

Au début de la Première Guerre mondiale, l'inventeur est encore auréolé de gloire. C'est donc tout naturellement qu'il tente de mobiliser son esprit inventif et qu'on se tourne souvent vers lui pour résoudre certains problèmes techniques. Dans tous les pays belligérants, le conflit fera évoluer ces représentations et les savants sauront montrer qu'ils sont plus à même de s'intégrer aux systèmes techno-militaires. Deux cas d'inventeur liés à l'industrie de l'air liquide et à la guerre aérienne sont ici développés: les bombes à oxygène liquide de Georges Claude en France et la production d'hélium par Fred E. Norton et le bureau des Mines aux États-Unis.

At the start of the First World War, the inventor still enjoyed a glorious aura. He therefore naturally attempted to mobilize his inventive mind and was often asked to solve technical problems. In all countries, the conflict made these representations change and scientists showed that they better suited to integrate techno-military systems. Two cases of inventors involved with the liquid air industry and air warfare are here developed: Georges liquid oxygen bombs in France and the production of helium by Fred E. Norton and the US Bureau of Mines.

Zu Beginn des Ersten Weltkrieges ist der Erfinder noch vom Nimbus des Ruhms umgeben: Es ist also völlig natürlich, dass er versucht seinen Erfindergeist zu mobilisieren und dass man sich häufig ihm zuwendet, um gewisse technische Probleme zu lösen. In allen kriegführenden Staaten wird der Konflikt diese Vorstellungen weiterentwickeln und die Gelehrten werden zu zeigen wissen, dass sie mehr als dazu in der Lage sind in die technisch-militärischen Apparate zu integrieren. Zwei Fälle von Erfindern, verbunden mit der Flüssigluft-Industrie und mit dem Luftkrieg werden hier entwickelt: die Flüssigsauerstoffbomben von Georges Claude in Frankreich und die Heliumproduktion durch Fred E. Norton und die Bergbaubehörde in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Cette guerre, écrit H. G. Wells en 1915, est une « lutte pour l'invention! ». Cette vision s'est perpétuée jusqu'à nous. Du conflit mondial entre 1914 et 1918, on a répété que c'était « la guerre des inventions² » ou la première guerre scientifique. La différence entre ces deux interprétations n'est pas anodine. L'historiographie a surtout voulu retenir la leçon qu'en ont retenue les vainqueurs, à savoir que dans les conflits modernes, l'invention était une chose trop sérieuse pour être laissée aux mains des seuls « inventeurs. » Dans le dispositif de recherche scientifique et militaire, la fonction

du scientifique change. Au rôle d'expert qui évaluerait les propositions soumises par des inventeurs indépendants, se substitue l'idée que son action doit être plus active, tant dans la recherche comme telle que dans l'organisation, au niveau de l'État, de cette activité vitale pour la guerre totale. La guerre, veut croire l'astronome américain Georges Ellery Hale qui met sur pied le National Research Council en 1916, devrait être synonyme de recherche. Après « l'industrialisation des

inventions » de la fin du XIX^e siècle, on assiste à quelque chose qui ressemble au début de leur étatisation, un processus dans lequel les scientifiques jouent un rôle de premier plan³.

LA GUERRE DU FROID, LA DÉFAITE DE L'INVENTEUR: BOMBES À OXYGÈNE LIQUIDE ET PRODUCTION D'HÉLIUM

La figure de l'inventeur

Dans le paysage technique et industriel des années d'avant-guerre, la figure de l'inventeur, comme le fait remarquer Anne Rasmussen dans sa contribution à ce numéro, garde pourtant toute son aura. Comme on l'a souvent souligné, la perception première des belligérants est ancrée dans les traditions. L'appellation des diverses commissions des inventions mises sur pied ou ressuscitées en France en témoigne. Même phénomène en Grande-Bretagne, où parmi les principaux organes de recherche on comptera le Board of Invention and

1. Cité in R. M. MacLeod et E. K. Andrews, « Scientific Advice in the War at Sea 1915-1917 » (1971), pp. 3-40, p. 4.

2. G. Hartcup, *The War of Invention: Scientific Development, 1914-18* (1988).

3. Georg Meyer-Thurrow, « The Industrialization of Invention: A Case Study from the German Chemical Industry » *Isis* 73 (1982), pp. 363-381.

Tiré de *Le Sabre et l'éprouvette: l'invention d'une science de guerre, 1914-1939*, dir. D. Aubin et P. Bret, Editions Noésis/Agnès Viénot, "14/18 Aujourd'hui," no. 6, 2003, p. 105-116.

Research, l'Air Inventions Committee et le Munition Inventions Department'.

Aux États-Unis où le mythe de l'inventeur exerce sa pleine emprise, Thomas A. Edison sera bien sûr celui à qui on fera d'abord appel. Au cours de l'été 1915, le ministre de la Marine Josephus Daniels crée le Naval Consulting Board (NCB), présidé par Edison, avec le but « d'utiliser le génie inventif naturel des Américains pour faire face aux nouvelles réalités de la guerre. » Bien que le public s'étonne de ne pas y voir figurer les noms d'Orville Wright, Alexander Graham Bell, Nikola Tesla ou Henry Ford, le NCB sera constitué de représentants de la société civile, des inventeurs comme Elmer Sperry (gyroscope) et Hudson Maxim (mitrailleuse), mais aussi des scientifiques et des militaires². Cette commission entre en conflit avec le National Research Council (NRC) créé par Hale et la National Academy of Sciences. Avec le soutien du président Wilson, le NRC, dirigé par le physicien Robert Millikan, devient le pivot du système de recherche scientifique aux États-Unis³.

