

# ALLIAGES LÉGERS D'ALUMINIUM

Depuis que l'aluminium est devenu un métal industriel, grâce à sa fabrication par électrolyse par voie ignée de l'alumine il a été pris dans tous les Pays un nombre considérable de brevets pour des alliages de ce métal.

Le but de ces recherches était d'obtenir des produits joignant à la légèreté de l'aluminium, les qualités de résistance mécanique ou autres qui manquent à ce métal. L'essor de l'Aviation, depuis 1908, est venu augmenter encore l'intérêt qui s'attache à ces recherches.

A un point de vue plus élevé, il serait également avantageux de remplacer, dans toutes les applications où c'est possible, le cuivre par un métal ou un alliage provenant d'un minerai d'origine française, comme c'est le cas pour la bauxite dont on trouve des gisements considérables dans les départements du Sud-Est de la France.

La plupart des alliages légers ainsi présentés n'offrent aucun intérêt, mais quelques-uns ont donné des résultats intéressants, et parmi eux, il faut citer, en première ligne, le « duralumin », d'origine allemande, qui jouit de propriétés remarquables.

Depuis 1914, d'autres alliages légers ont été étudiés par différentes usines métallurgiques. Jusqu'ici, les alliages qui ont donné des résultats intéressants, ont des compositions qui diffèrent assez peu de celles du duralumin.

Le duralumin et ses homologues constituent donc une catégorie d'alliage bien spéciaux dont nous allons étudier les caractéristiques.

## LE DURALUMIN

### I

#### Historique.

Les recherches sur les alliages légers, poursuivies avec opiniâtreté en Allemagne, de 1902 à 1911 par l'Ingénieur Professeur Wilm, à l'instigation et sous le contrôle de l'Administration Militaire Allemande, au Laboratoire du Bureau d'études techniques de Neubabelsberg, aboutirent après 9 ans d'efforts, à un alliage nouveau : le « duralumin », possédant des propriétés très intéressantes tant au point de vue scientifique, qu'au point de vue industriel.

La fabrication de cet alliage léger fut réservée aux Usines de la Durenner Metallwerke à Duren (Rhin), qui lui donna son nom.

Des licences de fabrication furent accordées à l'Etranger : (en France à la Société du Duralumin, filiale de la Société d'Electrometallurgie de Dives).

#### PROPRIÉTÉS CARACTÉRISTIQUES DU DURALUMIN

Le duralumin est essentiellement un alliage d'aluminium, de cuivre et de magnésium, la proportion de ce dernier étant toujours très faible, 0,5 % en général.

1° La présence simultanée du Cu et du Mg confère à l'alliage la propriété d'acquies, après un traitement thermique convenable (trempe à une température bien définie voisine de 500°) et seulement après ce traitement thermique, des propriétés de résistance mécanique comparables à celles de l'acier doux, c'est-à-dire bien supérieures à celles de l'aluminium pur (1).

2° Cet alliage possède, grâce au traitement thermique des qualités appréciables de conservation et d'inoxidabilité en

présence des agents atmosphériques, de l'eau de mer et de certains gaz et vapeurs acides.

3° Le traitement thermique auquel doit être soumis l'alliage, lui confère non seulement des qualités de ténacité et de dureté, mais, contrairement à ce qui a lieu pour l'acier, il augmente en même temps sa ductilité (A % augmente en même temps que R et  $\sigma$ ).

Comme pour l'acier, le *recuit* détruit l'effet de la trempe. Le maximum de malléabilité a lieu vers 400°.

4° L'incorporation à l'alliage Al—Cu—Mg, de certains constituants, tels que le manganèse (dans la proportion de 0,5 à 0,8 %) de nickel, etc., ou la modification de la teneur en Cu dans la proportion de 2,5 à 5,5 % permet de faire varier la nuance de l'alliage suivant les usages auxquels on le destine, mais alors la ductilité varie en sens inverse de la ténacité et de la dureté communiquées par ces constituants supplémentaires.

