

Sur les quantités de chaleur dégagées pendant la compression des corps solides; par M. W. SPRING.

M. Ed. Jannettaz a soumis un bloc de métal de cloche à une pression évaluée à 6,000 atmosphères, et il a vu (1) « le bloc s'élançer d'entre les plateaux compresseurs en éclats qui ont volé de toutes parts autour de lui. Ces éclats étaient presque brûlants lorsqu'on les a ramassés; ils étaient couverts, dans une grande partie de leur étendue, d'une sorte de vernis jaune d'or, qui indiquait une fusion superficielle de la matière et qui n'était pas sans analogie avec celui dont sont enveloppées les pierres météoriques ».

À la suite de cette expérience, M. Jannettaz pense que la compression des corps solides détermine le dégagement de « quantités considérables de chaleur », et il attribue la formation des combinaisons chimiques sous pression plutôt à la chaleur que produit la pression qu'à celle-ci même (2).

À mon avis, il y a là une erreur, et je tiens à le dire, si je n'ai pas touché, dans mes précédents articles, la question de la quantité de chaleur que peut produire une pression de quelques mil-

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. 12, p. 233.

(2) *Bulletin de la Société chimique*, t. 41, p. 114.

liers d'atmosphères s'exerçant sur un corps solide, c'est que je l'avais cru vidée par la théorie mécanique de la chaleur. Puisqu'il semble ne pas en être ainsi, je me permettrai d'appeler l'attention sur une considération spéciale importante, ainsi que sur quelques expériences nouvelles et peut-être décisives.

On le sait, tout dégagement de chaleur accompagnant une action mécanique a pour origine une consommation de travail. Cela étant, la pression *stationnaire* ou *inactive*, savoir celle qui s'exerce sans *espace parcouru*, ne peut absolument pas engendrer de chaleur; elle n'opère, en effet, aucun travail. Mais il n'en est pas de même de la pression *active* ou *dynamique*; celle-ci engendre de la chaleur pendant qu'elle travaille, c'est-à-dire pendant qu'elle produit une diminution de volume du corps sur lequel elle s'exerce. Pour connaître la quantité de chaleur produite, il suffit d'évaluer la grandeur du travail consommé.

Or, dans toutes les compressions faites sur des corps solides, à l'aide de mon appareil à poids et à levier, j'ai chaque fois pu m'assurer que le piston cessait de descendre, avant même d'avoir parcouru une course de 1 millimètre, quand on comprimait un bloc de 10 millimètres environ de hauteur sous 7,000 atmosphères. Le travail effectué pendant cette descente est mesuré par le produit du poids qui agit à l'extrémité du bras de levier par le chemin parcouru. Comme il faut charger l'extrémité du levier d'un poids de 280 kilogrammes pour obtenir une pression de 7,000 atmosphères, on aura la grandeur du travail dépensé par le produit :

$$280^k \times 12,5 \times 0^m,001 = 7 \text{ kilogrammètres,}$$

12,5 étant le rapport des bras de levier de l'appareil.

Toute la chaleur produite par une compression d'un cylindre d'un corps solide de 10 millimètres de haut doit provenir de ces 7 kilogrammètres, dans l'hypothèse, *exagérée*, où sa hauteur diminuerait de 1 millimètre sous une pression de 7,000 atmosphères. Or, 424 kilogrammètres équivalent à 1 calorie; donc, dans les conditions indiquées, on ne produira que 7: 424 ou 0,0165 de calorie.

Pour rendre ce résultat plus sensible, déterminons *l'élévation de la température* que ces 165 dixmillièmes de calorie peuvent produire dans un cylindre *en fer* de 8 millimètres de diamètre et de 10 millimètres de haut (1), dans l'hypothèse où la chaleur serait utilisée sans perte aucune.

(1) Ce sont les dimensions données par mon compresseur.

Ce cylindre aurait un poids de 3^{gr},516, et la chaleur spécifique du fer étant 0,114, on a :

$$\frac{1 \text{ cal} \times 1000}{0,114 \times 3^{\text{gr}},516} \times 0,0165 = 40^{\circ},64$$

Si l'on fait attention maintenant que toutes les pièces métalliques de l'appareil sont au *contact forcé* pendant la compression, on se convaincra qu'il est illusoire de ne tenir compte, dans le calcul, que de 3^{gr},516 de matière; bien certainement on devrait prendre un poids dix fois, cent fois plus fort. Les 40°,64 sont l'expression d'un maximum qui ne peut être atteint dans la pratique; en réalité, il s'agira tout au plus d'une élévation de la température de quelques centièmes de degrés.