On a tendance à opposer ces organismes selon la méthode qu'ils adoptent pour favoriser la recherche. Alors que les diverses « commissions des inventions » dans divers pays filtrent et évaluent les nombreuses propositions, la plupart farfelues, qui émanent d'un public enthousiaste, les organismes comme le NRC ont pour objectif de susciter les recherches scientifiques et de coordonner l'activité des savants, des industriels et des militaires. C'est faire peu de cas des tentatives infructueuses du NCB pour monter un grand laboratoire de recherche. Dans le conflit entre le NRC et le NCB, il faut voir, au-delà de la question de l'organisation de la recherche militaire, une lutte autour des valeurs respectives véhiculées par les figures du savant, de l'ingénieur et de l'inventeur.

La figure héroïque de l'inventeur se fonde sur un certain nombre d'idéaux stéréotypés qui tirent leur source du XIX^e siècle. Dans les années 1860, Henry Dircks en Angleterre et Louis Figuier en France développent, chacun à leur manière, l'idée que l'invention, quoique basée sur la science, est le résultat d'une habileté naturelle, du génie individuel⁴. C'est une conception qui perdure. Comme le développera Stafford Hatfield en 1933, l'inventeur est un homme qui s'interroge, qui a l'esprit d'initiative et un grand enthousiasme. L'inventeur est constamment à la recherche de problèmes à résoudre et de solutions à leur apporter. Il aborde ses questions sans idée préconçue. C'est un grand individualiste, voire un excentrique; son enthousiasme, teinté d'optimisme, le conduit à poursuivre avec acharnement, voire entêtement, des idées fixes, sans toutefois oublier que le succès dépend d'une bonne maîtrise des principes scientifiques et

techniques sur lesquels s'appuient ses innovations et le dur labeur nécessaire pour les développer⁵.

En opposition à cette figure de l'inventeur se construisent dans les années d'avant-guerre deux modèles des processus d'innovation. D'une part, certains savants se lancent dans une croisade pour la promotion de « l'idéalisme scientifique », selon l'expression de l'inventeur et physicien américain d'origine serbe Michael Pupin⁶ (qui exerce une grande influence sur Millikan). Dans son « plaidoyer pour la science pure » en 1883, le physicien Henry Rowland défend l'idéologie selon laquelle la valeur de la science se mesure à l'aune des vérités éternelles qu'elle découvre et non des gains matériels qu'elle procure, ce qui a le don d'agacer Bell. D'autre part, à la même époque, l'invention tend à devenir un « business » comme un autre⁷. Dans le laboratoire industriel, l'imagination populaire répugne à retrouver l'individualiste qu'elle associe à l'inventeur. Tout au moins consent-elle à ce que l'« inventeur né, » selon l'expression d'Hatfield, fonde sa propre entreprise et qu'il y conserve la liberté nécessaire à l'exercice de son talent créateur. Dans le système technoscientifique qui se construit pendant la seconde révolution industrielle, l'institution des brevets contribue à perpétuer l'image de l'inventeur individuel et indépendant.

Si je me permets d'insister ici sur des clichés, ceux que l'on répète à l'envi à propos de la figure de l'inventeur, sur sa « persona » pour reprendre le terme de Marcel Mauss⁸, c'est que ceux-ci forment le cadre d'une conception de soi-même qui a un impact déterminant sur la perception que militaires, industriels et savants peuvent avoir de l'invention. Ces idées forment la base sur laquelle certaines personnalités élaborent leur propre identité. Georges Claude, fondateur en 1902 de la société l'Air Liquide est l'un de ces inventeurs, conscient de sa « persona » jusqu'à fournir les recettes du génie inventif. « L'inventeur heureux [...] est forcément têtu, d'un entêtement de brute: il ne réussit rien du premier coup; s'il ne s'obstinait pas, il ne ferait jamais rien⁹. »

Au début de la guerre de 14, l'industrie de l'air liquide est un cas type de secteur d'activité qui tient à perpétuer cette image de l'inventeur indépendant à cheval entre l'univers scientifique et technique, l'industrie, voire le monde des affaires¹⁰. Avant la guerre, les industries du froid se perçoivent comme faisant le lien entre divers mondes sociaux. « De sorte que, remarque-t-on en 1909, ces industries, tout en intéressant la foule, qui commence à en recueillir les bienfaits, tout en passionnant le savant, heureux de voir l'humanité profiter de ses découvertes, exigent de ce fait du technicien, trait d'union entre le laboratoire et l'atelier, une somme de connaissances scientifiques et pratiques considérables¹¹. »

1. H. Stafford Hatfield, *The Inventor and his World* (Wisbech, Penguin, 1948; 1^{re} éd. 1933).

2. M. Pupin, *From Immigrant to Inventor* (1922).

3. A. Millard, *Edison and the Business of Innovation* (1990).

4. M. Mauss, « Une catégorie de l'esprit humain: la notion de personne, celle de "moi" », *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 68 (1938), pp. 263-281; L. Daston et Otto Sibum (dir.), « Scientific Personae », *Science in Context* (numéro spécial à paraître en 2003).

