

Alfred Wilm et les débuts du Duralumin*

Olivier Hardouin Duparc**

Je dédie cet article à la mémoire de Michel Wintenberger, décédé le 23 mars 2005, avec lequel j'ai eu plusieurs fois l'occasion de discuter à propos de Guinier et Preston, et qui avait lui-même écrit quelques lignes sur Wilm (CHA n° 3, 1988).

L'aluminium est un métal récent. L'étude de ses alliages est à situer dans un contexte militaro-industriel, particulièrement pour la découverte du plus important d'entre eux, le Duralumin qui doit son nom autant au fait qu'il est dur qu'au fait qu'il a d'abord été produit industriellement à Düren. L'ingénieur prussien Alfred Wilm avait été mandaté à Neubabelsberg, près de Berlin, pour obtenir un tel alliage et en ce sens cette découverte n'a pas le caractère romantique qu'on lui a parfois prêté. Je souligne également les relations de coopération et de concurrence internationale âpre qui ont accompagné les premières recherches sur cet alliage au début du XX^e siècle.

L'aluminium, origine et propriétés¹

L'alumine, de composition Al_2O_3 , est utilisée par l'homme depuis des millénaires, que ce soit dans des argiles² pour poteries, sous forme de poudre abrasive (émeri), ou, en quantité évidemment moins importante, sous forme de pierres précieuses comme le saphir et le rubis³.

En utilisant la pile d'Alessandro Volta, dont la mise au point avait fait l'objet d'une communication lue à la Royal Academy de Londres en 1800, le savant britannique Humphry Davy⁴ réussit à isoler de nouveaux métaux à partir de leurs sels par électrolyse,

* Ce texte a été publié une première fois dans *La Revue de Métallurgie-CIT/Science et Génie des Matériaux*, mai 2004. Les notes 9 et 16 sont nouvelles, ainsi que l'iconographie.

** Olivier Hardouin Duparc est chercheur au Laboratoire des Solides Irradiés (UMR7642 CNRS-CEA-X), École Polytechnique, 91128 Palaiseau. Mél : olivier.hardouinduparc@polytechnique.edu

[1] Je renvoie avec plaisir au livre *L'aluminium. Un si léger métal* d'Ivan Grinberg, Florence Hachez-Leroy et Jean Plateau. J'adopterai un ton plus physicien et on notera les différences en ce qui concerne Wilm et le Duralumin.

[2] Les argiles sont des aluminosilicates hydratées à structure en feuillets.

[3] L'alumine pure cristallisée en phase dite alpha à température ambiante est incolore. C'est le corindon ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$). La présence d'impuretés atomiques sous forme d'ions peuvent colorer le cristal en absorbant une partie du spectre visible. Le saphir est ainsi coloré en bleu par des ions Fe^{3+} et Ti^{4+} , le rubis en rouge par des ions Cr^{3+} et les (mal nommées) topazes orientale et royale en jaune et orange par essentiellement des ions Fe^{3+} . L'émeri est de l'alumine pulvérisée et colorée en noire par de l'oxyde de fer.

[4] Ou Humphrey avec un e. Les deux orthographes semblent équivalentes mais H. Davy signalait Humphry.

par exemple le potassium à partir de la potasse ou le sodium à partir de la soude. Mais pour l'alumine il n'arrive pas à en extraire le métal encore inconnu qu'il sait y être présent. Il écrit en 1807 que s'il y était parvenu il l'aurait appelé *alumium*, nom qu'il changera par la suite en *aluminum*, ce qui fait que nous avons désormais *aluminum* aux États-Unis et, de manière plus conforme à l'appellation des autres métaux, *aluminium* en Europe (en Angleterre et en France, *alluminio* en Italie et *aluminio* en Espagne).

L'atome d'aluminium est très réducteur, avec sa propension à donner les trois électrons de sa couche externe, et donc son affinité vis-à-vis des atomes d'oxygène pour former justement de l'alumine Al_2O_3 ($2\text{Al}^{3+} + 3\text{O}^{2-}$). Ce caractère réducteur explique pourquoi il fut si difficile d'isoler ce métal, qui sera d'ailleurs lui-même plus tard utilisé pour « réduire » d'autres métaux à partir de leurs oxydes (procédé dit d'aluminothermie ou procédé de réduction de Goldschmidt). La « découverte » de l'aluminium sera une aventure progressive, européenne puis mondiale, qui alliera les progrès de la chimie et de l'électricité. Après l'Anglais Humphry Davy, il y eut le Danois Hans Christian Ørsted en 1824, l'Allemand Friedrich Wilhelm Wöhler en 1827 et surtout le Français Henri Sainte-Claire Deville dans les années 1850. L'aluminium métallique coûtait alors encore très cher et il est heureux que ses qualités et son aspect presque aussi brillant et inaltérable que l'argent⁵ ait séduit le public, et surtout l'empereur Napoléon III lors de l'Exposition universelle de 1855. L'aluminium n'est vraiment devenu un métal d'intérêt industriel qu'à partir de 1886 grâce au procédé de fabrication électrolytique à partir d'un mélange alumine-cryolithe (à 7-10 %) fondant à moins de 1 000°C, soit un gain appréciable de plus de mille degrés par rapport au point de fusion de l'alumine (Paul Louis Toussaint Héroult en France et, simultanément, Charles Martin Hall aux États-Unis⁶). La cryolithe, fluorure double d'aluminium et de sodium $\text{AlF}_3(\text{NaF})_3$, venait d'être importée en Europe la première fois en 1855, grâce à la découverte d'un gisement important au Groenland. La mise au point, en 1867, par le Belge Zenobe Gramme, d'une dynamo nettement plus puissante que la pile de Volta joua également un rôle. Ce n'est pas par hasard que l'aluminium n'est apparu qu'au XIX^e siècle et ne s'est imposé qu'au XX^e. Ce développement fut tributaire de toute une évolution scientifique et technologique, comme par exemple la production d'électricité à bon marché (les dynamos puis les barrages hydrauliques et les centrales nucléaires de nos jours).

L'aluminium est donc un métal très récent à l'échelle de l'histoire de l'humanité. Par contraste, les bronzes datent de 2500 avant J.C. et le fer de 1500 avant J.C.

