

**De l'action de la pression sur les corps solides en poudre;**  
par **M. W. SPRING.**

(Notice destinée à faire suite aux observations de MM. Ed. Jannettaz, Neel et Clermont sur la cristallisation des corps à de hautes pressions.)

M. Friedel (1), et MM. Jannettaz, Neel et Clermont (2) ont contesté certains résultats que j'avais obtenus en soumettant à une forte pression la poudre de divers corps solides. D'après les expériences de ces savants, une haute pression ne produirait la cristallisation d'aucune des poudres examinées. Selon MM. Jannettaz, Neel et Clermont, il y aurait plus encore : les masses produites par la compression des poudres *ne différeraient même en rien de la poudre employée pour les obtenir* ; c'est-à-dire que, si je comprends bien la pensée de mes honorables contradicteurs, l'aurais dépassé le fait en disant, dans mon premier travail sur cette question (3), que les corps solides jouissaient, à des degrés divers, de la propriété de se souder quand ils se trouvaient en

(1) *Bulletin de la Société chimique*, séance du 11 mai 1883, t. **39**, p. 626.

(2) *Bulletin de la Société chimique*, 8 juin 1883, t. **40**, p. 51 et suiv.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 5<sup>e</sup> série, t. **22**, p. 170.

contact intime sous l'action d'une pression suffisante (1). Enfin, M. Jannettaz a répété aussi mes expériences sur la combinaison des éléments au moyen de la pression; il a obtenu des résultats négatifs (2). En un mot, il faudrait passer l'éponge sur le tableau de tous les résultats que j'avais publiés, ainsi que sur celui de toutes les conclusions plus ou moins générales que j'en avais tirées. Il est bien clair, en effet, que si, en thèse absolue, certains corps ne cristallisent pas sous l'action d'une pression suffisante, il devient illusoire de dire, comme je l'ai fait, qu'un corps solide peut passer d'un état allotropique à un autre par l'action de la pression seule. J'avais conclu de la sorte, en observant que si l'on soumettait à une pression suffisante du soufre plastique, on obtenait un bloc de soufre dur, cristallin dans la cassure et ayant le poids spécifique et le point de fusion du soufre octaédrique.

J'ai été d'autant plus étonné d'apprendre que mes résultats n'avaient pas trouvé de confirmation, que l'année précédente, en 1882, M. W. S. C. Roberts (3), en répétant à Londres mes expériences, en avait vérifié l'exactitude. Les choses étant telles, on peut présumer déjà que la contradiction dont il s'agit est plutôt apparente que réelle et qu'elle est due très probablement à un malentendu, sinon à une inobservation de l'une ou l'autre des conditions dans lesquelles j'avais fait mes expériences. Comme il est de l'intérêt de la science que la question reçoive une solution, il me sera permis d'attirer l'attention des lecteurs du *Bulletin* sur les points suivants :

1° L'article de MM. Jannettaz, Neel et Clermont porte à croire que j'avais énoncé la cristallisation des corps à haute pression

(1) MM. Jannettaz, Neel et Clermont disent, à la vérité, dans leur note, que toutes les poudres qu'ils ont comprimées jusque 6,000 et même 8,000 atmosphères « se sont comme agglutinées en masses solides.... que le sel gemme est devenu assez translucide, etc. » mais après ils affirment que les masses obtenues par la compression ne diffèrent en rien de la poudre employée (iodure de mercure, ou qu'elles ne sont évidemment que les poussières primitives assez fortement agrégées, etc.

Si j'é ne me trompe, c'est bien là nier que les poudres se soudent sous l'action de la pression. Quoi qu'il en soit d'ailleurs, si l'intention n'a pas été de nier l'effet de la pression sur les poudres, il n'en est pas moins vrai que l'article en question fait naître cependant cette pensée dans l'esprit du lecteur. Je crois que tout le monde sera d'accord sur ce point.

(2) *Bulletin de la Société chimique*, l. c., p. 50.

(3) *Results obtained in repeating the experiments of W. Spring*. Physical Society, 20 mai 1882, p. 231.

comme un fait général, peut-être même comme une propriété fondamentale de la matière. C'est une erreur; en voici la preuve évidente. Parmi les *quatre-vingt trois* substances comprimées en 1880 et mentionnées dans mon premier travail, j'en signalai *sept* seulement comme ayant présenté, après compression, une cassure cristalline plus ou moins complète, c'étaient : le bismuth, le zinc (à 130° seulement), le soufre, le peroxyde de manganèse, le sulfure de zinc, le sulfure de plomb et le biiodure de mercure. Les autres corps, au nombre de soixante-seize, n'avaient pas même manifesté la moindre trace de cristallisation; plusieurs parmi eux ne s'étaient même pas agglomérés. J'appelais particulièrement l'attention, sous ce rapport, sur l'alumine, sur la craie, sur la silice et sur d'autres encore. De l'alumine, je disais : *Dans aucun cas, les blocs d'alumine obtenus n'ont présenté une grande dureté...* IL PARAÎT DONC SANS FONDEMENT DE CONCLURE QUE SI LA PRESSION AVAIT ÉTÉ PLUS FORTE, L'ALUMINE SE SERAIT CHANGÉE EN CORINDON OU EN UNE VARIÉTÉ ANALOGUE. De la craie, je disais qu'on obtenait des blocs *ressemblant, quant à leur dureté, aux bâtons de craie à écrire* sans parler d'une cristallisation même imparfaite; de la silice, *que le résultat de la compression était nul.*