5. G. Claude, décembre 1950 (archives de l'Académie des sciences, Paris, dossier biographique G. Claude: AAS Claude). Voir son discours *in En l'honneur de Georges Claude et Paul Boucherot, 15 novembre 1930*, brochure de l'Association des anciens élèves de l'école de physique et de chimie (archives Claude, EPC, carton 52).

6. R. Thévenot, *Essai pour une histoire du froid artificiel dans le monde* (Paris, institut international du froid, 1978); Mikal Hård, *Machines are Frozen Spirit: The Scientification of Refrigeration and Brewing in the 19th Century - A Weberian Interpretation* (Francfort, Campus/Boulder, Westview, 1994).

7. André Lebon, « Les suites d'un congrès », *Revue générale du froid* 1 (1909), p. 9.

1. Y. Roussel, « Histoire d'une politique des inventions, 1887-1918 » (1989), p. 19-57; M. Pattison, « Scientists, Inventors, and the Military in Britain, 1915-1919 » (1983), pp. 521-568.

2. T. P. Hughes, *American Genesis* (1989), et *Elmer Sperry: Inventor and Engineer* (1971); W. M. McBride, « The "Greatest Patron of Science"? » *U.S. Naval Research, 1896-1923* (1992), pp. 7-34.

3. D. J. Kevles, *Les Physiciens* (1988); H. R. Slooten, « Humane Chemistry or Scientific Barbarism? » (1990), pp. 476-498.

4. Henry Dircks, *Inventors and Inventions* (Londres, E. and F.N. Spon, 1867); Louis Figuier, *Les Merveilles de la science* (Paris, Furne, Jouvet et Cie, 1867-1870, 4 tomes). Voir à ce sujet Christine MacLeod, « Concepts of Invention and the Patent Controversy in Victorian Britain, » in R. Fox (éd.), *Technological Change: Methods and Themes in the History of Technology* (Amsterdam, Harwood, 1996), pp. 137-153.

Comme beaucoup d'autres, l'industrie de l'air liquide est réorganisée pour la production de guerre. Après un moment de flottement dû à la mobilisation massive de son personnel, l'Air Liquide est appelé à apporter son soutien à la défense nationale, en particulier pour la production d'oxygène et d'acétylène dissous intervenant dans les industries de la métallurgie et des poudres. Elle fournit aux hôpitaux d'énormes quantités d'eau oxygénée. Ses usines mettent au point des procédés de fabrication de chlore liquide servant à la production d'armes chimiques. Son capital triple pendant la durée du conflit. En 1915, la société devient partenaire majoritaire d'un conglomérat d'hommes d'affaires new-yorkais parmi lesquels figure Percy Rockefeller et fonde l'Air Reduction Company, dont on reparlera, qui exploite les brevets détenus par Georges Claude et ses associés¹.

Dans cet article, je m'intéresserai à deux tentatives d'innovation inspirées par cette industrie de l'air liquide, des tentatives malheureuses mais originales. Ce n'est peut-être pas une coïncidence si elles concernent toutes deux la guerre aérienne. Cette nouvelle arme a, dès son apparition, excité l'esprit des inventeurs et donné lieu à toutes les craintes. Comme le font remarquer MacLeod et Andrews dans leur article sur le BIR, chaque attaque de zeppelins sur Londres suscite un flot de propositions d'inventions. Grâce à leur nouveauté, l'aérostation et l'aviation exigent une grande inventivité quant à leur usage, mais aussi de fortes connaissances techniques et scientifiques. Tout est à inventer dans ce domaine : le matériel, l'entraînement du personnel, ses rôles militaires et l'organisation des unités en liaison avec l'armée et la marine... De plus, la grande visibilité publique de la guerre aérienne n'est pas pour déplaire à ces inventeurs qui vivent de l'attrait populaire de leur activité.

Les bombes à oxygène liquide

Au moment de l'Armistice, Georges Claude est peut-être l'archétype de l'inventeur qui déchant. Il publie à compte d'auteur un pamphlet au vitriol Politiciens et polytechniciens (Boulogne, 1919)². On a voulu, écrit-il, « lui prouver qu'il n'était bon à rien, on l'a paralysé pendant quatre ans : quatre ans d'efforts stériles mêlés d'instantanés tragiques, quatre ans pendant lesquels il s'est désespéré, il a pleuré de rage de n'arriver à rien d'utile pour le pays (34) ». Dans ses souvenirs, l'épisode le plus marquant est celui de son invention d'une « bombe d'aéroplane » à oxygène liquide. Mobilisé, le sous-lieutenant Claude est versé dans l'artillerie. « On sait de quelle grandiose façon nos lois de mobilisation – curieusement inconscientes du rôle que la technique allait

jouer en cette guerre – ont saboté les "compétences" au grand branle-bas de 1914 (37). » Lorsque le 15 août la commission supérieure des inventions intéressant l'armée est créée, Claude qui figure parmi ses membres pense qu'il va enfin pouvoir être utile. « Pourtant, écrit-il, quelque chose me chiffonne. Cette commission paraît bien plutôt faite pour juger les inventions des autres que pour inventer elle-même. Va-t-on m'empêcher de sacrifier à ma manie (38)! » Sa nomination fait des jaloux : « Si vous croyez qu'on fait des inventions en guerre! » lui réplique le commandant de son unité.

