Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes

Band: 18 (1892)

Heft: 1 & 2

Artikel: Les installations de la Société par actions de l'aluminium et ses produits, à Neuhausen (chute du Rhin, près Schaffhouse)

Autor: Meyer, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-16927

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

tée, ce qui nécessitait quelques modifications, d'une charpente existant à la chapelle anglaise de Territtet, type reproduit dans la jolie église de Chexbres, par M. Convers architecte ; les largeurs de ces deux nefs sont de 9 m. pour la première et 11 m. pour la seconde ; il a été dit plus haut que les Terreaux ont 14m50 de vide. Les figures 8 et 9 de la planche 4 ci-annexée donnent des coupes schématiques comparatives de la charpente de Chexbres et de celle des Terreaux ; il est à remarquer qu'outre sa portée moindre la première de ces églises a sur la seconde, l'avantage d'un comble sensiblement plus incliné. L'équarrissage des bois est cependant à peu de chose près le même dans les deux types et n'a pas dû être renforcé aux Terreaux en raison directe de la plus grande portée ; mais les conditions de stabilité ont été augmentées par l'adjonction de deux pièces qui semblent essentielles : le blochet *a b* (fig. 8) et l'entrait retroussé *c d*.

L'examen de la planche de détails accompagnant ces lignes fera saisir la construction et le mécanisme de cette ferme, mieux que de longues explications ; quelques mots suffiront.

La figure 1 donne une coupe transversale d'une demie-ferme ; de *i* en *j* le faux chevron a été enlevé afin de mieux laisser voir la construction ; un double lambrissage, garni d'un tapis isolateur, prévient le refroidissement du local.

La fonction de l'entrait a été remplacée ici par un cintre, construit en madriers, inscrit entre les arbalétriers et l'entrait retroussé ; ce cintre repose en porte-à-faux sur les consoles *e* (fig. 8) placées en contre-bas du pied des arbalétriers ; le glissement de ces derniers sur le cintre est arrêté par des clefs entaillées à mi-bois sur chacune de ces pièces, dont l'adhérence est encore maintenue par des étriers en fer fortement serrés (voir fig. 4) ; il en est de même au point de tangence du cintre avec l'entrait retroussé (voir fig. 5).

Il s'ensuit que toute tentative que ferait l'arbalétrier pour pousser au vide, serait immédiatement réprimée par l'action du cintre sur l'autre extrémité du blochet *a b* basculant autour du point *g*, et celle du chapeau de la console *e* qui tendrait à renverser le mur à l'intérieur. Les arbalétriers ne pourraient donc s'écarter sans déformer la partie *e h* du cintre, ce qui n'est guère admissible, ou sans briser les tenons de l'entrait retroussé, dont l'assemblage est renforcé au moyen d'équerres en fer.

L'écartement des pieds de la ferme est donc prévenu ici non par l'effet d'une résistance passive, comme serait celle d'un tirant, ou de murs d'une épaisseur excessive, mais par l'opposition de forces agissant en sens contraire, dont la résultante se rapproche beaucoup de la verticale et ne sort pas du plan du contrefort. C'est à ce titre que cette ferme peut offrir quelque intérêt, puisqu'elle est basée sur l'équilibre, principe généralement peu usité dans les charpentes de combles, mais qui dans une domain voisin, celui des maçonneries de voûtes, fut au XIIme siècle le point de départ des admirables chefs-d'œuvre des architectes gothiques.

* * *

Cette charpente a été exécutée par M. Bugnion, charpentier en notre ville, à la complète satisfaction des architectes. Le levage des fermes s'est fait le plus facilement du monde : les consoles et blochets une fois fixés dans la maçonnerie, les arbalétriers, le poinçon et l'entrait retroussé étaient assemblés sur un plancher provisoire dressé à la hauteur des consoles, puis au moyen d'un treuil la ferme était ramenée dans le plan vertical ; la même opération recommençait pour le cintre qui venait s'inscrire très exactement entre les trois côtés du polygone ; la manœuvre était conduite par trois hommes, un au treuil, un à chaque pied de la ferme et ne durait pas plus de 15 minutes.

En terminant cette petite étude nous adressons nos vifs remerciments à M. Alph. Vautier ingénieur ; avec la compétence qu'il apporte dans ces questions, il a bien voulu se charger de vérifier les conditions de stabilité de cette ferme et c'est bien grâce à son avis et à l'appui que nous apportait l'autorité de ses calculs, qu'il nous a été possible de surmonter les objections qui étaient faites d'autre part à ce type, et d'en poursuivre l'exécution.

LES INSTALLATIONS

DE LA SOCIÉTÉ PAR ACTIONS DE L'ALUMINIUM ET SES PRODUITS, A NEUHAUSEN (CHUTE DU RHIN, PRÈS SCHAFFHOUSE).

Par J. Meyer, ingénieur.