Le besoin d'allier l'aluminium

La densité de l'aluminium est beaucoup plus faible que celle du fer : à température ambiante l'aluminium est à 2,7 g/cm³ alors que la densité du fer est de 7,9 g/cm³, soit un facteur de presque trois en faveur de l'aluminium. On comprend l'intérêt potentiel de ce métal pour l'armement et pour l'industrie civile. L'aluminium métallique pur a cependant un gros défaut pour les applications autres que purement décoratives, en ce qu'il est très mou. Mais on sait que les qualités du bronze viennent de l'ajout durcissant d'étain au cuivre et que les aciers sont du fer allié avec du carbone, en proportions variables selon les utilisations recherchées et avec une grande importance des procédés de traitements

[5] Pour l'aspect brillant métallique, l'explication est la même : les électrons métalliques de l'aluminium comme ceux de l'argent absorbent et émettent toutes les longueurs d'onde de la lumière visible. Pour l'inaltérabilité, l'explication est radicalement distincte : l'argent ne s'oxyde pas (ou peu) tandis que l'aluminium s'oxyde immédiatement et se retrouve protégé par une très fine pellicule d'alumine transparente et étanche (stœchiométrique) qui n'évolue presque pas (sauf effet lent de patine), au contraire de ce qui se passe pour le fer.

[6] Héroult et Hall sont également nés et morts les mêmes années, 1863 et 1914. Tous deux ne rencontrèrent pas un assentiment immédiat après 1886. Hall eut essentiellement la chance de vivre dans un pays bien plus grand que celui de Héroult.

thermiques. On pouvait donc espérer améliorer l'aluminium par un traitement approprié qui restait à trouver⁷. L'armement, bien sûr, a largement été moteur dans toutes ces investigations depuis des siècles, sans doute davantage que la fabrication des instruments de musique (gongs asiatiques, cloches européennes, « cuivres » d'orchestre, ...). Par exemple, après avoir été en bronze (à 10 % d'étain en poids) jusqu'au XV^e siècle, les canons sont progressivement devenus en fonte puis en aciers, les aciers constituant un bon compromis entre les exigences de dureté et de résilience puisqu'un canon doit être à la fois très solide sans être trop fragile (ne devant pas casser au premier tir⁸). La puissance des nations dépendait en partie de la qualité de leur métallurgie. Les canons Krupp, utilisés par l'Allemagne contre la France en 1870, étaient de meilleure qualité que les canons français⁹...

Wilm le Prussien à Neubabelsberg

La France, l'Angleterre, l'Allemagne, sans oublier les États-Unis d'Amérique du Nord et la Russie, obéissaient à cette logique d'évolution industrielle et militaire de plus en plus tournée vers l'étude et l'amélioration scientifique des alliages métalliques. Guillaume II de Hohenzollern, roi de Prusse et en même temps empereur d'Allemagne de 1888 à 1918, mena une politique extérieure agressive, soutenue par une efficace politique militaro-industrielle.

Les autorités militaires prussiennes se montrèrent naturellement demandeuses d'alliages légers et résistants pour l'amélioration des armes légères et c'est presque toute la puissante industrie métallurgique allemande qui s'orienta en ce sens.

La Prusse au sein de l'Allemagne

À l'origine relativement mal définie, la Prusse est progressivement devenue le plus puissant des États allemands au XVIII^e siècle. Sous Frédéric II (le Grand), la Prusse avait attaqué et battu l'Autriche en 1740-1763 pour annexer une partie de la Silésie. Un siècle plus tard, après une nouvelle victoire sur l'Autriche en 1866, la Prusse restait la seule grande puissance régionale et les États du nord de l'Allemagne s'associèrent la même année dans la Confédération du Nord qu'elle dominait. Otto von Bismarck, avait comme objectif l'unification de tous les États allemands, un souhait qui devait se réaliser en 1870-71 : les États allemands, cette fois encore sous le commandement de la Prusse, vainquirent la France (à Sedan le 2 septembre 1870 – Paris se rendit le 28 janvier 1871) et se rassemblèrent pour fonder l'Empire allemand. Le roi Guillaume I^{er} fut triomphalement proclamé empereur de toute l'Allemagne le 18 janvier 1871, dans la galerie des Glaces du château de Versailles. La fondation de l'Empire allemand entraîna une progression économique et industrielle encore accrue car il y avait désormais un marché unifié de millions d'individus, sans compter le substantiel tribut versé par la France vaincue. La Prusse est la puissance prédominante du II^e Reich allemand (1871-1918). Elle profite de l'essor de l'« Allemagne des usines » depuis 1850. En tant que capitale, c'est Berlin qui profita au maximum de ces « années de fondation ».

[7] De manière empirique. On sait aujourd'hui qu'un métal pur parfaitement cristallin devrait être très dur. Dans la nature un métal pur se déforme facilement parce qu'il contient un grand nombre de défauts étendus appelés dislocations qui peuvent facilement se mouvoir en son sein. Dans la pratique, durcir un métal consiste à trouver un moyen de freiner le mouvement de ses dislocations. Notons que le concept de dislocations atomiques ne fut proposé qu'en 1934, et que ce n'est qu'en 1955 qu'une semblable dislocation a été « vue » par microscopie électronique.

[8] Semblable mésaventure arriva aux Russes avec leur acier Oboukhov, dans les années 1860.

[9] Pas uniquement à cause du matériau utilisé. Les canons Krupp, à l'opposé des canons De la Hitte, intégraient le chargement de l'obus par l'arrière, moins risqué que par l'avant, et utilisaient des fusées percutantes, c'est-à-dire à explosion déclenchée par choc contre un objectif, ne risquant donc pas d'exploser trop tôt ou trop tard comme les fusées fusantes françaises. Faut-il ajouter que ce sont les Français qui refusèrent d'acheter ces canons qu'Alfred Krupp était désireux de vendre à qui en voulait ?