Avant la guerre, en collaboration avec son protecteur et ami Arsène d'Arsonval du Collège de France, Claude a commencé à travailler sur les propriétés explosives d'un mélange d'oxygène liquide et de charbon, d'une puissance double à celle de la mélinite, explosif à base d'acide picrique alors en usage dans les obus français. Selon Claude, ce puissant explosif est économique et facile à fabriquer à partir de l'air. Un bon inventeur n'oublie jamais son intérêt : « une circonstance est à notre connaissance, qui va permettre, pour peu qu'on le veuille, de fabriquer très vite des torrents d'oxygène, sous forme d'une merveilleuse usine d'air comprimé totalement disponible ; reliée par une conduite aux ateliers de l'Air Liquide (40). »

Pendant plus d'un an, de septembre 1914 à octobre 1915, Claude s'épuise à développer une bombe à oxygène liquide de cinquante kilogrammes et à la faire adopter par l'armée. Dès le début, il expose son projet à la commission des inventions dont il recueille l'appui du président Jean Painlevé. Sous la poussée des troupes allemandes qui menacent Paris, l'état-major accueille avec bienveillance cette proposition qui permettrait de faire face aux pénuries de munitions. Les généraux Gallieni, Foch, Joffre, Pétain lui accordent soutien et attention dont il se flatte. Des expériences ont lieu au centre d'essai du Bois d'Arcy sous l'œil attentif des experts des services techniques et en présence du gouverneur militaire du camp retranché de Paris et du ministre de l'Intérieur.

Le 23 octobre 1914, le capitaine aviateur Faucombe, directeur du service aéronautique du camp retranché de Paris, présente à Gallieni un rapport de neuf pages sur les projectiles d'Arsonval-Claude¹. Impressionné par la puissance de l'explosif, et la possibilité qu'il pourrait y avoir d'en disposer immédiatement en grande quantité (équivalente à 1,5 à 2 tonnes de mélinite par jour), il exprime néanmoins quelques réserves quant à leur manipulation délicate dans des conditions de combat. Les essais sur le front effectués depuis des avions Voisin « ont donné sur des troupes, des bois et une voie de chemin de fer des résultats très concluants ».

1. Service historique de l'armée de terre, Vincennes (SHAT), 6N 51.

1. Cinquantenaire de la société de l'Air Liquide (L'Air Liquide, 1952), pp. 17-18 ; P. Appell, Rapport sur les titres et travaux de M. Georges Claude, candidat à la division des applications de la science à l'industrie, 12 novembre 1918 (AAS Claude). Voir aussi Ralph G. Scurlock (dir.), *History and Origins of Cryogenics* (Oxford, Clarendon, 1992), pp. 141-179, 222-223, 362-367.

2. Voir aussi G. Claude, *Ma vie, mes inventions* (Paris, Plon, 1957).

Faucombe souligne également « l'effet moral » du projectile que par « une illusion d'optique fort compréhensible, chacun croit dirigé sur soi. »

Le 24 juin 1915, une escadrille est enfin constituée. L'inventeur Claude n'a pas le triomphe facile: « Mon seul instant d'indépendance a vécu: au lieu d'être mon propre maître, de mettre au point ma technique, de faire mieux, si possible, en toute tranquillité et en toute conscience, je vais tomber dans une dépendance dont on verra tout l'odieux (129). » Les retards, l'indécision des officiers l'agacent: « Tel l'oxygène liquide, je bous (55). » Mais surtout, l'explosif à oxygène liquide a des concurrents plus conventionnels: la panclastite et la cheddite qu'on fabrique maintenant en quantité suffisante. L'épreuve du champ de bataille semble un succès pour Claude. Mais rien n'y fera. Le 10 octobre 1915, un accident se produit. Une bombe explose et fauche quatorze personnes y compris son collaborateur Violet. Les bombes d'Arsonval-Claude ont vécu.

À cent cinquante mètres du lieu de l'explosion, Claude « arrive éperdu [...] dans un décor de chaos, des têtes, des bras, des jambes... Pauvres gens! Ainsi, tous ces bons Français tués, voilà le triste aboutissement de tant d'efforts (154)... » Comment mieux illustrer la manière dont cette « brutalisation¹ » souvent évoquée à propos de la Première Guerre mondiale touche aussi le monde des inventeurs?

C'est d'abord le sujet de recherche qui devient violent. Dans son livre de 1909, Claude regrette que la fabrication d'explosif ait pu être la première application de l'air liquide qui ait retenu l'attention². Il ne montre aucun état d'âme, pourtant, à le tester sur des combattants ennemis. Ainsi, la pratique de la science devient elle-même d'une incroyable violence. Le capitaine Chasles a vu une des bombes d'Arsonval-Claude « anéantir littéralement un détachement de cavalerie: ci, trente-deux hommes et cinquante chevaux tués, autant de blessés! Et quelques jours après il y aura la fameuse bombe sur l'état-major de Thielt, qui, dix minutes plus tôt, eût simplifié la guerre en supprimant le Kaiser (73). »

