

Sur la décomposition de quelques sulfates acides à la suite d'une déformation mécanique.

(Bulletin de l'Académie royale de Belgique [Classe des sciences], n° 3, pp. 290-309, 1904.)

On sait aujourd'hui que la compression n'a pas toujours pour effet de diminuer le volume des corps sur lesquels elle s'exerce : quand elle a dépassé une certaine limite, différente d'une substance à une autre, elle a, au contraire, pour suite une *dilatation* de la matière. Ce fait, que j'ai pu observer, il y a déjà longtemps (*), sur quelques substances, a été généralisé récemment par G. Kahlbaum (**).

Dans une note insérée dans le numéro de décembre dernier du *Bulletin* de l'Académie, j'ai montré que le *bismuth* fait exception à la règle générale : il ne se dilate pas sous forte compression, comme le font les autres métaux, mais il se condense de plus en plus. Si l'on fait attention que le bismuth se distingue des autres métaux par ce qu'il ne se dilate pas, comme ceux-ci, quand il entre en fusion, mais qu'il se contracte au contraire, on n'est pas éloigné de penser que le phénomène paradoxal de la dilatation d'un corps pendant sa compression est en relation étroite avec la *déformation* qu'il éprouve du chef de l'action mécanique à laquelle il se trouve soumis.

J'ai dit, à titre d'hypothèse, dans la note rappelée plus haut, que les déformations mécaniques des corps solides provoquaient, sans

(*) Sur l'élasticité parfaite des corps chimiquement définis. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e série, t. VI, 1883.)

(**) *Physik. Zeitschrift*, p. 32, 1901, et *Abhandl. der naturf. Gesellschaft in Basel*, t. VI, p. 21.

doute, un changement de la structure moléculaire en ce sens qu'elles faisaient prendre au corps la formation intérieure répondant à l'état *liquide*, et cela en dehors d'une élévation notable de la température.

Si cette manière de voir est exacte, on peut s'attendre à trouver la *densité* des corps diminuée toutes les fois que l'on opère avec une matière se dilatant pendant la fusion, tandis qu'on pourra la trouver plus grande dans le cas contraire. Il m'a paru également que cette considération était de nature à fournir une explication facile de la plasticité des corps solides, ou bien aussi de leur fragilité. Les corps seraient d'autant plus plastiques, sous les fortes pressions, qu'ils prendraient plus facilement la structure moléculaire à laquelle correspond l'état liquide. Dans les cas où cette condition ne serait pas remplie, le corps se briserait dès l'instant où il ne pourrait plus résister à la déformation que lui imposent les forces mécaniques en jeu.

Cette hypothèse, qui ne s'appuyait alors que sur la particularité présentée par le bismuth comparativement aux autres métaux, demandait un contrôle complémentaire.

Je désire faire connaître aujourd'hui quelques résultats d'expériences entreprises à cette fin sur certains sels; ils contribueront peut-être à éclairer la question.

*
* *

Voici la pensée qui a servi de guide dans ces expériences.

Si la déformation mécanique d'un corps est de nature à provoquer un changement dans la structure moléculaire de celui-ci, de manière qu'une partie, au moins, du solide accuse les propriétés caractéristiques de l'état liquide, il est probable qu'en agissant sur des corps composés on constatera leur décomposition lorsque ceux-ci résulteront de la combinaison d'un *constituant solide* et d'un autre *liquide* à la température ordinaire. La décomposition pourra même s'achever d'autant plus complètement que le constituant liquide s'échappera plus facilement pendant la compression. Les corps composés qui répondent à la condition énoncée sont très nombreux.

Les cristaux renfermant de l'eau de cristallisation sont du nombre; il en est de même des *sulfates acides*.

Ce sont ceux-là qui ont servi de matériel pour les recherches actuelles. On peut, par exemple, regarder le sulfate acide de sodium comme renfermant, *potentiellement*, le sel neutre et l'acide sulfurique et s'attendre à ce que la déformation mécanique du corps composé réalise l'acide sulfurique à l'état liquide et l'exprime, au moins partiellement, de la masse comprimée.

On a fait usage de tous les sulfates acides alcalins, depuis celui de *lithium* jusqu'à celui de *césium*, afin de constater comment se modifie la stabilité de ces corps d'un terme à un autre de la série.

Il importe de toucher encore un point essentiel avant de passer à l'exposé des faits observés.

