



HAL
open science

Sur la constitution des alliages eutectiques

G. Charpy

► **To cite this version:**

G. Charpy. Sur la constitution des alliages eutectiques. J. Phys. Theor. Appl., 1898, 7 (1), pp.145-151.
10.1051/jphystap:018980070014500 . jpa-00240160

HAL Id: jpa-00240160

<https://hal.science/jpa-00240160>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SUR LA CONSTITUTION DES ALLIAGES EUTECTIQUES ;

[Par M. G. CHARPY.]

Au cours d'une série de recherches sur la constitution des alliages métalliques, d'après l'étude micrographique de ces substances⁽¹⁾, nous avons eu à examiner spécialement le cas des alliages *eutectiques* ou alliages *à point de fusion minimum*.

On a longtemps admis que le mélange de deux corps, dans des proportions telles que le point de fusion soit inférieur à celui de tous les autres mélanges des mêmes corps, correspondait à un composé défini.

Cette idée préconçue semble même avoir conduit certains expérimentateurs à admettre des résultats inexacts en ce qui concerne la composition de ces alliages. C'est ainsi que Rudberg indique que le mélange d'étain et de bismuth le plus fusible est celui qui correspond à la formule Sn^3Bi^2 , et se liquéfie à 143° ; en réalité, d'après Guthrie, l'alliage le plus fusible d'étain et de bismuth fond à 133° ; il contient 46,1 0/0 de bismuth, au lieu de 45,74 qu'indiquerait la formule Sn^3Bi^2 .

Le fait que la composition des alliages eutectiques ne peut s'exprimer, en général, par des multiples simples des poids atomiques, a été nettement mis en évidence par le D^r Guthrie dans une série de mémoires publiés, par le *Philosophical Magazine*, de 1875 à 1884. M. Guthrie a envisagé successivement la solidification des solutions salines dans l'eau, des mélanges de sels fondus et des alliages métalliques, et il conclut que, dans ces trois cas, le corps qui se solidifie à la température la plus basse a une constitution spéciale pour laquelle il propose la dénomination d'eutectique.

Nous citerons ici quelques passages de son dernier mémoire intitulé : *On Eutexia* (*Philosophical Magazine*, juin 1884) :

« Les alliages eutectiques, dont beaucoup étaient imparfaitement connus et les alliages eutectiques des sels, que je décrirai, sont les homologues parfaits des cryohydrates.

« L'idée que les alliages à point de fusion minimum sont obtenus en mélangeant les métaux suivant des multiples simples de leurs poids

(1) *Étude microscopique des alliages métalliques* (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, mars 1896).

atomiques doit vraisemblablement être mise de côté. De même que le cryohydrate se forme de lui-même quand on refroidit une solution de concentration quelconque, de même l'alliage eutectique se forme de lui-même quand on refroidit un alliage de composition quelconque.

On peut admettre que certains métaux se combinent suivant des multiples simples de leurs poids atomiques. Les alliages eutectiques présentent, par rapport à ces corps, la même relation que les cryohydrates par rapport aux hydrates ordinaires, et, comme pour les cryohydrates, leurs constituants ne sont pas dans la proportion des multiples simples de leurs poids atomiques ; mais leur composition n'en est pas moins bien fixée, ni leurs propriétés moins bien définies.

« De même qu'un sel peut s'unir avec l'eau qu'il fixe à l'état d'eau de cristallisation et s'unir aussi pour former un cryohydrate, de même deux métaux peuvent se combiner suivant une certaine proportion pendant qu'ils forment un alliage eutectique défini suivant une autre proportion. Les corps mêmes résultant de la combinaison chimique de deux métaux pourront probablement former le point de départ de nouvelles séries d'alliages eutectiques formés d'un métal simple, d'une part, et de l'alliage défini, d'autre part. »

Lorsque deux métaux peuvent se mélanger en toutes proportions, on est donc conduit à considérer quelques-uns de ces alliages comme plus particulièrement définis ; les uns, véritables combinaisons chimiques, formés avec dégagement de chaleur par l'union de multiples simples des poids atomiques ; les autres, formant la partie qui se solidifie la dernière quand on laisse refroidir un alliage quelconque, présentent une composition parfaitement constante, mais qui n'est pas, en général, exprimable par une formule simple. Ces corps-là sont comparables aux mélanges qui distillent avec une composition constante (mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau, mélanges d'alcool et d'eau, etc.), ce qui, comme l'a montré M. Berthelot, n'implique nullement le caractère de composé défini.

