

Premières hélices françaises forgées en duralumin. (Larousse des industries).

L'aluminium historique

par Gérard Hartmann

Les découvertes du XIXe siècle

A l'état naturel, l'aluminium pur n'existe pas. Très abondant dans la nature, ce métal se présente sous forme de silicates, argiles, kaolin, feldspaths, micas, de fluorures, cryolithe, d'oxydes, émeri, corindon, de sulfates, alunite, de chlorures et surtout d'hydroxydes. Après sa découverte en 1808 par le physicien anglais Humphry Davy (1778-1829), l'aluminium fut isolé pour la première fois par Friedrich Wöhler en 1827, par action du potassium sur le chlorure d'aluminium.

Le chimiste allemand obtint par ce procédé une poudre noirâtre ne présentant aucun intérêt industriel. Après des semaines de labeur, Wöhler obtint le premier kilogramme d'aluminium pur, une bizarrerie comme le œnard à trois pattes ou la femme à barbe. On put analyser les propriétés physiques et chimiques du nouveau corps. Chimiquement pur, ce métal, possède une densité inhabituelle : 2,7. Trois fois moindre que le fer ! Plus tard, on isole le silicium et la magnésium, encore plus légers, deux produits qui n'existent pas non plus à l'état pur dans la nature.



Friedrich Wöhler (1800-1882).

Métal	Température de fusion	Densité	Remarques
Zinc	419 °C	7,10	
Cuivre	1 084 °C	8,93	22 kg/mm ² (1)
Fer	1 500 °C	7,86	
Argent	960 °C	10,5	
Nickel	1 452 °C	8,90	
Plomb	327 °C	11,37	2 kg/mm ² (1)
Acier	0,1 à 1,5 % de carbone		
Chrome	1 515 °C	6,50	
Aluminium	658 °C	2,70	129 Kcal/g (2)
Magnésium	651 °C	1,72	44 Kcal/g (2)
Étain	232 °C	7,29	8 kg/mm ² (1)
Bronze	Alliage de cuivre et d'étain (0 à 35 %)		
Fontes	2,5 à 4,5 % de carbone		
Silicium	Vers 1800 °C	2,4	N'existe pas à l'état libre dans la nature
Manganèse		7,39	

Les métaux de base utilisés dans l'aéronautique.

- (1) charge de rupture
(2) dans une combustion

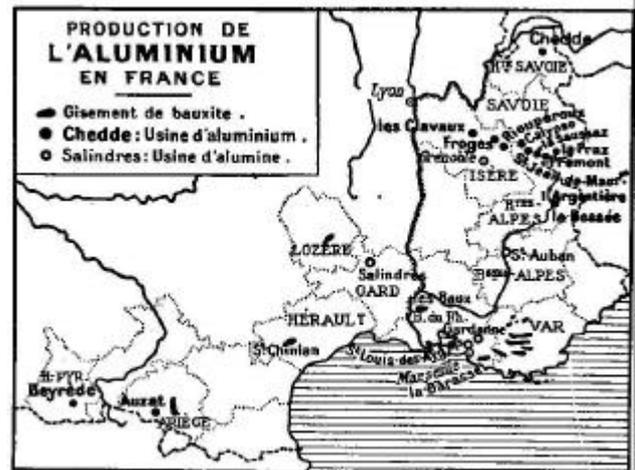
Disciple de Marcelin Berthelot, le chimiste français Henri Saint-Claire Deville, dans son laboratoire de l'École Normale Supérieure à Paris, prépara en 1854 de l'aluminium en quantité, susceptible d'être utilisable industriellement. Son procédé consistait à partir du chlorure double d'aluminium qu'il attaquait par du sodium. Jusqu'en 1886, cette méthode de laboratoire fut sa seule utilisée pour produire de l'aluminium.



Henri Sainte-Claire Deville (1818-1881).

Selon le procédé de Saint-Claire Deville, une exploitation industrielle commence en 1856 dans une usine située à Paris, quai de Javel, puis à Nanterre. On y produit chaque année quelques kilos d'aluminium, 500 kg en 1860, 742 kg en 1861. Quand en 1860 l'ingénieur Berthier ouvre l'usine de Salindres (Gard), berceau de la Compagnie d'Alès, Froges et Camargue, la production augmente sensiblement, pour atteindre 4 150 kg en 1888. Ces trois usines en France sont pendant trente ans les seules à produire, en très petites quantités, de l'aluminium. Le prix du nouveau métal ultra léger est si élevé qu'il n'est utilisé qu'en orfèvrerie : 200 francs le kg en 1860, 150 francs en 1870.

Un lingot du métal précieux est montré à l'Exposition universelle de Londres en 1853 et à celle de Paris en 1855.



Les sites de production de l'aluminium en France en 1927. (Source : la-rourse des métiers).

La bauxite d'où on tire l'aluminium doit son nom à la localité des Baux de Provence, près d'Arles où le minerai d'hydroxyde d'alumine fut découvert en 1821 par Berthier. Cet hydrate d'alumine impur ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$) contient de l'alumine, de la silice, de l'oxyde de fer et de l'acide titanique.

Le 23 avril 1886, le jeune chimiste français Paul Louis Toussaint Héroult (1863-1914) dépose un brevet permettant d'obtenir de l'aluminium par un nouveau procédé, l'électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolithe, en même temps que l'Américain Charles Martin Hall (1863-1914) utilisant le même procédé. En deux ans, dans toute l'Europe, aux États-Unis et au Canada des brevets sur les procédés d'obtention de l'aluminium sont déposés.

