

SAVANTS FRANÇAIS DANS LA GUERRE MONDIALE 1914-1918

FRENCH SCIENTISTS IN THE WORLD WAR 1914-1918¹

Denis Beaudouin & Dominique Bernard

Abstract

Many events and commemorative ceremonies have been organised in remembrance of the First World War. In this context, we present the activities of French scientists and scientific institutions during the period. We focus on the creation in 1887 of the “commission d’examen des inventions intéréssant l’armée” and the contribution of the mathematician Paul Painlevé; the activities of some scientists contributing to the “war effort” despite their internationalist convictions: Aimé Cotton, Weiss, de Gramont and Chrétien, Langevin, Perrin, Marie Curie and Regaud; innovative research and development on scientific instruments in various disciplines, such as communications and radiotelegraphy, optics, chemistry, medicine and their applications; the contributions of the « grandes écoles parisiennes », for instance, the School of Industrial Physics and Chemistry; the impact of the WWI on the organisation of the French research and the creation of new research institutions, and the consequences of the loss of numerous young scientists.

Key words: World War I, French scientists, inventions, French army.

Geliř / Received 09.10.2018; **Kabul / Accepted** 18.11.2018

Kaynak gster / Cite this article as

Denis Beaudouin & Dominique Bernard “Savants français dans la guerre mondiale 1914-1918”
Osmanlı Bilimi Arařtırmaları XIX, ‘Savař ve Bilim’ Özel Sayısı (2018): 21-44.

DOI 10.30522/iuoba.468638

Yazar bilgileri / Affiliations

Denis Beaudouin, Membre de la Commission du Patrimoine de l’École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI), Paris, France. mdbeaudouin@yahoo.fr;

ORCID ID 0000-0002-8927-669X

Dominique Bernard, Maıtre de conférences de physique honoraire, Université de Rennes 1, Association « Rennes en Sciences », Rennes, France. domibernard@orange.fr

ORCID ID 0000-0001-9011-034X

¹ Voir notre communication au ‘XXXIVth Scientific Instrument Symposium’ (Turin, 7-11 septembre 2015) de ‘Scientific Instrument Commission’.

Öz

Birinci Dünya Savaşı'nın yüzüncü yılı anısına birçok etkinlik ve anma töreni düzenlenmiştir. Bu çerçevede, makalemizde, Fransız bilim insanlarının ve birim kurumlarının adı geçen dönem içindeki faaliyetini sunmaktayız. İncelenen konular şunlardır: “Orduyu İlgilendiren İcatları İnceleme Komisyonu”nun 1887 yılında kuruluşu ve matematikçi Paul Painlevé'nin katkıları; enternasyonalist görüşlerine rağmen bazı bilim insanlarının “savaş çabası”na katkıda bulunan faaliyeti (Aimé Cotton, Pierre Weiss, Armand de Gramont and Henri Chrétien, Paul Langevin, Jean Perrin, Marie Curie ve Claudius Regaud gibi); aralarında iletişim ve telsiz telgraf, optik, kimya, tıp dallarının ve bunların uygulamalarının bulunduğu çeşitli bilim dallarına ait bilim âletlerinin geliştirilmesi ve yenileyici araştırmaların yapılması; Paris'teki “büyük okullar”ın katkıları, örneğin Endüstriyel Fizik ve Kimya Okulu'nun katkısı; Birinci Dünya Savaşı'nın Fransa'daki araştırmaların organizasyonuna ve yeni araştırma kurumlarının doğuşuna etkisi, savaşta çok sayıda genç bilim insanının ölmesinin sonuçları.

Anahtar sözcükler: Birinci Dünya Savaşı, Fransız bilim insanları, icatlar, Fransız ordusu.

« Pour la patrie, pour la science et pour la gloire »²

Les rapports entre les hommes qui savent et ceux qui font la guerre sont « vieux comme le monde » ... La connaissance scientifique et technique a presque toujours procuré, certes avec un délai variable, un avantage à son détenteur : on pense que vers 1600 avant JC les forgerons composaient des alliages de bronze spécifiquement destinés à la guerre,³ et on suppose que Archimède aurait contribué scientifiquement à la résistance de Syracuse devant les légions romaines. En France en 1793, les savants furent mobilisés pour « sauver la République », les guerres napoléoniennes furent menées par de jeunes militaires disposant de connaissances scientifiques, puis celles du XIXème siècle utilisèrent nombre d'avancées scientifiques et techniques.

La première guerre mondiale verra une systématisation de cette liaison entre les sciences et les armes, entre le *Sabre et l'Éprouvette*, intitulé judicieux d'un bel ouvrage sur ce sujet.⁴ Cette guerre déclarée en aout 1914 entre la France et l'Allemagne devient vite continentale par le jeu des alliances, puis mondiale.

² Devise brodée sur le drapeau de l'École Polytechnique, remis, selon la légende, à l'élève Arago en 1805.

³ Anne Lehoërff, *Par les armes, le jour où l'homme inventa la guerre* (Paris : Belin, 2018).

⁴ David Aubin et Patrice Bret (dir.), *Le sabre et l'éprouvette : L'invention d'une science de guerre, 1914-1939* ([Paris] : Agnès Viénot Editions et Editions Noesis, 2003). Si cet ouvrage a été important pour les recherches concernant notre sujet, il est loin d'être le seul aujourd'hui. Nous nous appuyons sur nombre de documents inédits mis à jour au fil de nos travaux personnels, à l'Université de Rennes 1, à l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI), à la Société d'Encouragement de l'Industrie Nationale, et dans diverses bibliothèques. Voir la bibliographie en fin d'article.

Mais peu de mois après son déclenchement par les politiques relayés par la mobilisation des militaires, la mobilisation des savants fut générale et imposante, dès que l'on eut compris des deux côtés que cette guerre serait longue et nécessiterait donc de nouveaux moyens, sans exception. Il est tentant de citer ici le physicien Jules Violle, membre de l'Académie des Sciences, s'exprimant en décembre 1914 au cours d'une conférence au Conservatoire des Arts et Métiers : « Au point de vue scientifique, la guerre actuelle renverse toutes nos idées de progrès ». ⁵ Car c'est bien la relation idéalisée entre la science et le progrès qui se trouve brisée dès le début de cette guerre...

L'historiographie de la guerre de 1914-1918 connaît depuis quelques temps un renouveau, ⁶ se détachant des questions militaires et politiques pour aborder celles des mentalités et des attitudes des différentes catégories sociales confrontées à la brutalité du conflit mobilisant toute la société. Parmi les nombreux travaux récents l'article de Christophe Prochasson ⁷ apporte un éclairage intéressant sur notre sujet. Citons un de ses passages concernant les milieux scientifiques : « *Alors que l'adoucissement des mœurs avait été pensé tout au long de XIX^{ème} siècle comme la conséquence ultime de l'avancement des connaissances scientifiques, la guerre venait interroger ce lien fondamental noué entre science et progrès (...) faisant naître les premiers doutes moraux des savants fabricants de capacités destructrices (...)* » Et Prochasson cite un courrier de Jean Perrin et Marie Curie invitant Paul Langevin, plutôt pacifiste et proche des idées de Jean Jaurès, « à se mettre au service de la patrie » : « *Nous traversons une période si dure qu'un homme tel que toi doit avoir hâte de rendre des services que seul il peut rendre. Tu peux et doit faire beaucoup. Heureusement tu n'as pas été convoqué selon cette mobilisation « statistique » qui admet que nous sommes tous identiques. La mobilisation « fine » t'es donc possible. En employant ton intelligence de physicien (...) tu peux rendre plus de services que plus de mille sergents, malgré toute l'estime que j'ai pour ce grade honorable* ».

En France, cette première guerre mondiale survient dans un contexte politique qui doit être retracé. Après le traumatisme de la défaite française de 1870 face à la Prusse se développe une volonté assez populaire de revanche qui conduit à la « montée vers la guerre ». Mais, simultanément, le « progrès » devient une valeur universelle et positive, un important développement scientifique et technique est très encouragé durant les dernières décennies du

⁵ Jules Violle, « Du rôle de la physique à la guerre », conférence au Conservatoire des Arts et Métiers, 10 décembre 1914, *Revue scientifique*, n°17 (28 août – 4 septembre 1915) : 384.