Quelle est donc la composition de ces mélanges eutectiques ? Sont-ce des combinaisons chimiques d'une nature particulière ou bien des mélanges homogènes, sortes de dissolutions solides comparables aux verres, ou enfin de simples mélanges hétérogènes dans lesquels les deux corps sont juxtaposés dans un état de division extrême ? Diverses recherches ont été effectuées pour élucider cette question. M. Offer, par des expériences décrites dans les *Berichte*

de l'Académie de Vienne, en 1880, montra que les cryohydrates, c'est-à-dire les mélanges eutectiques des solutions salines ne forment jamais de cristaux bien nets et transparents, mais des masses opaques ; que l'alcool dissout la glace et laisse un réseau cristallin de sel solide ; que la chaleur de dissolution d'un cryohydrate est la somme des chaleurs de dissolution de la glace et du sel ; enfin que le poids spécifique est égal à la moyenne de ceux des constituants.

En 1895, M. Ponsot a étudié au microscope la formation des cryohydrates ou cryosels ⁽¹⁾.

En employant des sels colorés ou utilisant les phénomènes de polarisation, il a pu constater que les cryohydrates étaient formés par des cristaux juxtaposés de glace pure et de sel solide, ce sel pouvant d'ailleurs être anhydre ou hydraté.

Les expériences de M. Offer et de M. Ponsot semblent démontrer nettement que les mélanges eutectiques sont des mélanges hétérogènes. Cependant, dans un mémoire tout récent, M. Flavitsky n'adopte pas cette conclusion ⁽²⁾.

« On a souvent, dit-il, attribué la production des cryohydrates à des forces purement physiques ; mais l'étude attentive de la formation de ces composés nous démontre que c'est un phénomène chimique. Les propriétés des corps réagissants ont été modifiées, les deux matières solides passent à l'état liquide et prennent une température bien déterminée, indépendante de leur température initiale. Ceci ne s'explique que par la formation d'un nouveau corps fusible à une température déterminée. »

Ceci s'explique fort bien, au contraire, si l'on considère les cryohydrates comme résultant de la solidification d'une solution qui est en équilibre à la fois avec le sel solide et avec la glace pure. Les arguments de M. Flavitsky ne nous semblent donc pas contredire les faits observés par M. Ponsot.

L'étude microscopique des alliages eutectiques des métaux nous a donné des résultats identiques à ceux que l'étude microscopique des cryohydrates avait fournis à M. Ponsot. Considérons, par exemple, l'alliage eutectique d'étain et de bismuth. On a préparé 200 grammes environ de cet alliage en fondant ensemble de l'étain et du bismuth

(1) *Recherches sur la congélation des solutions aqueuses étendues*. Thèse de doctorat. Paris, Gauthier-Villars, 1896. — Voir *Journ. de phys.*, 3^e série, t. IV, p. 67; 1896.

(2) *Journal de la Société physico-chimique russe*, 1896 : « Sur la nature des cryohydrates ».

dans la proportion indiquée par M. Guthrie, soit 46,1 de bismuth pour 53,9 d'étain. On amène cet alliage à l'état liquide et on le laisse refroidir lentement. Quand la majeure partie est solidifiée, on décante la partie restée liquide qui possède alors exactement la composition de l'alliage eutectique. Cette partie décantée sert, après solidification, à l'examen de la structure.

L'examen d'une plaquette polie et décapée à l'acide chlorhydrique très étendu, qui ne dissout que l'étain, montre que les deux métaux sont simplement juxtaposés; les cristaux sont excessivement ténus et ne se distinguent nettement qu'avec d'assez forts grossissements. La *fig. 1* reproduit la photographie d'une de ces plaquettes au grossissement de 500 diamètres; les parties blanches correspondent au bismuth, les parties noires à l'étain, qui a été creusé par l'acide.



FIG. 1.

Cette structure, très finement feuilletée, semble caractéristique des alliages eutectiques. Nous l'avons retrouvée dans tous ceux que nous avons examinés; elle est parfaitement visible dans les portions d'alliage eutectique qui se solidifient dans un alliage quelconque, englobant des cristaux d'un métal pur ou d'un composé défini. La *fig. 2* reproduit la photographie, au grossissement de 500 diamètres, d'un alliage contenant 66 0/0 d'argent et 34 0/0 d'antimoine. La plaquette a été traitée par l'acide sulfhydrique, qui noircit l'argent et ne modifie pas l'antimoine. On voit sur cette figure un certain nombre d'arêtes rectilignes auxquelles viennent aboutir des ramifications et qui des-

sinent des groupements rappelant les formes cristallines de l'antimoine. Ce fait se reproduit assez fréquemment.



