.....	—	6 millimètres.

Les essais effectués ont été de deux sortes :

- 1° Essais de fonctionnement;
- 2° Essais de résistance à la traction.



## I. — Essais de fonctionnement

Les essais de fonctionnement ont eu pour but de comparer les courroies au point de vue :

a) Caractéristiques de la transmission de puissance qu'elles étaient susceptibles de réaliser;

b) Coefficient d'adhérence.

Pour cela, les deux courroies ont été montées de façon identique et comme l'indique la photographie ci-jointe (fig. 1).

Chaque courroie a été utilisée comme transmission entre deux dynamos-dynamométriques du Laboratoire : l'une Dm, de 30 kw., servant de moteur et fonctionnant en réceptrice sur le secteur; l'autre Dr, de 90 kw., servant de frein et fonctionnant comme génératrice : le courant qu'elle produisait était absorbé par des rhéostats de lampes permettant de faire varier la charge.

Chaque dynamo portait, calée sur son arbre, une poulie en fer de 400 millimètres de diamètre et de 180 millimètres de largeur, sur laquelle s'enroulait la courroie.

Le brin conducteur de la courroie passait sur un galet G monté sur roulement à billes à l'extrémité d'un bras horizontal AB, mobile lui-même autour de l'axe horizontal A.

Ce bras était suspendu dans le plan de l'axe du galet par l'intermédiaire d'un dynamomètre hydraulique enregistreur D, à un dispositif de tendeur à vis T permettant de l'abaisser ou de l'élever et de régler ainsi la tension de la courroie.

Les deux dynamos étaient munies chacune d'un compte-tours totalisateur commandé par le même interrupteur.

Pendant chaque expérience, on déterminait :

Les vitesses des dynamos;

Les charges portées par leurs bras de levier;

La tension, maintenue constante, lue au dynamomètre;

La vitesse linéaire de la courroie;

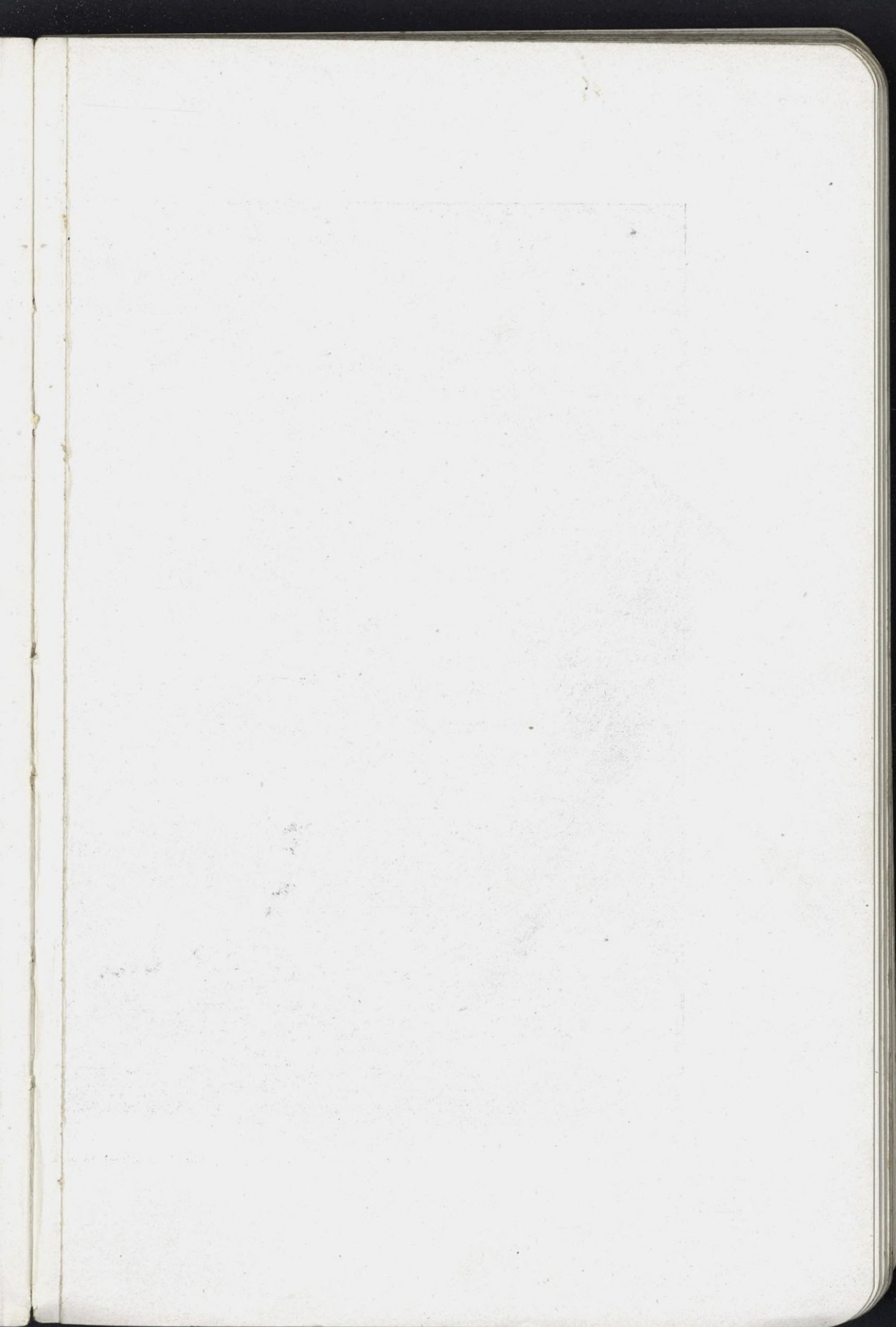
La hauteur du galet.

### 1° *Comparaison des caractéristiques de la transmission de puissance*

Il a été fait cinq groupes d'expériences correspondant à cinq valeurs différentes des tensions et, pour les expériences d'un même groupe, à des puissances transmises croissantes jusqu'à obtenir des glissements notables.

Les résultats, pour une vitesse moyenne du moteur de 400 tours à la minute, sont résumés dans le tableau ci-après :







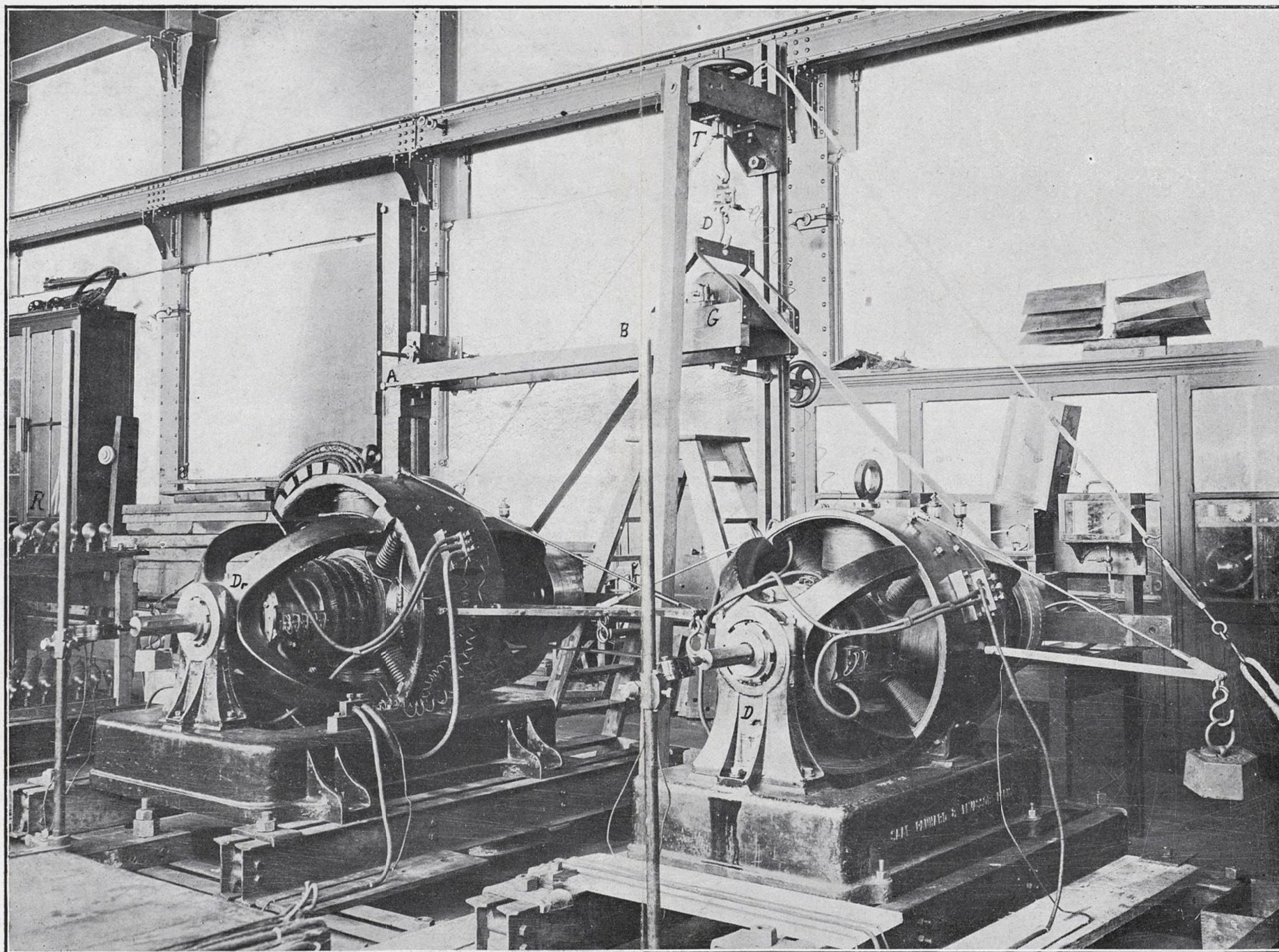
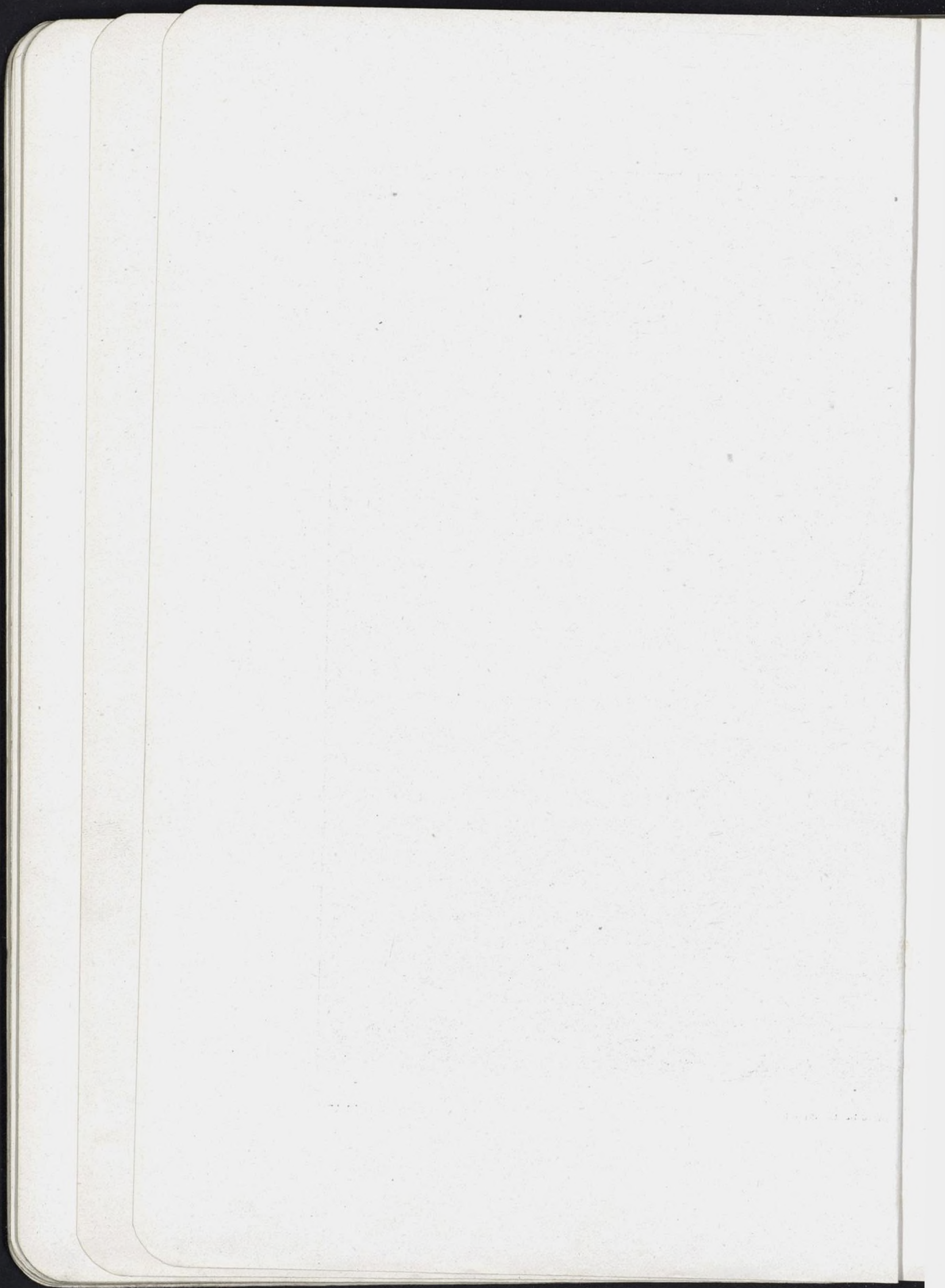


Fig. 1. — Essai de courroie en cuir de cheval.







Comparaison des caractéristiques des deux transmissions.

PREMIER TABLEAU

	CUIR DE CHEVAL	CUIR DE BŒUF	CUIR DE CHEVAL	CUIR DE BŒUF
Tension du brin conducteur..... kg.	60	51	92	83
Puissance motrice en chevaux.....	3,5 - 4 - 4,3	1,8 - 3,7 - 4,4	4,5 - 6,2 - 7,3	4,7 - 6,1 - 7,3
Rendement..... %	94,7 - 94,1 - 91,5	91,8 - 89,6 - 77	93,7 - 95 - 84,8	92,6 - 92 - 87,3
Glissement..... %	0,6 - 1,2 - 4,1	0,5 - 4,7 - 18,6	0,3 - 1,2 - 13	2,6 - 4,1 - 9
Effort transmis en kilogrammes par centimètre carré de la courroie.....	7 - 8 - 8,6	3,5 - 7,3 - 8,8	8,8 - 12,5 - 15,1	9,3 - 12,4 - 14,9

DEUXIÈME TABLEAU

	CUIR DE CHEVAL	CUIR DE BŒUF	CUIR DE CHEVAL	CUIR DE BŒUF
Tension du brin conducteur..... kg.	125	113	159	142
Puissance motrice en chevaux.....	8,8 - 10,4	8,7 - 10,4	11,1 - 12,1 - 13,3	11,5 - 13,1
Rendement..... %	93,3 - 89,2	92,9 - 90,1	93,7 - 92,8 - 88,2	92,2 - 90,8
Glissement..... %	3,7 - 8,8	4 - 7,4	3,3 - 4,4 - 10,6	4,4 - 6,9
Effort transmis en kilogrammes par centimètre carré de la courroie.....	18,1 - 21,3	17,8 - 21,3	22,4 - 24,5 - 27,8	23,6 - 26,9

TROISIÈME TABLEAU

	CUIR DE CHEVAL	CUIR DE BŒUF
Tension du brin conducteur..... kg.	192	170
Puissance motrice en chevaux.....	13 - 15,2 - 16,2	13,3 - 14,8 - 15,4
Rendement..... %	93,6 - 92,3 - 90,4	94,1 - 93,3 - 86
Glissement..... %	3,2 - 5,5 - 7,6	3,1 - 4,3 - 11,9
Effort transmis en kilogrammes par centimètre carré de la courroie.....	26,7 - 31,3 - 33,3	27,2 - 30,1 - 31,3



2° Comparaison des coefficients d'adhérence

Pour une tension déterminée indiquée par le dynamomètre, on a fait des essais de cinq minutes chacun, correspondant à des puissances transmises croissantes jusqu'à obtenir des glissements notables.

Les résultats de ces expériences ont été traduits en courbes qui, toutes, présentaient un point anguleux à partir duquel les glissements augmentaient beaucoup plus vite que les couples. On a admis que le glissement d'ensemble des courroies par rapport aux poulies commençait à partir de ce point anguleux et que les couples correspondants équivalaient au plus grand effort transmissible sans glissement. C'est pour ces valeurs des couples moteurs et résistants que l'on a calculé le coefficient d'adhérence à l'aide de la formule classique :

$$\frac{T - \frac{p v^2}{g}}{t - \frac{p v^2}{g}} = e^{f\alpha}$$

dans laquelle :

T est la tension du brin conducteur;

t est la tension du brin conduit;

p est le poids de l'unité de longueur de la courroie;

v est la vitesse de la courroie;

e est la base des logarithmes népériens ( $e = 2,71828$ );

$\alpha$  est l'angle d'enroulement de la courroie sur la poulie;

f est le coefficient d'adhérence cherché.

Les résultats des essais sont donnés par le tableau suivant :

Comparaison des coefficients d'adhérence.

DÉSIGNATION DES COURROIES	UNITÉS	CUIR DE CHEVAL	CUIR DE BOEUF
Tension du brin conducteur....	Kilogrammes	154,9	137,7
Vitesse moyenne de la courroie pendant l'essai.....	Mètres/sec.	8,35	8,24
Effort moteur maximum trans- missible sans glissement.....	Kilogrammes	99,0	116,1
Valeur moyenne du coefficient d'adhérence.....		0,44	0,815



## II. — Essais de résistance à la traction

L'échantillon qui a servi à ces essais ne saurait être comparé à la courroie ayant fait l'objet des expériences ci-dessus; en effet, il est constitué par trois bandes de cuir prises dans les parties basses de la peau, pour étudier, au début de ce nouveau procédé, le meilleur mode d'assemblage.

Les essais ont porté sur une bande de cuir tanné, une bande de cuir parcheminé et la courroie complète (un cuir parcheminé entre deux cuirs tannés).

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après :

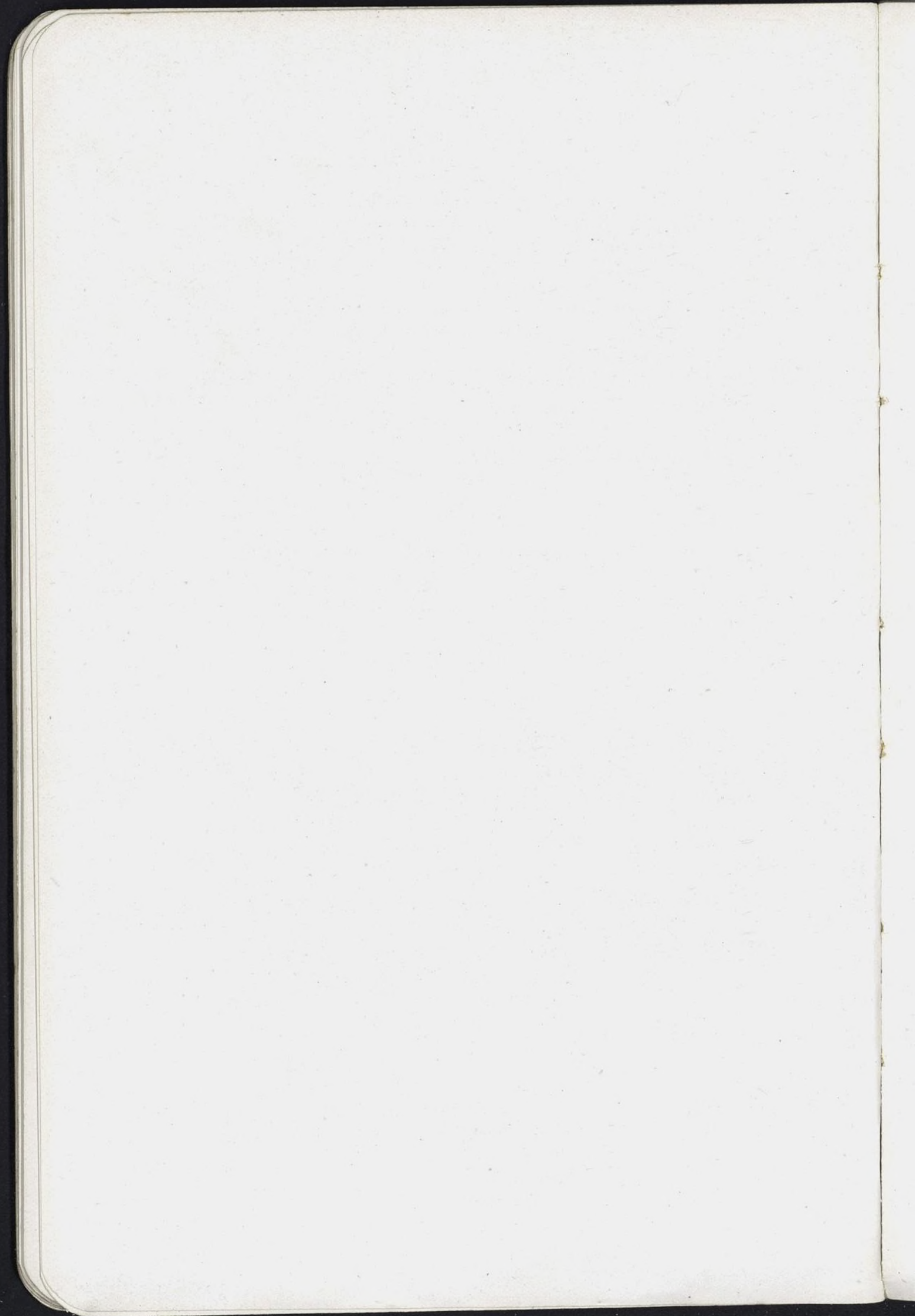
**Moyenne des résultats.**

	CHARGE DE RUPTURE en kilogrammes par mm/2	ALLONGEMENT %
Cuir tanné.....	2,25	38,7
Cuir parcheminé.....	11,4	21,6
Courroie complète.....	3,05	21,9

## III. — CONCLUSIONS

Il résulte de ces divers essais que la courroie en cuir de cheval a donné des résultats comparables à ceux des courroies en cuir de bœuf. Un essai prolongé permettra de voir si, à l'usage, elle fournit un bon service.







## AUTOMOBILISME

(1916-1918)

Le Laboratoire d'Essais a apporté une large contribution à l'étude des questions les plus à l'ordre du jour dans le domaine de l'automobilisme, telles que : mises en marche automatiques, changements de vitesses, carburateurs. Nous donnons, ci-après, quelques exemples des travaux effectués avec le concours de M. Coulmeau, du Laboratoire.

### I. — Mise en marche automatique

---

#### HISTORIQUE

Les avantages de la mise en marche automatique des automobiles sont assez connus de tous pour qu'il soit inutile d'y insister. Pour réaliser cette mise en marche, on a recouru à divers procédés, dont les principaux utilisent les ressorts, les gaz comprimés et l'électricité.

Parmi les divers types essayés, on peut mentionner :

Le démarreur mécanique « Perfecta », remontant à 1911 et dans lequel le moteur était lancé par un ressort préalablement tendu;

Le câblo-lanceur « Ageron », avec treuil pneumatique;

Le cinogène, avec moteur auxiliaire à  $\text{CO}_2$ ;

Le démarreur « Delaunay-Belleville », avec moteur à air comprimé;

Le démarreur « Panhard-Levassor », dans lequel l'air comprimé agit directement sur les pistons.

#### PRINCIPES DES DÉMARREURS A AIR COMPRIMÉ

Bien que les chercheurs semblent plus particulièrement s'orienter actuellement vers les mises en marche électriques facilitées par l'équipement d'éclairage électrique des voitures qui tend à se généraliser, il existe et on étudiera encore des démarreurs actionnés par l'air comprimé.

Aussi paraît-il intéressant de rappeler le principe sur lequel reposent ces appareils.

L'expérience montre que, par suite de l'inertie, quand un moteur à quatre cylindres est arrêté, les pistons sont tous à la même hauteur dans les cylindres; dès lors un des cylindres se trouve prêt à l'explosion. Il suffit, pour mettre son piston en mouvement, d'envoyer dans



ce cylindre de l'air comprimé et, pour faire continuer le mouvement de l'arbre, d'envoyer l'air successivement dans les autres cylindres. Le moteur commence donc à fonctionner comme un moteur à air comprimé à quatre cylindres et à simple effet.

Mais, comme, d'autre part, le moteur continue à aspirer et comprimer le mélange tonnant dont la magnéto provoque l'allumage, dès que les explosions commencent à se produire la pression intérieure dans les cylindres, supérieure à celle de l'air comprimé, empêche l'ouverture des soupapes amenant ce dernier.

#### DÉMARREUR LETOMBE

Le capitaine Letombe, le regretté professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, avait imaginé, en 1913, une mise en marche automatique à l'air comprimé, qu'il avait constamment perfectionnée depuis. Ce dispositif est actuellement utilisé, notamment sur des auto-canon, des auto-mitrailleuses et certains types d'avions puissants.

Le dispositif de 1913 est représenté aux figures 2 et 3, et se compose d'un compresseur d'air avec réservoir-relai et distributeur spécial. Ce distributeur, relié aux quatre cylindres et aux réservoirs,

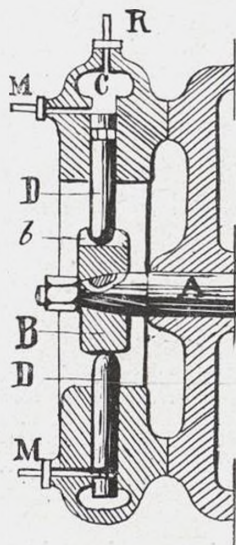


Fig. 2.

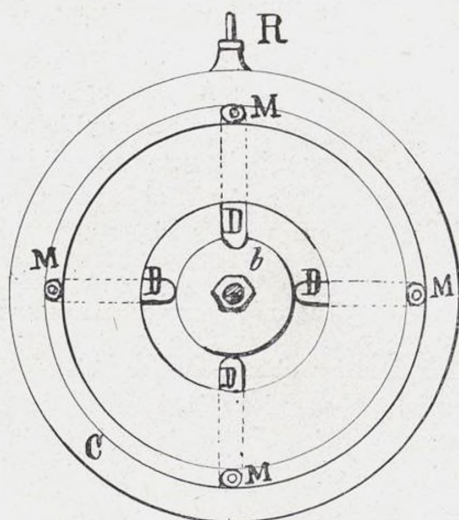


Fig. 3.

est constitué par quatre pistons-valves D qui se meuvent dans des alésages à angle droit autour d'une came B munie d'une encoche b et calée sur l'arbre à cames du moteur. La partie supérieure des



pistons-valves débouche dans une couronne annulaire C, où arrive l'air comprimé. La pression de cet air applique fortement les pistons sur la came B et lorsque, au passage de l'encoche *b*, un des pistons y tombe, il ouvre l'orifice M à l'air comprimé qui se rend ainsi dans le cylindre correspondant.

Quand le moteur part, l'arrivée de l'air comprimé étant coupée et la pression cessant dans la couronne annulaire C, les pistons-valves ne frottent plus sur la came à encoche.

Depuis 1913, M. Letombe avait apporté à ce dispositif d'heureux perfectionnements et quelques modifications assez profondes.

C'est ainsi que le distributeur du démarreur présenté au Laboratoire d'Essais en 1916 (fig. 4), se compose d'une glace fixe percée de quatre lumières et d'un tiroir tournant entraîné par l'arbre du compresseur et percé d'une seule lumière.

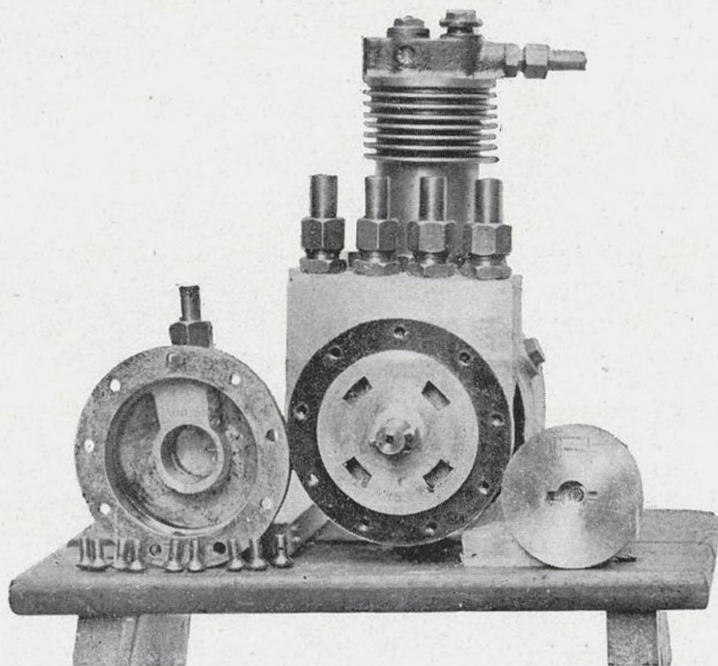


Fig. 4

Les quatre lumières de la glace sont en communication avec les cylindres du moteur par quatre tubulures et quatre soupapes d'admission automatiques fixées dans les bouchons vissés sur les cylindres.

Le tiroir tournant, remplaçant ici les quatre pistons-valves du dispositif de 1913 et leur came, est maintenu contre la glace par la pression de l'air comprimé; la lumière dont il est percé permet,



quand elle passe en regard des lumières correspondantes de la glace, l'accès de l'air comprimé dans le cylindre correspondant.

Les dimensions des lumières et le calage du distributeur par rapport au moteur sont calculés de façon que l'admission de l'air comprimé dans chaque cylindre ait lieu pendant la course de détente.

La figure 5 représente l'appareil monté sur moteur.

#### ESSAIS DU DÉMARREUR LETOMBE

Cet appareil a fait l'objet, au Laboratoire d'Essais, d'une série d'essais qui ont eu pour but de connaître le fonctionnement des divers organes, ainsi que les conditions pratiques de marche.

Ils ont été effectués, en décembre 1915 et janvier 1916, sur deux moteurs :

##### *Moteur A*

Moteur d'automobile à quatre cylindres, puissance 14 HP., l'air comprimé à la pression initiale de 20 kilogrammes par centimètre carré étant contenu dans une bouteille d'environ 12 litres  $\frac{1}{4}$  de capacité.

##### *Moteur B*

Moteur d'aviation à quatorze cylindres en étoiles (alésage 122  $\frac{m}{m}$ , course 140  $\frac{m}{m}$ ), l'air comprimé à la pression de 80 kilogrammes par centimètre carré étant renfermé dans une bouteille de 4 litres  $\frac{1}{8}$ .

Les essais ont été les suivants :

##### *1° Détermination du nombre maximum de démarrages possibles pour une pression initiale donnée dans le réservoir*

Les mises en marche ont eu lieu successivement jusqu'à ce que la pression soit devenue insuffisante dans la bouteille pour provoquer un nouveau départ.

Avec le moteur A, on a obtenu seize départs; après chaque mise en marche, la pression dans la bouteille a baissé en moyenne de 0 k. 75 et est tombée à 7 k. 75 après le dernier départ.

Avec le moteur B, on a atteint quinze départs.

Il est à noter que, avec le moteur d'automobile froid on a dû faire faire quelques tours à la main, les soupapes d'admission d'air comprimé étant ouvertes, afin de vider les cylindres de leurs gaz carburés, après quoi le moteur est parti immédiatement sur l'air comprimé.

Au contraire, avec le moteur d'aviation, la mise en marche sur l'air comprimé à froid a toujours réussi sans aucun raté.



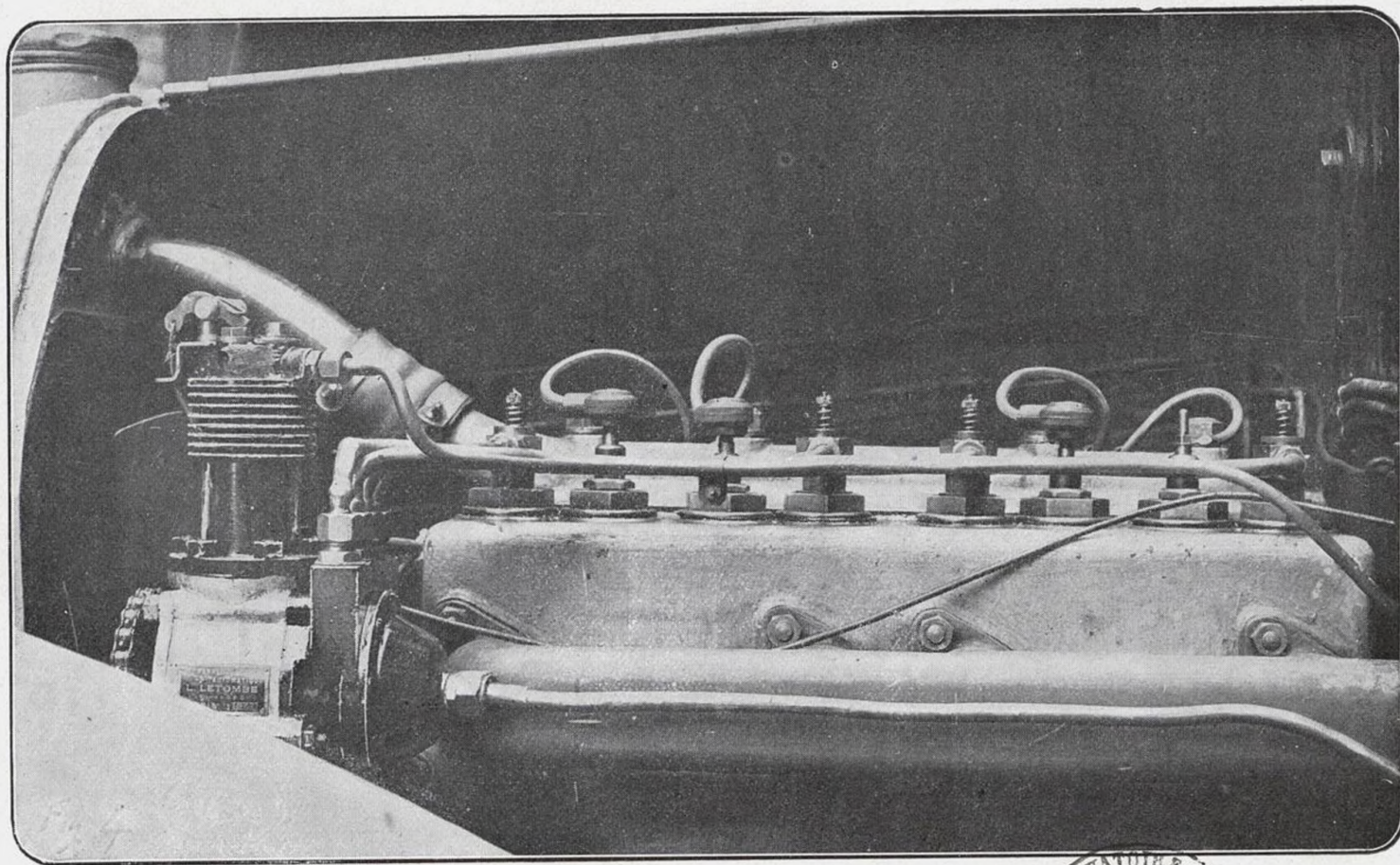
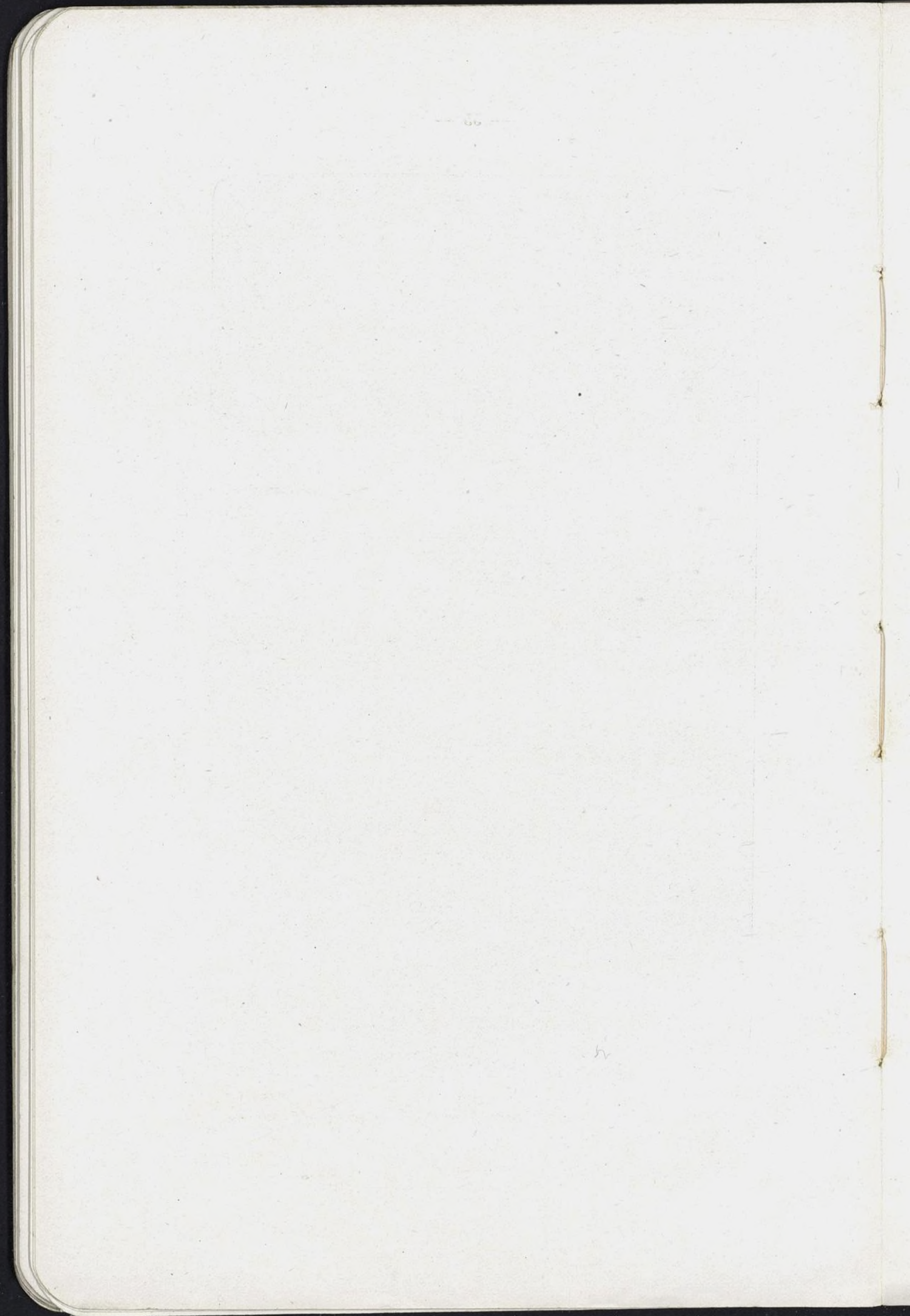


Fig. 5. — Essai du démarreur automatique Letombe.









*2° Nombre de tours maximum effectués par le moteur  
fonctionnant à l'air comprimé, l'allumage coupé*

Avec le moteur A, on a obtenu 60 à 77 tours en 17 ou 18 secondes, le moteur tournant par conséquent à la vitesse de 200 à 272 tours à la minute, et la pression dans la bouteille passant de 25 kilogrammes à 4 k. 5.

Pour le moteur B, le nombre de tours a été de 38 à 40 en 12 à 13 secondes, ce qui donne la vitesse moyenne de 185 à 190 tours à la minute.

Dans les deux cas, les moteurs ont fonctionné jusqu'à ce que la pression dans la bouteille soit devenue insuffisante pour vaincre la compression du moteur. La durée de rotation a été déterminée à l'aide d'un compte-secondes étalonné et le nombre de tours par l'enregistrement automatique du nombre de levées des soupapes.

*3° Détermination de la vitesse maxima que le dispositif  
est capable d'imprimer au moteur*

La vitesse du moteur A marchant à l'air comprimé, mesurée après 2 secondes de marche pendant un temps très court (3 à 5''), soit au moment de l'admission de l'air comprimé dans les cylindres, soit un certain temps après, afin que le moteur soit bien lancé, a atteint 360 à 380 tours à la minute.

*4° Détermination du temps nécessaire pour remplir le réservoir d'air  
du moteur A à la pression de 20 kilogrammes par centimètre carré.*

Ce réservoir a été rempli à l'aide du moteur A lui-même, conjugué avec un compresseur. Le temps nécessaire a été de 6 minutes 37 secondes, correspondant à 8.217 tours du moteur marchant à 1.242 tours.

## II. — Changements de vitesse

### NÉCESSITÉ DU CHANGEMENT DE VITESSE

Le travail demandé à une voiture automobile est proportionnel à son poids et à la pente de la route qu'elle parcourt.

Pour éviter qu'une voiture cale en montée, le constructeur doit faire en sorte que sur les pentes les plus fortes qu'aura à gravir le véhicule, le moteur présente toujours un excédent de puissance, ce qui exige que le couple résistant reste constamment inférieur au couple moteur maximum.



Ce problème a reçu deux solutions : dans quelques voitures de grand tourisme de luxe, le moteur est assez puissant pour pouvoir, même sur les pentes les plus raides, être en prise directe sur l'arbre de transmission; c'est une solution agréable, mais peu économique assurément. Mais, dans la presque totalité des cas, par raison de meilleure utilisation, le moteur est calculé de façon à donner en palier, une vitesse déterminée au véhicule: par suite, pour éviter l'arrêt soit en montée, soit en terrain lourd, on fait varier la démultiplication de la transmission entre le moteur et les roues au moyen d'organes portant le nom générique de changements de vitesse et permettant, en général, trois ou quatre démultiplications pour la marche avant et une pour la marche arrière.

### PRINCIPAUX SYSTÈMES

---

#### 1° *Changements de vitesse mécaniques*

Le système à peu près généralement en usage est constitué par une boîte étanche, dite « boîte de vitesse », dans laquelle une série d'engrenages, baignant dans la graisse ou l'huile, se déplacent au moyen d'un train baladeur simple ou de baladeurs multiples. Il n'est pas sans présenter de nombreux inconvénients : bruit, usure rapide, à-coups dans la marche par suite du manque de progressivité, etc.

Aussi a-t-on cherché d'autres dispositifs; dans le domaine purement mécanique, on a appliqué les propriétés de la vis sans fin, des cônes ou des hélicoïdes de frottement (systèmes Tivombley, Dietrich, D. S. R., etc.).

#### 2° *Changements de vitesse hydrauliques*

A l'hydraulique, on a demandé des dispositifs fonctionnant à l'huile ou à l'eau au moyen de turbines ou de pompes différentielles (systèmes Renault, Samain, Hall, Mauly, Föttinger, Huber, Porter, etc.), mais tous ces changements de vitesse semblent présenter un inconvénient commun : leur faible rendement.

#### 3° *Changements de vitesse électro-mécaniques*

Enfin, on s'est adressé à l'électricité qui, de plus en plus, paraît être utilisée sur les voitures.

Un dispositif de cette catégorie, dû au lieutenant P. Gasnier, a été présenté aux essais du Laboratoire.

Il permet, le moteur tournant à sa vitesse de régime, de passer d'une façon continue, par le simple déplacement d'une manette, de



la plus grande vitesse en marche avant à la plus grande vitesse en marche arrière.

Il se compose de deux dynamos série, montées en série, et d'un différentiel à roues droites. L'induit de la dynamo n° 1, ainsi qu'un planétaire, est calé sur un arbre accouplé avec celui du moteur. L'induit de la dynamo n° 2, solidaire d'un second planétaire, est fixé sur l'arbre de transmission.

Les variations de vitesse et l'arrêt sont obtenus par décalage des balais de la dynamo n° 1 et des modifications de connexion à l'aide de la rotation d'une couronne montée sur cette dynamo.

Les deux dynamos marchent alternativement en génératrice et en moteur, selon le calage des balais.

### ESSAIS

Dans l'étude de tout changement de vitesse se posent plusieurs questions : bon fonctionnement, facilité de manœuvre, progressivité, etc., et rendement.

Les premières peuvent être examinées sur route aisément; la dernière, dont l'importance capitale se conçoit, nécessite des essais de laboratoire.

Ces derniers ont eu lieu en deux séries :

Dans la première, on a déterminé, pour une puissance moyenne  $P$  de l'arbre moteur de 15 HP. à 1.500 tours-minute, le rendement du changement de vitesse pour des vitesses de l'arbre de transmission variables et correspondant à des angles donnés de calage des balais.

Dans la seconde série, on a recherché le rendement, comme génératrice, de la dynamo n° 1.

#### *Première série*

L'appareil a été installé sur une plate-forme et accouplé avec deux dynamos-dynamométriques de 20 et 30 kw., montées l'une en réceptrice sur le secteur et fonctionnant comme moteur, l'autre en génératrice et fonctionnant comme frein, celle-ci étant mise en circuit sur des rhéostats de lampes à résistance réglable permettant de faire varier la charge à volonté.

Les bras de levier de ces deux dynamos étaient de 1 mètre.

Pour les diverses vitesses réalisées, la puissance moyenne recueillie a été en HP. de 8,04 — 11,25 — 11,85 — 11,66 — 11,61 — 11,39.

Il en est résulté que les rendements ont été respectivement en % :

53,3 — 74,6 — 78,6 — 77,3 — 77 — 75,5.

Il est à noter que les vitesses de rotation de l'arbre de transmission ont varié de 392 à 1.785 tours à la minute.



*Deuxième série*

On a supprimé l'accouplement de la dynamo-dynamométrique fonctionnant en génératrice et on a mis hors circuit l'induit et l'inducteur de la dynamo n° 2. Le circuit de la dynamo n° 1 était fermé sur un ampèremètre et un rhéostat de charge; un voltmètre était branché aux bornes du circuit de charge. Les mesures ont été faites pour des calages de balais de 30°, 40°, 60°, 70°.

Pour des puissances moyennes fournies  $P$  de 4,61 — 7,54 — 9,0 — 10,47 — 10,89, on a mesuré des puissances moyennes recueillies  $P'$  de 1,81 — 5,56 — 7,32 — 8,83 — 9,05,

D'où les rendements respectifs  $\frac{P'}{P}$  de 39,3 — 73,7 — 81,3 — 84,3 — 83,1.

Ces essais, effectués en décembre 1916, ont été confirmés par une autre série d'expériences en septembre 1917 et qui, pour certains calages des balais, ont donné des rendements de 5 à 10 % supérieurs aux précédents, grâce à quelques améliorations apportées au dispositif.

### III. — Carburateurs

Il a été construit un grand nombre de ces appareils et des modèles nouveaux ont été fréquemment soumis aux essais du Laboratoire.

Dans l'examen de tout carburateur, en dehors des conditions de simplicité et de bon fonctionnement, deux caractéristiques doivent retenir plus particulièrement l'attention :

- La puissance effectivement déployée par le moteur;
- La consommation d'essence.

Ce sont ces deux variables, ou l'une d'elles, qui ont été étudiées dans les essais exécutés sur divers carburateurs nouveaux, parmi lesquels nous citons les suivants à titre d'exemples :

*1° Carburateur automatique « At. » à niveau constant  
pour moteur d'automobile*

Il comprend, comme parties essentielles :

- Un gicleur avec dispositif pour réduire le débit d'essence;
- Un dispositif de réglage automatique de l'admission d'air;
- Une cuve à niveau constant alimentant le gicleur;
- Une valve pour le réglage d'admission des gaz dans les cylindres.

La caractéristique de ces dispositifs est de permettre, dans les des-



centes, l'admission aux cylindres d'un mélange très pauvre en essence.

On a exécuté des essais comparatifs sur route entre ce carburateur et un carburateur Cl., successivement montés sur le moteur 16 HP., quatre cylindres, d'un omnibus « Ivry ».

Un premier essai a été effectué sur un parcours de 45 kilomètres, par temps de neige ou pluie, sur route boueuse; un second sur un parcours de 105 kilomètres, par beau temps, sur route sèche.

Après chaque parcours, la voiture ramenée au point initial, le réservoir était rempli de façon à ramener le niveau rigoureusement au même point qu'au départ. La quantité d'essence consommée était rigoureusement mesurée par pesée et tare des bidons employés.

Les vitesses du véhicule et durées de trajet ont été sensiblement les mêmes pour chaque carburateur.

Dans le premier essai, les consommations aux 100 kilomètres d'une essence de densité de 0,716 ont été :

Avec carburateur Cl., 20 k. 7; avec carburateur At., 18 k.

Et dans le second :

Avec carburateur Cl., 14 k. 7; avec carburateur At., 13 k. 2.

*2° Carburateur automatique « Co. » à niveau constant  
pour moteur d'aviation*

Il comprend essentiellement :

Un ensemble de gicleurs : gicleur principal, gicleur auxiliaire de ralenti, gicleur auxiliaire intermédiaire;

Une cuve à niveau constant;

Un boisseau renfermant la valve d'admission des gaz aux cylindres;

Un correcteur altimétrique agissant par admission d'air supplémentaire.