L'augmentation de la teneur en Cu correspond à une augmentation de la résistance à la rupture et de la dureté.

L'incorporation de ces constituants a, pour conséquence, de rendre plus délicat le traitement de l'alliage résultant.

5° L'alliage n'acquies pas ses propriétés mécaniques immédiatement après le traitement thermique, mais seulement au bout d'un laps de temps assez long. C'est ainsi que l'alliage encore mou, 1 heure après la trempe au-dessus de 500° (dureté de Brinell = 70), acquies, au bout de 20 heures, une dureté supérieure à 100. Les constantes mécaniques continuent à augmenter ainsi, mais plus lentement pendant trois ou quatre jours, après quoi, s'établit pour l'alliage, un état d'équilibre qui se peut encore constater après plusieurs années.

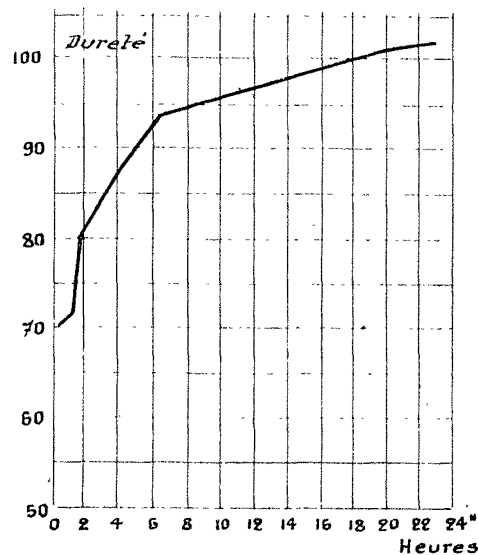


Fig. 1

Variation de la dureté dans les 24 heures qui suivent la trempe.

La courbe de la figure 1 montre comment la dureté varie avec le temps dans les 24 heures après la trempe. Les abscisses sont en heures ; les ordonnées en chiffres de dureté Brinell.

Ce phénomène de « vie » est plus sensible avec le duralumin, que dans les aciers ternaires ou quaternaires ou autres alliages chez lesquels on avait pu le constater.

(1) Un alliage Al-Cu est susceptible de voir ses caractéristiques légèrement augmentées par un traitement thermique approprié ; la présence du Mg, seul, ne conférerait à l'alliage Al-Mg aucune possibilité d'amélioration, mais la présence simultanée des deux éléments Cu et Mg dans l'alliage augmente cette amélioration des qualités mécaniques dans des proportions considérables.

De même, un lingot ne saurait, sans inconvénient, être soumis à un travail mécanique immédiatement après la coulée, mais seulement quelques jours après.

On peut donc dire que l'alliage appelé « duralumin » ne mérite son nom, évocateur de ses qualités, qu'après un traitement thermique approprié et même seulement plusieurs jours après avoir subi ce traitement thermique.

6° Comme dans certains aciers, la conductibilité électrique de l'alliage est modifiée par la trempe. Elle est diminuée d'environ 40 % par le traitement thermique et elle est alors environ le 1/4 de celle du cuivre. L'érouissage résultant du travail à froid ne modifie pas la conductibilité électrique.

II

Composition chimique et Propriétés physiques.

Suivant les usages auxquels on le destine, les usines fabriquent 4 ou 5 variantes de duralumin.

La gamme des compositions suivantes est en usage :

Cuivre .....	2,5 à 5,5 %
Manganèse .....	0,5 à 0,8 %
Magnésium .....	0,5 %
Aluminium .....	Différence.

Il existe, en outre, de petites quantités (moins de 1 % en tout) de Fe et Si provenant des impuretés de l'Al.