⁶ Nous ne pouvons citer tous les travaux suscités par le centenaire de ce conflit, travaux aujourd'hui facilement accessibles.

⁷ Christophe Prochasson, « Les intellectuels français et la grande guerre », *Bulletin des Bibliothèques de France (BBF)* n°3 (2014) : 38-45. Disponible en ligne : <http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2014-03-0038-003>

XIXème siècle.⁸ Ce progrès trouve une vitrine mondiale au fil de plusieurs expositions parisiennes : exposition internationale d'électricité de 1881, Exposition Universelle de 1889 commémorant le centenaire de la Révolution Française, l'Exposition Universelle de Paris en 1900. Poursuivant celui du Siècle des Lumières, ce progrès des connaissances et de leurs applications résultait de la création de nouveaux établissements d'enseignements supérieurs et de recherche depuis la Révolution, et de la rénovation universitaire entreprise depuis quelques décennies.

Il faut rappeler que, à la veille de la première guerre mondiale, la recherche scientifique française s'exerce dans plusieurs types d'institutions :

- Les diverses facultés des Universités : sciences, médecine, pharmacie,
- Les « Grandes écoles », particularité française, souvent créées et développées pour répondre à des besoins sectoriels spécifiques que ne satisfaisaient pas les facultés. De plus, les gouvernements successifs de la Révolution Française puis l'Empire se méfiaient des universités d'origine catholiques, assez réfractaires aux idées nouvelles et peu versées dans les sciences. C'est ainsi que sont créées les institutions suivantes: École normale supérieure ENS(1794), École polytechnique (1794), Conservatoire des Arts et Métiers CNAM (1794), École centrale des arts et manufactures (1829), École municipale de physique et de chimie industrielles EPCI (1882), École supérieure d'électricité (1894), ainsi que des institutions « indépendantes » comme l'Institut Pasteur (1887).

Les enseignants, les chercheurs, les étudiants de toutes ces institutions vont se trouver mobilisés dans cette nouvelle guerre scientifique. Notre sujet est donc foisonnant, et si nous avons sans doute repéré la majorité des contributions scientifiques à l'effort de guerre, nous ne pouvons en développer qu'un nombre restreint, choisissant quelques-unes des plus significatives, mais rappelant aussi certaines plus ignorées.

En dehors des domaines de l'optique, de la détection sonore et de la chimie, assez peu d'instruments ou de procédés scientifiques réellement nouveaux seront créés spécifiquement pour la guerre, mais on adaptera aux besoins militaires des découvertes, des instruments ou des procédés récents, dans plusieurs directions pratiques : optimisation de l'usage des matières premières, rapidité de construction d'instruments en grande série, robustesse et facilité de leur utilisation dans des conditions difficiles. Des procédés chimiques vont être spécialement étudiés pour la réalisation des explosifs et une nouvelle arme

⁸ L'Exposition « Sciences pour tous, 1850-1900 » (2017) à la Bibliothèque nationale de France (BNF), a bien montré la dimension populaire de l'engouement pour la science génératrice de progrès pour l'humanité.

chimique très violente va être aussi mise au point, conduisant à la « guerre des gaz ».

Concernant les hommes il faut aussi préciser la distinction entre savant et inventeur.⁹ Nous allons rencontrer des savants qui apportent dans diverses commissions leurs connaissances à des militaires capables de les mettre en œuvre, mais parfois l'« appareil militaire » ne les applique pas, par inadaptation, incompréhension ou inertie. Mais nous verrons aussi des « inventeurs » indépendants, « à cheval entre l'univers scientifique et technique », fortes personnalités dont l'intelligence ne s'accommode guère de la hiérarchie militaire et surtout de l'incompréhension. « *L'inventeur heureux (...) est forcément têtu, d'un entêtement de brute : il ne réussit rien du premier coup ; s'il ne s'obstinaît pas il ne ferait jamais rien* » Ainsi s'exprime Georges Claude,¹⁰ fondateur de la compagnie l'Air Liquide en 1902, que nous retrouverons plus loin avec sa bombe à oxygène liquide.

Ces contributions scientifiques vont trouver leur application en divers lieux :

- Sur le front : repérage au son, Télégraphie Sans Fil appelée TSF, et en mer : « sonar », TSF,
- Dans les usines pour optimiser les fabrications militaires (spectrographe et pyromètres pour le contrôle des aciers),
- Dans les laboratoires pour adapter des appareils aux conditions des tranchées (jumelles, périscopes, appareils de la TSF), et pour mettre au point des procédés chimiques en réponse aux gaz et pour s'en protéger,
- Dans les hôpitaux, pour définir une organisation adaptée aux conditions de la guerre : Claudius Regaud crée des hôpitaux près du front assurant trois fonctions: urgence pour soigner vite, formation des médecins, recherche de soins adaptés aux pathologies de guerre.

Une commission bien particulière!

Ainsi, cette obsession de la revanche et l'idée constante d'une faiblesse française technique, industrielle et militaire face à la Prusse qui domine l'Allemagne conduit à la mise en place dès 1887 d'une « commission d'examen des inventions intéressant l'Armée ». Marcelin Berthelot (1827-1907), chimiste et académicien, l'un des savants les plus impliqués dans la relation avec l'armée, va la présider. Son rôle dans l'adoption de nouveaux explosifs sera fondamental.

⁹ Aubin et Bret (dir.), *Le Sabre et l'Eprouvette*, 105 et suite, dont s'inspirent nombre de citations.

¹⁰ Sur Georges Claude, voir son ouvrage *Politiciens et polytechniciens* (Paris : autoédition, 1919), ainsi que « Titres et Travaux », dossier de candidature à l'Académie des Science (2) et l'encart de Gérard Emptoz sur cet ingénieur dans *Les Armes de la Grande Guerre* (Paris : Pierre de Taillac Editeur, 2018).

Quand intervint la déclaration de guerre en août 1914, la mobilisation des savants est donc facilitée par ces liens tissés de longue date. La commission créée en 1887 est alors rattachée à la Direction des inventions intéressant la Défense Nationale. Initiateur de cette évolution, Paul Painlevé (1863-1933), occupera une position originale : scientifique et politique, il est mathématicien, académicien et sera ministre de l'instruction publique et de la guerre. Il s'engage dès 1909 pour l'emploi de l'aviation par les militaires.



Fig. 1. Paul Painlevé (1863-1933).

Rassemblant une quarantaine de scientifiques, cette commission renouvelée¹¹ est présidée par le mathématicien Paul Appel, lui-même à la tête de l'Académie des Sciences. Parmi les scientifiques présents, citons quelques physiciens et mathématiciens : Mascart, Violle, Bouty, Esclangon, Borel, Hadamard, Cotton, Weiss, Eiffel, Féry, Claude...

Elle comprend trois sections principales : électricité-TSF-optique, explosifs-industries chimiques, arts mécaniques- aéronautique-moteurs-balistique. Elle va expertiser et trier des projets d'inventions extrêmement diverses et parfois folkloriques tels que ballons lance-tracts, grenades à main, périscopes, bicyclettes mitrailleuses, clairons à air comprimé, destructeurs de barbelés... On peut imaginer que les démêlés de la commission avec les diverses hiérarchies militaires furent nombreux et cause de retards aux conséquences

¹¹ Sur cette Commission, voir l'article très complet de Gabriel Galvez-Behar, « Le savant, l'inventeur et le politique le rôle du sous-secrétariat d'état aux inventions durant la première guerre mondiale » *Vingtième Siècle, Revue d'histoire*, n° 85 (Janvier-Mars 2005/1) : 103-117.

parfois graves.¹² La diversité des thèmes nous a amené à sélectionner quelques sujets ou scientifiques connus que nous allons maintenant présenter.