L'ingénieur-chercheur Alfred Wilm avait 31 ans en 1900 et possédait déjà une sérieuse formation métallurgique. Il fut convaincu par le professeur Stribeck de travailler au Centre de recherches scientifiques et techniques situé à Neubabelsberg, à quelques kilomètres au sud-ouest de Berlin, pour diriger des recherches systématiques sur les alliages d'aluminium, dès 1902. À force d'essais divers et variés, Wilm entrevit une voie prometteuse à l'automne 1906 avec un alliage d'aluminium-cuivre-manganèse (plus des impuretés...) auquel il ajouta un peu de magnésium et qu'il laissa cette fois-là reposer après l'avoir fait tremper par son assistant Fritz Jablonski. Un tel alliage ainsi traité se révélait dur sans être fragile et restait léger¹⁰. Wilm déposa des brevets et continua méthodiquement ses travaux d'amélioration, en termes d'alliage et de traitement thermique, jusqu'à ce que le professeur Stribeck quitte le Centre de Neubabelsberg en 1909 pour la Krupp à Essen et soit remplacé par un spécialiste des poudres que la métallurgie ne passionnait vraisemblablement pas. Alfred Wilm quitta alors l'Institut en récupérant les droits de brevets. Il déposa à titre personnel un ultime brevet, « pour un procédé d'amélioration d'alliage d'aluminium contenant du magnésium », le 20 mars 1909 (Kaiserliches Patent 244.554) qui ne sera rendu public que le 9 mars 1912.



Fig. 2 – Brevet déposé par A. Wilm le 20 mars 1909. (*Aluminium*, 17, 1935. D.R.)

[10] Ce mariage de propriétés se révéla primordial pour la construction aéronautique. Les matériaux en compétition dans les années 1910 étaient le bois, les aciers doux (spéciaux), les duralumin et les alliages de magnésium.

Neubabelsberg

Neubabelsberg [littéralement : le nouveau Babelsberg] se trouve juste au sud-ouest de Berlin. C'était une extension de Babelsberg, qui est situé au nord-est de Potsdam. Neubabelsberg a toujours constitué une zone résidentielle très agréable. Konrad Adenauer (1876-1967) y passa ses années de jeunesse. L'architecte Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969, le plus grand représentant de l'école du Bauhaus et l'un des architectes de Chicago) construisit sa première maison, la maison Riehl, au 3 Spitzweggasse, Potsdam-Neubabelsberg, en 1907.

Après la Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen c'est le Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung (pour la recherche sur les métaux) qui s'installa à Neubabelsberg en 1921, deux ans donc après le début de la République de Weimar.

Neubabelsberg est sans doute plus connue des cinéphiles historiens qui savent que la Ufa, Universum-Film AG, construisit par la suite les plus grands studios d'Europe à Neubabelsberg. La Ufa était la continuation, de 1924 à 1945, de la société de cinéma Bioscop (1912-1924). Les stars de la Ufa (par exemple Magda Schneider (1909-1996), la mère de Romy) habitaient les quartiers chics de Neubabelsberg (la Villenkolonie de Neubabelsberg) et allaient se divertir à Berlin. Neubabelsberg était donc devenue l'équivalent à l'époque et en Allemagne des Hollywood et Bel Air de Los Angeles plus tard. Le tournage de Metropolis, de Fritz Lang, eut lieu dans les studios de Neubabelsberg de 1925 à 1926. Citons aussi L'Ange bleu ("bleue", à traduire plutôt par gris ou grisant), de Josef von Sternberg, avec Marlène Dietrich en 1930.

Babelsberg devint est-allemand avec Potsdam après 1945. Les studios de cinéma furent alors utilisés par la Defa. Après la chute du mur de Berlin, ces studios furent rachetés pour un demi-milliard d'euros par le groupe français Vivendi en 1992, avant d'être revendus pour un euro symbolique à un groupe d'investisseurs allemands en juillet 2004.

Düren et l'invention de Wilm

Düren est une ville de Rhénanie-Nord-Westphalie qui était alors territoire prussien^[1]. Les usines métallurgiques de cette ville, les Dürener Metallwerke AG^[2] avaient été affiliées aux Fabriques allemandes d'armes et de munitions (Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken) dont le siège était à Berlin. Il était prévu que ces usines se chargeraient de la production à grande échelle des alliages intéressants, issus des recherches menées à Neubabelsberg. Ainsi, de manière concertée entre les autorités militaires, Alfred Wilm et les usines métallurgiques de Düren, ces usines acquirent les droits de production de l'invention de Wilm. La fabrication de cet (ces) alliage(s)^[3] fut donc commencée en quantité industrielle à Düren. Wilm avait d'abord proposé d'appeler son alliage Hartaluminium mais ce nom fut changé en Duralumin (prononcer *douraloumine* en allemand), pour une meilleure compréhension internationale. En effet, l'ingénieur-chimiste Adolf Hupertz (1857-1932), qui avait fondé les Dürener Metallwerke en 1885 avec l'homme d'affaires Felix Banning, avait déjà développé de nombreux alliages auxquels il avait donné le nom de « Durana-Metalle »^[4]. Il y avait donc eu jeu de mot, scientifiquement et commercialement justifié vis-à-vis de l'international...

[1] Le Land de Rhénanie-Nord-Westphalie fut créé en 1946 à l'initiative du gouvernement militaire britannique par la réunion des deux provinces prussiennes de Rhénanie et de Westphalie.

[2] AG ou A. G. ou A.-G. : Aktien-Gesellschaft : société par actions, ou société anonyme. Une société commence par être à responsabilité limitée, puis, signe de sa bonne gestion et de la confiance qu'on peut lui accorder, elle devient une société soutenue par des actions.

[3] Ces alliages étaient *a priori* caractérisés par une même contenance de 0,5 % [poids] en magnésium et varient de 3,5 à 4,5 % pour le cuivre et de 0,25 à 1 % pour le manganèse.

[4] Essentiellement des « bronzes de fer », l'addition d'un peu de fer rendait les bronzes et les laitons plus facilement forgeables.



Fig. 3 – Usine de la Société du Duralumin (concessionnaire depuis 1911 des brevets Wilm) - Atelier de laminage des bandes. (R.A. n°5, 1925)

Notons que la ville de Düren s'appelait ainsi parce qu'elle se développa sur l'emplacement d'une résidence royale mérovingienne « villa duria ». Düren a été détruite à 80 % lors de la dernière guerre et a été reconstruite depuis. Les Allemands connaissent l'adjectif durable, durable, et Dur en musique dans le sens de majeur (Durtonleiter, Durakkord, A-Dur). Aujourd'hui tout Allemand ou presque pense à Dur-Alumin, et pas du tout à Dürer-Alumin qui aurait dû donner Düralumin, de prononciation très différente en allemand. En français on prononcera évidemment Duralumin à la française, surtout pour éviter le risque de confusion avec les alumines qui, en tant que céramiques, sont très dures mais aussi cassantes. En allemand, ce risque de confusion n'existe pas car alumine se dit Tonerde (die Tonerde : argile-terre, ou terre argileuse).