Voici, du reste, quelques expériences démontrant l'exactitude des considérations théoriques précédentes :

1° On sait que la phorone est une substance cristalline, assez dure, qui fond à la température de 28°. Il me paraît évident que cette substance devrait entrer en fusion sous une pression de 7,000 atmosphères, si 6,000 atmosphères suffisaient vraiment à faire fondre superficiellement du métal de cloche. Cependant il *n'en a rien été*. Sous cette forte pression, les fragments des cristaux de phorone se sont soudés en une masse compacte, mais sans entrer d'abord en fusion. Je me suis assuré de ce point capital en plaçant dans le cylindre du compresseur, au-dessus de la poudre des cristaux de phorone, une petite balle de plomb; celle-ci devait évidemment traverser la phorone liquide et tomber au fond du cylindre, dans le cas où la pression aurait déterminé la fusion de la phorone. Eh bien, après chaque compression, j'ai trouvé la balle de plomb où je l'avais mise, incrustée dans la matière, mais jamais elle n'était tombée au fond du cylindre, même quand l'épaisseur de la phorone n'atteignait que 1 à 2 millimètres.

Cette manière de s'assurer si un corps fond sous pression a été déjà employée par Mousson dans son étude sur la glace.

2° Pour varier cette expérience, j'ai remplacé la phorone par l'azoxybenzol, qui fond à 36°; le résultat a été le même, on n'a pu observer de fusion.

3° On pourrait penser cependant que la chaleur produite par la compression d'un solide en fragments détermine pendant un instant une haute température à la surface des particules du solide, puis que celle-ci se répartit uniformément dans la masse. Si cette

manière de voir était exacte, je m'empresserais de reconnaître que les sulfures formés sous pression devaient leur origine à la chaleur produite à la surface des grains des métaux ou des grains de soufre; mais on va voir qu'il n'en est rien.

J'ai comprimé, en effet, sous 7,000 atmosphères, de la poudre à tirer *sans jamais provoquer d'inflammation*. Il est clair cependant, me paraît-il, que toute élévation de la température suffisant à produire une inflammation *en un point seulement* de la masse devait aussitôt entraîner la déflagration générale. Après chaque compression, j'ai obtenu un cylindre de poudre très compact, où l'on ne retrouvait plus le moindre vestige des grains primitifs (1).

J'ai eu le plaisir de montrer, dans mon laboratoire, les résultats de ces expériences à M. Cechner de Coninck, et je suis heureux de me prévaloir du témoignage que notre savant confrère pourra donner de l'exactitude de mes observations.

Le résultat négatif donné par la compression de la poudre à tirer semble confirmer aussi ce que je disais en 1880, savoir que la compression d'un mélange de corps ne déterminait de combinaison chimique que si le volume spécifique du ou des produits de la combinaison est plus petit que le volume spécifique des éléments avant la combinaison. Les produits de la déflagration de la poudre occupent un volume considérable relativement au volume de la poudre elle-même, et, je le répète, il ne serait pas impossible que la raison de la non-combinaison des éléments de la poudre sous pression se trouvât dans cette circonstance.

D'ailleurs, on se rappelle sans doute que j'avais déjà obtenu un résultat négatif analogue à celui qui nous occupe, en comprimant un mélange de carbone et de soufre ou un mélange de phosphore rouge et de soufre : il ne s'était pas formé la moindre trace de sulfure de carbone ou de sulfure de phosphore. J'avais conclu de là que le phosphore rouge et le carbone avaient perdu, par leur condensation à l'état allotropique sous lequel ils m'avaient servi, leurs facultés chimiques. Ces dernières se seraient peut-être réveillées si la pression n'avait empêché le carbone et le phosphore de prendre le volume spécifique qu'ils occupent lorsqu'ils sont

(1) Il est bien connu aussi que dans les fabriques de poudre de guerre on façonne les grains de poudre spéciaux, destinés à la grosse artillerie, par une compression du pulvérin pouvant aller jusqu'à 2,000 atmosphères. Je ne sache pas, cependant, qu'on ait déjà soumis la poudre à 7,000 atmosphères de pression.

chimiquement actifs. On le voit, tous ces faits sont du même ordre. Je me propose, du reste, de les étudier d'une manière approfondie.

En résumé, ces quelques expériences montrent, je crois, que la compression d'un corps solide ne développe pas de si grandes quantités de chaleur qu'on l'a pensé. Si M. Jannettaz a vu du métal de cloche éprouver une fusion superficielle entre les plateaux de son appareil, c'est que le métal, *non soutenu latéralement*, a été exprimé d'entre les plateaux et a subi un frottement intense qui a consommé beaucoup plus de travail que la simple compression n'eut pu le faire. Je prierai M. Jannettaz de vouloir bien comprimer de la poudre à tirer entre les plateaux de son appareil en la soutenant latéralement, de manière à l'empêcher absolument de fuir sous la pression et par conséquent d'éprouver un frottement; M. Jannettaz pourra s'assurer que, dans ces conditions, il ne se produira jamais de déflagration.

Je crois donc pouvoir admettre que les combinaisons chimiques engendrées sous pression ne sont pas dues à la chaleur développée pendant la compression, mais qu'elles ont leur raison d'être simplement dans le *contact intime* que la pression détermine entre les particules solides des éléments mélangés.