Claude lui-même participe, plein d'enthousiasme, à ces essais. « Le 24 [septembre 1914], je repars, à 10 h 45 [...]. De deux mille trois cents mètres, je lâche ma bombe sur un parc d'artillerie, vers Witry-lès-Reims. [...] J'estime qu'elle tombe à cinquante mètres en arrière du parc [...]. Un mouvement se produit dans les fourmis qui grouillent sur le sol et que la curiosité dirige vers le point de chute. Je me paie le plaisir de demander à Levassor [son pilote] de revenir sur ses pas, de survoler à nouveau le parc. Mouvement en sens inverse. Les fourmis démenagent, épouvantées. C'est, sur le vif, la mesure de l'effrayant effet moral que provoqueraient des avions chargés de ces terribles obus, et par extension, tous nos

avions, chargés ou non (58). » Ses opérations seront plus tard plus meurtrières. Le 1er octobre de l'année suivante, « à 15 h 15, départ. [...] Une de mes bombes tombe rigoureusement sur un train [...]. L'ineffable sensation! (152) » Le risque physique qu'implique le survol de l'ennemi n'est pas à négliger. C'est une expérience nouvelle pour l'inventeur. Enfin, remarquons la violence du langage employé par Claude, non seulement à l'encontre de ses ennemis, allemands ou français, mais aussi dans la description de ses expériences. « La mélinite produit des effets plus violents que l'oxygène liquide au voisinage immédiat, mais limités à un rayon nettement moindre. Elle réduirait, cette mélinite, beaucoup moins de monde en marmelade plus fine (55). » Suite à l'accident du 10 octobre, Claude se retire de l'armée. Amer, confiné à l'arrière, il participera à divers projets, qui selon lui seront toujours bloqués par l'incompétence des politiciens et, surtout, des polytechniciens qui prétendent exercer un monopole sur l'invention militaire: « Crispée sur ses prérogatives comme un chien sur son os, l'X restera maîtresse du champ de bataille (142). »

La production d'hélium

« Ce qu'est le bombardement aérien, écrit Claude, on le sait maintenant: on a laissé les Boches nous l'apprendre (158). » La guerre aérienne transporte l'horreur du champ de bataille au cœur même des villes et « brutalise » l'expérience des populations civiles. La cible, comme l'écrit Frederick Talbot dès 1915, c'est le « moral » de l'ennemi³. Dès 1908, les populations française, et surtout anglaise, furent prises parfois de craintes frisant l'hystérie, ou de « zeppelinites² ». Si le nombre de victimes dues à ces raids est infime comparé à celui des champs de bataille, elles frappent d'autant plus les imaginations qu'il s'agit de morts de civils hors des zones de combat. Soudain, les inventions dont la Belle Époque était si fière – la « science » – apparaissent comme des instruments pouvant porter la mort jusqu'au cœur des villes.

On avait d'abord pensé que la lenteur et les dimensions des dirigeables en feraient des cibles faciles pour pilotes et artilleurs d'une DCA naissante. Mais l'expérience montre vite que les petits trous percés dans l'enveloppe par les balles ordinaires ne remettent pas en cause l'intégrité des ballons. En octobre 1914, le chef de bataillon Girod donne la mesure du désarroi des troupes de défense: « Pour ce qui concerne l'incursion des "Zeppelins", il y a un moyen suprême, quand tous les autres auront été employés, de les arrêter; c'est selon une expression vulgaire mais qui dit bien ce qu'elle veut dire "de leur rentrer dans le chou"³. » Le pilote anglais R. A. J.

1. F. A. Talbot, *Aeroplanes and Dirigibles of War* (1915).

2. L. Kennett, *The First Air War* (1991), p. 10; voir aussi A. Whitehouse, *The Zeppelin Fighters* (1966).

3. SHAT 6N 51.

1. George L. Mosse, *De la Grande Guerre au totalitarisme* (1999).

2. G. Claude, *Air liquide, oxygène, azote* (Paris, Dunod et Privat, 1909), p. 274.

Warneford, le premier à avoir détruit un zeppelin le 6 juin 1915, réussit son exploit en lâchant une bombe sur l'aéronef. Misant sur la vulnérabilité non plus de l'enveloppe, mais du gaz de gonflement, l'hydrogène, qui s'enflamme très facilement, les balles incendiaires constituent une riposte redoutable¹.

Les dirigeables allemands sont donc repoussés à des altitudes extrêmes et perdent leur efficacité. Ils seront ensuite surtout déployés pour la protection de convois maritimes. La leçon semblait claire : « Les désastreuses campagnes des zeppelins contre les îles britanniques sont un exemple frappant du fait qu'un dirigeable rempli d'hydrogène ne constitue pas un bateau de guerre aérien, étant donné qu'un aéroplane, qui coûte seulement cinquante fois moins qu'un gros dirigeable rigide, a pu au moyen de balles incendiaires contraindre un zeppelin à prendre la fuite, voire l'abattre². » Mais en 1915, l'apparente invulnérabilité des zeppelins fait naître l'idée que les Allemands sont peut-être parvenus à remplacer l'hydrogène par un autre gaz qui serait ininflammable.

L'information est prise très au sérieux par Sir Richard Threfall, de l'Admiralty britannique³. Seule l'utilisation de l'hélium semble logique : le gonflement de dirigeables à l'hélium pouvait les rendre beaucoup moins vulnérables à l'assaut des balles incendiaires et en faire, à nouveau, un dangereux instrument de bombardements civils. Se rappelle-t-on que le docteur Erdmann, directeur du Anorganisch-Chemische Laboratorium de Berlin, avait, quelques années plus tôt, mentionné la possibilité d'utiliser l'hélium pour gonfler les ballons⁴? Bien que malade, le chimiste William Ramsey, s'attaque à la question. Lorsque les Américains commencent à étudier la question au printemps 1917, l'enthousiasme des Britanniques est palpable. Les experts de l'Admiralty qui visitent les États-Unis réclament cent millions de pieds cubes immédiatement et cinquante millions par semaine par la suite, dû au fait que la flotte de dirigeables britanniques, d'une valeur de cent vingt-cinq millions de dollars, reste clouée au sol à cause de sa trop grande vulnérabilité⁵.