Le Duralumin en Angleterre

Les relations dynastiques entre l'Angleterre et l'Allemagne

C'est pour régler un problème de succession entre familles qu'en 1701, l'Act of Settlement (Acte de Succession) associa, au moins en principe, la couronne d'Angleterre à la dynastie de Hanovre. Les princes hanovriens montrèrent en général peu d'attachement à l'Angleterre et/ou se révélèrent assez déficients. La maison royale d'Angleterre s'est néanmoins appelée House of Hanover jusqu'à la mort de la reine Victoria I^{re} le 22 janvier 1901, puis House of Saxe-Cobourg-Gotha (ou Saxe-Cobourg and Gotha) de 1901 à 1917, date à laquelle il lui apparut bienséant de changer de nom et de se rebaptiser House of Windsor. De même, les Battenberg devinrent-ils des Mountbatten. Guillaume II de Hohenzollern, qui fut en partie responsable de la Première Guerre mondiale, était le petit-fils de la grande reine Victoria, né en 1859 de sa fille aînée Victoria et dont les meilleurs souvenirs de vacances sont de celles passées avec sa grand-mère sur l'île de Wight.

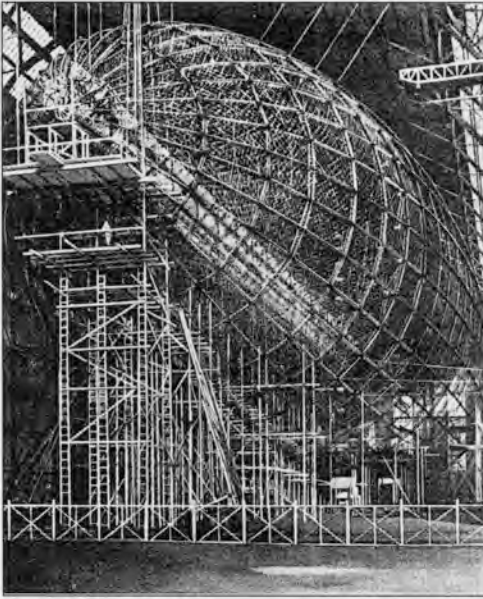


Fig. 4 – La carcasse d'un zeppelin. (Source : Hunsicker et Stumpf, Sorby Centennial Symposium, 1965. D.R.)

L'Angleterre avait un rapport particulier avec l'Allemagne, grâce sans doute aux relations dynastiques de la famille Saxe-Cobourg-Gotha, et il est remarquable que la Vickers Company (Vickers Sons & Maxim Ltd.) commença, dès 1909, la construction d'un dirigeable rigide qui absorba la presque totalité du Duralumin commercialement produit par les Dürenner Metallwerke en 1910. Un entrefilet rédactionnel de dix lignes publié dans le *Kriegstechnische Zeitschrift* en 1911, intitulé « Le Duralumin, un nouveau métal », se terminait ainsi : « D'après les données des journaux, ce nouveau métal allemand a été utilisé pour la première fois pour la construction de dirigeables militaires anglais ». Mais en septembre 1911, ce dirigeable baptisé le *Mayfly* se brisa malencontreusement en deux lors d'une rentrée en hangar après des pré-essais¹⁵ et cela jeta un fort discrédit sur ce nouveau métal « made in Germany ». La Vickers avait obtenu d'Alfred Wilm les droits de licence pour

l'Angleterre, la France, l'Espagne, le Portugal et l'Italie en 1910 – elle rétrocèdera rapidement ses droits pour la France à la Société du Duralumin, installée à Dives-sur-Mer. Un article de Wilm fut publié le 22 avril 1911 dans la revue allemande *Metallurgie*.

Suite à l'incident du dirigeable, la Vickers commença à produire elle-même du Duralumin dès 1911 à Birmingham et entama simultanément des recherches sur ces alliages dans ses laboratoires de Barrow-en-Furness (au nord-ouest de l'Angleterre, sur la côte). C'est ainsi qu'on put lire deux ans plus tard,



Fig. 5 – Le dirigeable de la Vickers, le *Mayfly*, brisé en deux. (Hunsicker et Stumpf, *op. cit.*, D.R.)

dans le déjà cité *Kriegstechnische Zeitschrift*, une autre note rédactionnelle d'un peu plus d'une page parlant des propriétés exceptionnelles du Duralumin et qui attribue la découverte de cet alliage à H. B. Weeks, directeur des laboratoires de la compagnie Vickers Sons & Maxim Ltd. à Barrow ! Étonnante amnésie. Alfred Wilm réagit immédiatement et fournit dix pages de précisions appuyées dans ce même journal, la même année, sous le titre « L'amélioration de l'aluminium et de ses alliages, et plus spécialement le Duralumin, pour l'armement » :

[15] *Mayfly* est le nom anglais de l'insecte éphémère qui ne vit qu'un ou deux jours à l'état adulte... En Allemagne, les usines du Comte Ferdinand von Zeppelin (1838-1917) restèrent plus prudentes, jusqu'à ce qu'un arrêté de la Marine leur intime, en 1914, d'utiliser des cadres en Duralumin !

« Cela fait depuis presque dix ans que nos autorités militaires essayent d'adapter l'aluminium à leurs besoins spécifiques en raison de son poids très léger. Il n'y a sans doute pas un département militaire allemand qui ne se soit préoccupé de l'introduction de l'aluminium, et même si les espoirs dans ce domaine ont souvent été déçus, ce métal n'a jamais été perdu de vue dans le monde militaire et de nouvelles expériences ont été menées avec une ardeur infatigable.

L'amélioration des armes de petit calibre et l'augmentation de vitesse de feu qui en résulte ont naturellement rendu cruciale la question de la réduction du poids des munitions, et c'est en fin de compte à notre administration militaire prussienne que le Duralumin doit son existence.

Nos autorités nous avaient communiqué les exigences que devaient respecter l'aluminium pour pouvoir servir à l'armement et notre industrie nationale se mit en demeure de résoudre le problème.

