

III. — ALLIAGES NE FORMANT PAS DE COMPOSÉS DÉFINIS.

Les alliages de l'aluminium avec le zinc, l'étain et le bismuth ne forment pas de composés définis. A l'état fondu, l'aluminium est soluble en toutes proportions dans le zinc et l'étain, il n'est que peu soluble dans le bismuth. Tous ces alliages montrent une anomalie commune pour la force électromotrice de dissolution qui est supérieure pour l'alliage que pour les métaux constituants.

Aluminium-zinc.

Historique. Etude des propriétés électriques. Micrographie.

Les alliages de l'aluminium avec le zinc sont malléables, sensiblement plus durs et moins altérables que l'aluminium pur.

M. Gautier ⁽¹⁾ détermina la courbe de solidification commençante de ces alliages et trouva qu'elle se compose de deux branches se coupant au point de fusion eutectique, que, par conséquent, la courbe n'indiquait pas de composés définis. Cette courbe est reproduite sur la figure 21.

Aux mêmes résultats arrivent Heycock et Neville ⁽²⁾, qui, comme Gautier, avaient déterminé la courbe de solidification commençante, sans marquer l'étendue de l'eutectique.

M. Shepherd ⁽³⁾ trouve par l'étude micrographique

⁽¹⁾ GAUTIER, *Bull. Soc. Encour.*, 5^e série, t. I, 1896, p. 1293.

⁽²⁾ HEYCOCK et NEVILLE, *J. Chem. Soc.*, t. LXXI, 1897, p. 383.

⁽³⁾ SHEPHERD, *J. phys. Chem.*, t. IX, 1905, p. 504.

que les alliages aluminium-zinc se composent de deux solutions solides et d'un mélange mécanique de ces solutions. Il fixe à 50 pour 100 en poids la limite de solubilité du zinc dans de l'aluminium, et à 4 pour 100 la limite de solubilité de l'aluminium dans le zinc.

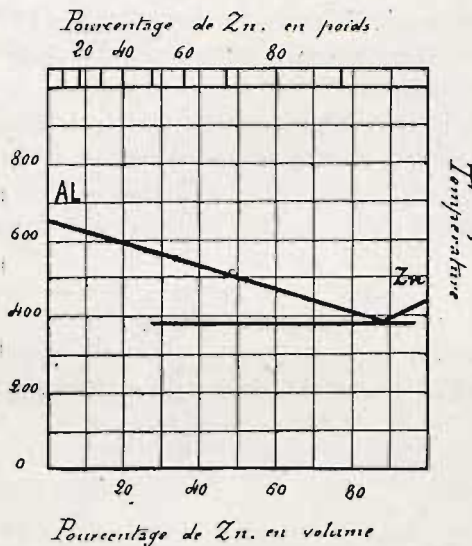


Fig. 21. — Fusibilité de Al Zn suivant M. Gautier (1896).

M. Battelli ⁽¹⁾ indique quelques valeurs pour la force thermo-électrique entre 0° et 100° par rapport au plomb, qui ne diffèrent pas sensiblement de celles que j'ai obtenues.

M. Pécheux ⁽²⁾ étudia la force thermo-électrique des alliages aluminium-zinc par rapport au cuivre entre 9°,5 et 380°. Les valeurs obtenues entre 9°,5 et 100° ont été les suivantes :

⁽¹⁾ BATTELLI, *Atti R. Inst. Veneto*, 6^e série, t. V, 1886-87, p. 1148.

⁽²⁾ PÉCHEUX, *Comptes rendus*, t. CXXXIX, t. 1904, p. 1202.

Pour 100 de Zn en poids.	Force th.-él. en microvolts.	Pour 100 de Zn en poids.	Force th.-él. en microvolts.
Al.....	—177,90	54,7....	—166,54
16,7....	—166,54	70,7....	—113,55
19,4....	—181,68	82,9....	— 64,35
28,6....	—174,12	88,0....	— 49,21
37,6....	—161,47	Zn.....	— 18,92
44,5....	—151,40		

La force thermo-électrique du cuivre par rapport au plomb étant dans les expériences de M. Pécheux de 2,57 microvolts par degré, on peut voir que ces nombres donnent une courbe qui se rapproche davantage de la ligne du plomb, que la courbe qui dérive de mes expériences. La différence n'est pourtant pas très grande.

L'aluminium employé dans mes expériences était pur à 99,7 pour 100 et renfermait 0,1 pour 100 de fer et 0,2 pour 100 de silicium. Le zinc pouvait être considéré comme chimiquement pur, ne renfermant que des traces d'impuretés.

Pour calculer le pourcentage en volume nous avons admis pour la densité de l'aluminium 2,70, pour celle du zinc 7,13.

Les nombres obtenus dans l'étude des propriétés électriques des alliages aluminium-zinc sont indiqués dans le Tableau suivant et ont servi à la construction des diagrammes reproduits sur les figures 22, 23, 24 et 25.

La courbe de conductivité (*fig. 22*) pour le métal recuit et la courbe du coefficient de température (*fig. 23*) pour le métal trempé et recuit affectent la forme D de notre classification (*voir p. 14*) La courbe de conductivité pour l'alliage trempé prend une forme anormale à cause de la conductivité très faible du zinc trempé. Cette anomalie peut être expliquée par une modification allotropique du zinc qui change de structure aux environs de 360°,

Propriétés électriques des alliages aluminium-zinc.