VARIATION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES AVEC LA COMPOSITION

Les constantes mécaniques de l'alliage correspondant à différentes nuances, sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

N° des alliages...		11	1	2
Composition % .....	Cu	3	3,5	4,2
	Mn	0	0,5	0,6
	Mg	0,5	0,5	0,5
	Al	96,5	95,5	94,7
Densités .....		2,75	2,79	2,82
Constantes mécaniques après traitement thermique ..	Lim. élastique E. ....		21 à 22 k.	
	Résistance à la rupture.	35 k.	40 à 42 k.	42 à 44 k.
	Allongement A %.....	25 %	21 %	18 %
	Dureté (Brinell) Δ.....	98	113	121

COMPARAISON AVEC LES MÉTAUX CONCURRENTS

	Densité	E en Kg/mm	R en Kg	A %	Module d'élasticité	Conductibilité thermique
Al.....	2,75		11 fondu 27 laminé	3 % 4,2	6 500	0,36 à 100°
Laiton de décolletage (Cu 60 Zn 40)	8,3	15 K/mm	31	18	9.500 en fil	0,25 à 100°
Acier doux recuit (C 0,2 %)	7,8	29	42 à 46	30 à 3	21.000	0,15 à 100° en cal gr. par sec, par cm. par cm <sup>2</sup>

VARIATION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES PAR LE TRAVAIL A FROID

Les propriétés mécaniques de l'alliage sont grandement modifiées tant avant trempe qu'après le traitement thermique, par le travail à froid (forgeage ou laminage à froid).

Le tableau ci-dessous et les courbes de la figure n° 2 font connaître, pour un spécimen d'alliage, ayant subi un traitement thermique, comment varient les constantes mécaniques après plusieurs passes successives de laminage à froid :

ALLIAGE N° 1 (Cu = 3,5 ; Mn = 0,5 ; Mg = 0,5 ; Al = 95,5) DENSITÉ = 2,79					
	E	R	A %	ξ	Δ
Tôle douce de 7 m/m après trempe..	24,7	41,8	21,1	29,5	113
Laminé à froid à 6 m/m .....	41,0	47,6	9,0	21,5	134
— à 4 m/m .....	48,9	52,7	5,0	14,5	149
— à 2 m/m .....	53,0	56	4,0	13,2	157

D'après un extrait du *Kriegstechnische Zeitschrift* — 1915 — Cahier 7-8

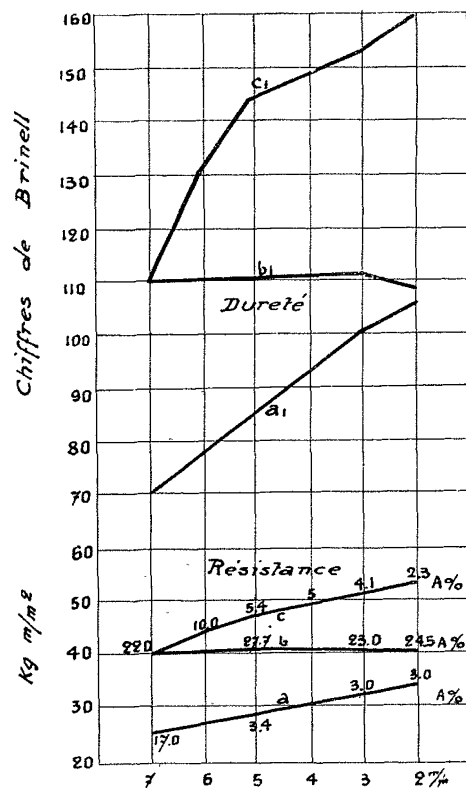


Fig. 2

Variations des constantes mécaniques avec le travail de laminage à froid avant et après trempe.

A A, Variation de R et Δ avant trempe.  
C C, Variation de R et Δ après trempe.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DIVERSES

La densité du duralumin varie, suivant la teneur en constituants, entre 2,75 et 2,84 ; sa densité moyenne étant 2,8, il est donc 2,75 fois plus léger que l'acier, 3 fois plus léger que le laiton et 3,1 fois plus léger que le cuivre.