Le repérage de l'ennemi

L'importance nouvelle des batteries d'artillerie, l'utilisation de l'aéronautique et l'entrée en guerre des sous-marins vont être à l'origine d'une classe bien précise de recherches, regroupées sous le terme de « la question du repérage », sur terre, dans l'air, sur mer, et fera l'objet d'une forte mobilisation des scientifiques

Dès septembre 1914 les physiciens de l'École normale supérieure mettent au point une méthode qui consistait à détecter le son provoqué par le tir d'une pièce d'artillerie, ou, de manière plus sophistiquée, à détecter l'onde de choc du projectile envoyé, et à calculer la position de la pièce à partir du retard mesuré par triangulation entre les détections effectuées par deux postes d'écoutes distincts. En décembre 1914, plusieurs systèmes, utilisant un fluxmètre Grassot, avaient été mis au point par Aimé Cotton et Pierre Weiss d'un côté, de l'autre par Alexandre Dufour et Eugene Huguenard, tous travaillant dans les laboratoires de l'ENS. En janvier et février 1915 furent effectués des essais sur le front avec des résultats très satisfaisants. Mais dans une note d'août 1940, Cotton indique que, du fait des grosses difficultés rencontrées avec l'administration militaire, son système de repérage fut peu utilisé. Il était pourtant très efficace, reposant sur l'analyse de l'onde de choc émise par les obus supersoniques à la sortie du canon, plus véloce et plus précise que l'onde sonore de détonation, et permettant donc un repérage plus rapide de la batterie...¹³

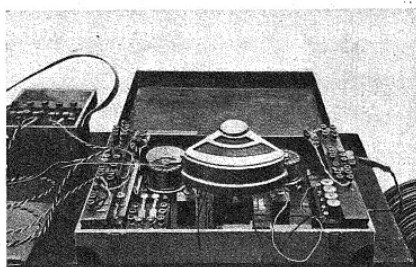


Fig. 9. — Matériel Cotton-Weiss. — Boîte de mesure avec le fluxmètre.



Fig. 2. Repérage du son, système Cotton-Weiss.

Un exemple de fluxmètre Grassot (collection Université de Rennes 1)

¹² Yves Roussel, « L'histoire d'une politique des inventions 1887-1918 », *Cahiers pour l'histoire du CNRS 1939-1989* n° 3 (1989) : 19-57.

¹³ Aimé Cotton, « Sur les relations des inventeurs et des hommes de laboratoire avec les services publics », tapuscrit inédit daté 22 août 1940, page 3, Archives de l'École Normale Supérieure.



Fig. 3. Tableau du peintre Mathurin Meheut, mobilisé durant toute la guerre pour le camouflage, représentant ici un système de détection acoustique anti-aérien. Musée Mathurin-Meheut (22400 Lamballe).

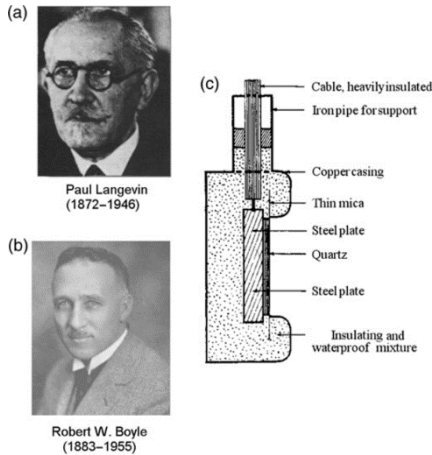


Fig. 4. Paul Langevin (1872-1946), Robert Boyle et le système ADSIC

Jean Perrin, le grand physicien, pacifiste, internationaliste et futur fondateur du CNRS, sera lui aussi un membre important de la direction des inventions. En 1915, il délaisse ses propres recherches pour se consacrer à l'élaboration d'instruments acoustiques tels que le *géophone* (capsule acoustique améliorée qui permet de capter les sons transmis par le sol et détecter l'ennemi dans un tunnel) le *myriaphone* (cornet de grand pouvoir amplificateur, sorte d'oreille recomposée, pouvant à la fois réceptionner les sons mais aussi en émettre, "le clairon des tranchées") et, couplé au *télesitèmètre*, l'ensemble permet de repérer la trajectoire des avions ennemis à environ 6 km avec une précision de quelques degrés.

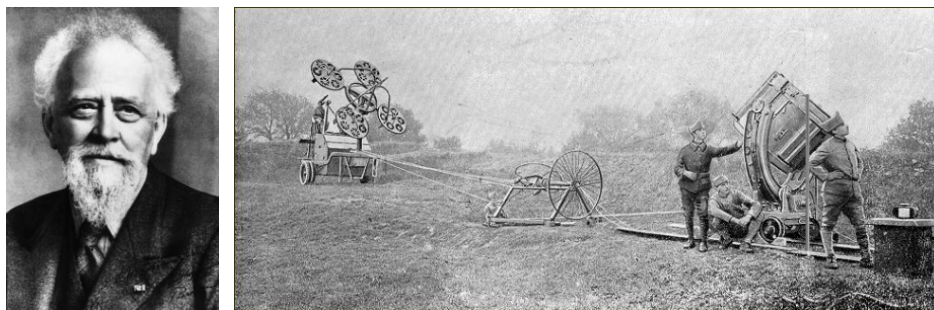


Fig. 5. Jean Perrin (1870-1943) et un télésitémètre en 1918.

Il dote ainsi l'armée française d'un ensemble d'appareils d'écoute qui permettent la localisation d'avions et de sous-marins ainsi que le repérage sous terre des travaux de sape ennemis, hantise du fantassin de première ligne.

Le Dandy et le savant : Armand de Gramont et Henri Chrétien

Dès le début du conflit, on assiste à une forte demande d'appareils d'optique (photographie aérienne, jumelles, télémètre). A partir de 1915, un service de fabrication d'instruments d'optique est rattaché au service géographique de l'armée. Sous l'impulsion du général Bourgeois, qui obtint de faire revenir du front les ouvriers et techniciens spécialisés dans l'optique, la production de *jumelles à prismes* passa de 1500 exemplaires par mois en 1914 à 4500 en 1915 et 130 000 en 1918. Bourgeois est nommé premier président du conseil de l'institut d'optique, qui deviendra, après la guerre une école d'ingénieur renommée : l'Institut d'optique théorique et appliquée de Paris qui sera évoquée ci-dessous.

Il est intéressant d'illustrer ce domaine de l'optique par l'itinéraire intellectuel et scientifique de deux personnalités.

Armand de Gramont (1876-1962). Né dans une famille aristocratique, il fréquente les milieux cultivés artistiques et littéraires des années 1900. Mais dès 1902 il passe une licence en sciences, puis crée personnellement en 1908 à Levallois un laboratoire d'aérodynamique. Il soutient en 1911 une thèse de doctorat ès sciences dans ce domaine.

Henri Chrétien (1879-1956). Fils d'un artisan, il obtient à douze ans son certificat d'études primaires et prépare le baccalauréat ès sciences en autodidacte. Il fait ses études supérieures à la faculté des sciences de Paris, la licence ès sciences en physique et en mathématiques en 1902, puis l'École supérieure d'électricité dont il sort ingénieur diplômé en 1906. Astronome à l'observatoire de Paris-Meudon puis à Nice, chargé de la création d'un service d'astrophysique, il conçoit un spectrohéliographe construit en 1912 par l'ingénieur-opticien

Amédée Jobin. Henri Chrétien est dès ces années indiscutablement un grand théoricien doublé d'un instrumentiste fécond.



Fig. 6. Armand de Gramont et Henri Chrétien. Fabrication d'instruments d'optique en 1917.

Les deux hommes se rencontrent à la section technique de l'aéronautique. De Gramont y est aviateur et Henri Chrétien scientifique chargé de concevoir des instruments de visée. En mars 1916, le service des fabrications de l'aviation du ministère de la Guerre demande à Gramont de transformer son laboratoire d'aérodynamique en atelier de fabrication d'appareils optiques, en particulier de *collimateurs de visée* conçu avec Henri Chrétien. En 1917, ce dernier invente le catadioptr¹⁴ et travaille sur un système optique pour remplacer les larges viseurs des chars, ce qui conduira à l'invention de l'*hypergonar*, objectif photographique à champ très large.