Dans son rapport sur l'exposition universelle de Londres, en 1862, l'illustre chimiste et académicien Saint-Claire-Deville, s'exprimait comme suit au sujet de l'aluminium :

« L'aluminium est un métal intermédiaire entre les métaux nobles et les métaux communs. Ce chaînon intermédiaire faisait défaut jusqu'ici, et était plus ou moins bien remplacé par des alliages imparfaits, qui n'étaient pas indemnes de l'influence de l'air, ni inoffensifs comme l'or et le platine. L'aluminium ne possède pas au même degré que l'or et le platine la résistance contre les agents chimiques, mais il résiste à l'eau, à l'air, à l'acide sulfurique et nitrique, à l'hydrogène sulfuré, ce qui n'est le cas ni pour le fer, ni pour le cuivre, ni même pour l'argent. Il est donc assigné à l'aluminium une place dans l'industrie, qui est due à ses qualités de son, à sa propriété de se forger, à sa malléabilité et à son faible poids spécifique. Je serais complètement satisfait si l'industrie l'acceptait ainsi comme métal intermédiaire. S'il arrivait cependant un jour que l'on trouvât des moyens de l'extraire à bas prix de son minerai, l'argile, qui est ce qu'il y a de plus universellement répandu dans la croûte terrestre, ce serait aussi le plus commun de tous les métaux. Alors mes espérances seraient dépassées, et je me sentirais heureux de pouvoir en rapporter le principal mérite à celui qui a produit la première petite boule d'aluminium, l'illustre chimiste de Göttingue, Wöhler. »

Le rêve de Saint-Claire-Deville s'est réalisé. Ce n'est plus par grammes mais par tonnes que les usines métallurgiques produisent ce métal que l'on considérait autrefois comme une curiosité et que l'on appelait l'« argent de l'argile » et le lancent sur le marché industriel.

Jetons un coup d'œil en arrière sur l'histoire de ce métal :

Vers 1807 et 1808 on essaya d'employer l'électricité pour la séparation des éléments constitutifs de l'argile, mais on ne réunit pas complètement.

Ce n'est qu'en 1827 que l'aluminium fit modestement son apparition dans le laboratoire du chimiste allemand Wöhler, non par l'électrolyse mais par voie chimique au moyen de la réaction de la potasse sur le chlorure d'aluminium. Il apparut

d'abord sous la forme d'une poudre grise à laquelle l'inventeur put, par le frottement, donner l'apparence métallique. Ce n'est qu'en 1845 qu'il parvint à lui donner la forme d'une boule.

Trente ans après sa découverte l'aluminium n'avait encore fait aucun progrès, lorsque Saint-Claire-Deville eut le mérite d'attirer sur lui l'attention du monde savant.

Le kilogramme de sodium coûtait alors 2000 francs et l'on peut se faire une idée du prix de revient d'un kilogramme d'aluminium si l'on réfléchit que pour le produire il fallait 3 kilogrammes de sodium. Le jouet le plus cher qui ait jamais été donné à un enfant fut certainement le hochet en aluminium dont Saint-Claire-Deville fit présent au prince impérial.

Saint-Claire-Deville parvint cependant à abaisser le prix de l'aluminium à 300 fr. le kg. Mais le prix de l'aluminium serait resté trop élevé et celui-ci inutilisable si les progrès immenses réalisés dans l'électrotechnique n'avaient permis de le produire d'une toute autre manière, c'est-à-dire par l'électrolyse qui remporta la victoire sur les méthodes purement chimiques.

Mais l'on sait que ce procédé exige une quantité de force très considérable, aussi comprend-on l'idée de rechercher cette force dans la magnifique chute du Rhin. C'est cette idée qu'eurent M. Naville, chef de la maison Escher Wyss, et son beau-frère M. Georges Neker le cadet de cette famille d'industriels propriétaire des forges de Neuhausen à la chute du Rhin, malheureusement trop tôt enlevé par la mort. On se proposait alors d'aménager là une force de 15,000 chevaux pour traiter la criolithe par l'électricité d'après le procédé Kleiner-Fierti. Ce projet souleva les plus vives craintes que l'on ne déparât le bel effet de la chute du Rhin.

L'affaire parut chômer, mais M. Naville ne perdit pas de vue l'aluminium et se mit en rapport avec un jeune métallurgiste français, M. Héroult, pour essayer son procédé de production en grand, d'alliages d'aluminium. Ces essais réussirent très bien et déjà en 1888 la nouvelle « Société métallurgique suisse » avait une installation de 300 chevaux en exploitation.

En même temps que l'on faisait à Neuhausen les essais du procédé Héroult, la « Société générale d'électricité », à Berlin faisait faire des essais par le Dr Kiliani pour extraire l'aluminium pur directement de l'argile et au moyen du courant électrique. Les fondateurs de ces deux entreprises eurent alors l'idée qu'il était plus avantageux d'unir leurs efforts. C'est ce qui eut lieu et alors se fonda à Zurich, le 12 novembre 1888, au capital de 10 millions la « Société par actions pour l'industrie de l'aluminium ». Cette société créa dans l'espace d'une année une installation comme il n'en existe pas de pareille et que nous allons décrire.

Installation.

On sait que les installations d'électrolyse, bien que consommant d'immenses quantités de force prennent peu de place. Tel est le caractère de l'usine de Neuhausen à la chute du Rhin ; installations non seulement remarquables par la quantité de force et l'imposante chute que par la limpidité et la pureté des eaux du Rhin clarifiées et régularisées par le lac de Constance.

En février 1889, l'Etat de Schaffhouse accorda une concession pour dériver 20 m³ d'eau par seconde au-dessus de la chute du Rhin qui a une hauteur de 20 mètres ce qui fait 4000 chevaux.

L'eau est amenée aux turbines dans une tubulure en tôle de 2m50 de diamètre avec une vitesse d'écoulement de 2 m., on évalue la perte de charge pour 10 m³ utilisés maintenant à environ 0m18 L'épaisseur de la tôle de ces tuyaux est de 8 mm. ils sont renforcés par des nervures extérieures cornières de fer. L'eau arrive au tuyau par un ratelier. La fermeture de la conduite se fait par une puissante soupape en fonte de 3 m. de diamètre placée à la partie supérieure de la conduite.