Composition		Conductivité $\times 10^2$.		Coefficient de température.		Pouvoir thermo-électrique.		$\frac{dE}{dt} = A + Bt$.		F. e. m. de dissolution.	
For- mules.	pour 100 de Zn en volume.	Recuit. Trempe.		Recuit. Trempe.		A. B.		Recuit. Trempe.		Max. Min.	
		Recuit.	Trempe.	Recuit.	Trempe.	Recuit.	Trempe.	Recuit.	Trempe.	Max.	Min.
Al.....	0	40,1	38,5	0,00425	0,00410	-0,07	-0,04	-0,0002	-0,0006	1,20	1,10
»	4,60	25,6	25,8	0,00223	0,00166	+0,41	+0,55	+0,0007	+0,0029	1,48	1,25
»	9,50	20,1	18,6	0,00194	0,00120	+0,53	+0,78	+0,0032	+0,0040	1,51	1,40
»	19,3	17,5	15,4	0,00172	0,00110	+0,71	+0,88	+0,0044	+0,0047	1,50	1,44
»	29,0	17,2	15,1	0,00163	0,00121	+0,98	+1,01	+0,0052	+0,0058	1,48	1,44
»	39,3	16,8	14,7	0,00148	0,00112	+1,19	+1,17	+0,0066	+0,0069	1,48	1,45
»	49,6	16,8	14,5	0,00168	0,00119	+1,40	+1,43	+0,0100	+0,0104	1,50	1,46
»	60,0	16,9	14,4	0,00159	0,00113	+1,56	+1,64	+0,0105	+0,0113	1,49	1,45
»	68,7	16,8	14,2	0,00173	0,00129	+1,68	+1,83	+0,0120	+0,0130	1,48	1,45
»	78,4	16,5	14,5	0,00165	0,00137	+1,83	+1,85	+0,0126	+0,0131	1,50	1,44
»	89,0	16,6	14,4	0,00186	0,00122	+2,02	+2,13	+0,0154	+0,0150	1,48	1,44
»	95,0	16,8	14,3	0,00245	0,00156	+2,09	+2,60	+0,0169	+0,0156	1,49	1,44
Zn.....	100	18,5	11,2	0,00438	0,00205	+1,84	+1,62	+0,0159	+0,0136	1,47	1,43

W. BRONIEWSKI.

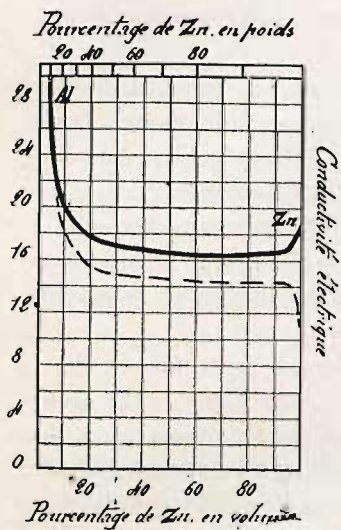


Fig. 22. — Al Zn. Conductivité électrique.

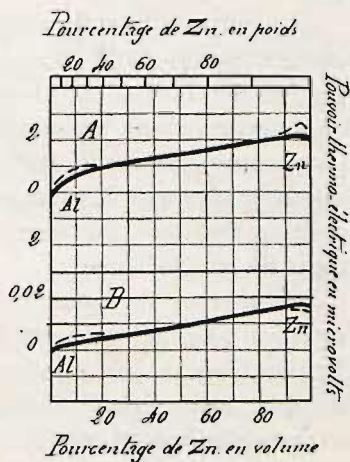


Fig. 24. — Al Zn, Pouvoir thermo-électrique.

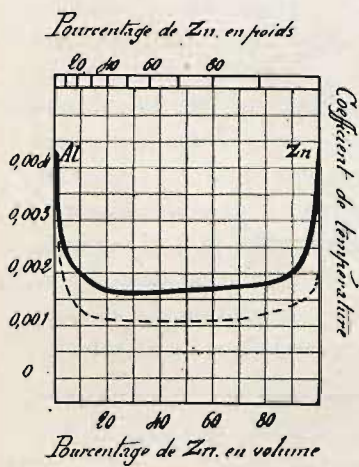


Fig. 23. — Al Zn. Coefficient de température.

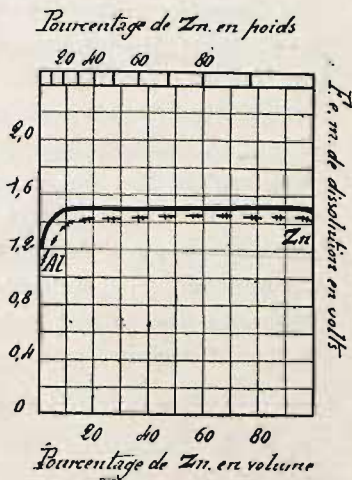


Fig. 25. — Al Zn. F. e. m. de dissolution.

comme l'a montré M. H. Le Chatelier ⁽¹⁾, et pourrait par la trempe conserver cette structure à la température ordinaire.

La conductivité et le coefficient de température augmentent par le recuit. Ceci est dû probablement à la restriction des limites des deux solutions solides. Les deux composants, étant moins solubles l'un dans l'autre à la température du recuit qu'à la température de solidification, se séparent davantage en changeant ainsi la composition des deux solutions solides limites et la conductivité de leur mélange.

Les courbes du pouvoir thermo-électrique et de sa variation (*fig. 24*) prennent la forme E' de notre classification (*voir p. 30*). L'influence du recuit est assez peu sensible, nous voyons seulement sur la courbe (A) une augmentation assez brusque du pouvoir thermo-électrique produite par la trempe des alliages riches en zinc. Ceci pourrait être expliqué de la même façon que l'anomalie de la courbe de conductivité pour les alliages trempés.