Constatant l'insuffisance de l'équipement de l'armée française en instruments d'optique de précision et le manque d'ingénieurs capables de les mettre au point, ces deux scientifiques prendront l'initiative de la création d'un « institut d'optique théorique et appliquée ». Cet institut, qui verra le jour en 1920, va être chargé de la formation d'un corps d'ingénieurs-opticiens. Il est présidé par de Gramont de 1920 jusqu'à sa mort en 1962. En tant qu'industriel, avec l'ambition de rivaliser avec les productions allemandes de l'ensemble Abbe-Schott-Zeiss, A. de Gramont fonde en 1919 et dirige la société OPL, « Optique et précision de Levallois », qui prend la suite de l'atelier de fabrication d'appareils optiques, toujours avec l'appui scientifique de Henri Chrétien.

L'engagement durant la guerre de ces deux hommes de science et d'initiative, physiciens et opticiens, concepteurs et réalisateurs, sera donc à l'origine d'un organisme aussi renommé que l'Institut d'Optique et d'une brillante entreprise, OPL.

¹⁴ Système optique permettant de réfléchir un rayon lumineux dans la direction de sa source, quel que soit l'angle d'incidence.

La Télégraphie sans fil (TSF) et la télégraphie militaire (TM)

A la veille de la première guerre mondiale, la communication par Télégraphie Sans Fil (TSF) est prête pour le service. Il faut rappeler qu'elle a été développée autour de 1900, tant à Paris par le commandant Gustave Ferrié pour le Génie que dans la Marine, par le capitaine de frégate Camille Tissot (1868-1917). Titulaire de deux licences, en physique et en mathématiques, professeur à l'École Navale, proche de Branly, il réalise dès 1898 les premières liaisons radio entre navires et invente plusieurs procédés nécessaires pour l'adaptation des appareils de Ducretet pour la TSF destinés à Marine.¹⁵

Mais de nombreuses améliorations restent indispensables et seront développées durant le conflit. C'est l'exemple type d'une collaboration exemplaire entre les scientifiques, les militaires et les constructeurs, et associant trois formations supérieures : École normale supérieure (ENS), École polytechnique, École municipale de physique et de chimie industrielles (EPCI).

Les deux artisans à l'origine des perfectionnements de la télégraphie militaire, la « TM », sont un militaire, le commandant Gustave Ferrié (1868-1932), polytechnicien, et un physicien, Henri Abraham (1868-1943), professeur à l'ENS. Ils ont su créer plusieurs excellentes équipes « pluriculturelles » :

- à l'ENS, avec des élèves de Henri Abraham, notamment Alexandre Dufour,
- à Polytechnique, avec Paul Brenot et Emile Girardeau,
- à l'EPCI, avec les professeurs Paul Boucherot et Charles Féry ainsi que nombre de leurs élèves qui deviendront « sapeurs télégraphistes » au laboratoire de la Tour Eiffel et sur le terrain militaire. Parmi les plus connus: Fernand Holweck, Henri Gondet, Lucien Lévy.

Dès 1912, la première et très importante contribution scientifique de Henri Abraham est *la mesure de la différence de longitude par la TSF* entre deux stations, en l'occurrence entre Paris et Washington. Cette mesure précise des arcs de grands cercles de la sphère terrestre constitue un grand succès, qui sera largement mis à profit durant le conflit.

En 1914, la TSF connaît une profonde transformation, par l'invention de *la lampe à trois électrodes* (la triode). C'est en 1908 qu'un américain Lee de Forest a imaginé et réalisé *l'audion*, la première triode: c'est une lampe oscillatrice utilisable aussi en amplificatrice. Très francophile, Lee de Forest concède gratuitement à la France dès 1914 l'usage de sa triode et son

¹⁵ « TSF – Des ondes pour relier la mer à la terre », *Cols Bleus – Marine Nationale*, publié le 24 juillet 2017, <https://www.colsbleus.fr/articles/9844>.

développement pour les usages militaires. Cette découverte va constituer une rupture technologique :

- Avant sa découverte : ondes amorties, postes émetteurs à étincelles, récepteur à galène ;
- Après : ondes entretenues, sans amortissement, amplification des signaux, récepteur à lampes.

Dès le début du conflit, Abraham perfectionne au laboratoire de l'ENS la disposition intérieure de la lampe audion et le maître verrier Berlemont met au point le système de *soudure verre-métal* indispensable pour sa fabrication en grande série. Un vaste atelier sera installé en 1915 dans l'usine Grammont de Lyon selon les directives de Henri Abraham. La fabrication atteint 100 000 lampes en 1916, et 1000 par jour à la fin du conflit.

Henry Abraham apporte, avec son élève à l'ENS Alexandre Dufour, de puissants moyens d'analyse des phénomènes physiques complexes qui apparaissent à l'émission et à la réception de la TSF. En 1917 le prototype de *l'oscillographe cathodique Dufour*, mis au point dans les laboratoires de l'École Normale, permet d'enregistrer les trains d'oscillations électriques sur les antennes d'émission de la tour Eiffel à la fréquence élevée de 750 000 Hz, performance inégalée à cette époque. On a vu que Abraham participe aussi à de nombreuses recherches relatives à la guerre : repérage au son, radiogoniométrie.

Les ingénieurs de l'École Centrale ne sont pas en reste, parmi ceux-ci Octave Rochefort (1861-1950) sera un des plus importants constructeurs de matériel de TSF. Son association dès 1909 dans ce domaine avec Carpentier et Gaiffe est à l'origine de la Compagnie CGR, un des leaders français durant le conflit.

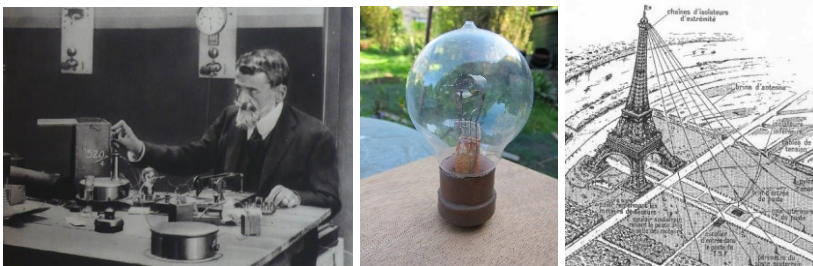


Fig. 7. Gustave Ferrié (1868-1932), une triode et l'émetteur TSF de la tour Eiffel à Paris.

La Contribution de l'École de physique et de chimie industrielle (EPCI)

Si la recherche se poursuit à Paris dans des laboratoires renommés comme celui de l'ENS, son application sur le terrain est essentielle pour son efficacité

pratique et elle est réalisée par plusieurs « sapeurs télégraphistes » issus de l'EPCI qui sont aussi des chercheurs. En effet, les élèves de l'EPCI, qui se révéleront d'excellents ingénieurs, ne sont pas admis au rang de sous-officiers, sauf s'ils sont aussi licenciés en sciences, et ils sont donc incorporés comme soldats de 2ème classe. Gustave Ferrié, bien que polytechnicien, va se tourner dès les années 1910 vers ces élèves de l'EPCI pour recruter les compétences qu'il recherche pour les développements de la Télégraphie Militaire. Certains professeurs comme Charles Féry apporteront d'importantes contributions scientifiques et techniques.