La valve d'admission découvre :

A faible ouverture, correspondant à la mise en marche et au ralenti, le gicleur de ralenti seul;

A plus grande ouverture, pour une marche plus rapide, les deux gicleurs auxiliaires;

A ouverture correspondant à la marche normale, les trois gicleurs.

Ce carburateur a été essayé comparativement avec un carburateur Z. sur moteur Hispano-Suiza 150 HP.

Le moteur était installé sur une plate-forme d'essais et accouplé par un joint élastique à deux dynamos-dynamométriques de 90 kw.,



fonctionnant comme freins et montées sur des rhéostats de résistance réglable. On pouvait donc régler la charge des dynamos, et par suite celle du moteur, en faisant varier l'excitation ou la résistance des rhéostats.

Le moteur marchait à pleine admission et à vitesse de régime, les deux carburateurs étant successivement montés et placés dans des conditions identiques.

Avec le carburateur Z., le moteur, à la vitesse de 1.378 tours à la minute, développait 139,1 HP.;

Avec le carburateur Co., la vitesse a été de 1.441 tours et la puissance de 138,4 HP.

### 3° Carburateur automatique « St. » à niveau constant

L'appareil est constitué par :

Une cuve à niveau constant;

Un gicleur coiffé d'une chambre percée d'orifices de pulvérisation;

Un dispositif dénommé *correcteur*, servant, à l'arrêt, à obturer automatiquement les orifices de pulvérisation;

Un organe appelé *régulateur*, permettant de régler l'arrivée du mélange tonnant.

Ce carburateur a été essayé comparativement à un carburateur courant, système Krebs (gicleur de 90 centièmes de millimètre), sur moteur Panhard-Levassor, quatre cylindres (alésage  $91 \frac{m}{m}$ , course  $130 \frac{m}{m}$ ). Ce moteur était accouplé directement avec une dynamo-dynamométrique de 15 kw., montée en génératrice sur des rhéostats de lampe à résistance variable et fonctionnant comme frein.

Avant chaque essai, le moteur avait fonctionné en charge pendant une heure.

La consommation d'essence a été minutieusement mesurée.

En outre, pendant chaque essai, on notait toutes les trois minutes :

La charge portée à l'extrémité du bras du levier de la dynamo-dynamométrique;

La vitesse du moteur.

Les résultats ont été les suivants :

Pour le carburateur St. : Puissance du moteur, 15,37 HP.; consommation au cheval-heure, 0 k. 385.

Pour le carburateur Krebs : Puissance du moteur 15,66 HP.; consommation au cheval-heure, 0 k. 389.



4° *Carburateur Ga. pour l'utilisation du pétrole lampant  
dans les moteurs à explosion*

Le prix de l'essence augmentant constamment, on a fait des recherches pour la remplacer par les huiles de pétrole et le pétrole lampant.

Les difficultés rencontrées dans cette voie étaient nombreuses : difficulté de mise en marche à froid à cause de la faible volatilité du pétrole; difficulté des reprises après arrêt; nécessité de volatiliser le pétrole par des dispositifs appropriés; encrassement des chambres et pistons.

De nombreux appareils ont été imaginés, qui se proposent de solutionner la question.

Dans tous ceux destinés aux moteurs d'automobile, les départs et, dans certains, les ralentis se font sur l'essence, ce qui exige à côté des réservoirs de pétrole un réservoir auxiliaire à essence.

En outre, dans d'autres, tel celui présenté au Laboratoire, en mai 1917, la marche normale a lieu avec essence et pétrole réglés en proportion déterminée (carburateur Ga.).

Ce dernier comprend :

Un gicleur principal à essence et cinq gicleurs à pétrole;

En outre, un gicleur auxiliaire à essence pour la mise en marche et le ralenti;

Deux cuves à niveau constant alimentant les gicleurs;

Un dispositif à tiroir permettant d'utiliser soit le gicleur auxiliaire seul, pour mise en marche et ralenti, soit le gicleur principal à essence et le nombre voulu de gicleurs à pétrole pour la marche normale.

Ce carburateur a été essayé comparativement avec un carburateur courant, système Krebs, sur moteur Panhard-Levassor, quatre cylindres (alésage 91  $\frac{m}{m}$ , course 130  $\frac{m}{m}$ ), dont la vitesse de régime est de 1.000 tours à la minute.

Le moteur était accouplé directement avec une dynamo-dynamométrique de 15 kw., montée en génératrice sur des rhéostats de lampes et fonctionnant comme frein.

Les consommations de combustibles ont été soigneusement mesurées.

Avant le commencement de chaque essai, le moteur a fonctionné en charge un certain temps.

Pendant l'essai, on a déterminé toutes les cinq minutes :

La charge portée par le bras de levier de la dynamo-dynamométrique;

La vitesse du moteur.



Les résultats ont été les suivants :

Avec carburateur Krebs : Puissance du moteur en HP., 15,34; consommation d'essence par cheval-heure, 0 k. 399.

Avec carburateur Ga. : Puissance du moteur en HP., 16,22; consommation par cheval-heure : pétrole, 0 k. 307; essence, 0 k. 127.

Au bout d'une heure de marche du carburateur à pétrole, les bougies ne présentaient rien de particulier; le moteur fumait légèrement.

En résumé, les résultats semblent satisfaisants, puisqu'on a pu conserver au moteur sa puissance avec une consommation totale sensiblement égale à celle de l'essence pure, mais en réduisant celle de l'essence des deux tiers environ.

---



## ÉTUDE SUR LA LIQUÉFACTION INDUSTRIELLE DU CHLORE

(1915-1916)

Avant la guerre, la fabrication du chlore était peu développée et peu connue en France; nous étions, en effet, pour la plus grande partie du chlore consommé, tributaires de l'étranger et notamment de l'Allemagne. Devant les nécessités imposées par la guerre moderne, il a fallu, en pleine période d'hostilités, et au milieu de sérieuses difficultés de toute nature, créer sans retard des usines à grande production.

Pour la facilité des manipulations, des transports, etc., il y avait le plus grand intérêt à produire du chlore liquide; mais alors il devenait nécessaire de réaliser en grand la liquéfaction industrielle de ce produit. Il ne pouvait être question, en effet, du procédé classique trouvé par Faraday en 1823, du moins tel que ce savant l'avait conçu, et qui est demeuré une méthode démonstrative de laboratoire (chauffage de cristaux d'hydrate de chlore dans l'une des branches d'un tube en V et condensation du chlore dans l'autre branche fortement refroidie).

Malheureusement, les procédés industriels de liquéfaction du chlore étaient étrangers; ils étaient trop peu connus en France, à cette époque; il fallait donc, concurremment avec l'édification des usines, étudier et résoudre la question aussi rapidement que possible.

C'est dans ces conditions que le commandant Cellerier, qui présidait la Commission de Réception de l'Etablissement Central du Matériel chimique de guerre, proposa à ce Service (décembre 1915) d'entreprendre une étude de la question, et notamment de rechercher les rendements industriels de la liquéfaction du chlore (chargé plus ou moins de gaz inerte), en utilisant : soit le froid, soit la compression, ou le froid et la compression combinés.

De la connaissance de ces rendements et des abaques correspondantes, il était facile, inversement, d'en déduire les conditions expérimentales d'emploi du froid, de la compression, ou enfin du froid et de la compression combinés, pour obtenir un rendement déterminé.

Une installation semi-industrielle de production de chlore gazeux et de sa liquéfaction fut installée sur la terrasse du Laboratoire d'Essais; elle pouvait fournir 400 litres de gaz à l'heure.



MM. Biquard et Griffiths, chefs des Sections de physique et de chimie du Laboratoire d'Essais, ont procédé aux nombreuses recherches et expériences nécessitées par ce programme. En particulier, ils ont effectués toute une série d'expériences ayant pour objet les déterminations des *pressions maxima de vapeur de chlore liquide* entre 80° C et 0° C.

Enfin, on a déterminé la *chaleur latente de vaporisation du chlore*.

Le rapport complet a été remis aux Services du Matériel chimique de guerre.

#### CONCLUSIONS

1° *Courbes des rendements*. — Un grand nombre de courbes des rendements ont été établies en tenant compte des divers facteurs : température, pression, teneur en gaz inerte.

De la comparaison des rendements de liquéfaction ainsi obtenus avec les limites théoriques maxima des rendements, résultant des lois de la pression de vapeur saturante et des mélanges gazeux, il résulte que, dans les conditions où ont été faites les expériences, la liquéfaction du chlore mélangé d'air se produit sensiblement dans les proportions calculées théoriquement sans phénomènes de retard ou d'entraînement vésiculaire par les gaz inertes.

En conséquence, on peut admettre que les courbes de rendement de liquéfaction calculées par la formule

$$R = \frac{P - \frac{P}{T}}{P - p}$$

représentent les rendements qu'il est possible de réaliser industriellement. Dans la formule, on désigne par :

P — la pression absolue au liquéfacteur,

p — la tension de vapeur du chlore à la température de liquéfaction,

T — la teneur volumétrique en chlore pur du mélange gazeux.

2° *Liquéfaction par compression seule*. — Aux températures qu'il est possible de maintenir avec un simple refroidissement des appareils par l'eau courante (10° C environ), la pression devra, pour que le rendement atteigne une valeur satisfaisante telle que 90 %, être portée jusqu'à 10 ou 15 atmosphères suivant la teneur du chlore employé.

Ce procédé exige des pressions qu'il paraît difficile de réaliser en raison de l'action corrosive du chlore sur les métaux, lorsqu'il n'est pas parfaitement sec.



En outre, le transvasement du chlore liquide, à ces pressions, nécessite des appareils spéciaux; de plus, les locaux de l'installation peuvent être rendus intenable en raison des risques de fuites ou de rupture de joints.

3° *Liquéfaction par refroidissement seul.* — La température à laquelle on obtient pratiquement la liquéfaction est comprise entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $-50^{\circ}\text{C}$ , pour un rendement de 90 %, suivant la teneur du gaz employé.

Ce second procédé exige des températures relativement basses que peuvent fournir difficilement les machines frigorifiques industrielles, sauf les machines à compression et détente d'air, mais dont le rendement thermique est faible.

4° *Liquéfaction par refroidissement et compression combinés.* — Aux températures de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $-45^{\circ}\text{C}$  (que peuvent donner les bonnes machines frigorifiques à acide carbonique) le rendement de 90 % peut être atteint avec une surpression de 1 à 2 atmosphères.

Ce troisième procédé paraît le plus recommandable pour la plupart des cas. Avec une surpression de 3 ou 4 atmosphères, la température peut aller à  $-20^{\circ}\text{C}$  environ.

On pourra aussi effectuer la liquéfaction en deux phases :

1<sup>re</sup> Phase. — Traitement à  $-40^{\circ}\text{C}$  ou  $-45^{\circ}\text{C}$ , sans compression des gaz chlorés, produisant la liquéfaction de 50 à 70 % du chlore pur contenu.

2° Phase. — Traitement à  $-40^{\circ}\text{C}$  ou  $-45^{\circ}\text{C}$  après compression à 1 ou 2 atmosphères des gaz ayant résisté au premier traitement.

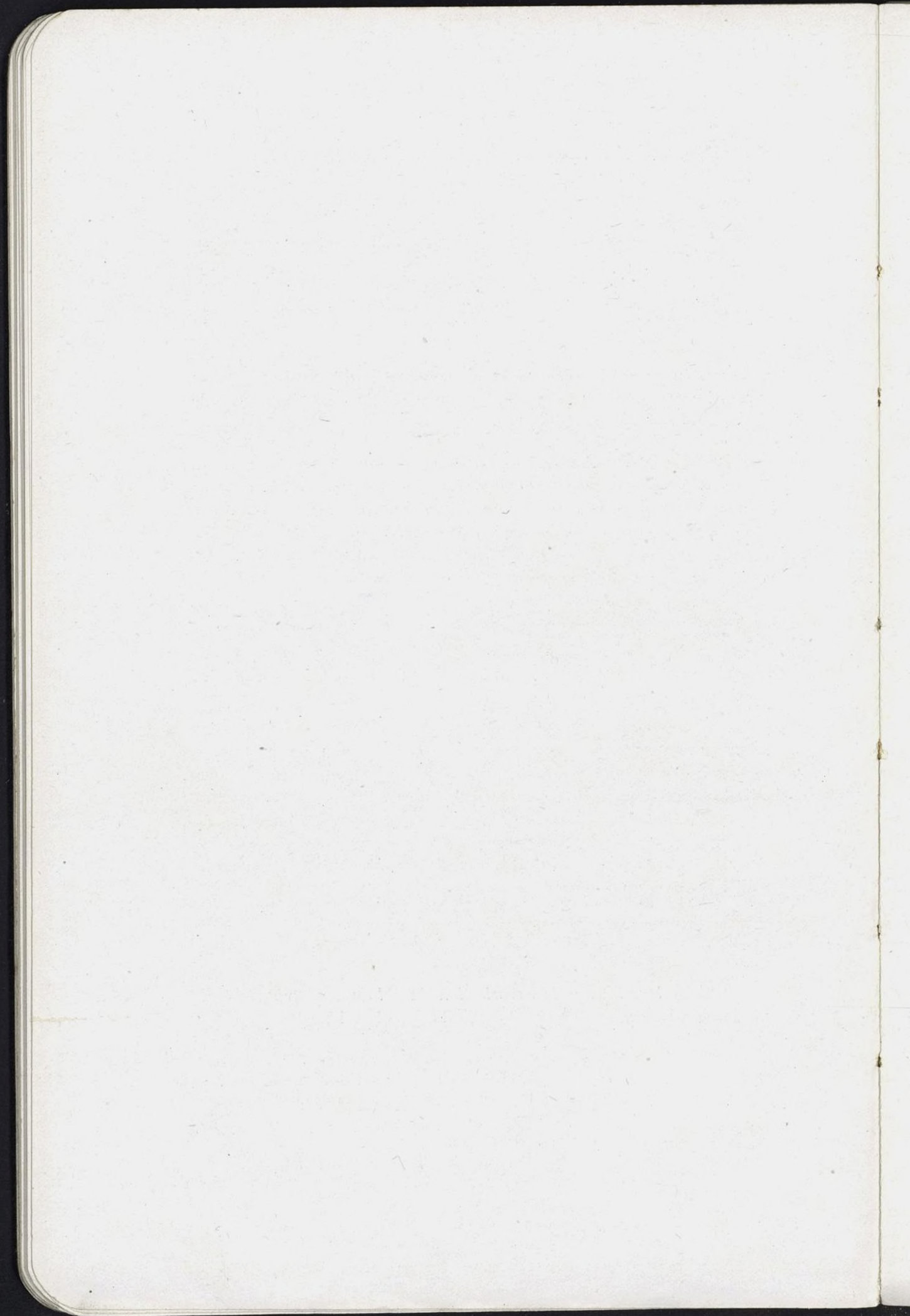
De la sorte, tout en donnant le même rendement qu'une liquéfaction opérée totalement sous pression, on aurait l'avantage de diminuer sensiblement le volume des gaz à comprimer, et, en outre, de n'envoyer dans le compresseur que des gaz parfaitement desséchés par leur passage à  $-45^{\circ}\text{C}$  et, par conséquent, sans action sur les métaux du compresseur.

5° *Les pressions maxima de vapeur du chlore liquide*, entre  $-80^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}$ , ont été trouvées légèrement différentes de celles publiées en 1890 par Knietsch.

6° *La chaleur latente de vaporisation du chlore* a été trouvée égale à 67 calories-grammes avec  $\pm 1\%$  d'approximation.

---







## **LUBRIFICATION DES MOTEURS A EXPLOSION PAR HUILE ÉMULSIONNÉE D'EAU**

(1916)

La question de la lubrification augmente d'importance à mesure que les machines deviennent plus légères, plus rapides, plus puissantes.

Alors que les procédés se perfectionnent et que, dans les moteurs d'automobile, le graissage sous pression avec ses orifices très étroits, remplace les graissages par barbotages, la pureté des lubrifiants doit devenir plus parfaite si l'on veut éviter l'obturation des conduites de circulation et, comme conséquence, le grippage.

### **Graissage par huile et eau saponinée**

La guerre a rendu plus difficile encore le problème de la lubrification des moteurs. On s'est donc efforcé de restreindre le plus possible la consommation des huiles de graissage. Le docteur Létang a proposé l'emploi d'une émulsion obtenue par l'agitation d'un mélange d'huile valvoline et d'eau saponinée.

Le Laboratoire d'Essais a été chargé d'effectuer des expériences comparatives entre ce lubrifiant et l'huile pure valvoline, et cela aux points de vue :

- Rendement du moteur;
- Consommation d'essence;
- Consommation d'eau de refroidissement;
- Consommation du lubrifiant.

Chaque essai a duré trois heures en utilisant le même moteur placé dans des conditions identiques.

### **RÉSULTATS**

Les résultats ont été satisfaisants; ils ont montré :

- 1° Que le rendement du moteur était le même avec les deux lubrifiants (même puissance enregistrée et même consommation d'essence);
- 2° Que la consommation d'eau de refroidissement avait été légèrement moindre pendant la marche avec le lubrifiant émulsionné;
- 3° Que ce lubrifiant émulsionné faisait réaliser une économie d'huile d'environ 60 %.



Il eut été désirable que des expériences pratiques de durée assez longue aient pu confirmer que ce procédé ne présente aucun inconvénient pour le fonctionnement des organes mécaniques et notamment que la viscosité de l'émulsion est suffisante pour graisser les organes sur lesquels le lubrifiant, n'arrivant que par projection, doit rester suffisamment adhérent pour produire son effet.

#### MODE OPÉRATOIRE

Des essais ont été effectués fin 1916 et ont été répétés au commencement de 1917. Comme les résultats ont été comparables, nous mentionnerons seulement ceux de 1917.

On a utilisé un moteur à quatre cylindres (course 130, alésage 91, graissage par barbotage, refroidissement par une circulation d'eau venant d'une canalisation de la ville).

Ce moteur était accouplé par un joint double à la cardan, à une dynamo-dynamométrique de 15 kw., fonctionnant comme frein et montée en génératrice sur des rhéostats de lampes. En faisant varier le nombre de lampes en circuit, on pouvait faire varier à volonté la charge de la dynamo et par suite celle du moteur.

Dans chaque essai, la consommation du lubrifiant a été déterminée par vidange du carter, le réservoir étant maintenu plein. Le débit de l'eau de refroidissement a été réglé de façon à obtenir dans les deux essais la même température de sortie et la quantité d'eau consommée a été déterminée au moyen de bâches étalonnées.

Pendant l'essai, on a déterminé toutes les cinq minutes :

1° La *vitesse du moteur*, au moyen d'un compte-tours à main étalonné;

2° La *charge portée à l'extrémité du bras de levier* de la dynamo-dynamométrique;

3° La *température de l'eau de refroidissement* à la sortie du moteur.

Il est à noter que, dans le mélange émulsionné, l'eau et l'huile tendaient à se séparer dès que l'on cessait d'agiter. Aussi, bien que, dans le mélange préparé, la composition fût la suivante :

Eau distillée.....	1 k.
Saponine.....	0 gr. 20
Huile de graissage.....	1 k.

Les poids d'huile et d'eau introduits dans le moteur n'ont pas été rigoureusement égaux. Pour connaître exactement leurs proportions, on a opéré comme suit :

Dans un flacon, on avait préparé de l'émulsion en quantité supé-



rieure à celle nécessaire. Après l'essai, on a déterminé les quantités d'eau et d'huile restant dans ce flacon et on en a déduit celles qui avaient été introduites dans le moteur.

Dans le mélange recueilli par vidange du carter, on a trouvé que, en poids, les proportions étaient :

Eau.....	17,3
Huile.....	82,7

Des différents éléments ci-dessus, on a déduit facilement le poids de l'huile réellement consommée.

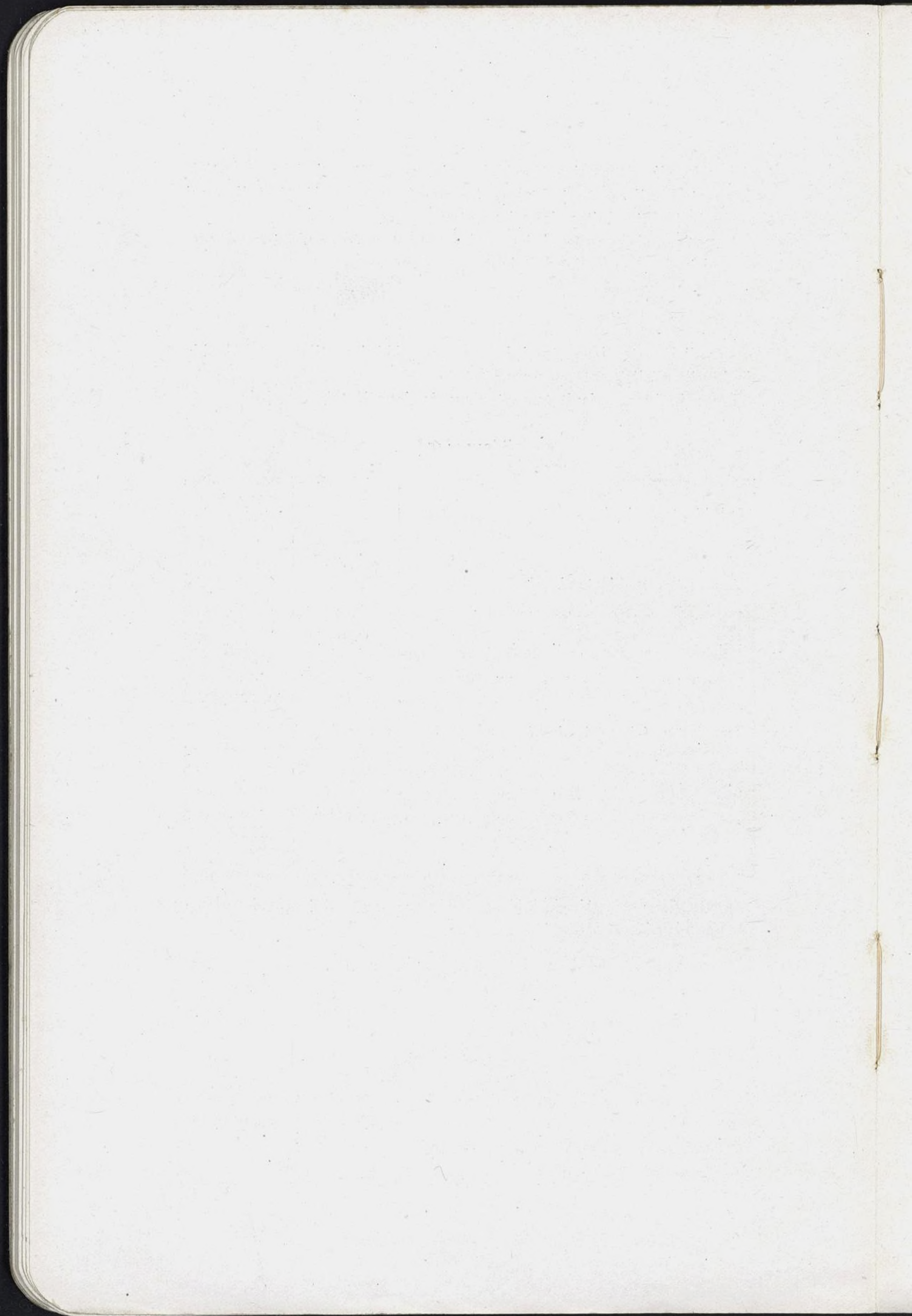
Les principaux résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

#### RÉSULTATS

Lubrifiant employé.....	HUILE PURE	MÉLANGE PROPOSÉ
Température ambiante (degrés C).....	10°5	8°
Vitesse moyenne du moteur (tours-minute)....	924	914
Puissance moyenne effective (chevaux).....	14,34	14,25
Température de l'eau de refroidissement (degrés C) à l'entrée du moteur.....	6°	6°
Température à la sortie (degrés C).....	66°6	66°8
Consommation moyenne à l'heure (litres).....	392	380
Consommation moyenne de lubrifiant à l'heure en kilogrammes.....	0,245	0,459 (Huile. 0,098) (Eau... 0,361)

Toutefois, des essais de longue durée sur route, doivent compléter ces expériences de *laboratoire*.







## OBTURATION DES FUITES DE RÉSERVOIRS A ESSENCE

(1916-1917)

Une cause fréquente de perte des avions est due à la perforation du réservoir à essence par les balles ou les éclats d'obus.

Les réservoirs se vidant rapidement, le pilote est obligé d'atterrir plus ou moins en vol plané, souvent chez l'ennemi, heureux encore quand l'essence, en s'enflammant, n'a pas mis le feu à l'appareil.

Aussi de nombreuses recherches ont-elles été effectuées pour permettre l'obturation commode et rapide des déchirures.

Ces recherches peuvent se classer en deux catégories :

Dans la première interviennent des substances, quelques-unes à base de caoutchouc, la plupart d'aspect gélatineux, présentées sous forme de plaques, avec lesquelles on double les réservoirs. Ces compositions se referment d'elles-mêmes sur la déchirure après le passage du projectile et, par conséquent, obturent l'orifice produit, automatiquement et sans l'intervention du personnel de bord. Il ne semble pas, jusqu'ici du moins, qu'on ait eu des résultats satisfaisants dans cet ordre d'idées.

Dans la deuxième catégorie de recherches on fait intervenir soit divers dispositifs, soit certaines pâtes ou compositions à l'aide desquels le pilote, ou mieux l'observateur, peuvent aveugler rapidement les fuites. On aperçoit de suite le côté faible de ces solutions : c'est que l'obturation n'est possible que dans les parties du réservoir qui peuvent être atteintes facilement; par conséquent, dans les parties inférieures, les plus vulnérables par le tir en dessous, toute obturation à la main est impossible, le personnel navigant ne pouvant atteindre le dessous de la carlingue.

Néanmoins, ces procédés méritent de retenir l'attention parce qu'ils sont souvent d'un emploi facile et peuvent, au moins dans certains cas, rendre des services.

### ESSAIS EFFECTUÉS

Il a été présenté, en août 1916, au Laboratoire, un dispositif mécanique d'obturation rapide qui n'est mentionné ici que pour mémoire, ayant donné de très mauvais résultats.



Puis, fin 1916, le Laboratoire a été chargé d'analyser et d'expé-  
menter une pâte spéciale dénommée « Ob. ».

L'analyse a donné les résultats suivants :

Savons	Acides gras.....	17,05
	Alcalis.....	3,60
Glycérine.....		4,00
Eau.....		21,45
Matières minérales diverses.....		53,90
		<hr/> 100,00

Matières minérales	Argile (silice, alumine, sesquioxyde de fer)....	95,20
	Chaux.....	3,00
	Magnésie.....	0,40
	Acide sulfurique.....	1,40
		<hr/> 100,00

Pour essayer de façon complète le mastic obturateur proposé, il était nécessaire de se rapprocher le plus possible des conditions de la réalité et, pour cela, de soumettre le réservoir réparé à des vibrations, tout comme il le serait en avion. Aussi a-t-il été disposé, comme l'indique la photographie ci-jointe; sur une camionnette automobile, sa capacité était d'environ 150 litres.

Neuf trous ont été percés à l'aide d'un poinçon; ils avaient un diamètre de 10 à 20 millimètres et étaient disposés à diverses hauteurs. Ces trous ont été obturés au moyen de tampons faits avec la pâte expérimentée.

Puis, la camionnette a effectué un parcours de 55 kilomètres sur de mauvais chemins, à la vitesse moyenne d'environ 21 kilomètres.

Une seule fuite s'est produite à l'un des tampons, laquelle a été supprimée par application supplémentaire de pâte.

Après vingt-trois heures d'expérience, aucun des autres tampons n'avait suinté.

Ce mastic, malléable, semble donc appelé à rendre des services pour l'obturation des déchirures de réservoirs à portée de main des passagers.



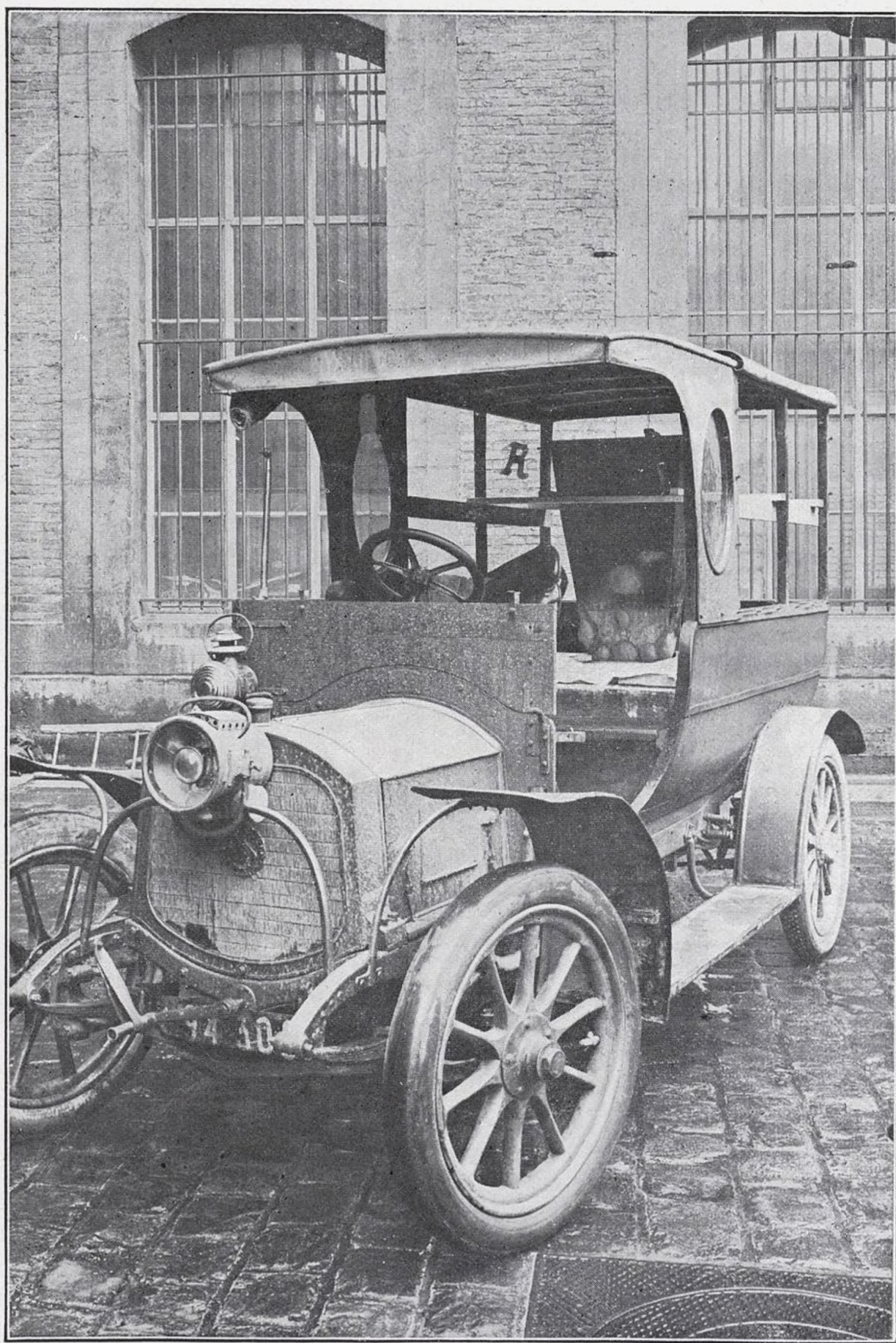
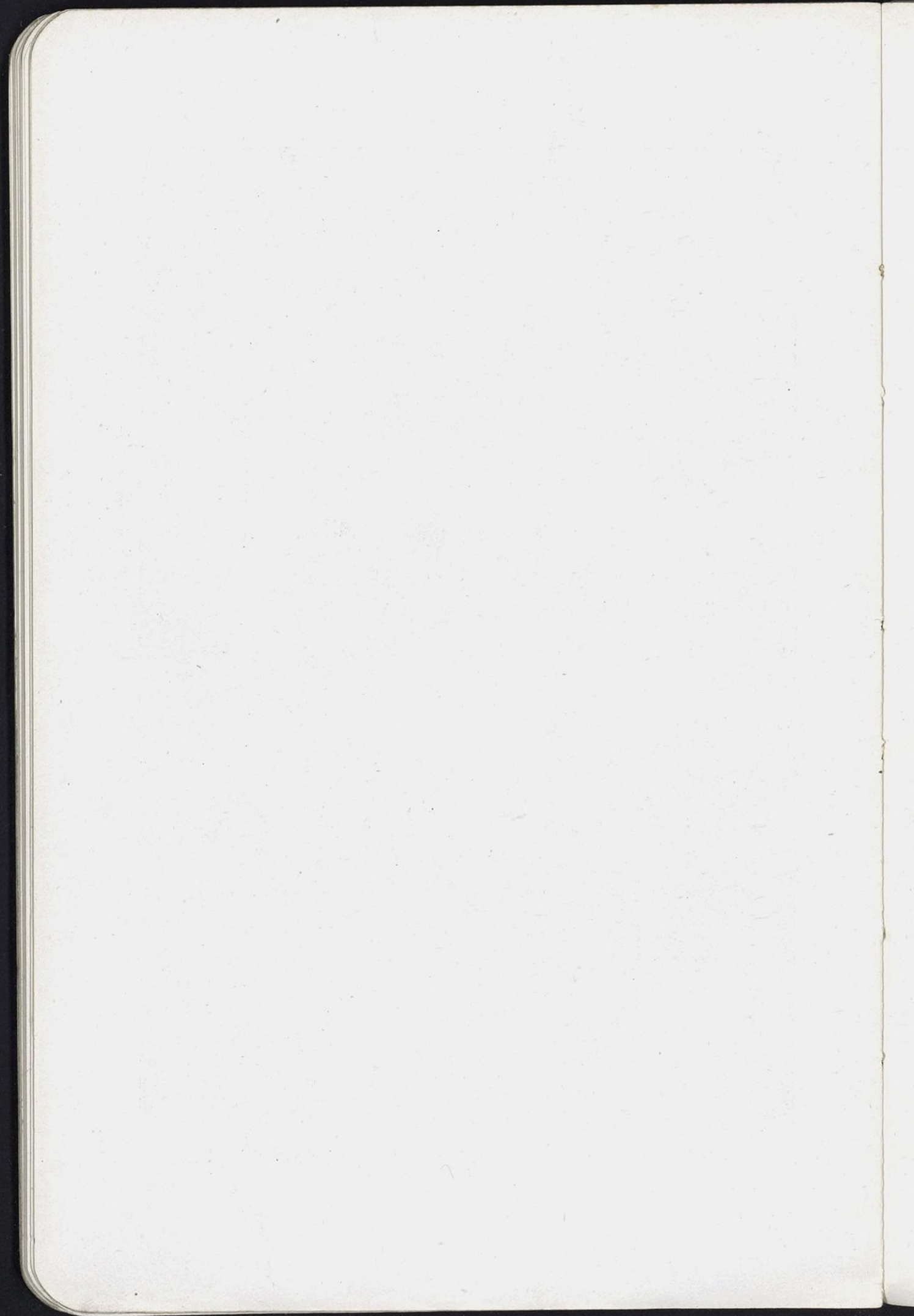


Fig. 6. — Essai d'un obturateur de fuite pour réservoir d'essence.







## RECHERCHE D'UN COLORANT FIXE POUR ESSENCES D'AUTOMOBILES

(1916)

### But de cette recherche

La pénurie croissante d'essences pour automobiles a provoqué des livraisons par fraude, à des particuliers, d'essence appartenant aux Services de la Guerre.

Pour permettre de découvrir ces fraudes, les Services techniques Automobiles ont demandé au Laboratoire d'Essais de rechercher un procédé de coloration de l'essence et du benzol.

Le colorant à trouver devait répondre aux conditions suivantes :

Posséder une couleur assez vive et visible la nuit;

Etre fixe, c'est-à-dire ne pouvoir disparaître sous l'action d'un acide, d'un alcali ou de tout autre réactif;

Ne présenter aucune action corrosive sur les métaux;

Enfin, être d'un prix relativement peu élevé.

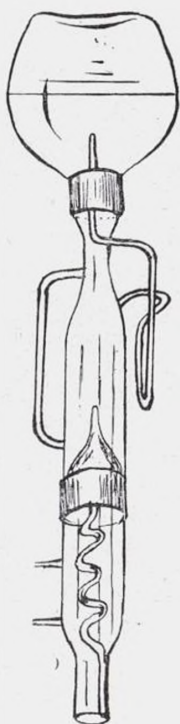


Fig. 7.

### Préparation d'un colorant à base d'Orcanette

Après une série de recherches de M. Griffiths, du Laboratoire d'Essais, l'Orcanette a été proposée aux Services Automobiles en juillet 1916, comme présentant les qualités requises.

On en prépare une décoction concentrée dans le benzol, décoction dont une faible quantité suffit pour colorer en rouge l'essence minérale et le benzol, seuls ou mélangés.

Pour préparer cet extrait, on procède à un épuisement méthodique à chaud au moyen du benzol.

L'appareil employé se compose d'un ballon en verre surmonté d'un tube de Soxhlet, contenant l'Orcanette et muni d'un réfrigérant ascendant (fig. 7).

Le benzol contenu dans le ballon est porté à l'ébullition. La vapeur se condense dans le réfrigérant ascendant et retombe dans le ballon après avoir traversé le tube de Soxhlet. On arrête l'opération quand le benzol ne se colore plus.



La matière colorante étant très soluble dans le benzol, on concentre par distillation, de façon à obtenir une solution fortement colorée sous un faible volume.

Les résultats ont été les suivants :

1° Un kilogramme d'Orcanette concassée colore 5.000 litres d'essence;

2° La matière colorante d'un kilogramme d'Orcanette se trouve, après épuisement méthodique suivi de distillation, en solution dans deux litres environ de benzol.

### Essais sur un autre produit

En août 1916, le Service technique Automobile adressa au Laboratoire d'Essais un échantillon d'un liquide brun noirâtre, avec prière de vérifier s'il répondait également aux conditions plus haut exposées du problème.

Les résultats ont été les suivants :

1° Ce colorant, à la dose de 1 centimètre cube pour 5 litres d'essence, donne une coloration franchement jaune;

2° L'essence ainsi colorée a été soumise à l'action des acides : sulfurique, azotique et chlorydrique, et à celle des bases : potasse, soude, ammoniaque. Aucune décoloration ne s'est produite;

3° Enfin, l'essence colorée reste neutre et des fils de cuivre, fer, étain et zinc n'ont subi ni altération, ni perte de poids au bout de huit jours d'immersion.

Ce produit paraît donc également convenir pour atteindre le but recherché.

On a ainsi facilité au Service technique Automobile, en possession des résultats de ces deux séries d'essais, le choix entre les deux colorants, d'après les prix de revient et facilités d'approvisionnement.

---



## POMPE POUR L'ÉPUISEMENT D'EAU DE TRANCHÉES

(1915-1916)

Les tranchées étaient, surtout dans certaines régions, envahies par les eaux de pluie ou d'infiltration qui les rendaient rapidement impraticables lorsque des mesures n'étaient pas prises pour les assécher.

Parfois, on donnait au fond des éléments de tranchée une certaine pente dans le sens longitudinal; on y établissait souvent des caniveaux recouverts de caillebotis sur lesquels se faisait la circulation. Les eaux s'écoulaient par ces caniveaux à l'extérieur, dans les régions accidentées, et dans des puisards, en pays plats. C'est dans ces puisards primitifs et peu profonds qu'elles étaient pompées pour être évacuées au dehors. Cette opération nécessitait des pompes mobiles, robustes et pouvant fonctionner avec des eaux boueuses.

Au commencement de 1916, une pompe hydraulique, dite à diaphragme, a été présentée aux essais du Laboratoire.

Cette pompe, représentée par les figures, comprenait :

Un corps de pompe hémisphérique en fonte C, fermé à sa partie supérieure par un diaphragme en caoutchouc D, portant en son centre un disque de fonte auquel un levier L, manœuvré à bras d'homme, permettait d'imprimer un mouvement alternatif suivant la verticale. Dans ce mouvement, le diaphragme et le disque se comportaient comme un piston dans un cylindre de pompe ordinaire, l'élévation correspondant à l'aspiration et l'abaissement au refoulement.

Les clapets d'aspiration et de refoulement étaient constitués par des boulets sphériques en caoutchouc que la pression appliquait contre les orifices d'entrée et de sortie de l'eau. Au-dessus du clapet de refoulement R, extérieurement au corps de pompe, était réservée une cavité formant matelas d'air.

En outre du levier de manœuvre, la pompe pouvait être munie d'un autre levier L' portant un contre-poids mobile P, destiné à faciliter la manœuvre. Les deux leviers étaient interchangeable, afin que l'on put, à volonté, utiliser l'abaissement du levier commandé soit à l'aspiration, soit au refoulement.

La pompe, montée sur un petit affût à roues, avait un poids total de 141 kilogrammes, sans compter la tuyauterie.



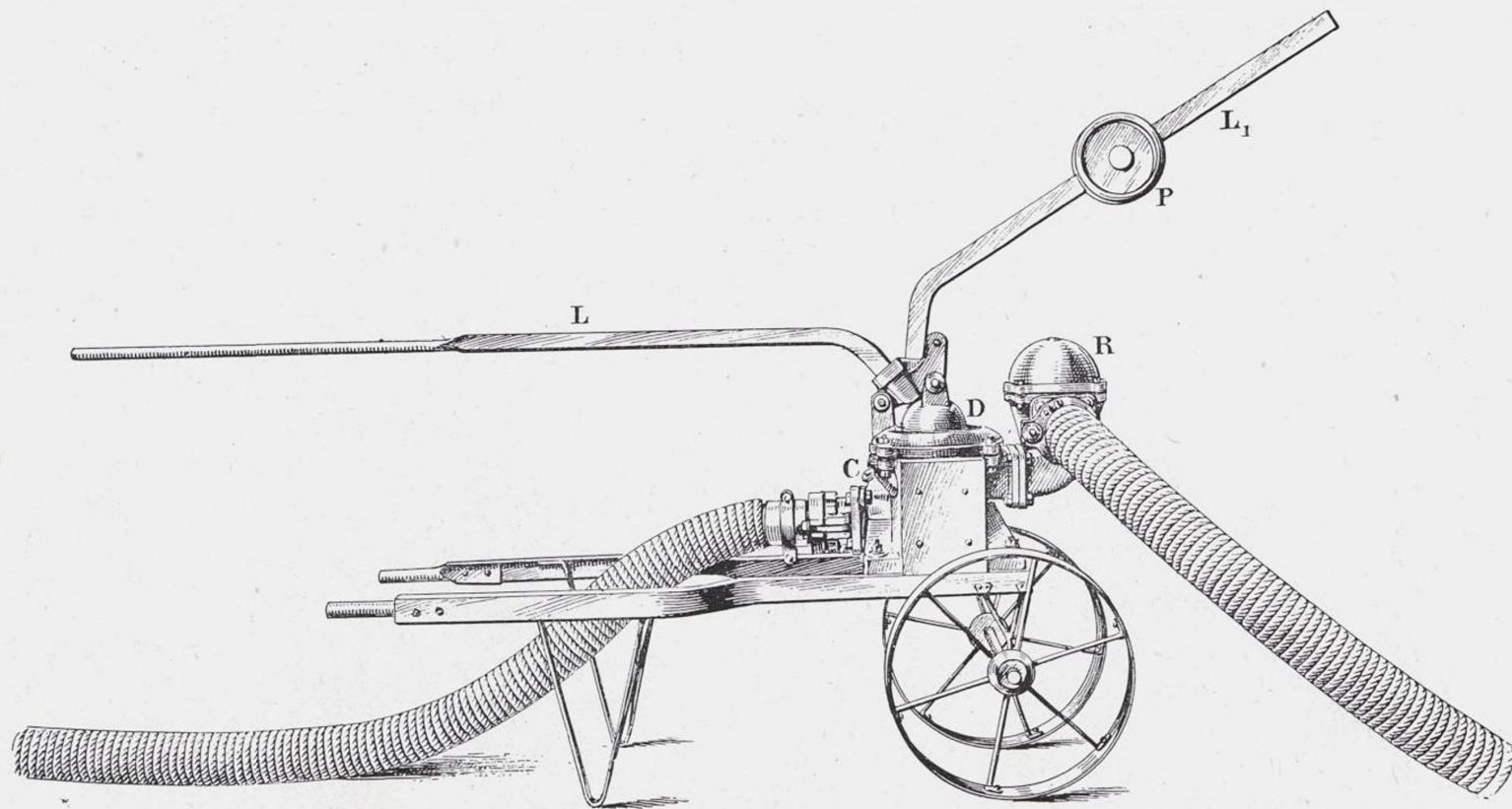


Fig. 8. — Pompe hydraulique dite, diaphragme.



### But des essais

Les essais ont eu pour but de déterminer, d'abord avec de l'eau propre, ensuite avec des eaux chargées de matières terreuses, le débit de la pompe, sous certaines conditions de vitesse, d'aspiration et de refoulement.

### Description des essais

A l'aide d'une conduite de 65 millimètres de diamètre intérieur, la pompe puisait l'eau dans une citerne et la refoulait dans des bâches tarées. Pour l'essai avec l'eau boueuse, on avait mis dans un bac à eau, où se faisait l'aspiration, du gravillon, du sable et de l'argile, le mélange étant constamment agité.

La cadence était réglée au moyen d'un métronome et la vitesse en était mesurée avec un compte-secondes étalonné.

La dépression à l'aspiration et la pression au refoulement résultaient des cotes de l'installation et du niveau de l'eau dans les citernes.

Il a été effectué cinq expériences dans les conditions suivantes :

1° La pompe sans contrepoids ni levier de contrepoids, levier de commande du côté de l'aspiration, deux hommes travaillant alternativement;

2° La pompe munie du levier de contrepoids, mais sans contrepoids, trois hommes se relayant, dont deux travaillant toujours ensemble;

3° Le contrepoids au milieu de son levier, trois hommes se relayant, dont deux travaillant toujours ensemble;

4° et 5° Eau renfermant des matières terreuses, un seul homme.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

TABLEAU



# Résultats des essais.

	UNITÉS	1	2	3	4	5
Dépression à l'aspiration.....	Mètres d'eau	2,25	2,33	2,36	»	»
Pression au refoulement.....	—	0,08	2,38	2,38	»	»
Hauteur totale d'élévation.....	—	2,33	4,71	4,74	»	»
Nombre moyen de coups de pompe par minute		40	53	55	59	53
Débit par heure.....	Litres	4869	6264	5718	1880	2880
Puissance en eau élevée (produit du débit en poids par seconde par la hauteur totale d'élévation).....	Kgm./sec.	3,151	8,195	7,527	»	»
Poids total des matières terreuses ayant traversé la pompe à l'heure.....	Kilogrammes	»	»	»	180	516
Proportion de matières terreuses pour 100 litres de liquide débités.....	Kilogrammes	»	»	»	10,2	18,31



**RECHERCHE D'UN ALLIAGE  
SUSCEPTIBLE D'ÊTRE UTILISÉ  
POUR LES  
PLAQUES D'IDENTITÉ DES MILITAIRES**

(1915-1916)

---

**Inconvénients des plaques d'identité en aluminium**

Tous les hommes mobilisés doivent porter, attachée au cou ou au poignet, une plaque d'identité en métal, portant certaines indications susceptibles de les identifier.

Au maillechort, utilisé au début de la campagne, a bientôt été substitué l'aluminium. Mais, dès le commencement de 1916, ce métal a été signalé comme se décomposant rapidement sur les corps que les circonstances du combat obligent parfois à abandonner un certain temps avant de pouvoir les identifier.

Le cas a été remarqué particulièrement sur cinquante-six cadavres enfouis par une explosion de mine et qui, exhumés sept mois plus tard, n'ont pu être identifiés, pour la majorité, que par les papiers personnels trouvés sur eux.

Une douzaine seulement ont pu être reconnus grâce à leurs plaques d'identité retrouvées intactes et paraissant constituées par un mélange de zinc et de nickel (vraisemblablement maillechort).

Les plaques d'aluminium des autres cadavres étaient presque entièrement disparues; leur existence était néanmoins démontrée par la présence du cordon d'attache et d'une poudre grise à aspect métallique, résidu de la plaque oxydée. Il est à noter que l'attaque du métal est encore plus prononcée sur les plaques suspendues au cou, et qui se trouvent ainsi plus au centre du foyer de décomposition, que sur celles attachées au poignet.

**Recherche d'un alliage adéquat**

Il était donc nécessaire de rechercher un métal ou alliage qui pût être substitué à l'aluminium pour que la plaque d'identité réponde sans aléa à sa destination. Il importait, en outre, que la matière choisie fut facile à se procurer et d'un prix pas trop élevé.



### Essais de huit échantillons de divers alliages

Des études ont donc été faites au Laboratoire d'Essais, études qui, étant donné l'urgence, ont dû être poussées très rapidement.

On a éliminé, *à priori*, les matières autres que les métaux, telles que verre, porcelaine, etc., qui auraient pu répondre aux conditions d'inaltérabilité, mais qui n'auraient pu être utilisées à cause de leur fragilité ou des conditions pratiques de marquage, pour chaque militaire, de sa plaque d'identité.