Dans un article précédent, j'ai décrit les expériences contrastées des programmes de production d'hélium pendant la Première Guerre mondiale aux États-Unis et au Canada⁶. J'y insistais sur la différente perception de l'urgence dans ces deux pays, l'un arrivé tardivement dans la guerre, l'autre s'identifiant aux épreuves subies par les Britanniques. Je soulignais aussi le contraste entre les pratiques expérimentales des savants canadiens automobilisés dirigés par John C. McLennan qui restent fidèles à leurs habitudes universitaires et l'imposant dispositif mis sur pied par le Bureau of Mines aux États-Unis, plus proche des pratiques

d'ingénieur. L'agence fédérale américaine coordonne un large réseau où ses propres experts collaborent efficacement avec les chimistes universitaires (H. P. Cady de l'université du Kansas), les savants de Washington mobilisés dans le US Geological Survey, le National Bureau of Standards et le NRC, les divers services techniques de l'Army et de la Navy, et les ingénieurs et industriels des sociétés Linde Air Products et Air Reduction. Quelle est donc la place de l'inventeur dans un tel système technique ?

Pour répondre à cette question, il peut être utile de revenir au mois de mars 1919. Quatre mois après la fin de la guerre, le gouvernement des États-Unis décide de rendre public l'exploit technique réalisé par ses agences. Gonfler des dirigeables avec de l'hélium est en effet une réussite éclatante qu'il convient de diffuser : même un spécialiste de l'hélium comme Charles Moureu, du Collège de France, s'en étonne et affirme que, cinq ans plus tôt, il aurait été tout autant étonné si quelqu'un lui avait dit vouloir couvrir le Washington Monument de diamants¹ ! « *If the war had lasted until next spring, ajoute Franklin D. Roosevelt, Assistant Secretary to the Navy, the British and American governments would have sent helium-filled rigid airships over strategic points in Germany, each capable of dropping a total of 10 tons or more of high explosive².* » Mais le communiqué de presse de Roosevelt irrite Van. Manning, directeur du bureau des Mines, au plus point. En fait, la Navy accuse le Bureau of Mines d'avoir entravé le déroulement du programme en défendant un procédé qui s'est révélé inefficace. Revenons sur les faits en soulignant le rôle crucial joué par l'inventeur Fred E. Norton.

Alors que Richard B. Moore du bureau de mines est mis au courant des efforts britanniques dès 1915, on ne mentionne publiquement, aux États-Unis, la possibilité de d'utiliser l'hélium dans les dirigeables qu'en avril 1917. C'est au mois de mars 1916, pourtant, que l'attention du *chief metallurgist* Frederick G. Cottrell est attirée sur un procédé de séparation des gaz de l'air inventé par Norton. Intéressé à cette époque par la possibilité d'obtenir de l'oxygène à meilleur prix, Cottrell classe le rapport sur le procédé Norton parmi les « *clues to great inventions³.* » On connaît assez peu de choses à propos de ce Norton. Diplômé du MIT en 1891, il s'était allié, en 1913, avec E. A. W. Jefferies, de Worcester au Massachusetts, membre comme Norton de l'American Society of Mechanical Engineers, dans le but de développer son procédé de séparation des gaz de l'air pour le compte de la General Chemical Company. Bientôt, cependant, la société perd patience et les deux hommes se voient contraints de s'établir à leur compte.

1. R. B. Moore, « Commercial Production of Radium, Mesothorium, and Helium », *Industrial and Engineering Chemistry*, 18 (1926), pp. 198-211.

2. Cité in « Daniels' Gas Attack Is Met by director Manning, Unmasked and Undaunted », *Washington Post*, 17 mars 1919 (American Institute of Physics/Niels Bohr Library (AIP/BNL), Robert Millikan Papers, roll 5).

3. F. G. Cottrell, « The Production of Helium from Natural Gas », *Mechanical Engineering* 41 (1919), 155-158; Van. H. Manning, « Petroleum Investigations and Production of Helium », *U.S. Bureau of Mines Bulletin* 178-C, US Gov. Printing Office, Washington, SUDOC# 128.3: 178C.

1. J. H. Morrow, Jr, *The Great War in the Air* (1993); W. Rayleigh, *The War in the Air* (1922); C. Cole et E. F. Cheesman, *The Air Defense of Britain* (1984).

2. Ladislav d'Orcy, « L'avenir du dirigeable à l'hélium », *Flying* (29 janvier, 1919); traduction des services du ministère de la Guerre français (service historique de l'armée de l'air, Vincennes, n° A217, dossier 1/2, p. 4).

3. Clifford W. Seibel, *Helium: Child of the Sun* (Lawrence, Univ. Press of Kansas, 1968).

4. *Revue générale du froid* 2 (1910), p. 207.

5. Vice-amiral R. H. Peirce (du BIR) à Millikan, 25 juillet 1917 [US National Archives (USNA) RG 70, Stack 150, Row 24, Dept. 33 General Correspondence Files, 1917, cotes 074.1-074.62, Box 247]; Burrell à Manning, 28 décembre 1918 (USNA 70/150/23/22/7, Special Files; Helium Files, Box 166, Folder « Miscellaneous #2 »).