Henri Gondet, (1889-1969) va effectuer en 1914 et 1915 le « montage et réglage de postes de TSF sur avions en vol au-dessus des lignes (...). Les réglages seront effectués en liaison avec différentes batteries d'artillerie en ligne sur le front ».¹⁶ Durant la suite du conflit, Gondet est envoyé sur le front des Balkans, de novembre 1915 à l'été 1917, où il installe un poste de « surprise » d'écoute téléphonique et de « repérage mobile » des communications ennemies, devant les ouvrages bulgares. Rapatrié pour raisons de santé, il est affecté spécial à la Maison Charles Beaudouin, important constructeur de toute la gamme des appareils de la télégraphie militaire, où il poursuit la mise au point des appareils dans son poste d'ingénieur qu'il occupait depuis 1911.¹⁷

Fernand Holweck, (1890-1941) sorti major de l'école en 1910,¹⁸ réalise un intense parcours scientifique et technique durant toute la guerre, retracé grâce à sa correspondance très fournie avec Marie Curie et Ferrié :

- Mise au point des émetteurs dans les voitures TM-TSF en 1914-1915,
- Aide à la réalisation des voitures radiologiques en 1914, les « petites Curie »,
- TSF et aviation, avec Gondet en 1915,
- Premiers essais de transmission des ondes électriques par le sol, la « Télégraphie par le sol, TPS », avec Bouty et Boucherot en 1915,
- Radiogoniomètre à cadre mobile en 1916.

Lucien Lévy, (1892-1965) est nommé en 1916 par Ferrié chef du laboratoire de la TSF à la Tour Eiffel. Il y réalise un amplificateur basse

¹⁶ Etats de service de H. Gondet, et manuscrit inédit de ses mémoires de cette période. Archives familiales Henri Gondet.

¹⁷ Denis Beaudouin, *Charles Beaudouin, une histoire d'instruments scientifiques* (Paris : EDP Sciences, 2005) et documents personnels Beaudouin.

¹⁸ Sa contribution détaillée se trouve dans l'ouvrage remarquablement précis et documenté de Virginie Moisy-Maurice, *Fernand Holweck, des mains en or...*, Mémoire Master 2, Centre François Viette, Université de Nantes, 2013.

fréquence pour écoute des conversations en TPS, puis imagine et brevète le procédé superhétérodyne en 1917.

Charles Féry (1865-1935), professeur à l'EPCI à partir de 1902, il y crée à la demande de Ferrié, dès 1914, un cours de TSF afin de préparer les élèves « à rendre des services immédiats dès leur arrivée aux armées ». Il est nommé en 1915 membre de la « Commission des Inventions intéressant la Défense Nationale ».¹⁹

Pour les besoins de la TM il met au point la robuste « *pile Féry* » à dépoliarisation par l'air qui remplace la pile précédemment employée : avant le conflit, elle utilisait du dioxyde de manganèse acquis auprès de l'industrie allemande. Un très grand nombre de ces piles seront livrées durant le conflit pour les postes de TM par l'usine construite spécialement par la Société Gaiffe-Gallot. On estime que 1,5 million de piles seront produites mais sans doute pour une période plus longue que la guerre.



Fig. 8. Dessin de Henri Gondet représentant son installation et son campement dans la vallée du Vardar, sur le front d'Orient. Charles Féry (1865-1965) et une publicité pour sa pile.

Quelques autres inventions sont à mettre à son actif :

- * Il conçoit un *visueur vertical pour bombardier*, permettant au pilote de viser à travers le plancher de l'avion et de calculer le moment du lâcher ;
- * Le *spectrographe Féry* qui permet de déterminer l'origine de l'approvisionnement allemand en cuivre par l'analyse des impuretés trouvées dans les éclats d'obus de la pièce d'artillerie nommée « la Grosse Bertha » ;
- * Le *pyromètre* qui permettait de mesurer avec précision la température de trempage et de recuit des canons et obus dans les arsenaux et usines mobilisées, faisant chuter les déchets de 4% à 0.5 % ;

Le *fluxmètre* de Emile Grassot (1867-1935), ingénieur EPCI, est un appareil assez innovant à l'époque, permettant de mesurer des flux

¹⁹ *Titres et Travaux de Ch. Féry et Description des Principaux Appareils Exposés à l'Occasion du Cinquantième de l'Ecole de Physique et de Chimie Industrielles 1882-1933* (Paris : Ecole Estienne, 1933).

électromagnétiques ; il est utilisé dans le système de repérage au son Cotton-Weiss²⁰ et dans nombre d'installations de TSF et d'électricité.

La Cryptographie, complément de la TSF, et le radiogramme de la victoire

Le chiffage des messages est une très ancienne pratique militaire et la science va en ce domaine apporter de nouvelles méthodes durant cette guerre. La TSF des belligérants permet des communications instantanées et à distance. Les messages sont écrits en morse et leur cryptage devient aussi essentiel que l'écoute de ceux de l'ennemi, la « surprise » des conversations et leur décryptage comme l'on disait à l'époque. C'est le huitième régiment du Génie qui a en charge le domaine des communications, et ses effectifs deviendront très vite fort élevés, de 12 000 hommes dont 150 officiers en 1914 à 55 000 hommes dont 1000 officiers en 1918, parmi lesquels nombre d'ingénieurs et des savants de formations très diverses.

Dès le début du conflit, les belligérants essaient divers codes. Les « chiffres » allemands avaient tous été percés par les spécialistes français, mais celui de l'année 1918 devient très complexe. Cinq lettres seulement sont utilisées : ADFGX. Chaque lettre du message est remplacée par deux lettres du code, par exemple E par DF. Chaque jour la substitution change et le message obtenu est à nouveau transposé selon une clé de transposition. Les services français du chiffre sont désorientés, mais il s'y trouve un homme remarquable, le capitaine Georges Painvin (1886-1980), polytechnicien, paléontologue dans le civil, qui avait déjà « cassé » les codes allemands au début du conflit.²¹ En quelques jours, en mars 1918, il décrypte la logique du nouveau code allemand. Mais le 1^{er} juin, en pleine crise de l'offensive sur l'Aisne, les allemands ajoutent une sixième lettre, le V, mettant les services français aux prises avec une difficulté nouvelle. Le 2 juin, Painvin résout ce nouveau problème et décrypte tous les messages chiffrés captés le 1^{er} juin. Parmi ceux-ci figure un radiogramme adressé par le haut commandement allemand à un état-major d'armée repéré par la radiogoniométrie dans la région de Montdidier dans l'Est de la France. Grâce à son travail acharné, les préparatifs de l'offensive imminente sur Paris sont connus, en voici une partie du texte :

«Hâtez l'approvisionnement en munitions, le faire même de jour tant qu'on n'est pas vu»

²⁰ Martina Schiavon, *Itinéraires de la Précision - Géodésiens, artilleurs, savants et fabricants d'instruments de précision en France, 1870-1930* (Nancy : PUN-Éditions universitaires de Lorraine, 2014).

²¹ Hervé Lehning, « Grande Guerre : la victoire des casseurs de code français », *La Recherche* n° 541, publié le 8 novembre 2018. <https://www.larecherche.fr/grande-guerre-la-victoire-des-casseurs-de-codes-fran%C3%A7ais>

Cette phrase s'écrit ainsi en langage codé:

FGAXA XAXFF FAFVA AVDF A GAXFX FAFAG DXGGX AGXFD
 XGAGX GAXGX AGXVF VXXAG XDDAX GGA AF DGGAF FXGGX
 XDFAX GXAXV AGXGG DFAGG GXVAX VFXGV FFGGA XDGAX
 FDVGG A

L'état-major français découvre donc le tracé de l'attaque et prépare une riposte début juin : les divisions du général Mangin sont concentrées face au point précis où se déclenche, le 9 juin l'offensive allemande. Celle-ci échoue, ce sera la dernière avant l'armistice de novembre...

Ce déchiffrement du « Radiogramme de la Victoire » sera couvert par le secret militaire durant 50 ans et c'est seulement en 1968 que Painvin et l'inventeur du code allemand, le colonel Nebel, se rencontreront pour en parler.²²

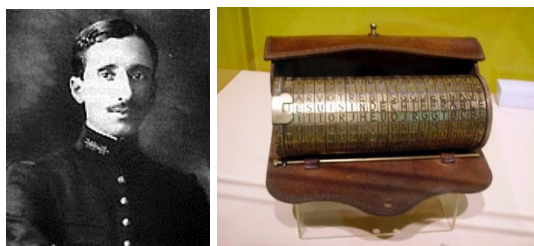


Fig. 9. Georges Painvin (1886-1980).