La force électromotrice de dissolution (*fig. 25*) est plus grande pour les alliages zinc-aluminium que pour les deux métaux constituants. Ce phénomène peut s'expliquer de deux façons : ou en admettant que la solution solide d'un des constituants se polarise moins facilement que le métal pur, ou en admettant que cette solution solide se forme avec absorption de chaleur et que l'énergie de la pile est ainsi augmentée. En effet MM. Louginine et Schukareff ⁽²⁾ trouvent que la formation des alliages aluminium-zinc se fait avec une absorption de chaleur qui atteint parfois 4 pour 100 de la chaleur de dissolution

⁽¹⁾ H. LE CHATELIER, *Comptes rendus*, t. III, 1890, p. 454; *Journ. de Phys.*, 2^e série, t. X, 1891, p. 369.

⁽²⁾ LOUGININE et SCHUKAREFF, *Arch. phys. et nat. Genève*, 4^e série, t. XIII, 1902, p. 5.

de l'alliage. Cette explication pourrait donc suffire pour les alliages aluminium-zinc, où la force électromotrice de dissolution des constituants est peu dépassée par celle des alliages, mais elle aurait été insuffisante pour les autres alliages du même groupe où le phénomène se manifeste beaucoup plus fortement. L'influence de la polarisation de l'aluminium était d'autant plus probable, que la chaleur de dissolution d'un équivalent électrochimique d'aluminium (41^{Cal}) est de beaucoup plus grande que celle d'un équivalent électrochimique de zinc (15^{Cal}), alors que sa force électromotrice de dissolution est inférieure à celle du zinc.

J'ai donc essayé si l'aluminium ne pouvait pas être dépolarisé par l'amalgamation, qui sert ordinairement à dépolariser le zinc. On peut ainsi constater que la force électromotrice de l'aluminium et de tous ses alliages avec le zinc monte à 1,90 volts lorsque les échantillons sont amalgamés préalablement par immersion dans du bichlorure de mercure, et que la courbe représentative prend alors une forme normale. C'est donc cette dernière explication qui me paraît plus générale et plus justifiée que la première.

La figure 36 représente une filiation aluminium-zinc traitée par de l'acide azotique très dilué, qui attaque davantage l'eutectique que les constituants. La structure apparaît comme très simple. A gauche nous voyons les cristaux de la solution solide du zinc dans l'aluminium, ensuite l'eutectique et à droite les cristaux de la solution solide de l'aluminium dans le zinc.

L'étude des propriétés électriques a donc confirmé la structure simple des alliages aluminium-zinc composés de deux solutions solides limites et d'un mélange de ces solutions.

Aluminium-étain.

Historique. Étude des propriétés électriques. Micrographie.

Les alliages de l'aluminium avec l'étain, employés souvent pour les soudures de l'aluminium, sont plus altérables que l'aluminium pur.

La courbe de fusion des alliages aluminium-étain donne suivant Leverrier un maximum voisin de la composition Al^1Sn (équivalents). M. H. Le Chatelier ⁽¹⁾ ayant entrepris des expériences de contrôle mentionne que ces recherches ne l'ont pas conduit à un résultat bien net.

M. Gautier ⁽²⁾ en étudiant la courbe de solidification commençante trouve un maximum aux environs de 84 pour 100 d'étain ce qui pouvait correspondre approximativement au composé AlSn ou Al^2Sn^3 .

MM. Campbell et Mathews ⁽³⁾ retrouvent ce maximum, et un minimum à 80 pour 100 d'étain, mais font remarquer qu'ils n'ont pas pu apercevoir d'arrêts eutectiques correspondant à ce minimum.

L'étude micrographique les conduit à admettre une solution solide de 10 pour 100 de Sn dans l'Al.

M. Guillet ⁽⁴⁾ isola des lingots obtenus par l'aluminothermie les alliages de composition Al^1Sn et AlSn .

MM. Anderson et Lean ⁽⁵⁾ nient l'existence d'un maximum sur la courbe de fusion.

M. Gwyer ⁽⁶⁾ a obtenu la courbe de fusion reproduite

⁽¹⁾ H. LE CHATELIER, *Bull. Soc. Encour.*, 4^e série, t. X, 1895, p. 569.

⁽²⁾ GAUTIER, *Bull. Soc. Encour.*, 5^e série, t. I, 1896, p. 1311; *Comptes rendus*, t. CXXIII, 1896, p. 109.

⁽³⁾ CAMPBELL et MATHEWS, *J. Amer. Chem. Soc.*, t. XXIV, 1902, p. 253.

⁽⁴⁾ GUILLET, *Bull. Soc. Encour.*, 2^e sem. 1902, p. 240; *Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 935.

⁽⁵⁾ ANDERSON et LEAN, *Proc. R. Soc.*, t. LXXII, 1903, p. 277.

⁽⁶⁾ GWYER, *Zs. anorg. Chem.*, t. XLIX, 1906, p. 311.

sur la figure 26. Le point de solidification commençante s'abaisse continuellement depuis l'aluminium jusqu'à l'étain. La solidification se termine pour tous les alliages à la température de fusion eutectique qui se confond presque avec le point de fusion de l'étain.