Huit échantillons ont été expérimentés :

- N° 1. — Nickel pur;
- N° 2. — Invariant (nickel 39 à 40, cuivre 59 à 60);
- N° 3. — Cupro-Nickel M. R. (nickel 20, cuivre 80);
- N° 4. — Maillechort XXX (nickel 25, cuivre 55 à 56, zinc 19 à 18);
- N° 5. — Bronze d'aluminium (cuivre 92,5, aluminium 7,5);
- N° 6. — Bronze spécial (cuivre 90, étain 8, zinc 2);
- N° 7. — Laiton (cuivre 67, zinc 33);
- N° 8. — Mangalum (cuivre 90, aluminium 9, manganèse 1).

Ces différents échantillons ont été soumis à deux catégories d'essais effectués les uns au Laboratoire des Arts et Métiers, les autres au laboratoire de M. le professeur Lebeau, à l'Ecole supérieure de Pharmacie.

1° Des *essais mécaniques* de traction et de pliage, qui ont permis de constater que tous ces métaux conviennent, au point de vue des propriétés mécaniques, pour le but qu'on se propose;

2° Des *essais chimiques*, qui avaient pour objet de se rendre compte de la résistance aux agents les plus actifs se rencontrant dans la décomposition des cadavres, tels que composés divers de l'ammoniaque carbonate, sulfhydrates, acétates, acide carbonique, acide acétique.

Chaque plaque, suspendue au moyen d'un fil de cuivre étamé, a été complètement immergée dans un flacon contenant 100 centimètres cubes du liquide suivant :

Carbonate d'ammoniaque (solution saturée).....	10 cm <sup>3</sup>
Acétate d'ammoniaque (solution saturée).....	10 —
Sulfhydrate d'ammoniaque (solution saturée).....	10 —
Eau pour compléter.....	à 1 litre.

Ce liquide, dont la température était celle de la salle, était renouvelé après chaque expérience.



Après vingt-quatre heures d'immersion, les plaques étaient suspendues pendant vingt-quatre heures dans une atmosphère humide contenant de l'acide carbonique et des vapeurs d'acide acétique.

Elles étaient ensuite lavées, séchées et pesées.

Les opérations précédentes furent effectuées quatre fois et durèrent par conséquent huit jours. Le tableau ci-dessous indique les résultats en classant les métaux par ordre de résistance à la décomposition.

#### RÉSULTATS

	PERTES DE POIDS EN %			
	Après 2 jours	Après 4 jours	Après 6 jours	Après 8 jours
N° 1. Nickel pur.....	0,25	0,36	0,43	0,56
N° 2. Invariant.....	0,16	0,26	0,44	0,66
N° 7. Laiton.....	0,11	0,25	0,40	0,96
N° 4. Maillechort.....	0,18	0,27	0,47	1,04
N° 3. Cupro-Nickel.....	0,19	0,30	0,70	1,16
N° 5. Bronze d'aluminium....	0,09	0,13	0,99	1,41
N° 8. Bronze mangalum.....	0,17	0,26	1,03	1,42
N° 6. Bronze spécial.....	1,51	1,88	2,02	3,42

#### CONCLUSIONS

Pour rester fidèles à toute la rigueur des déductions scientifiques, nous devons faire certaines réserves quant à ces résultats.

Il est à remarquer, en effet, que, pour certains alliages, la décomposition avait été très faible les premiers jours, mais s'accroît plus ou moins rapidement par la suite. Il en est notamment ainsi pour le bronze d'aluminium et le maillechort. D'autres métaux, au contraire, et tout particulièrement le nickel, ont une attaque qui semble à peu près constante et régulière. Il eût donc été nécessaire de suivre, pendant une durée beaucoup plus longue, l'attaque de ces métaux par les agents de décomposition des corps. Seule l'urgence qu'il y avait à



cette époque, de Fournir les résultats, a empêché de pousser plus loin les essais. On peut cependant les considérer comme suffisamment concluants en s'appuyant sur ce fait que le maillechort placé dans ces essais au quatrième rang, et qui était employé pour plaques d'identité au début de la campagne, a été retrouvé intact sur des cadavres enfouis depuis un grand nombre de mois.

Il n'était pas du rôle du Laboratoire d'intervenir dans les prix de revient, facilités d'approvisionnement, etc., toutes questions restant du ressort des Services de l'Intendance, et que ces Services ont eu à examiner pour fixer leur choix entre les divers échantillons répondant aux autres conditions du problème.

---



## FILS FINS EN ACIER DUR

(1916-191)

### Emploi de ces fils

Les fils fins en acier dur sont particulièrement employés pour certaines fusées et grenades, et en aviation pour les câbles de ballons d'observation, les tendeurs d'avions, etc., lesquels, avec des diamètres de  $0 \frac{m}{m} 3$  à  $1 \frac{m}{m} 7$ , doivent atteindre des résistances de 200 kilogrammes par millimètre carré.

Les besoins, en augmentation croissante, sont d'autant plus difficiles à satisfaire que la fabrication nécessite des opérations fort délicates de recuit, trempe et revenu demandant l'installation de fours assez coûteux.

### Procédé nouveau de fabrication

Un inventeur, le lieutenant Juville, a pensé qu'il serait possible de remplacer ces fours par de simples tubes et d'obtenir des fils fins en acier dur par un procédé consistant :

1° A tréfiler à chaud le fil d'acier en le faisant passer dans une filière à une température voisine de celle de la recalescence, température obtenue par un courant électrique circulant dans le fil;

2° A le chauffer électriquement à une température déterminée et, en cas d'oxydation, à l'entourer d'un gaz inerte plus ou moins raréfié.

Pour se rendre complètement compte de la valeur de ce procédé, il y a lieu de l'expérimenter, en sériant les essais de la façon suivante :

a) Quelle est l'énergie nécessaire pour chauffer rapidement un fil d'acier d'un diamètre déterminé à une température déterminée?

b) Quelles diminutions de diamètre peut-on obtenir au tréfilage suivant la température?

c) Quelles sont les caractéristiques du métal après tréfilage à chaud, suivant sa composition?

Il est possible qu'on puisse, par ce procédé, obtenir plus facilement des fils satisfaisants aux conditions de résistance par le choix plus grand de la composition du « fil machine », l'écrouissage à



froid pouvant être pratiqué concurremment et à volonté avec le tréfilage à chaud.

Le procédé étant en voie d'étude par son inventeur, la série complète des essais n'a pas été demandée. On a tout d'abord dosé le carbone et le manganèse dans divers échantillons de fils d'acier, afin de rechercher les aciers convenant le mieux au nouveau procédé.

### Recherche de l'énergie électrique nécessaire pour chauffer un fil d'acier à une température donnée

On s'est proposé, dans le programme général des essais, de mesurer le temps nécessaire pour porter à une température donnée des fils d'acier de divers diamètres en utilisant des courants électriques d'intensité variables, et d'en déduire la dépense d'énergie nécessaire pour obtenir ce résultat.

A cet effet, un échantillon de 1 m. 20 était tendu horizontalement l'une de ses extrémités prise dans une mâchoire fixe M, l'autre étant raccordée solidement à un mince ruban d'acier qui s'enroulait suivant un quart de cercle sur une poulie de fer P et supportait à son extrémité libre un poids tenseur T.

Le ruban d'acier reposait, en outre, dans sa partie horizontale, sur un tambour en ébonite E, à axe horizontal, muni d'une aiguille amplificatrice A se déplaçant devant un cadran C. Ce ruban d'acier entraînait par friction le tambour d'ébonite, de sorte que l'aiguille se déplaçait sur son cadran d'une fraction de cercle proportionnelle au déplacement du ruban d'acier et par suite à la dilatation du fil produisant ce déplacement (fig. 1).

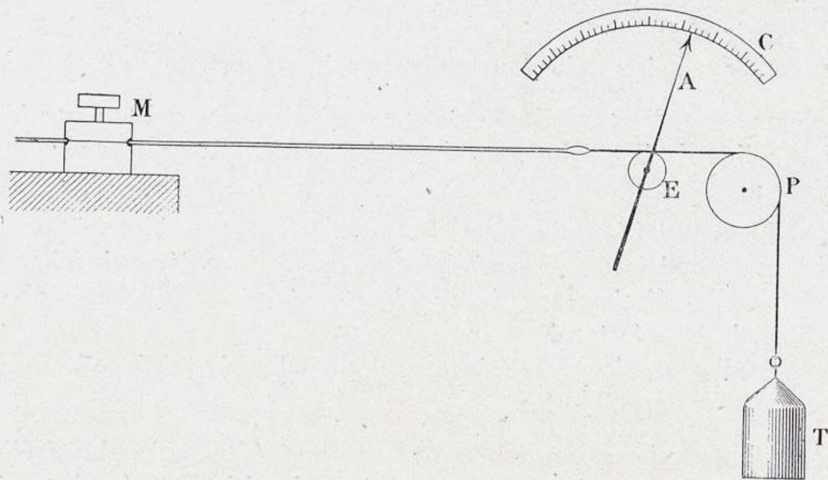


Fig. 9. — Essai d'un fil Juville.



La mesure de cette dilatation du fil était nécessaire pour en déduire le moment où il avait atteint la température de recalescence.

Le courant électrique servant au chauffage du fil entraînait par la mâchoire de serrage et sortait par une borne fixée sur le fil à un mètre de la mâchoire. Son intensité était maintenue constante pendant toute la durée d'échauffement du fil au moyen d'un rhéostat à curseur.

Les temps mesurés étaient ceux nécessaires pour amener le fil de la température ambiante à celle de recalescence.

L'énergie électrique dépensée sur une longueur de fil de un mètre (mesuré à froid) pour maintenir à l'état de régime le fil à la température du début de la recalescence a été de :

462 watts	pour un fil de	$1 \frac{m}{m} 8$	de diamètre.
283 —	—	de $1 \frac{m}{m} 0$	—
207 —	—	de $0 \frac{m}{m} 7$	—

#### Essai de variation des propriétés mécaniques de fils chauffés jusqu'à 800°

On s'est ensuite proposé de rechercher les variations, avec la température, des propriétés mécaniques des fils d'acier (résistance, allongement, striction) en vue d'études de trempe avant tréfilage.

Les fils à essayer étaient enroulés à leurs deux extrémités sur des poulies d'amarrages de 100 millimètres de diamètre, distantes de 600 millimètres environ l'une de l'autre et sur lesquelles s'exerçait l'effort de traction.

La partie centrale du fil passait dans un tube en porcelaine de 400 millimètres de long, chauffé par un four électrique permettant de porter le fil en essai à la température désirée. Cette température était mesurée jusqu'à 400° au moyen d'un thermomètre à mercure et au-dessus de 400° au moyen d'un couple thermo-électrique étalonné, disposé côte à côte avec le fil.

Les allongements étaient mesurés entre deux repères distants de 500 millimètres, placés sur le fil, hors du tube du four. Ils ne sont donnés qu'à titre de renseignement, car ils comprennent l'allongement de la portion à la température du four, de la portion à la température extérieure et de celle à la température intermédiaire.

Les strictions ont été déterminées par la mesure microscopique des diamètres des fils à l'endroit de la rupture.

On a essayé notamment des fils de  $0 \frac{m}{m} 70$ ,  $1 \frac{m}{m} 00$ ,  $1 \frac{m}{m} 84$  et



$2 \frac{m}{m} 03$  de diamètre. Nous donnons ci-dessous le résultat pour les fils de  $1 \frac{m}{m}$  et de  $2 \frac{m}{m} 03$  :

	FIL DE $2 \frac{m}{m} 03$			FIL DE $1 \frac{m}{m}$		
	Charge de rupture par $\frac{m}{m} 2$	Allon- gement	Striction	Charge de rupture par $\frac{m}{m} 2$	Allon- gement	Striction
	kg.	%	%	kg.	%	%
18	182	1,8	55	102	0,9	19
200	177	1,8	63	93	1,4	32
400	85	1,9	71	81	1,6	45
600	29,3	4,2	87	21	4,6	56
800	9,3	9,0	95	11,5	7,4	99



## ESSAIS DE PRÉPARATION ET APPLICATIONS DE L'ACÉTATE DE CELLULOSE

(1916-1917)

L'hydrate de carbone, dénommé « cellulose » ( $C^6H^{10}O^5$ ), se trouve dans la nature sous diverses formes, dont la plus pure est le coton.

Par l'action des acides forts on transforme la cellulose en hydro-cellulose.

Si l'on chauffe entre  $120^\circ$  et  $180^\circ$ , en tube scellé, une dissolution de cellulose ou d'hydrocellulose dans l'acide acétique, on obtient l'acétylcellulose ou acétate de cellulose (MM. Clément et Rivière, *Bulletin de la Société d'Encouragement* de juillet 1913).

Ce corps, qui peut facilement être ignifugé, est employé pour être substitué au celluloid dont il peut recevoir tous les aspects : ivoire, écaille, corne, etc., sans en présenter les dangers d'inflammation.

On en fait, sur une grande échelle, des films ininflammables pour cinématographes.

Enfin, on en obtient des enduits ou vernis très employés dans l'aviation pour tendre et imperméabiliser les fines toiles des avions.

Le Service industriel de l'Aéronautique a envoyé au Laboratoire d'Essais, divers échantillons d'acétate de cellulose pour les soumettre à des essais physiques et mécaniques. Ces essais ont permis, en comparant leurs caractéristiques, de les classer au point de vue résistance mécanique : souplesse, fragilité; résistance aux agents physiques : chaleur et humidité.

A titre d'exemple :

### Nature des échantillons

1. — Epaisseur,  $0 \frac{m}{m} 50$  : Fabriqué avec acétate de cellulose des Usines du R..., depuis six mois;
2. — Epaisseur,  $0 \frac{m}{m} 52$  : Fabriqué avec acétate de cellulose de la Maison D..., à Bâle, depuis six mois;
3. — Epaisseur,  $0 \frac{m}{m} 50$  : Fabriqué avec acétate de cellulose des Usines R..., formule élastol;
4. — Epaisseur,  $0 \frac{m}{m} 90$  : Fabriqué avec acétate de cellulose des Usines R... et alcool benzilique, fabrication récente;
5. — Epaisseur,  $0 \frac{m}{m} 91$  : Fabriqué avec acétate de cellulose des



Usines du R..., alcool benzilique et 5 % nitrocellulose, en vue d'améliorer plasticité et résistance. Fabrication récente;

6. — Epaisseur,  $0 \frac{m}{m} 51$  : Fabriqué avec acétate de cellulose des Usines du R..., formule oyonnithe. Fabrication récente;

7. — Epaisseur,  $0 \frac{m}{m} 50$  : Fabriqué avec acétate de cellulose des Usines du R... et 25 % nitrocellulose. Fabrication récente.

Les divers essais effectués et leurs modes opératoires sont décrits ci-dessous. Un tableau général résumera, plus loin, les résultats numériques obtenus.

#### A. — *Teneur en eau*

On a mesuré les quantités d'eau perdues par dessiccation à  $105^{\circ}$  C.

Les échantillons ainsi desséchés ont été placés, pendant vingt-quatre heures, dans une atmosphère saturée d'humidité à  $15^{\circ}$ , et on a mesuré les quantités d'eau absorbée.

#### B. — *Action de la chaleur*

On a noté les températures produisant le ramollissement, la fusion le brunissement, la calcination totale.

#### C. — *Essais de traction*

La longueur de la partie libre de l'éprouvette entre les mâchoires de la machine était de 100 millimètres. Quant aux sections, elles étaient d'environ 30 millimètres dans un sens, et dans l'autre de l'épaisseur des bandes indiquées plus haut.

#### D. — *Essais de perforation*

Un disque de 100 millimètres de diamètre, découpé dans chaque feuille, est serré, sur son pourtour, entre deux anneaux à surface ondulée laissant apparaître un cercle de 50 millimètres au centre.

On enfonce une bille en acier de 12 millimètres de diamètre au centre, jusqu'à la rupture. Il a été fait deux essais par feuille.

#### E. — *Essais de pliage*

Une bande de 20 millimètres de large est pliée entre deux surfaces planes se rapprochant progressivement et dont l'écartement est mesuré au pied-coulisse; on relève l'écartement intérieur des deux tranches de la feuille, au moment de la rupture.



F. — *Essais de fragilité*

On empile l'une sur l'autre quelques lamelles de  $54 \frac{m}{m} \times 10 \frac{m}{m}$  découpées dans la feuille en essai; ces lamelles sont serrées entre elles au moyen de quatre plaquettes en tôle rivées sur le tout, de façon à laisser libre la partie centrale des éprouvettes sur une largeur de 2 millimètres au moins.

L'ensemble est soumis à un choc sur un mouton-pendule Charpy, de 30 kilogrammes, de façon à fléchir les lamelles sur leur champ.

G. — *Essais de déchirement*

Dans une éprouvette de  $100 \frac{m}{m} \times 50 \frac{m}{m}$  on donne dans le sens de la longueur deux coups de ciseaux de 75 millimètres de long délimitant une languette centrale de 20 millimètres et deux latérales de 15 millimètres. Les coups de ciseaux se terminent dans deux trous de 2 millimètres percés au préalable dans l'éprouvette.

On exerce une traction entre la languette centrale, d'une part, et les deux languettes latérales, d'autre part, retournées respectivement de chaque côté de la feuille.

Les résultats de ces essais sont résumés dans le tableau ci-après.

TABLEAU.



**Exemple de résultats des essais mécaniques et physiques sur 7 échantillons d'acétate de cellulose**

	1	2	3	4	5	6	7
Epaisseur des échantillons..... $\frac{m}{m}$	0,50	0,52	0,50	0,90	0,91	0,51	0,50
Quantité d'eau perdue par dessiccation à 105°..... %	2,8	2,7	3,2	5,4	4,5	3,2	4,6
Quantité d'eau absorbée par échantillon desséché.... %	5,4	4,9	5,7	8,4	7,1	5,6	7,6
Température produisant le ramollissement..... degrés	115-130	95-125	105-140	95-130	115-125	100-135	100-135
Température produisant la fusion..... —	145-230	125-185	140-220	135-200	125-185	150-215	155-205
Température produisant le brunissement..... —	165-230	160-185	165-225	160-225	165-215	165-220	185-215
Température produisant la calcination totale.... —	310	265	305	355	305	305	320
Charge de rupture à la traction en kilogrammes par millimètre carré..... kg	5,52	2,10	5,02	2,95	2,92	3,16	3,15
Allongement..... %	5	0	11	16	18	1,5	16
Charge de perforation en kilogrammes..... kg	39	29,2	54,2	56	64,5	42,7	48,5
Aspect des éprouvettes..... kg	Fendue	Eclatée	Fendue	Fendue	Fendue	Eclatée	Eclatée
Essai de pliage (Ecartement des lames en millièmes). $\frac{m}{m}$	0,73	1,1	0,5	0,3	1,36	0,75	0,43
Fragilité : Travail absorbé par la rupture en kilogrammes par centimètre carré.....	0,52	0,29	0,28	0,99	1,13	0,46	0,76
Déchirement (Charge en kilogrammes)..... kg	1.350	1.500	1.050	2.855	2.680	0,970	0,855



## PROCÉDÉ DE PRÉPARATION DU CÉRIUM

(1916)

Un industriel devant exécuter des briquets au ferro-cérium, destinés à déceler dans les tranchées la présence des gaz asphyxiants, a demandé qu'il fut procédé à des essais de décomposition au four électrique de sels de cérium en vue de l'obtention de cérium pur.

Des essais ont donc été effectués au Laboratoire, en vue :

1° De déterminer les conditions de force électromotrice et de température nécessaires pour obtenir l'électrolyse ignée des sels essayés;

2° De déterminer le rendement en cérium métallique obtenu dans l'électrolyse et les propriétés physiques, densité et point de fusion du métal produit.

Ces essais ont porté sur deux échantillons désignés comme étant respectivement du chlorure de cérium et de l'oxyfluorure chlorure double de cérium et sodium.

### MODE OPÉRATOIRE

Le mode opératoire a été le suivant :

L'électrolyse a été faite dans un récipient cylindrique en cuivre, à double paroi à circulation d'eau. Les deux électrodes en charbon avaient comme diamètres :

La cathode, 30 millimètres, et l'anode, 40 millimètres.

L'intensité du courant était de 120 ampères.

La température des bains était mesurée au moyen d'un couple thermo-électrique, protégé par un tube de porcelaine et plongé dans le bain entre les deux électrodes.

Le poids du métal obtenu était mesuré après refroidissement complet, en concassant le sel fondu et extrayant le culot métallique.

La densité était mesurée à la balance hydrostatique et la dureté était évaluée en constatant si une baguette mince de métal pouvait être ployée, ou bien cassait sans trace de courbure.

Trois essais ont été faits :

Un sur chacun des deux sels, avec un seul appareil d'électrolyse; le troisième sur le sel double avec trois appareils d'électrolyse montés en série.



Les résultats les plus intéressants de ces essais sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	OXY- FLUORURE de cérium	OXYFLUORURE DE CÉRIUM ET SODIUM	
		1 appareil	3 appareils en série
Température du bain d'électro-lyse.....	1.050°	680°	700-720°
Consommation en watts - heure par kilogramme de métal....	»	148.500	121.000
Poids du métal obtenu par appareil, en grammes.....	0	72	175
Densité du métal.....	»	7,25	7,28
Dureté.....	»	Se plie aisément.	Se plie difficilement. Cassent.



## **ESSAIS COMPARATIFS DE DIVERS MODÈLES DE CASQUES**

(1916-1918)

Avant et même après l'adoption du casque réglementaire français, un grand nombre de modèles ont été présentés, exécutés en divers métaux et en diverses épaisseurs. Afin de se rendre compte de la valeur de chacun d'eux au point de vue de la protection effective susceptible d'être apportée à l'homme, il a été nécessaire d'exécuter des essais variés.

Ceux-ci ont été de deux sortes :

Les uns effectués au Laboratoire ont eu pour but de soumettre les casques à des efforts de perforation par choc ou statiques;

Les autres, exécutés en plein air, ont permis d'apprécier la résistance au tir de projectiles divers ou au choc d'armes blanches.

### **Essais de laboratoire**

L'effort de perforation était exercé au moyen d'un poinçon en acier dur de 5 millimètres de diamètre, terminé par une extrémité sphérique. Le casque en essai reposait sur un tampon en liège.

L'effort a été exercé :

1° Par choc, au moyen d'un mouton de 3,670 kilogrammes portant le poinçon et tombant de hauteurs croissantes de 10 en 10 centimètres jusqu'à perforation;

2° Par efforts statiques au moyen d'une machine de compression enregistrant les efforts.

### **Essais de résistance aux armes**

Les essais ont été exécutés à Sèvres, au stand des ateliers de la Direction des Inventions, sous la haute direction de M. Breton.

Les essais de tir ont été effectués avec des pistolets automatiques, des balles de shrapnells, des balles D et des éclats de grenades. Les essais à l'arme blanche, avec la baïonnette Lebel et la baïonnette Pitet.



Pour les essais de tir, on avait disposé des sacs à terre verticaux coiffés des casques, comme l'indique la photographie ci-contre. Le tireur se déplaçait le long de la banquette de tir, de façon à se trouver, pour chaque tir, en face du casque visé (fig. 10).

Des tableaux très complets — résumant d'une part les caractères spécifiques des casques, d'autre part les essais — ont été dressés; ils ont permis aux Services intéressés de se rendre compte de la valeur relative des différents modèles (1918).

Ils ont fait ressortir notamment la supériorité du casque « Polack » en acier au manganèse sur le casque réglementaire.

---



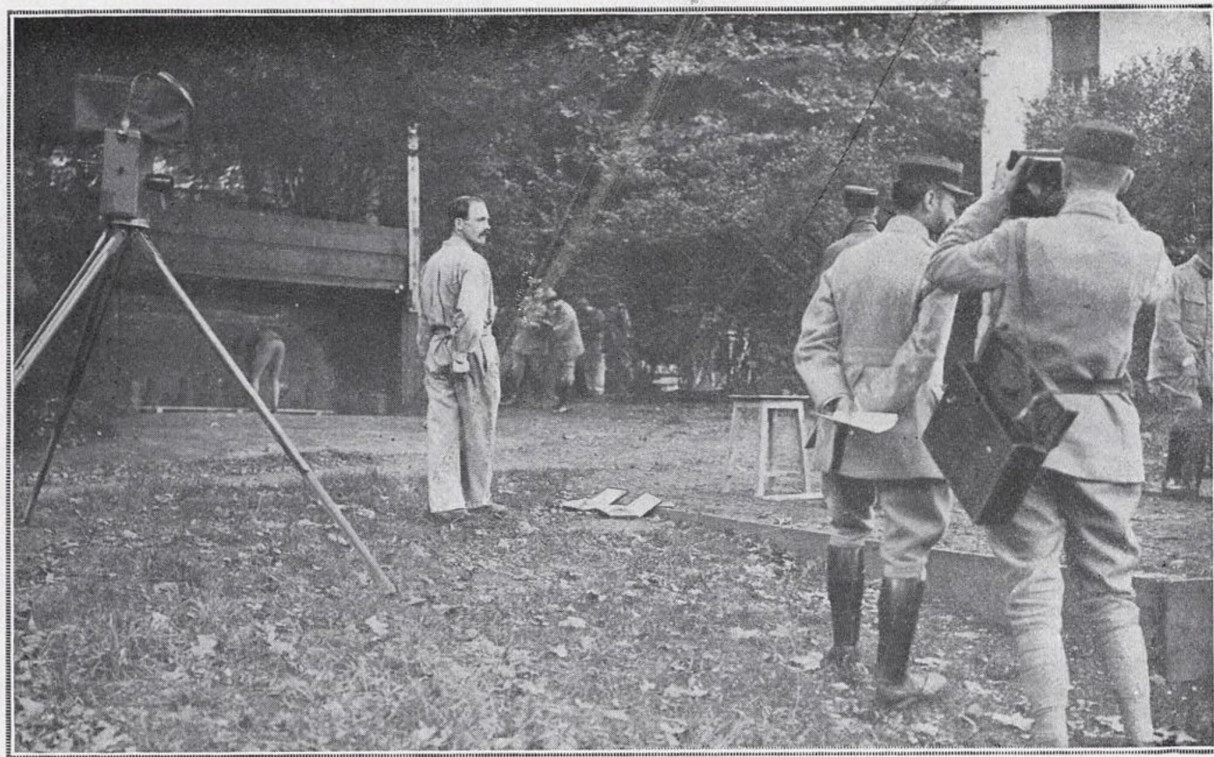
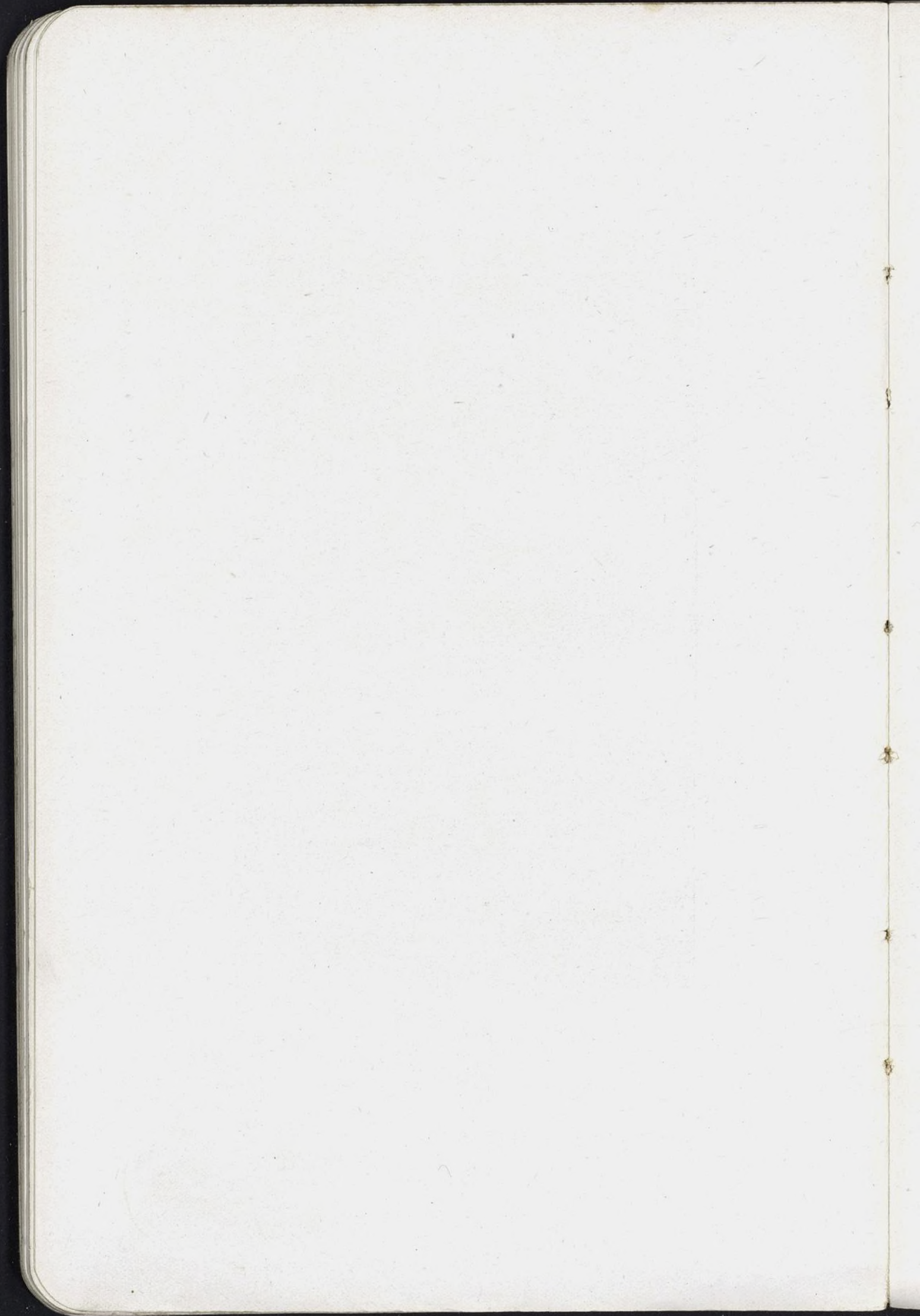


Fig. 10. — Essais comparatifs de casques.







## **AFFUTS DE CRÉNEAU DE TRANCHÉE POUR ARMES PORTATIVES**

(1915-1917)

Il y a grand intérêt à augmenter la précision du tir des armes portatives dans les tranchées, afin de diminuer le nombre des hommes qui les occupent en permanence, tout en obtenant des résultats plus effectifs et trompant l'ennemi sur les forces qu'il croit avoir devant lui.

Cette nécessité devient plus impérieuse encore pour les tirs de nuit où toute visée directe est impossible ou du moins extrêmement difficile.

Pour augmenter la précision du tir on a eu recours à divers moyens :

C'est ainsi qu'on a orienté avec soin les créneaux de tranchées et qu'on y a disposé des repères permettant de caler plus ou moins l'arme, suivant la ligne de tir désirée; mais de moyens aussi primitifs, on ne peut attendre que des résultats médiocres.

On a également essayé des crans de mire et guidons phosphorescents facilitant les tirs de nuit en visant au moyen d'un repère placé à petite distance de l'arme.

On a aussi éclairé les objectifs au moyen de fusées lumineuses.

Mais ce ne sont là que des palliatifs. Il est bien certain que, pour obtenir, de jour comme de nuit, sur un objectif déterminé un tir précis, rapide et dans lequel le facteur tireur n'intervienne pas, il paraît naturel de rechercher un dispositif permettant à tout moment, de fixer l'arme dans une position déterminée et de l'y ramener automatiquement et rapidement après chaque coup.

### **Affût de créneau du sous-lieutenant Jean Dupuy**

Le sous-lieutenant Jean Dupuy, de la Mission d'Essais, a imaginé un dispositif d'affût simple qui permet de repérer, pendant le jour, le but à atteindre ou la zone à faucher pendant la nuit.

L'objectif une fois repéré, on peut enlever le fusil; au moment d'exécuter le tir, il suffit de replacer l'arme ou toute arme semblable, opération qui s'effectue instantanément.



# DESCRIPTION DE L'APPAREIL

L'appareil se compose, comme l'indiquent les croquis (fig. 11), d'un support de fusil, ou affût, pouvant se fixer au moyen de deux pinces  $b_1 - b_2$  dans un créneau de tir de dimensions ordinaires. Le fusil s'y adapte en engageant le fût d'une certaine longueur entre deux rouleaux de caoutchouc  $i_1 - i_2$ , placés vers l'avant de l'appareil; on laisse reposer sa partie arrière au voisinage du pontet, sur une tringle  $f$ , réglable en hauteur au moyen de deux vis  $e_1 - e_2$ .

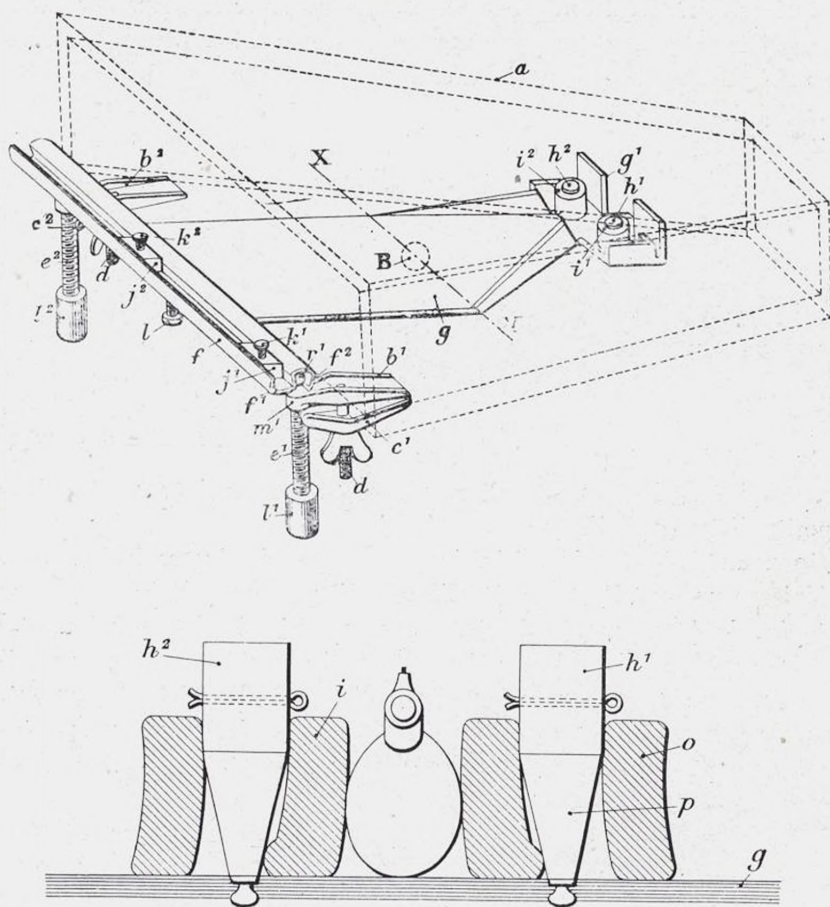


Fig. 11. — Affût de créneau de tranchée du sous-lieutenant Jean Dupuy.

L'arme, ainsi maintenue par l'avant, peut se déplacer sur toute la longueur de la tringle compatible avec le champ de tir du créneau. Pour effectuer le pointage en direction, il faut distinguer deux cas :



1° Pour battre une certaine zone, on limite le déplacement de l'arme à droite et à gauche en fixant en des points convenables de la tringle  $f$  deux curseurs mobiles  $j_1 - j_2$ ; le tireur exécutera un fauchage en déplaçant son arme entre ces deux curseurs;

2° Si l'on veut atteindre un point déterminé, on fixe l'un des curseurs en un point convenable de la tringle et on tire en appuyant l'arme contre ce curseur.

Pour pointer en hauteur, on donne à l'arme l'inclinaison voulue en déplaçant la tringle  $f$  au moyen des vis  $e_1 - e_2$ .

Ces opérations préliminaires effectuées, l'affût est prêt pour le tir. Pour l'exécuter, il suffit, après chaque coup, de vérifier que l'arme touche bien le curseur pour tir sur point fixe où se trouve entre les deux curseurs pour tir sur zone.

#### ESSAIS DE TIR

Sous le contrôle du Laboratoire d'Essais ont été effectués, au Camp de Satory, des essais de tir qui ont démontré l'exactitude et, en particulier, la régularité en hauteur du tir effectué avec cet affût.

L'appareil a été placé dans un créneau de tranchées ordinaire, en avant duquel on a disposé deux buts : l'un constitué par une bande de calicot de 10 mètres de long et 60 centimètres de haut, placée un peu au-dessus du sol, à 100 mètres de distance, et figurant un parapet d'une tranchée ennemie; l'autre, constitué par une semblable bande placée au ras du sol, au delà d'une zone de fils de fer, à 50 mètres de distance et figurant des soldats ennemis détruisant le réseau.

On a effectué sur ces buts des tirs sur zone et un tir de précision :

Les résultats ont été les suivants :

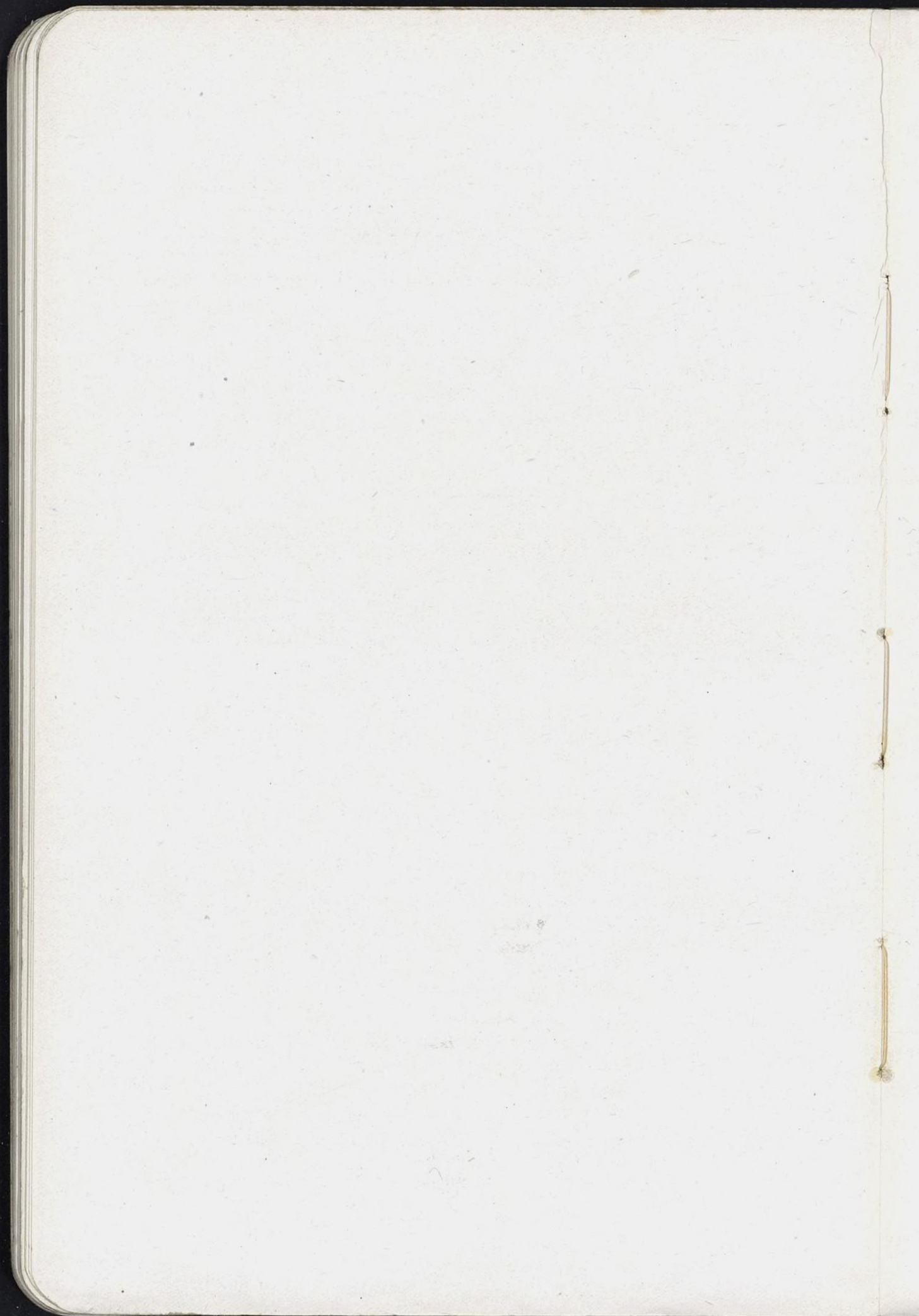
Dans trois tirs sur zone, on a mis au but 14 balles sur 15, 12 balles sur 12 et 12 balles sur 12, toutes ces balles étant au voisinage du milieu de la hauteur du but.

Dans le tir de précision on a groupé 12 balles sur 12 dans un rectangle d'environ 25 centimètres sur 10.

L'appareil expérimenté semble donc bien convenir au but pour lequel il a été imaginé.

---







## ESSAIS D'UN APPAREIL LANCE-FLAMMES

(1916)

Au cours de la présente guerre, l'activité des techniciens et des inventeurs s'est employée à perfectionner les moyens d'attaque à courte distance nécessaires aux opérations d'un siège rapproché que constituent en définitive les batailles de tranchée.

Aussi a-t-on vu, tour à tour, renaître, adaptés aux nécessités modernes et enrichis des perfectionnements de la science, tous les moyens d'attaque et de défense employés aux temps les plus reculés et particulièrement au moyen âge.

Les catapultes, balistes, tours roulantes, machines de siège en forme de dragons ou d'autres monstres aux aspects effroyables ont fait place aux mortiers de tranchée, tanks, autos blindées, etc.

Les appareils lance-flammes, de leur côté, ne sont qu'un perfectionnement du jet de matières enflammées ou bouillantes qui était employé par les assiégés du haut des murailles des forteresses et dont un manuscrit munichois du <sup>xv</sup><sup>e</sup> siècle donne une liste édifiante : camphe, soufre, huile, poix, thérébentine, vernis, alcools, graisses, etc.

Le Laboratoire d'Essais a été amené à pratiquer certaines expériences de fonctionnement sur des appareils lance-flammes proposés aux Services de la Guerre. Nous résumons ci-après les essais effectués sur un type proposé.

Cet appareil comprend, comme parties essentielles :

Deux réservoirs en tôle soudée à la soudure autogène, communiquant entre eux et portant une soupape de sûreté;

Une bouteille à air comprimé en acier;

Un manodétendeur faisant communiquer la bouteille et les réservoirs, et indiquant, sur un cadran unique, la pression dans la bouteille et les réservoirs;

Un tube muni d'une lance, communiquant avec les réservoirs par l'intermédiaire d'une soupape commandée par levier et câble souple et pouvant, au moyen d'un joint tournant, osciller dans un plan vertical. Le tout disposé de façon à être porté à dos d'homme au moyen de bretelles.

Les essais avaient pour but :

1° De soumettre les réservoirs et leurs tuyauteries à la pression hydraulique de 21 kilogrammes par centimètre carré, puis à des



pressions croissantes de 21 à 35 kilogrammes par centimètre carré, en notant la déformation des réservoirs;

2° De soumettre la bouteille à la pression hydraulique de 225 kilogrammes par centimètre carré;

3° D'examiner le fonctionnement des divers organes.

Les résultats obtenus ont mis en évidence certaines défectuosités dues à la soupape de communication entre les réservoirs et le tuyau, à la soupape de sûreté, etc. Il a pu être remédié à ces défauts.

---



## LA STÉRILISATION DE L'EAU AUX ARMÉES

(1916-1917)

### Service médical de stérilisation aux armées

Une question capitale, dans le ravitaillement des armées en campagne, est celle de la qualité de l'eau potable, car l'eau est le principal véhicule de graves maladies telles que : dysenterie, fièvre typhoïde, etc.

Le Service de Santé s'est préoccupé de vérifier la nature des eaux d'alimentation des troupes et de les assainir en cas de besoin. Une difficulté provenait de ce que quantité de sources, réputées excellentes en temps de paix, se trouvaient polluées par le mélange d'eaux de ruissellement en contact avec les nombreux cadavres d'hommes et d'animaux enterrés sur leur parcours.

Il importait donc, tout d'abord, d'examiner les eaux aux points de vue chimique, bactériologique et toxicologique (et à ce dernier point de vue avec un soin particulier quand les armées occupent des pays d'où l'ennemi, en se retirant, a pu empoisonner les sources et les puits).

Cet examen des eaux potables était pratiqué par les laboratoires mobiles de toxicologie, dirigés par les pharmaciens-majors de l'armée, et qui possédaient les réactifs usuels.

D'autre part, dans chaque armée, un laboratoire était installé à poste fixe, avec matériel complet de recherches. Ces laboratoires, dirigés par des médecins militaires, examinaient périodiquement les eaux de leur district.

Plusieurs procédés furent employés pour stériliser et rendre potables les eaux :

L'ébullition;

Le filtrage;

La javellisation;

L'action de l'iode, du permanganate de potasse, etc.;

L'action des rayons ultra-violet;

L'ozonisation, etc.

### Voitures de stérilisation

Les différentes armées belligérantes étaient dotées de voitures de stérilisation basées sur l'un ou l'autre de ces principes, voitures qui peuvent, soit fonctionner à poste fixe, soit accompagner les troupes dans leurs déplacements.

C'est ainsi que les Allemands possédaient des voitures à filtres, les



Autrichiens des voitures à stérilisateur par rayons ultra-violet et les Anglais des voitures de petite capacité, très mobiles, munies d'un filtre et de moyens de traitements chimiques.

L'armée française fut dotée par le Touring-Club de voitures à eau du même genre, qui fonctionnaient sur tout le front. Ces voitures, qui ne pèsent à vide que 1.200 kilogrammes, peuvent passer par tous les chemins et suivre, aux tranchées aussi bien que dans leurs cantonnements de repos, les divisions auxquelles elles sont attachées. Pour fonctionner, elles s'installent près des points d'eau.

Elles comprennent essentiellement :

Un *filtre du système à éponge* dans lequel l'eau est envoyée par une pompe et circule de bas en haut;

Deux *bacs à flotteurs* indicateurs de niveau, d'une capacité de 1.500 litres chacun et dans lesquels on verse l'eau de javel nécessaire à la stérilisation, le brassage se faisant au moyen d'un agitateur à palettes.

Le débit de la voiture est d'environ 1.500 litres d'eau claire et bactériologiquement pure, par demi-heure.

#### Examen d'un nouvel appareil stérilisateur par la chaleur

D'autres systèmes ont été expérimentés, et, parmi eux, un appareil qui, bien que n'ayant pas été adopté, présente un certain intérêt.

Basé sur le principe de la stérilisation par la chaleur, il a été présenté, au cours de 1916, au Laboratoire d'Essais, qui a déterminé notamment son fonctionnement, son débit, sa consommation en combustible, la température et la composition chimique de l'eau stérilisée.

#### DESCRIPTION DE L'APPAREIL

Cet appareil comprend les parties principales suivantes :

Une petite chaudière (système Field), munie d'un cheval alimentaire;

Quatre échangeurs de température constitués chacun par un récipient métallique avec faisceaux de tubes intérieurs et fonctionnant suivant le principe du contre-courant;

Trois filtres;

Un bouilleur destiné à stériliser l'eau par injection de vapeur sans la faire passer par la chaudière; mais cet organe a été laissé hors circuit, au cours des essais.

#### FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

L'eau, puisée à un point d'eau par le cheval alimentaire, traverse un premier filtre, circule successivement dans les quatre échangeurs



de température et arrive à la chaudière. Une partie de cette eau, transformée en vapeur, assure le fonctionnement du cheval alimentaire; mais la plus grande partie se stérilise à la température de la chaudière et, sous l'influence de la pression, est refoulée dans un second filtre. De là, elle se rend dans les faisceaux tubulaires des échangeurs, en circulant en sens inverse de l'eau naturelle qui arrive ainsi, déjà chaude, dans la chaudière.

En sortant des échangeurs de température, l'eau stérilisée traverse un distributeur spécial d'où, pour s'aérer, elle tombe en pluie et à l'air libre sur un dernier filtre.

#### DESCRIPTION DES ESSAIS

Il a été procédé à trois essais correspondant à trois régimes de marche différents :

1° Marche normale : correspondant à une production moyenne d'eau stérilisée à une température de sortie moyenne;

2° Marche forcée : correspondant à une production maxima sans tenir compte de la température de sortie;

3° Marche réduite : correspondant à un refroidissement maximum de l'eau de sortie (en évacuant au dehors, avant son entrée dans la chaudière, une partie de l'eau d'aspiration ayant traversé les échangeurs, ce qui augmente le refroidissement).

Chaque essai, d'une durée de trois heures, n'a commencé, après la mise en marche de l'appareil, qu'une fois le régime établi.

La quantité d'eau introduite a été mesurée au moyen d'une bêche étalonnée.

L'eau stérilisée a été recueillie dans des bâches tarées.

Des échantillons moyens de l'eau naturelle et de l'eau stérilisée ont été prélevés pour les analyses avec tout le soin désirable et envoyés au Laboratoire d'Essais, sous plombs.

Le combustible a été soigneusement mesuré.

C'était du coke donnant 11,20 % de cendres, 1,45 % de matières volatiles et, par conséquent, 87,35 % de carbone fixe. Le pouvoir calorifique supérieur de ce combustible desséché à 110° était de 7.170 calories.

On a déterminé toutes les cinq minutes :

1° La température de l'eau d'alimentation;

2° La température de l'eau stérilisée;

3° La température ambiante;

4° La pression à la chaudière;

5° La vitesse du cheval alimentaire.