Exemple de cryptographie : le cylindre du capitaine Bazeries.

Marie et Irene Curie et la radiographie.²³ Claudius Regaud et les hôpitaux de campagne.²⁴

Quand la guerre éclate, Marie Curie, deux fois Prix Nobel en Physique et en Chimie, dirige l'institut du Radium et s'est déjà entourée des compétences du docteur Claudius Regaud pour le traitement du cancer par radiothérapie. Rappelons qu'elle a été formée à l'EPCI où elle a rencontré son mari Pierre Curie, avec lequel elle a découvert la radioactivité et le radium.

A la demande du ministère de la Guerre et en quelques semaines, Marie Curie fait équiper 18 voitures de matériel radiographique, surnommées par les

²² Voir le site web « Ars Cryptographica » de Didier Müller, dernière mise à jour 7.10.2018. <http://www.nymphomath.ch/crypto/index.html>; Missenard, « Le radiogramme de la victoire – 3 Juin 1918 », *La jaune et la rouge - Bulletin des anciens élèves de l'École Polytechnique* (juillet-aout 1976), <http://www.annales.org/archives/x/radiogramme.html>

²³ Anaïs Massiot et Nathalie Pigeart-Micault, *Marie Curie et la Grande Guerre* (Paris : Editions Glyphe, 2014).

²⁴ Jean Regaud, *Claudius Regaud* (Paris : Maloine Editeur, 1982).

soldats les « petites Curie », équipées d'une dynamo 110 volts/15 ampères qui alimente l'appareil générateur de rayons X ; recense les appareils de radiographie « mobilisables » et organise le développement de la nécessaire production de nouveaux appareils avec les constructeurs ; organise pour l'armée la formation d'opérateurs et d'opératrices radiologiques.

Sa fille Irène, future Prix Nobel, la seconde pour les examens radiologiques dans les hôpitaux de campagne dès 1917 ; elle est alors âgée de 17 ans.

Le bilan de son action est remarquable : alors qu'à la fin de l'année 1914 seulement 21 postes radiologiques étaient en fonctionnement, servis par 175 radiologistes formés, en 1918 ce sont 850 postes radiologiques dont dispose l'armée, ainsi que de 840 médecins formés et 1180 manipulateurs et manipulatrices. Un million d'examen sont réalisés en 1917 et 1918.

Marie Curie s'est aussi préoccupée d'applications nouvelles de ses recherches. Elle organise la fabrication d'*ampoules de radon*, émanation du radium, qui permettent une meilleure cautérisation des blessures et cicatrices après opérations, évitant les infections post-opératoires qui sont le grand risque des hôpitaux de campagne.

Dans cette démarche au service des innombrables blessés - plus de 1 million durant les cinq premiers mois de la guerre - Marie Curie n'est pas seule. Son collaborateur Claudius Regaud (1870-1940) mobilisé comme médecin major de 2^e classe en août 1914, est nommé médecin-chef de l'hôpital d'évacuation de Gérardmer dans les Vosges. Confronté à une grande confusion administrative et matérielle, il sait surmonter les innombrables difficultés : création de 550 lits, 7000 blessés soignés en quatre mois, attentions portées à tous, mortalité en diminution rapide. Ces bilans excellents lui valent les félicitations du général Joffre et du président Millerand, et la légion d'honneur en février 1915. Courant 1915, Regaud parvient à concrétiser son idée de création d'un « Groupement des services chirurgicaux et scientifiques » dans un hôpital de campagne près de Reims. C'est une véritable faculté de médecine près du front, associant une recherche pluridisciplinaire sur les pathologies spécifiques à la guerre et la formation sur place des médecins et soignants. Soin, recherche, formation : c'est l'ancêtre des Centres Hospitaliers Universitaires (CHU), qui seront créés 50 ans plus tard ! De nombreuses vies sont sauvées par cette véritable innovation dans l'organisation des soins, associant recherche médicale, formation et soins adaptés, innovation voulue par un scientifique reconnu, disciple de Pasteur.

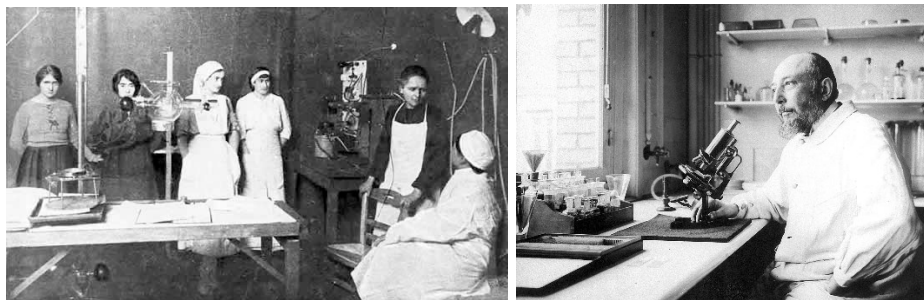


Fig. 10. Marie Curie (1867-1934) et Claudius Regaud (1870-1940)

La Chimie et la guerre, vers le comble de l'horreur...

Dans le domaine des inventions de destruction massive, il nous faut présenter maintenant deux « domaines d'innovation » qui ont fait l'objet de multiples travaux : les explosifs et les gaz de combats. La première guerre mondiale a vu les savants prendre les armes, et parmi eux les chimistes ont laissé une forte empreinte sur cette guerre, dont on a voulu un peu vite faire la « der des ders » (la dernière guerre !).

Les explosifs : une innovation à haut risque.

Georges Claude²⁵ (1870-1960), est un ingénieur formé à l'École de physique et de chimie industrielles de Paris, très inventif et entreprenant durant toute sa carrière puisqu'il est le fondateur de la société l'Air Liquide, mais d'un caractère difficile qui se heurtera souvent aux rigidités administratives des militaires. Il est nommé dès aout 1914, membre de la « *Commission supérieure des inventions intéressant l'Armée, section 2 (explosifs et industries chimiques)* ». Il propose dès septembre 1914, avec d'Arsonval, « le développement des bombes à oxygène dont le rapport poids/puissance serait particulièrement intéressant pour équiper la jeune aviation ».²⁶ Préparée juste avant le décollage, cette bombe aéroportée contient 25 litres d'oxygène liquide, elle peut se « conserver » deux heures et explose à un mètre du sol, provoquant d'importants dégâts par la détente extrêmement violente de la phase liquide en phase gazeuse, couplée à la recombinaison chimique de l'oxygène. Les essais sont plutôt concluants malgré quelques graves accidents. Certes, l'usage de cette bombe par une aviation encore balbutiante doit être entouré de grandes précautions, mais la pratique habituelle des artilleurs, qui ne croient pas à l'aviation, jointe à l'hostilité

²⁵ Voir ouvrage de Rémi Baillot, *Georges Claude, le génie fourvoyé* (Paris : EDP Sciences, 2010).

²⁶ Idem, 162 et suivantes.

du service des poudres condamnent la bombe Claude après un an d'utilisations pourtant efficace sur le terrain.²⁷

Les gaz de combat : 22 avril 1915, près d'Ypres, on utilise à grande échelle les gaz mortels.

6 000 cylindres contenant 180 tonnes de chlore sont répandus par deux bataillons allemands sur 6 km de front. Poussé par le vent, le nuage de gaz causera la mort de 5 000 soldats et en mettra 1 500 hors de combat, provoquant une intense panique. Cette attaque d'un type nouveau était contraire aux conventions de La Haye de 1899 et 1907 interdisant l'usage des gaz asphyxiants, bien que les belligérants en eussent faits quelques essais dès l'été 1914. Le gaz de combat utilisé, le chlore, avait été conditionné et mis en œuvre selon les directives du savant allemand Fritz Haber – futur prix Nobel - qui avait convaincu l'état-major de son indiscutable efficacité. Les pertes totales dues aux gaz de combat, surtout l'ypérite, bien que réduites considérablement grâce aux perfectionnements apportés aux masques et autres moyens de protection immédiate, ont été de 1 300 000 hommes (dont près de 100 000 morts au combat).