Ce furent principalement les Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken, Berlin-Karlsruhe, qui par l'intermédiaire de leur institut voisin, le Centre de recherches scientifiques et techniques, SA, situé à Neubabelsberg, lancèrent les travaux et j'obtins en 1902 un poste officiel pour conduire des recherches exhaustives en vue d'augmenter la résistance de l'aluminium... La découverte du Duralumin est donc le fruit d'essais menés pendant plusieurs années en Allemagne... En 1906, en alliant l'aluminium à d'autres métaux et grâce à un traitement thermique idoine, je fus capable de lui conférer la résistance et la solidité indispensable pour être utilisé comme cartouches (douilles). (...)

... En Allemagne les alliages Duralumin sont produits depuis quelques années par les usines métallurgiques de Düren (en Rhénanie), qui possèdent les droits exclusifs de fabrication et de vente en Allemagne. »

Il n'en restait pas moins que l'Allemagne prussienne avait maladroitement interrompu son effort de recherche sur ces alliages et que les autorités n'avaient pas su défendre la découverte de Wilm.

Tous les autres pays développés menaient des recherches similaires. Une traduction résumée de l'article de Wilm 1911 parut la même année dans la *Revue de Métallurgie* de Henry Le Chatelier (1850-1936), co-dirigée avec Léon Guillet (1873-1946). Malheureusement, la France ne parvint jamais à créer un organisme de recherche soutenu à la fois par l'État et les industries. En Angleterre, le neuvième rapport de l'Alloys Research Committee, écrit par Rosenhain et Lantsberry en 1910, concernait surtout les alliages riches en cuivre mais mentionne aussi la découverte d'un alliage d'aluminium à 3 % de cuivre et 1 % de manganèse et vante ses excellentes propriétés. Cet alliage est très proche du Duralumin et Rosenhain dira plus tard que si les conclusions de ce rapport avaient été immédiatement exploitées à l'époque, le Duralumin aurait été propriété commerciale anglaise et non allemande. Wilm trouverait certainement que Rosenhain exagère car il manquait alors le traitement thermique et le vieillissement. Toujours est-il qu'en repoussant la publication officielle de son brevet de 1909 jusqu'en 1912, pour protéger son secret de fabrication dans un esprit noblement patriotique, Wilm obligea en fait les Anglais à faire des recherches plus ou moins infructueuses et frustrantes en un premier temps et à devenir indépendants en un deuxième temps... Outre les travaux de recherche de la Vickers, des recherches fondamentales sur les Duralumin furent rapidement initiées au département de métallurgie et de chimie métallurgique du National Physical Laboratory (situé à Teddington, en banlieue sud-ouest de Londres), sous la direction de Walter Rosenhain. Il n'est certainement pas anodin de savoir que Rosenhain est né à Berlin, en 1875, et que ses parents émigrèrent volontairement en Australie en 1880 pour que leur fils n'ait pas à servir dans l'armée prussienne...

Les grands organismes de recherche appliquée au début du XX^e siècle

Le NPL (National Physical Laboratory) fut fondé en 1900. Le NBS (National Bureau of Standards, originellement Bureau of Standards, rebaptisé en 1988 NIST, National Institute of Standards and Technology) fut fondé en 1901. En Allemagne il y avait le Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR), fondé en 1887 puis la KWG (Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft) qui disparut pour renaître sous le nom politiquement plus correct de MPG (Max-Planck-Gesellschaft¹⁶). En France il y eut le LAM (Laboratoire d'artillerie de la Marine) et le LNE (Laboratoire national d'essais). Ces laboratoires n'eurent pas le même impact. Henry Le Chatelier créa la *Revue de métallurgie* en 1903 mais ne parvint pas à créer un grand organisme malgré sa présidence de la SEIN (Société d'encouragement pour l'industrie nationale, fondée en 1801 avec l'aval de Napoléon Bonaparte, qui existe toujours mais n'est plus guère connue). Frédéric Joliot réessaiera plus tard. Il obtiendra la création de l'ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales) en 1946.

Il faut aussi mentionner l'effort de recherche américain avec Paul Dyer Merica (1889-1957) à l'US Bureau of Standards (alors situé au nord-ouest de Washington DC), de 1914 à 1919. Merica avait juste auparavant fait sa thèse à l'université de Berlin ! P. D. Merica fut, semble-t-il, plus perspicace que Gustav Tammann (1861-1938) qui pendant les années de guerre continua tranquillement à Göttingen son programme de recherche sur ses alliages métalliques mais ne semble pas s'être intéressé au problème du durcissement par maturation¹⁷... En France Léon Guillet, dont la thèse soutenue en 1902 portait sur l'étude des alliages d'aluminium, fut sollicité en 1914 par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (SEIN) pour étudier les duralumins, mais ses essais à peine entrepris il fut mobilisé aux Chantiers navals de Penhoët, près de Saint-Nazaire, pour tayloriser la trempe des obus.

Dans les années vingt, les duralumins étaient à nouveau devenus une « invention anglaise », ce qui suscita une nouvelle réaction indignée, mais également vaine, du directeur des usines de Düren, Rasmus Beck († 1930), dans le *Zeitschrift für Metallkunde*, en 1924. En voici quelques extraits très clairs :

« Pour nous en tant qu'Allemands, il est indubitable que le procédé d'amélioration par lequel le Duralumin fut produit est une découverte allemande et est par conséquent un don de la recherche scientifique allemande à l'industrie métallurgique de tous les pays civilisés. (...) »

Le procédé d'amélioration n'est aucunement le résultat du hasard mais le résultat d'années de travail de recherche dans un des instituts les mieux équipés du point de vue scientifique, le Centre de recherche scientifiques et techniques de Neubabelsberg, près de Berlin, au sein duquel le chercheur Alfred Wilm était directeur du département de métallurgie.