Ces diverses données ont permis de dresser les tableaux ci-dessous :



TABLEAU I. — Essai de fonctionnement.

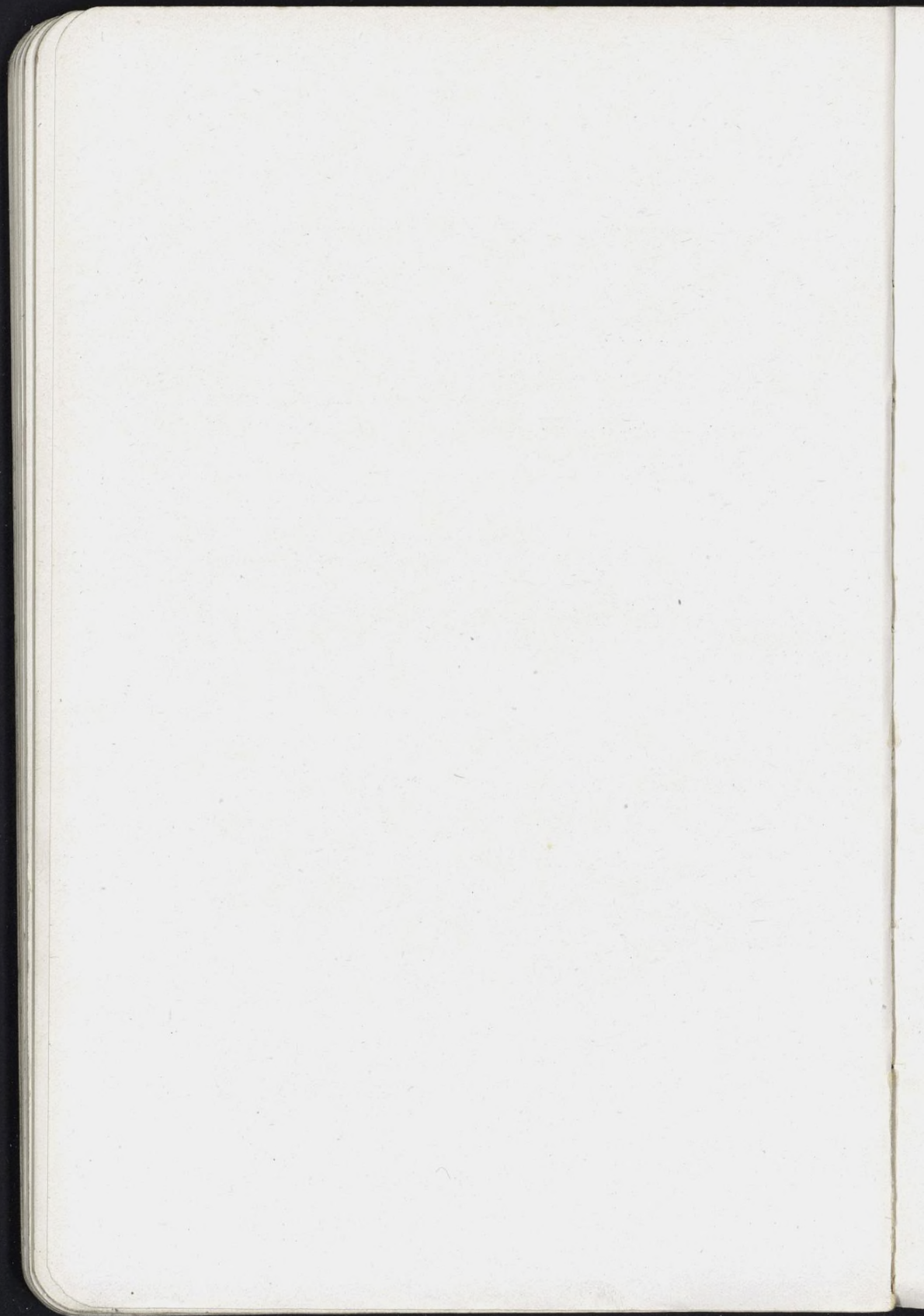
	UNITÉS	RENSEIGNEMENTS — RÉSULTATS		
		Régime normal	Production maxima d'eau stérilisée	Refroidissement maximum
Nature du régime.....	.....			
Quantité de combustible brut (consommé à l'heure).....	Kilogrammes	10,83	13,00	14,33
<b>Eau</b>				
Quantité d'eau naturelle d'alimentation (à l'heure).....	Litres	670	862	1025
Quantité d'eau stérilisée recueillie (à l'heure).....	Litres	622	839	378
<b>Rendement</b>				
Rendement en eau stérilisée, rapportée à l'eau naturelle d'alimentation.	%	93	97	37
Quantité d'eau stérilisée par kilogramme de combustible consommé (combustible brut).....	Litres	57,4	64,6	26,4
<b>Températures</b>				
Température moyenne ambiante.....	Degré C	21,8	21,1	22,8
Température moyenne de l'eau d'alimentation.....	<i>Id.</i>	19,0	18,7	19,3
Température moyenne de l'eau stérilisée.....	<i>Id.</i>	33,6	37,5	2,2
<b>Stérilisation</b>				
Pression effective moyenne à la chaudière.....	Kg/cm <sup>2</sup>	2,5	3,1	135,0
Température moyenne de stérilisation correspondante.....	Degré C	138,1	143,7	22,5



TABLEAU II. — Analyses d'eaux.

	EAU naturelle	EAU distillée
Degré hydrotimétrique.....	17°	5°,5
Sels en solution dans l'eau (résidu sec par litre).....	0 gr. 241	0 gr. 092
Gaz dissous par litre à 0° C et 760 $\frac{m}{m}$ .....		
Acide carbonique.....	22 cm. <sup>3</sup> 55	5 cm. <sup>3</sup> 75
Oxygène.....	7,05	7,10
Azote.....	15,00	15,15







## LES MARMITES ET GAMELLES CALORIFUGES

(1915-1916)

La forme de la guerre actuelle, avec ses longs stationnements a nécessité de préparer les aliments destinés aux troupes de première ligne à des distances qui atteignaient souvent plusieurs kilomètres.

Il a donc fallu s'occuper d'assurer à ces troupes la distribution d'aliments chauds, malgré le froid et malgré le transport long et pénible par les boyaux de communication.

Tandis qu'à l'intérieur on a étudié des systèmes plus ou moins perfectionnés de marmites dénommées généralement « norvégiennes », les troupes du front se sont ingénies à lutter contre le refroidissement de leurs aliments par toutes sortes de moyens improvisés.

On a cherché, à l'aide des essais comparatifs qui ont été faits, en 1915 et 1916, au Laboratoire d'Essais avec les modèles les plus divers de récipients thermostatiques, à dégager les meilleures solutions proposées.

### CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Mais, auparavant, il ne paraît pas inutile de rappeler quelques considérations théoriques au sujet des divers isolants.

Des essais pratiqués au Laboratoire des Arts et Métiers pour calorifuger les conduites des machines à vapeur, il résulte que les déperditions en calories par heure sont les suivantes :

Tube de fer nu.....	plus de	200
Tube de fer entouré d'une couche d'air de 3 centimètres....		135
Tube de fer entouré d'amiante.....		100
Tube de fer entouré de feutre, charbon, bois, liège paille, moins de.....		100

Diverses classifications ont été faites entre les meilleurs isolants organiques par les ingénieurs s'occupant des machines à vapeur ou des industries du froid, d'où il résulte qu'on peut les ranger comme suit, par ordre décroissant :

Liège, laine, soie, coton, charbon, papier, amiante, sciure de bois, tourbe.



Il est à noter, en outre, que le pouvoir calorifuge, élevé quand ces isolants sont secs, diminue considérablement aussitôt qu'ils sont humides.

En outre, dans le cas particulier qui nous occupe d'applications aux troupes, on doit se guider, pour faire un choix, sur la facilité d'approvisionnement et le poids.

#### ESSAIS COMPARATIFS

A l'occasion d'essais demandés sur deux gamelles calorifuges, nous avons fait entreprendre au Laboratoire des expériences comparatives et l'étude d'ensemble des moyens de protection contre les pertes de chaleur. Cette dernière étude a porté sur divers isolants :

Drap, toile goudronnée, liège, feutre, carton ondulé, sciure de bois, tous éléments faciles à se procurer.

Les principaux dispositifs essayés étaient :

##### 1° *Gamelle calorifère de tranchées du D<sup>r</sup> Chalchat*

Elle se compose d'un récipient à doubles parois métalliques soudées, dont l'intervalle est garni de sciure de bois. Son obturation est faite par un premier bouchon de liège monté sur une plaquette de bois et recouvert par un second bouchon en métal, à doubles parois également, remplies de sciure de bois; ce couvercle porte un joint en caoutchouc et deux brides avec vis de serrage, pour assurer une fermeture étanche.

L'appareil a une forme extérieure rappelant le sac du soldat et peut se porter à dos d'homme au moyen de courroies.

Il peut contenir 11 litres et demi de bouillon, ce qui est environ la ration d'une escouade.

Son poids vide est de..... 8 k. 500.

##### 2° *Gamelle calorifugée des tranchées du lieutenant Comernat*

Elle se compose également d'une boîte à doubles parois métalliques, munie d'un couvercle également à doubles parois; l'espace entre parois est garni de liège granulé aggloméré, entièrement à l'abri de l'humidité.

A l'intérieur peut être introduite la marmite réglementaire de campement, débarrassée de son anse, des anneaux et attaches de l'anse.

Poids vide..... 3 k. 960.



3° *Autres dispositifs, tous pour marmites de campement*

Enveloppe de drap de troupe :

Poids avec marmite vide..... 1 k. 490.

Sac plat rectangulaire de  $0^m36 \times 0^m52$  :

Poids avec marmite vide..... 1 k. 525.

Même sac en double épaisseur de drap :

Poids avec marmite vide..... 1 k. 770.

Même sac en grosse toile de chanvre :

Poids avec marmite vide..... 1 k. 920.

Enveloppe de feutre de 8 millimètres d'épaisseur, recouverte sur ses deux faces de toile goudronnée et épousant les formes de la marmite :

Poids avec marmite vide..... 2 k. 590.

Enveloppe semblable à la précédente, mais où le feutre est remplacé par trois couches de carton ondulé :

Poids avec marmite vide..... 2 k. 470.

Boîte adaptée à la marmite, en liège granulé aggloméré au brai, avec couvercle plat, épaisseur  $0^m03$  :

Poids avec marmite vide..... 5 k. 870.

Revêtement ajusté, en caoutchouc mousse, protégé par une toile ordinaire :

Poids avec marmite vide..... 1 k. 830.

Revêtement en paille, formé de petits faisceaux de paille d'avoine, liés avec de la ficelle, avec fond et couvercle analogues :

Poids avec marmite vide..... 2 k. 790.

Même revêtement, protégé sur ses deux faces par des toiles de sac cousues sur la paille :

Poids avec marmite vide..... 4 k. 070.

Tous les essais ont été effectués comme suit :

Le récipient intérieur était rempli d'eau bouillante; on y a introduit, dans un orifice convenablement pratiqué, un thermomètre et un agitateur destiné à uniformiser la température de l'eau au moment des lectures.

Les appareils étaient suspendus en plein air et on notait de demi-heure en demi-heure la température de l'eau. On notait également la température ambiante.



On a pris, comme terme de comparaison, une marmite de campement de cinq litres et une marmite de même forme de treize litres, toutes deux sans aucun revêtement.

Poids respectifs.....	}	1 k. 270.
		1 k. 850.

Les courbes (fig. 12) permettent de suivre facilement la loi de refroidissement de chaque revêtement calorifuge; les abscisses indiquent les temps, et les données les températures.

Malheureusement, ces essais ne sont pas absolument comparables, car on a été obligé de les faire, successivement, par des températures extérieures qui ont varié de 0° pour le revêtement en liège à + 12° pour celui en paille et en toile, et ont été de + 10° pour l'appareil Chalchat et de + 4° pour celui du lieutenant Comergnat.

Néanmoins, les essais, tels qu'ils ont eu lieu, donnent des idées suffisamment nettes de la valeur relative des divers revêtements.

#### CONCLUSIONS

Si le résultat le plus remarquable a été obtenu avec la marmite du D<sup>r</sup> Chalchat qui, partie de 90°, était encore à 44° après douze heures et à 32° après dix-huit heures, un résultat à retenir est dû aux revêtements suivants :

Paille simple sèche, ou mieux protégée par de la toile;

Double épaisseur de drap de troupe, qui, au bout de quatre heures, avaient conservé à l'eau de la marmite une température de 54 à 56°.

On peut en conclure que, sans méconnaître l'intérêt qui s'attache aux appareils perfectionnés construits à l'arrière, il fut relativement facile, aux armées même, de calorifuger les récipients destinés au ravitaillement des tranchées, et cela au moyen d'éléments dont on disposait sur place et sans augmentation sensible de poids (8 % du poids de la marmite pleine avec le drap et 22 % avec la paille).

---

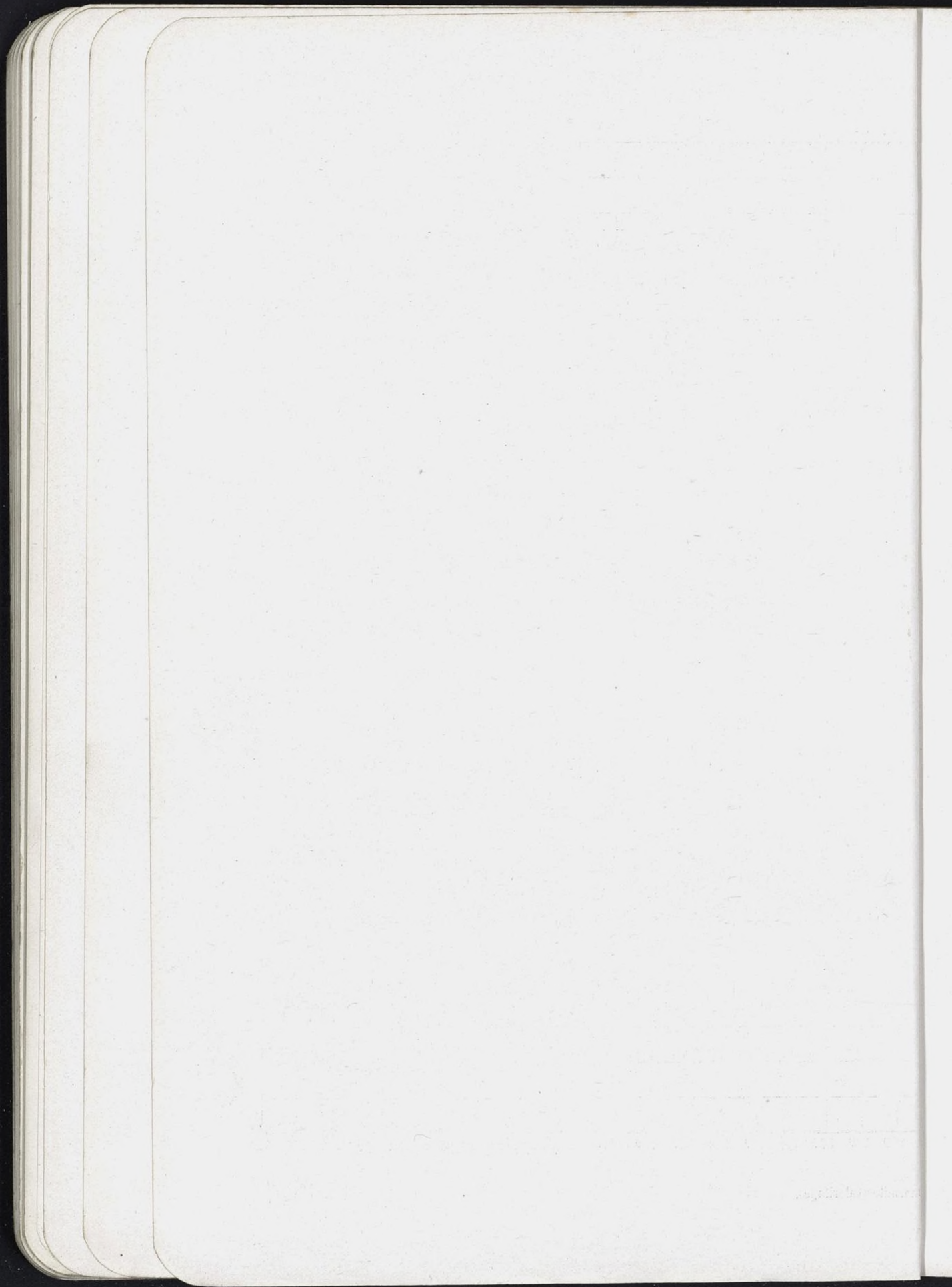














## DÉSINFECTION ET LESSIVAGE DU LINGE AUX ARMÉES EN CAMPAGNE

(1916-1917)

---

### GÉNÉRALITÉS

Depuis le début de la campagne, le caractère spécial de la guerre de tranchées, qui entraîne des stationnements prolongés, a suscité la création d'organismes et de matériels variés qui, pour beaucoup, n'auraient certainement jamais vu le jour dans une guerre de mouvement.

C'est ainsi que, par les soins du Service de Santé, ont été réalisés des innovations et des progrès considérables.

Il a pu, sans doute, être pris exemple sur nos alliés les Anglais, pour lesquels l'hygiène et la propreté ne perdent jamais et nulle part leurs droits.

Les Américains, de leur côté, dès leur arrivée sur le Continent, ont débarqué d'ingénieux appareils réduisant au moindre effort toutes les opérations de propreté des hommes, de leurs effets, de leur linge, tel un appareil qui permet de lessiver à froid et de sécher presque instantanément le linge par pressage entre les rouleaux d'un laminoir mobile.

Notre Service de Santé s'est graduellement organisé pour donner satisfaction aux exigences de la propreté et de l'hygiène et qu'ont été mises en service des voitures de « désinfection-douches » et des groupes de « buanderie-séchage ».

### Appareil transportable de lessivage du docteur Bordas

Nous devons relater, dans l'ordre chronologique des faits, une intéressante tentative, remontant à janvier 1915, due au docteur Bordas, pour procurer aux armées un appareil de lessivage simple et facile à construire dans les cantonnements de repos.

Cet appareil, présenté aux essais du Laboratoire, est constitué par un tonneau de 200 litres environ, dont l'un des fonds est enlevé. Il est chauffé par un serpentín enroulé à l'intérieur sur toute la hauteur et presque au contact de la paroi latérale.



La vapeur, provenant d'une chaudière quelconque, arrive par le haut du serpentín et l'eau de condensation peut sortir par un robinet situé à son extrémité inférieure.

En outre, deux petits trous percés aussi à l'extrémité inférieure du serpentín produisent dans le tonneau un léger dégagement de vapeur ascendante. C'est donc un appareil de désinfection à air libre avec chauffage par vapeur sous pression.

Les essais ont eu pour but de déterminer si les températures atteintes permettaient désinfection et lessivage du linge dans de bonnes conditions. On a réparti trois séries de couples thermo-électriques dans les diverses régions du tonneau, du bas en haut et de la périphérie à l'intérieur.

On a d'abord mesuré la température dans le tonneau fonctionnant à vide, elle a été de 127° C. pour une pression de vapeur à la chaudière d'alimentation de 3 k. 6.

On a ensuite empilé sept couvertures dans le tonneau, en ménageant une cheminée centrale.

Avec la même pression de vapeur, au bout de 45 minutes, les températures variaient, suivant la région de l'appareil, entre 75° et 118°. Après une heure, elles étaient comprises entre 92° et 119°. En conséquence, cet appareil simple était susceptible de rendre de réels services.

#### **Groupe de camions pour lessivage, essorage et séchage**

Depuis cette première tentative, le progrès a marché à grands pas, grâce, en particulier, à l'impulsion qui fut donnée par M. Mercier, ingénieur à la Mission d'Essais, pour l'étude de cette question.

En janvier 1916, la Maison G. et H. a présenté aux essais du Laboratoire un groupe de deux voitures automobiles : l'une servant au lessivage et au lavage, l'autre à l'essorage et au séchage.

##### **1° Voiture-Lessiveuse (fig. 13)**

Cette voiture porte trois appareils de cuisson de linge indépendants l'un de l'autre :

Un réservoir d'eau chaude avec sa chaudière;

Une machine à laver le linge à tambour rotatif.

Quand la voiture est en place, la machine à laver le linge est mise à terre et alimentée d'eau chaude par le réservoir à eau chaude.

Le linge passe d'abord dans les cuves de cuisson, il est ensuite placé dans la machine à laver, où il est savonné automatiquement et rincé à plusieurs eaux. Il va de là à l'essorage et au séchage.

Chaque *appareil de cuisson* (fig. 14) est composé d'une cuve de les-



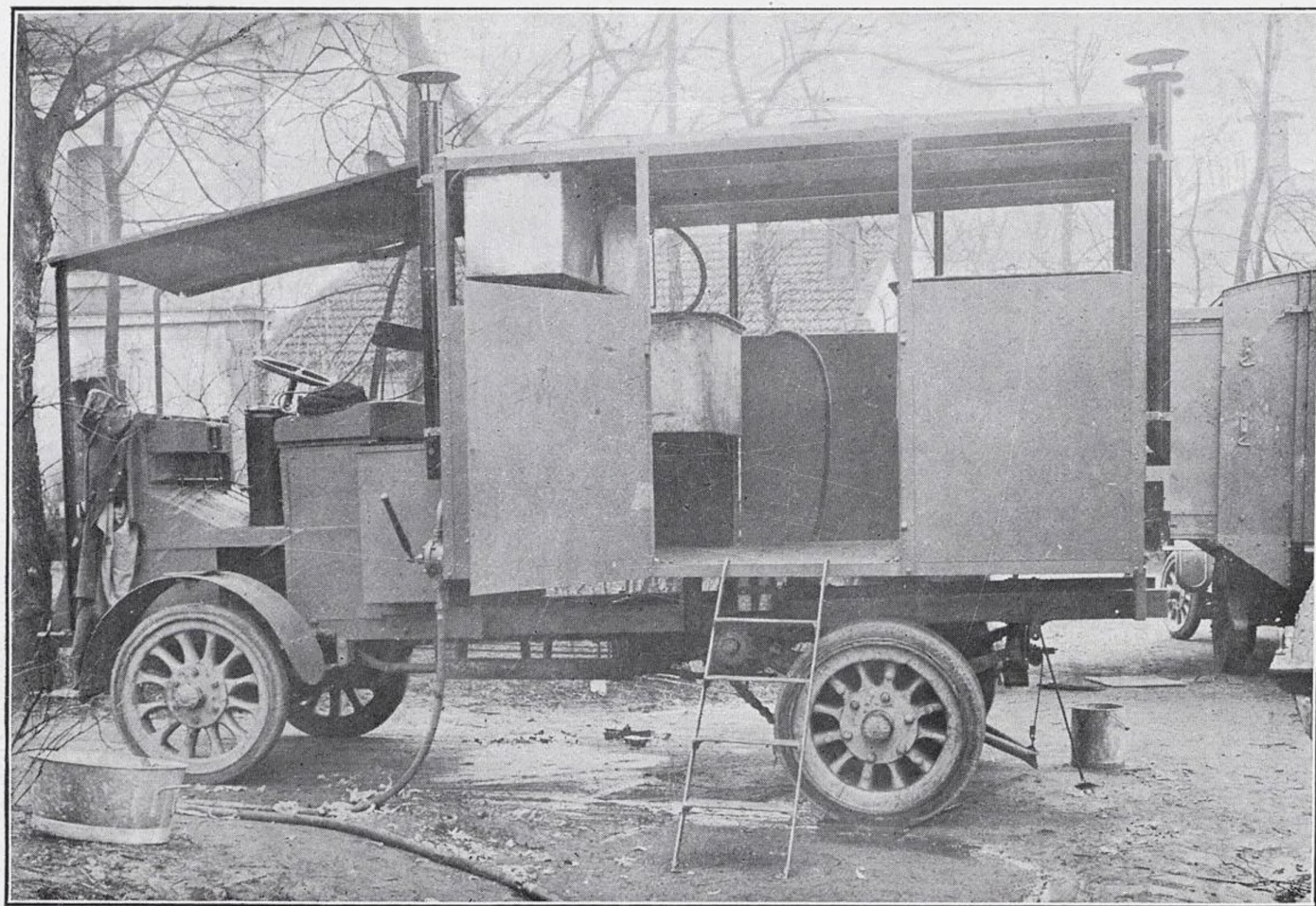
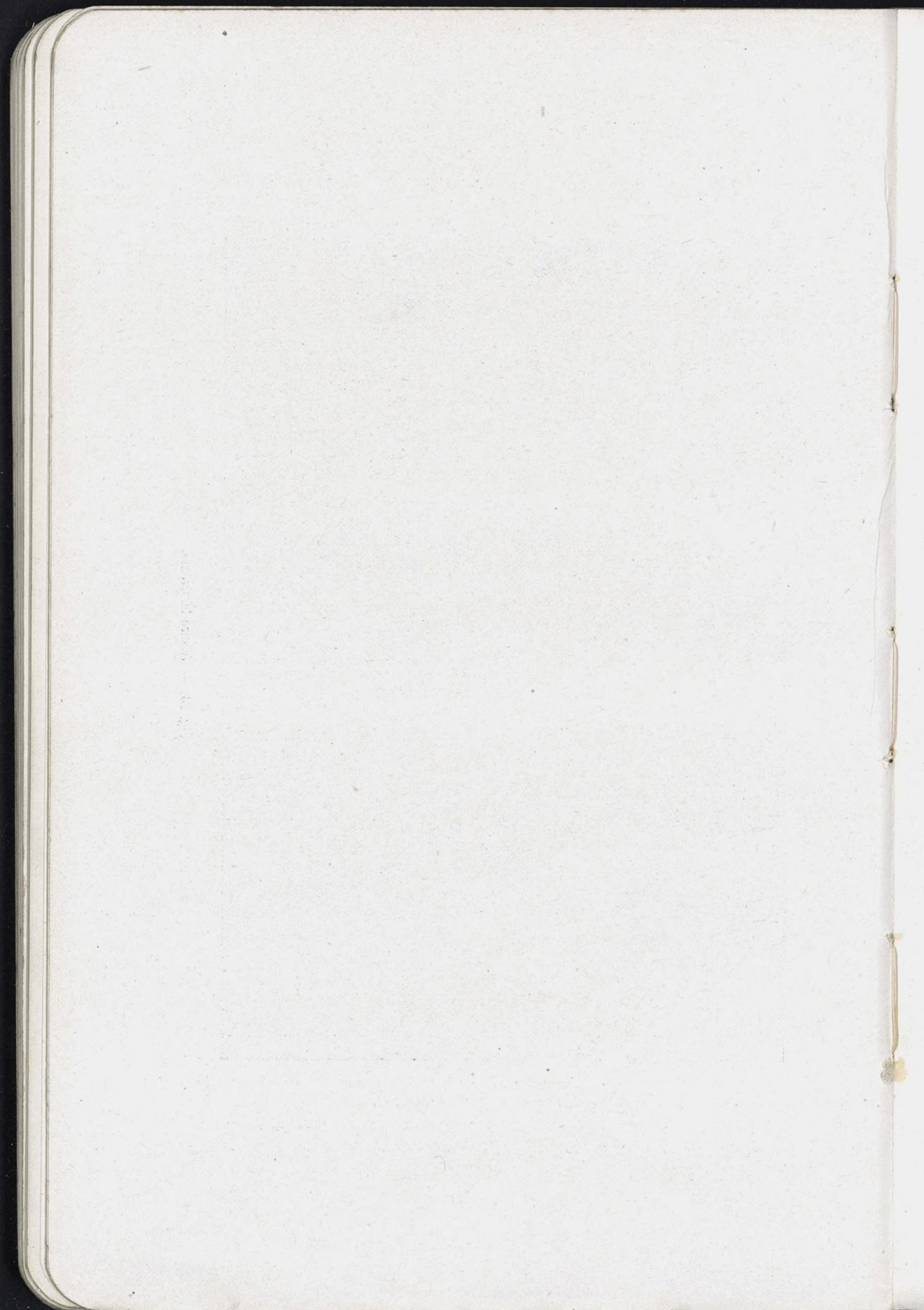


Fig. 13. — Voiture lessiveuse.







sivage R de forme carrée, de 90 centimètres de côté, placée au-dessus d'une chaudière cylindrique verticale C, de 50 litres de capacité. L'eau de la chaudière passe au moyen d'un tube central T dans la cuve supérieure, quand l'ébullition se produit. Elle y revient ensuite par l'ouverture d'un clapet S dès que la chaudière est vidée, de manière à établir une circulation d'eau intermittente à travers le linge de la cuve.

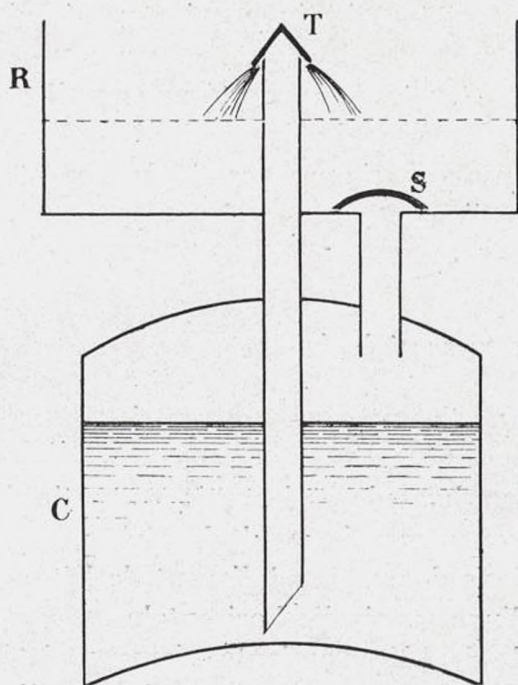


Fig. 14.

C'est d'ailleurs un dispositif classique pour lessivage et qui a également été appliqué dans certains percolateurs à café.

La chaudière des appareils de cuisson est chauffée par foyer à grille pouvant être alimenté au charbon ou au bois.

Le réservoir à eau chaude, d'une capacité de 290 litres, communique avec une chaudière analogue à celle des appareils de cuisson.

La machine à laver le linge se compose d'un tambour à axe horizontal dont les parois sont perforées et qui peut tourner au

moyen d'une manivelle à bras à l'intérieur d'un cylindre horizontal concentrique partiellement rempli d'eau savonneuse ou d'eau pour le rinçage. Après usage, les eaux sont vidangées par un robinet placé à la partie inférieure.

#### ESSAIS DE LA VOITURE-LESSIVEUSE

Il a été effectué deux essais de cuisson de linge et deux essais de la machine à laver le linge.

Dans le *premier essai* de cuisson, le chauffage avait lieu au bois.

Pour un poids de linge de 244 kilogrammes, l'opération a duré 2 heures 45', et il est à noter que le chauffage était insuffisant et que l'ébullition n'était maintenue que péniblement.

Dans le *deuxième essai*, le chauffage a eu lieu au charbon : pour un poids de 210 kilogrammes de linge, la cuisson a été achevée en



une heure. L'ébullition a été sensiblement plus facile; cependant le tirage était insuffisant.

Il a été fait avec la machine à laver deux essais de vingt minutes chacun avec 20 et 39 kilogrammes de linge. Quatre rinçages ont eu lieu pour chaque opération avec 20 litres d'eau chaude chacun. Ils étaient insuffisants et l'eau sortait encore trouble et colorée.

Si donc on compare le poids du linge cuit avec celui du linge lavé, on peut en conclure que l'eau chaude produite est insuffisante pour laver et rincer convenablement tout le linge qui a passé à la cuisson.

Instruit par ces résultats, le constructeur a apporté une amélioration en augmentant la capacité du foyer de l'appareil de cuisson.

Un nouvel essai avec chauffage au charbon a permis de constater que l'ébullition était obtenue facilement en une heure et que le tirage du foyer était normal.

## *2° Voiture à essorer et à sécher*

Le second camion automobile porte uneessoreuse centrifuge, une étuve à sécher et un étendoir.

Le linge est d'abord essoré pour lui enlever la majeure partie de son eau; il passe ensuite à l'étuve pour achever de le sécher.

L'essoreuse est fixée sur le châssis du camion à l'avant de l'étuve; elle est mue à bras, au moyen d'une manivelle horizontale.

L'étuve est une armoire en tôle doublée d'amiante, s'ouvrant latéralement de façon à permettre de tirer dehors à volonté deux grilles à barreaux sur lesquelles on charge le linge à sécher, qu'on rentre ensuite dans l'étuve.

Elle est chauffée par un foyer à grille, dont les gaz circulent dans des tuyaux placés sous le plancher, puis sont évacués par une cheminée.

La circulation d'air se fait au moyen de deux prises placées de chaque côté du foyer et d'une trémie d'évacuation.

La figure n° 15 représente la voiture.

## ESSAIS DE LA VOITURE A ESSORER ET A SÉCHER

On a essayé le fonctionnement des deux appareils : on a essoré 20 et 39 kilogrammes de linge en sept à dix minutes, avec une vitesse de rotation de 380 tours à la minute. La manœuvre à bras avec deux hommes a paru très pénible et le linge sorti perdait encore de l'eau quand on le tordait. Un essai évaporatif fait avec uneessoreuse tournant à environ 1.500 tours a montré qu'il était, dans



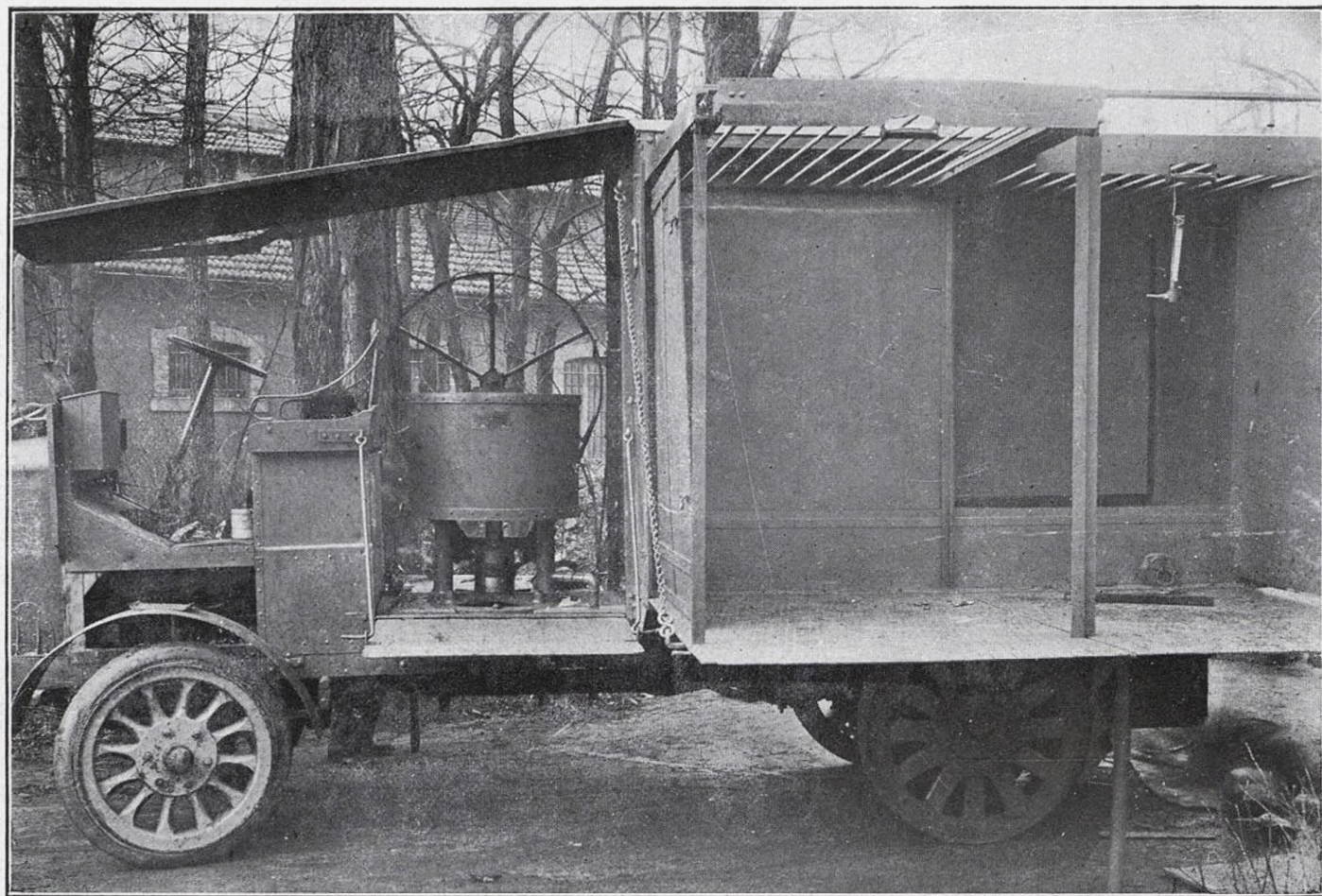
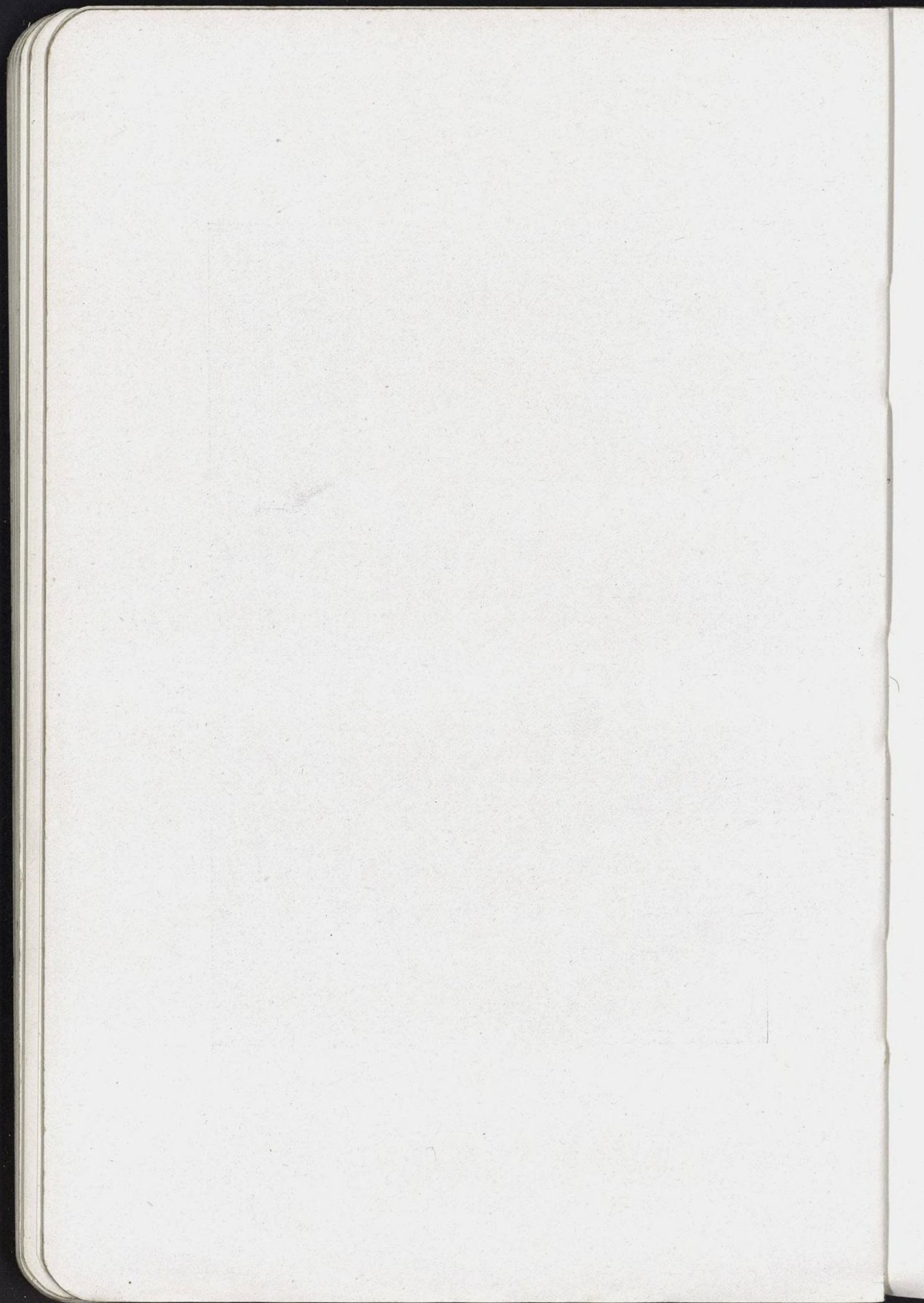


Fig. 15. — Voiture à essorer et à sécher.







ce cas, impossible d'exprimer par torsion la moindre quantité d'eau du linge essoré.

Quant à l'étuve, sa température s'est maintenue entre 40 et 48° (pour + 12° extérieur). Au bout d'une heure de séjour, 12 kilogrammes de linge étaient encore humides. Ils avaient été insuffisamment essorés avant étuvage.

Aussi, après cet essai, l'inventeur a-t-il modifié sonessoreuse, en la faisant actionner par le moteur du camion avec le volant comme poulie de commande et un système d'embrayage par poulie folle. Les paliers ont reçu des roulements à billes.

Il a alors était fait :

1° Un essai de démontage et remontage de l'essoreuse sur le moteur, afin de s'assurer du temps nécessaire : montage et démontage demandent environ cinq minutes chacun, avec quelques difficultés provenant de la disposition des organes de transmission; l'essoreuse en marche, on n'a d'ailleurs constaté aucun échauffement dans les organes mobiles;

2° Des essais d'essorage de dix minutes, au bout desquels le linge contenait encore 30 % d'eau;

3° Avec l'étuve, trois essais de chauffage : le premier, l'étuve étant vide; le deuxième et le troisième, l'étuve étant garnie de capotes militaires préalablement lavées et essorées.

A vide, et 1 heure 15' après l'allumage du foyer, la température de l'étuve variait, suivant la partie, de 91° à 100°.

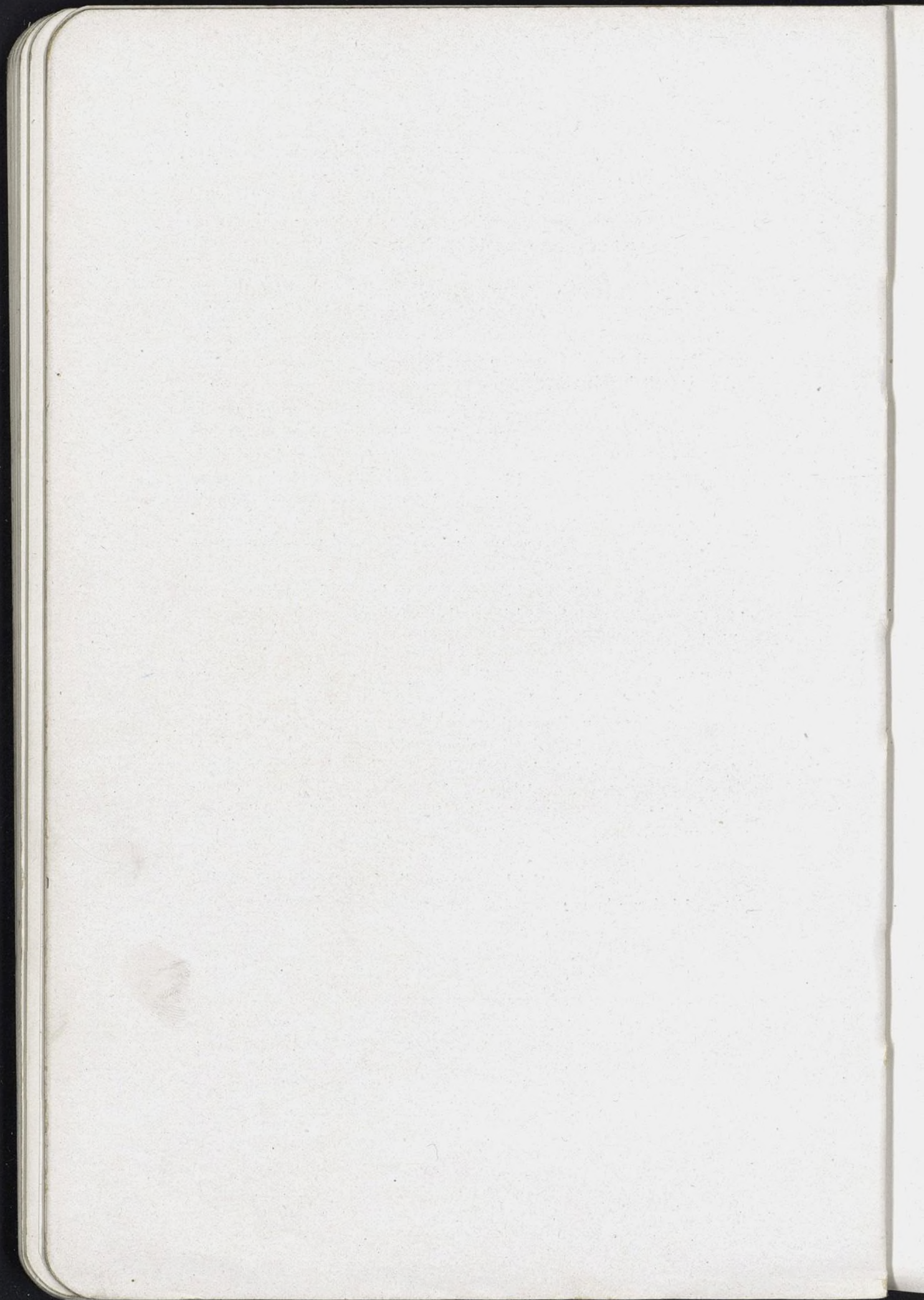
Après continuation du chauffage, cette même température était en moyenne de 107°. L'introduction des capotes mouillées la fit baisser à 41°, mais au bout de trois quarts d'heure, elle était remontée à 71° et les capotes étaient complètement sèches.

Quant à la consommation de bois, elle est environ de 10 kilogrammes à l'heure.

CONCLUSION. — Ce matériel, ainsi amélioré, a donc paru en état d'être dirigé sur les Armées et de leur rendre de réels services.

---







## MOYENS DE DÉFENSE CONTRE LES GAZ ASPHYXIANTS

(1916-1918)

C'est en 1915 que les Allemands ont commencé à faire un grand usage de gaz asphyxiants; depuis lors, ils ont largement développé les divers procédés destinés à déverser sur les tranchées des nuages suffocants ou irritants : appareils d'émission directe, obus et grenades. Les produits lacrymogènes ou asphyxiants employés par nos ennemis étaient très variés; la plupart cependant étaient des dérivés du chlore ou du brome.

Pour nous défendre contre de tels procédés de guerre, nous avons dû inventer des moyens de protection permettant aux hommes de tenir à leur poste et de combattre sans souffrir des vapeurs toxiques. Celles-ci, à l'exception de certaines qui produisent sur la peau un effet vésicant, attaquent particulièrement les yeux et les organes respiratoires. La protection des yeux a été réalisée au moyen de lunettes spéciales s'appliquant exactement sur le visage et munies de rondelles genre mica ou d'autres substances transparentes moins fragiles que le verre.

La protection des organes respiratoires, plus compliquée, a fait l'objet de remarquables études et mises au point par les Services du Matériel chimique de guerre. Le Laboratoire d'Essais a apporté sa collaboration à ces travaux par la réalisation d'un nombre considérable d'essais de contrôle. Deux genres d'appareils ont été examinés.

Les premiers sont des *appareils étanches*, dérivant de ceux en usage dans les mines, mais qui, assez encombrants et lourds, sont réservés à des postes spéciaux : sapeurs-mineurs, mitrailleurs, etc. Il sera question ici de deux d'entre eux : l'appareil Fensy et l'appareil Tissot, tous deux spécialement contrôlés par le Laboratoire d'Essais.

Les seconds, destinés à la grande majorité des troupes : fantassins, artilleurs, etc., sont des *masques faciaux* permettant le filtrage par des réactifs chimiques adéquats, de l'air chargé de gaz asphyxiants.

Il sera parlé des masques M<sub>2</sub> et A. R. S., dont les épreuves de réception, moins l'absorption des gaz, ont été confiées au Laboratoire d'Essais.

Il a été nécessaire également de chercher à prévenir les troupes de l'approche de nappes gazeuses. Deux appareils, remplissant ce but,



ont été étudiés ou réalisés au Laboratoire d'Essais; ce sont les *appareils détecteurs* imaginés l'un par M. Gabreau et l'autre par M. Biquard, du Laboratoire.

Enfin, il fallait prévoir que, malgré les précautions ou moyens de protection, des accidents se produiraient par intoxication auxquels cas il était nécessaire d'apporter un prompt secours. Un des moyens recommandés consiste à pratiquer la *respiration artificielle*; le Laboratoire d'Essais a examiné dans cet ordre d'idées l'appareil à respiration automatique du pharmacien militaire Dumoutiers.

# I

## Appareil respiratoire Fensy

### DESCRIPTION

L'appareil Fensy (fig. 16) est un appareil respiratoire à cycle fermé. Il comprend :

Une canule avec obturateur en caoutchouc pour la bouche et le nez. A cette canule est adaptée une tubulure qui se prolonge elle-même par deux canalisations : la première T débouche dans un réservoir A contenant de l'oxylithe et relié par sa partie inférieure à un second récipient A' semblable au premier et renfermant également de l'oxylithe.