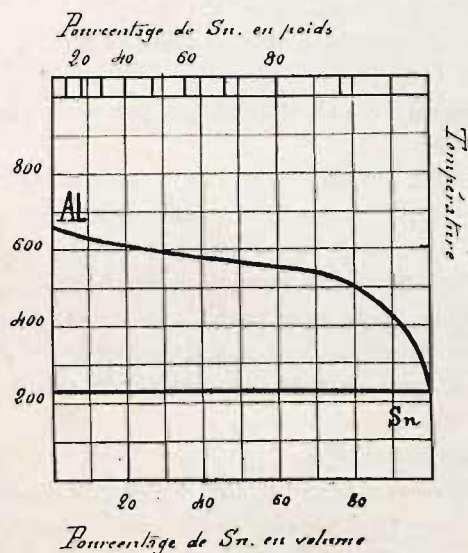


Fig. 26. — Fusibilité de Al Sn suivant M. Gwyer (1906).

M. Pécheux ⁽¹⁾ donne quelques nombres sur la force thermo-électrique des alliages aluminium-étain de 17°5 à 180° par rapport au cuivre. Voici les nombres indiqués par M. Pécheux pour la force thermo-électrique de 17°5 à 100°.

Pour 100 de Sn en poids.	Force th.-él. en microvolts.	Pour 100 de Sn en poids.	Force th.-él. en microvolts.
Al.	—162,75	95,7....	—196,82
59,6....	—208,18	Sn....	—227,10
90,0 ...	—223,31	Pb....	—211,96

(¹) PECHEUX, *Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 1202.

L'ordre de grandeur de ces nombres est le même que dans mes expériences.

Nous voyons que la méthode de fusibilité en désaccord avec elle-même et avec la méthode chimique n'a pas pu trancher définitivement la question des composés définis dans les alliages aluminium-étain.

J'ai employé dans mes expériences de l'étain de Malakka renfermant moins de 0,2 pour 100 d'impuretés. Pour calculer le pourcentage en volume j'ai pris pour la densité de l'étain 7,28.

Les nombres obtenus dans l'étude des propriétés électriques des alliages aluminium-étain sont indiqués dans le Tableau suivant et ont servi à la construction des diagrammes reproduits sur les figures 27, 28, 29 et 30.

Ces nombres nous conduisent à la conclusion que les alliages aluminium-étain ne contiennent pas de composés définis et sont constitués par une faible solution solide de l'étain dans de l'aluminium et par le mélange de cette solution avec l'étain.

La courbe de conductivité (*fig.* 27) et celle du coefficient de température (*fig.* 28) ont la forme C de notre classification (*voir* p. 14).

La courbe de conductivité pour l'alliage trempé a une courbure sensible dans sa partie représentant le mélange mécanique des constituants. Cette courbure s'accroît davantage avec chaque recuit. Ainsi les nombres que j'indique pour l'alliage recuit et qui correspondent au troisième recuit ne paraissent pas définitifs. Le coefficient de température est diminué par le recuit en même temps que la conductivité.

Deux hypothèses se présentent pour l'explication de ce phénomène. La première serait d'admettre l'influence de la modification allotropique de l'étain qui a lieu suivant M. Tamann ⁽¹⁾ et ses collaborateurs vers 200° et que

⁽¹⁾ WERIGIN, LEWKOJEFF et TAMANN, *Ann. d. Phys.*, t. X, 1903, p. 650.

Propriétés électriques des alliages aluminium-étain.

Composition For- mules. en volume.	pour 100 de In	Conductivité $\times 10^3$.		Coefficient de température.	Pouvoir thermo-électrique.		$\frac{dE}{dt} = A + Bt$.		F. e. m. de dissolution.	
		Recuit.	Trempé.	Recuit.	Trempé.	A.	B.	Recuit.	Max.	Min.
Al	0	40,1	38,5	0,00425	0,00410	-0,07	-0,04	-0,0002	1,20	1,10
»	5,03	27,3	27,4	0,00287	0,00279	-0,40	-0,34	+0,0025	1,76	1,15
»	10,1	24,7	26,0	0,00269	0,00256	-0,44	-0,47	+0,0023	1,75	1,15
»	19,9	18,4	21,6	0,00255	0,00275	-0,51	-0,54	+0,0038	1,76	1,14
(Al ³ Sn).	29,2	14,3	20,2	0,00246	0,00299	-0,54	-0,60	+0,0053	1,77	1,06
»	40,2	11,3	17,3	0,00278	0,00276	-0,54	-0,51	+0,0053	1,78	0,99
»	49,8	12,1	15,0	0,00275	0,00318	-0,54	-0,50	+0,0056	1,77	0,94
»	51,4	11,3	15,2	0,00284	0,00303	-0,51	-0,45	+0,0048	1,76	0,93
»	59,4	10,6	13,4	0,00290	0,00293	-0,52	-0,43	+0,0054	1,73	0,94
(AlSn)...	62,0	10,4	13,1	0,00278	0,00280	-0,36	-0,45	+0,0045	1,72	0,93
» ..	69,8	9,81	12,1	0,00308	0,00324	-0,47	-0,38	+0,0048	1,73	0,90
» ..	80,0	9,42	10,9	0,00297	0,00313	-0,30	-0,28	+0,0053	1,59	0,90
» ..	90,5	9,30	9,80	0,00293	0,00308	-0,17	-0,18	+0,0048	1,47	0,90
» ..	95,0	8,25	8,96	0,00315	0,00350	-0,14	-0,14	+0,0042	1,05	0,89
Sn.....	100	8,75	8,85	0,00317	0,00340	-0,14	-0,14	+0,0042	0,93	0,88

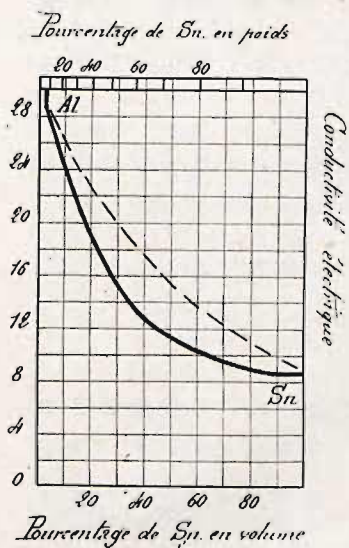


Fig. 27. — Al Sn. Conductivité électrique.