Point de fusion 650°.

La résistivité électrique du duralumin recuit s'élève à  $3,43 \cdot 10^{-6}$ ,  $3,43$  ohms-centimètres et monte, après trempe, à  $4,73 \cdot 10^{-6}$ , ohms/Cm ( $Cu = 1,6 \cdot 10^{-6}$ );

Coefficient de variation de la résistance électrique en fonction de la température =  $0,000218$ .

Coefficient de dilatation linéaire  $0,0000226$ .

Chaleur spécifique =  $0,214$ .

Sonorité. — Contrairement à l'aluminium, le duralumin donne des effets sonores excellents.

Le duralumin n'est pas magnétique.

Module d'élasticité (Young).

$E = 7150$  (Kg/mm<sup>2</sup> pour alliage laminé dur  $R = 54 k^{\circ}$ )

$E = 6800$  Kg/mm<sup>2</sup> pour alliage normal...  $R = 44 k^{\circ}$ )

### III

#### Fabrication du Duralumin.

La fabrication se divise en deux parties :

1° Préparation des lingots en fonderie.

2° Traitements spéciaux des lingots ou produits de forge obtenus.

#### PRÉPARATION DES LINGOTS EN FONDERIE

La préparation des lingots en fonderie se fait dans un four à creusets chauffé au coke de fonderie de bonne qualité, le four est à tirage naturel par cheminée. Les creusets sont en argile et plombagine. La charge varie de 16 à 32 kilos suivant les lingots à couler, chaque creuset ne contenant que la charge nécessaire pour un lingot.

On charge d'abord de l'aluminium à 98-99 %. Quand cet aluminium est fondu, on y ajoute un alliage riche, de cuivre, manganèse, aluminium, dont le poids varie suivant le type de duralumin à obtenir. Cet alliage riche a un titre constant :  $Cu = 43,75$ ,  $Mn = 6,25$  ;  $Al = 50$ .

On complète la charge avec des déchets de tôles de duralumin ou une tête de lingot, de même nuance, coulée précédemment.

La température ne doit, en aucun cas, dépasser  $800^{\circ} C$ , à cause des occlusions de gaz provoquées par la porosité du creuset à cette température.

Quant tout est fondu, on brasse le mélange avec une tige de fer, on retire le creuset et, après avoir laissé reposer un instant l'alliage fondu, si la température est trop élevée, (supérieure à  $700^{\circ}$ ), on écrème et on décrasse le bain. Quand l'alliage a atteint la température convenable pour la coulée, on ajoute le magnésium au moyen d'une pincée à longues branches, de manière à maintenir les baguettes de magnésium au fond du creuset jusqu'à ce que la fusion soit complète. A ce moment, on mélange encore avec la tige de fer, pour rendre l'alliage aussi homogène que possible.

On décrasse la surface du bain et on coule dans des lingotières en fonte au moyen d'un dispositif en siphon, comprenant une toile métallique destinée à retenir les impuretés. On coule aussi parfois simplement avec un entonnoir qui sert à la décantation des scories. Après complet refroidissement, on enlève, à la scie, la masselotte correspondant au siphon ainsi que la tête du lingot où s'est produite la rotassure

Le duralumin ne s'emploie pas en moulages, mais seulement forgé ou laminé. Outre qu'il est très difficile d'éviter les soufflures, les pièces moulées, même après avoir subi le traitement thermique, restent particulièrement fragiles.

C'est ainsi qu'à l'épreuve de pliage un barreau de  $5 \times 10 \times 100$  mm. coulé et trempé, crique à l'angle de  $170^{\circ}$ , tandis que le même barreau forgé peut être replié bout sur bout et ne crique que pour un angle de pliage de  $70^{\circ}$ .