On se rappelle sans doute que j'ai déjà produit la décomposition de quelques corps par la seule compression (*); mais alors ces corps avaient été choisis parmi ceux dont le volume moléculaire est *plus grand* que la somme des volumes des constituants. Par exemple, le volume moléculaire de l'*hydrate de sulfure d'arsenic* ($As_2S_5 \cdot 6H_2O$) est 188.2 (d'après sa densité, qui est 1.88), tandis que celui de As_2S_5 étant 71.5 et celui de l'eau 6×18 ou 108, leur somme : 179.5 est plus petite que le volume du composé. Aussi est-ce avec facilité que ce sulfure hydraté se décompose sous l'influence d'une compression hydrostatique.

Dans le cas qui nous occupe aujourd'hui, il ne s'agit plus seulement de savoir si la compression décompose les corps tels que l'hydrate de trisulfure d'arsenic, mais de vérifier si, même quand le volume moléculaire du composé est *plus petit* que la somme des volumes des composants, la compression produit un effet chimique lorsque l'on permet à la matière de se déformer mécaniquement.

Il ne s'agira donc plus, dans ce qui va suivre, de *compression hydrostatique simple*, mais plutôt d'un véritable *pétrissage* ou *laminage* de la matière, en un mot, du phénomène qui accompagne le *flux* (ou écoulement solide) de certains corps à l'état solide.

Pendant ce laminage des corps solides, il doit se produire une certaine élévation de température. On pourrait lui attribuer l'origine des phénomènes de décomposition que l'on va constater, mais il n'en

(*) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 3^e série, t. XII, p. 409, 1887, et t. XXX, p. 199, 1895.

est rien cependant. En effet, la pression a toujours été donnée lentement, par la manœuvre d'une vis, de façon à éviter les *à-coups* qui eussent produit une élévation de température locale; en outre, le compresseur étant tout en métal, devait fonctionner comme un *refroidisseur* parfait, d'autant que sa masse était infinie, pratiquement, par rapport au poids de matière comprimée, poids qui ne dépassait jamais 5 grammes. Je ne suis pas parvenu, au surplus, à enflammer de la poudre à tirer en la soumettant aux mêmes essais. On peut donc être certain que la température ne monte pas même au point de fusion du soufre.

*
**

Nous examinerons d'abord les *volumes moléculaires* des sulfates dont nous nous sommes servi.

Substances.	Densités admises.	Observations nouvelles.	Poids moléculaires.	Volumes moléculaires de
Li_2S_4O	2.210 (*)	2.228	110	$2LiHSO_4 = 98.1$
$LiHSO_4$	—	2.123	104	$Li_2SO_4 + H_2SO_4 = 102.3$
Na_2SO_4	2.655 (*)	—	142	$2NaHSO_4 = 98.6$
$NaHSO_4$	2.742 (**)	2.435 à 13°	120	$Na_2SO_4 + H_2SO_4 = 106.4$
K_2SO_4	2.670 (*)	—	174	$2KHSO_4 = 118$
$KHSO_4$	2.355	2.302 à 13°	136	$K_2SO_4 + H_2SO_4 = 118.1$
Rb_2SO_4	3.611 (**)	3.596 à 16°	266	$2RbHSO_4 = 125.8$
$RbHSO_4$	—	2.892 à 16°	182	$Rb_2SO_4 + H_2SO_4 = 126.9$
Cs_2SO_4	4.243 (**)	4.250 à 16°	360	$CsHSO_4 = 136.6$
$CsHSO_4$	—	3.352 à 16°	229	$Cs_2SO_4 + H_2SO_4 = 137.7$

(*) *Tabellen von LANDOLT UND BÖRNSTEIN.*

(**) DAMMER, *Suppl.*, pp. 460 à 468.

Nous pourrions combler, de cette façon, quelques lacunes dans la connaissance de la densité de ces corps et rectifier même une erreur, assez forte, qui se trouve reproduite dans tous les ouvrages que nous avons pu consulter, sur la densité du *sulfate acide de sodium*.

Les sulfates acides ont été préparés en fondant ensemble, à la plus basse température possible, les quantités équivalentes de sulfates neutres, purs, et d'acide sulfurique. Il s'agit donc exclusivement, pour l'instant, de sulfates acides ne renfermant pas d'eau de cristallisation.

La densité a été prise par la méthode hydrostatique, au sein de benzène pur, et rapportée à l'eau par le calcul.

Pour rendre la comparaison plus aisée, on a réuni les résultats des observations, tant anciennes que nouvelles, dans le tableau de la page précédente, où figurent d'ailleurs aussi les données relatives aux *volumes moléculaires* des sulfates acides et aux volumes de leurs constituants.