Il est superflu, je pense, de faire ressortir davantage que je n'ai jamais prétendu qu'une haute pression fit cristalliser absolument tous les corps. En réalité, j'ai été si éloigné d'énoncer cette proposition que je n'y ai même fait aucune allusion dans le titre de mon mémoire. J'ai insisté seulement sur la propriété des corps solides de se souder à de hautes pressions et j'ai montré, à cette occasion, que plusieurs corps se soudaient mieux à l'état cristallin qu'à l'état amorphe. C'était le cas, par exemple, pour le spath d'Islande en poudre qui fournissait, par la compression, un bloc plus dur que la craie. Mais on conviendra qu'il y a loin de là à prétendre que la pression fait cristalliser tous les corps.

Je tiens d'autant plus à dissiper le malentendu auquel mon premier travail, sur la matière, vient de donner lieu, qu'il a pour effet de présenter les résultats de mes honorables contradicteurs comme entièrement opposés aux miens, tandis qu'ils concordent en réalité, ainsi qu'on le verra, sur le plus grand nombre des points. J'ajouterai même que j'ai trouvé, il y a peu de temps, des corps cristallisés que la pression rendait amorphes et qui cristallisaient de nouveau, lentement, lorsqu'ils étaient abandonnés à eux-mêmes.

La faculté *de certains corps* de cristalliser à de hautes pressions n'a donc rien d'absolu. J'aurai l'occasion de revenir prochainement sur ce point en faisant connaître, en détail, mes observations nouvelles; pour le moment, je retourne au sujet qui nous occupe.

Pour vérifier si les corps cristallisaient à de hautes pressions, MM. Jannettaz, Neel et Clermont ont comprimé *vingt* substances différentes. Parmi celles-ci se trouvaient *seize* poudres pour lesquelles j'avais constaté moi-même, en 1880, la *non-cristallisation*; on y remarque la craie, la silice, l'alumine, etc. Loin de différer beaucoup, on voit que nous sommes bien d'accord sur les quatre cinquièmes des points.

Restent quatre corps que je signalais comme cristallisant sous pression; savoir : le bismuth, le sulfure de zinc, le sulfure de plomb et le biiodure de mercure. Je prouverai tantôt que les produits obtenus par moi étaient bien cristallins, mais pour le moment, je ferai déjà remarquer que le fait n'est pas, en somme, si nouveau qu'il le paraît. Ne sait-on pas, depuis longtemps déjà, que si l'on exerce une pression même modérée sur l'*iodure jaune* de mercure on obtient de l'*iodure rouge*, c'est-à-dire cristallin? Je n'ai fait, pour ma part, que donner une démonstration plus nette, peut-être, de ce fait (1).

2° Je viens de le dire, le but principal de mes recherches avait été de vérifier si l'on ne retrouverait peut-être pas, dans les corps solides, la trace de quelques-unes des propriétés physiques des corps liquides et, en toute première ligne, celle des gouttelettes d'un même liquide de se confondre sitôt qu'elles se trouvent en contact. La condition essentielle à réaliser était donc le contact parfait des particules des corps solides. J'avais cru y parvenir en employant des corps en poudres *fraîches* exemptes de toute matière liquide ou grasse, et en exerçant sur elles une pression suffisante à obliger les particules à s'aplatir les unes sur les autres. L'expérience me montra (2), en 1878, que pour obtenir des résultats satisfaisants, il fallait non seulement comprimer des poudres bien propres, mais qu'on devait même se garder d'emprisonner de l'air entre les grains; en un mot : on devait opérer dans le vide. Je fis alors construire l'appareil qui me servit en 1880,

(1) Voir mon article *Bildung von Legirungen durch Druck*. (*Deutsche chemische Gesellschaft*, t. 15, p. 595).

(2) *Bulletin de l'Académie de Belgique*, 2<sup>e</sup> série, t. 15, juin 1878.

Or, MM. Jannettaz, Neel et Clermont n'ont pas agi dans le vide; ils nous apprennent, de plus, qu'ils se sont servis, entre autres, *des poudres des métaux employées comme couleurs en peinture*. Ces poudres sont toujours souillées de matières étrangères. En outre, en comprimant l'alumine, ils ont observé que celle-ci perdait de l'eau, *non pas celle de combinaison, mais seulement cette eau qui s'y trouve interposée mécaniquement*. On ne pourrait mieux dire que la poudre d'alumine n'était pas sèche. Si j'appelle l'attention sur cette circonstance, c'est uniquement pour indiquer qu'il me reste un doute sur la question de savoir si les poudres employées dans ces expériences de contrôle avaient subi la même préparation que les miennes.