#### TRAITEMENT THERMIQUE ET TRAVAIL MÉCANIQUE DE L'ALLIAGE

Nous avons vu qu'on pouvait faire varier les propriétés mécaniques du duralumin :

1° Par modification de la teneur de l'alliage en différents constituants.

2° Par un traitement thermique d'amélioration (trempe à  $510^{\circ}$ ).

3° Par un travail mécanique (forgeage ou laminage à froid) effectué avant ou après recuit.

Nous savons, en outre :

1° Que le recuit à  $400^{\circ}$  détruit les modifications apportées par la trempe ou par le travail mécanique à froid.

2° Que le maximum de malléabilité de l'alliage a lieu vers  $400^{\circ}$ .

3° Que, par une nouvelle trempe à  $510^{\circ}$ , on peut rétablir les propriétés mécaniques, détruites par un recuit précédent.

Les constantes mécaniques mesurées sur des éprouvettes prises dans le lingot brut de coulée et recuit simplement à  $400^{\circ}$  (état le plus doux), sont :

$$R = 26 k^{\circ} \quad A \% = 17 \% \quad \Delta = 70.$$

Il y a lieu de remarquer que ces valeurs sont déjà bien supérieures à celles que présente l'aluminium pur.

Par laminage à froid, avant trempe, la résistance et la dureté augmentent respectivement jusqu'au chiffre  $R = 36 k^{\circ}$  environ.  $\Delta = 103$ , alors que l'allongement décroît d'une façon continue jusqu'à 3 %.

Si on chauffe l'alliage à une température bien déterminée ( $510^{\circ} C$ ) et si on le laisse refroidir brusquement à l'eau ou à l'air, l'alliage prend, au bout de quelques heures, une résistance d'environ 42 kilos et une dureté de 103 ; en même temps, l'allongement monte à 22 %.

Si on lamine à froid le duralumin ainsi amélioré par la trempe, la résistance s'élève ainsi que la dureté, mais l'allongement diminue.

Lorsque l'épaisseur de la tôle est réduite à 2 mm., on obtient une résistance de 53 kilos, une dureté de 156, mais l'allongement est tombé à 2,3 %.

Avec des nuances plus dures de duralumin, on peut atteindre une résistance de 62 kilos, une dureté de 174 et un allongement de 3 %.

Si on renouvelle la trempe à un stade quelconque, du travail à froid sur du duralumin, la résistance revient à 42 kilos, la dureté à 109 et l'allongement à 23 %.

#### REFROIDISSEMENT APRÈS TREMPÉ

Le duralumin trempe à l'eau et à l'air ; il est donc auto-trempant. Nous verrons plus loin que le mode de refroidissement qui convient le mieux pour donner au métal ses propriétés finales, après son travail mécanique, est la trempe à l'eau.

En outre, la vitesse de refroidissement intervient dans la durée que met l'alliage à se stabiliser et à prendre ses propriétés mécaniques définitives : l'immersion dans l'eau

bouillante à 100° après trempe accélère les transformations qui aboutissent à la stabilisation (Grard).

Suivant les usages auxquels on le destine et, par conséquent, suivant les caractéristiques mécaniques prépondérantes à obtenir, le refroidissement sera rapide ou lent.

Pour augmenter la ductilité, on laissera le duralumin refroidir pendant plusieurs jours dans l'eau à 100° C.

### RÉSUMÉ

Ainsi d'après la nature des produits ou objets à fabriquer, on peut déterminer :

- 1° La nuance de duralumin à adopter.
- 2° Le mode de traitement thermique ou de travail mécanique à lui faire subir de manière à réduire, au minimum, les frais de fabrication.

Les usines qui fabriquent le duralumin le livrent en lingots, plaques, tôles, barres, profilés, fils et tubes ou en produits demi-usinés.

Si les pièces à confectionner n'ont à subir qu'un usinage léger, ou si elles doivent être employées telles quelles, l'usine les livrera avec les qualités de résistance imposée ; c'est le cas, par exemple, pour les conducteurs électriques.