La conduite de distribution est perpendiculaire à la conduite principale. De là partent les conduites desservant chacune des turbines. Celles des deux turbines de 600 HP ont 1m40 de diamètre et celle de la turbine de 300 HP a 1m10.

Ces turbines sont des turbines Jonval à axe vertical. Les premières, qui doivent donner 600 chevaux effectifs, sont construites pour un débit maximum de 3150 litres. Celle de 300 HP actionne un dynamo Erreger. La chute moyenne est de 20 mètres. Le nombre de tours fut admis à 225 par minute, il en résulte un diamètre de turbine de 1. 100. Les turbines ont 18 ouvertures de 250 mm. à une distance moyenne de 192 mm. Les manteaux des turbines sont en fonte. L'eau est admise latéralement par un tuyau coudé toujours immergé.

Les arbres verticaux des turbines sont directement couplés avec les dynamos placés au-dessus.

Ce qu'il y a de particulièrement remarquable c'est l'aménagement du déchargement de la pression du pivot de la turbine ; déchargement d'autant plus nécessaire que la pression sur ce pivot ou tourillon est énorme et le nombre de tours très grand.

Au-dessus de la partie supérieure de la chambre de pression on a placé un cylindre en fonte. Dans ce cylindre tourne un piston fixé à l'arbre de la turbine. Au-dessus de ce piston le cylindre est mis en communication avec la chambre d'aspiration. La partie inférieure de ce piston est donc actionnée par toute la hauteur de pression et la partie supérieure par toute la hauteur d'aspiration. La décharge totale obtenue correspond au produit de la surface du piston pour la chute nette totale.

Une soupape placée dans l'espace cylindrique formant la communication du dessus du piston avec la conduite d'aspiration, permet en l'ouvrant et la fermant plusieurs fois d'augmenter ou de diminuer la pression sur le piston et de faire varier la décharge.

La turbine de 300 chevaux est analogue à celle de 600 HP, elle fait 350 tours. La couronne a un diamètre de 700 millimètres et a 12 ouvertures.

Ces turbines ont été construites par la maison Escher, Wyss et Cie et les travaux d'aménagement extérieurs par MM. Locher et Cie, les constructeurs du chemin de fer du Pilate.

Le réglage des turbines se fait par des soupapes spéciales intercalées entre la chambre des turbines et la conduite en pression et qui sont mises en action par des régulateurs différentiels, système Escher, Wyss et Cie. Cette disposition a été complétée par l'emploi d'un servo-moteur hydraulique qui entre en fonctions dès que le nombre des tours atteint une certaine limite.

Les machines dynamos ont été fournies par les ateliers d'Œrlikon près de Zurich. Il existait un préjugé que les puissantes dynamos employées pour les fours à fusion par l'électro-

lyse étaient exposées à une rapide destruction. Cela pouvait se justifier par de fâcheuses expériences faites en Amérique. Mais depuis plus d'un an que l'exploitation est en fonction à Neuhausen, rien n'est venu confirmer cette appréhension et cependant là des machines construites pour 6000 ampères ont été soumises à une charge prolongée de 15 000 ampères sans qu'elles en aient souffert.

L'installation de Neuhausen comprend pour le moment 3 machines.

Deux grandes machines de 600 chevaux servent à la production de l'aluminium, une plus petite de 300 chevaux actionne le champ magnétique des premières et de celles que l'on pourra encore installer plus tard et sert aussi à l'éclairage et à la mise en mouvement de moteurs divers.

Le champ magnétique des grandes machines a 24 pôles actionnés directement. La pièce principale a été fondue d'une pièce à Œrlikon et représente sans ses enroulements et avec un diamètre de 3600 mm. un poids de 12 000 kg. Le diamètre intérieur dans lequel est logée l'armature est de 2430 mm., cette dernière est du type à tambour breveté de C.-E.-L. Brown.

L'armature a 240 fils qui sont en communication avec un collecteur de 120 lamelles. Le diamètre de ce dernier est de 1800 mm., dépassant de 4 à 5 fois ce qui a été construit de plus grand dans les machines de ce genre, soit une capacité de 100 000 watts chacune.

A 24 points 5 brosses de 50 mm. prennent le courant. Les anneaux en cuivre des brosses fondus à Neuhausen pèsent pour chaque machine 3000 kg. On a employé dans leur fonte l'aluminium pour leur donner la densité nécessaire.

Contrairement à l'usage, l'axe de ces machines n'est pas horizontal, mais vertical. L'armature en est directement accouplée sur les turbines. Les deux machines sont construites pour donner 14 000 ampères avec 30 volts pour un service ininterrompu de jour et de nuit.

L'usine de Neuhausen disposait au 1er mai 1891 de 1 1/2 million de watts.

Cependant cette force électrique énorme ne présente pas de dangers à cause de la faible tension.

La fabrique a encore une fonderie, un laminoir et une forge, ainsi qu'un atelier de réparation.

Examinons maintenant la propriété de l'aluminium et de ses alliages.

Aluminium pur.

Propriétés physiques.

La couleur de l'aluminium est brillante comme celle de l'argent avec une légère teinte bleuâtre. Il est susceptible aussi comme l'argent d'obtenir un beau mat.

L'aluminium cristalise facilement (d'après Saint-Claire-Deville en octaèdre et d'après Rose dans le système régulier ?).