Cet Institut fut chargé en 1903 par la Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken A.-G., Berlin-Karlsruhe, un de ses organismes co-fondateurs, de chercher un alliage d'aluminium adapté pour la fabrication de douilles pour les armes à feu manuelles. (...) »

[16] La KWG fut fondée en 1911. C'est Adolf Harnack, professeur de théologie (théologie dite libérale) à Berlin, homme aux idées ouvertes et ayant le génie de l'organisation qui fut chargé de consulter les grands savants de son époque. Il sera président de la KWG jusqu'à sa mort en 1930. Grand historien critique mais non rationaliste, Adolph Harnack fut annobli von Harnack en 1914. Début août de cette même année il affirma avec quatre-vingt douze autres intellectuels son soutien à la politique de guerre de Guillaume II et de ses conseillers, ce qui lui vaudra le mépris du jeune Karl Barth (grand théologien protestant, 1886-1968).

[17] On dit aussi par vieillissement. J'ai tendance à préférer de plus en plus le terme maturation.

Il faut cependant reconnaître que si le Duralumin avait bien été au départ une découverte allemande, il n'était plus une propriété allemande et cela pas seulement à cause de la guerre ou de la vente des droits de licence. Les Anglais, pour ne citer qu'eux, avaient apporté des éléments de compréhension fondamentaux¹⁸. Ainsi, après n'avoir semble-t-il pas « vu » le magnésium dans leurs premières analyses (à la Vickers) des alliages de Düren, ce sont eux qui réalisèrent que la présence de silicium, en plus du magnésium, était indispensable pour un fort durcissement (au NPL dès 1921-1922¹⁹), ce que Karl-Leo Meißner (1894-1934), chercheur des Dürener Metallwerke, nia pendant longtemps, au moins jusqu'en 1929.

Alfred Wilm, quant à lui, s'était retiré avec sa femme et ses six enfants dans les montagnes douces de sa Silésie natale, après la Première Guerre mondiale, pour se consacrer à l'élevage de volailles sélectionnées. Et de même qu'il avait méthodiquement travaillé à l'amélioration des alliages d'aluminium, il œuvra efficacement à l'amélioration des races de poules pondeuses, dont la Leghorn blanche²⁰, jusqu'à se créer localement une respectable réputation dans ce domaine sans toutefois parvenir davantage à s'enrichir. Il mourut le 6 août 1937, à l'âge de 68 ans.

J'ai essayé de rétablir un certain nombre de faits complètement « oubliés » de nos jours concernant les origines du Duralumin, à savoir que cet alliage a été inventé autant que découvert par Alfred Wilm à Neubabelsberg, près de Berlin, plus par nécessité militaire que par hasard. Outre la vie de Wilm, j'ai également relaté les premières péripéties qui accompagnèrent le devenir de son alliage au début du siècle dernier. Au-delà d'un certain nombre d'aspects tragicomiques (l'inconséquence des autorités prussiennes, la vente aux Anglais, l'incident du *Mayfly*, puis la très tragique Grande Guerre), il y a aussi le début d'une aventure scientifique majeure, la compréhension progressive des mécanismes de durcissement des alliages par maturation. Cette épopée sera mondiale, anglaise, américaine, française mais aussi japonaise et allemande. Elle peut être considérée comme exemplaire du point de vue scientifique, historique et épistémologique. J'ai récemment rappelé le travail parallèle, mais totalement indépendant, du Britannique Preston et du Français Guinier²¹, et ce travail de rappel, de mise au point et d'analyses comparées est en cours de continuation.

Remerciements

Je remercie spécialement Monsieur Michel Multan, documentaliste à l'École polytechnique, pour tous les documents qu'il a réussi à localiser et à m'obtenir en prêt ou en photocopie.

[18] On peut établir un certain parallèle avec cet autre alliage célèbre de l'aluminium, l'alpax, d'abord breveté par le Hongrois Aladar Pacz en 1920 puis considérablement amélioré aux États-Unis par l'Aluminum Company of America (Alcoa). Mais dans ce cas, comme l'indique suffisamment le nom finalement donné à cet alliage, une conclusion sereine fut trouvée à la querelle de paternité qui s'en était suivie.

[19] Voir par exemple Marie L. V. Gayler, « Constitution and age-hardening of alloys of aluminium with copper, magnesium and silicon in the solid state », *Journal of the Institute of Metals*, 28 (1922) 213-244. Il ne faut pas oublier l'activité des laboratoires industriels même si ces derniers ne publiaient pas dans des journaux scientifiques. Ainsi, dans le sens de la corrélation Mg-Si, la Société L'Aluminium Français déposait une demande de brevet le 25 janvier 1921 (n° 540.383) et l'Aluminium Company of America prenait un brevet le 20 décembre de la même année (n° 544.698).

[20] Leghorn est sans doute une déformation phonétique américaine de Livorno, Livourne, la ville de Toscane d'où cette race de poule aurait été amenée aux États-Unis au XIX^e siècle.

[21] « Le Preston des zones de Guinier-Preston », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n° 29, hiver 2001/2002, pages 56 à 62.

Bibliographie

- « Duralumin, ein neues Metall », *Kriegstechnische Zeitschrift*, 1911, p. 283-284.
- A. Wilm, « Physikalisch-metallurgische Untersuchungen über magnesiumhaltige Aluminiumlegierungen », *Metallurgie*, 8, 1911, p. 225-227.
- « Duralumin », *Kriegstechnische Zeitschrift*, 16 Jahrgang, 1. Heft, 1913, p. 38-39.
- A. Wilm, « Die Verwendung des Aluminiums und seiner Legierungen für die Kriegstechnik, unter besonderer Berücksichtigung des Duralumins », *Kriegstechnische Zeitschrift*, 16 Jahrgang, 3. Heft, 1913, p. 97-106.
- R. Beck, « Duralumin. Seine Eigenschaften und Verwendungsgebiete », *Zeitschrift für Metallkunde*, 16, 1924, p. 122-127.
- Fr. Haßler, *Dürener Metallwerke*, Berlin, 1935, 80 pages.
- M. H. Haas, « Alfred Wilm, der Erfinder des Duralumins », *Aluminium*, 17, 1935, p. 502-509.
- M. H. Haas, « Wie das Duralumin erfunden wurde », *Aluminium*, 18, 1936, p. 366-367.
- M. H. Haas, « Unser Alfred Wilm », *Aluminium*, 22, 1940, p. 497-501.
- L. Guillet, *Trempe, recuit, revenu*, Dunod, Paris, 1928.
- L. Guillet, *Les métaux légers et leurs alliages*. Tome I : *Historique, métallurgie, propriétés, situations économiques*, Dunod, Paris, 1936.
- C. Panseri, *L'Alluminio e le sue leghe*, U. Hoepli, Milan, 1940/45.
- Est-ce un hasard si l'Italien Panseri des années 40-45 rend si correctement hommage à l'Allemand Wilm ? Le livre de Panseri est en tout point excellent et exhaustif sauf ... qu'il ignore complètement Preston et Guinier !
- L. Aitchison, *A History of Metals*, MacDonald & Evans, London, 1960.
- W.A. Mudge, « The Earliest Days of Precipitation Hardening », *Metal Progress*, April 1960, p. 79-82.
- H. Y. Hunsicker et H. C. Stumpf, « History of Precipitation Hardening », in *The Sorby Centennial Symposium on the History of Metallurgy*, Congrès tenu à Cleveland les 22 et 23 octobre 1963, minutes éditées par C. S. Smith, Gordon and Breach, New York, 1965.