En 1887, Carl-Joseph Bayer fait breveter un procédé de transformation du minerai de bauxite en alumine. A partir de 1890, toute l'Europe produit le métal précieux, la France dans différentes usines dans l'Isère (Société Electrometallurgique Française), en Suisse aux usines de Martigny, Chippis et Neuhausen, aux Etats-Unis, dans les usines de Badin, Tennessee, Alcoa, Niagara-Falls et Massena, en Allemagne dans les usines de Lauta (Lautawerke) et Grevenbroich (Erftwerk), en Angleterre à Dollgarrog en Ecosse à Kinlochleven, en Italie dans les usines de Mori, Borgofranco et Porto-Marghera. A partir de 1890, la production mondiale fait un bond en avant spectaculaire et le prix au kilo s'effondre.

Production mondiale d'aluminium	En tonnes	Prix du kg
1880	12	150 F
1890	165	5 F
1900	7 800	4 F
1910	43 800	2,85 F
1920	158 000	2,6 F
1930	280 000	2 F anciens

Production mondiale d'aluminium. (Source : Larousse de l'industrie).

En 1930, moment où la construction d'avions passe au tout métal, les pays qui produisent l'aluminium sont, par ordre d'importance les Etats-Unis (90 000 tonnes), le Canada (35 000 tonnes), la France (32 000 tonnes), l'Allemagne (30 000 tonnes), la Norvège (25 000 tonnes) et la Suisse (20 000 tonnes). La France où cette industrie est née n'occupe plus que la troisième place.



Mines de bauxite de Bédarieux dans l'Hérault, 1926.

La production de l'aluminium en France s'est développée entre 1890 et 1930 dans les départements montagneux, pourvus de puissantes installations hydrauliques par suite de l'énergie nécessaire à sa fabrication. Dans les années vingt, la Savoie produit annuellement 12 000 tonnes d'aluminium, devant les Hautes-Alpes, 5 000 tonnes, la Haute-Savoie, 3 000 tonnes et les Hautes-Pyrénées, 2 200 tonnes. L'Ariège (Auzat) et l'Isère (Froges) berceaux de cette industrie viennent ensuite.

Commencée en Savoie en 1891, dans l'usine de Calypso, la fabrication du métal précieux s'est développée le long de la vallée de l'Arc, dans les usines de La Praz (Péchiney, 1892), Prémont, La Saussaz, Saint-Jean-de-Maurienne (Les Plans), puis à Chedde (Haute-Savoie). Ensuite sont ouvertes des usines dans le Dauphiné, à l'Argentière (Hautes-Alpes), Froges, Rioupéroux, les Clavaux (Isère), Beyrede (Hautes-Pyrénées) et Auzat (usine Péchiney, 1907) dans l'Ariège, puis Salin-de-Giraud dans les Bouches-du-Rhône (usine Péchiney).

Fabrication de l'aluminium

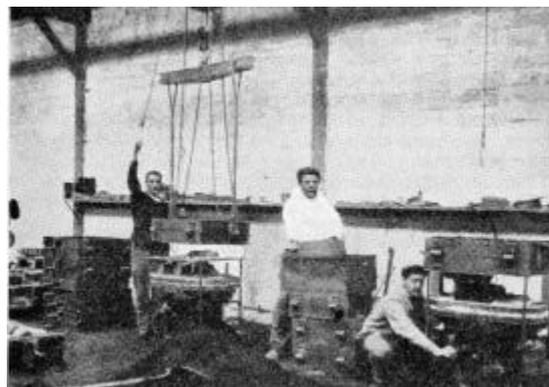
La seule méthode utilisée entre 1900 et 1930, c'est-à-dire lors de l'essor de la construction aéronautique, nécessite deux phases, qui sont réparties entre les usines : la transformation de la bauxite en alumine pure, d'une part, réalisée dans des usines situées près des mines d'extraction de la bauxite, ravitaillées par des wagons, et ensuite la phase d'électrolyse de cette alumine dissoute dans un bain de cryolithe fondue. Cette seconde opération s'effectue dans des usines placées près des sources d'énergie. Entre les deux types d'usines, le minerai doit être transporté par rail. Cette contrainte fait que les usines ne peuvent pas être implantées partout.



Coulée de l'aluminium fondu, 1924.

La méthode de Saint-Claire Deville est abandonnée peu à peu entre 1900 et 1930 au profit de la méthode Bayer, plus simple, moins dangereuse et surtout moins coûteuse. Dans les deux procédés, l'alumine est mise en solution aqueuse, sous forme d'aluminate de sodium, tandis que les principales impuretés demeurent insolubles et sont séparées par filtration : le fer est extrait sous forme d'oxyde, la silice sous forme de silicate double d'aluminium et de sodium. Cette dernière, si elle est trop présente dans le minerai, le déprécie fortement. Après son extraction, il faut donc « préparer » l'aluminium.