La résistance de l'aluminium pur à l'arrachement est de 10 à 12 kg. par mm. avec un allongement à la rupture de 3 %, c'est donc à peu près la résistance de la fonte ordinaire. Travaillé et laminé à froid, il atteint à peu près la résistance du bronze à canons et dépasse celle du cuivre pur laminé à chaud, ainsi que celle de l'étain et du zinc, c'est-à-dire à froid une résistance de 23 à 27 kg. par mm., avec un allongement à la rupture de 4,2 à 4,3 % et se laisse plier à 360° sans se déchirer. Le fil d'aluminium de 2,5 mm. de diamètre a une résistance de 25 kg. par mm. Les expériences de M. le professeur Bauschinger à Munich ont même donné une résistance de 26,7 kg. La résistance diminue quand le métal est réchauffé, mais alors le métal devient très ductible et se lamine comme l'argent en feuillets excessivement minces.

La qualité prédominante de l'aluminium est sa légèreté ou sa faible densité. Fondu, sa densité est à 22° de 2,64 et laminé de 2,68, étiré de 2,70. Si l'on prend l'aluminium comme unité, la densité des autres métaux est :

1	Aluminium.
2.70	Zinc.
2.76	Etain.
2.96	Fer.
3.37	Cuivre.
3.37	Nickel.
3.98	Argent.
4.30	Plomb.
7.31	Or.
8.15	Platine.

Cette propriété apparaîtra d'autant plus que, dans la pratique, ce n'est pas le poids, mais le volume qui est à considérer. Le faible poids spécifique de l'aluminium compense un peu son prix relativement élevé, ce qui ressort de ce tableau.

MÉTAL	Prix par kilog.	Densité	Rapport de la densité à celle de l'aluminium	Prix par volumes égaux 0,379 dm³ = 1 kg. aluminium
	Fr. C.			Fr. C.
Platine	1360 —	21.5	8.15	11 084 —
Or	3400 —	19.3	7.31	24 854 —
Plomb	— 40	11.30	4.3	1 72
Argent	168 60	10.5	3.98	671 —
Nickel	6 —	8.9	3.37	20 22
Cuivre	1 40	8.9	3.37	4 72
Acier fondu	— 35	7.7	2.91	1 02
Fer forgé	— 23	7.8	2.95	— 68
Etain	2 60	7.29	2.76	7 81
Manganèse	6 15	7.2	2.73	17 06
Zinc	— 64	7.14	2.70	1 73
Aluminium	20 —	2.64	1.—	20 —

Aujourd'hui l'aluminium est déjà à volume égal 1242 fois moins cher que l'or, 544 fois moins cher que le platine et *33 fois moins cher que l'argent.* Cette dernière propriété se fait déjà valoir pour certaines industries, les feuilles minces d'argentage, l'orfèvrerie en filigrane, l'orfèvrerie en argent et les couverts. Le nickel est déjà, à l'heure qu'il est, plus cher que l'aluminium ; le manganèse presque au même prix.

Il ne suffit pas de comparer le prix au volume, il faut encore tenir compte des propriétés mécaniques et alors on a la com-

paraison suivante exprimée par la longueur d'une barre qui porte sans rupture son propre poids :

Aluminium pur laminé à froid	9800m.
Bronze d'aluminium à 10 %.	8700m.
Etain d'aluminium à 3.3 %	7900m.
Acier fondu	7300m.
Fer forgé	4800m.
Métal Delta	4800m.
Bronze phosphoreux 0,38 %.	3800m.
Bronze de canon 8 % étain	3400m.
Zinc laminé	2900m.
Laiton ordinaire laminé	2900m.
Cuivre laminé	2500m.
Fonte de fer.	1800m.
Etain	1300m.

Si la charge extérieure est prédominante et que l'on ne tienne pas compte du poids propre on voit que l'aluminium ne peut pas lutter avec le fer, la fonte, le cuivre, le laiton.

On ne peut donc nullement songer à faire entrer l'aluminium en concurrence avec les autres métaux pour les constructions soumises à des charges extérieures considérables. Ce rêve des années précédentes restera malheureusement un rêve quand bien même le prix de l'aluminium viendrait à baisser au $^1/_4$ de ce qu'il est actuellement. L'aluminium est à égalité de résistance 50 et à égalité de volume 38 fois plus cher que le fer. Mais la supériorité des alliages d'aluminium sur tous les métaux non oxydables ressort de nos comparaisons, nous y reviendrons.

Une des plus remarquables propriétés de l'aluminium est sa grande *sonorité*, c'est ce que Faraday avait mis en relief.

L'aluminium atteint son point de *fusion* à 700° ; sa teinte rouge est à peine visible de jour. Le métal fondu a un beau brillant, et à la température de fusion on n'aperçoit aucune trace d'oxydation. Il est en fonte très fluide et remplit les plus petits canaux, tout en ayant des formes arrondies rappelant le mercure et ne paraissant pas adhérer au creuset. Si la fonte est visqueuse c'est un indice d'impuretés et de combinaisons de fer ou de métaux graphiteux (Silicium, Wolfram, Bore).

Malgré sa facile fusibilité l'aluminium a une grande chaleur spécifique équivalente à peu près à celle du charbon des cornues. Sa conductibilité 100 : 36, 19, d'après Lorenz, est à peu près le double de celle du fer, d'après Forbes 50 : 17, 72 et de l'étain d'après H. F. Weber, quatre fois plus grande que celle de l'argenton, elle est de la moitié de celle du cuivre et d'un tiers de celle de l'argent d'après H.F. Weber.

La conductibilité électrique du fil d'aluminium de Neuhausen est de 59 % de celle du cuivre.

Il est excessivement peu magnétique. Cette propriété ne tient et n'est proportionnelle qu'à sa teneur en fer.

Coulé à la plus basse température possible dans le sable il a un *retrait linéaire* de 1,8 %.