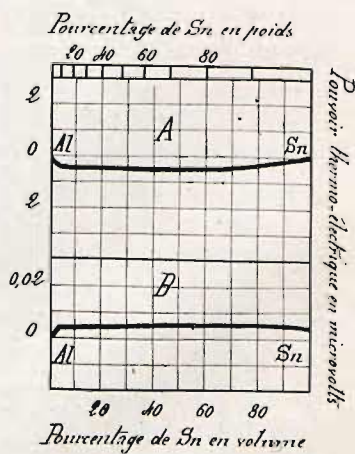


Fig. 29. — Al Sn. Pouvoir thermo-électrique.

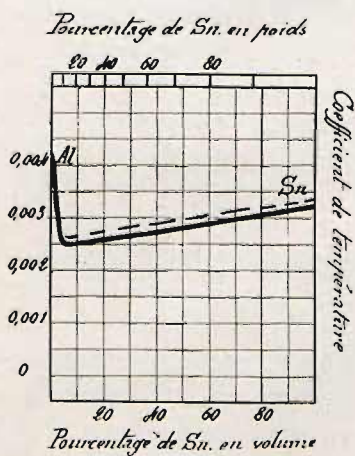


Fig. 28. — Al Sn. Coefficient de température.

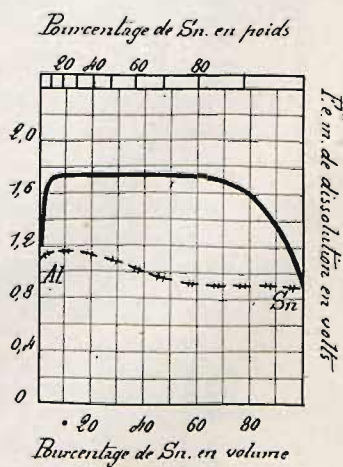


Fig. 30. — Al Sn. P. e. m. de dissolution.

M. Guertler ⁽¹⁾ invoque pour expliquer d'autres anomalies des alliages d'étain. La deuxième hypothèse expliquerait la diminution de conductivité par la séparation des cristaux des deux constituants. C'est cette deuxième hypothèse qui me paraît plus satisfaisante. Si la variation de la conductivité était provoquée par le changement de la variété stable au-dessus de 200° ou une variété stable à température ordinaire, elle n'aurait pas été modifiée par les recuits ultérieurs. Il est aussi probable qu'une modification allotropique aurait influencé davantage le pouvoir thermo-électrique qui n'est presque pas changé par le recuit des alliages étain-aluminium.

Je crois donc que la variation de la résistance spécifique et du coefficient de température des alliages étain-aluminium est analogue au phénomène que j'ai étudié en collaboration avec M. Guntz ⁽²⁾ pour le tellure, dont la résistance spécifique peut être décuplée par des recuits successifs produisant la séparation de ses cristaux. La diminution du coefficient de température est produite dans ces conditions par l'augmentation de la résistance spécifique à laquelle on rapporte la variation de la résistance avec la température.

La courbe du pouvoir thermo-électrique à 0° correspond à la forme D, la courbe de la variation du pouvoir thermo-électrique à la forme D' de notre classification (voir p. 30). On peut voir sur le graphique (*fig. 29*) que les éléments représentant le mélange mécanique des constituants ne se confondent pas avec une droite.

La courbe de la force électromotrice de dissolution (*fig. 30*) présente le phénomène remarqué pour les alliages aluminium-zinc, mais à un degré beaucoup plus fort. La

⁽¹⁾ GUERTLER, *Z. f. Elektrochem.*, t. XV, 1909, p. 125.

⁽²⁾ GUNTZ et BRONIEWSKI, *J. Chim. phys.*, t. VII, 1909, p. 464; *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908.

force électromotrice maxima des alliages atteint 1,78 volts, alors que celle de l'aluminium est 1,20, celle de l'étain 0,93 volts. Cette courbe, si elle n'était pas contrôlée par d'autres propriétés électriques, aurait pu nous donner une fausse idée sur l'existence d'un composé défini dont la force électromotrice de dissolution est supérieure à celle des métaux composants. Lorsque les échantillons sont amalgamés par immersion dans du bichlorure de mercure, la courbe prend une allure régulière en se maintenant à 1,90 volts pour l'aluminium et pour tous les alliages.

La figure 37 représente une filiation aluminium-étain traitée par l'acide azotique dilué, qui attaque surtout l'étain. A gauche, nous y voyons des arborescences blanches formées par les cristaux d'aluminium; leur nombre et leur grandeur diminuent progressivement sans aucune discontinuité jusqu'à l'étain pur.

Les figures 38 et 39 reproduisent la structure des alliages répondant à la composition Al^1Sn et Al Sn . Cette structure est nettement hétérogène et ne peut pas correspondre à des composés définis.