La partie supérieure du réservoir A' communique avec une poche en caoutchouc B dont la partie inférieure est reliée par l'intermédiaire d'une canalisation et d'un robinet à pointeau D, avec une bouteille à oxygène comprimé C.

Enfin, dans la partie supérieure de la poche B débouche la seconde canalisation T' de la tubulure portée par la canule.

La canalisation T renferme une soupape d'expiration s'ouvrant vers le récipient A, tandis que la canalisation T' contient une soupape d'aspiration s'ouvrant vers la bouche.

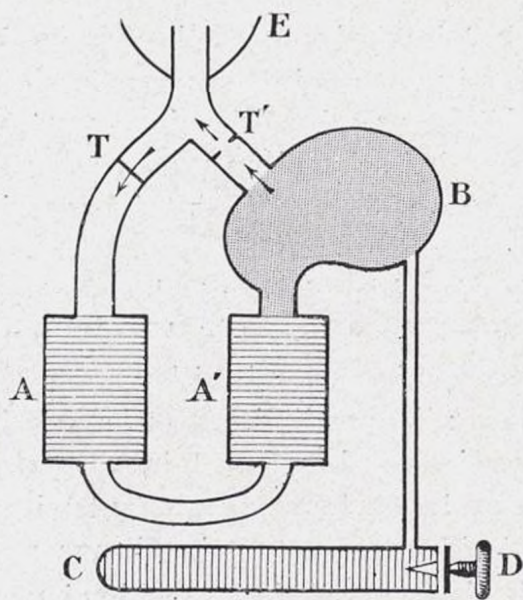


Fig. 16. — A. Oxylithe. — B. Poche. — C. Oxygène sous pression. — D. Soupape automatique. — E. Masque.



### FONCTIONNEMENT

Ainsi qu'il est facile de le voir immédiatement, les organes respiratoires de l'homme qui utilise cet appareil, sont complètement isolés de l'atmosphère ambiant et, par suite, des gaz méphitiques dont elle peut être chargée.

Dans la respiration normale, l'homme introduit dans ses poumons, à peu près seize fois par minute, un demi-litre d'air environ renfermant 21 % d'oxygène et à peine quelques traces d'acide carbonique; l'air vicié qu'il expire est chargé d'environ 4 % d'acide carbonique.

La diminution de la proportion d'oxygène ou l'augmentation de celle d'acide carbonique dans l'air inspiré provoque des phénomènes d'asphyxie.

De ces considérations résulte la nécessité, pour tout appareil respiratoire clos, de régénérer l'air expiré en le débarrassant de son acide carbonique et lui restituant l'oxygène qui a été fixé dans les poumons sur les globules rouges du sang.

L'appareil Fensy y parvient de la façon suivante :

L'oxylithe ou peroxyde de sodium a la propriété de dégager de l'oxygène et de fixer l'acide carbonique. L'air expiré, en traversant le premier réservoir à oxylithe, y perd son acide carbonique et s'y charge d'oxygène; le second réservoir à oxylithe parachève l'opération. L'air, ainsi régénéré, traverse la poche en caoutchouc pour se présenter de nouveau aux voies respiratoires.

Cependant des pertes pouvant se produire et l'oxylithe pouvant être saturé avant qu'il soit possible de le renouveler, la bouteille d'oxygène permet, en pareil cas, après dévissage du pointeau, l'introduction d'oxygène, par une soupape automatique, dans la poche en caoutchouc qui sert ainsi de volant de régularisation.

### ESSAIS EFFECTUÉS AU LABORATOIRE D'ESSAIS

L'appareil Fensy est destiné, aux armées, aux hommes ayant à effectuer, dans des nappes de gaz asphyxiants, des efforts physiques assez considérables et qui nécessitent une respiration abondante : sapeurs du génie effectuant des travaux de mines ou artilleurs se livrant à des manœuvres de force.

Mais pour que le résultat recherché soit atteint, il était nécessaire que le fonctionnement de l'appareil soit irréprochable. Le Laboratoire d'Essais fut chargé, par le Service du Matériel chimique de guerre, d'effectuer les vérifications prévues au cahier des charges sur les lots d'appareils livrés aux armées.



Leur but a été de reconnaître :

- 1° Le bon fonctionnement du raccord de la bouteille à oxygène, lequel doit être exempt de fuites (on y procède par pesées de cette bouteille à certains intervalles de temps);
- 2° Le fonctionnement de la soupape automatique dudit raccord;
- 3° L'étanchéité de la poche en tissu caoutchouté;
- 4° L'étanchéité des raccords de la poche caoutchoutée avec le réservoir à oxylythe et le tube d'arrivée d'oxygène;
- 5° Le fonctionnement de la soupape de la tubulure buccale;
- 6° L'étanchéité des cartouches contenues dans l'appareil;
- 7° L'étanchéité de la bouteille à oxygène;
- 8° La conformité de la pression dans cette bouteille à celle indiquée sur l'étiquette.

## II

### Appareil respiratoire Tissot

L'appareil Tissot, qui a la même destination que l'appareil Fensy, est, contrairement à celui-ci, à cycle ouvert. Il n'utilise pas l'air déjà expiré, mais emprunte l'oxygène nécessaire à la respiration à l'air extérieur qu'il purge des gaz méphitiques, grâce à un dispositif spécial.

Cet appareil se rapproche donc des masques respiratoires et constitue même, à proprement parler, un masque très perfectionné.

#### DESCRIPTION DE L'APPAREIL

L'appareil Tissot (fig. 17 et 18) comprend :

Un *masque en caoutchouc* souple qui s'adapte parfaitement sur le visage; ce masque porte devant la bouche un étrier qui laisse un certain espace entre les lèvres et une canule d'expiration C en forme de pipe dont l'extrémité est terminée par une toile métallique et à l'intérieur de laquelle se trouve une soupape métallique s'ouvrant dans le sens de l'expiration, bloquée, par conséquent, lors de l'aspiration, et doublée d'une soupape de sûreté en caoutchouc.

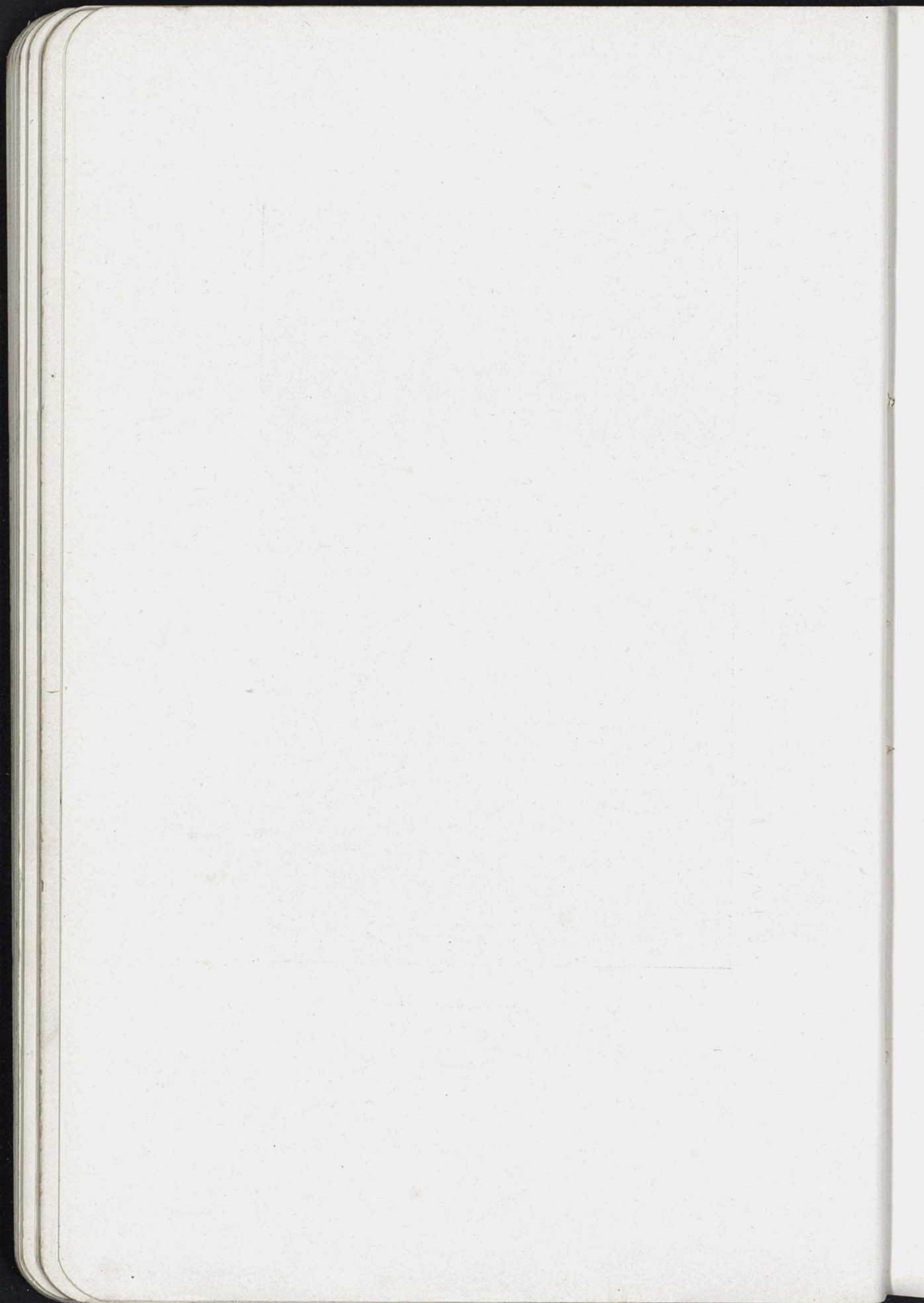
Le masque est muni de *lunettes étanches* B. Enfin, il communique par une canalisation P avec un *réceptacle* R attaché sur le dos de l'homme et rempli de couches alternées de paille de fer et d'un sel chimique approprié. Ce réservoir communique par sa partie inférieure avec l'atmosphère et porte à la partie supérieure une soupape bloquée lors de l'expiration.





Fig. 17. — Appareil respiratoire Tissot.







FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

Pendant l'aspiration, l'air vicié extérieur traverse le récipient R dans lequel il se débarrasse des gaz asphyxiants tels que chlore, brome, oxychlorure, etc.; franchissant la soupape d'aspiration, il

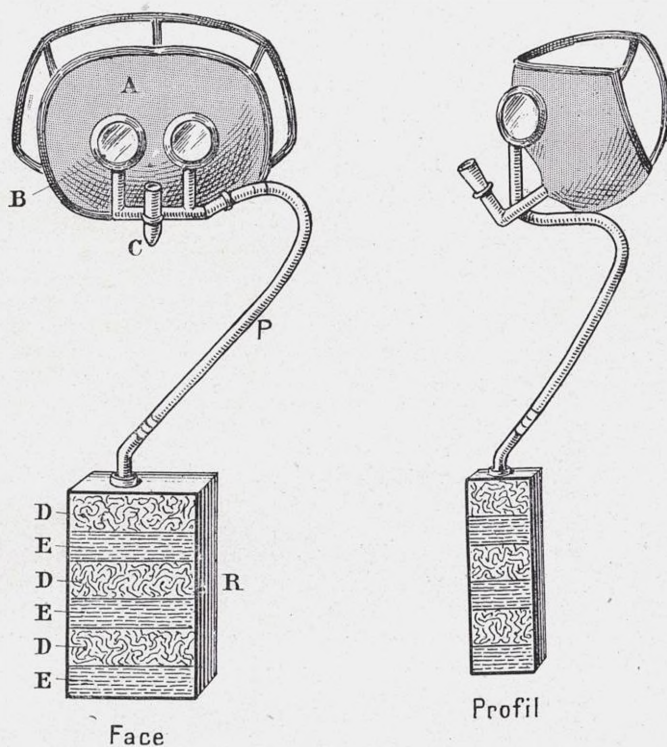


Fig. 18. — A. Masque. — B. Lunettes. — C. Expirateur. —  
D. Paille de fer. — E. Sel chimique.

vient aboutir au moyen de la canalisation P dans le masque à la base des lunettes B (afin d'y éviter la condensation de vapeur d'eau); il est alors entraîné vers les voies respiratoires.

ESSAIS EFFECTUÉS AU LABORATOIRE D'ESSAIS

Les conditions de réception de ces appareils, prévues au cahier des charges, sont au nombre d'une soixantaine comprenant des déterminations chimiques et des vérifications du montage et du bon fonctionnement des diverses pièces d'un certain nombre d'appareils prélevés dans les lots de fabrication.

Le Laboratoire d'Essais a procédé à ces diverses vérifications à la



suite desquelles les appareils étaient acceptés ou refusés en tenant compte des tolérances prévues.

Un Service spécial du Laboratoire était affecté à ces vérifications.

### III

#### Masques respiratoires

Les appareils précédemment décrits et tous ceux reposant sur des conceptions analogues, très bons au point de vue de la protection, sont encombrants, assez lourds et ne peuvent convenir aux combattants.

Aussi ces derniers ont-ils reçu des engins beaucoup plus simples.

L'air chargé des gaz toxiques traverse, avant d'atteindre les voies respiratoires, les compresse filtrantes d'un masque léger et étanche bien appliqué sur le visage.

Ce masque a reçu, depuis 1915, de nombreux perfectionnements qui l'ont amené progressivement aux modèles actuellement en usage : le masque  $M_2$  et le masque A. R. S.

#### Masque $M_2$

Le masque  $M_2$  comprend :

Une couche de gaze blanche recouverte d'une couche de gaze verte, ces gazes imprégnées de substances préservatrices;

Un dispositif de vision à œillères;

Un système de fixation;

Un pare-pluie.

L'intérêt de la Défense nationale ne permet pas d'indiquer ici les substances et les manipulations employées pour l'imprégnation des gazes.

#### ESSAIS DE RÉCEPTION AU LABORATOIRE D'ESSAIS

Des cahiers des charges, minutieusement établis, font connaître toutes les conditions de réception, auxquelles doivent satisfaire les divers éléments constitutifs. Le Laboratoire d'Essais a été chargé par le Service chimique de la guerre d'effectuer certaines vérifications nécessaires sur des masques prélevés sur les lots livrés aux armées, vérifications qui ont porté sur des milliers de masques.

Un Service spécial du Laboratoire était affecté à ces vérifications.

Ces différentes opérations pour chaque masque sont très nombreuses et comprennent particulièrement :

Au point de vue *chimique* :

Dosage des réactifs d'imprégnation contenus dans les gazes;

Vérification de duitages:



Résistance aux agents physiques et atmosphériques des disques transparents des lunettes;

Analyse et dosage du caoutchouc.

Au point de vue *physique et mécanique* :

Essais des résistances des lunettes;

Essais des rubans élastiques;

Essais de perméabilité des divers tissus, etc.

### Masque A. R. S.

Ce masque, plus récent que le masque  $M_2$ , était appelé à le remplacer au fur et à mesure des possibilités de fabrication.

Il comprend :

Un masque proprement dit  $M$  (fig. 19), composé d'un feuillet de

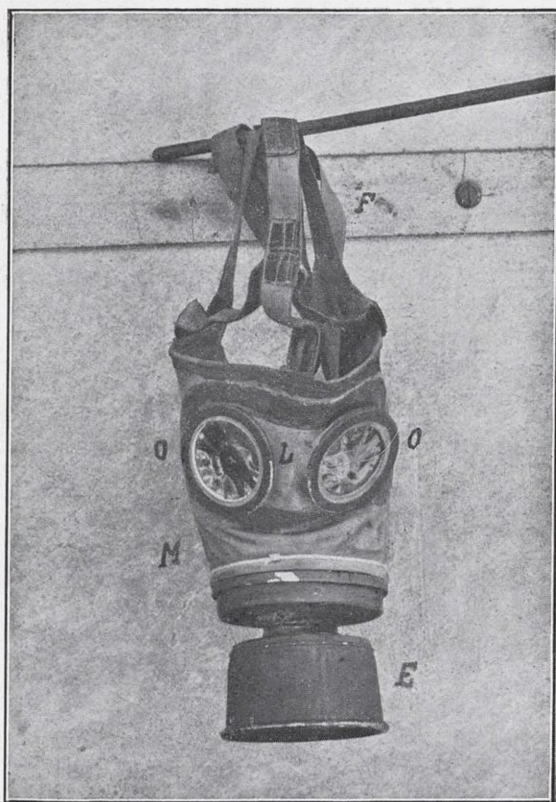


Fig. 19. — Masque A. R. S.



tissu caoutchouté doublé d'un feuillet en tissu spécial, masque s'appliquant exactement sur le visage;

Un *dispositif de vision* constitué par un bout de caoutchouc L faisant suite au masque et muni de deux œillères en relief O;

Un *système de fixation* F, formé d'une bride frontale, de deux brides latérales et d'une bride serre-nuque;

Une *embase métallique* E, fixée à la partie inférieure du masque et portant une soupape d'expiration en caoutchouc étanche à l'aspiration et une soupape d'aspiration étanche à l'expiration;

Une *cartouche* garnie de substances destinées à fixer les gaz asphyxiants, cartouche renfermée dans l'embase métallique.

L'air extérieur parvient aux poumons en traversant une plaque percée de petits trous qui termine l'embase, puis en passant à travers la cartouche. Celle-ci peut être facilement chargée après usage.

#### ESSAIS DE RÉCEPTION AU LABORATOIRE D'ESSAIS

Sur un certain nombre d'appareils prélevés à la fabrication, il était exécuté de très nombreux essais portant sur les diverses parties, et analogues à ceux effectués sur les masques M<sub>2</sub>. Ces essais permettaient de vérifier journellement que les appareils, avant leur livraison aux armées, répondaient bien à toutes les conditions de sécurité nécessaires.

Un service spécial du Laboratoire était affecté à ces vérifications.

### IV

#### Appareil détecteur de gaz « Gabreau »

Cet appareil, inventé par M. Gabreau, attaché à la Section de Physique du Laboratoire d'Essais, a été construit en un certain nombre de spécimens envoyés aux Armées.

Il permet :

1° De révéler instantanément la présence des gaz asphyxiants dans une tranchée, une sape, etc.;

2° D'avertir à distance l'arrivée d'une vague de gaz asphyxiants et d'indiquer le moment où son passage est terminé.

#### DESCRIPTION DE L'APPAREIL

La pile (fig. 20) est constituée par l'enroulement parallèle d'un fil d'argent A et d'un fil de zinc B de 4/10<sup>es</sup> de millimètre de diamètre



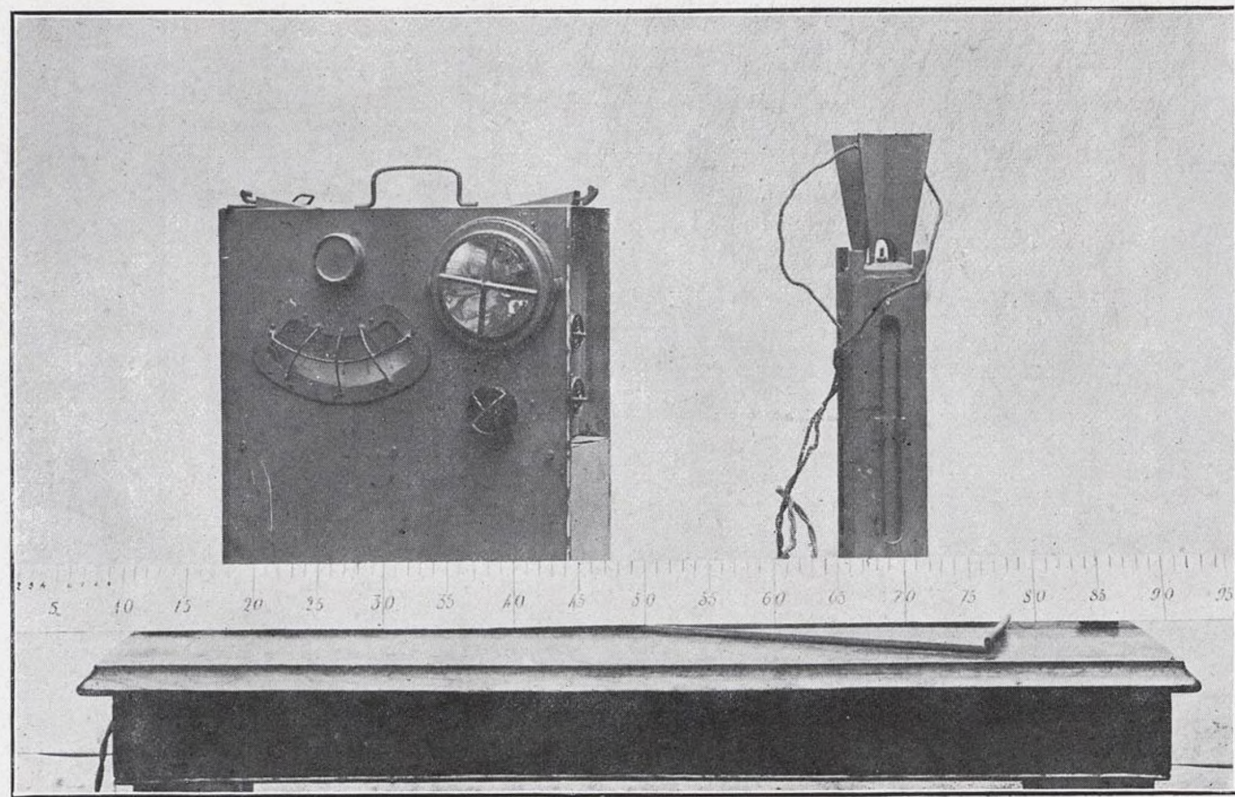


Fig. 21. — Appareil détecteur de gaz « Gabreau ».

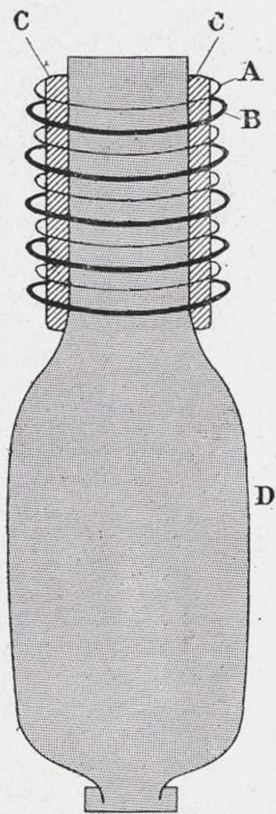
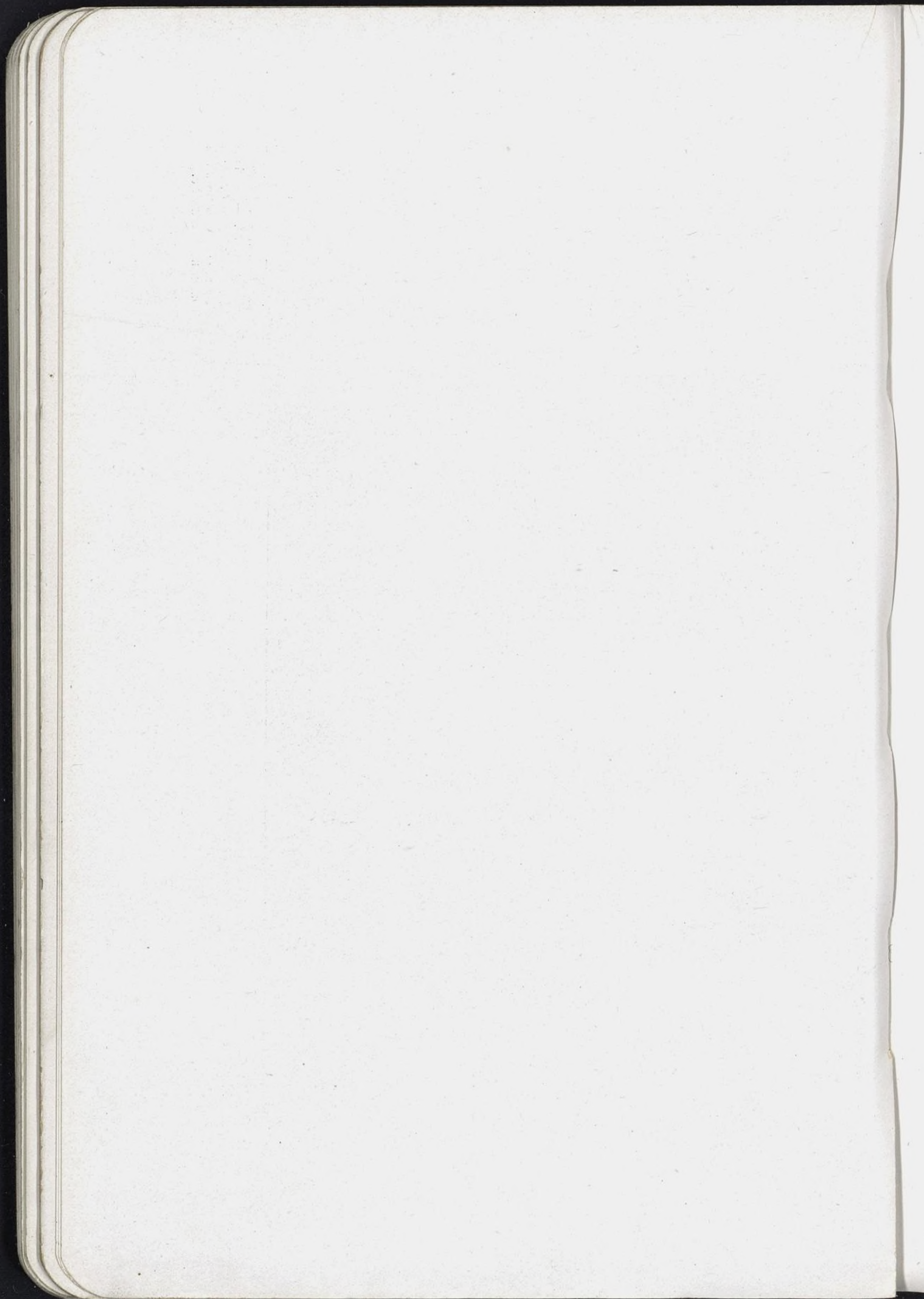


Fig. 20. — A Fil d'argent. — B. Fil zinc. — C Fentre ou papier buvard. — D. Récipient métallique perforé à sa partie supérieure et contenant l'électrolyte.







sur un cylindre de bois garni de feutre ou de papier buvard C, imprégné du liquide excitateur.

L'anode et la cathode, aussi rapprochées que possible, sont en contact, d'une part, avec le liquide excitateur et, d'autre part, avec l'atmosphère.

Le détecteur, pour fournir son maximum de sensibilité, doit être polarisé, ce que l'on obtient par une résistance appropriée du signal sur lequel travaille la pile.

Le détecteur est relié par deux câbles à un avertisseur : sonnerie, ronfleur ou voyant. Ce détecteur peut être lancé ou placé dans les endroits où il est nécessaire de s'assurer si l'atmosphère sera viciée par les gaz. Ce lancement se fait à la main ou au « crapouillot », genre Mortier Cellier.

L'avertisseur ou récepteur relié par fil au détecteur, est placé à grande distance et à l'abri des émanations dangereuses. Les indications sont fournies très rapidement par cet appareil qui est sensible à une proportion de  $1/20.000^e$  de chlore contenu dans l'atmosphère.

#### ETUDES EFFECTUÉES AU LABORATOIRE D'ESSAIS

Le fonctionnement et la sensibilité de l'appareil ont été étudiés en le plaçant dans un récipient en verre à base carrée de 20 centimètres de côté et dont la hauteur était de 40 centimètres. On faisait circuler dans ce récipient un courant d'air mélangé de gaz toxiques en proportions connues.

L'appareil a été soumis notamment à l'action de l'air chargé soit de chlore soit d'oxychlorure de carbone.

L'appareil, représenté par la figure 21, est basé sur la variation de force électro-motrice d'une pile (détecteur) lorsque, les électrodes étant soumises à l'action d'un dépolarisant ou d'un corps avide d'hydrogène, la conductibilité de l'électrolyte se trouve modifiée. Un signal acoustique et optique rend manifestes les fluctuations de la pile quand l'atmosphère ambiante se charge d'un dérivé chloré ou bromé.

#### V

#### Appareils détecteurs « Biquard »

Ces appareils ont la même destination et les mêmes emplois que le précédent. Ils ont été inventés par M. Biquard, chef de la Section de Physique du Laboratoire d'Essais.

Ils reposent sur ce principe que si l'on fait passer dans une flamme



bleu violet foncé et peu éclairante (d'essence, d'alcool ou de gaz) brûlant au-dessus d'une plaque de cuivre perforée, des traces d'une combinaison volatile de chlore ou de brome, il se produit instantanément un chlorure ou un bromure de cuivre volatile qui colore la flamme en vert-jaune clair, en augmentant son éclat.

Une teneur de  $1/20.000^{\circ}$  se décèle déjà nettement; si cette teneur atteint le  $4/1.000^{\circ}$ , la flamme prend une luminosité très intense visible à grande distance.

#### DESCRIPTION DES APPAREILS

Il en a été construit deux types :

Un appareil de poche, sorte de briquet; un appareil plus important avertisseur à distance.

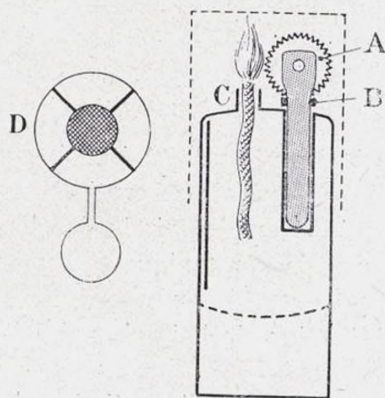


Fig. 22. — Briquet « Biquard. »

A. Roue molletée. — B. Ferro-Cérium.  
— C. Porte-mèche et mèche. —  
D. Toile métallique mobile en cuivre.

#### 1° Appareil de poche

Cet appareil (fig. 22), qui sert à déceler la présence des gaz nocifs dans tout endroit, sape ou tranchée, où se trouve l'homme qui en est muni, est constitué par :

Une *lampe à alcool*, dont le brûleur C est muni d'un petit capuchon de toile de cuivre; on l'allume au moyen du dispositif habituel des briquets (roue molletée A et morceau de ferrocérium B). Le réservoir à alcool est suffisant pour deux heures de combustion.

#### 2° Appareil avertisseur à distance

Il est (fig. 23 et 24), destiné à déceler à distance l'approche d'une vague de gaz; il comprend :

Une *lampe L* à gazéification d'essence, à flamme bleue, dont le sommet du brûleur est recouvert d'une tôle de cuivre perforée. Ce brûleur est renfermé dans une sorte de *lanterne C* munie d'un *réflecteur concave B* permettant de distinguer la coloration à 50 mètres de distance. Un volet permet de rendre la lanterne sourde pen-



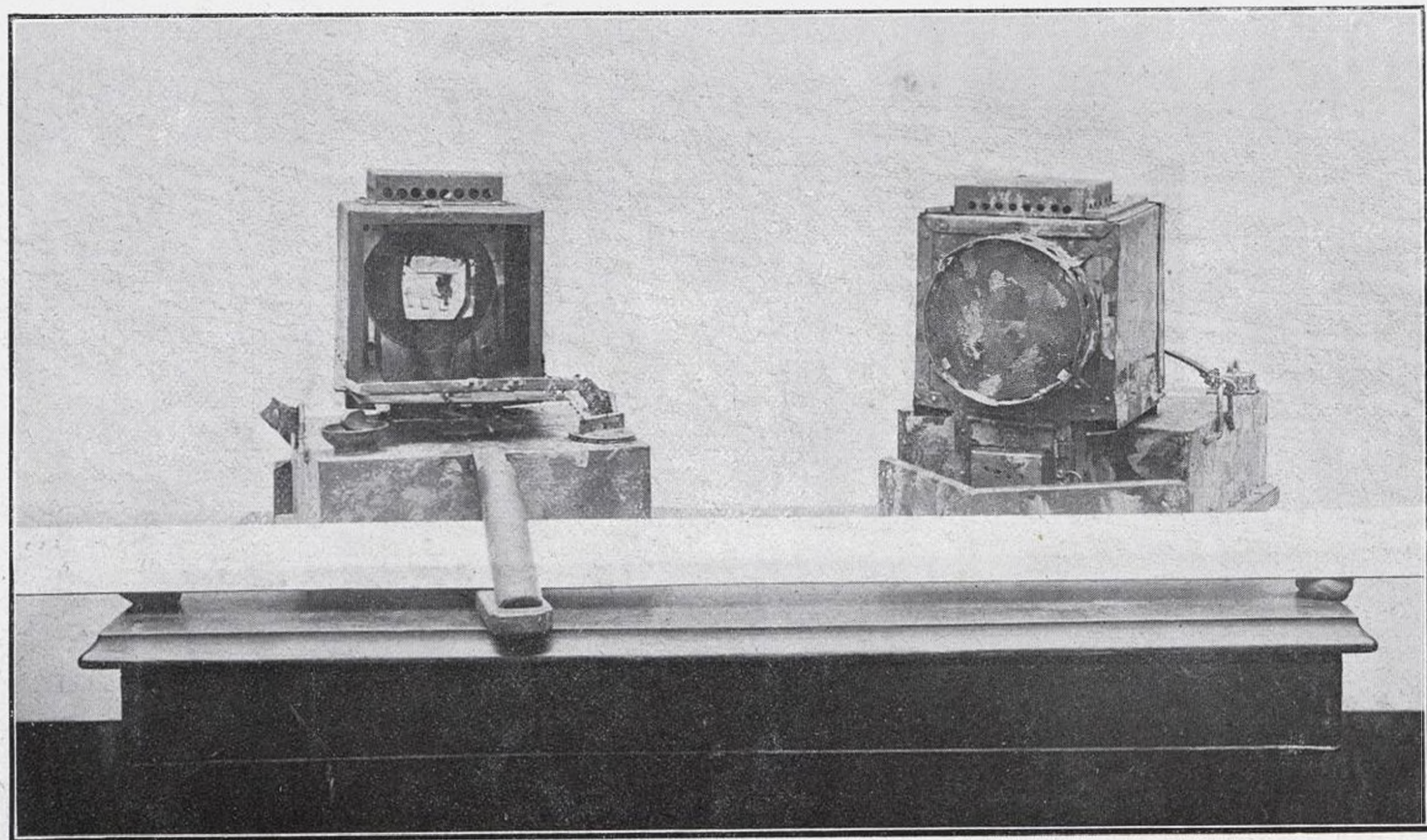
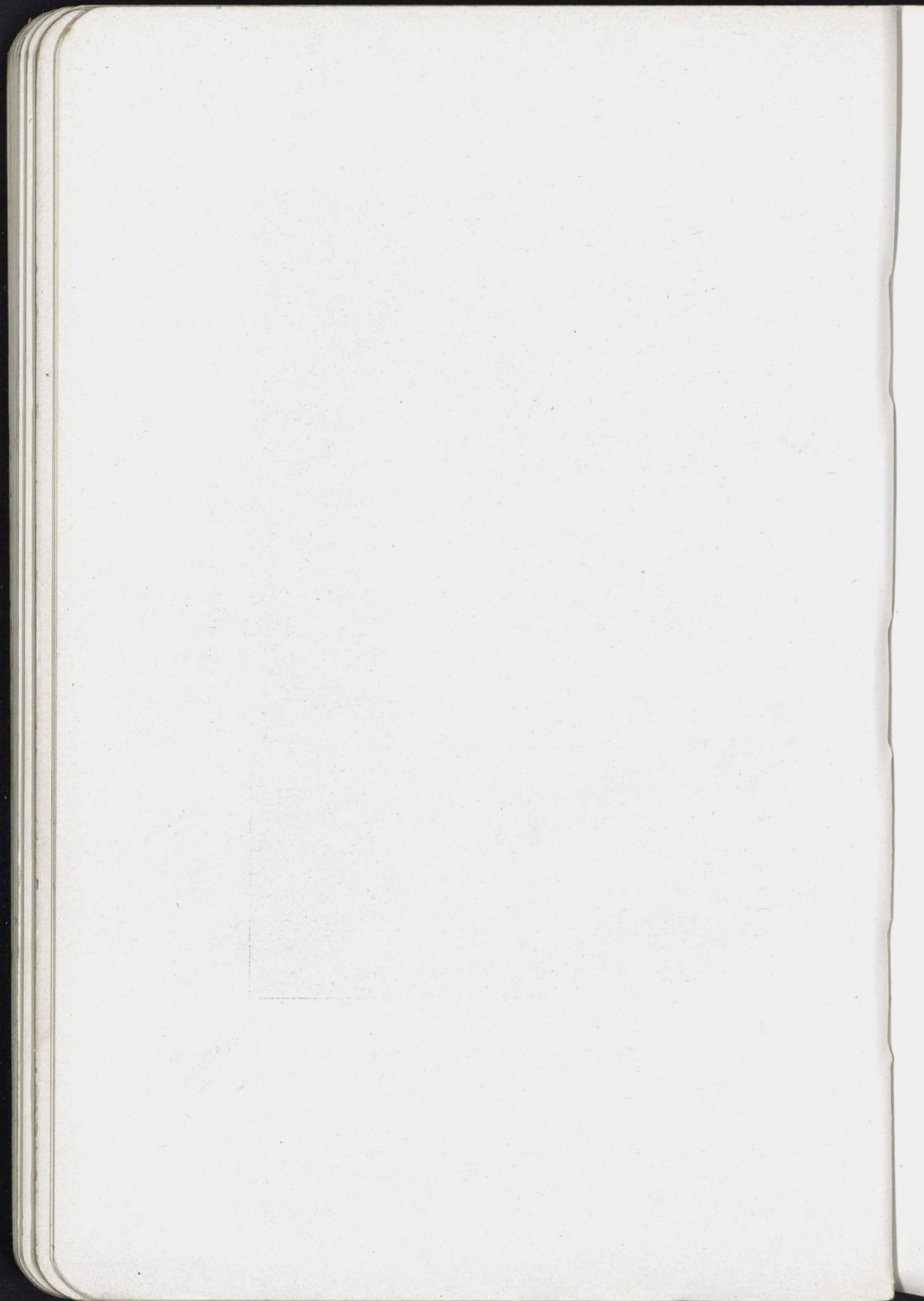


Fig. 23. — Appareil détecteur « Biquard ».







dant le transport. L'air circule par des chicanes analogues à celle des phares d'automobile, afin d'éviter l'extinction de la flamme par le vent ou la pluie.

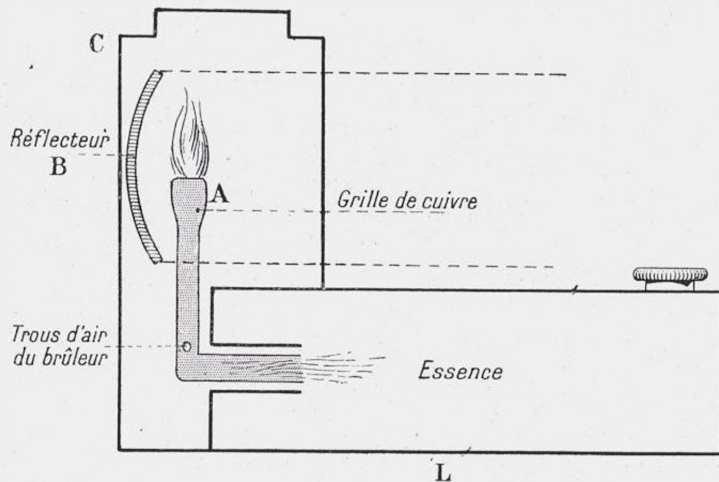


Fig. 24. — Lampe « Biquard. »

L'allumage de cette lampe se fait comme pour les lampes à souder et dure environ une minute. La consommation d'essence est de 40 grammes par heure; la capacité du réservoir correspond à quinze heures et peut être portée, si besoin est, à quarante heures.

L'extinction de cette lampe ne peut se produire que par suite de destruction complète ou de manque de combustible.

#### ETUDES EFFECTUÉES AU LABORATOIRE D'ESSAIS

Ces appareils ont été soumis aux épreuves précédemment décrites pour l'appareil détecteur « Gabreau ».

Ils sont sensibles à une proportion de  $1/20.000^e$  de chlore, de brome ou d'oxychlorure de carbone contenus dans l'atmosphère. Le fonctionnement très simple n'est susceptible d'aucun arrêt accidentel.

Des appareils de chaque type ont été envoyés aux armées.

*Procédés employés pour obtenir le mélange dosé de chlore et d'air nécessaire aux essais des appareils indicateurs de gaz asphyxiants*

Il a été nécessaire, pour les essais des appareils Gabreau et Biquard, de disposer d'un courant d'air mélangé de chlore en proportions connues.



Ce mélange a été obtenu par le dispositif représenté à la figure 24.

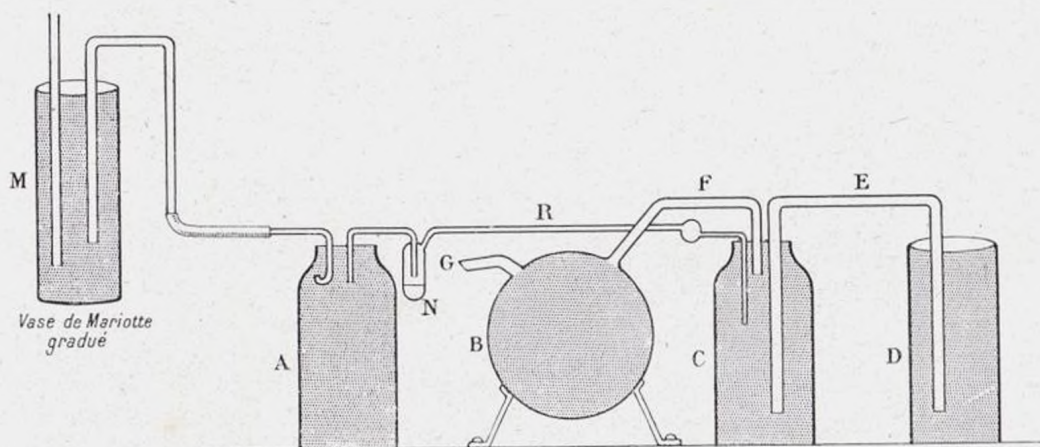


Fig. 25. — Dispositif « Biquard » pour production d'air chargé de faibles teneurs de chlore

Dans un flacon C servant de mélangeur, on envoie (fig. 24) :

1° Par une canalisation R un courant de chlore provenant d'un flacon-réservoir A, refoulé hors de ce flacon par l'écoulement de l'eau salée provenant d'un vase de Mariotte gradué M (indiquant par la quantité d'eau écoulée celle de gaz refoulé) et passant dans un barboteur N permettant de suivre le débit;

2° Par la canalisation F, un courant d'air pur provenant d'une conduite d'air comprimé G mesuré au moyen d'un compteur à gaz B. Le mélange ainsi dosé dans le récipient C se rend par le siphon E dans la cuve d'essai D.

## VI

### Appareil automatique pour la respiration artificielle

Cet appareil, dû à M. G. Dumouthiers, pharmacien au Service de l'Armée, a pour but de créer dans la cavité pulmonaire des sujets syncopés par les gaz asphyxiants ou par tout autre cause une respiration artificielle automatique.

#### DESCRIPTION DE L'APPAREIL

L'appareil, représenté par la figure 25, est essentiellement constitué d'un *corps métallique* comprenant, de gauche à droite, quatre chambres :  $a^2$ ,  $a^1$ ,  $a^{10}$  et  $a^{20}$ , disposées de part et d'autre de l'évidement central  $a^3$  en communication constante avec l'atmosphère. Ce corps métallique est surmonté d'une buse  $b$ , dans laquelle est vissée une



tuyère  $c$ , reliée à une source d'oxygène sous pression. Les chambres extrêmes  $a^2$  et  $a^{20}$  sont reliées à un masque s'appliquant hermétiquement sur le visage du sujet.

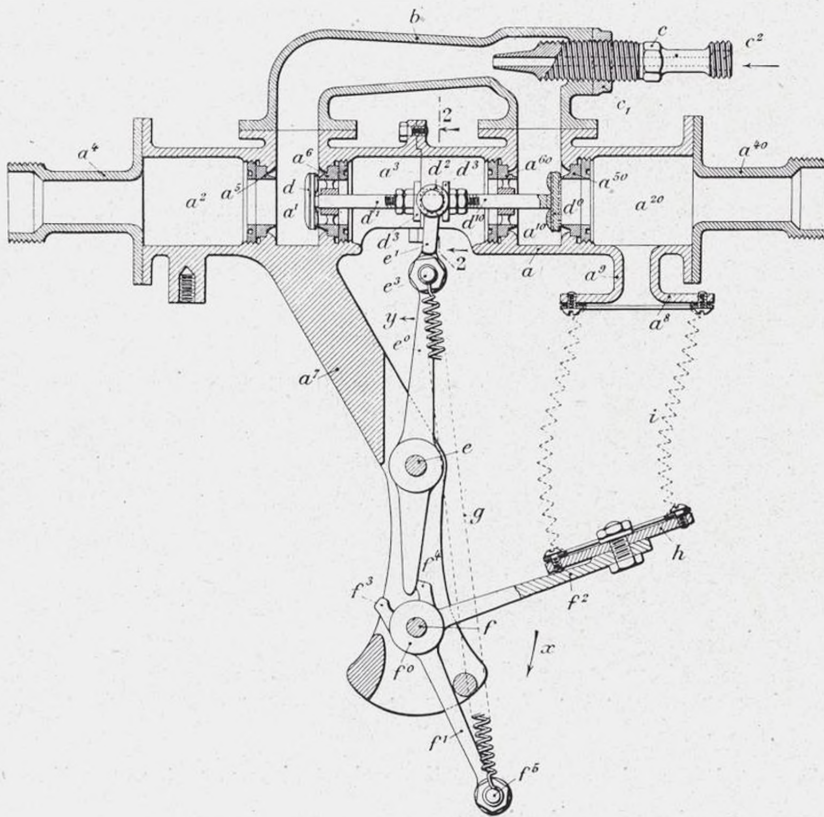


Fig. 26. — Appareil automatique Dumouthiers pour la respiration artificielle.

Deux clapets  $d$ ,  $d^0$ , fixés aux extrémités de deux tiges  $d^1$  et  $d^{10}$  placées dans le prolongement l'une de l'autre, peuvent venir s'appliquer tantôt sur les deux sièges  $a^6$  et  $a^{50}$ , tantôt sur les deux autres sièges  $a^5$  et  $a^{60}$ . Ces tiges sont actionnées par un système de déclic fonctionnant sous l'influence des variations de pression produites dans l'appareil.

Dans la position du croquis, l'oxygène, arrivant d'une façon continue et à une pression convenable par la tuyère  $c$ , crée une aspiration d'air par l'orifice  $a^{60}$ . Le mélange d'air oxygéné remplit tout l'appareil et la cavité pulmonaire du sujet à une pression croissante jusqu'au moment où le déclic se mettant en mouvement modifie la position des clapets et les applique contre les sièges  $a^5$  et  $a^{60}$ .



A ce moment, l'appareil et la cavité pulmonaire du sujet sont en communication avec l'atmosphère par l'orifice  $a^6$ . L'oxygène, continuant à arriver par la tuyère, crée dans tout le système une dépression croissante jusqu'à ce que, sous son influence, le déclic ramène les clapets dans la position du croquis. Le cycle recommence alors.

#### ESSAI DE L'APPAREIL DUMOUTHIER AU LABORATOIRE D'ESSAIS

Ces essais ont eu pour but de déterminer :

- 1° La consommation d'oxygène dans des conditions déterminées;
- 2° Les conditions de fonctionnement de l'appareil en notant en particulier la valeur de la compression et de la dépression produites à chaque pulsation. Dans l'installation représentée par la figure 12, l'appareil A, muni d'une buse de 2  $\frac{m}{m}$  5 de diamètre intérieur, a été branché sur une bouteille d'oxygène B, dont on réglait la pression de débit au moyen d'un détendeur.

Deux manomètres étalonnés M et N donnent l'un la pression du gaz dans la bouteille et l'autre celle à la sortie du détendeur et à l'entrée dans l'appareil.

La capacité pulmonaire du sujet a été remplacée par une poche en caoutchouc P de 6 litres 200 de capacité, sur laquelle était fermé le circuit de l'appareil.

Un manomètre à eau O a été branché sur cette poche afin de permettre d'apprécier la valeur de la compression et de la dépression produites.

On a fait fonctionner l'appareil pendant cinq minutes en notant :

- 1° Le nombre de pulsations;
- 2° La pression de l'oxygène à l'entrée de l'appareil;
- 3° La pression initiale et la pression finale dans la bouteille, afin d'en déduire la consommation d'oxygène.

Le nombre des pulsations doubles a été d'environ 10 et la consommation d'oxygène de 102 litres à la minute.