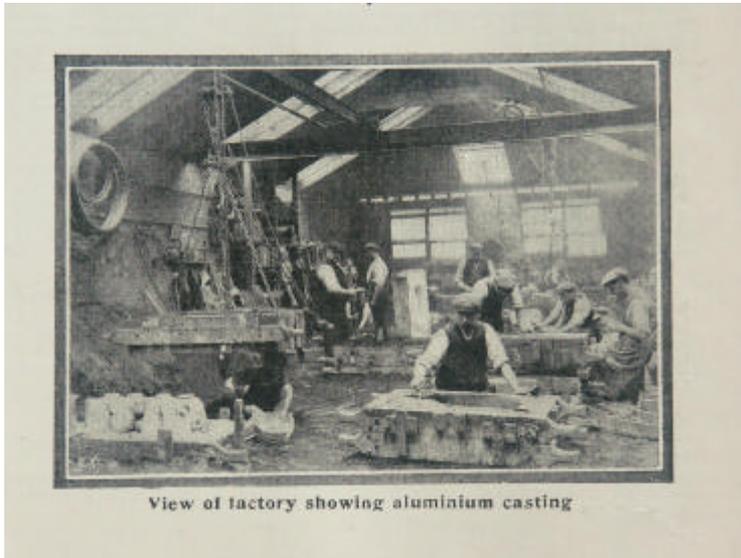
Le danger vient de la manipulation de produits dangereux, toxiques, très combustibles (le sodium et l'aluminium sont très combustibles), dans des fours électriques géants, portés à des températures élevées. Dans le procédé Deville, la bauxite est attaquée par le carbonate de sodium en four à réverbère, à la température du rouge (350°C), et le résultat de l'attaque est mis en solution dans l'eau, puis filtré. La solution d'aluminate de sodium est enfin décomposée par un bain d'acide carbonique provenant de la décomposition du carbonate de chaux ; l'alumine filtrée est calcinée.



Machine à mouler l'aluminium, vers 1925.

Dans le procédé Bayer, la bauxite est attaquée en four autoclave à 160°C par une solution de soude caustique ; le résultat est filtré et l'alumine est précipitée par addition du même corps provenant d'une opération précédente. Elle est séparée par filtration et calcinée à 1000°C dans un four tournant.

L'électrolyse n'est pas une opération moins dangereuse. L'alumine est mise en solution dans la cryolithe fondue (fluorure double d'aluminium et de sodium). La cryolithe ne doit théoriquement intervenir dans la réaction chimique que comme solvant ; l'électrolyse ne doit pas la dégrader si l'opération est bien menée. Dans le bac électrolytique, l'alumine est décomposée en aluminium, plus dense que le bain, et en oxygène, qui se combine malheureusement avec le carbone des anodes pour donner de l'oxyde de carbone qui brûle. Dans ce bain, il se passe en réalité diverses opérations chimiques, plus ou moins contrôlées et contrôlables, mais toutes dangereuses. Par exemple, il se dégage des gaz inflammables, autres que l'oxyde de carbone, comme le fluorure de silicium, malgré le fait que l'opération ait lieu dans une cuve non chauffée. Le courant électrique produit sur le bain une chaleur permanente de 850°C à 900°C, suffisante pour enflammer ces gaz.



View of factory showing aluminium casting

Usine de fonte de l'aluminium, 1913.

La cuve d'électrolyse est donc réalisée avec soin, à double paroi avec calorifuge, évitant les pertes de chaleur et les accidents. Ses parois sont garnies de briques de carbone ; le fond de la cuve constitue le pôle négatif (cathode) ; c'est là que se dépose l'aluminium. Peu profondes, ces cuves sont généralement de grandes dimensions, trois mètres sur deux pour 30 cm de hauteur de bain. Ouverte sur le dessus, la cuve reçoit les électrodes en carbone qui forment les anodes. L'alimentation électrique des cuves se singularise par un très fort ampérage, 10 000 ampères avant la première guerre mondiale, 20 000 ampères après. Les électrodes se corrodent rapidement et véhiculent des impuretés. On les réalise donc en carbone très pur avec si possible du coke de pétrole aggloméré au goudron, le tout cuit en fours fermés à 1200°C. Leur prix influe sur le prix de revient du métal.

En 1920, un kilogramme d'alumine fournit 500 grammes d'aluminium. Pour constituer un kilogramme d'aluminium, on use 900 grammes de cryolithe, 900 grammes d'anodes et 25 Kw/h d'électricité. La fabrication de l'aluminium est donc une opération technique lourde et coûteuse.

Commercialisation de l'aluminium

L'aluminium « historique » des premiers temps (1890-1930) est vendu en lingots d'un kilogramme divisés par des retraits qui en facilitent les ruptures. Ces lingots proviennent d'une coulée. Cette dernière s'effectue au début du siècle dans des fours dont la sole est inclinée, un trou existant au point le plus bas. Après la première guerre mondiale, on a simplifié l'opération en introduisant un « pot de fleurs » directement dans la cuve électrolytique où l'aluminium liquide pénètre par le bas ou bien on le puise à la cuillère pour le verser dans la poche, et de là dans les lingotières. L'aluminium coulé de cette manière renferme encore du fer et du silicium. Les industriels vendent de l'aluminium pur à 98,5 %, 99 % ou 99,5 % selon les usages.



Atelier de traitement thermique à l'usine de la Société du duralumin, 1930.

Une méthode d'électrolyse développée aux Etats-Unis en 1927 permet d'obtenir des lingots de métal pur à 99,99 %. Ce procédé consiste à placer l'anode au fond de la cuve. Faite d'un alliage aluminium-cuivre-silicium, celle-ci est dans un état de métal fondu. La couche d'aluminium fondu quasiment pur qui flotte à la surface constitue la cathode.