Il se pourrait bien que le résultat négatif, obtenu par M. Jannettaz, quant à la combinaison chimique des éléments à l'aide de la pression, trouvât également sa raison d'être dans l'état des poudres employées.

3° La cristallisation de certains corps sous pression (bismuth, etc.) ayant été affirmée par moi, c'est à moi aussi d'en faire la démonstration. J'ai prié, à cet effet, M. Friedel de m'autoriser à lui montrer les produits obtenus en 1880, ainsi qu'à répéter, sous ses yeux, au moyen de l'un de mes appareils, quelques-unes de mes expériences, afin de démontrer les trois résultats fondamentaux de mes recherches, savoir que : 1° les corps se soudent sous l'action de la pression; 2° la pression peut faire passer un corps d'un état allotropique à un autre (soufre); 3° la pression détermine la combinaison des éléments.

M. Friedel a accueilli ma demande de la façon la plus aimable et je suis heureux de pouvoir remercier ici encore cet illustre savant pour l'intérêt amical qu'il a bien voulu porter à mes expériences.

Les vérifications ont eu lieu dans le laboratoire de M. Friedel, en présence de MM. A. Combes, Le Chatelier, A. Rigout, L. Roux et Winssinger, que M. Friedel a bien voulu inviter à y assister (1).

Ces messieurs ont constaté qu'effectivement les masses de bismuth, de zinc, de soufre, de peroxyde de manganèse, de sulfure de zinc, de sulfure de plomb, de biiodure de mercure, etc., que j'avais obtenues par compression en 1880, répondaient à la description

(1) J'ai beaucoup regretté l'absence de M. Jannettaz qui ne se trouvait pas à Paris à cette époque.

donnée dans mon premier travail. En cassant les lamelles de bismuth et de zinc qui s'étaient formées par l'écoulement du métal soudé, dans les fentes du compresseur, on a pu voir que leur texture était bien cristalline. Le soufre avait la cassure du soufre octaédrique; le peroxyde de manganèse, le sulfure de zinc et le biiodure de mercure présentaient une cassure saccharoïde au microscope; enfin, le sulfure de plomb montrait, ainsi que je l'avais dit en 1880, des surfaces planes à éclat métallique au milieu d'une masse compacte noire.

J'ai montré aussi des échantillons de sulfure d'argent, de sulfure de bismuth, de sulfure d'étain, comprimés récemment, qui avaient pris également, sous pression, une texture saccharoïde au microscope.

Enfin, on a pu s'assurer, par l'examen d'un grand nombre de produits, trop longs à détailler ici, que la pression déterminait les solides à se souder d'une manière plus ou moins parfaite selon la nature de la matière (ainsi que je l'avais dit en 1880), et que les éléments se combinaient à haute pression.

3° J'ai comprimé ensuite, dans le laboratoire de M. Friedel, un mélange fait de 15 parties de bismuth, 8 parties de plomb, 4 parties d'étain et 3 parties de cadmium (alliage de Wood), le tout en limaille et j'ai obtenu, en effet, un bloc qui a fondu dans l'eau chaude.

Je crois que la formation des alliages sous pression est peut-être la preuve la plus complète que l'on puisse donner de la propriété des métaux de se souder, même à froid, dès qu'ils sont mis en contact intime.

J'ai montré aussi la formation du soufre cristallin octaédrique en comprimant du soufre amorphe.

Enfin, en comprimant un mélange de zinc en poudre et de soufre, j'ai obtenu du sulfure de zinc. Le fait a été constaté en traitant la masse obtenue par de l'acide chlorhydrique étendu : *il s'est produit immédiatement un dégagement d'acide sulfhydrique*.

Comme le zinc et le soufre ne se combinent pas directement, même à chaud, la formation du sulfure de zinc à l'aide de la pression me paraît bien montrer le rôle que joue celle-ci dans la formation de la combinaison. Ce que je disais donc, dans un travail précédent (1) tant de la combinaison des éléments sous pression

(1) Voir le *Bulletin de la Société chimique*, t. 39, p. 641.

que de la propriété des corps solides de se souder sous pression, se trouve par conséquent vérifié.

4° Un mot encore :

Suivant MM. Jannettaz, Neel et Clermont, la poudre des corps solides fortement comprimée se transformerait en une masse schisteuse : le plan de la schistosité serait perpendiculaire à la direction de la pression. J'ai observé quelquefois aussi cette texture schisteuse dans les masses comprimées, mais seulement quand les poudres employées n'étaient pas complètement propres ou quand on ne comprimait pas dans le vide.

Je possède d'autre part plusieurs centaines d'échantillons des matières les plus diverses ne présentant pas trace de schistosité. L'apparition de la schistosité est un phénomène secondaire dû à l'interposition, entre les particules des corps solides, de matières étrangères liquides ou gazeuses qui empêchent l'agglutination complète de la poudre. On peut la produire à volonté.

Je reviendrai du reste, plus tard, sur ce point — et sur d'autres aussi — quand je rendrai compte des expériences qui me restent encore à faire sur l'action de la pression sur les corps solides.