Propriétés chimiques.

En ce qui concerne l'oxydation à l'air sec ou humide jusqu'à la température du rouge vif, l'aluminium se comporte mieux que tous les métaux à l'exception de l'or. On peut le fondre à l'air sans craindre une oxydation importante, il se couvre d'une mince pellicule d'oxyde qui le protège contre une oxydation ultérieure. On peut même le mélanger au rouge vif avec du salpêtre sans qu'il éprouve des changements. Même à chaud il ne décompose pas des oxydes métalliques comme ceux de fer, de plomb, de cuivre, de manganèse, de zinc. On peut, au contraire, purifier l'aluminium avec d'autres métaux qui absorbent les légères traces d'oxidation qu'il peut avoir. Ce n'est qu'à des températures beaucoup plus élevées que les oxydes du fer et du cuivre sont décomposés par l'aluminium, propriété qui le rend précieux, comme moyen de réduction et de raffinage. Il est à cet égard encore plus actif que le silicium, le manganèse, le phosphore, le magnésium, le sodium.

L'aluminium n'est pas attaqué par l'*eau*, pas même par l'*eau de mer*.

L'*hydrogène sulfuré* qui ne manque jamais dans l'air, surtout dans les habitations et qui, comme on le sait, attaque l'argenterie et la noircit, n'exerce pas la moindre influence sur l'aluminium ; ce que l'on ne peut trop recommander aux orfèvres.

L'*acide sulfurique* en dilution attaque et dissout rapidement le fer et le zinc, il n'agit que très lentement et faiblement sur l'aluminium. L'acide nitrique qui attaque et oxyde tous les métaux sauf l'or et le platine n'a pas d'action sur l'aluminium pur. Ce n'est qu'à la balance chimique qu'on peut, à la longue, observer une légère déperdition de poids par dissolution.

Les meilleurs dissolvants, pour l'aluminium, sont l'acide chlorhydrique et l'eau mère de soude. Quand il contient du silicium ce dernier se manifeste alors par la mauvaise odeur de l'hydrate de silicium.

Le gaz d'ammoniaque dans la proportion dans laquelle il se rencontre dans l'atmosphère ne ternit pas l'aluminium.

Les *acides organiques* dilués n'exercent, à froid, aucune action sur l'aluminium, ainsi le vinaigre (acide acétique à 4 %), le jus de citron (acide acétique à 1 %). Ce n'est qu'après une cuisson proiongée pendant 14 heures d'une solution de sel de cuisine et de vinaigre que l'on remarque une très légère déperdition par dissolution de l'aluminium, soit de 0,29 %.

Les excréments humains : transpiration, crachats, urine, etc. n'exercent aucune action sur l'aluminium.

En forme très ténue, en feuilles même pour argenture ou en poussière l'aluminium s'oxyde au contact de l'air ou de la vapeur d'eau ou communément de la température du rouge fondant, mais il est complètement indifférent à la température ordinaire.

Une de ses propriétés les plus utiles dans la pratique est celle de *fondant* dans son état de fluide ; il décompose immédiatement l'acide carbonique, la soude, la potasse, les alcalis sulfatés (sel de Glauber), le borax, les sels de silice ; le bore et le silicium s'alliant au métal. Ceux qui sont le moins atteints sont la criolithe et le sel de cuisine. Le premier agit cependant comme dissolvant sur l'aluminium en produisant des réines riches en aluminium, sous fluorures.

En fondant l'aluminium avec des silicates on obtient des alliages avec plus de 70 % de *silicium*. Avec 1 à 2 % de silicium le métal est déjà très gris.

Ce qui rend l'aluminium moins facile à forger et à laminer

c'est la présence de petites quantités de fer et surtout de cuivre.

L'aluminium est vendu dans le commerce avec un degré de pureté variant de 99,90 %, avec 0,06 % de silicium et 0,04 % de fer à 92,84 % dont 3,82 % de silicium et 3,34 % de fer.

La première qualité I en 8 sortes a un minimum de pureté de 99,33 % (0,51 % silicium et 0,16 % fer).

La seconde qualité II, a un minimum de pureté de 96,79 % (silicium 1,84 %, fer 1,37 %).

Il est livré en masselotes de 1 kilogramme, de 375 mm. de longueur, 30 mm. de largeur en haut, 20 mm. en bas et 35 mm. de hauteur. Pour les rendre plus divisibles on y a pratiqué des cannelures permettant de les diviser en 10.

La qualité I se livre en tiges, plaques, toiles, fil étiré, tuyaux, en morceaux fondus, forgés ou pressés.

La qualité II s'emploie surtout pour l'alliage avec les bronzes et le laiton et pour affiner le fer, le cuivre et leurs alliages.

Travail de l'aluminium.

A cause de son peu de dureté l'aluminium est disposé à graisser les outils quand on le tourne, le rabote ou le lime. Il se déchire et les surfaces deviennent un peu rugueuses. Il faut pour diminuer cet inconvénient, en graisser les outils à l'huile et en n'enlever que de très petits copeaux.

On emploie avec avantage un meulage avec des molasses tendres à grains fins.

Pour le diviser on se sert avec avantage de la fraise. Il se scie aussi facilement que le bois.

Pour éviter que le burin n'y glisse comme sur du verre il faut humecter celui-ci avec un mélange de 4 parties de térébentine et d'acide stéarique, ou d'huile d'olives et de rhum.

Fonte et coulage.

On peut fondre l'aluminium dans des creusets en argile sans avoir à craindre qu'il ne prenne de silicium et devienne cassant ; il a l'air de ne pas adhérer à l'état liquide aux parois du creuset, l'adjonction de fondants facilite cette adhérence et le dosage de silicium c'est pourquoi il faut l'éviter.