6. D. Aubin, « Les Alliés et la production d'hélium (1914-1918) », in R. Belot, M. Cotte et P. Lamard (dir.), *La Technologie au risque de l'histoire* (2000), pp. 405-412. Voir aussi Martin L. Levitt, « The development and politicization of the American helium industry », *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 30 (2000), pp. 333-347.

On imagine l'enthousiasme de Norton lorsque Cottrell le convoque à Washington en juin 1917. Le 8 juillet, il présente un estimé détaillé des coûts de production d'hélium selon lequel cinq mille pieds cubes seraient produits par jour pour vingt-huit mille dollars¹. Bien qu'il n'ait encore reçu aucun fonds militaire, George A. Burrell qui dirige les recherches sur les gaz et la guerre chimique au bureau des Mines, lui déclare qu'il peut commencer ses études sur le champ.

En fait, la réaction des autorités militaires est d'abord ambiguë. Selon Burrell qui commence à sonder les experts de l'Army et de la Navy, il est difficile d'attiser leur intérêt². « *Unquestionably*, lui avait-on même écrit en juin 1917, *the use of helium alone as a filling for dirigibles is out of the question* »³. Pourtant, le major DeForest Chandler du Signal Corps, consulté dès le 12 mai par Buttrel et Moore, et appuyé par le général George Squier, lui-même docteur en physique de l'université Johns Hopkins, se montre très enthousiaste⁴. Le 31 juillet, l'Aircraft Board accorde au projet le double de la somme demandée par Norton. La construction d'une usine au Texas est autorisée dès le 4 août.

Sous les instances de G.O. Carter, un ingénieur civil du Bureau of Steam Engineering de la Navy, le procédé Jefferies-Norton doit cependant faire face au scepticisme des experts habitués à faire affaire avec la Société Linde qui fournit l'hydrogène aux aérostats. Bien que basé sur des principes scientifiques solides, le procédé Norton reste expérimental. Des ingénieurs appartenant à cette société, ainsi qu'à son concurrent l'Air Reduction Co, sont conviés à prendre part au projet. À la demande de l'Army et de la Navy, le NRC est chargé d'étudier la possibilité d'obtenir de l'hélium⁵. Et ce sera finalement trois usines qu'on construira au Texas! Les installations de Linde sont opérationnelles le 6 mars 1918, celles d'Air Reduction quelques semaines plus tard. L'usine Jefferies-Norton ne fonctionnera jamais de manière satisfaisante et sera définitivement fermée en juillet 1921⁶.

Entre-temps, de nombreux conflits auront surgi entre Jefferies-Norton et le bureau des Mines. En septembre 1919, par exemple, Jefferies se plaint que la complétion de l'usine ne peut être assurée si Norton n'obtient pas le contrôle total des employés. « *Success can be obtained in this enterprise, estime Jefferies, not by a multitude of counsellors [...] but only by operating under one responsible head who will have full authority over every member of the technical staff* »⁷. Suite à la Première Guerre mondiale, l'invention est gérée par des systèmes organisés à l'instar de celui que le bureau des Mines parvient à mettre sur pied. Auréolé de son image d'homme d'action, l'inventeur indépendant s'adapte mal au système des comités.

Conclusion

Vers la fin de la guerre, en octobre 1918, le physicien américain Joseph S. Ames s'attaque encore à l'inventeur. Au début du conflit, le peuple des États-Unis avait placé de grands espoirs en son inventivité, dit-il, mais il a été déçu, presque choqué, par la révélation de son inutilité. On a cessé de croire aux magiciens, aux « *wizards* », affirme-t-il, en faisant référence au surnom d'Edison¹? Dans le domaine industriel également, la science voit, après la guerre, son blason redoré. Selon Millikan, la distinction entre science pure et science appliquée est brouillée². Comme le fait remarquer T. Hughes, la R & D (recherche et développement) prend la place de l'invention, le scientifique industriel celle de l'inventeur indépendant. Pourquoi? Selon Ames, c'est que « les problèmes sont trop compliqués ». Seul le savant, le physicien, peut maintenant les résoudre.

Les exemples de Georges Claude et de Fred Norton démontrent clairement que si l'inventeur a souvent les connaissances scientifiques et techniques requises lui permettant de résoudre les problèmes, c'est le système mis en place dans les conditions de guerre auquel ils ont du mal à s'adapter. Les scientifiques, au contraire, ont su montrer leur capacité à intégrer les systèmes complexes et hétérogènes où l'innovation est conçue, testée, développée et, si tout va bien, mise en pratique. Bien sûr, la mutation n'est pas complète. Comme Vannevar Bush le déclare en 1940: « pendant la Première Guerre mondiale, aucun pays n'avait eu d'organisation efficace pour faire travailler en liaison les savants et les techniciens avec les militaires. Les savants et les techniciens ne participaient aux conseils dans lesquels on faisait des plans de guerre; et les militaires, en général, regardaient les savants et les techniciens avec indulgence et ou avec mépris³. » C'est malgré tout dans ses dispositifs imparfaits qu'on retrouve les origines de l'organisation de la recherche scientifique du second xx^e siècle.