Suivant la forme des pièces à obtenir, et le travail à faire subir au métal pour atteindre cette forme, la trempe d'amélioration se fera à un stade plus ou moins avancé au travail mécanique.

Il y a lieu de remarquer que les effets de la trempe n'étant pas immédiats et étant presque insensibles pendant une heure environ après l'opération, il sera possible, dans la plupart des cas, de corriger les déformations produites inévitablement par la trempe sur certaines pièces, particulièrement sur celles de forme compliquée, longues et minces, ou présentant de brusques différences d'épaisseurs.

### REVENU

On peut faire subir au duralumin trop dur un *revenu*, mais sans monter au-dessus de 180°, car au-dessus de cette température, la résistance décroît très vite. Un alliage

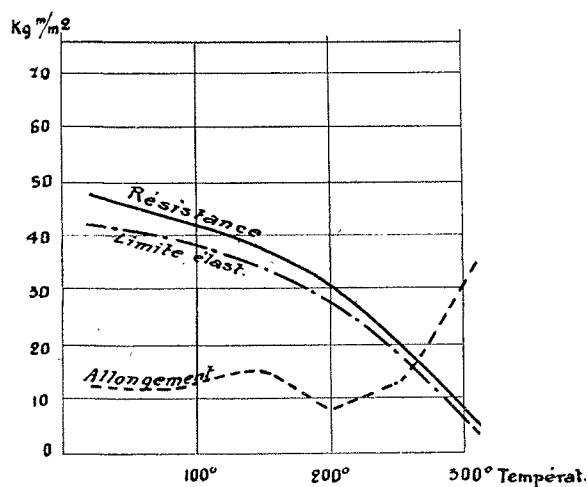


Fig. 3

Variations des constantes mécaniques avec la température de réchauffage

ayant une résistance  $R=46 \text{ k}^\circ$  après trempe n'a plus que  $40 \text{ k}^\circ$  après chauffage à 180°, et  $37 \text{ k}^\circ$  à 300° ; il perdrait ainsi une partie de ses qualités si on le chauffait au delà.

### NOTE SUR LA TEMPÉRATURE OPTIMA DE TREMPE

Les avis des différents auteurs sur la température la plus convenable pour la trempe, ne sont pas absolument concordants.

Les Allemands (Wilm, Cohn) préconisent d'une façon très nette la température de 510° C.

D'autre part, le Lieutenant-Colonel Grard, à la suite de nombreux essais qu'il a effectués pendant la guerre dans les laboratoires mis à sa disposition, indique la température de 475° C.

Il faut dire que les premiers ne supposent aucun traitement thermique antérieur, tandis que le Lieutenant-Colonel Grard fait précéder la trempe à 475° d'un *traitement d'adoucissement* comprenant un chauffage à 350° suivi d'un refroidissement lent durant plus de 3 heures.

Les diagrammes du Lieutenant-Colonel Grard, dans son ouvrage « L'Aluminium et ses Alliages », relatifs aux variations des caractéristiques mécaniques en fonction du temps après trempe à diverses températures, montrent cependant une amélioration générale et continue des propriétés par la trempe à 500°, par rapport à celle à 450°.

La notice de M. Merica (Scientific papers of the Bureau of Standard) 1919, indique comme température optima de trempe : 510° C., avec refroidissement dans l'eau bouillante à 100° ; qui diminue les risques des tapures.

En fait, il se produit vers 520°, 530°, l'eutectique  $\text{Cu Al}_2$ , qui est susceptible de se séparer de la solution solide : il faut donc se rapprocher de cette température sans l'atteindre.

Les essais faits par le Lieutenant-Colonel Grard, au moyen d'un dilatomètre Chevenard, n'ont révélé la présence d'aucun point critique dans les limites de l'échauffement réalisé.