On peut aussi le fondre dans des creusets en fer, en prenant des précautions pour que la température ne s'en élève pas trop. Il ne se produit encore aucun alliage à la température de fusion de l'aluminium (rouge sombre).

L'observation des températures est une affaire très délicate. Il faut garnir les creusets de poussière de charbons ou d'oxydes indifférents. La fabrique de Neuhausen fournit des creusets en toutes dimensions.

On peut se servir aussi du four à réverbère bien garni et chauffé au bois, ou au gaz. Mais le mieux, quand on dispose de courants électriques puissants, est la fusion électrique par laquelle on obtient les produits les plus purs.

Malgré son bas point de fusion il faut beaucoup de temps et de chaleur pour fondre l'aluminium à cause de sa forte chaleur spécifique et chaleur latente de fusion. Quand il est surchauffé, il conserve très longtemps sa chaleur en raison de cette même propriété ; il faut $^1/_2$ heure à $^3/_4$ d'heure pour que le métal contenu dans un creuset soit pris et dur.

Il faut déjà le laisser refroidir un peu et disparaître la teinte rouge pour le couler en coquille ou sur forme de sable si l'on veut qu'il conserve un beau brillant et une belle couleur métallique. C'est une précieuse qualité qu'il reste coulant à une température assez notablement inférieure au degré de fusion. On risque ainsi moins un alliage avec le silicium du sable.

Il ne faut pas enduire les formes avec la poussière de graphite, ce qui nuit à la couleur du métal.

Pour le moulage, il faut tenir compte du retrait considérable de l'aluminium qui est de 1,8 %, dans les formes à donner aux modèles. Pour la même raison le sable ne doit pas être trop serré ni trop sec.

On n'a pas, pour le métal pur, à craindre une altération des fontes par des écumes d'oxyde, comme c'est le cas pour les bronzes d'aluminium, à cause de la basse température de fusion.

La fonte en coquille exige, il est vrai, une température de fusion plus élevée, mais on évite les inconvénients d'oxydation en chauffant fortement la coquille.

Avant la coulée il convient de remuer le métal avec une tige de charbon et d'enlever ou de raser l'écume avec une plaque de charbon.

La perte de poids par la fusion est plus petite que pour d'autres métaux et ne comporte suivant la surface des pièces que de 2 % à 6 %. Des rebibes et copeaux donnent une petite moyenne de 10 à 15 % et du poussier très fin jusqu'à 60 % de perte. L'huile et la crasse adhérant à ces parties divisées empêchent beaucoup le mélange intime du métal fondu.

Forgeage.

L'aluminium O et I se laissent très bien forger à chaud et à froid ; c'est même une excellente épreuve de la qualité du métal que de le forger en pointe effilée. S'il ne montre aucune fissure on peut être assuré qu'il est au moins à 98 % de pureté. Quand on réchauffe le métal pour le forger il faut éviter de dépasser la température de 450°. Cependant les objets pour lesquels on exige une résistance particulière doivent être forgés à froid, et le métal peut ainsi atteindre la résistance du bronze phosphoreux tout en étant dur et élastique.

Il est évident qu'avant de forger il faut éloigner tous les défauts de la fonte, à la machine à raboter, sans cela on aurait des fissures au forgeage.

L'aluminium II à cause de sa forte teneur en silicium et fer ne se laisse que difficilement forger.

Laminage.

Il est du laminage ce que nous avons dit du forgeage. L'aluminium O et I se laissent laminer aussi bien que l'or et l'argent, ce qui est prouvé par le fait qu'aujourd'hui les feuilles d'aluminium ont remplacé complètement celles d'argent.

Pour préparer le métal au laminage on le fond d'abord en blocs dans des coquilles, on en nettoye la surface et on le divise à la fraise, la lime et la meule ; on réchauffe ces blocs au four à la température de 450° ; comme pour la forge, il est bon que cette température se maintienne pour les fraises dégrossisseuses, pour les finisseuses on peut admettre une température plus basse. Il faut cependant réchauffer un peu le métal vers la fin.

On peut obtenir des formes plastiques et creuses par le *repoussage*, l'*étampage*, la *presse* qui réussissent très bien à cause de la ductilité et du peu de dureté de l'aluminium, mieux que

pour n'importe quel autre métal, les objets ainsi fabriqués sont bien plus résistants que ceux en étain ou en plomb.

Soudage.

Il en est des procédés de soudage proposés jusqu'ici comme de plusieurs méthodes d'analyse chimique. Plus il y a de méthodes, moindre est leur valeur. Bien que la Société d'encouragement ait payé à Monney une prime de 200 000 francs pour sa soudure d'aluminium et quoiqu'on ait essayé, depuis, plusieurs soudures publiées ou tenues secrètes, aucune n'a donné un résultat complètement satisfaisant. Elles étaient en général de consistance trop épaisse et cassantes ou il fallait employer des températures si élevées qu'on courait le risque de fondre les tôles d'aluminium qu'on voulait souder. L'industrie exige un procédé de soudage simple que le premier ouvrier venu puisse manier.

Pour cela la fabrique d'aluminium livre au commerce des tôles d'aluminium d'une préparation spéciale qui peuvent être soudées au soudoir de cuivre et à l'étain. Avant le soudage, on frotte la surface à souder avec une pâte composée de colophane de suif et de chlorure de zinc. Il faut éviter le grattage ainsi que le nettoyage des parties à souder avec d'autres substances que l'alcool ou l'essence de térébenthine. Il faut pour chaque commande de tôle d'aluminium à Neuhausen indiquer si elles doivent être soudables.