Le Morane-Saulnier MS-230, avion-école de l'Armée, une machine volante typique des années 1929-1930 à structure métallique entoilée, et homologuée dans la catégorie « avions de voltige ».

Etat du métal	Charge de rupture à la traction	Allongements de rupture à la traction
Coulé	5 à 9 kg/mm ²	0 à 5 %
Laminé et recuit	8 à 10 kg/mm ²	30 à 40 %
Laminé et écroui	20 à 25 kg/mm ²	2 à 5 %

Propriétés mécaniques de l'aluminium pur.

De par sa faible densité, l'aluminium est le métal par excellence utilisé dans la construction aéronautique. On l'utilise pour réaliser les carcasses rigides des dirigeables, dans l'aviation, mais aussi dans la construction automobile (moteurs, châssis, accessoires), presque toujours à l'état d'alliages. L'industrie alimentaire, brasseries, laiteries, ustensiles de cuisine, l'utilisent pur. Même chose quand on exploite l'aluminium en feuilles où il remplace le papier d'étain. C'est un métal qui entre aussi dans la composition d'autres métaux (alliages de fer et de cuivre). Dans ce cas, il est utilisé en grains.



Batterie de cuisine en aluminium pur, 1930.

Les alliages d'aluminium se divisent en plusieurs catégories, suivant leur densité :

1. Les alliages lourds, à faible teneur en aluminium (2 à 25 %), de densité supérieure à 5. Dans cette catégorie entrent le bronze d'aluminium, alliage de cuivre et d'aluminium utilisé par exemple dans les câbles électriques¹.
2. Les alliages de densité moyenne, comprise entre 3 et 5, comme l'aluminium-zinc riche en zinc (90%) qui donnent des bons résultats au moulage sous pression.
3. Les alliages légers, à haute teneur en aluminium (90 % et plus), de densité égale ou inférieure à 3, largement utilisés dans la construction aéronautique.



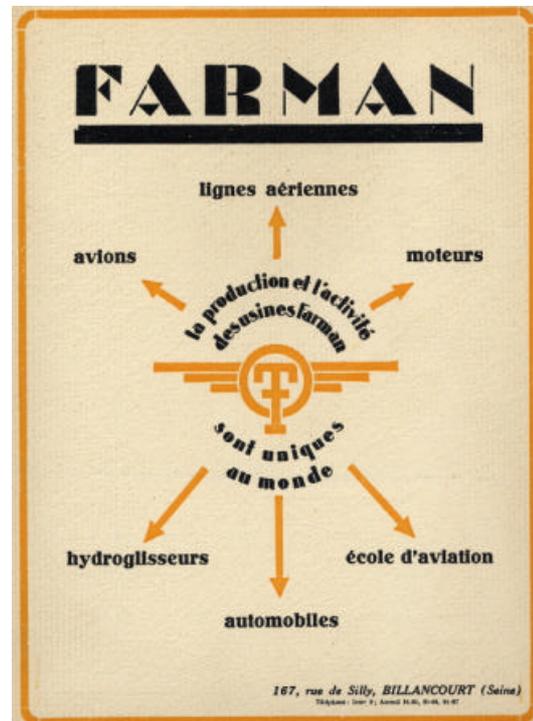
Les bronzes d'aluminium, en particulier celui découvert par Henri Sainte-Claire Deville à 90% de cuivre et 10% d'aluminium possèdent des caractéristiques physiques intéressantes : une belle couleur dorée, une grande résistance à la corrosion, une bonne tenue mécanique aux étirements. A l'état laminé et recuit, cet alliage possède une charge de rupture de 45 kg/mm², une limite élastique de 12 kg, un allongement avant rupture de 45%. Il se lamine à chaud et prend la trempe avec une augmentation très nette de la dureté. Son moulage est délicat, à cause d'une certaine retassure avec de nombreuses soufflures, inconvénient qui diminue avec la présence du manganèse. Ces métaux sont utilisés dans la construction électrique (tréfileries).

Les bronzes d'aluminium avec 7 ou 8% d'aluminium, avec ou sans manganèse, entrent dans la fabrication des pièces de monnaie. Cet alliage se lamine à froid et se laisse frapper.

Teneur en cuivre	Traitements	Propriétés
4,5 %	Trempe 515°C Revenu 300°C	Charge de rupture : 40 kg/mm ²
8 %	Trempe 500°C Revenu 275°C	Allongements : 18% (pièces moulées), dureté Brinell : 75
13 %	Trempe 500°C Revenu 250°C	Pièces moulées, dureté Brinell : 95

Propriétés mécaniques des alliages Aluminium-Cuivre.

Les bronzes cuivre-aluminium au nickel (80% de cuivre, 5% de nickel, 5% de fer et 10% d'aluminium) offrent des propriétés remarquables, une charge de rupture de 80 kg au mm² et des allongements de 15%. Ils sont largement utilisés dans les constructions navales.

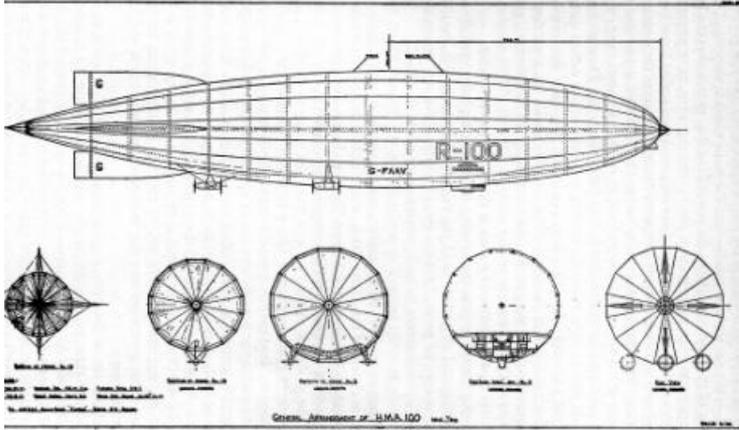


En 1930, les transports aériens en France sont presque totalement financés par les industriels.