N. B. Le volume moléculaire de H_2SO_4 a été calculé en prenant 1.842 pour la densité de cet acide; on a alors : $98 : 1.842 = 53.2$.

Il résulte de la comparaison des nombres figurant dans la dernière colonne de ce tableau que le volume moléculaire des sulfates acides alcalins est toujours *plus petit* que la somme des volumes de leurs constituants. D'après cela, une simple compression hydrostatique ne peut provoquer leur décomposition, et si celle-ci se produit néanmoins à la suite de déformations mécaniques, c'est que celles-ci sont de nature à atteindre la structure moléculaire. C'est ce que nous verrons dans le paragraphe suivant.

Remarquons encore que la densité généralement admise pour $NaHSO_4$, d'après les travaux de Playfair et Joule, est trop grande de plus de 10 %. En l'acceptant, on trouve pour le volume moléculaire de $NaHSO_4$ le nombre 87.6, qui est tout à fait en dehors de la norme fournie par l'ensemble des autres sels.

*
* *

Nous arrivons à présent aux résultats obtenus à la suite des *déformations mécaniques*.

Pour réaliser la déformation désirée, on a comprimé les sulfates acides dans un cylindre en acier dont le fond était percé d'un trou.

La matière fluait lentement par cet orifice sitôt que la pression était assez grande. En outre, le piston compresseur a été façonné de manière à ne pas fermer absolument le cylindre; il descendait donc en quelque sorte dans la matière et la laminait fortement contre les parois du cylindre.

1. — *Sulfate acide de lithium.*

Le sel préparé par fusion, absolument sec, donne naissance, par suite de sa déformation, à de l'*acide sulfurique libre* qui s'écoule, d'une manière visible, mêlé de sel solide, par l'orifice du compresseur. On a séparé la partie du sel qui avait flué de celle qui était restée en masse sous le piston, et on a dosé le lithium dans chacune d'elles, par calcination, jusqu'à retour de la matière à l'état neutre Li_2SO_4 .

On a trouvé :

	Partie qui a flué.	Partie qui n'a pas flué.	Le Li_2SO_4 renferme	Le $LiHSO_4$ renferme
Li % . . .	5.62	7.39	12.72	6.73

Ce résultat est frappant : le sel $LiHSO_4$ s'est partagé sous l'action de la déformation en une partie plus acide, renfermant moins de lithium que la matière première, qui s'est écoulée en partie, et une autre, moins acide, qui est restée dans le cylindre. Il est facile de calculer, à l'aide des nombres précédents, que la partie qui a flué renfermait environ 17 % d'acide sulfurique libre; elle peut se traduire, approximativement, par la formule $9LiHSO_4 \cdot 2H_2SO_4$, qui montre mieux la proportion d'acide devenu libre.

À la suite de ce résultat, on a préparé du sulfate acide de lithium hydraté $LiHSO_4 \cdot H_2O$ en dissolvant le sel sec dans de l'acide sulfurique hydraté chaud et en laissant cristalliser la masse.

Les cristaux desséchés dans un exsiccateur ont donné 5.85 % de lithium à l'analyse, tandis que $LiHSO_4 \cdot H_2O$ en renferme, théoriquement, 5.75.

Ce sel donne abondamment un liquide acide pendant la compres-

sion. Le résidu solide resté dans le cylindre du compresseur a donné 10.8 % de lithium à l'analyse. A l'aide de ce renseignement, on calcule que ce résidu solide devait se composer de

87.43 % de Li_2SO_4 , et
12.57 % de $\text{LiHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Ce sel hydraté est donc beaucoup plus fragile que le précédent.

Il est à supposer que si la compression pouvait s'exercer de manière que toutes les parties de la matière essayée participent à une déformation mécanique égale et suffisante, tout en permettant un écoulement complet de l'eau et de l'acide sulfurique, la décomposition s'achèverait tout à fait.

2. — Sulfate acide de sodium.

Le sel acide sec NaHSO_4 , obtenu par fusion, s'est montré d'une rigidité telle qu'il n'a pas été possible de le faire fluier en exerçant même la pression la plus forte compatible avec la solidité de l'appareil. En ouvrant le cylindre du compresseur, on a trouvé un bloc de sel compact accusant un commencement de flux autour du piston, mais sans résultat décisif au regard de la décomposition.

On a procédé alors à la préparation de sels hydratés.

En soumettant à la cristallisation une solution du sel précédent dans de l'acide sulfurique additionné d'une proportion égale d'eau, on a obtenu, d'abord, de gros prismes. Soit A ce sel. Après, il s'est formé de fines aiguilles d'un autre sel ; désignons-le par B.