On facilite le soudage des tôles d'aluminium si l'on cuivre légèrement les surfaces à souder.

Placage.

Le placage du fer, du cuivre ou de l'étain en aluminium n'est pas possible à cause de la fragilité des alliages de fer et de cuivre.

Pour plaquer l'or et l'argent avec l'aluminium ou plutôt l'inverse qui seul peut avoir une valeur pratique, on place les métaux à réunir entre deux pistons chauffés au rouge et l'on comprime à la presse hydraulique les plaques d'or ou d'argent sur l'âme en aluminium. On peut aussi le faire en laminant à chaud.

Cuivrage, argenture et dorure.

Les bains ordinairement employés pour la galvanisation attaquant l'aluminium par oxydation, on a reconnu que ce qui convenait le mieux pour cette opération, c'est le nitrate de cuivre à réaction peu acide. Les surfaces à galvaniser doivent être un peu rugueuses. Il faut que la solution soit agitée par un courant d'air. La tension la plus favorable du bain est de 4 volts pendant 10 à 20 minutes.

L'argenture et la dorure réussissent par les précipités, des solutions nitreuses de l'argent et de l'or ne sont pas compactes.

Usages de l'aluminium pur.

Ce qui s'était jusqu'ici opposé à ce que l'aluminium fût employé à de nombreux usages, malgré ses précieuses qualités, c'était le prix élevé de ce métal. Au prix actuel de 20 francs le kilogramme, il se prête déjà à une foule d'usages utiles.

Son peu de fixité en présence des acides d'autres métaux le fait employer, si peu plausible que cela puisse paraître au premier abord, comme moyen de raffination. Il s'emploie en doses homéopathiques pour purifier et affiner les fontes du fer, d'acier, du cuivre, de laiton. C'est par tonnes qu'il a été employé dans ce but dans les aciéries et les fonderies et avec grand succès.

Le fait de son inoxydabilité aux basses températures, même contre le vinaigre et les acides organiques, le rend précieux pour les ustensiles de *cuisine* et de *ménage*. Pas de craintes de vert-de-gris. Des ustensiles de ce genre ne coûtent pas beaucoup plus que ceux en cuivre, ils pèsent 3 $^1/_2$ fois moins. Ils sont beaucoup plus solides que les ustensiles en céramique. Une bonne application est celle que l'on peut en faire pour les *plats*, les *sauciers*, cuillers, fourchettes, huiliers, moutardiers, pots à bière, pour ce dernier usage en tenant compte tout particulièrement de ce que le goût de la bière n'est pas altéré, à quoi s'ajoute l'avantage de la légèreté.

Ces mêmes avantages le qualifient tout particulièrement pour être employé pour les *gourdes*, *flacons de chasse et de voyage*.

Les *clefs* en aluminium seront beaucoup appréciées à cause de leur légèreté et ont cependant une solidité suffisante.

On peut aussi avec avantage l'employer pour les garnitures de *lunetterie*, les *jumelles* et *longue-vues*, les appareils *chirurgicaux*, pour les pièces de *dentisterie;* pour la *mécanique de précision :* sextants, équerres à miroir ou prismes, compteurs à eau et à gaz, balancerie, etc.; pour les échelles pour confection de plans, cet usage sera préférable à celui du bois et enfin pour la confection des poids pour balances de précision.

On l'emploiera aussi avec avantage pour la confection d'instruments de musique à cause de sa sonorité combinée avec sa légèreté et inoxydabilité pour les trompettes, ophiclédes, bombardons, etc. Chaque musicien en marche aura le tiers du poids à transporter de ce qu'il a maintenant.

On l'emploiera avec avantage pour des boîtes et étuis où avec l'élégance, la légèreté et l'inoxydabilité jouent un grand rôle.

En feuilles laminées minces, il s'applique tout particulièrement pour l'emballage du *chocolat*, du *fromage*, du *thé*, etc., et est à cet égard bien préférable au point de vue hygiénique au staniole, il est trois fois plus léger et peut être laminé cinq fois plus mince.

On ne peut malheureusement pas songer à l'employer pour remplacer le fer et l'acier dans la construction des ponts; malgré sa légèreté, le prix en est encore trop élevé.

Mais l'aluminium pourra trouver sa place dans certaines branches de la construction, grâce à sa légèreté et à sa résistance spécifique, là où la légèreté domine comme exigence, ainsi par exemple dans ce qui concerne les machines pour l'*aérostation*.

On pourrait aussi songer à l'employer pour des *locomoteurs* légers comme vélocipèdes, tricycles, ainsi que pour la *navigation* de plaisance.

Pour l'application à l'*électricité*, il faut noter que l'aluminium ayant 59 % de la conductibilité du cuivre et étant 3,37 fois plus léger, une conduite en aluminium ne pèserait que la moitié d'une conduite en cuivre, ce qui peut ne pas être indifférent pour certaines applications spéciales.

On peut se demander aussi si sous la forme de fil laminé il ne pourrait pas être employé dans l'avenir pour la téléphonie,

à cause de la moindre surcharge que cela imposerait aux supports-toits.

Une autre application est dans les armes *de tir de luxe*. On voit à l'atelier de Neuhausen de charmants spécimens de fusils floberts qui présentent une exactitude de tir comparables à tous autres et sont trois fois plus légers.