Fig. 6 – Portrait d'Alfred Wilm.
(source : *Aluminium*, 17, 1935. D.R.)

Alfred WILM (1869-1937)

- Alfred Wilm est né le 25 juin 1869 à Nieder Schellendorf, près de Haynau, en basse Silésie. Son père était propriétaire d'un domaine seigneurial et sa mère était la fille d'un grand joaillier.
- Il s'inscrit en 1886 à la Königliche Gewerbeschule (École professionnelle royale) de Breslau (aujourd'hui Wrocław, ville polonaise).
- Il est auditeur en chimie à la Technische Hochschule de Charlottenburg (Berlin) où il profite notamment des enseignements théoriques et pratiques de Julius Weeren. Il fréquente également la Königliche Eisengießerei (Fonderie royale) où il acquiert sa première culture métallurgique.
- Il fait un stage de trois mois à la station minière de Kassel, où il se familiarise avec une méthode de séparation du baryum, du strontium et du calcium.
- Le 1^{er} novembre 1893 il devient l'assistant de Richard Lorenz à l'université de Göttingen où plane encore l'ombre de Friedrich Wilhelm Wöhler (1800-1882) qui y avait travaillé et enseigné pendant cinquante ans. Wilm reste trois ans à Göttingen.

- Il aide Carl Hohmann, un collègue, à monter un laboratoire de recherches métallurgiques à Düsseldorf.
- Il travaille à partir de mars 1897 aux Établissements Th. Goldschmidt à Essen. Il isole avec Hans Goldschmidt (1861-1923) un certain nombre de métaux (chrome, manganèse, cobalt, nickel, tantale) à partir de leur oxyde par aluminothermie (aussi appelé procédé de réduction de Goldschmidt).
- Au printemps 1901, il décline la direction de la branche étain à Essen et prend un poste à la Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen [Centre ou Agence centrale de recherches scientifiques et techniques] dirigée par le professeur Stribeck à Neubabelsberg.

Le chef ingénieur Alfred Wilm n'a évidemment pas travaillé seul. Son assistant de laboratoire pour la conduite des tests se nommait Fritz Jablonski. Dans son article de 1911, Wilm remercie également le chef de fonderie Heinrich Rochlitz.

L'ingénieur métallurgiste Max Hermann Haas suscita d'Alfred Wilm des précisions quant aux circonstances de sa découverte du Duralumin. J'en traduis ci-dessous un extrait mais je précise que ces souvenirs ont probablement été fournis en 1935/36, soit près de trente ans après les faits et juste un an avant la mort de Wilm. Les articles de Haas, pour sympathiques et utiles qu'ils soient, ne sont pas exempts d'un certain esprit hagiographique.

« J'avais donné le matériau juste préparé sous forme de tôle : un alliage d'aluminium-cuivre-manganèse additionné cette fois-là de 0,5 % de magnésium et obtenu comme d'habitude par trempe à partir de 520°C] à l'ingénieur Jablonski qui conduisait les tests de qualité et c'était un samedi de septembre 1906 vers 1 heure de l'après-midi. Mais Jablonski voulait quitter le labo vers 1 heure car il avait un rendez-vous. Je le persuadai cependant de faire rapidement un essai de compression et de refaire un test de contrôle le lundi. Le résultat du test de dureté de cet alliage à 1/2 % de magnésium fut appréciable mais pas spécialement élevé. L'essai de contrôle fut fait le lundi en ma présence et nous fûmes tous deux étonnés que le test de dureté [Brinell, par mesure du diamètre de l'empreinte laissée par une bille standardisée pressée sur la tôle] donna une valeur très élevée... Le matériau avait évolué entre le samedi et le lundi. »

Il est bien possible que Wilm ait romancé quelque peu sa découverte, avec le recul du temps... On notera le contraste avec le ton adopté en 1913, où l'aspect militaire de la recherche est davantage mis en avant²². La plupart des scientifiques préféreront garder la version romantique et oublier la version besogneuse et guerrière. C'est ainsi que l'on crée des légendes et que l'on idéalise la science. Le pendule de Galilée, la pomme de Newton, le cristal cassé de Haidy, autant d'autres simplifications légendaires du difficile développement des sciences.

[22] Nous avons vu qu'en 1913 Wilm attribuait en dernier recours l'existence du Duralumin à l'administration militaire prussienne. Il aurait également pu l'attribuer à l'administration prussienne en général, qui, dans sa grande sagesse, avait instauré le repos hebdomadaire obligatoire en 1891 (soit quinze ans avant la France)...



Fig. 7 – Alfred Wilm dans son habituel costume folklorique de Silésie. (*Aluminium*, 22, 1940. D.R.)



Fig. 8 – Le Breguet XIV A2 mis en chantier en juin 1916, premier avion au monde comportant une structure résistante en Duralumin.