1. L'aluminium pur a une conductivité électrique égale à 62% de celle du cuivre.

Les alliages légers

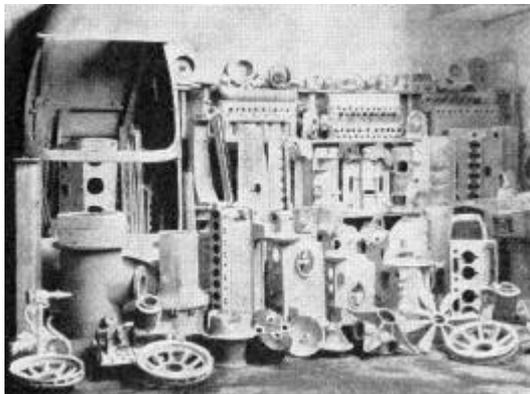
Dès leur création, les industriels produisant de l'aluminium, l'Aluminium Français (qui deviendra Pechiney) ou la Compagnie Française des Métaux (fondée en 1892) recherchent des débouchés, à travers des applications nouvelles. Le papier d'emballage alimentaire n'est qu'un exemple de conquête sur un autre marché².



Le plus grand projet européen de 1929-1930 sont les dirigeables britanniques R-100 et R-101. La structure en aluminium du R-100, dessinée par le brillant ingénieur Barnes N. Wallis (1887-1979) chez Vickers, ne comportait aucun mât intérieur.

En 1930, l'industrie ne produit pas seulement du minerai, sous la forme de lingots, elle commercialise des produits finis dont le rapport (marges commerciales) est meilleur : Tôles laminées de différentes épaisseurs, profils, cornières, feuilles, etc. et surtout de différentes qualités de matière et de surface, à travers les alliages. Les alliages légers d'aluminium constituent une classe spéciale de métaux très utilisés dans la construction aéronautique.

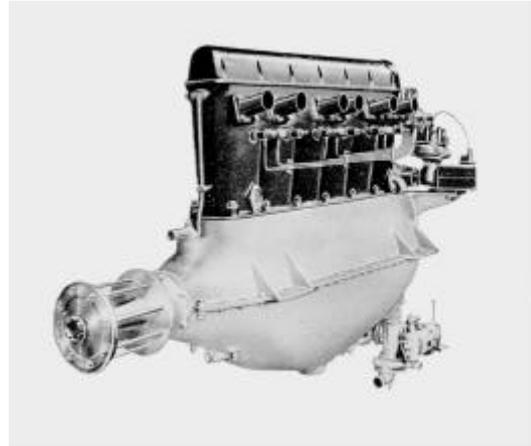
Les alliages permettent d'étendre le spectre d'utilisation des qualités mécaniques de l'aluminium. On trouve dans cette catégorie des alliages aluminium-silicium, comme l'Alpax, des alliages aluminium-silicium-magnésium, comme l'Almasium, l'Almélec et l'Aldrey, des alliages aluminium-cuivre, des alliages aluminium-cuivre-magnésium, comme le Duralumin, des alliages aluminium-zinc et cuivre, et on trouve aussi le fameux alliage aluminium-magnésium de la Rolls-Royce, par exemple.



Pièces en Alpax, usine de Montupet, 1929.

2. L'aluminium est utilisé dans l'aviation, l'espace et les produits d'emballage, en raison de son innocuité, son imperméabilité et son opacité aux rayons ultraviolets.

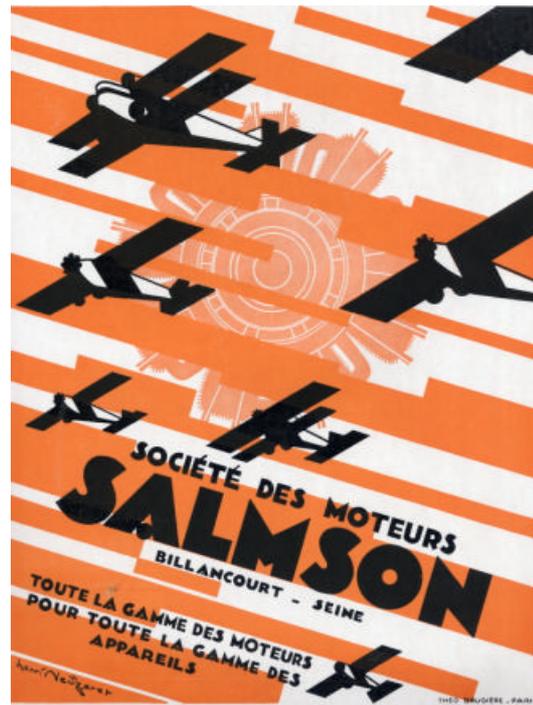
L'Alpax. – Très chargé en silicium (12 %), l'Alpax est un alliage aluminium-silicium coulé en coquille, sous faible épaisseur, ou injecté sous vide, car il est nécessaire que cet alliage soit brusquement refroidi, de manière à « figer » sa structure. On peut utiliser des sels alcalins ou du sodium, ces additions ayant pour effet de détruire l'alumine et la silice et faciliter le phénomène de coalescence, c'est-à-dire le rassemblement des constituants dans le métal. L'Alpax moulé possède une charge de rupture de 20 kg/mm² huit fois supérieure à celle de l'aluminium pur et un allongement limité de 6 %.