Pour certains objets d'équipement militaire et pour ne pas surcharger le soldat ou l'officier d'un poids inutile, l'aluminium serait d'un emploi très pratique ; par exemple les casques, les garnitures de buffleterie, de lances de drapeaux, les tiges de ces derniers pourraient être faites en tubes d'aluminium. Rappelons que sous le règne de Napoléon III en France on avait déjà appliqué l'aluminium doré pour les insignes.

Parmi les articles de luxe, montures de lampes, lustres, coupes, cornes à boire, hanaps, l'aluminium trouverait son application.

Il pourrait dans la peignerie remplacer l'ivoire, l'écaille, la corne, la celluloïde.

On aurait aussi avantage à l'employer pour les garnitures de cannes et parapluies.

Peut-être pourrait-on aussi songer pour l'avenir à l'avantage d'employer l'aluminium pour les *monnaies*, surtout pour les monnaies divisionnaires qui, en argent, deviennent trop petites et en cuivre ou nickel désagréables.

Enfin sa *sonorité* indique son application pour les *cloches* de petit calibre, pour la téléphonie. On fait avec l'aluminium d'excellents diapasons et coudes de pianos.

En *tubes sans soudure*, il s'applique parfaitement à l'usage de porte-plume et porte-crayon.

Il est employé avantageusement dans les laboratoires comme moyen de *réduction* et cela aussi bien que le *sodium*, beaucoup plus cher et difficile à se procurer et à conserver. Il coûte moins cher, est plus facile à employer, surtout dans la forme d'esquilles ou de feuilles minces de placage.

Alliages de l'aluminium.

L'aluminium a presque plus de mérite considéré dans ses alliages qu'à l'état pur.

Il est remarquable combien la plus légère addition d'aluminium communique aux métaux un degré de dureté et de résistance qui en augmente considérablement la valeur. Ceci est d'autant plus important pour l'industrie que de légers dosages d'aluminium pour le laiton, par exemple, en augmentent très peu le prix, le diminuent même en permettant, en raison d'une plus grande résistance, d'en diminuer les équarissages.

En général le dosage d'aluminium rend le laiton moins cher que le cuivre, le bronze de canon, le bronze phosphoreux ou manganèse fine, le métal delta, etc., non seulement à résistance égale, mais déjà à volumes égaux. Déjà 1 % de dosage (augmentation 20 cent. par kg.), améliore le laiton de telle façon qu'il atteint déjà le maximum de la résistance du métal delta, avec une extensibilité presque double.

Même dans ces minimes proportions, l'aluminium communique aux métaux auxquels on l'allie une partie de ses qualités d'inoxydabilité contre les agents atmosphériques, l'eau de mer, les acides sulfureux et organiques, etc. Il communique à ces alliages de magnifiques couleurs. Par exemple, le laiton à 33% de zinc sans aluminium qui se décompose sous le marteau à la chaleur du rouge naissant, est encore, au rouge vif, avec un dosage d'aluminium parfaitement, forgeable et laminable comme le fer forgé.

Plus ces qualités des laitons et bronzes à dosage d'aluminium seront connues et expérimentées, plus elles leur assureront un rôle considérable dans l'industrie.

Bronzes d'aluminium, fabrication.

A. *Fondage en commun du cuivre ou du cuivre siliceux avec l'aluminium.*

Les avantages sont les suivants :

1° L'acheteur pourra toujours savoir quelle est la teneur en aluminium de l'alliage qui lui est livré ;

2° Ces bronzes reviendront à meilleur marché au consommateur s'il procède lui-même à la refonte et à l'alliage.

3° Le consommateur peut à son gré régler le dosage d'aluminium ou de cuivre siliceux suivant les exigences de sa fabrication.

En général on mélange l'aluminium en lames au cuivre au moment de la fusion de ce dernier et en agitant la masse.

P. S. L'auteur de la notice qui précède, notre regretté président, n'a pu mettre la dernière main à sa rédaction ; nous la reproduisons telle qu'elle a été trouvée après son décès, certain que nos lecteurs y trouveront non seulement un intérêt technique, mais un souvenir affectueux pour notre zélé et savant collaborateur.

D'après un renseignement qui nous parvient au moment du tirage le prix du kilogramme d'aluminium de Neuhausen serait descendu de 20 à 15 francs puis tout récemment à 6 francs. Cette circonstance accentue les conclusions du travail de M. Meyer.

La Rédaction.

EPREUVES DE SOLIDITÉ DE VOUTES ET DALLES
DU SYSTÈME MONIER

On sait que le système Monier consiste à armer les blocs artificels formés en béton de ciment de treillis en forts fils de fer entièrement noyés dans leur épaisseur.

L'expérience de plusieurs années a démontré que ces fils de fer se conservent sans aucune oxydation lorsqu'on emploie un ciment convenable.

L'extrait suivant traduit de la *Schweizerische Bauzeitung*, XVII, p. 23, donne un renseignement utile sur la résistance de ce genre de construction.

Une commission composée de techniciens compétents en matière de construction fut désignée par le ministre du commerce pour faire à Budapest des expériences sur la résistance des voûtes et couvertures du système Monier.

On commença ces essais en comparant la résistance de deux arcs de mêmes dimensions dont l'un était construit en béton de la meilleure qualité et l'autre d'après le système Monier.

Ces arcs avaient $2^{m}65$ d'ouverture, $0^{m}265$ de flèche et 5 cm. d'épaisseur à la clef. L'arc en béton s'écroula sous une charge de 4800 kg. soit 1810 kg. par mètre carré placée d'un seul côté, tandis que l'arc Monier ne se brisa que sous la charge de 24 800 kg. soit sous 9358 kg. par mètre carré. Il était complè-