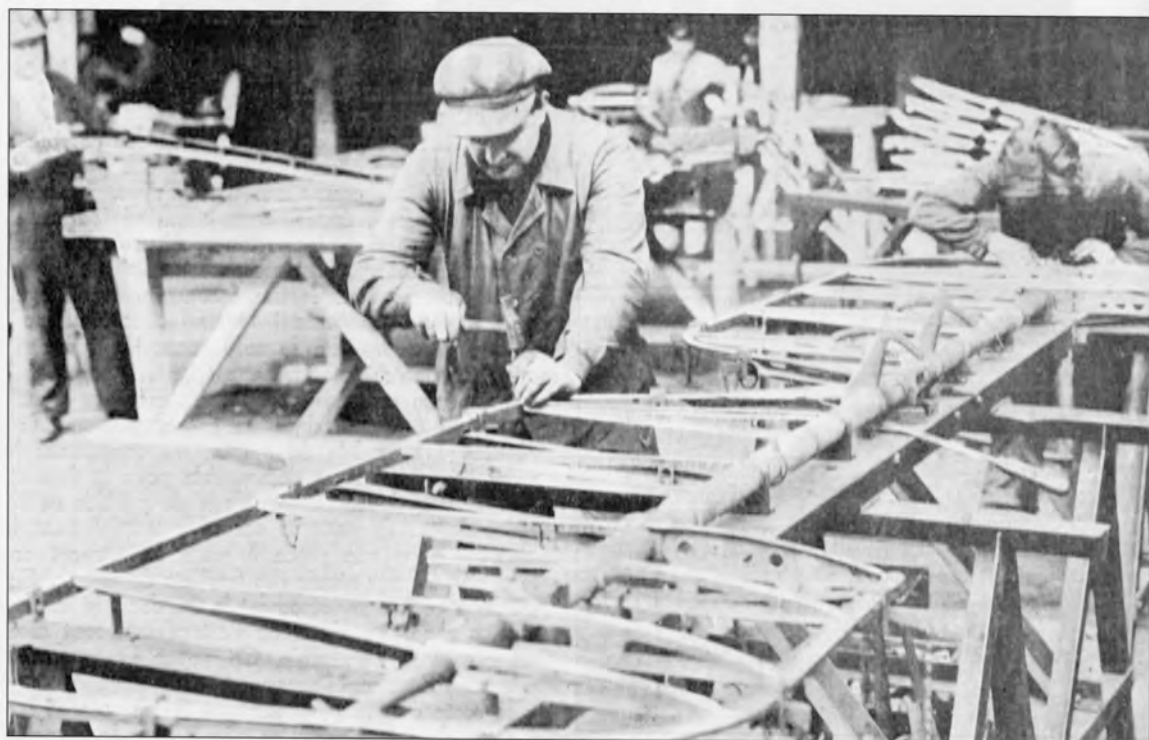


Fig. 9 – Construction métallique de l'avion Breguet XIX. Assemblage d'un équilibreur sur table de montage avec rivetage à la main. (R.A., n° 5, 1925)

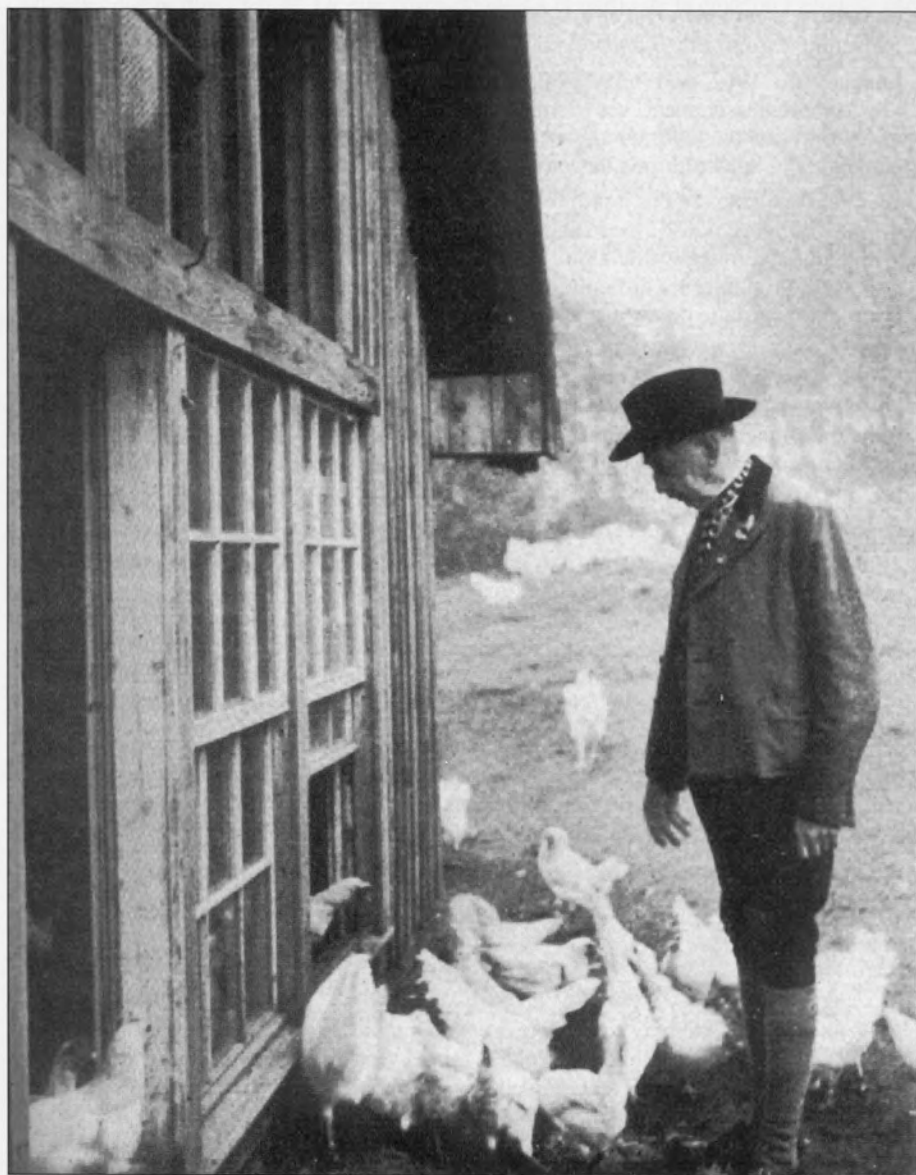


Fig. 1 – Alfred Wilm au milieu de ses poules Leghorn dans sa ferme à Bunzlau, en Silésie (*Aluminium*, 22, 1940. D.R.).

34

Printemps 2005



**CAHIERS
D'HISTOIRE
DE
L'ALUMINIUM**

PUBLIÉ PAR L'INSTITUT POUR L'HISTOIRE DE L'ALUMINIUM