Cependant avant l'eutectique  $\text{Cu Al}_2$ , on a constaté la formation, vers 450°, de l'eutectique  $\text{Mg}_4 \text{Al}_3$ , soluble dans Al.

Les fig. 4 à 5 ci-dessous représentent les diagrammes d'équilibre des alliages Al Cu et Al Mg.

### PRATIQUE DE LA TREMPE D'AMÉLIORATION

1° Les têtes de lingots ayant été coupées le lendemain de la coulée, on laisse reposer les lingots pendant 6 ou 7 jours avant de leur faire subir aucun traitement.

2° Les lingots (ou les pièces à tremper) contenus dans une benne pouvant être suspendue à un pont roulant, sont trempés dans un bain formé d'un mélange par parties égales de nitrate de soude et de nitrate de potasse et porté à la température de 510°.

Le bain est contenu dans des réservoirs en tôle soudée, fermés à leur partie supérieure par des portes mobiles à contre-poids. Ces récipients sont contenus dans un massif en briques réfractaires et chauffés par dessous, au moyen de brûleurs à gaz. La température très exacte du bain est indiquée, soit par des pyromètres « Le Chatelier », soit, de préférence, par des thermomètres à acide carbonique (type Fournier).

Le contrôle de la température a une importance considérable.

Les lingots sont maintenus dans le bain pendant un temps variable avec leurs dimensions (30 minutes à une

heure). La trempe des lingots n'est, d'ailleurs, pas obligatoire.

3° Après refroidissement complet, on trempe les lingots dans l'eau froide, au besoin légèrement acidulée par de l'acide sulfurique, pour les débarrasser des efflorescences de nitrate restées adhérentes.

Les pièces sont ensuite brossées au moyen d'un jeu de brosses rotatives dans un courant d'eau claire.

4° Ceci fait, on laisse reposer à nouveau les lingots pendant 5 à 6 jours.

Pour éviter les efflorescences salines sur les pièces en duralumin, certaines usines préconisent leur chauffage dans un four à moufle, dont l'enceinte est remplie d'une atmosphère (Az ou Co<sup>2</sup>).

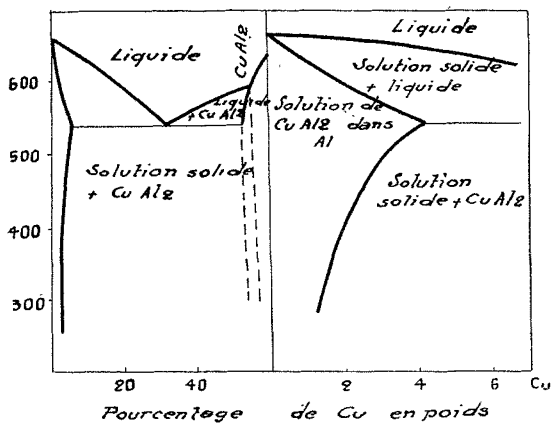


FIG. 4.

Portion du diagramme d'équilibre des alliages Al-Cu montrant la courbe de solubilité de CuAl<sub>2</sub> dans Al.

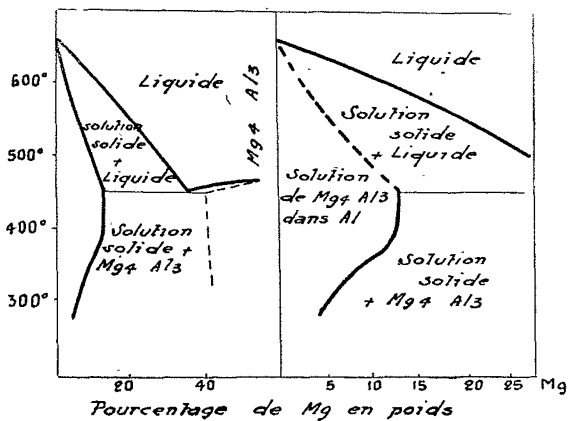


FIG. 5.