FIG. 2.

Dans un grand nombre d'autres alliages nous avons observé la même structure de l'alliage eutectique.



FIG. 3.

A de plus faibles grossissements le dédoublement de l'alliage eutectique peut ne pas être distinct, et l'on perçoit alors seulement les parties solidifiées les premières et qui forment des cristaux de

plus grandes dimensions. Les *fig. 3* et *4* reproduisent l'aspect d'alliages d'étain et de bismuth contenant l'un 20 0/0 de bismuth, l'autre 60 0/0 de bismuth, au grossissement de 50 diamètres. Les plaquettes ont été lavées à l'acide chlorhydrique étendu qui ne dissout pas le bismuth.



FIG. 4.

Dans le premier il s'est produit une cristallisation d'étain, sous forme d'aiguilles à ramifications dendritiques qui paraissent en noir sur la *fig. 3*. Les parties blanches correspondent à l'alliage eutectique ; au grossissement employé on n'aperçoit pas le dédoublement de cet alliage, qui a cependant la structure indiquée par la *fig. 1*.

Dans le deuxième alliage le mélange eutectique, plus riche en étain, s'est attaqué le premier et paraît en noir sur la *fig. 4*, laissant voir, en blanc, de larges tables de bismuth qui ont cristallisé au sein du mélange liquide. Ici encore, l'emploi de forts grossissements révèle, dans les parties noires de la *fig. 4*, l'existence de la structure feuilletée des *fig. 1* et *2*.

Les alliages eutectiques, dont la composition est parfaitement déterminée, se présentent donc, à l'état solide, sous forme de simples mélanges de leurs constituants. L'état de division extrême de ces constituants suffit à leur donner des propriétés particulières ; on conçoit, en particulier, pourquoi, dans un grand nombre de cas, ils présentent une cassure conchoïdale qui conduit, à première vue, à les considérer comme des corps homogènes.

Alliages de fer et de carbone. — La microstructure des alliages de fer et de carbone, particulièrement des aciers, a fait l'objet d'un nombre de recherches considérable, depuis le jour où le Dr Sorby créa la métallographie microscopique en l'appliquant à l'étude de ces métaux. Il peut être intéressant néanmoins de rapprocher quelques-uns des faits acquis de ceux qui viennent d'être signalés.

Si l'on rapproche les travaux les plus récents sur la question, dus à MM. Osmond, Arnold et Albert Sauveur, on voit que l'accord est à peu près fait sur la nature des constituants de l'acier à l'état normal, c'est-à-dire refroidi assez lentement, à partir d'une température élevée, pour que les diverses transformations du fer et du carbone puissent se produire complètement. Les constituants sont au nombre de trois, si on laisse de côté le graphite, qui n'apparaît que dans des circonstances particulières et les formes de transition qui ne sont pas, à proprement parler, des constituants. Ce sont :

- 1° La ferrite, formée de fer à peu près pur ;
- 2° La cémentite, carbure de fer répondant à la formule Fe^3C ;
- 3° La perlite, constituant répondant à la formule Fe^{24}C , soit 0,89 0/0 de carbone, mais que l'examen microscopique montre formée de couches alternées de ferrite et de cémentite.

Les aciers contenant moins de 0,89 0/0 de carbone sont formés de ferrite et de perlite ; les aciers contenant plus de 0,89 0/0 de carbone sont formés de perlite et de cémentite.

Si l'on remarque que la perlite a une constitution identique à celle des alliages eutectiques, formés, eux aussi, de couches alternées de deux constituants différents, on voit qu'il y a une analogie frappante entre la constitution des aciers et celle des alliages d'étain et de bismuth, par exemple ; les aciers sont formés avec le fer et le carbure de fer, comme ces alliages avec l'étain et le bismuth, la perlite correspondant à l'alliage eutectique. La seule conclusion que nous voulions tirer de là est qu'il n'y a aucune raison pour considérer l'alliage à 0,89 0/0 de carbone comme un composé défini, ainsi que l'a proposé récemment M. Arnold. Toutes les propriétés invoquées dans ce but se retrouvent dans les alliages formés par de simples mélanges, quand on passe par l'alliage eutectique qui constitue un point critique pour toutes les propriétés, mais qui n'est nullement, pour cela, un composé défini, ainsi que cela résulte des différents travaux énumérés plus haut.