L'étude des propriétés électriques et la micrographie indiquent pour la structure des alliages aluminium-étain une faible solution solide de l'étain dans l'aluminium et un mélange de cette solution avec l'étain. L'existence des composés définis Al^1Sn et Al Sn n'a pas été confirmée.

Aluminium-bismuth.

Historique. Étude des propriétés électriques. Micrographie.

L'aluminium et le bismuth ne sont pas solubles à l'état liquide en toutes proportions et forment en dehors de la limite de solubilité deux couches superposées. Des nombres très différents ont été indiqués sur la limite de solubilité.

MM. Heycock et Neville ⁽¹⁾ trouvent que le point de fusion du bismuth s'abaisse par l'addition de l'aluminium.

M. Guillet ⁽²⁾ indique qu'il lui a été impossible de mélanger le bismuth à l'aluminium, les culots obtenus se séparant d'une façon extrêmement nette en deux parties : l'une contenant tout l'aluminium et l'autre tout le bismuth.

Au contraire, M. Pécheux ⁽³⁾ affirme que pour les alliages contenant plus de 30 pour 100 de bismuth, il se forme trois couches : celle du bas, riche en bismuth, une couche supérieure à 10 pour 100 du bismuth et une couche intermédiaire. M. Pécheux affirme avoir obtenu ainsi « des

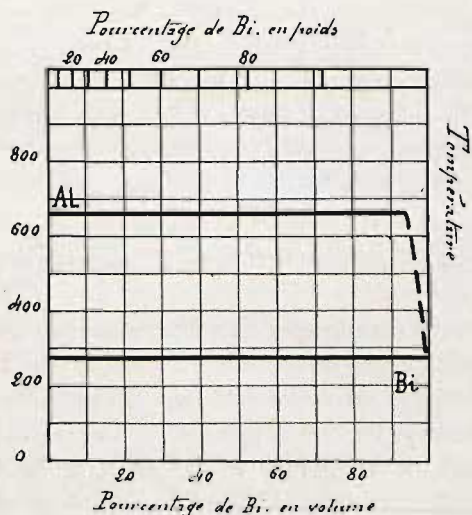


Fig. 31. — Fusibilité de Al Bi suivant M. Gwyer (1906).

alliages bien homogènes » renfermant de 6 à 25 pour 100 de bismuth.

M. Gwyer ⁽⁴⁾ trouve par l'analyse thermique que la

⁽¹⁾ HEYCOCK et NEVILLE, *J. Chem. Soc.*, t. LXI, 1892, p. 888.

⁽²⁾ GUILLET, *Bull. Soc. Encour.*, 2^e semestre 1902, p. 259.

⁽³⁾ PÉCHEUX, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1501.

⁽⁴⁾ GWYER, *Zs. anorg. Chem.*, t. XLIX, 1906, p. 316.

solubilité du bismuth dans l'aluminium est d'environ 4 pour 100, la solubilité de l'aluminium dans le bismuth d'environ 2 pour 100 à 650° et imperceptible au point de solidification du bismuth.

Les alliages intermédiaires à ces compositions se divisent en deux couches. La figure 31 reproduit la courbe de fusibilité obtenue par M. Gwyer.

Quelques nombres sur la force thermo-électrique des alliages aluminium-étain, par rapport au cuivre de 17°,5 à 180°, ont été donnés par M. Pécheux ⁽¹⁾. Les valeurs obtenues entre 17°,5 et 100° ont été les suivantes :

Pour 100 de Bi en poids.	Force th.-élect. en microvolts.	Pour 100 de Bi en poids.	Force th.-élect. en microvolts.
Al.....	—162,75	25.....	— 98,41
6.....	—155,19	Bi.....	— 59,16
12.....	—159,18	Pb.....	—211,96

Ces nombres indiquent un pouvoir thermo-électrique qui s'éloigne davantage de la ligne du plomb que dans mes expériences.

Le bismuth de commerce dit chimiquement pur contenait quelques millièmes de plomb et d'étain. Vu la grande sensibilité des propriétés électriques du bismuth pour les moindres traces de ces impuretés, je l'ai purifié électrolytiquement. L'électrolyse se faisait à froid dans une solution acide d'azotate de bismuth; comme anode, servait le bismuth de commerce; comme cathode, une plaque de graphite. Les propriétés électriques du bismuth ainsi obtenues, et particulièrement le coefficient de température de sa résistance, nous ont montré qu'il pouvait être considéré comme pur. La densité du bismuth admise pour le calcul du pourcentage en volume est 9,78.

Avant la coulée, l'alliage fondu était fortement remué.

(1) PÉCHEUX, *Comptes rendus*, 1904, p. 1202.

Les lingots renfermaient les proportions voulues des deux métaux, mais avaient une structure visiblement hétérogène, étant formés d'un mélange ou d'une émulsion.

Les nombres obtenus dans l'étude des propriétés électriques des alliages aluminium-bismuth sont indiqués dans le Tableau suivant et ont servi à la construction des diagrammes reproduits sur les figures 32, 33, 34 et 35.

Les courbes de conductivité (*fig. 32*) et du coefficient de température (*fig. 33*) montrent qu'une addition de l'aluminium au bismuth diminue la grandeur de ces deux propriétés électriques, surtout pour l'alliage trempé. Ceci nous indique l'existence d'une solution solide de l'aluminium dans le bismuth et la décomposition partielle de cette solution par le recuit. La solubilité du bismuth dans l'aluminium paraît assez douteuse à l'état solide, et il faudrait attribuer aux courbes considérées plutôt la forme C' que la forme D de notre classification (*voir p. 14*).