Portion du diagramme d'équilibre des alliages Al-Mg montrant la courbe de solubilité de Mg<sup>2</sup>Al<sub>3</sub> dans Al.

(Extrait du *Scientific Papers of the Bureau of Standards* N° 347)

TRAVAIL MÉCANIQUE. — FORGEAGE.

Transformation des lingots en billettes. — Après un chauffage pendant 1/2 heure dans un bain de nitrate à 400°, les lingots de 100 × 100 × 450, sont réduits par un martelage au pilon de 1.000 kg. en billettes de 14 × 52 × 65. On laisse refroidir naturellement les billettes à l'air libre après le forgeage.

(A suivre.)

Commandant J. DYRION,  
Ancien élève de l'École Polytechnique.

LÉGISLATION

HOUILLE BLANCHE

CONTRE

HOUILLE NOIRE

à propos d'un curieux procès

Un arrêt de la Cour de Chambéry du 15 février 1921, non publié encore, fournit aujourd'hui à notre collaborateur Paul Bougault le sujet d'une étude pratique. Bien que la Revue soit spécialement consacrée à la Houille Blanche, elle ne négligera jamais les renseignements nécessaires à ceux qui sont obligés d'employer le charbon. Une étude sur un projet de loi relatif à la prospection des mines, dont l'application à la Houille Blanche serait si désirable, sera publiée sous peu.

Les faits qui ont donné lieu à un arrêt de la Cour d'Appel de Chambéry sont ceux qui peuvent se présenter, même d'après la nouvelle loi, à tout installateur de chute. M. Renault, l'industriel bien connu de Billancourt (Seine), est propriétaire en Savoie d'une chute constituée par une Société, dite de la Neuvache ; ce nom indique suffisamment que le but aujourd'hui réalisé de la Société, était de créer une chute par la dérivation de la rivière de ce nom, en Savoie, sur le territoire de la Maurienne (commune de Valmeinier). Il avait fallu acquérir les terrains nécessaires à l'établissement des ouvrages, soit à l'amiable, en 1917, soit en se servant de la réquisition militaire pour vaincre les propriétaires récalcitrants ; les contrats portaient une formule stéréotypée et en usage dans tous les pays de montagne : « M. X... vend à « MM. Y... et Z... (les créateurs de la chute) une bande de « terrain de 4 mètres de largeur sur toute la longueur de sa « propriété, pour le passage souterrain d'une conduite d'eau « et de divers travaux que les acquéreurs se proposent « d'exécuter dans le tréfonds de la propriété appartenant au « dit M. X... vendeur, sans que cela puisse nuire aux répa- « rations ultérieures du canal, et encore l'autorisation, « pendant la période d'exécution des travaux, d'ouvrir une « fouille en tranchées, de déposer des déblais sur une lon- « gueur de deux mètres par mètre courant traversé, mais ils « devront remettre ensuite le terrain en état de culture ».

Dès le commencement des travaux, la Cie de la Maurienne, concessionnaire des Mines d'Anthracite sur les communes de Valmeinier et de Saint-Michel, en vertu d'un décret du 2 Décembre 1909 inséré au Bulletin des lois, fit sommation à la Société de la Neuvache d'arrêter ses travaux qui auraient permis aux terrassiers de puiser, sans aucun contrôle, du charbon dans quatre couches que leurs pioches avaient mises à jour, et qui feraient prévoir l'établissement de piliers grands et puissants paraissant devoir rendre impossible dans l'avenir l'exploitation des couches de charbon comprises dans la concession de la Société requérante à cause de leur masse et de leur force.

Le problème au point de vue juridique était nettement posé.

Personne n'ignore qu'en vertu de l'article 552 du Code Civil promulgué en 1804, le propriétaire de la surface est, par ce fait même, propriétaire du sous-sol, jusque dans ses