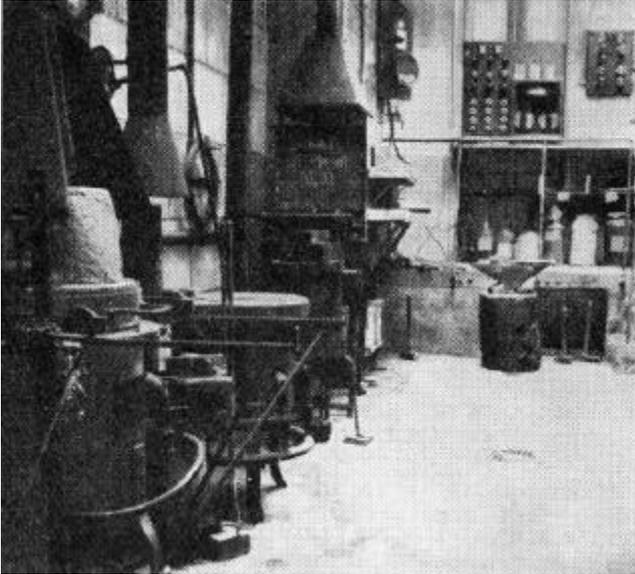
Moteur Hispano-Suiza 6 Pa de 100 ch, 1929.

En 1930, l'automobile, l'aviation, les chemins de fer utilisent l'Alpax sur une grande échelle. Il se coule facilement avec peu de retrait. Il est possible de réaliser d'une seule pièce par moulage des châssis d'automobile. En aéronautique, on l'utilise pour réaliser des carters, des portières, des panneaux, des roues, des récipients.

Des alliages aluminium-silicium à 20 % de silicium sont utilisés couramment en 1930 pour les pistons utilisés sur des parois nitrurées (Hispano-Suiza) car les grains de silicium, très durs, offrent une bonne résistance au frottement. Ces alliages peuvent être réalisés directement, sans traitement thermique. La surface obtenue est lisse et d'un beau brillant.



L'Almasium. – Mis au point dans les années 1920, cet alliage léger (densité 2,70) comprend 1 % de silicium et 1,25 % de magnésium et ses qualités mécaniques sont élevées, avec une charge de rupture qui atteint 32 kg/mm² et un allongement de 10 à 20%. Ce produit s'emploie traité. L'Almasium est trempé à 550°C et vieilli à la température ordinaire. S'emboutissant très facilement, on l'utilise pour réaliser différentes pièces ne supportant que peu d'efforts, ferrures, cornières, etc.



Laboratoire des métaux au Conservatoire national des arts et métiers, Paris 1930.

L'Almélec. – Cet alliage léger (densité 2,70) à 0,5 % de silicium et 0,75 % de magnésium possède des qualités mécaniques certaines. On le trempé à 500°C, il est revenu à 175°C, tréfilé, revenu à 165°C. Sa charge de rupture élevée (35 kg/mm²) par rapport à celle de l'aluminium et sa résistivité importante (92 % de celle de l'aluminium) font qu'il est utilisé comme conducteur électrique dans l'aviation.



L'Aldrey. – Alliage léger à 0,4 % de magnésium et 0,6 % de silicium, ce produit possède une charge de rupture excellente de 33 à 36 kg/mm² et un allongement de 6,5 %. L'Aldrey s'utilise trempé à 570°C, écroui et revenu vers 160°C.

Le Duralumin. – Cet alliage léger d'aluminium-silicium aux propriétés extraordinaires, découvertes par hasard par l'Allemand Willm en 1908, comprend 4% de cuivre, 0,5 % de magnésium et 0,5 % de manganèse. Parfois le Duralumin contient aussi du zinc, sans intérêt, ou du nickel, qui agit comme un durcissant. L'extraordinaire de ses propriétés tient au fait que l'alliage, après usinage et trempe, laissé au repos (opération qu'on appelle le vieillissement), voit ses propriétés mécaniques complètement transformées, avec une charge de rupture qui a doublé alors que les allongements ont très peu diminué. Il a été prouvé en laboratoire que le vieillissement (environ 48 heures) correspond à un réarrangement des molécules. La durée nécessaire au durcissement est divisée par deux si on élève un peu la température (disons 100°C).

La trempe du duralumin se fait entre 480°C et 510°C. Laminé, il présente les qualités suivantes (tableau).