La France n'est pas en reste dans cette guerre des gaz : jusqu'à l'attaque allemande, les gaz « français » expérimentés étaient incapacitants et non mortels. Six jours après cette attaque allemande, le 28 avril 1915 est créée une commission des études chimiques de Guerre, mobilisant la Sorbonne, l'École de Pharmacie et l'Institut Pasteur. La riposte est très rapide, la surprise n'était peut-être pas si grande...

Nombreux sont les chimistes et médecins impliqués dans cette terrible guerre des gaz.

Charles Moureu (1863-1929), pharmacien et académicien, « chimiste déjà réputé avant 1914, sera vice-président de la section des produits agressifs. Il supervisera l'organisation et le fonctionnement des seize laboratoires de chimie parisiens jusqu'en 1918. Avec Charles Dufraisse, il a travaillé sur les gaz asphyxiants et l'ypérite ». Ainsi s'exprime Danielle Fauque, historienne de la chimie, dans un récent article très documenté sur l'activité de ce chimiste durant la guerre.²⁸

Victor Grignard (1871-1935), chimiste et prix Nobel de chimie 1912, va développer le phosgène (CCl₂O). Ce gaz est très irritant en contact avec la peau

²⁷ On trouvera un exposé détaillé des contributions scientifiques de Georges Claude durant le conflit dans la communication de Charles Féry à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (SEIN) de juillet-août 1920, in *Bulletin de la SEIN*, tome 132, 119^{ème} année, 2^o semestre (numérisation CNUM) p. 409 à 416.

²⁸ Danielle Fauque, « Charles Moureu (1863-1929): un savant et ses équipes dans la guerre » (Dossier « Les premières attaques chimiques), *Medecine et Armées* n°1 (Février 2017) : 23-27.

et les yeux et détruit les tissus pulmonaires. Il provoque donc des crachats sanglants.

Georges Urbain (1872-1938), professeur à l'EPCI, développe la protection contre les gaz et la riposte ; son laboratoire travaille aussi sur les liquides pour lance-flamme.²⁹

André Kling (1872-1947) ingénieur EPCI, directeur du laboratoire municipal d'analyse de Paris, joue un rôle important dans les enquêtes sur les gaz utilisés après le 22 avril 1915,³⁰ en relation étroite avec Moureu et Grignard. Il participe à la mise au point d'appareils de détection et procède à des prélèvements au plus près des tranchées et des lignes.

Maurice Javillier (1875-1955) nous paraît justifier une mention particulière. Pharmacien, formé à l'Institut Pasteur, il se consacre dès l'offensive de 1915 à la mise au point des protections des soldats contre les gaz. Mais rapidement, il étudie les armes incendiaires et lacrymogènes utilisées sur le front des tranchées, et il se doute que des « armes chimiques » sont en préparation... des deux côtés du front.³¹ Javillier travaille avec un autre pasteurien, G. Bertrand, sur les « gaz lacrymans » dont la monochloracétone facile à synthétiser et à stabiliser puis la chloropicrine plus dangereuse. Il est donc immédiatement en mesure, dès l'attaque aux gaz asphyxiants du 22 avril 1915, de rechercher les moyens de protection nécessaires puisqu'il a travaillé sur des produits quelque peu similaires. Dès l'été 1915, Javillier met au point un masque efficace, *le respirateur Javillier-Chabrier*. D'autres modèles permettront de contrer les offensives et de remonter le moral des troupes. Le masque M2 fut manufacturé à plus de 30 millions d'exemplaires.³²



Fig. 11. *Gazés*, tableau à l'huile par John Singer Sargent (1856-1925), illustrant la guerre chimique (Ypres, 22 avril 1915) ; Plaque commémorative des étudiants scientifiques de Rennes morts à la guerre (1914-1918).

²⁹ Charles Moureu, *La Chimie et la Guerre - Science et Avenir* (Paris : Masson et Cie, 1920), 82.

³⁰ Moureu, *La Chimie et la Guerre*, 38 et suivantes.

³¹ Dossier G. Bertrand, Archives de l'Institut Pasteur, cité par Anne-Claire Déré, *La science pour le meilleur et pour le pire* (Paris : L'harmattan, 2010), 130 (notes 183 et 184).

³² Moureu, *La Chimie et la Guerre*, 60.

Lourdes pertes humaines, mais aussi structuration de la recherche et stimulation industrielle....

De jeunes scientifiques prometteurs, ceux-là même que l'on choyait de l'autre côté du Rhin, ont été armés et envoyés au front. Et beaucoup n'en sont pas revenus. Ainsi, 40 % des étudiants de la Sorbonne et la moitié des promotions de guerre de l'École normale manquent à l'appel en 1918. A l'École Polytechnique : 900 morts des promotions de 1868 à 1918, dont 201 sur les 900 élèves des promotions 1912 à 1919,³³ à l'EPCI, 20% des mobilisés,³⁴ à l'Ecole Centrale, 550 décédés... De nombreux étudiants et professeurs dans toutes les universités françaises ne reviennent pas du front. La recherche française mettra longtemps à se relever de cette hécatombe ! Les comparaisons internationales avec l'Angleterre, les États-Unis et l'Allemagne soulignent l'ampleur des pertes au sein des jeunes élites universitaires.

La guerre stimule les industriels et va structurer la recherche scientifique

Sans parler de "guerre scientifique" comme le titrait certains journaux spécialisés de l'époque, nous avons montré comment la guerre a mis en contact étroit toutes les forces civiles, industrielles, militaires ou intellectuelles pour développer de nouvelles techniques dans le cadre de nations totalement mobilisées. La recherche scientifique reçut une impulsion, certes orientée, mais qui la place dans une situation nouvelle. C'est en particulier vrai dans l'aéronautique, la chimie, les transmissions radiotélégraphiques ou la détection par les ultrasons. Certains scientifiques comme Langevin, présentent d'ailleurs des attitudes apparemment contradictoires : pacifiste et militant pour une recherche « désintéressée » tout en nouant des liens étroits avec la marine.

Cette intense activité scientifique, appliquée au domaine militaire durant ce conflit, aura aussi pour effet de stimuler les industriels, aussi bien les usines chimiques que les constructeurs d'instruments spécialisés dans de nombreux domaines comme l'optique, la TSF et les divers instruments de mesure et d'enregistrement. La maison Jules Richard en est un exemple. Fondée en 1845, elle établit sa réputation sur son baromètre anéroïde. Elle va progressivement développer tous les appareils de mesures météorologiques en particulier en enregistrement: baromètre, thermomètre, hygromètre, pluviomètre, anémomètre,

³³ *Une Grande École dans le Grande Guerre*, (Paris : Polytechnique, 2004).

³⁴ *Voir le Livre d'Or* édité à l'occasion de la cérémonie d'hommage aux élèves de l'école le 30 novembre 1919 : Association des Anciens Elèves de l'Ecole de Physique et de Chimie Industrielles. *A nos camarades Morts pour la patrie. Pour la France 1914-1918. La Physique et la Chimie au service de la Patrie. EPCI Livre d'Or* (Paris ; POYET Frères, Grav.-Imp., sans date.)

altimètre...Durant la guerre mondiale, ces appareils précis seront utilisés en particulier par les aviateurs mais aussi dans les ballons dirigeables.

Pour l'industrie optique, le professeur Matignon du Collège de France, produit avec la maison Appert toutes les qualités des verres de Iéna, notamment pour les « ampoules radiographiques ».

En décembre 1922, sous l'impulsion de Jules-Louis Breton, est créé l'Office National des Recherches Scientifiques et Industrielles (ONRSI) qui dispose d'une certaine autonomie financière tout en étant rattaché à l'Instruction Publique. Ce premier grand centre public de recherche expérimentale en France est installé sur le domaine de Bellevue à Meudon. D'autres Offices sont créés à la même période, l'Institut de recherche agronomique en 1921 et l'Office national d'hygiène sociale en 1924.