Les courbes du pouvoir thermo-électrique et de sa variation (*fig. 34*) prennent la forme D' de notre classification (*voir p. 30*). L'existence de la solution solide de l'aluminium dans le bismuth y est visible pour l'alliage trempé, mais ne se manifeste presque pas pour l'alliage recuit.

La courbe de la force électromotrice de dissolution (*fig. 35*) présente la même anomalie dans sa forme que pour les alliages de l'aluminium avec le zinc et l'étain. La forme de la courbe prend une allure normale si l'on dépolarise par amalgamation l'aluminium et ses alliages.

La figure 40 reproduit une filiation aluminium-bismuth attaquée par de l'acide azotique dilué. Les deux métaux sont nettement séparés par une surface convexe pour l'aluminium et concave pour le bismuth. Dans le bismuth, on voit des globules d'aluminium provenant d'une diminution de sa solubilité à l'état liquide et des petits cristaux d'aluminium séparés pendant la solidification. Des

Propriétés électriques des alliages aluminium-bismuth.

Composition pour 100 de	Conductivité $\times 10^3$.	Coefficient de température.		Pouvoir thermo-électrique.		$\frac{dE}{dt} = A + Bt$.		F. e. m. de dissolution.			
		Recuit.	Trempe.	Recuit.	Trempe.	A.		B.			
						Recuit.	Trempe.	Recuit.	Trempe.	Max.	Min.
Formules. enveloppe.											
Al.....	0	40,1	38,5	0,00425	0,00410	— 0,07	— 0,04	— 0,0002	— 0,0006	1,20	1,10
»	1,89	34,3	32,0	0,00420	0,00408	— 0,36	— 0,25	— 0,0001	— 0,0005	1,54	1,19
»	4,83	30,4	28,5	0,00418	0,00382	— 0,85	— 0,46	— 0,0012	— 0,0001	1,55	1,20
»	10	27,8	26,1	0,00391	0,00343	— 0,92	— 0,54	— 0,0020	— 0,0002	1,58	1,21
»	30	12,8	11,7	0,00338	0,00238	— 9,27	— 9,06	— 0,0205	— 0,0209	1,53	1,20
»	50	5,21	5,14	0,00324	0,00158	— 21,9	— 22,5	— 0,0214	— 0,0214	1,51	1,12
»	70	2,19	2,18	0,00285	0,00150	— 32,6	— 36,8	— 0,0360	— 0,0336	1,38	0,80
»	90	1,37	1,09	0,00322	0,00117	— 45,7	— 55,1	— 0,0012	— 0,0302	0,68	0,61
»	94,6	0,94	0,83	0,00339	0,00121	— 52,7	— 58,6	+ 0,0124	— 0,0348	0,60	0,59
»	97,9	0,85	0,70	0,00398	0,00225	— 57,8	— 65,6	+ 0,0146	— 0,0201	0,60	0,59
Bi électro- lytique..	100	0,93	0,85	0,00478	0,00431	— 58,7	— 55,7	+ 0,0326	— 0,0034	0,60	0,59
Bi de com- merce...	100	»	0,61	»	0,00082	»	— 47,4	»	— 0,1940	0,58	0,56

W. BRONIEWSKI.

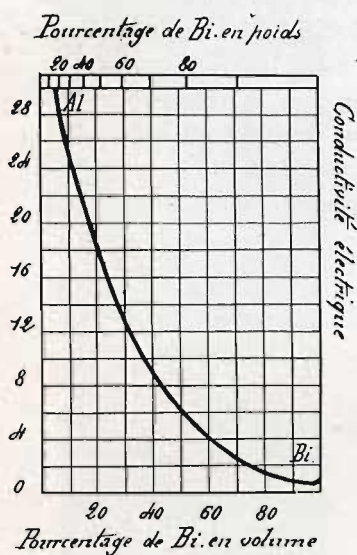


Fig. 32. — Al Bi. Conductivité électrique.

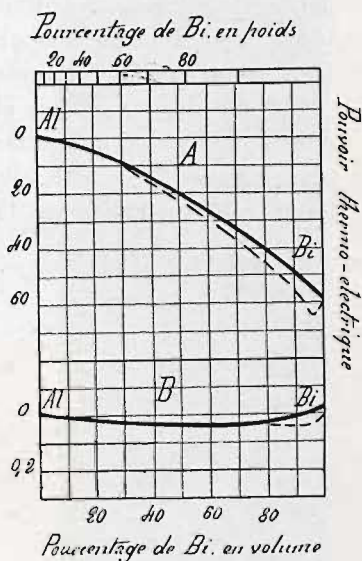


Fig. 34. — Al Bi. Pouvoir thermo-électrique.

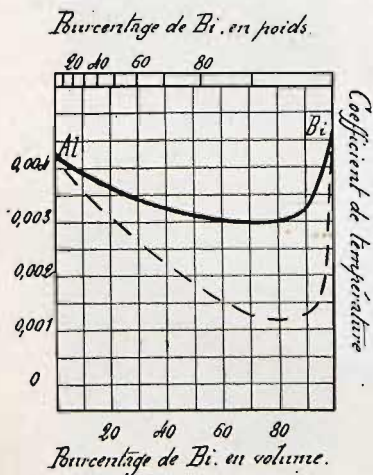


Fig. 33. — Al Bi. Coefficient de température.