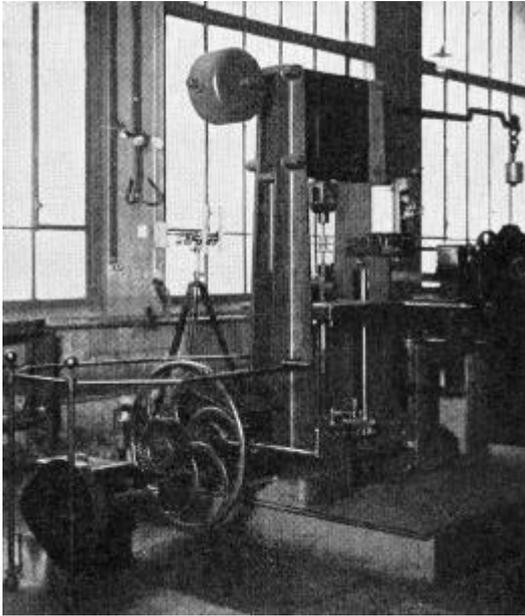
Duralumin	Charge de rupture kg/mm ²	Limite élastique kg/mm ²	Allongement en %
Avant traitement	20	7	20
Après trempe	30	15	22
Après vieillissement	40	23	20

Du fait de ses propriétés mécaniques et de sa faible densité, le duralumin joue un grand rôle dans l'industrie aéronautique. Il entre dans la fabrication de toutes les pièces de structure de la carlingue et de l'aile, couples, cadres, lisses, rivets, longerons³, nervures, revêtement, mais aussi de quantité de pièces, haubans et mâts (recouvrement aérodynamique), réservoirs, etc.

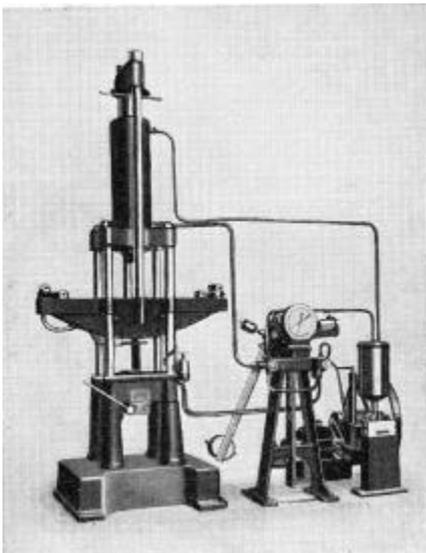


3. Le premier avion français de série à structure métallique fut le Breguet 14 en 1918.

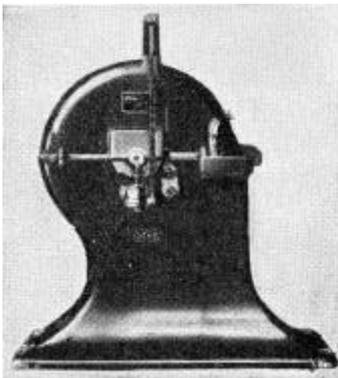
L'Alliage Y.- Découvert par Rosenhain, cet alliage léger aluminium-cuivre-silicium-magnésium, avec 4% de cuivre, 2% de nickel, 1,5 % de magnésium, après traitement, donne une charge de rupture de 43 à 45 kg/mm² qui s'approche des qualités du fer.



Machine Trayvou destinée aux essais de traction sur les métaux, 1930.



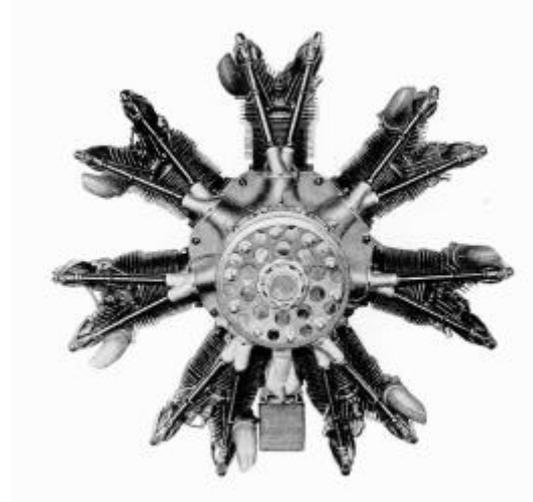
Machine Amsler, pour essais de traction sur les métaux, 1930.



Mouton Guillery destinée à évaluer la résistance des métaux, 1930.

Bizarreries des alliages

Tous les alliages d'aluminium, y compris le duralumin, ont tendance à s'oxyder avec le temps et à perdre leurs qualités mécaniques sous conditions d'emploi rudes, hautes températures (plus de 50°C) alternant avec les très basses températures (moins de 50°C) qu'on trouve en altitude. Dans l'aéronautique, c'est gênant. La solution adoptée dans tous les pays du monde est de traiter en surface le métal : nickelage, cadmiage, par-kélisation.



Moteur Gnome & Rhône Titan Major 340 ch, 1930.

Une expérience inégalable :
35.000 moteurs, représentant une puissance totale de 2.900.000 CV construits depuis 23 ans.

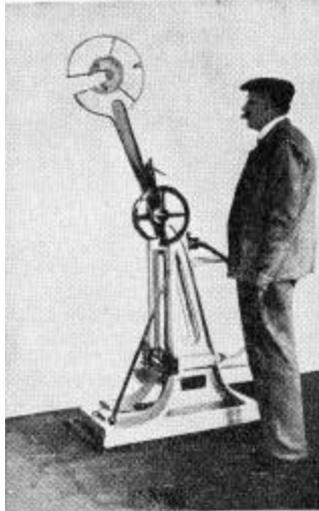
Des succès éclatants :
Concours International de Grande Endurance - Records Mondiaux de Distance - Paris-Madagascar - Coupe Bréguet - Coupe Michelin, etc...