En guise de conclusion

A l'été 1914, tous pensaient que la guerre serait brutale mais brève, brève comme l'engrenage des jeux d'alliances internationales qui l'avait provoqué depuis l'attentat de Sarajevo. La plupart des savants en déploraient le déclenchement mais partageaient cette perspective, jusqu'au moment où ils se virent moralement obligés de mettre leurs connaissances pour démultiplier les moyens guerriers « conventionnel », espérant mettre un terme à la boucherie des premiers mois...

Illusion durable, 1915, 1916, 1917, 1918 sont aussi terribles des deux côtés, la « science de guerre » n'ayant eu pour effet que d'accroître les désastres.

Nombre de savants sortent du conflit dans un état de doute profond, beaucoup ont perdu leurs croyances de jeunesse, croyance en un progrès scientifique au service d'une humanité meilleure. « La science n'est plus un talisman entre les mains de savant pour conduire de découvertes en merveilles jusqu'à l'Eden promis (...), la guerre de 14-18 a inventé une « science de guerre » en maquillant ce qu'était avant les sciences utiles et bienfaitrices entre les mains des savants. (...) Le Sabre, après son divorce d'avec l'Eglise, vient d'unir son destin avec l'Éprouvette ». ³⁵ Le savant devient mobilisable ! Nous en faisons le constat tous les jours au fil de l'actualité.

A l'orée des années 1920, la communauté scientifique française poursuit ses travaux stimulés par la guerre. Le politique n'oublie pas les services rendus durant le conflit mais les savants doivent assez souvent réclamer plus de moyens. La recherche fondamentale renouvelle ses objectifs dans nombre de domaines et

³⁵ Déré, *La science pour le meilleur et pour le pire*, 163 et suivantes. Cette citation fait à l'évidence référence à l'ouvrage collectif *Le sabre et l'éprouvette* paru en 2003.

va bénéficier d'un soutien financier lentement accru des pouvoirs publics au travers de diverses institutions qui fusionneront en 1936-39 pour devenir le CNRS, alors que de nombreux organismes de recherche spécialisés verront le jour. Mais l'obsession de la défense ne quittera pas les esprits, les ingénieurs militaires devenant les interlocuteurs permanents des scientifiques. Au cinquantenaire de la Société Française de Physique en 1923, parmi les discours des savants et des politiques, on trouvera celui du lieutenant-colonel Robert, membre du Service technique de l'Aéronautique, concernant « Les recherches de physique dans leurs rapports avec l'aérotechnique ». Le Sabre et l'Éprouvette sont désormais bien mariés, et pour longtemps !

BIBLIOGRAPHIE / BIBLIOGRAPHY

Sources archivistiques et collections / Archival sources and collections

Archives de l'École Normale Supérieure : Aimé Cotton, « Sur les relations des inventeurs et des hommes de laboratoire avec les services publics », tapuscrit inédit daté 22 août 1940.

Collection Denis Beaudouin : Documents personnels Charles Beaudouin.

Archives familiales Henri Gondet : Etats de service de H. Gondet, et manuscrit inédit de ses mémoires.

Sources publiés / Printed sources

Association des Anciens Elèves de l'École de Physique et de Chimie Industrielles, *A nos camarades Morts pour la patrie. Pour la France 1914-1918. La Physique et la Chimie au service de la Patrie. EPCI Livre d'Or* (Paris : POYET Frères, Grav.-Imp., sans date).

Aubin, David et Patrice Bret (dir). *Le sabre et l'éprouvette. L'invention d'une science de guerre, 1914-1939*. [Paris] : Agnès Viénot Editions et Editions Noesis, 2003.

Baillot, Rémi. *Georges Claude, le génie fourvoyé*. Paris : EDP Sciences, 2010.

BBF, Bulletin des Bibliothèques de France, Paris, 2014, n°3.

Beaudouin, Denis. *Charles Beaudouin, une histoire d'instruments scientifiques*. Paris : EDP Sciences, 2005.

Cagnac, Bernard. *Les trois physiciens : Henri Abraham, Eugene Bloch, Georges Bruhat*, ENS Editions de la Rue d'Ulm, Paris 2009.

Claude, Georges Claude. *Politiciens et polytechniciens*. Paris : autoédition, 1919.

Déré, Anne-Claire. *La science pour le meilleur et pour le pire*. Paris : L'harmattan, 2010.

Fauque, Danielle. « Charles Moureu (1863-1929): un savant et ses équipes dans la guerre. » *Medecine et Armées* n°1 (Février 2017) : 23-27.

Féry, Charles. « Communication. » *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale* 132 (1920) : 409 à 416.

Galvez-Behar, Gabriel. « Le savant, l'inventeur et le politique le rôle du sous-secrétariat d'état aux inventions durant la première guerre mondiale. » *Vingtième Siècle, Revue d'histoire*, n° 85 (Janvier-Mars 2005/1) : 103-117.

Lehoërff, Anne. *Par les armes, le jour où l'homme inventa la guerre*. Paris : Belin, 2018.

Les Armes de la Grande Guerre. Paris : Pierre de Taillac Editeur, 2018.

Massiot, Anaïs et Nathalie Pigeart-Micault. *Marie Curie et la Grande Guerre*. Paris: Editions Glyphe, 2014.

Moisy-Maurice, Virginie. *Fernand Holweck, des mains en or...*, Mémoire Master 2, Centre François Viette, Université de Nantes, 2013.

Moureu, Charles. *La Chimie et la Guerre - Science et Avenir*. Paris : Masson et Cie, 1920.

Prochasson, Christophe « Les intellectuels français et la grande guerre », *Bulletin des Bibliothèques de France (BBF)* n°3 (2014) : 38-45. Disponible en ligne : <http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2014-03-0038-003>.

Regaud, Jean. *Claudius Regaud*. Paris : Maloine Editeur, 1982.

Roussel, Yves. « L'histoire d'une politique des inventions 1887-1918 », *Cahiers pour l'histoire du CNRS 1939-1989* n° 3 (1989) : 19-57.

Schiavon, Martina. *Itinéraires de la Précision - Géodésiens, artilleurs, savants et fabricants d'instruments de précision en France, 1870-1930*. Nancy : PUN-Éditions universitaires de Lorraine, 2014.

Thooris, Marie Christine. *Une Grande Ecole dans la Grande Guerre*, catalogue d'exposition, Ecole Polytechnique, Paris 2004.

Titres et Travaux de Ch. Féry et Description des Principaux Appareils Exposés à l'Occasion du Cinquantenaire de l'École de Physique et de Chimie Industrielles 1882-1933. Paris : Ecole Estienne, 1933.

Une Grande École dans le Grande Guerre. Paris : Polytechnique, 2004.

Violle, Jules. « Du rôle de la physique à la guerre », conférence au Conservatoire des Arts et Métiers, 10 décembre 1914, *Revue scientifique*, n°17 (28 août – 4 septembre 1915) : 384.

Textes électroniques / Electronic texts

« TSF – Des ondes pour relier la mer à la terre », *Cols Bleus –Marine Nationale*, publié le 24 juillet 2017, <https://www.colsbleus.fr/articles/9844>.

Lehning, Hervé. « Grande Guerre : la victoire des casseurs de code français, *La Recherche* n° 541, publié le 8 novembre 2018, <https://www.larecherche.fr/grande-guerre-la-victoire-des-casseurs-de-codes-fran%C3%A7ais>

Missenard, « Le radiogramme de la victoire – 3 Juin 1918 », *La jaune et la rouge - Bulletin des anciens élèves de l'École Polytechnique* (juillet-août 1976), <http://www.annales.org/archives/x/radiogramme.html>

Site web / Website

Didier Müller, « Ars Cryptographica ». Dernière mise à jour : 7.10.2018. <http://www.nymphomath.ch/crypto/index.html>

Expositions / Exhibits

L'Exposition « Sciences pour tous, 1850-1900 » (2017) à la Bibliothèque nationale de France (BNF).