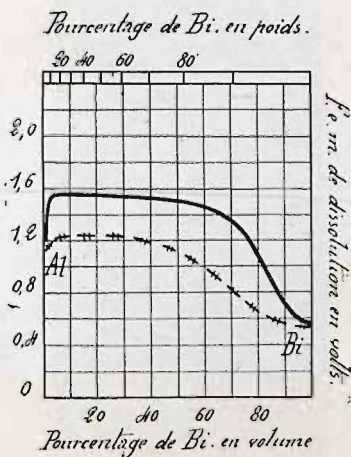


Fig. 35. — Al Bi. F. e. m. de dissolution.

petits globules dans l'aluminium nous montrent que le bismuth y est partiellement soluble à l'état liquide, mais bien moins que l'aluminium l'est dans le bismuth.

L'étude des propriétés électriques et la micrographie nous conduisent à admettre que dans les alliages aluminium-bismuth il n'existe, à la température ordinaire, qu'une faible solution solide de l'aluminium dans le bismuth.

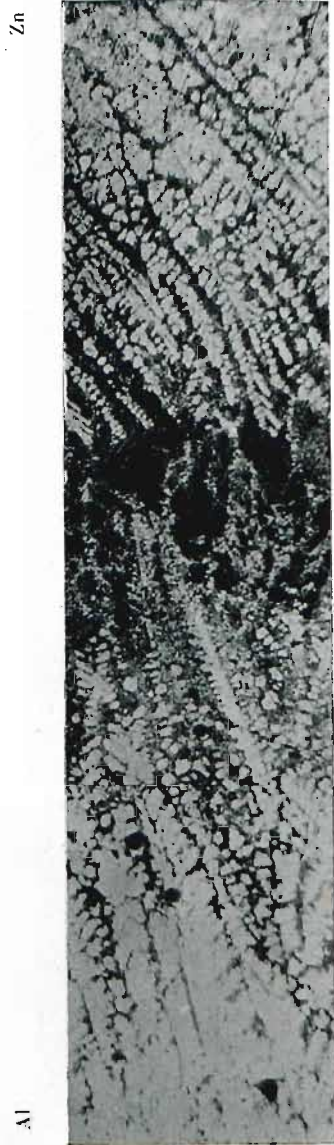


Fig. 36. — Filiation aluminium-zinc. Gr. 60.

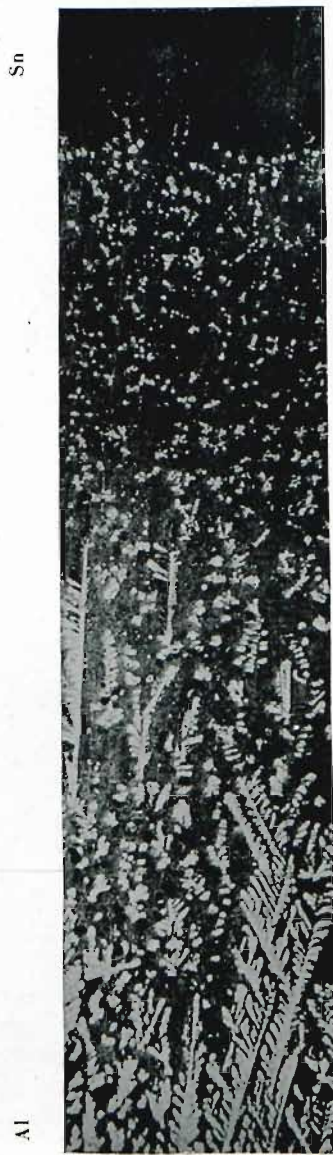


Fig. 37. — Filiation aluminium-étain. Gr. 60.

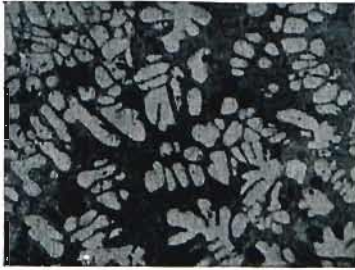


Fig. 38. — Composition Al_3Sn .
Gr. 60.

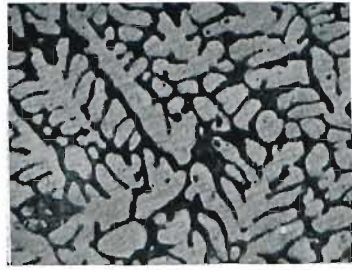


Fig. 39. — Composition AlSn .
Gr. 60.

Al

Bi

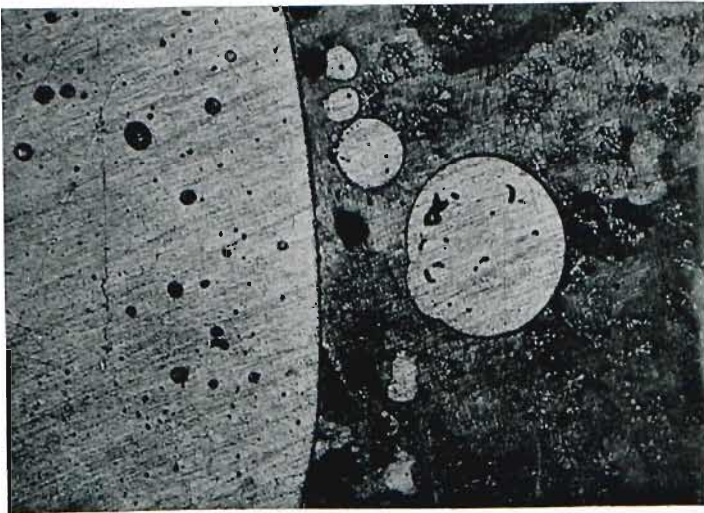


Fig. 40. — Filiation aluminium-bismuth. Gr. 60.