Des moteurs économiques, robustes :
qui équipent les avions du service Londres-Paris-Marseille de l'Air Union et qui - depuis 10 ans - assurent avec une régularité parfaite tous les services successivement créés par la Cie Générale Aéropostale : France-Maroc, France-Sénégal, France-Amérique du Sud : la plus longue ligne aérienne du monde, desservie avec une régularité de 100 %.

RENAULT
USINES RENAULT BILLÈROU (Gironde)

La France compte en 1930 plusieurs laboratoires d'études, capables de déterminer rapidement les qualités des alliages et d'en déduire une utilisation. Citons les laboratoires présents au sein des usines de production de l'aluminium, chargés de vérifier la conformité des produits à l'attente du marché, les laboratoires des motoristes (Gnome & Rhône, Renault, Lorraine-Dietrich, Hispano-Suiza, Salmson, etc), chargés de vérifier la teneur des matières premières achetées et celle des produits recyclés, les laboratoires d'Etat, appartenant aux Servi-

ces techniques de l'aéronautique (STAé), à Chalais-Meudon, et Boulevard Victor dans l'enceinte du ministère de l'Air, chargés de faire évoluer la technologie, ceux des grandes universités (Sorbonne, Institut de France, Conservatoire national des Arts-et-Métiers) sans oublier le laboratoire « historique » de l'Automobile-Club de France (1896).

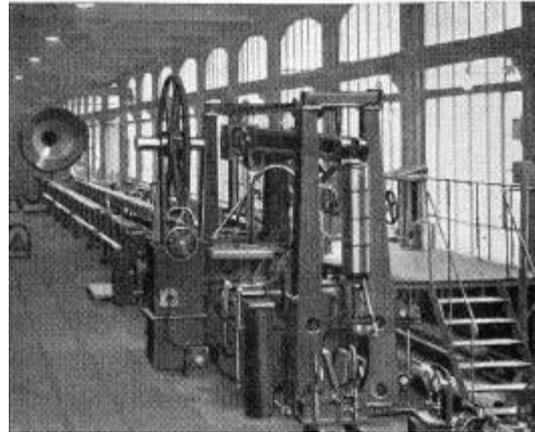


Mouton de choc Charpy, 1930. (Larousse de l'industrie).

Ces laboratoires possèdent des équipements et des personnels techniques capables d'effectuer toutes les opérations élémentaires d'analyse et de contrôle : analyse thermique (vitesse de cémentation), dilatométrie, conductibilité électrique et thermique, magnétisme, examen des surfaces aux rayons X, métallographie, micrographie, macrographie, tests de traction, de dureté, aux chocs, de compression, de flexion, mais aussi résistance aux agressions chimiques, corrosion par l'eau, par l'huile, par l'essence, par l'électricité, par la chaleur. L'examen au rayon X des soudures, par exemple, a donné d'excellents résultats en matière de fiabilité.

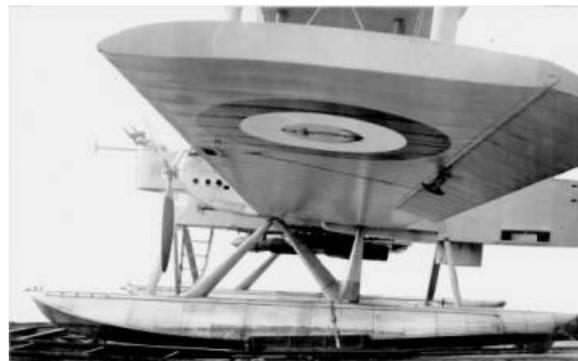


Rempli de promesses technologiques les plus inattendues, le monde des alliages est encore à découvrir en 1930 ; on connaît des alliages roses formés de métaux blancs, des alliages magnétiques provenant de métaux non magnétiques, des alliages résistant à plus de 1200°C bien que les métaux initiaux fondent à 650°C et 850°C (alliage aluminium-cérium), d'autres au contraire fondent à 125°C constitués de métaux fondant à 275°C et 325°C (alliage aluminium-bismuth-plomb). Les alliages de frottement à base d'aluminium renferment Al_2Cu ; pour augmenter encore la résistance à l'usure des pistons en aluminium, on ajoute dans l'alliage de ces segments du nickel, formant la combinaison Al_3Ni_2Cu .



Machine universelle de traction sur les métaux Buckton de 300 tonnes, laboratoire du CNAM, 1930.

Même chose avec les aciers. Des alliages au nickel n'éprouvent aucune dilatation entre 0°C et 350°C tel l'Invar découvert par le physicien suisse Charles Edouard Guillaume (1861-1938). D'autres (aciers au chrome, aciers à haute teneur en nickel et chrome) présentent une résistance étonnante aux corrosions chimiques, très agressives, que les métaux constituant ne supportent pas isolément. Par exemple, les fûts de cylindres et les chambres de combustion des moteurs Diesel supportent à la sortie des échappements une température de 1700°C dans un environnement agressif d'huile et d'essence. Les bizarreries des alliages sont innombrables et proviennent de leur constitution physique.



Lioré et Olivier H-25, 1933.

Dès 1930, les avions en Europe utilisent systématiquement des structures métalliques à base de duralumin. Entre 1930 et 1935, on commence à développer des matériaux sandwich ; le premier du genre est un traitement d'aluminium pur sur une pièce en duralumin. Appelé Védal, ce matériau nouveau s'étend des mâts et haubans aux jambes de train, aux flotteurs des hydravions, puis au revêtement. L'hydravion Lioré et Olivier H-25 en 1933 fut l'un des premiers utilisant des flotteurs en védal.