---



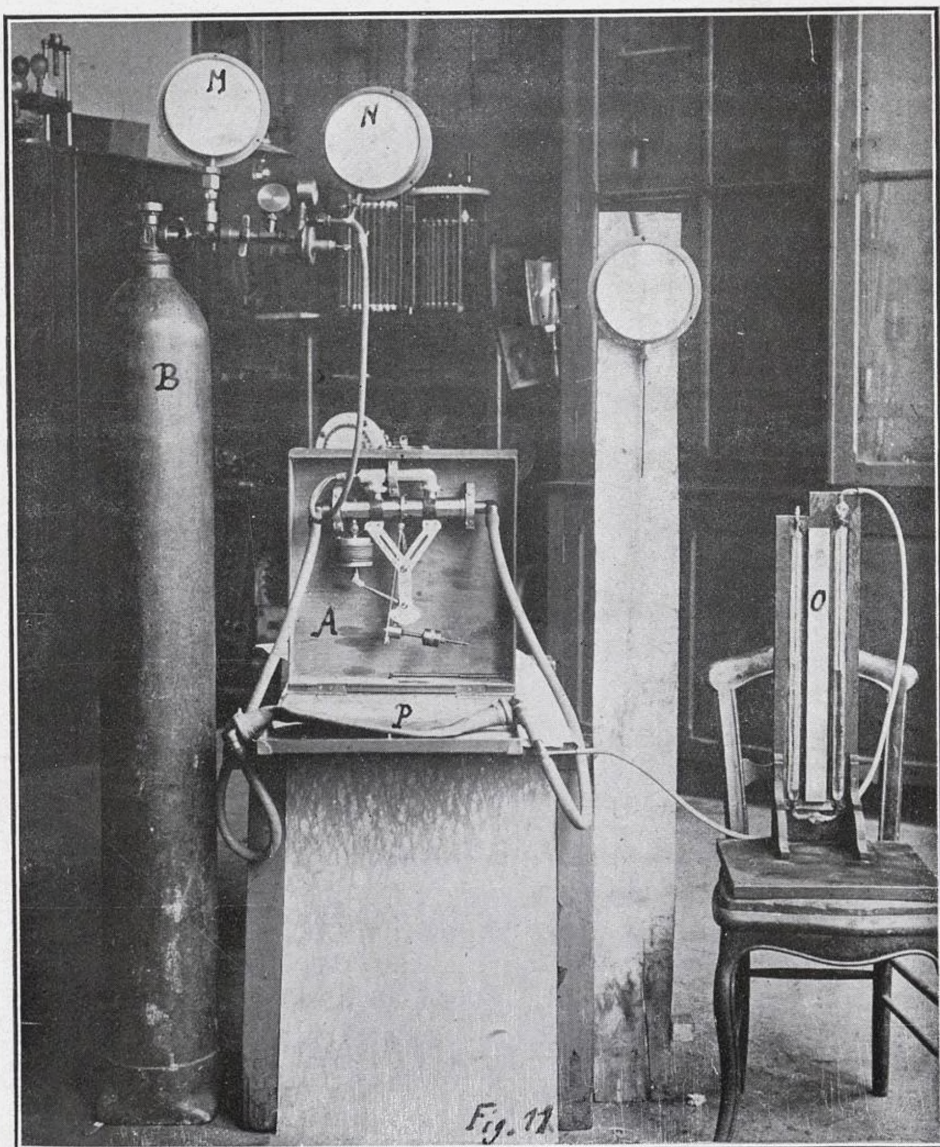


Fig. 27. — Essai de l'appareil automatique Dumouthiers au Laboratoire d'Essais



THE UNIVERSITY OF CHICAGO



## LES PROJECTEURS DE GUERRE

(1916-1917)

---

### Nécessité de projecteurs à très grande intensité

La guerre de position a des nécessités inéluctables qui engendrent des besoins spéciaux. C'est ainsi que, pour éviter d'être observé et repéré pendant le jour, nos ennemis exécutaient, pendant la nuit, quantités d'opérations telles que : renforcement des lignes, constructions d'ouvrages militaires, transports de toutes sortes, sans compter les attaques, les raids de zeppelins ou d'avions, etc.

Un moyen de gêner, chez l'ennemi, ces diverses actions, était de diminuer l'importance du facteur sur lequel il compte le plus : l'invisibilité par suite de l'obscurité. D'autre part, la nécessité de continuer, de nuit, le réglage de l'artillerie lourde à grande distance implique aussi l'éclairage des régions où se trouvent les objectifs. On n'y peut parvenir qu'en fouillant les ténèbres au moyen de projecteurs dont la puissance et, par conséquent, la portée doivent être considérables.

L'armée française a utilisé, notamment, des projecteurs mobiles de construction française qui pouvaient être élevés au moyen d'un élévateur électro-pneumatique à 11 m. 50 au-dessus du sol, et des projecteurs type à arc Sperry.

### Projecteurs américains à arc Sperry

On considérait, jusque dans ces derniers temps, que les projecteurs électriques avaient atteint leur maximum de puissance parce que le point d'ébullition du carbone était la température la plus élevée que l'on put obtenir dans l'arc électrique jaillissant entre deux baguettes de charbon.

Cependant, le récent projecteur Sperry, qui réalise un réel progrès, donne une source lumineuse dont l'éclat intrinsèque dépasse de beaucoup celui de l'arc ordinaire.

Le charbon positif, horizontal, mobile dans un anneau de quartz, est formé d'un tube de charbon rempli de substances particulières qui semblent être des oxydes à point de fusion très élevé. Par un dispositif spécial, il est animé d'un mouvement de rotation autour de son axe de façon à assurer au cratère une forme régulière.



Le charbon négatif est incliné à  $15^\circ$  environ sur l'horizontale et sa pointe se trouve légèrement au-dessous du bord inférieur du charbon positif.

Il est à remarquer que l'usure du charbon positif est très grande; aussi, dans l'arc de 150 ampères, lui donne-t-on une longueur de 1 m. 10.

D'ailleurs, en raison de la chaleur très intense de l'arc, l'usure de ce charbon serait encore plus grande s'il n'était refroidi au moyen d'un courant d'air produit par une petite turbine placée dans le projecteur.

La figure 28 représente le dispositif schématisé de l'arc Sperry.

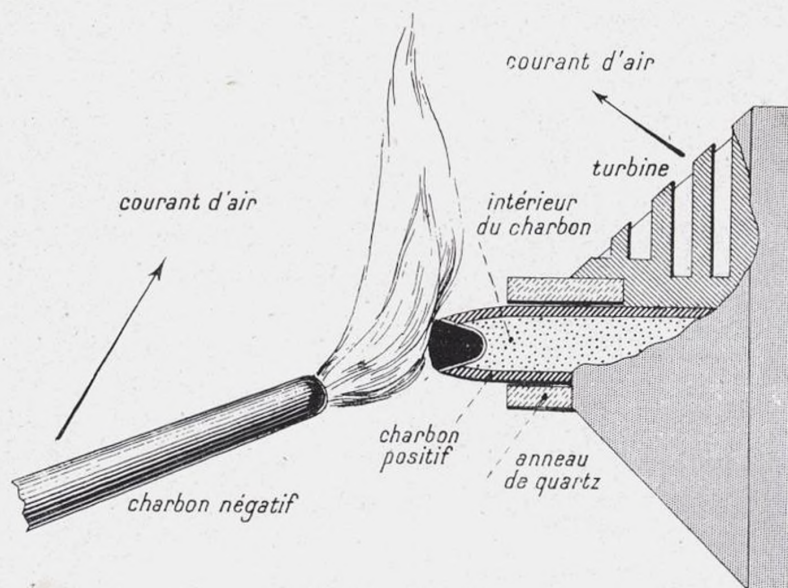


Fig. 28. — Arc Sperry.

#### ESSAIS EFFECTUÉS

On a comparé un projecteur Sperry (150 ampères-80 volts) avec un projecteur H. à charbons N. (90 ampères-60 volts).

Les mesures photométriques, dont les résultats vont être indiqués, ont été effectuées au moyen du photomètre de Lummer et Brodhün, par comparaison avec un étalon secondaire de 220 bougies (lampe à filaments métalliques demi-watt); la distance de l'arc à l'étalon était de 13 mètres. Pour les intensités dépassant 20.000 bougies, on séparait le photomètre et l'arc par un verre gris taré absorbant 60,4 % de la lumière reçue.

Pour mesurer les intensités dans les directions non horizontales, on employait un miroir pouvant tourner autour d'un axe horizontal



situé dans le prolongement des charbons. Ce dispositif avait été établi de façon que l'arc soit toujours vu du photomètre par réflexion sur le miroir, un écran opaque interceptant les rayons directs de l'arc au photomètre.

### RÉSULTATS

D'une façon générale, il a été constaté que l'éclat intrinsèque du cratère Sperry est environ quadruple de celui du cratère des arcs ordinaires.

Les principaux résultats sont les suivants :

#### 1° *Intensité horizontale des appareils fonctionnant à leur régime normal*

Pour des angles de l'axe dans lequel est faite la mesure avec celui du charbon positif ci-après, les intensités ont été, en bougies décimales :

ANGLE	SPERRY	H...
15°.....	86.000	28.900
30°.....	84.000	33.300
45°.....	78.200	30.000
60°.....	70.200	20.200
90°.....	49.250	4.490

#### 2° *Intensités lumineuses totales de la flamme des arcs*

	SPERRY	H...
A 30° de l'axe.....	84.000	33.300
A 90° de l'axe.....	49.250	4.490

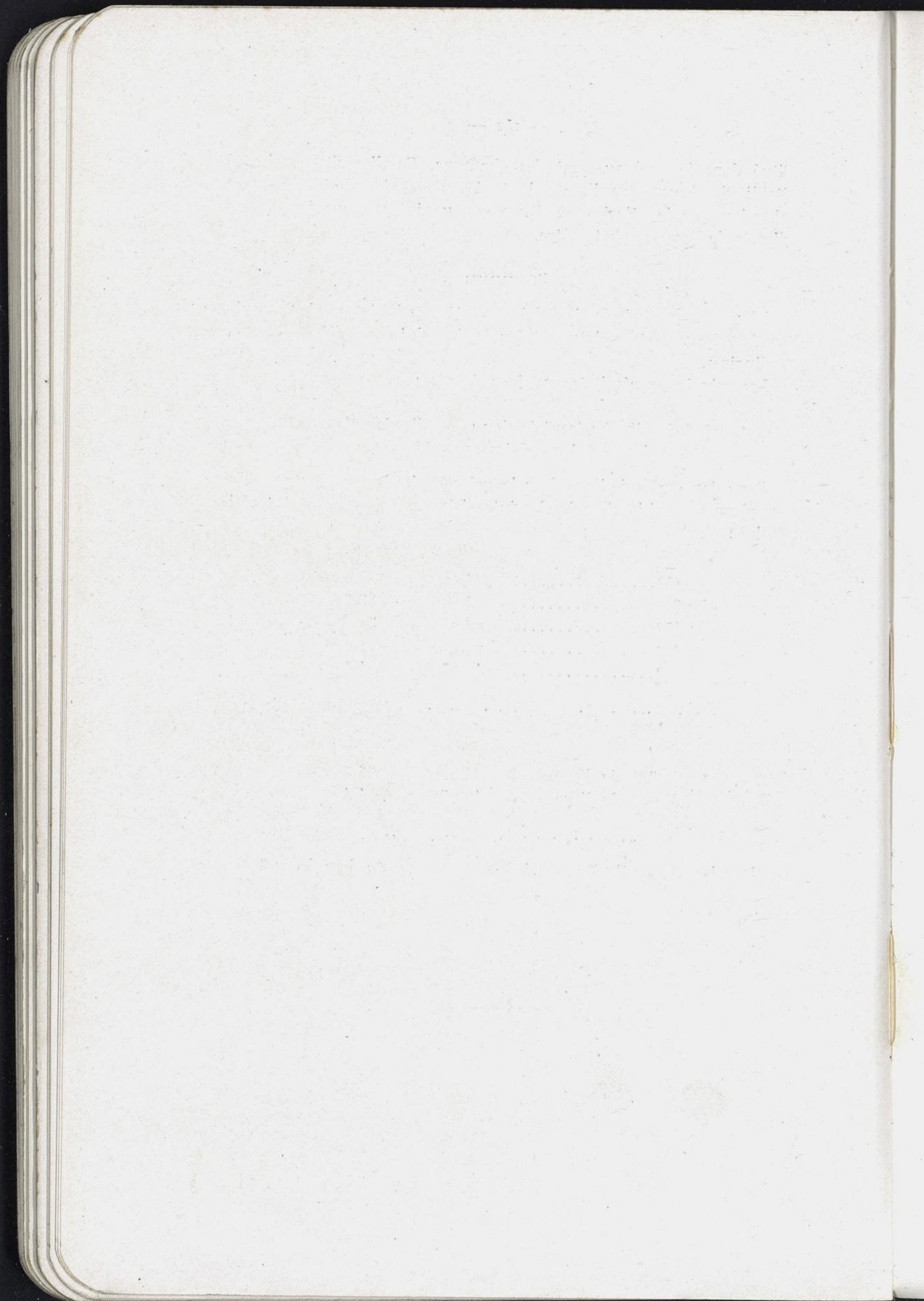
#### 3° *Eclats intrinsèques des cratères*

(bougies par centimètre carré de surface vue sous l'angle de 30°)

SPERRY	H...
74.500	18.450

---







## RECHERCHE DU BALOURD DYNAMIQUE DES OBUS

(1917)

Un assez grand nombre de cas d'irrégularités de tir d'obus, attribués à des défauts de fabrication, ayant été signalés, le commandant Cellier, qui dirigeait en 1917 le Service des Inventions de l'Artillerie, s'est proposé de rechercher si les épreuves de réception habituellement employées étaient suffisantes pour assurer de la bonne confection des projectiles, et, en particulier, si le *balourd* avait une influence.

### Nature du défaut recherché

Les obus sont notamment soumis en usine à une épreuve relative à leur symétrie mécanique, dite *épreuve d'excentricité*, et dont le but est de constater si le centre de gravité, qui théoriquement devrait se trouver sur l'axe de la surface extérieure, ne s'en trouve pas écarté d'une distance supérieure à une limite de tolérance déterminée. Cette épreuve se fait pratiquement en observant, à l'œil, la manière dont roule l'obus légèrement lancé sur un marbre horizontal, et, en cas de doute, en vérifiant si un poids correcteur, placé au bout de l'obus dans l'azimut opposé au *point lourd*, ramène un roulement régulier.

Mais on peut prévoir théoriquement, et l'expérience le confirme, l'existence d'un autre défaut de symétrie mécanique, que la vérification ci-dessus ne décèle nullement. Ce défaut consiste en un écart angulaire du grand axe central d'inertie de l'obus avec l'axe de la forme extérieure de l'obus.

Le *balourd statique* se manifeste sur un obus chaque fois que le centre de gravité ne se trouve pas sur l'axe de symétrie, et le *balourd dynamique* chaque fois que le grand axe central d'inertie n'a pas une direction parallèle à celle de l'axe de symétrie de la forme extérieure.

L'effet du balourd statique peut être réduit, lorsque l'obus tourne autour d'un axe qui coïncide invariablement avec son axe de figure, à l'action d'une force centrifuge appliquée au centre de gravité, et qui tendrait à écarter constamment ce centre de gravité, de l'axe.

L'effet du balourd dynamique, au contraire et dans les mêmes conditions, ne tend pas à écarter le centre de gravité de l'axe de rotation, mais à écarter l'obus de son axe de rotation.



### Principe de la mesure des balourds

Le principe de l'appareil qui a été créé au Laboratoire d'Essais par MM. Biquard et Lebrun pour la mesure du balourd, consiste à mettre l'obus en rotation par une liaison située dans le plan du centre de gravité, et à enregistrer l'amplitude des déplacements de l'axe de symétrie, en polarisant ces déplacements dans un plan horizontal.

L'obus peut rouler sur deux paires de galets situés à égale distance de son centre de gravité; il est mis en rotation par une courroie très souple, qui l'attaque dans la région de la section contenant le centre de gravité et qui est entraînée par la poulie d'un moteur électrique fixé au-dessus. Chaque paire de galets repose sur un patin horizontal mobile sur billes, perpendiculairement à l'axe de l'obus.

Au centre de chaque patin sont fixés deux couteaux réglables entre lesquels passe, à frottement doux, une lame de ressort rectiligne allant de l'un à l'autre patin et encastrée exactement en son milieu dans un bloc d'acier fixé à mi-distance des deux patins. Ce ressort a pour effet de tendre à ramener constamment les patins à leur position moyenne d'origine, lorsqu'ils s'en écartent.

Les rapides déplacements alternatifs, communiqués aux patins lors de la rotation de l'obus, sont enregistrés au moyen d'un petit miroir concave en liaison avec les patins et qui produit, sur un écran, l'image d'un point lumineux convenablement situé.

Cette liaison du miroir avec les patins est réalisée par deux tiges, formant chacune pompe dans des têtes d'articulations à axe vertical, placées respectivement aux extrémités des bras horizontaux fixés invariablement aux patins.

Le miroir porte une troisième tige s'enfonçant à pompe dans une tête dont l'axe d'articulation est parallèle aux bras horizontaux et qui est portée par une borne verticale fixée au bâti.

Il résulte de ces dispositifs que :

Si les patins sont animés de mouvements de translation rigoureusement identiques et en phase, les tiges auront aussi des mouvements identiques et en phase. Le miroir oscillera donc autour d'un axe horizontal constitué par l'articulation et l'image du point lumineux décrira sur l'écran lumineux une ligne verticale.

Si les deux patins sont animés de mouvements de même nature, égaux et de sens toujours opposés, le miroir oscillera, au contraire, autour d'un axe vertical. L'image du point lumineux décrira une ligne horizontale.

Dans tous les autres cas, le miroir oscillera à la fois autour d'un axe horizontal constitué par l'articulation et autour d'un axe vertical

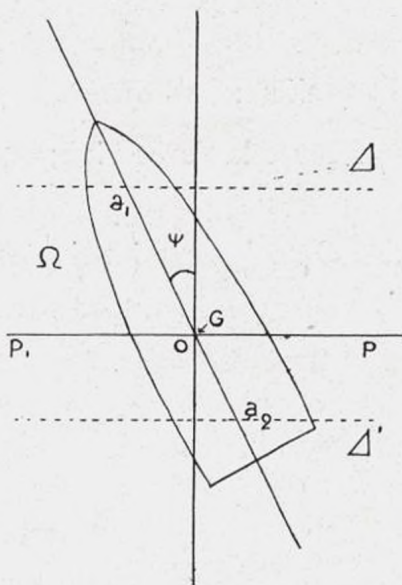


constitué par la troisième tige. L'image décrira une ligne oblique, ou une courbe suivant la valeur relative et le déphasage des mouvements des deux patins.

M. le professeur Hadamard, de l'Académie des Sciences, a établi, à cette occasion, la théorie du mouvement de l'obus en rotation sur l'appareil, et que nous résumons ci-après :

Le mouvement à étudier est celui d'un solide de révolution  $\Omega$  auquel une rotation constante et rapide (vitesse angulaire  $\omega$ ) est communiquée autour de son axe de figure.  $\Omega$  est de plus, posé sur un plan horizontal fixe ; il est enfin soumis à deux forces extérieures : les actions des ressorts.

Tout se passe comme si ces dernières étaient appliquées en deux points  $a_1, a_2$  de l'axe de figure, ces points étant ceux où l'axe en question est coupé respectivement par deux droites  $\Delta$  et  $\Delta'$  parallèles fixes (les deux chemins de roulement).



Les points  $a_1, a_2$  ne peuvent pas, théoriquement, être invariablement liés au corps mobile (c'est-à-dire à distance constante du centre de gravité  $G$  de celui-ci), puisque leur distance mutuelle ne pourrait pas varier ou bien qu'elle change avec l'inclinaison de l'axe de figure sur  $\Delta \Delta'$ . Toutefois, cette inclinaison n'éprouve que de faibles variations et les points  $a_1, a_2$  que de faibles déplacements.

On peut donc admettre, sans changer sensiblement les liaisons :

- 1° Que  $a_1, a_2$  sont invariablement liés à  $\Omega$  ;
- 2° Qu'un point intermédiaire  $O$  de l'axe de figure également invariable par rapport à  $\Omega$ , décrit une droite  $\eta' \eta$  (parallèle à  $\Delta, \Delta'$ ).

On admet également pour simplifier, que ce point  $O$  n'est autre que la projection du centre de gravité  $G$  sur l'axe de figure et, enfin, que ces liaisons sont sans frottement ; que la courroie de transmission qui entretient le mouvement de rotation, n'exerce d'autre action qu'un couple ayant pour axe l'axe de figure.



Les trois équations différentielles trouvées par M. Hadamard, relatives à la rotation, sont les suivantes :

$$\begin{aligned}
 & \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{dp} \right) + q \frac{dT}{dr} - r \frac{dT}{dq} + v \frac{dT}{dw} - z v \frac{dT}{dv} = X, \\
 (7) \quad & \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{dq} \right) + r \frac{dT}{dp} - p \frac{dT}{dr} + w \frac{dT}{du} - u \frac{dT}{dw} = Y, \\
 & \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{dr} \right) + p \frac{dT}{dq} - q \frac{dT}{dp} + u \frac{dT}{dv} - v \frac{dT}{du} = Z,
 \end{aligned}$$

dans lesquelles :

T représente la force vive;

$p, q, r$ , sont les composantes, par rapport aux axes, de la vitesse du point O de la rotation instantanée;

$u, v, w$ , sont les composantes de la vitesse du point O;

$x, y, z$  sont les projections du moment résultant des forces extérieures par rapport au point O sur trois axes rectangulaires passant par ce point, savoir : celui des X suivant l'axe de figure, celui des Y suivant O G, celui des Z défini en conséquence.

La discussion des équations montre qu'il existe une *dépendance mutuelle* entre la *translation oscillante* et la *libration*.

Ces équations se simplifient notablement lorsqu'on dispose le solide de façon qu'il se déplace parallèlement à lui-même, sans communication de rotation propre; l'obus oscille sans aucune tendance à la libration.

Si l'on suppose que les oscillations forcées soient pures, c'est-à-dire non mélangées d'oscillations propres, l'image produite par le spot sera une *ellipse* dont la connaissance fournira les caractéristiques du balourd.

En réalité, il faut tenir compte de l'influence des oscillations propres, qui ont pour effet de changer la forme de l'ellipse lumineuse et de la faire elle-même osciller avec des périodes relativement lentes.

Les périodes lentes en question sont au nombre de deux; si l'on arrivait à rendre ces dernières périodes identiques entre elles, la translation de l'ellipse lumineuse aurait lieu elle-même suivant une ellipse; un dispositif stroboscopique permettrait alors de fixer l'ellipse en question.

Toutefois, si l'on tient compte de l'ordre de grandeur approximatif des divers facteurs, en particulier de ce que les périodes de rotation de l'obus varient de 600 à 1.200 tours par seconde; si l'on tient



compte de la masse des ressorts portant l'obus, on peut déduire des équations simplifiées, que le dispositif de Lissajous fera apparaître une ellipse lumineuse de forme et d'orientation invariable mais animée d'un lent mouvement de translation oscillante.

Les dimensions de l'ellipse caractérisent les balourds statique et dynamique.

#### OBSERVATIONS SUR LES RÉSULTATS OBTENUS

Un lot de 500 obus, prêts à être envoyés à l'atelier de chargement, a été examiné au Laboratoire d'Essais au moyen de l'appareil de MM. Biquard et Lebrun, au point de vue du balourd statique et du balourd dynamique.

Les résultats généraux de cet examen ont été les suivants :

1° Il n'existe aucune relation entre la valeur du balourd statique et la valeur du balourd dynamique, dans un obus. La présence et la grandeur de l'un des deux défauts ne peut rien faire prévoir en ce qui concerne la présence et la grandeur de l'autre;

2° La proportion des obus entachés d'un balourd élevé est sensiblement la même lorsque l'on considère le balourd dynamique et lorsque l'on considère le balourd statique, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

	Balourd statique	Balourd dynamique
Proportion d'obus ayant un balourd égal ou inférieur à la valeur moyenne des balourds du lot examiné.....	55 %	61 %
Proportion d'obus ayant un balourd égal ou supérieur au double de cette moyenne	7,8 %	8,1 %
Proportion d'obus ayant un balourd égal ou supérieur au triple de cette moyenne	0,8 %	1,2 %

3° Si l'on compare les amplitudes des déplacements alternatifs des extrémités de l'axe de figure de l'obus lorsqu'il est en rotation sur l'appareil d'essais (déplacements provenant d'une part du balourd statique et d'autre part du balourd dynamique), on constate qu'elles sont de même ordre de grandeur lorsque ces balourds ont respectivement pour valeur les moyennes des valeurs trouvées dans le lot pour chacun d'eux (amplitude moyenne statique, 43, amplitude moyenne dynamique 25,5).

4° D'autre part, il résulte de nombreux essais effectués par les Commissions d'expériences de l'Artillerie, en utilisant des écrans échelonnés depuis le commencement de la trajectoire, et donnant la



forme des empreintes laissées par le projectile, qu'une sorte de régime stable du mouvement de rotation de l'obus paraît s'établir assez rapidement.

Cette observation est confirmée par des résultats de tirs à portée moyenne effectués avec un même canon, toutes choses égales d'ailleurs, mais avec des projectiles réguliers ou irréguliers. Les portées, les écarts moyens en portée et directions sont comparables. La stabilisation rapide des projectiles sur leur trajectoire s'explique par l'amortissement énergétique qui existe, quelle que soit la position du centre de résistance relativement au centre de gravité.

Il semblerait donc résulter de l'ensemble de ces résultats de tir que *l'influence de toutes les irrégularités du projectile qui n'intéressent pas la forme extérieure du projectile est négligeable, aussi bien sur la valeur des portées que sur la précision du tir.*

Pour conclure, il eût été nécessaire de prélever des obus en nombre suffisant présentant un balourd anormal, décelé comme il a été expliqué et d'effectuer des tirs méthodiques. Les circonstances d'urgence de la guerre n'ont pas permis de traiter ce dernier point.

---



## ESSAIS PHOTOMÉTRIQUES DE FUSÉES ÉCLAIRANTES

(1916-1917)

Au cours de la campagne, les fusées et les signaux lumineux ont trouvé de multiples applications. On les a utilisés notamment pour :

Eclairer de nuit le terrain en avant des lignes, de façon à éviter les attaques par surprise;

Signaler à l'artillerie l'avance de l'infanterie au cours des attaques;

Permettre aux aviateurs de reconnaître soit les buts à bombarder, soit les terrains d'atterrissage;

Exécuter toutes communications par signaux soit avec les postes de commandement, soit entre diverses unités, soit pour les avions et, en particulier, permettre à ces derniers de se faire reconnaître entre eux ou des troupes qu'ils survolent.

Un très grand nombre d'engins ont été proposés au cours de la campagne, afin de donner satisfaction aux divers desiderata ci-dessus.

Il a donc été nécessaire de les étudier comparativement de façon à se rendre compte de leurs diverses propriétés au point de vue de :

Facilité d'allumage;

Durée de l'éclairement;

Intensité lumineuse.

### PROCÉDÉS D'ESSAIS

Les essais effectués à ce dernier point de vue au Laboratoire ont embrassé cinquante catégories d'engins lumineux. Ils ont été effectués en faisant brûler au point fixe soit les pièces lumineuses complètes lorsqu'elles ne comportaient pas de charges de lancement, soit les pots lumineux extraits des fusées de signaux comportant intérieurement une charge de lancement.

Lorsque les fusées ou signaux renfermaient plusieurs pots devant produire simultanément des foyers lumineux indépendants, des mesures photométriques ont été faites sur chaque foyer séparément. On calculait ensuite l'intensité lumineuse de l'ensemble des foyers produits par la fusée.

Les mesures photométriques ont été dans tous les cas des mesures d'intensité lumineuse dans la direction horizontale. Elles ont été faites



au moyen du photomètre Lummer et Brodhün par rapport à un étalon de dix bougies (lampes à incandescence à filament métallique), en plaçant les foyers lumineux à des distances de l'étalon comprises entre cinq ou quarante mètres, suivant l'intensité de ces foyers lumineux.

Les pots lumineux ont été placés dans la direction dans laquelle ils doivent normalement brûler lors de leur emploi (flamme verte ascendante pour les feux Coston, grenades modèle 1877, flamme verticale descendante pour les signaux des fusées à parachute, tels que les pots Michelin de 170).

Dans le cas de signaux à étoiles multiples où le sens des flammes est indéterminé, on a disposé les pots de manière à produire une flamme verticale ascendante lorsque chaque pot ne portait de mèches d'inflammation qu'à une extrémité. Lorsqu'ils étaient munis de mèches doubles pour inflammation simultanée aux deux extrémités, on plaçait ces pots de manière qu'ils produisent deux flammes horizontales qui soient vues simultanément dans le photomètre.

Pour l'essai des compositions éclairantes en poudre, on a constitué des pots de 50 millimètres de hauteur et de 20 ou 50 millimètres de diamètre, en tassant les poudres dans des cylindres de carton. Ces pots étaient disposés pour l'essai de manière à donner une flamme verticale ascendante.

En outre, on a évité, autant que possible, l'interposition entre les foyers lumineux et le photomètre des fumées provenant de la combustion en orientant l'axe du photomètre de manière que le vent entraîne les fumées du côté opposé.

Les durées de combustion ont été mesurées entre le commencement et la fin de la période d'éclairement réel sans tenir compte de la période préliminaire de combustion des mèches de transmission.

Autant qu'il a été possible, les essais ont été effectués pour chaque catégorie de fusées ou de signaux sur plusieurs échantillons et on a pris la moyenne des résultats obtenus.

Des tableaux récapitulatifs ont été établis, résumant les caractéristiques de divers engins et les résultats photométriques obtenus pour chacun d'eux. Ces tableaux, transmis aux Services intéressés, ont permis de faire un choix judicieux, selon les usages auxquels on les destinait, entre les différents engins proposés.

---



## LES LIGNITES

(1916-1917)

---

### Nécessité de rechercher des succédanés de la houille

L'impossibilité d'exploitation de la plupart de nos charbonnages du Nord jointe aux besoins toujours croissants des usines travaillant pour la Défense nationale, avait nécessité l'importation de charbons anglais en augmentation continue.

La pénurie des transports rendant cette importation précaire, le Gouvernement prit des mesures pour augmenter la production nationale de houille et, dans un autre ordre d'idées, pour faire étudier l'utilisation de combustibles de qualités moindres, mais existant dans notre sous-sol et facilement exploitables.

C'est ainsi que fut créée, au Ministère du Commerce et de l'Industrie, par arrêté du 16 août 1916, la Commission pour la distillation des combustibles. Elle s'est mise en rapport, en novembre 1916, avec le Laboratoire d'Essais du Conservatoire des Arts et Métiers qu'elle a chargé d'analyses et d'expériences nécessaires à la bonne marche de ses travaux.

### GÉNÉRALITÉS SUR LES LIGNITES

Les combustibles, jusqu'ici expérimentés au Laboratoire, soit à l'état naturel, soit sous forme d'agglomérés, rentrent dans la catégorie des lignites, substances de formation ancienne, provenant d'une altération de végétaux moins avancée que celle d'où résultent les houilles et conservant, en général, la forme et la texture des végétaux originels.

Au point de vue géologique, l'étage des lignites est séparé de celui des houilles par la craie. Les parties minérales contenues dans les lignites consistent en sels de chaux, argile et pyrite.

Ces combustibles, qu'on trouve dans le Soissonnais, en Provence, etc., brûlent en produisant une fumée épaisse et donnent un coke friable.

### BUT DES ESSAIS

Les essais ont eu pour but d'observer la tenue au feu de ces combustibles et de mesurer les quantités d'eau vaporisées par leur com-



bustion, les poids des résidus obtenus et les produits de leur distillation, de façon à déterminer leurs caractéristiques industrielles, comparativement à celles des houilles.

La tenue au feu du coke de certains lignites n'a pas été satisfaisante. Par contre, les différents agglomérés, notamment ceux de lignite distillé, se sont parfaitement comportés aux divers points de vue.

On a pu en conclure que ces nouveaux agglomérés, fabriqués avec des produits du sol français, étaient susceptibles de rendre dès cette époque les plus grands services en fournissant un combustible utilisable dans les foyers domestiques et dans la petite industrie.

#### MÉTHODE D'EXPÉRIMENTATION

Dans les divers essais effectués au Laboratoire, le pouvoir calorifique a été effectué par l'obus Malher, l'humidité a été déterminée par dessiccation à l'étuve à 110° C, les cendres ont été déterminées par pesée après calcination au four à moufle vers 900° C, les matières volatiles par le procédé Muck, la mesure des quantités d'eau vaporisées a été exécutée avec une chaudière verticale à tubes Field servant de générateur. Elle était alimentée par un injecteur puisant l'eau dans une bêche graduée. La vapeur produite était évacuée par une conduite à débit réglable au moyen d'une vanne.

Le réglage du tirage était fait à volonté par injection de vapeur dans la cheminée.

Au commencement de l'essai, la grille et le cendrier étant parfaitement nettoyés, on repérait le niveau de l'eau dans la chaudière et dans le réservoir d'alimentation, on notait la pression à la chaudière et l'épaisseur du combustible sur la grille.

Pendant l'essai, les chargements de combustible avaient lieu tous les quarts d'heure, le feu étant réglé de manière à conserver la même épaisseur de combustible sur la grille, et la pression de la chaudière étant maintenue constante au moyen de la vanne de débit de vapeur.

Tous les quarts d'heure, on effectuait les déterminations suivantes :

Pression de la vapeur dans la chaudière;

Intensité du tirage;

Température de l'eau d'alimentation,

Température de la salle;

Température des gaz à la sortie de la chaudière.

A la fin de l'essai, la grille était dégrassée et les cendres et mâchefers recueillis et pesés.

On mesurait les quantités de charbon et d'eau consommées.



## RÉSULTATS DES ESSAIS

---

### *Premier exemple d'essai — Novembre 1916*

Trois échantillons de lignite A, B, C, sans indication d'origine, et trois échantillons de charbon *a*, *b*, *c* provenant de ces lignites, produits tous exempts de pétrole, d'huile lourde et de silicate de soude.

Les essais ont porté sur des mesures de poids spécifique, de pouvoir calorifique supérieur et de résidus de la combustion.

Les résultats ont été les suivants :

Poids spécifique apparent des charbons, de 0,94 à 0,99;

Pouvoir calorifique supérieur : Lignites A, B, C, de 3.080° à 4.900°; charbons *a*, *b*, *c*, de 4.850° à 5.850°;

Cendres, % : Lignites A, B, C, de 11, 50 à 37,95; charbons *a*, *b*, *c*, de 6,80 à 17,20.

### *Second exemple d'essai — Décembre 1916*

Quatre échantillons de lignites italiens :

N° 1. — Chianto (Toscane);

N° 2. — Baku-Abis (Sardaigne);

N° 3. — Casino de Terra (Toscane);

N° 4. — Fossata (Marche).

Les essais ont porté sur la détermination d'humidité, de pouvoir calorifique, de cendres, de matières volatiles, etc., et les résultats peuvent être résumés ainsi :

Humidité totale (2, 1, 4, 3) : de 2,3 à 13,4;

Pouvoir calorifique du combustible desséché à 110° (2, 1, 4, 3) : de 2.900° à 5.300°;

Combustible sec. — Cendres (3, 4, 1, 2), de 25,3 à 48,7; Matières volatiles (2, 3, 1, 4) : de 32,6 à 40,4; Carbone (2, 1, 4, 3) : de 18,7 à 36,1.

### *Troisième exemple d'essai — Décembre 1916*

Six échantillons provenant des Bouches-du-Rhône :

1. — Menus lavés non distillés;

2. — Menus lavés distillés;

3. — Boulets de menus lavés non distillés;



4. — Boulets de menus lavés distillés;
5. — Roches non distillées;
6. — Roches distillées.

Les expériences ont porté sur les mêmes déterminations que dans le précédent essai et les résultats ont été les suivants :

	1	2	3	4	5	6	
Humidité totale.....	7,6	3,6	6,3	6.700 <sup>e</sup>	8,6	2,4	
Pouvoir calorifique de l'échantillon desséché à 110°......	6.925 <sup>e</sup>	6.600 <sup>e</sup>	6.425 <sup>e</sup>	6.700	6.425 <sup>e</sup>	3.225 <sup>e</sup>	
COMBUSTIBLE SEC	Cendres.....	10,8	15,8	15,6	27,4	11,2	51 0
	Matières volatiles.....	41,6	13,8	40,7	59,3	42,7	6,1
	Carbone fixe.....	47,2	70,4	43,7	4,0	46,1	42,9
	Soufre.....	5,7	4,6	4,5	6,3	5,9	3,0

*Quatrième exemple d'essai — Janvier 1917*

Sept échantillons de combustibles marchands, même provenance que ci-dessus :

- A. — Agglomérés de lignites (menus lavés non distillés) : lignite 90 %, brai 8 %, goudron 2 %;
- B. — Agglomérés de lignites (menus lavés distillés), même proportion d'agglomérants;
- C. — Coke de même lignite, non aggloméré;
- D. — Agglomérés de Bl., mêmes agglomérants;
- E. — Coke de Bl.;
- F. — Agglomérés mixtes : lignite 45 %, charbon de Bl. 45 %, brai 8 %, goudron 2 %;
- G. — Agglomérés mixtes : lignite 70 %, charbon de Bl. 20 %, brai 8 %, goudron 2 %;
- H. — Houille demi-grasse tout-venant (témoin).

Les expériences ont eu pour but de déterminer, en plus des éléments des essais précédents, le pouvoir de vaporisation et le rende-



ment thermique, et les résultats sont consignés dans le tableau ci-après :

	A	B	C	D	E	F	G	H
Humidité totale.	6,3	5	3,6	4,7	4,2	5,7	6,1	2,6
Pouvoir calorifique du combustible sec...	6.425°	6.700°	6.600°	7.085°	6.800°	6.880°	6.650°	7.875°
Cendres..... %	15,6	13,3	15,8	9,7	12,0	12,7	13,8	1,8
Matières volatiles..... %	40,7	27,4	13,8	35,8	9,8	37,4	38,4	34,3
Carbone fixe. %	43,7	59,3	70,4	54,5	78,2	49,9	47,8	63,9
Poids d'eau, prise à 0°, vaporisée à 100°, par kilogramme de combustible brut.. kg	3,50	4,78	3,12	4,75	3,92	4,36	3,40	4,76
Rendement thermique rapporté à l'eau de vaporisation dans les conditions de l'essai et au combustible.... %	37,0	47,9	31,1	44,8	38,3	39	34,7	39,5
Température du gaz à la sortie de la chaudière..... °	294	351	168	359	497	42,8	306	373

Il est à remarquer que :

Pendant l'essai du combustible C, on a dû réduire les chargements de moitié et même en supprimer quelques-uns, afin de ne pas étouffer le feu, la combustion ne se faisant bien que sur la partie avant de la grille;

Pendant l'essai du combustible E, les gaz se sont enflammés à plusieurs reprises à la sortie de la chaudière, ce qui a provoqué la température élevée enregistrée; en outre, les derniers chargements ont dû être légèrement réduits.



*Cinquième exemple d'essai — Février 1917*

Trois échantillons de lignite des Bouches-du-Rhône :

1. — Grelassons choisis;
2. — Chatilles lavées;
3. — Menus bruts.

On a effectué des essais de distillation sur des prises d'essai de 250 grammes introduites dans un tube de fer de 50 millimètres de diamètre et 400 millimètres de long, chauffé au rouge sombre; le goudron et l'eau étaient recueillis dans un réfrigérant, l'ammoniaque par barbotage dans une solution aqueuse d'acide sulfurique à 5 %. Le gaz produit a été recueilli et mesuré dans un gazomètre et son pouvoir calorifique déterminé au calorimètre Junkers.

Les résultats ont été les suivants :

Le poids de coke restant après distillation a varié (2, 1, 3) de 57 à 61 % du poids de lignite;

Le poids d'eau (1, 2, 3) de 8 à 15 %;

L'ammoniaque a été (1, 2, 3) de 0,206 à 0,242 %;

Le gaz produit, par tonne de combustible, a été, ramené à 15° et 760 (3, 1, 2), de 110 à 132 mètres cubes;

Enfin, en calories par mètre cube, le pouvoir calorifique supérieur du gaz a varié (2, 3, 1) de 5.350° à 5.800°, et le pouvoir inférieur (2, 3, 1) de 4.910° à 5.220°.

---



## APPAREILS DE CHAUFFAGE UTILISANT LE BOIS OU LA SCIURE DE BOIS

(1917-1918)

La pénurie de charbon a conduit soit à l'utilisation de combustibles nouveaux, soit à l'augmentation de la consommation et à la vulgarisation de certains combustibles, tel le bois, qui auparavant était relativement peu employé dans les villes.

Dès lors qu'il s'agit d'économiser le combustible quel qu'il soit, il ne saurait être question de l'employer dans les cheminées qui utilisent à peine 15 à 20 % de la chaleur produite.

Aussi, de nombreux poêles économiques ou appareils similaires ont-ils été imaginés. Quelques-uns d'entre eux ont fait l'objet d'essais au Laboratoire à la demande du Ministère de l'Armement et de la Direction des Inventions.

### BUT DES ESSAIS — MÉTHODES OPÉRATOIRES

Les buts principaux de ces essais étaient :

1° Mesurer la quantité de chaleur dégagée par les appareils, afin d'en déduire leur rendement calorifique;

2° Rechercher si les dégagements d'oxyde de carbone n'étaient pas en quantité nuisible.

Les méthodes employées ont été les suivantes :

#### 1° *Rendement calorifique*

Le rendement calorifique des appareils a été déterminé de la manière suivante :

On a dosé à diverses époques de la combustion la teneur des fumées en acide carbonique. Connaissant, d'autre part, la teneur du combustible en carbone, on calcule, ramené à 20° C, le volume des fumées évacuées pour chaque kilogramme de combustible brûlé.

D'après la température de ces fumées, on calcule la quantité de chaleur qu'elles emportent.

La différence entre la quantité de chaleur produite par la combustion de 1 kilogramme de combustible (pouvoir calorifique inférieur) et la quantité de chaleur emportée par les fumées provenant de 1 kilogramme de combustible représente la chaleur réellement utilisée pour chaque kilogramme de combustible employé.



On en déduit le rendement de l'appareil.

La formule employée pour le calcul de ce rendement calorifique est :

$$R = 1 - (T - t) \frac{\left(0,78 + 0,51 \frac{1-f}{f}\right) K + 0,446 (100 - N) + 4,02 H}{100 Q}$$

dans laquelle :

R représente le rendement calorifique de l'appareil, calculé en prenant pour base le pouvoir calorifique inférieur du combustible;

T — la température des fumées évacuées;

t — la température ambiante;

f — la teneur des fumées en acide carbonique;

K — le poids de carbone total contenu dans 100 kilogramme de combustible brut;

N — le poids de combustible sec contenu dans 100 kilogrammes de combustible brut;

H — le poids d'hydrogène contenu dans 100 kilogrammes de combustible brut;

Q — le pouvoir calorifique inférieur du combustible brut (par kilogramme).

On a admis pour l'établissement de cette formule les constantes suivantes :

Chaleurs spécifiques moyennes entre 20 et 300° en calories, par mètre cube de gaz à 0° C : air, 0,285; acide carbonique, 0,42; vapeur d'eau, 0,446.

Le pouvoir calorifique supérieur du combustible a été déterminé à la bombe Malher.

Les teneurs en carbone et hydrogène du combustible ont été déterminées par dosage à l'état d'acide carbonique et de vapeur d'eau par la méthode du tube à combustion.

## 2° Dosage de l'oxyde de carbone dégagé

Le dosage de l'oxyde de carbone dans l'atmosphère a été effectué après trois ou cinq heures de combustion dans une salle de 92 mètres cubes, normalement close et maintenue fermée pendant l'essai.

La méthode de dosage de l'oxyde de carbone employée est celle de Albert Lévy et Pécoul.



### Quelques types d'appareils essayés

#### 1° Poêle utilisant la sciure de bois

présenté par les Etablissements R... (fig. 29 et 30).

Cet appareil se compose d'un corps cylindrique en tôle de 1 millimètre d'épaisseur fermé à sa partie supérieure par un couvercle.

Dimensions : hauteur, 43 centimètres; diamètre, 38 centimètres.

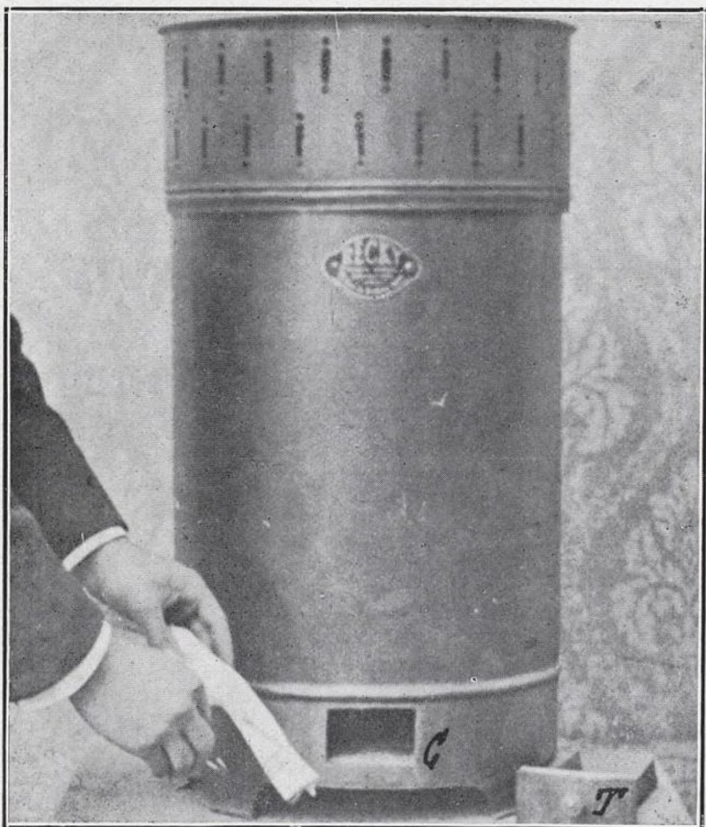


Fig. 29. — Poêle à sciure de bois (Etablissements R...). — Élévation.

Le fond du cylindre est supporté par des pieds de 10 centimètres environ. Il porte un canal rectangulaire C à axe horizontal qui débouche au centre du cylindre par un orifice de 6 centimètres. Ce canal, réglable au moyen d'un tiroir T, amène l'air dans l'appareil.



L'évacuation des fumées est faite par un orifice de 6 centimètres de diamètre placé au-dessous du couvercle.



Fig. 30. — Poêle à sciure de bois (Établissements R...) — Vue supérieure.

La sciure de bois est tassée dans le cylindre en y ménageant, au moyen d'un cylindre en bois B qu'on retire ensuite, une cheminée centrale verticale A qui communique avec le canal d'arrivée d'air par sa partie inférieure et avec l'orifice d'évacuation par sa partie supérieure.

2° Poêle à sciure de bois et bois  
présenté par la Maison S...

Cet appareil (fig. 31) se compose d'un corps cylindrique en tôle *abcd* (hauteur 90  $\frac{\text{cm}}{\text{m}}$ , diamètre 35  $\frac{\text{cm}}{\text{m}}$ ), muni à sa partie inférieure d'un fond en tôle *cd* (à 18  $\frac{\text{cm}}{\text{m}}$  au-dessus du sol) et à sa partie supérieure d'un couvercle *ab* également en tôle.

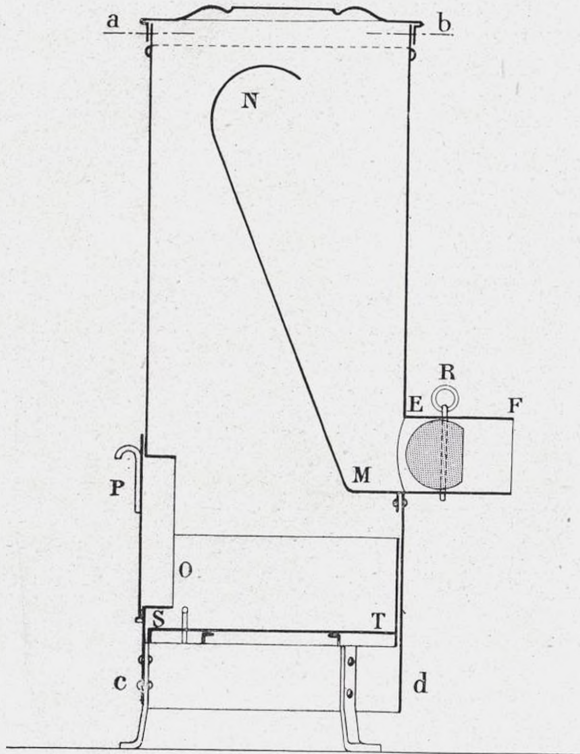
A la partie inférieure est percée une ouverture O de 22 centimètres de côté pouvant être obturée par une porte à guillotine P; cette ouverture sert à l'introduction du combustible et à l'arrivée de l'air.

L'évacuation des fumées se fait par l'orifice E de 10 centimètres de



diamètre, percé à 40 centimètres du sol, muni d'un tuyau EF de 10 centimètres de diamètre et portant une clé de réglage du tirage R.

A l'intérieur du poêle, une cloison oblique MN, formée d'une feuille de tôle recourbée à sa partie supérieure, oblige les fumées à



Coupe suivant ab

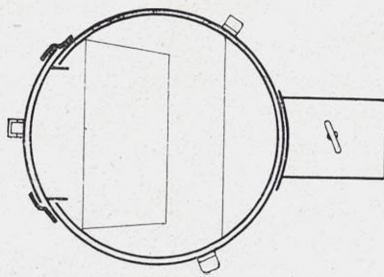


Fig. 31. — Poêle à sciure de bois et bois (Maison S...).



remonter jusqu'au sommet de l'appareil pour redescendre ensuite de l'autre côté jusqu'à l'orifice d'évacuation qui est diamétralement opposé à la porte.