Parmi les nombreuses victimes de la Grande Guerre, l'inventeur sera celle qu'on regrettera peut-être le moins. Dans les années trente, Claude rejoint l'extrême droite, qui loue son esprit d'entreprise: « La vie de Georges Claude est une leçon ». On insiste sur les difficultés rencontrées aux mains de l'administration. « Il y a [...] une certaine amertume à constater que les hommes comme Georges Claude ont été fort peu aidés dans leur œuvre scientifique, si utile, si glorieuse cependant pour la France. » Qui faudra-t-il soutenir, s'interroge *l'Espoir français*? « Qui "vaut" mieux

1. J. S. Ames, « The Trained Man of Science in the War », *Science* 48 (1918), p. 493.

2. Cf. Millikan cité par R. Kline, « Construing "Technology" as "Applied Science" », *Isis* 86 (1995), p. 209.

3. V. Bush, *Modern Arms and Free Men* (1940), cité in Georges Menahem, *La Science et le militaire* (Paris, Seuil, 1976), p. 42.

1. Burrell à Manning, 28 décembre 1918, *op. cit.*

2. *Ibid.*; G. A. Burrell, « Beginning of the Helium Development », *Chemical and Metallurgical Engineering* 29 (1923), p. 1013.

3. D. W. Taylor à Burrell, 13 juin 1917 (AIP/BNL, Millikan Papers, roll 5).

4. Moore à Manning, 25 mars 1919 (USNA 70/150/23/22/7, Special Files: Helium Files, Box 166, Folder « Miscellaneous #1 »); Burrell à Chandler, 12 mai 1917; Squier à Burrell, 16 mai 1917 (AIP/BNL, Millikan Papers, roll 5).

5. Annual Report of Work of Division of Physical Sciences of the National Research Council for the Year 1918, 26 janvier 1919, p. 11 (AIP/BNL, Millikan Papers, roll 5); Edgar Buckingham et W.S. Landis (National Research Council), « Memorandum on the Norton Process as Applied to the Argon Problem », 14 janvier 1918 (archives G. Claude, EPC).

6. F. G. Brickwedde, E. F. Hammett et W. E. Keller, « The History of Cryogenics in the USA, Part I-Cryoengineering », in R. G. Scurlock (dir.), *History and Origins of Cryogenics*, *op. cit.*, pp. 367-468 (voir p. 366-367).

7. Jefferies à Manning, 10 septembre 1919 (USNA 70/150/25/2/1, General Correspondence Files, 1919, Box 410, Folder 87773, copie in USNA 70/150/23/22/7, Box 166, Folder « Miscellaneous #2 »); Minutes of a Meeting, October 4, 1919 (USNA 70/150/25/2/1, Box 410, Folder 87773).

1. René Dargile, « La vie et l'œuvre de Georges Claude », *L'Espoir français* (26 août 1938), 3-15 (op. cit., p. 15).

2. Sur le rôle politique du « deuil » dans l'entre-deux-guerres, voir S. Audoin-Rouzeau et A. Becker, *14-18: retrouver la guerre* (2000).

socialement? Un Georges Claude, dont l'œuvre enfanta d'immenses industries nouvelles, qui procurèrent à des centaines de milliers d'ouvriers, du travail, de l'aisance, du bien-être? Ou les discoureurs, les phraseurs de la politique et du syndicalisme *qui, n'ayant jamais rien fait*, excite les masses contre ceux qui ont fait quelque chose? Qu'on y réfléchisse!¹ » La mort de l'inventeur: encore un deuil qui a du mal à passer dans l'entre-deux-guerres²...

David Aubin

Sophie Delaporte, vous étudiez les relations entre guerre et médecine, et notamment en 1914-1918¹. Selon vous, peut-on dire que la Première Guerre mondiale a été génératrice de progrès médicaux?

S.D.:

En quoi est-il permis d'affirmer que la Première Guerre mondiale a été ou non génératrice de « progrès médicaux »? La violence inouïe du champ de bataille de 1914-1918 a infligé aux corps des combattants des dégâts effroyables,

LE PARADIGME DU PROGRÈS MÉDICAL A L'ÉPREUVE DE LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE

d'une gravité et d'une fréquence jusque-là inconnues. Premier témoin de cette brutalité, le monde médical s'efforça d'apporter des réponses aux questions nouvelles posées par la guerre. Cependant, pour répondre ici, il importe d'insister plus particulièrement sur deux notions essentielles: celle d'*attitude thérapeutique* et celle de *pratique thérapeutique* dans leur confrontation à la guerre.

En quoi, donc, la guerre a-t-elle modifié les attitudes thérapeutiques?

S.D.:

Les attitudes thérapeutiques pendant la Première Guerre mondiale ont incliné entre le *dehors* et le *dedans*, entre l'abstentionnisme chirurgical, voire dans certains cas l'abandon thérapeutique, et l'interventionnisme, et *du dedans au dehors*, à savoir de l'interventionnisme, parfois à outrance, à l'abstentionnisme par souci de conservatisme.

Dans le cas des atteintes corporelles à l'abdomen, au thorax et au crâne, les attitudes thérapeutiques se situent dans le premier schéma, du dehors au dedans, même si les cycles de réponses interviennent avec un certain décalage. Mais, dans les trois cas cités, l'attitude dominante des chirurgiens à l'entrée en guerre reposait sur l'abstention thérapeutique. En effet, l'expérience acquise au cours des guerres précédentes avait conforté les chirurgiens les plus autorisés

1. S. Delaporte, *Les Guerres cassées. Les blessés de la face de la Grande Guerre*, Paris, Noesis, 1996.