Enfin, une plaque foyère en tôle ST, placé à 2 centimètres au-dessus du fond supporte le combustible.

Ce poêle a été mis en construction sous le contrôle du Ministère de l'Armement.

3° Cuisinière à bois, système P... (fig. 32 et 33)

L'appareil comprend un corps rectangulaire formé d'une double paroi de tôle dont l'espace libre, d'environ un centimètre d'épaisseur, est garni de terre réfractaire.

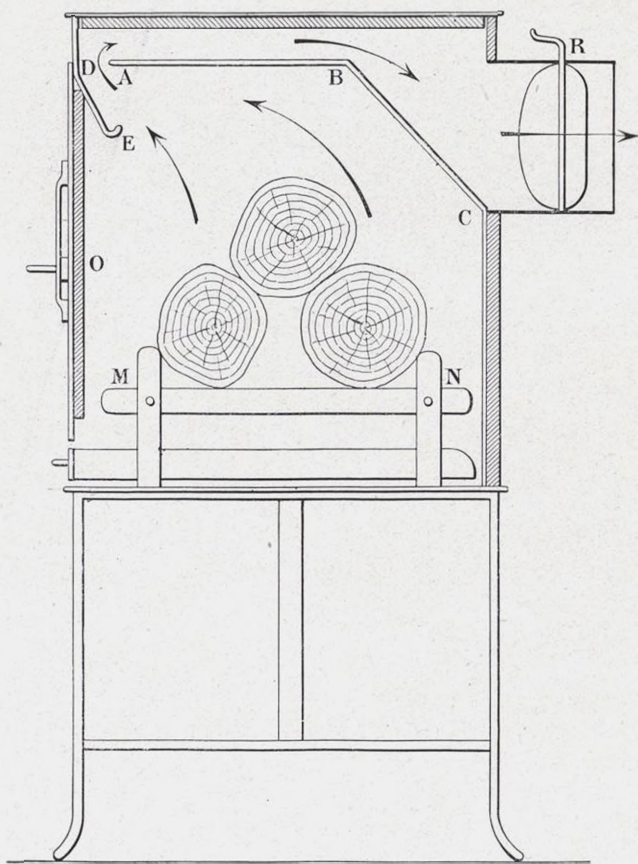


Fig. 32. — Cuisinière à bois (système P...). — Coupe.



Dimensions :

Longueur, 50 centimètres;

Profondeur, 35 centimètres;

Hauteur, 50 centimètres;

Sur le devant de l'appareil est une ouverture O, servant à l'introduction du bois et fermée par une double porte à charnières. Sur le dessus de l'appareil sont deux ouvertures circulaires fermées à volonté par des disques de fonte et servant à placer les récipients à chauffer.

La face postérieure de l'appareil porte un tuyau de dégagement de fumée de 12 centimètres de diamètre, avec clef de réglage.

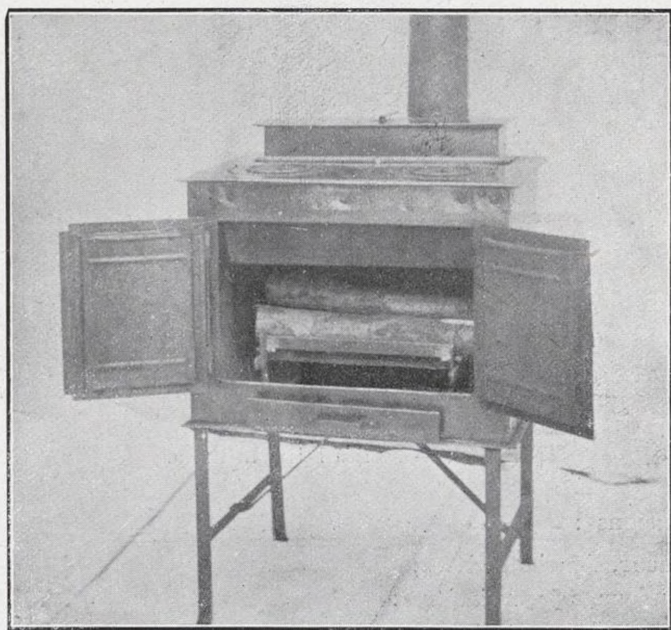


Fig. 33. — Cuisinière à bois (système P...). — Vue.

A l'intérieur est une grille foyère en fer MN, reposant sur deux chenêts en fer au-dessous desquels se trouve un cendrier avec réglage de tirage.

Le parcours de la flamme est augmenté au moyen d'une chicane en tôle ED, ABC. Enfin, au sortir de cette chicane, les gaz chauds servent à chauffer un bain-marie d'environ trois litres de capacité.



4° Poêle à bois « Le R... », en terre cuite

L'appareil (fig. 34) se compose d'un corps rectangulaire en céramique noircie.

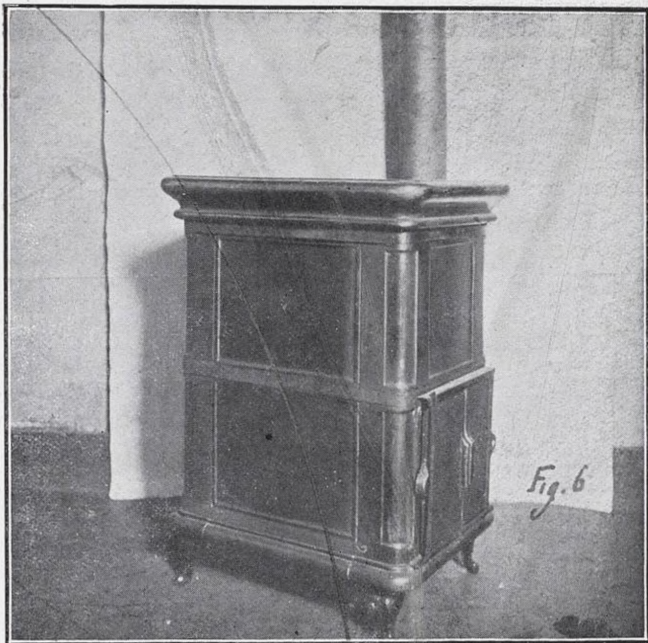


Fig. 34. — Poêle à bois « Le R... ».

Dimensions :

Longueur, 47 centimètres;  
Profondeur, 35 centimètres;  
Hauteur, 75 centimètres.

Il est muni à sa partie inférieure d'une ouverture servant à l'introduction du bois et pouvant être obturée par deux portes en terre réfractaire coulissant entre deux glissières en tôle.

L'évacuation des fumées se fait par un tuyau de dégagement de 10 centimètres et demi de diamètre.

RÉSULTATS DES ESSAIS

Les résultats des essais sont indiqués par les tableaux ci-dessous :



I. — Résultats comparatifs généraux.

	POËLE S...		POËLE R...	POËLE LE « R,, , »
	Combustion rapide	Combustion lente		
Nature du combustible.....	Bûches de bois	Bûches, sciure de bois	Sciure de bois	Bûches de bois
Consommation horaire moyenne de combustible brut.....	1 kg. 200	0 kg. 910	1 kg.	1 kg. 510
Teneur moyenne des fumées en acide carbonique.....	2,1 %	3,7 %	3,5 %	2,5 %
Température moyenne des fumées après 3 mètres de tuyau.....	145°	60°	109°	205°
Rendement calorifique moyen de l'appareil, y compris 3 mètres de tuyau.....	63 %	93 %	81 %	46 %
Quantité horaire moyenne de chaleur dégagée dans la salle (appareil et 3 mètres de tuyau).	2.510 calories	2.810 calories	1.750 calories	2.350 calories
Teneur en oxyde de carbone dans la salle chauffée, après trois heures de chauffe.....	moins de 1/100.000 <sup>e</sup>	moins de 1/100.000 <sup>e</sup>	3/100.000 <sup>es</sup>	moins de 1/100.000 <sup>e</sup>



## II. — Pour le poêle en céramique « Le R... ».

On a en outre observé l'utilisation de la chaleur emmagasinée, puis restituée, par le corps en terre cuite.

HEURE de chauffe	TEMPÉRATURE MOYENNE du poêle	TEMPÉRATURE MOYENNE de la salle (92 m <sup>3</sup> )
0	6°	6
1	52°	9
2	95°	11
3	120°	14.5
4	146°	14.5
Arrêt du feu		
5	137°	14
6	103°	13
7	63°	11.5
8	44°	11
9	34°	11

*Nota.* — Si on veut comparer pratiquement ce poêle en terre avec les poêles métalliques, il est bon de remarquer que, une fois le feu éteint, alors que les poêles métalliques se refroidissent très rapidement, le poêle céramique présente une masse assez importante qui continue pendant plusieurs heures à chauffer par rayonnement, rendant ainsi la chaleur précédemment emmagasinée. Le rendement effectif de cet appareil est donc supérieur à son rendement théorique exprimé par le chiffre de 46 %. C'est pour cela que les essais représentés par le tableau II sont intéressants.

III. — Pour la cuisinière à bois, on a seulement cherché quelques éléments demandés :

Consommation horaire moyenne : 2 k. 08;

Temps nécessaire pour élevage de 12° à 100°.



	CLEF OUVERTE en grand. Tiroir à moitié ouvert	CLEF OUVERTE à moitié. Tiroir presque fermé	CLEF ET TIROIR fermés
Trois litres d'eau du bain-marie.	1 h. 24'	44'	15'
Trois litres d'eau dans un réci- pient placé sur la cuisinière..	2 h. 17'	57'	25'







# ÉTUDE SUR LA PROTECTION CONTRE LES RAYONS X

(1916)

---

## I. — Dangers des Rayons X Nécessité de moyens de protection

L'emploi des rayons X dans la radiologie du corps humain n'est pas sans présenter de réels dangers. Leur action trop prolongée ou trop profonde occasionne sur la peau des plaies présentant certaines analogies avec des brûlures au second degré. Cette action nuisible, dénommée radiodermite, produit des effets qui ne sont pas immédiats mais se manifestent, selon la sensibilité du sujet, dans un délai plus au moins long après son exposition aux rayons X et s'aggravent à mesure que se prolonge ou se renouvelle l'action de ces rayons. De nombreux accidents se sont malheureusement produits, aussi bien sur les opérateurs que sur les malades.

On s'est bien préoccupé, peu après la découverte des rayons X, de soustraire à leur action nuisible les opérateurs ainsi que les diverses parties non intéressées à l'opération du corps des opérés. Le plomb et certains corps à base de sels de plomb ont été employés en épaisseurs plus ou moins grandes, suivant la profondeur du rayonnement, la dureté des ampoules; mais le plomb ne peut s'adapter à tous les besoins et à toutes les formes.

## II. — Etudes entreprises

L'usage de la radiologie s'étant considérablement développé au cours de la présente guerre, le Laboratoire d'Essais a entrepris, à la demande du Service de Santé, une série rationnelle d'essais dirigés par M. Biquard, qui ont eu pour buts principaux :

A. — Détermination de l'efficacité protectrice soit des substances en usage, soit de diverses substances nouvelles proposées, en évaluant cette efficacité en épaisseurs de plaques de plomb donnant la même protection;

B. — Etude de procédés ayant pour but de diminuer la durée d'action et par suite la nocivité des rayons (écrans renforçateurs);



C. — Etude des radiations émises par les ampoules en service et recherche de moyens de protection contre les radiations inutiles et dangereuses.

A. — DÉTERMINATION DE L'EFFICACITÉ PROTECTRICE  
DE DIVERSES SUBSTANCES

Pour la comparaison de l'efficacité protectrice des différentes matières employées ou proposées, on a déterminé les épaisseurs de plomb donnant une protection équivalente en comparant les impressions photographiques sur une plaque dont une partie était protégée des rayons par l'échantillon essayé et l'autre partie par des feuilles de plomb d'épaisseurs variables, préalablement mesurées avec précision. On a ainsi expérimenté un certain nombre de tissus pour tabliers, pour gants, etc., de verres à lunettes, de diaphragmes et d'écrans.

B. — EXPÉRIMENTATION D'ÉCRANS RENFORÇATEURS

Il est particulièrement intéressant de diminuer les temps de pose dans les cas où l'épaisseur des parties du corps à radiographier (bras, tronc) nécessiterait une action prolongée des rayons. Pour cela, on se sert d'écrans renforçateurs constitués par une lame mince de carton, recouverte de substance active; on met cette partie en contact avec la pellicule de la plaque photographique. La fluorescence de l'écran, ajoutant sa luminosité au rayonnement de l'ampoule, permet de diminuer la pose.

Les essais effectués sur différents écrans avaient pour but :

1° De déterminer leur effet renforçateur, c'est-à-dire le rapport des temps de pose nécessaires pour obtenir, dans les mêmes conditions d'action des rayons, des épreuves radiographiques de même opacité, ces épreuves étant faites avec ou sans écran renforçateur;

2° De rechercher si ces écrans présentent de la rémanence, c'est-à-dire une phosphorescence persistant après l'action des rayons X et pouvant nuire à une radiographie ultérieure;

3° De déterminer si leur efficacité se maintient après exposition prolongée aux rayons X, ou, au contraire, tend à diminuer.

1° *Effets renforçateurs*

Le procédé d'essai a consisté à déterminer, par une série d'épreuves successives, les temps de pose nécessaires pour produire, au moyen de rayonnements de même qualité et de même intensité, des impres-



sions radiographiques de même valeur avec ou sans écrans renforçateurs.

Pour cela, une première épreuve était faite avec un temps de pose déterminé et interposition de l'écran renforçateur.

Une série d'épreuves, sans écrans renforçateurs, était ensuite effectuée sur une plaque identique à la précédente, en démasquant, pendant des temps déterminés et croissants, des portions successives de la plaque à l'aide d'un écran mobile en plomb de 4 millimètres d'épaisseur. On recherchait ensuite, sur cette plaque, l'impression équivalente à celle obtenue sur la première.

### 2° Rémanence

L'existence de la rémanence des écrans a été recherchée en les excitant pendant cinq minutes au moyen d'une ampoule fonctionnant sous deux milliampères et placée à 0 m. 50 de l'écran. On laissait ensuite ce dernier au repos pendant trente secondes, puis on le mettait en contact pendant dix minutes avec une plaque sensible. Après développement à fond de la plaque, on constatait si elle portait une impression produite par le contact de l'écran renforçateur.

### 3° Permanence des effets

On a déterminé l'effet renforçateur d'abord sur les écrans neufs puis sur les mêmes écrans ayant subi une exposition de six heures à une distance de 50 centimètres de l'anticathode d'une ampoule de Coolidge.

### C. — ETUDE DE L'AMPOULE RÉGLABLE DE COOLIDGE

L'ampoule de Coolidge, à l'encontre des ampoules antérieurement en service, est réglable, c'est-à-dire permet de mettre à la disposition des chirurgiens des rayons de pénétration variable répondant ainsi aux besoins multiples des opérations radiologiques.

Cette ampoule a été soumise au Laboratoire d'Essais à une série d'expériences, afin de déterminer les quantités et les qualités de rayonnement qu'elle permet d'obtenir.

### III. — Résultats obtenus

Les expériences ont montré que, en général, les dispositifs de protection employés en radiographie présentaient une efficacité incomplète; quant aux nouvelles matières protectrices à base de caoutchouc et d'oxyde de plomb, une relation simple a pu être éta-



blie entre leur densité et leur puissance absorbante, ce qui permettra d'apprécier la valeur de tout produit similaire qui pourra être proposé. Cette formule est :

$$e' = e \frac{d - 0,9}{10,45}$$

dans laquelle  $e'$  est l'épaisseur de plomb produisant une protection équivalente,  $e$  l'épaisseur de la substance essayée,  $d$  sa densité.

Les essais sur l'efficacité des écrans renforçateurs ont prouvé que certains types permettaient d'obtenir une réduction de temps de pose dans le rapport de 20 à 1 et que, parmi les divers modèles essayés, il en était pour lesquels la remanence était insensible.

Les expériences relatives à l'ampoule Coolidge ont montré qu'elle était particulièrement dangereuse parce que, à l'encontre des ampoules anciennes, elle émet un rayonnement important dans toutes les directions, même à l'arrière de l'anticathode et que l'étendue de la surface d'émission est assez considérable pour rendre peu efficace la protection produite par les diaphragmes localisateurs.

En conséquence, on a cherché à réaliser un dispositif permettant d'enfermer entièrement l'ampoule dans une enceinte opaque aux rayons X. Une caisse en bois, d'assez grandes dimensions, doublée de plomb, et dont les fonds sont remplacés par des glaces au plomb, a donné de bons résultats.

---



## LA RADIOGRAPHIE AUX ARMÉES

(1916)

---

### HISTORIQUE

Les rayons X constituent, en chirurgie et en médecine, un puissant moyen de recherches permettant de découvrir l'emplacement de projectiles, les fractures, les lésions internes, etc.

Pendant longtemps, ces rayons ne pouvaient être utilisés que dans les hôpitaux ou cliniques spécialement aménagés, ce qui excluait leur emploi à proximité du champ de bataille, c'est-à-dire là où une intervention immédiate, suivant une exploration radiologique rapide, peut sauver les blessés dont l'état ne saurait attendre le transport vers un hôpital lointain.

Cela provenait des grandes difficultés qu'il y avait à rendre transportable une installation radiologique qui nécessite forcément une source d'énergie électrique assez puissante et des appareils fragiles, tous matériels difficiles à rassembler dans un espace restreint et à diriger sur les formations de premières lignes appelées à en avoir besoin à un moment déterminé.

Cependant, dès 1913, MM. Radiguet et Massiot avaient présenté une automobile renfermant un petit laboratoire complet de radiologie, ainsi qu'un laboratoire photographique et comprenant, comme annexe, une tente pour examen des blessés aux rayons X.

L'expérience des premiers mois de campagne a permis d'apporter à ces premiers matériels un certain nombre de perfectionnements et surtout de les rendre plus robustes et plus simples. M. Biquard, du Laboratoire d'Essais, en collaboration avec M. G. Massiot, a établi aux Armées, en 1915, un Manuel pratique du Manipulateur radiologique.

Les voitures radiologiques, en service aux armées, ne sont plus des laboratoires radiologiques ambulants, mais des camions qui transportent un groupe électrogène et des caisses renfermant tous les appareils nécessaires, et qui contiennent, dans leur partie arrière, un laboratoire photographique pour le développement des clichés radiologiques, quand la formation sanitaire visitée ne dispose d'aucun laboratoire fixe.

La voiture est amenée à proximité des formations chirurgicales de l'avant, les caisses d'appareils sont transportées dans la salle d'opération et le groupe électrogène leur est relié par un câble.



### Voitures radiologiques

Au commencement de 1916, la Croix-Rouge française à Londres a pris la généreuse initiative de faire don au Service de Santé de toute une série de voitures radiologiques de campagne complètement équipées.

#### DESCRIPTION DE LA VOITURE

Ces voitures sont des automobiles Renault, 20-30 HP., avec carrosserie de camionnette fermée (fig. 35). Le poids total est de trois tonnes.

Elles sont conçues dans le même esprit que les camions mentionnés plus haut; chaque voiture est divisée en deux compartiments, le compartiment avant constituant un laboratoire photographique et le compartiment arrière un magasin pour les divers appareils radiologiques; en outre, la voiture est pourvue d'un groupe électrogène. Arrivés à destination, les appareils radiologiques sont installés dans la salle d'opération et reliés au groupe électrogène de la voiture.

Cependant, pour répondre à des besoins urgents et à des cas particuliers, chaque voiture transporte une tente en toile doublée d'étoffe noire, avec châssis métallique démontable. Cette tente, dressée, mesure 2 m. 50 × 3 mètres, avec une hauteur de 1 m. 90 à 2 m. 10. La figure n° 36 montre la tente installée près de la voiture.

Voici une description sommaire des principaux organismes de la voiture :

1° La dynamo, actionnée par le moteur de l'automobile, est du type bipolaire, à excitation en dérivation et munie de son rhéostat d'excitation.

Elle est installée sur le devant de la voiture, avec tableau de distribution du courant, appareils de contrôle et réglage, résistances de garde.

2° Le matériel radiologique comprend essentiellement :

Un interrupteur tournant à jet de mercure;

Une bobine pour la transformation du courant primaire en courant à haute tension, avec tableau de distribution;

Un pied-support pour l'ampoule;

Un radioscope avec chambre noire et écran;

Une table d'examen pliante en bois;

Un compas de Hirtz pour la localisation des corps étrangers;

Des appareils protecteurs pour les opérateurs.

3° Le matériel photographique se compose de :

Châssis pour plaques sensibles de format 18 × 24 et 24 × 30, avec écrans renforceurs;

Flacons, cuvettes, ustensiles de lavage et séchage, etc.





Fig 35. — Voiture radiologique en ordre de marche.



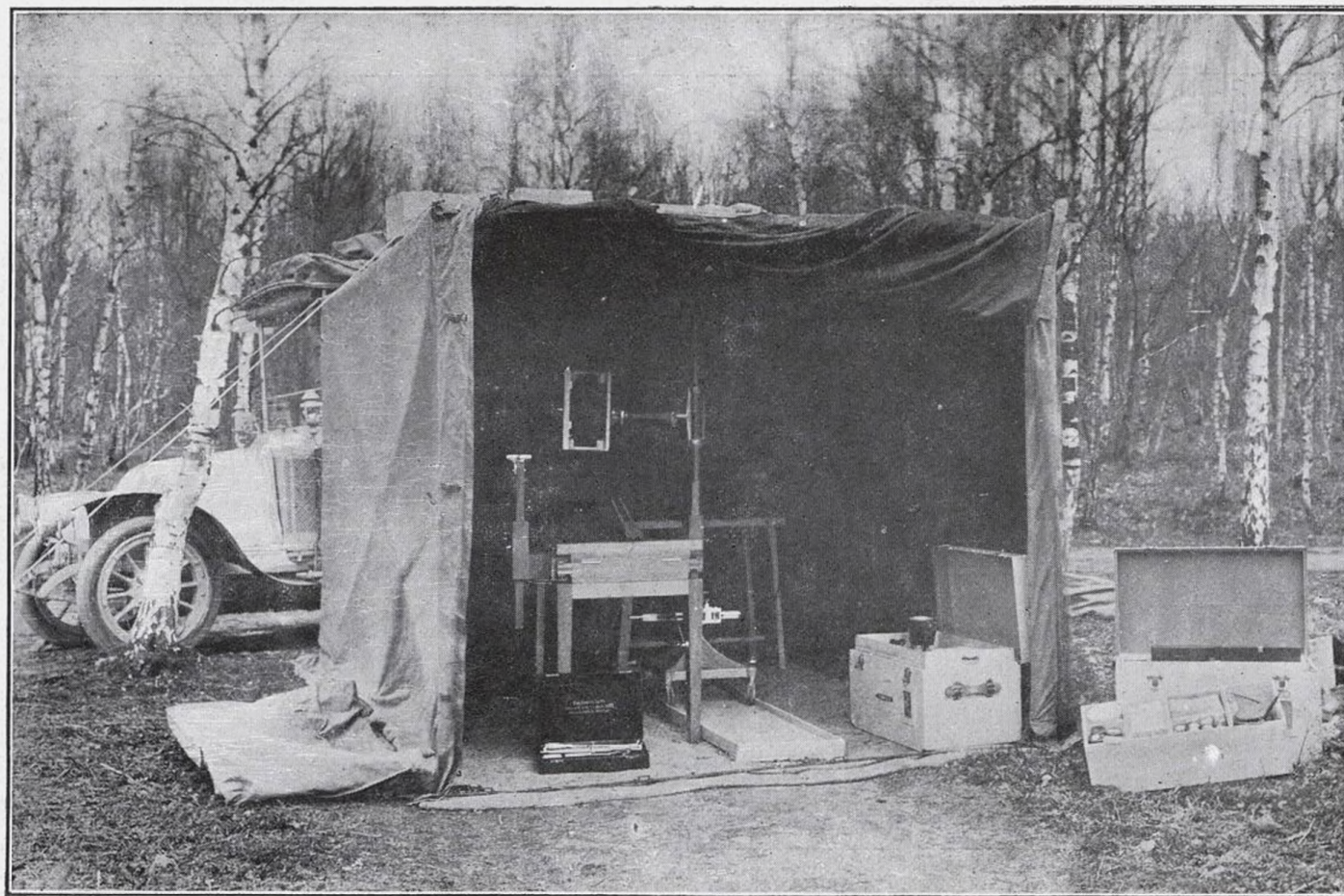


Fig. 36. — Voiture radiologique et sa tente montée.



#### ESSAIS EFFECTUÉS PAR LE LABORATOIRE D'ESSAIS

Avant d'effectuer la remise de ces voitures aux armées, il a été demandé au Laboratoire de procéder à des études complètes et qui ont porté sur les trois points suivants :

Fonctionnement du moteur, du groupe électrogène et vérification de la suspension;

Fonctionnement des divers appareils radiologiques;

Expérimentation du procédé de M. le médecin-major Hirtz, permettant la localisation des projectiles à l'aide d'un compas spécial.

#### I. — Essai sur la suspension

L'essai a porté sur le ressort arrière droit de la voiture, ressort plat de 1 m. 26 de long sur 55 millimètres de large et composé de onze lames d'une épaisseur totale de 75  $\frac{m}{m}$ , assemblées par une main à crosse.

Un dispositif a été imaginé, permettant de faire travailler le ressort démonté comme lorsqu'il supporte la voiture. On a relevé les flèches prises sous des charges croissantes.

Les résultats ont montré que les flèches étaient de :

- 38 millimètres pour 200 kilogrammes;
- 79 millimètres pour 400 kilogrammes;
- 119 millimètres pour 600 kilogrammes;
- 147 millimètres pour 700 kilogrammes, contre-flèche;
- 178 millimètres pour 800 kilogrammes.

#### II. — Essai du groupe électrogène

Il a été effectué des essais en charge et de détermination de chute de tension.

a) *Essais en charge.* — Ces essais ont consisté à faire tourner le groupe en pleine charge et par intermittence (les périodes de marche étant d'environ 5 minutes) afin de s'assurer :

1° Que la dynamo, entraînée par le moteur tournant au ralenti, était susceptible de développer la tension aux bornes et le débit requis;

2° Que, dans ces conditions, le moteur refroidi uniquement par l'eau contenue dans l'ensemble des canalisations, ne chauffait pas de façon anormale.

Pour cela, la dynamo a été mise en circuit sur un rhéostat de lampes à résistance variable.



L'intensité du courant était mesurée par des appareils étalonnés et la température de l'eau par un thermomètre placé dans le radiateur.

La température de l'eau s'est élevée graduellement de 42° à 95° après sept intermittences. La tension moyenne aux bornes a été de 192 volts, l'intensité moyenne de courant débité de 8 ampères et la puissance moyenne aux bornes de 1 kw. 634.

b) *Détermination des chutes de tension.* — Le groupe étant en marche, on ouvrait et fermait brusquement le circuit dans lequel la dynamo débitait à pleine charge et sans modifier le réglage du moteur.

La tension moyenne à vide a été de 307 volts, en charge de 201, ce qui donnait une chute de tension de 106 volts.

### III. — *Essai des appareils radiologiques*

Ces appareils ont été installés dans la grande salle d'essais du Laboratoire, la dynamo fournissant du courant aux appareils radiologiques par l'intermédiaire du tableau de distribution.

On a procédé à l'exécution de plusieurs radioscopies et radiographies, les manipulations photographiques étant, pour plus de facilité, faites dans le laboratoire de photographie du Laboratoire d'Essais.

Tous les appareils ont fonctionné régulièrement et sans incident. Ci-contre, à titre de spécimen : figure 37, une radiographie de la main, et, figure 38, une radiographie de l'humérus gauche ressoudé après fracture (sur un sujet guéri depuis deux ans).

### IV. — *Essai de localisation de projectiles*

Quelques jours plus tard, fut présentée au Laboratoire une seconde voiture du même type, dont les ressorts avaient été renforcés de façon à ne pas présenter de contre-flèche.

Cette voiture a servi à répéter les essais précédents et à en effectuer de nouveaux.

Pour chercher à localiser un projectile par la méthode de M. Hirtz, une balle de fusil a été introduite dans un pain. Deux radiographies ont été effectuées sur la même plaque et, à l'aide de cette double radiographie, on a tracé une épure permettant le réglage du compas spécial. Celui-ci a ensuite été placé sur le pain et des sondages ont permis de reconnaître que le projectile occupait exactement la place indiquée par le compas.

Les figures 39 et 40 représentent la radiographie ayant servi à construire l'épure et une photo de cette épure. Son exécution a eu



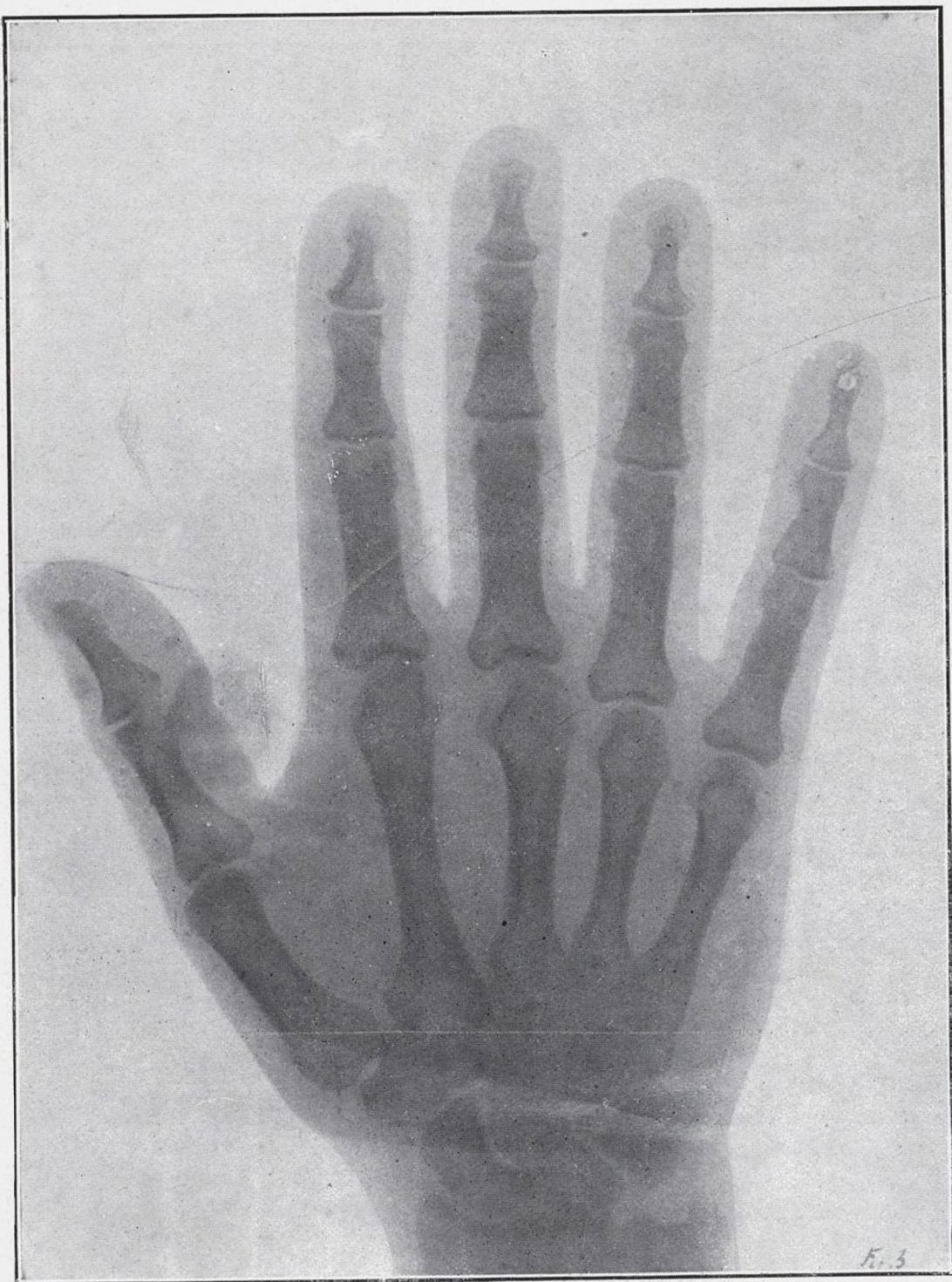


Fig. 37. — Une radiographie de la main.



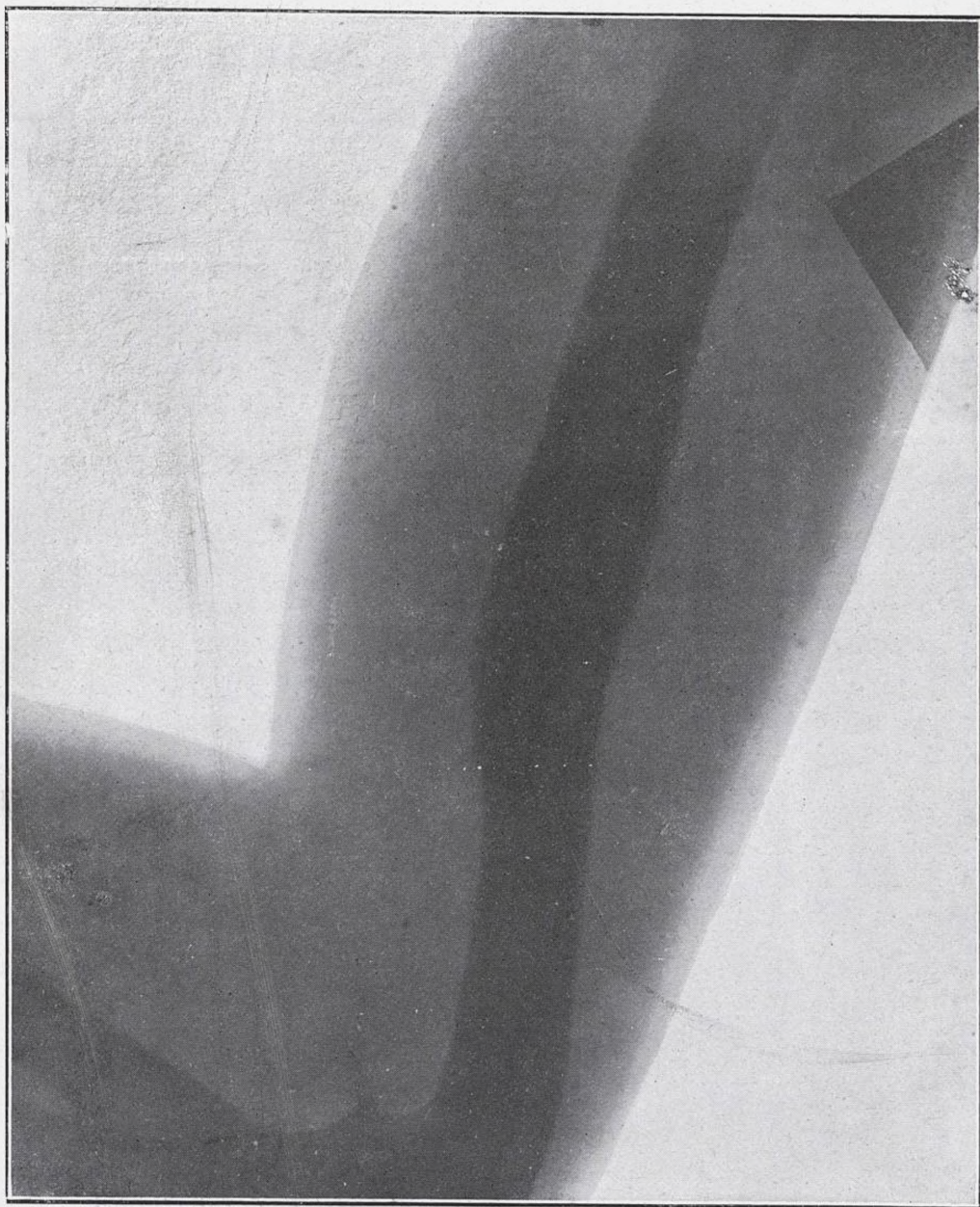


Fig. 37. — Une radiographie de l'humérus gauche ressoudé après fracture.



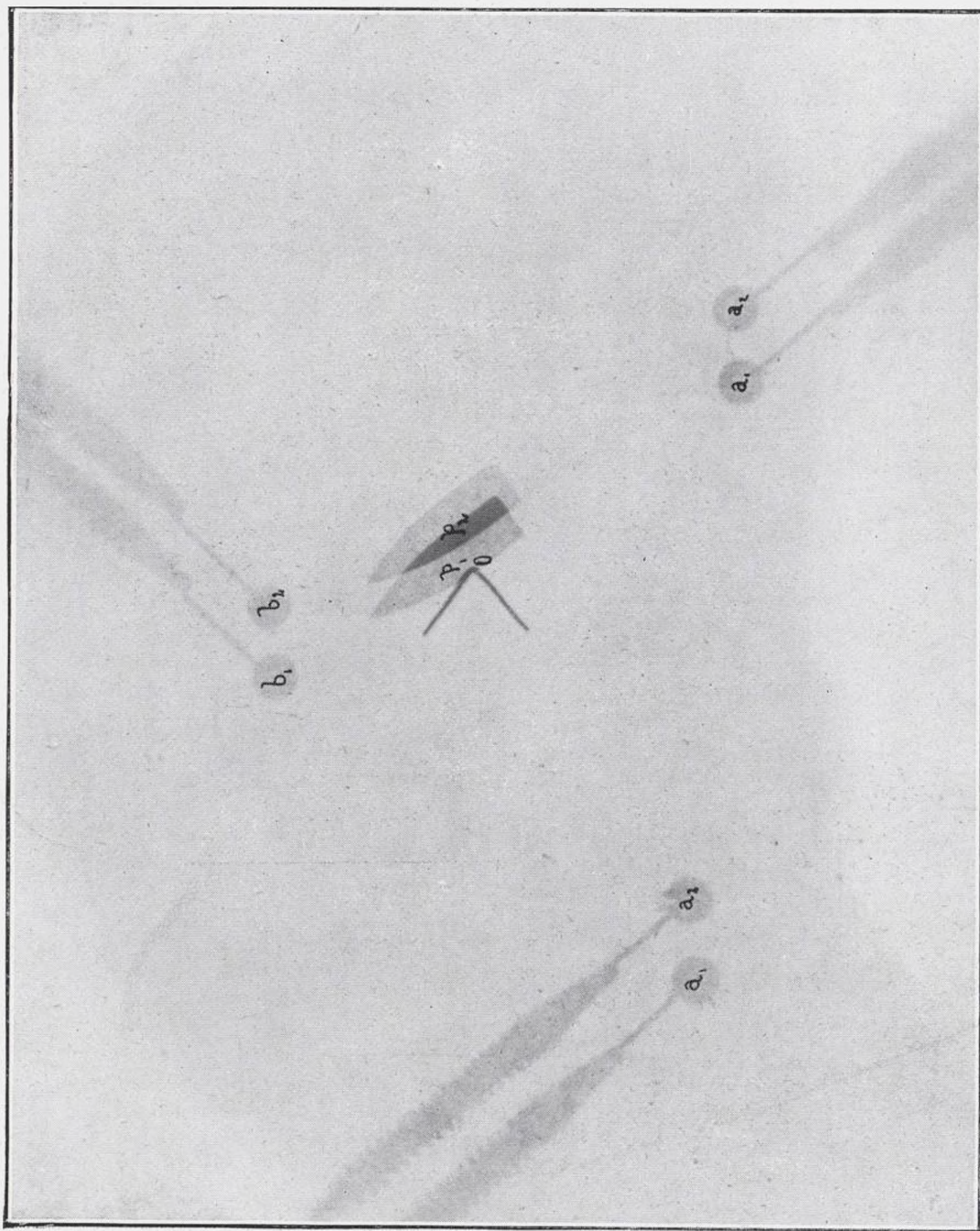


Fig. 39. — Radiographie ayant servi à construire l'épure.



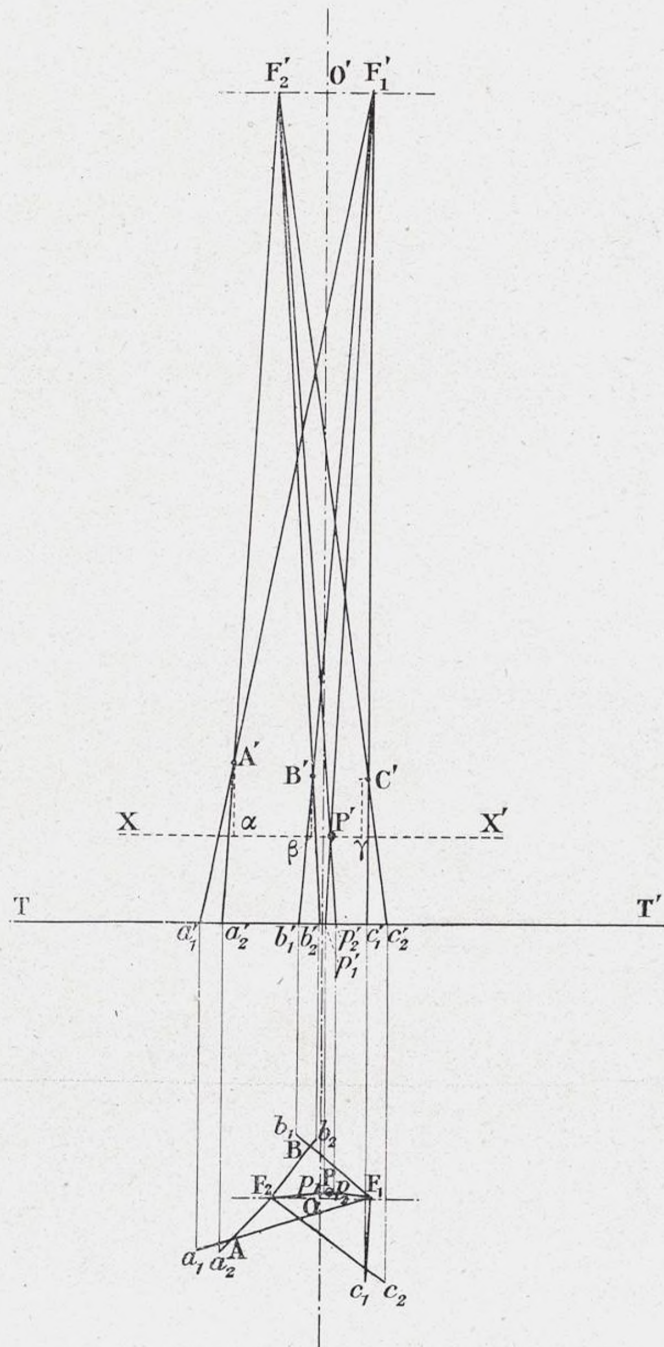


Fig. 40. — Épure de la Méthode HIRTZ.



lieu en un quart d'heure et le réglage du compas en cinq minutes par le personnel du Laboratoire qui pratiquait pour la première fois ces opérations. Nous n'entrerons pas ici dans le détail de la méthode, les deux figures annexées ayant simplement pour but de faire apparaître aux yeux de tous la simplicité des opérations nécessaires.

V. — *Essai sur route de la voiture, avec expérience de montage et démontage de l'installation radiologique*

Enfin, les essais précédemment décrits ont été complétés par un essai sur route.

Celui-ci a été effectué avec la seconde voiture en ordre de marche et contenant quatre personnes. Une distance de 51 kilomètres a été parcourue, dans des conditions très satisfaisantes, à une vitesse moyenne de 26 km. 800 à l'heure.

Au cours de cet essai, une expérience en plein air de montage de la tente, installation des appareils radiologiques, puis démontage par personnel non entraîné, a donné les résultats suivants :

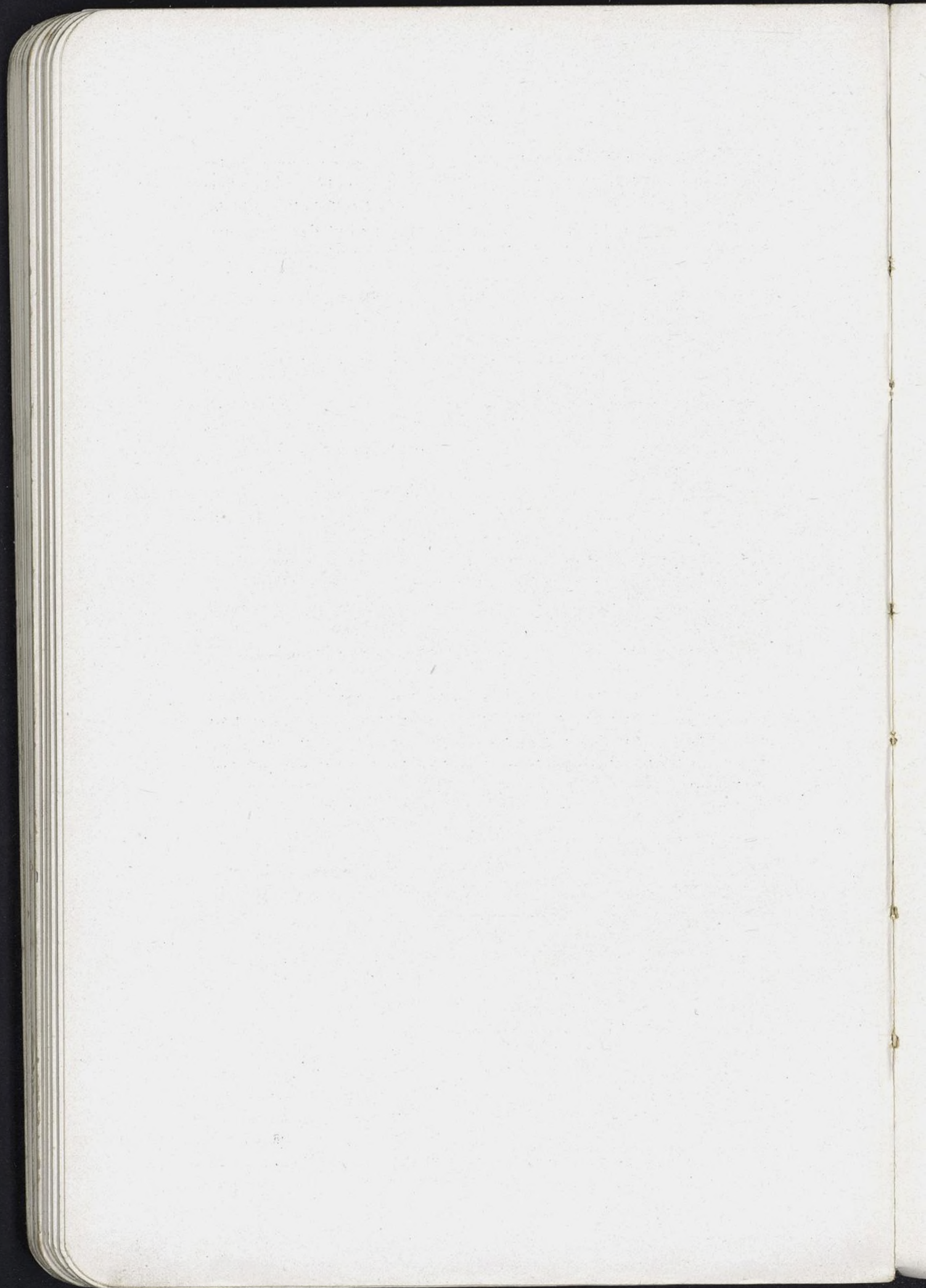
Montage de la tente et installation complète des appareils permettant de commencer les opérations radiologiques : 1 heure 23' ;

Démontage de la tente, rangement des appareils et mise de la voiture en ordre de marche : 1 heure 12'.

La tente montée a parfaitement résisté à une forte bourrasque.

Il ressort des essais complets auxquels elles ont été soumises que ces voitures, dont toutes les dispositions sont bien comprises et dont les organes fonctionnent dans les conditions requises, étaient appelées à rendre les plus grands services dans les formations sanitaires de l'avant.







## ÉTUDE SUR LA DIFFÉRENTIATION DES BOIS VERTS ET DES BOIS VIEUX OU ARTIFICIELLEMENT VIEILLIS

(1918)

L'usage considérable qui a été fait pendant la guerre des diverses essences de bois dont on pouvait disposer, a eu pour conséquence d'épuiser rapidement les stocks de bois vieux constitués depuis plusieurs années. Les bois verts, en effet, sont généralement inutilisables pour la confection d'appareils ou de machines, parce qu'avec le temps ils se « voilent » et « jouent », ce qui peut présenter de sérieux inconvénients.

A titre d'exemple, il suffit de rappeler notamment avec quel soin méticuleux sont choisis les bois qui servent à confectionner les hélices des avions, en vue de posséder toutes les garanties indispensables de résistance, de sécurité, etc.

Il est donc apparu bientôt aux Services intéressés qu'il y avait lieu de se préoccuper de trouver des procédés industriels permettant de transformer très rapidement, et par des moyens aussi simples que possible, des bois encore verts en bois présentant les qualités recherchées dans ceux qui ont vieilli.

Parallèlement à cette étude, il devenait indispensable de trouver des caractéristiques précises permettant d'apprécier le moment où les bois ainsi artificiellement vieillis présentaient bien les qualités des véritables bois vieux.

Cette dernière étude, entreprise par le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, a porté sur six essences vulgaires de bois de France, savoir : frêne, sapin, peuplier, hêtre, chêne, orme; essences qu'il est encore facile de se procurer.

On saisit tout l'intérêt de cette question dont l'importance s'accroît du fait des difficultés sérieuses de transports des bois provenant de nos colonies ou des pays étrangers.

Les résultats obtenus ont rendu possible, pour les essences ci-dessus étudiées, de caractériser nettement, dans les bois verts, la présence de certains éléments qui font défaut dans les bois secs et, par suite, de fournir des procédés de différenciation des bois verts des bois vieux ou artificiellement vieillis, procédés permettant de suivre en toute connaissance de cause, les opérations du vieillissement artificiel.



Cette étude sera continuée sur diverses autres essences de bois, en vue de faciliter l'utilisation des bois verts, artificiellement vieillis aux nombreux emplois pour la guerre et pour les besoins industriels.

### Constitution d'une tige de dicotylédone

Supposons que nous découpons dans un tronc d'arbre un plateau perpendiculaire à l'axe de l'arbre; nous observerons au centre de la surface horizontale du cylindre ainsi obtenu une masse plus ou moins volumineuse de cellules : la moelle; autour de celle-ci se trouve un assemblage de vaisseaux formant l'étui médullaire; à l'entour de cet étui médullaire se remarque toute une série de couronnes concentriques, d'épaisseur variable, dont le nombre correspond généralement, du moins pour les arbres de nos pays, à l'âge de l'arbre en années.

Ces couches concentriques constituent le corps ligneux, le bois proprement dit. Ce corps ligneux est formé de tissu fibreux, c'est-à-dire d'un assemblage de cellules allongées verticalement, qui sont les fibres du bois et de vaisseaux disséminés au milieu du tissu fibreux et servant à la circulation de la sève. Examinées au microscope, les fibres, vues en coupe transversale, offrent une section arrondie ou polygonale et sont généralement creusées d'une vacuole. Si l'on examine une des couches annuelles, on voit qu'elle est souvent divisée en deux zones : l'une, la plus centrale, à teinte claire, constitue la pousse du printemps; l'autre, à teinte plus foncée, à structure plus serrée, correspond à la pousse d'automne. La transition entre les deux zones est plus ou moins marquée, mais le passage d'une couche annuelle à une autre est généralement nettement délimité.

Au delà du corps ligneux, on observe une zone verdâtre, la cambium, ou couche génératrice, où s'élaborent les nouvelles cellules; au delà encore, l'écorce, qui comprend plusieurs couches, mais qui ne nous intéresse pas dans cette étude.

Enfin, on peut voir sur la coupe un grand nombre de lignes étroites, orientées suivant des directions radiales : ces lignes sont les rayons médullaires, constitués par des cellules allongées horizontalement, suivant la direction du rayon.

### Préparation des coupes

On appelle *coupe transversale* une coupe effectuée dans le bois perpendiculairement à l'axe de l'arbre, comme le plateau que nous avons décrit; une telle coupe donne des sections transversales des



fibres et des vaisseaux, et des vues en long des rayons médullaires qui partagent la coupe en bandes étroites.

Coupons maintenant le cylindre suivant un diamètre. Nous aurons ainsi une *coupe radiale*, dans laquelle nous verrons les fibres et les vaisseaux suivant leur allongement, et où nous distinguerons encore les zones de croissance. Nous y verrons aussi, en section longitudinale, les rayons médullaires, dont la direction est perpendiculaire à celle des fibres, et nous reconnaitrons qu'ils sont formés par l'assemblage d'un certain nombre de canaux élémentaires superposés et formés eux-mêmes de cellules juxtaposées bout à bout. Théoriquement, on devrait pouvoir suivre en longueur ces canaux sur tout leur parcours, mais leur épaisseur étant très petite (2 ou 3 centièmes de millimètre, et même moins) la moindre obliquité dans le plan de la coupe fait sortir celui-ci du plan du rayon médullaire. Ce seront donc seulement des portions de rayons médullaires que nous pourrions observer, portions d'ailleurs très suffisantes pour l'examen.

Enfin, nous pouvons imaginer que nous coupons le cylindre par un plan vertical perpendiculaire à un rayon médullaire, et non diamétral. Nous aurons ainsi une *coupe tangentielle*, dans laquelle nous ne verrons plus les zones de croissance, le plan de la coupe, vu sa petitesse relative, pouvant être considéré comme parallèle à la couche, mais où nous verrons encore les fibres, les vaisseaux, et où les rayons médullaires se présenteront en section transversale, et nous constaterons que les canaux élémentaires qui les composent sont disposés sur une ou plusieurs assises verticales, enfermées dans une sorte de cloisonnement.

L'examen des tissus nécessite des coupes très minces. On a effectué sur les différents échantillons de bois des coupes de  $1/20^{\circ}$  à  $1/25^{\circ}$  de millimètre d'épaisseur, orientées suivant les trois plans définis ci-dessus : plan transversal, plan radial, plan tangentiel.

Les coupes obtenues ont été conservées dans un mélange à parties égales d'eau, d'alcool et de glycérine, additionné d'une trace de thymol.

### Examen des principales essences de bois indigènes

En appliquant les méthodes ci-dessus décrites, la Section du Muséum du Laboratoire d'Essais a étudié la morphologie du frêne, du sapin, du peuplier, du hêtre, du chêne et de l'orme.

Pour chacune de ces espèces on a également obtenu une réaction de différenciation.



C'est la caractérisation de l'amidon pour le frêne, le hêtre et le chêne.

Pour le sapin, c'est l'examen des huiles essentielles et des résines. Pour le peuplier, on utilise la caractérisation des huiles essentielles; enfin, pour l'orme, on emploie la solution de lugol ou encore la liqueur de Jehling.

Ces travaux ont fait l'objet, en 1918, d'un fascicule spécial et dans lequel figure une suite de seize planches comprenant cinquante figures, la plupart en couleurs.

Depuis cette époque, une étude technologique du bois est en cours au Laboratoire d'Essais, concurremment avec celle des procédés d'essais mécaniques et physiques, en vue de la rédaction des conditions techniques de réception à préconiser pour l'unification des cahiers des charges des fournitures de bois.

Ces travaux se rattacheront après la guerre à ceux de la Commission instituée par le Ministre du Commerce pour la standardisation des Cahiers des charges des Matériaux divers.

---



**ÉTUDE**  
**SUR LE REMPLOI DANS LES CONSTRUCTIONS,**  
**DES VIEUX MATÉRIAUX PROVENANT**  
**DES VILLES ET VILLAGES DÉTRUITS**  
**PAR LA GUERRE**

(1917)

La Commission mixte des Vieux Matériaux, constituée sur l'initiative de groupements d'architectes, s'est proposé d'étudier le emploi, dans la reconstruction des agglomérations détruites par la guerre, des vieux matériaux provenant de démolitions.

Le Laboratoire d'Essais lui a prêté son concours :

1° En procédant à une étude du salpêtre qui se forme dans les matériaux de construction;

2° En recherchant la présence de ce salpêtre dans les matériaux de ruines de pays dévastés, en fabriquant avec eux des agglomérés et procédant à des essais de résistance et de gélivité.

Ces études ont porté sur des échantillons provenant soit de la région parisienne, soit d'immeubles détruits à Reims. Elles ont fait l'objet d'un fascicule spécial, dont nous donnons un court résumé, ainsi que nos conclusions.

*Formation des salpêtres des murailles*

On désigne sous le nom de salpêtres des murailles les efflorescences blanches qui se développent sur les murs. La théorie actuelle de la formation de ce salpêtre est basée sur la nitrification ou formation d'acide azotique qui, avec les bases des constituants les matériaux, donnent les azotates. MM. Schöësing et Müntz ont reconnu que cette nitrification était produite par des organismes inférieurs habitant le sol et que cette nitrification était d'autant plus active que le milieu plus humide. ef

La transformation en acide nitrique de l'azote des matières organiques du sol s'effectue en deux étapes :

D'abord formation d'eau, d'acide carbonique et d'ammoniaque, ensuite transformation de cet ammoniaque en acide nitreux, puis en acide nitrique.



Dans la première phase agissent, sous l'influence de l'humidité, un certain nombre de ferments les uns de transformation primordiale, les autres de transformation subséquente.

Les matières organiques azotées ainsi transformées en sels ammoniacaux sont ultérieurement transformées en acide nitreux au moyen de certains ferments peu nombreux et qui ont la remarquable propriété de pouvoir vivre en milieu exclusivement minéral.

Enfin, le phénomène se complète par la transformation de l'acide nitreux en acide nitrique.

La nitrification ne peut avoir lieu qu'en présence de l'air et se trouve facilitée par l'élévation de la température.

*Vieux matériaux prélevés à Paris sur les constructions  
réputées salpêtrées*

Des matériaux ont été prélevés dans divers édifices de Paris. Les expériences effectuées ont montré que les proportions maxima de nitrate ne dépassaient pas 1,10 %. En conséquence, et contrairement à l'opinion répandue, les efflorescences des murailles désignées sous le nom de salpêtres des murailles ne renferment généralement que peu de nitrate.

*Vieux matériaux provenant de ruines d'immeubles de Reims*

Les expériences effectuées sur ces matériaux ont montré qu'il n'existait dans leurs efflorescences ni nitrites ni sels ammoniacaux, et que la plus forte proportion de nitrates constatée est très faible puisqu'elle n'a pas dépassé 0,11 %.

ESSAIS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES SUR AGGLOMÉRÉS

On a fabriqué avec les divers matériaux ci-dessus envisagés, des agglomérés avec chaux ou ciment et on les a soumis à des essais physiques et mécaniques, desquels on peut déduire les conclusions suivantes :

Les agglomérés de chaux grasse présentent des résistances trop faibles et ne résistent pas longtemps aux intempéries.

Les agglomérés de chaux hydraulique fournissent, avec la plupart des produits tout-venants, des résultats généralement satisfaisants au point de vue résistance et gélivité, à condition que les matériaux ne renferment pas des quantités sensibles de sulfate. Quant aux agglomérés de ciment, ils donnent d'excellents résultats pour la résistance et la gélivité, mais il sont d'un prix plus élevé.



### CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il a été procédé à une série d'essais mécaniques, physiques et chimiques; l'ensemble des travaux relatifs à cette question a fait l'objet d'un compte rendu spécial sur *le remploi dans les constructions des vieux matériaux provenant des villes et villages détruits par la guerre.*

En se plaçant au point de vue de la question posée par la Commission, du remploi éventuel des matériaux de construction provenant des régions envahies :

Les essais mécaniques et physiques confirment les résultats des analyses chimiques, à savoir que :

*Les efflorescences, que l'on considère comme du salpêtre, sont formées généralement de sulfates solubles, de chlorures hygroscopiques ou même de carbonates en poudre, et parfois d'un peu de nitrates.*

*Ceux de ces produits les plus nuisibles pour le remploi de ces matériaux sont les sulfates.*

*Pour éviter les méfaits de ces produits, il sera nécessaire de procéder à un premier triage des matériaux, de façon à ne pas utiliser :*

a) Ceux qui auront perdu leurs qualités, soit par les dislocations produites par les obus, soit par la transformation produite par des incendies, etc.;

b) Ceux qui seront trop souillés par de la terre ou d'autres matières;

c) Ceux qui renferment du plâtre.

Dans ces matériaux ainsi triés, il y aura lieu d'éviter d'y placer ceux qui présentent manifestement des efflorescences et ceux souillés de matières organiques. Pour les cas moins visibles et douteux, on pourra employer les procédés très simples d'analyse.

A titre d'indication, il semble prudent de ne pas dépasser le chiffre de 0,50 % de nitrates, limite dangereuse.

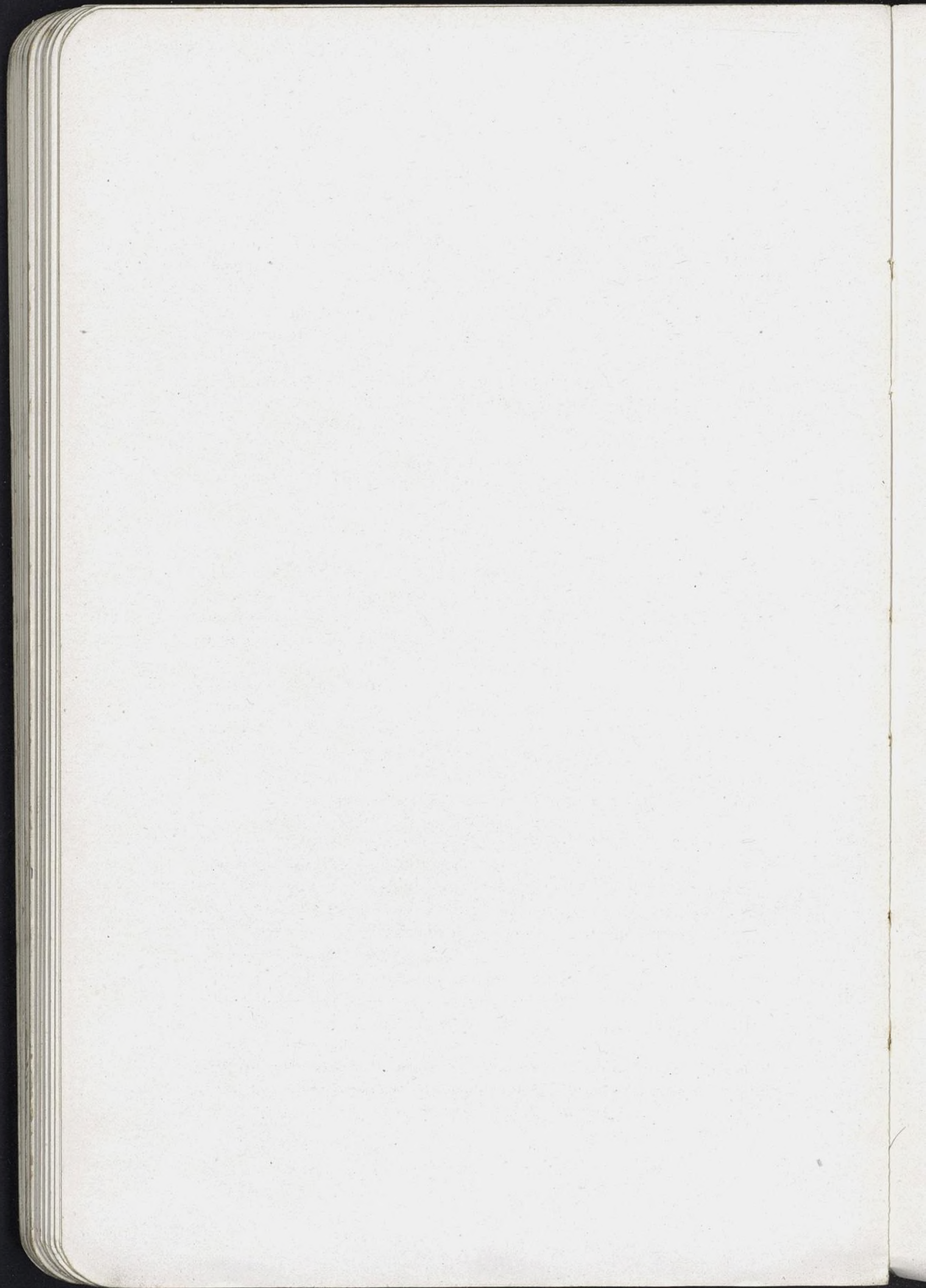
*Il est recommandé, en outre, d'isoler les murs de l'humidité du sol par un matelas tel que plaque métallique ou une couche de bitume disposée horizontalement dans le mur à une certaine hauteur, de façon à éviter les phénomènes des capillarité signalés.*

*Dans beaucoup de cas, on pourra vraisemblablement utiliser le dosage à 300 kilogrammes et même à 200 kilogrammes de ciment.*

*Pour la chaux hydraulique, on pourra adopter, dans un certain nombre de cas, le dosage à 400 kilogrammes et même à 300 kilogrammes.*

*Quant à l'emploi de la chaux grasse, elle ne paraît pas devoir être recommandée, sauf dans des cas tout à fait spéciaux.*







## ÉTUDE DES PRODUITS DE SILICE

### (Matières premières et briques)

(1918)

---

#### L'Industrie des Briques de Silice pendant la guerre

Rappelons, pour mémoire, que les briques de silice sont utilisées pour la construction des fours à verrerie, des fours à coke, de certains récupérateurs et, plus particulièrement, par les usines métallurgiques pour voûtes de fours Martin. Ce sont des briques « acides » et qui, par suite, résistent à l'action des scories. En particulier, pour les voûtes de fours Martin, les bonnes briques de silice présentent l'avantage sur les produits silico-aluminéux de pouvoir résister aux conditions d'emploi aux hautes températures auxquelles sont soumis ces fours, sans éprouver des déformations et attaques qui seraient susceptibles de déformer les maçonneries et, par suite, de les détruire.

L'industrie de la fabrication des briques de silice, avant la guerre, s'était surtout développée en Allemagne, en Angleterre et en Amérique. En France, la consommation était annuellement d'environ 37.000 tonnes; quant à la production, elle était presque nulle, ce qui nous rendait tributaire de l'étranger et particulièrement des Allemands.

Aussi, quelques mois après le commencement des hostilités, et bien que l'Angleterre et l'Amérique aient pu nous approvisionner quelque peu, non seulement les briques de silice faisaient défaut dans nos usines métallurgiques, mais encore les connaissances indispensables pour leur fabrication y étaient presque totalement ignorées. Par suite de l'intensification de la production de l'acier nécessaire aux besoins impérieux de la guerre, il devenait indispensable de pouvoir fabriquer sans retard les 57.000 tonnes annuelles de briques de silice qu'exigeaient les aciéries, afin d'éviter une crise grave de conséquences.

Malgré les difficultés que présentait pour eux cette nouvelle fabrication, les industriels français se mirent aussitôt résolument à l'œuvre. Non seulement on ne possédait qu'une documentation insuffisante sur la technique et la pratique de cette fabrication, mais



surtout l'étude préalable des matières premières n'était connue en France que par des mémoires scientifiques très intéressants mais portant sur des points spéciaux, et non d'après un programme d'ensemble comportant des recherches méthodiques sur les roches de notre sous-sol susceptibles d'être utilisées. Enfin, si l'empirisme n'avait pas eu encore l'occasion de présider aux opérations, par contre, des principes basés sur des présomptions, sur des expériences très particulières servirent de base, dès le début, aux choix des matières premières, des fours, des modes opératoires, etc.

Les fournitures ayant donné lieu à des déboires, le Ministre de l'Armement, après une enquête préalable dans les usines, faite par M. le professeur Léon Bertrand, chargeait, en 1917, la Commission des Produits Céramiques et Réfractaires présidée par le commandant Cellierier, d'examiner la question des briques de silice, en vue de coordonner les efforts tentés de divers côtés pour améliorer sans retard une fabrication de première nécessité.

Les intéressés furent aussitôt invités à se grouper pour faciliter d'une part la répartition des commandes de divers Services de la Défense nationale centralisées au Ministère de l'Armement et, d'autre part, la coopération des études que nécessitait la mise au point de la fabrication.

C'est dans ces conditions que se fonda le Comptoir des Fabricants des briques de silice, Comptoir qui réunit rapidement la plupart des fabricants dont le concours a été particulièrement précieux à la Commission des Produits Céramiques et Réfractaires du Ministère de l'Armement.

Cette Commission comprenait :

Commandant CELLERIER, directeur du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, *président*;

M. LÉON BERTRAND, professeur à la Faculté des Sciences de Paris;

M. LANQUINE, chef des Travaux à la Faculté des Sciences de Paris;

Capitaine BARADUC-MULLER, chef des Produits Métallurgiques au Ministère de l'Armement;

Capitaine Fernand WATTEBLED, chef du Service des Produits Céramiques et Réfractaires au Ministère de l'Armement;

Lieutenant JORDAN, chef du Service des Fontes au Ministère de l'Armement.

En outre, la Commission s'est adjoint :

Lieutenant DE REYTER, du Ministère du Travail et de l'Industrie du Gouvernement belge;

M. BIGOT, docteur ès sciences, ingénieur céramiste;



Capitaine BODIN, chef de la Section des Matériaux de Construction du Laboratoire d'Essais;

M. GRIFFITHS, chef de la Section de Chimie du Laboratoire d'Essais.

La Commission, s'inspirant des études connues à ce jour, et notamment de celles de M. H. Le Chatelier, s'est mise en liaison avec les intéressés, en particulier avec le Comptoir des Fabricants de briques en silice. Elle a établi un programme d'ensemble portant sur l'étude des méthodes d'essais et la technologie des matières premières et des produits fabriqués, en cherchant à élucider l'influence des divers facteurs qui interviennent d'une façon si complexe sur la bonne qualité de la fabrication.

Le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, organe expérimental de la Mission d'Essais, Vérifications et Expériences Techniques, fut chargé de procéder aux diverses recherches qui nécessitait le programme de la Commission.

Pour la réalisation de ces études, nous avons pensé qu'il était nécessaire de faire appel non seulement aux moyens d'investigations scientifiques de laboratoire les plus minutieux, mais encore aux procédés d'expériences semi-industrielles se rapprochant autant que possible des conditions d'emploi des produits.

Dans ce but, une place à part a été réservée aux examens pétrographiques et à la recherche des caractères géologiques des roches. Une section nouvelle, dite « Section de Pétrographie », fut, en conséquence, créée spécialement au Laboratoire. M. le professeur Léon Bertrand en a pris la direction, assisté de M. Lanquine. Les résultats obtenus et qui font l'objet d'un fascicule spécial de M. L. Bertrand sur les « Méthodes optiques pour l'Etude microscopique des Roches », ont bientôt démontré le précieux concours que pouvaient apporter les examens pétrographiques pour l'avenir de la fabrication française des briques de silice. M. Bigot, bien connu par ses travaux, et le capitaine Bodin, ont été chargés des recherches qu'exigeaient les essais physiques et mécaniques, et ont pu obtenir des résultats nouveaux très intéressants, en utilisant un dispositif d'essais à haute température du capitaine Bodin, un four semi-industriel Bigot-Bodin édifié au Laboratoire, et en créant des méthodes expérimentales rationnelles. Enfin, M. Griffiths, apportant des modifications heureuses aux procédés chimiques, a effectué les analyses, le plus souvent très délicates, des divers produits.

Le rapprochement et la coordination des divers résultats ainsi obtenus au moment de l'armistice par ces distingués collaborateurs et de ceux obtenus par les divers chercheurs, permettent, dès maintenant, de dégager quelques conclusions qui, si elles ne terminent pas encore la question particulièrement complexe de la technique des



produits de silice, contribueront, nous en avons le ferme espoir, à guider nos industriels et à les inciter à apporter de nouveaux progrès dans leurs fabrications.

La réalisation complète de telles études eût, en effet, nécessité de consacrer tout le temps désirable et aussi d'avoir à sa disposition du personnel technique en nombre suffisant. En raison des circonstances de la guerre, de l'urgence à apporter des améliorations, il a fallu limiter les travaux et ne procéder qu'à un nombre relativement restreint d'expériences. C'est ainsi que la recherche systématique des meilleurs gisements des roches matières premières, existant en France, serait encore à entreprendre. Il est à souhaiter que des dispositions soient prises en conséquence après la guerre. Il eût été également désirable de pouvoir recueillir dans les aciéries des renseignements précis sur l'emploi comparé et méthodique des divers échantillons de briques utilisés; malheureusement, la nécessité de sacrifier à la surproduction rendait souvent difficile, dans les usines métallurgiques, des observations continues ou des expériences spéciales de longue durée.

Dans ces derniers temps, de réels progrès ont été réalisés par certaines usines. Si toutes celles qui se sont créées en France à l'occasion de la guerre se décident résolument à faire appel aux procédés des méthodes scientifiques, à organiser à côté de leur fabrication des laboratoires appropriés, à suivre et contrôler avec soin toutes les phases des opérations, on peut prévoir qu'en un temps relativement court se sera établie une nouvelle industrie nationale pouvant produire couramment et à des prix raisonnables des briques de silice de première qualité, et suffire à tous les besoins du pays, sans avoir recours à l'étranger.

Un fascicule spécial fait connaître le « Résumé des Travaux du Laboratoire d'Essais sur la Fabrication des Briques de Silice ». Nous reproduisons, ci-après, nos conclusions.

#### CONCLUSIONS

Il résulte de l'ensemble des études faites par les divers chercheurs, ainsi que des observations des savants et des praticiens, et des travaux les uns scientifiques, les autres de nature semi-industrielle qu'a effectués pendant la guerre le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, que nous pouvons actuellement énoncer certaines conclusions générales qui paraissent susceptibles de faciliter largement la fabrication nouvelle des briques de silice en France.



## A. — Essais des Matières premières et Briques

Les essais à préconiser sont les suivants:

### I. — Matières premières

- 1° Analyse chimique complète;
- 2° Chauffage à 1.700° pendant quatre heures;
- 3° Détermination de la courbe d'allongement;
- 4° Détermination de la courbe de porosité relative;
- 5° Détermination de densités;
- 6° Examen pétrographique avant et au cours de ces essais;
- 7° Fabrication de produits avec les matières convenablement broyées, additionnées de 2 % de chaux et comprimées, et soumises à :
  - α) Cuisson à 1.450° pendant quatre heures;
  - β) Cuisson à 1.700° pendant quatre heures;

8° Essais physiques et mécaniques sur α) et β) comme ci-après pour les produits fabriqués.

### II. — Produits fabriqués

- 1° Analyse chimique complète;
- 2° Chauffage à 1.700° pendant quatre heures;
- 3° Détermination de la courbe d'allongement;
- 4° Détermination de la courbe de porosité relative :
  - α) Sur le produit venant de l'usine;
  - β) Sur le produit chauffé à 1.700°;
- 5° Détermination des densités apparentes et absolues :
  - α) Sur le produit venant de l'usine;
  - β) Sur le produit chauffé à 1.700°;
- 6° Examen pétrographique avant et au cours de ces essais;
- 7° Courbe de résistance à l'écrasement jusqu'à 1.500° sur le produit chauffé à 1.700°.

Les divers procédés d'essais sont indiqués dans le rapport spécial;

8° Essais méthodiques comparatifs dans les usines métallurgiques, de concert entre les aciéries et les fabricants.



## B. — Observations générales

1° *Intérêt de l'examen pétrographique*, qui permet de déterminer la nature et les caractéristiques physiques de la matière première, ainsi que les facteurs essentiels de la technique de fabrication;

2° *Concordance, dans la plupart des cas, des prévisions* déduites des examens pétrographiques avec les résultats d'essais de tenue au feu.

3° *Nécessité de compléter l'examen pétrographique par des essais physiques et mécaniques* sur des produits fabriqués;

4° *Les matières premières qui paraissent devoir être recherchées* sont les quartzites, de préférence les quartzites à ciment micro-cristallin;

5° La *densité absolue* des bonnes briques de silice est généralement  $\leq 2,40$  avant chauffe et  $\leq 2,35$  après deux chauffes à  $1.600^{\circ}$ , quoique certaines briques, considérées comme satisfaisantes par des spécialistes qui les emploient judicieusement, dépassent ces limites; certaines briques, considérées comme satisfaisantes par des spécialistes qui les emploient judicieusement, dépassent ces limites;

6° La *densité absolue* des bonnes briques, après deux chauffes à  $1.600^{\circ}$  est sensiblement la même et voisine de 2,31, paraît naturellement être la conséquence de la transformation complète de la silice;

7° La *densité apparente* de bonnes briques est généralement  $\geq 1,65$ ; toutefois, il ne semble pas que ce chiffre doive actuellement être considéré comme une limite nécessaire; il faut rechercher une densité apparente aussi élevée que possible;

8° La *porosité relative* est parfois relativement élevée (17,9 %) dans certaines briques assez bonnes; elle est aussi parfois relativement basse (9,8 %).

De même pour les briques mauvaises.

On ne peut donc rien conclure de précis, même après deux chauffes.

9° Par contre, la *variation de porosité relative* avant et après deux chauffes à  $1.600^{\circ}$  s'est montrée faible (2 à 3 % au maximum) avec les bonnes briques essayées, et élevées (6 à 7 %) avec les mauvaises;

10° La *porosité absolue* ne varie guère; elle ne peut servir, semble-t-il, utilement;

11° La *température de fusion* des briques pour les fours Martin doit être  $\geq 1.710^{\circ}$  C environ;

12° *Teneur en silice* supérieure ou au moins égale à 95 % pour les bonnes briques.

13° La *détermination de la proportion des sulfates* fournit des indications, mais ne donnant qu'une garantie partielle de non-fusibilité;



14° Si l'allongement après deux chauffes à 1.600° (ou une chauffe à 1.700°) est élevé, la brique est mauvaise.

Il faut prendre :

Allongement  $\leq 2$  à 5 % à la rigueur.

La réciproque n'est pas vraie; on éliminera déjà les mauvaises ou alors on effectuera l'essai d'allongement;

15° La *résistance à l'écrasement à température ordinaire* ne doit bien entendu, pas descendre au-dessous d'une certaine limite : 150 kilogrammes par centimètre carré pour les bonnes briques; 75 pour celles de 2° qualité;

16° La *résistance à l'écrasement à 1.500°* sur cubes de  $2 \times 2 \times 2$  centimètres, après deux chauffes à 1.600° (ou une chauffe à 1.700°) fournit de précieuses indications. Elle ne suffit d'ailleurs pas à donner une garantie de bonne résistance à chaud.

Les bonnes briques donnent  $R \geq 40$  kilogrammes au centimètre carré.







## ÉTUDE SUR LA FABRICATION RATIONNELLE DES BRIQUES EN TERRE CUITE

(1918)

Parmi les très importants problèmes qu'il y aura lieu de résoudre, aussi rapidement que possible, pour la reconstruction des régions envahies, la production intensive des matériaux de construction tient une place considérable.

Cette production préoccupe, à juste titre, les Pouvoirs publics. Chaque progrès qui peut être envisagé à son sujet, et qui facilitera le rapide relèvement de nos territoires envahis, doit être accueilli avec un vif intérêt, et porté à la connaissance de tous ceux qui seront appelés à participer aux travaux à entreprendre.

Or, le Nord de la France et la Belgique sont des régions peu privilégiées au point de vue des pierres à bâtir et du sable fin. L'utilisation des briques en terre cuite y jouera donc un rôle considérable pour les reconstructions. On a peine à s'imaginer les quantités énormes de briques qui seront nécessaires pour ces travaux, à exécuter dans un temps aussi court que possible; c'est par milliards de briques qu'il faudra compter pour la reconstruction des édifices détruits par l'ennemi.

Par conséquent, il y a lieu de rechercher à *augmenter de suite, et le plus possible*, la production de ce matériau.

On doit prévoir que les régions éloignées du Nord n'interviendront que pour une faible part dans les fournitures. D'une part, en effet, les considérations d'économie s'imposeront plus que jamais, de sorte que le prix du transport des briques devra être assez réduit pour ne pas influencer notablement sur celui de la construction. D'autre part, les difficultés de transport seront encore certainement considérables au moment où pourront commencer les reconstructions, et cela non seulement dans les zones de l'intérieur, mais surtout dans celles où les voies ferrées, les canaux, les routes auront été endommagés.

De toute façon, ces régions éloignées ne pourront intervenir qu'après avoir elles-mêmes résolu la question du prix de revient réduit, bien que correspondant à une bonne qualité.

La nécessité de réorganiser vite, bien et dans les meilleures conditions économiques possibles, rend donc indispensable la *recherche des meilleurs moyens d'utilisation* des ressources des régions dévastées ou des régions voisines de celles-ci.



En outre, la *qualité des produits doit être améliorée*. De tous temps, dans les régions du Nord, la brique a été fabriquée à bon marché, mais malheureusement, il faut le reconnaître, avec des procédés insuffisamment étudiés, en sorte que la qualité laissait beaucoup à désirer, d'où toutes sortes de mécomptes dans les constructions. Aussi ne faut-il pas se contenter d'étudier purement et simplement le relèvement des installations productrices anciennes et leur développement sur leurs bases techniques d'avant-guerre, d'autant plus que la guerre aura profondément modifié les conditions de fonctionnement de l'industrie briquetière du Nord. Il faut voir, avant tout, dans quelle mesure les méthodes anciennes de fabrication seront encore adaptables aux conditions économiques nouvelles, et même si elles seront simplement encore possibles.

On devra donc *apporter des améliorations aux procédés de fabrication et les adapter aux conditions économiques nouvelles*.

En dernier lieu, il faudra se préoccuper de *réaliser des économies de main-d'œuvre*, par l'application combinée de procédés de fabrication nouveaux et d'organisation des opérations, en vue d'obtenir un rendement global suffisant avec un personnel réduit et souvent même ne possédant pas de qualités professionnelles.

En résumé, le problème à résoudre se décompose ainsi :

Augmentation de la production;

Utilisation des ressources locales du Nord;

Amélioration de la qualité des produits;

Adaptation des méthodes de fabrication aux conditions économiques nouvelles;

Diminution de la main-d'œuvre.

Pour trouver la solution de ce problème, il est indispensable d'analyser d'abord les principales méthodes de fabrication employées avant la guerre, afin d'isoler les facteurs dont chacune de ces méthodes dépend : frais d'installation (matériaux et matériel nécessaires à ces installations), main-d'œuvre spéciale et combustible employés à la fabrication. Il faut ensuite rapporter ces facteurs aux conditions économiques nouvelles créées par la guerre, afin de déterminer les moyens d'obtenir, dans les installations futures, le rendement le meilleur, en quantité et qualité, et le mieux adapté à la situation.

Le Capitaine WATTEBLED, spécialiste en la matière, a rédigé un mémoire sur les méthodes de fabrication des briques en terre cuite employées jusqu'ici, sur celles qu'il y a lieu de préconiser à présent, et de mettre en lumière que *le bon marché de la fabrication peut très aisément s'allier à la bonne qualité*.



Ce travail a pour objet de vulgariser, auprès des Pouvoirs publics intéressés, et aussi auprès de tous ceux qui auront à participer à l'œuvre nationale de reconstruction des régions envahies, les *meilleures méthodes de fabrication, celles qui conduiront à la plus grande valeur d'utilisation du produit.*

*Il comprend :* la discussion des méthodes flamande, mixte et autres, en usage; puis un chapitre spécial relatif aux méthodes perfectionnées; ensuite, des considérations sur la chaleur perdue utilisée dans les séchoirs artificiels; et, enfin, la comparaison des principaux facteurs du prix de revient, pour les différentes méthodes de fabrication.

C'est dire qu'il paraît appelé à rendre de très utiles services, en servant de guide aux industriels intéressés à la fabrication des briques en terre cuite.

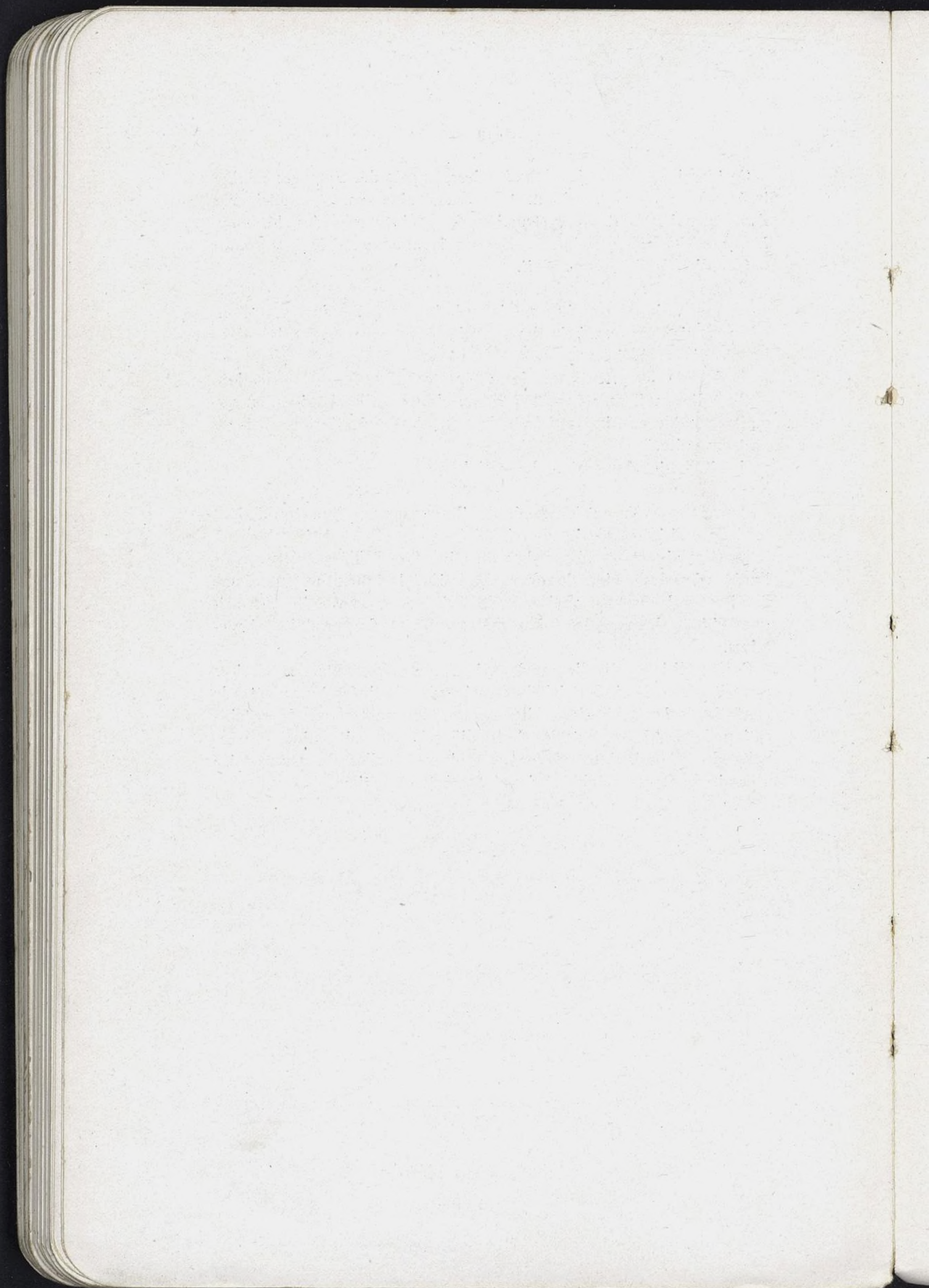
Il fait l'objet d'un opusculé spécial.

Comme complément à cette étude, il nous a paru opportun d'ajouter les conditions techniques préconisées par la Commission des Produits Céramiques et Réfractaires du Ministère de l'Armement, pour l'unification des cahiers des charges relatifs à la fourniture aux divers Services de la Défense nationale des briques en terre cuite, des briques silico-calcaires, des tuiles mécaniques et des produits réfractaires.

Ces conditions, établies après avis des représentants des services compétents et des industriels intéressés, sont destinées à permettre le *contrôle de la fabrication.* Elles comportent notamment la spécification des essais susceptibles de qualifier les produits, ainsi que les méthodes d'essais à employer, et qui sont celles du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.

---







## ÉTUDE DE LA DURETÉ PAR ESSAIS DE RAYURE

(1918)

M. le sous-lieutenant Servais, du Laboratoire, a procédé à une étude complète de la dureté des métaux, par essais de rayure.

L'appareil du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, employé pour effectuer ces essais, est constitué par un fléau de balance à l'extrémité duquel est fixé un diamant à pointe conique taillée. Un dispositif de contrepoids permet, en rompant l'équilibre du système, d'exercer sur la pointe du diamant un effort connu pouvant aller jusqu'à 50 grammes.

Les échantillons préalablement dressés et polis sont fixés par de la cire sur un chariot situé sous la pointe du diamant et pouvant, au moyen d'un levier, se mouvoir sur une longueur de 1 millimètre environ. On oriente la surface polie de l'échantillon en essai suivant un plan horizontal perpendiculaire à l'axe du diamant; la surface est recouverte d'une goutte de benzine sous laquelle sont faites les rayures.

On mesure la largeur de la rayure sur le verre dépoli microscope à projection donnant un grossissement de 1.000 diamètres.

Les résultats ci-dessous ont été obtenus avec un effort sur la pointe de diamant de 50 grammes.

*Largeur de rayure en 1/1.000 de millimètre :*

Plomb.....	113
Etain.....	60
Aluminium.....	58
Argent.....	43
Montre métal blanc.....	38
Cuivre rouge.....	33
Platine laminé.....	28
Nickel.....	28
Fer doux.....	26
Médaillon (or-palladium).....	26
Acier extra dur recuit.....	24
Métal L. E. C. A. M. (pour joaillerie, en remplace- ment du platine pendant la guerre).....	20
Métal montre or.....	20



Acier demi-dur trempé.....	13,5
Tungstène (suivant pureté et traitement).....	17 à 11,5
Acier extra-dur trempé.....	10,5
Quartz.....	9

En outre, toute une étude importante a été établie par M. Servais sur les conditions dans lesquelles doivent se faire les expériences, l'influence de la forme de la pointe du diamant, etc. Cette étude fait l'objet d'un Bulletin spécial du Laboratoire.



## RECHERCHES D'ALLIAGES POUVANT REMPLACER LE PLATINE DANS SES DIFFÉRENTS USAGES

(1918)

Au commencement de l'année 1918, la défaillance de la Russie, ayant tari à peu près complètement les importations de platine de l'Oural, d'où nous provenait la plus grande partie de ce métal, une crise très grave menaçait de paralyser le fonctionnement de certains Services de la Guerre faisant emploi de ce métal rare.

C'est ainsi que, pour l'année 1918, on se trouvait en présence d'un déficit d'environ 140 kilogrammes pour les besoins directs de la Guerre (poudres, automobile, aviation, génie), non compris 300 à 320 kilogrammes d'alliage à haute teneur de platine pour les besoins dentaires de l'Armée et une quantité élativement élevée pour les laboratoires des services techniques ou des usines de guerre.

De plus, on ne prévoyait aucune ressource correspondant aux besoins des années suivantes, évaluées à environ 400 kilogrammes par an.

En vue de parer aux graves conséquences de cet état de choses, il fut créé, par décision du 4 mars 1918 du Ministre de l'Armement et des Fabrications de Guerre, une Commission interministérielle chargée d'apporter, sans retard, des solutions pratiques pour le remplacement du platine dans ses divers usages.

Cette Commission, dite « Commission du Platine », a reçu la composition suivante :

Commandant CELLERIER (J.-F.), directeur du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, *président*;

M. Henry LE CHATELIER, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne;

M. Théophile SCHLOESING, membre de l'Institut, directeur de l'Ecole d'Application des Manufactures de l'Etat;

M. COPAUX, président de la Section de Chimie à la Direction des Inventions, Etudes et Expériences techniques;

Capitaine GUILLET, directeur des Services techniques au Ministère du Commerce (M. REVILLON, secrétaire général suppléant);

Capitaine BARBÉ, de la Direction Générale des Fabrications des Poudres et Explosifs.



Sous-lieutenant ABRAHAM, professeur à l'Ecole normale Supérieure, attaché à la Télégraphie militaire;

Pharmacien principal FROMENT, de la Direction des Marchés au Sous-Secrétariat du Service de Santé;

Médecin-major de 1<sup>re</sup> classe HARET, de la Direction technique du Sous-Secrétariat du Service de Santé;

Lieutenant VILLÉ, de la Section technique de l'Aéronautique;

En outre, la Commission s'est adjoint :

M. LACROIX, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Le capitaine RAULIN, adjoint technique au Directeur du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, a rempli les fonctions de *secrétaire*.

La Commission, faisant appel aux avis de personnalités scientifiques et industrielles, spécialistes des diverses questions à étudier, a aussitôt commencé ses recherches qui avaient abouti à des résultats pratiques importants, six mois après sa constitution.

Le Laboratoire d'Essais a apporté une utile contribution aux travaux de la Commission, notamment par ses études et essais sur les appareils d'usage chimique, sur ceux du Service de Santé, des Services Automobiles, Aéronautiques, du Génie, et également sur les alliages destinés à la bijouterie et à la joaillerie, en vue de faciliter l'exportation des pierres précieuses montées.

Comme conséquence de ses travaux, à la fois d'ordre scientifique et pratique, la Commission du Platine a proposé ou consacré l'usage de produits de remplacement du platine, faciles à se procurer en France, et pour la plupart des nombreux cas où ce métal était employé pour les besoins de la guerre.

De ce fait, une grave crise a ainsi été évitée au cours de l'année 1918, crise qui eût présenté les plus fâcheuses conséquences pour nos Services de la Guerre (aviation, automobile, service de santé, téléphonie, industries chimiques, etc.).

Enfin, pour l'avenir, notre Industrie nationale saura profiter des résultats ainsi acquis pour créer de nouvelles fabrications importantes que les nécessités de la guerre auront ainsi suscitées, et se délivrer définitivement de l'introduction, dans notre pays, de produits ou d'appareils pour lesquels nos ennemis avaient réussi à établir un véritable monopole.

Un compte rendu des « Résultats des Travaux de la Commission du Platine » a fait l'objet d'un opuscule spécial.



# TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PRÉFACE.....	3
Création de la Mission d'essais, vérification et expériences techniques....	4
Personnel du Laboratoire d'Essais.....	7
Attributions des Sections du Laboratoire d'Essais.....	9
Résumé des principaux travaux effectués par le Laboratoire d'Essais.	13
I. — Essais courants et contrôles de fabrications.....	14
II. — Résumé des recherches et études spéciales.....	17

## ANNEXES

### RAPPORTS SOMMAIRES SUR QUELQUES ÉTUDES SPÉCIALEMENT INTÉRESSANTES

Étude des tissus destinés à l'armée.....	31
Essais comparatifs de cuir et d'un succédané.....	41
Courroie en cuir de cheval.....	45
I. — Essais de fonctionnement.....	46
II. — Essais de résistance à la traction.....	49
Automobilisme :	
I. — Mise en marche automatique.....	51
II. — Changements de vitesse.....	57
Principaux systèmes.....	58
III. — Carburateurs.....	60
Étude sur la liquéfaction industrielle du chlore.....	65
Lubrification des moteurs à explosion par huile émulsionnée d'eau....	69
Obturation des fuites de réservoirs à essence.....	73
Recherche d'un colorant fixe pour essences d'automobiles.....	77
Pompe pour l'épuisement d'eau de tranchées.....	79
Recherche d'un alliage susceptible d'être utilisé pour les plaques d'iden- tité des militaires.....	83
Fils fins en acier dur.....	87
Essais de préparation et applications de l'acétate de cellulose.....	91
Procédé de préparation du cérium.....	95
Essais comparatifs de divers modèles de casques.....	97
Affût de créneau de tranchée pour armes portatives.....	101
Essai d'un appareil lance-flammes.....	105
La stérilisation de l'eau aux armées.....	107
Les marmites et gamelles calorifuges.....	113



<b>Désinfection et lessivage du linge aux armées en campagne :</b>	
Appareil transportable de lessivage du docteur Bordas.....	117
Groupe de camions pour lessivage, essorage et séchage.....	118
<b>Moyens de défense contre les gaz asphyxiants.....</b>	
I. — Appareil respiratoire Fensy.....	127
II. — Appareil respiratoire Tissot.....	128
III. — Masques respiratoires.....	130
IV. — Appareil détecteur de gaz « Gabreau ».....	134
V. — Appareils détecteurs « Biquard ».....	136
VI. — Appareil automatique pour la respiration artificielle.....	139
<b>Les projecteurs de guerre :</b>	
Nécessité de projecteurs à très grande intensité. — Projecteurs américains à arc Sperry.....	144
<b>Étude du balourd dynamique des obus.....</b>	149
<b>Essais photométriques de fusées éclairantes.....</b>	153
<b>Les lignites :</b>	159
Nécessité de rechercher des succédanés de la houille.....	161
<b>Appareils de chauffage utilisant le bois ou la sciure de bois.....</b>	167
Quelques types d'appareils essayés.....	169
<b>Étude sur la protection contre les rayons X :</b>	
I. — Dangers des rayons X. — Nécessité de moyens de protection.....	179
II. — Études entreprises.....	179
III. — Résultats obtenus.....	181
<b>La radiographie aux armées :</b>	
Historique.....	183
Voitures radiologiques.....	184
<b>Étude sur la différenciation des bois verts et des bois vieux ou artificiellement vieillis.....</b>	
Examen des principales essences de bois indigènes.....	195
<b>Étude sur le remploi dans les constructions des vieux matériaux provenant des villes et villages détruits par la guerre :</b>	
Formation des salpêtres des murailles.....	197
Vieux matériaux prélevés à Paris sur les constructions réputées salpêtrées.	
— Vieux matériaux provenant de ruines d'immeubles de Reims.....	199
<b>Étude des produits de silice (Matières premières et briques) 1918 :</b>	
L'Industrie des briques de silice pendant la guerre.....	200
A. — Essais des matières premières et briques.....	203
B. — Observations générales.....	207
<b>Étude sur la fabrication rationnelle des briques en terre cuite (1918) ..</b>	208
<b>Étude de la dureté par essais de rayure.....</b>	211
<b>Recherches d'alliages pouvant remplacer le platine dans ses différents usages (1918).....</b>	215
	217



---

Marc Imhaus et René Chapelot, imprimeurs, Nancy et Paris

---



\_\_\_\_\_

Marc Imhaus et René Chapelot, imprimeurs, Nancy et Paris

\_\_\_\_\_