L'analyse de ces sels a donné :

	Sel A.	Sel B.
Na.	16.26 %	12.35 %
S	23.63 %	20.03 %

D'où l'on déduit les formules :

A = $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (qui contient Na = 16.66 % et S = 23.19 %).
B = $6\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ (qui contient Na = 12.47 % et S = 20.25 %).

La densité du sel A a été trouvée égale à 2.105 à 15°5; on en déduit pour $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ le volume moléculaire 65.6; or le volume moléculaire de NaHSO_4 étant 49.3 et celui de H_2O , 18, on a, pour la somme des deux, 67.3, donc la compression seule ne doit pas provoquer la décomposition de ce corps.

En soumettant ce corps aux déformations mécaniques, on constate qu'il n'y a pas de décomposition certaine, la température étant de 10°. La partie non fluée du sel contenait Na = 16.67 % contre 16.26, différence qui ne permet pas de conclure.

Mais en opérant à une température plus élevée, à 50°, la décomposition commence; le sel flué contient alors 17.25 % de Na, et si l'on opère à 40°, on y trouve 18.28 % de Na.

Le sel perd principalement son eau d'hydratation. Si l'on admet, par hypothèse, que celle-ci n'entraîne pas d'acide, on peut calculer que 64.5 % de la quantité d'eau possible ont été expulsés lors de la compression à 40°.

Quant au sel B, il est très fragile. Comprimé à la température du laboratoire (10° ce jour-là), il donne beaucoup de liquide acide. La masse restée dans le compresseur a fourni Na = 18.81 % à l'analyse. Comme le sel NaHSO_4 contient 19.17 % de Na, on peut en conclure que le sel B devient presque totalement du sulfate acide NaHSO_4 par la déformation. La décomposition s'arrête alors, ce qui est conforme au fait mentionné plus haut.

A titre de contrôle des résultats précédents, on a préparé un sulfate acide de sodium en saturant un mélange d'acide sulfurique et d'eau, en proportions à peu près égales, de sulfate de sodium cristallisé ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) à la température de 50° environ et en laissant refroidir. Il s'est formé des cristaux dont la composition était : $5(\text{NaHSO}_4) + \text{H}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$; en effet, on a :

	Analyse.	Calcul.
Na.	13.95	13.95
S	22.84	23.30

Ce sel perd totalement son eau quand on l'abandonne dans le vide

sec, après un mois environ. Le sel restant répondait à la formule $5(\text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4)$; en effet, on trouve :

	Analyse.	Calcul.
Na.	16.83	16.47
S	27.52	27.50

Il paraît abandonner plus facilement quatre de ses molécules d'eau, car on obtient la composition suivante après quelques jours de dessiccation dans un exsiccateur, sous pression atmosphérique, $5\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, car :

	Analyse.	Calcul.
Na.	15.37	15.29
S	25.62	25.63

(On trouve dans Dammer, t. II, 2, p. 161, que Brindley a déjà obtenu le sel $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Comme il l'a formé en chauffant $\text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ entre 200° et 300° , il ne pouvait obtenir, naturellement, les produits hydratés dont il est fait mention ici.)

Si l'on soumet le sel à $7\text{H}_2\text{O}$ aux déformations mécaniques à la température de 40° , il y a dégagement abondant de liquide acide; la partie qui n'a pas flué était sèche en apparence; elle a donné, à l'analyse :

$$\begin{aligned} \text{Na} &= 19.15\% \\ \text{S} &= 26.56\% \end{aligned}$$

c'est-à-dire qu'elle représentait le NaHSO_4 pur; celui-ci contient, en effet :

$$\begin{aligned} \text{Na} &= 19.16\% \\ \text{S} &= 26.66\% \end{aligned}$$

Ainsi donc, le laminage du sel a eu pour effet de dégager complètement l'acide sulfurique et l'eau qui formaient corps avec le NaHSO_4 ; mais, ici aussi, la décomposition n'a pas été plus loin.

Enfin, si l'on opère à l'aide du sel à $3\text{H}_2\text{O}$, à la température du laboratoire (16°), il y a dégagement d'eau. La partie restée dans le compresseur renferme :

$$\begin{aligned} \text{Na} &= 16.66\% \\ \text{S} &= 26.84\% \end{aligned}$$

c'est-à-dire qu'on doit la regarder comme répondant à la formule $5\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ (voir plus haut pour la composition). Il en résulte qu'à basse température, l'eau cède la première aux efforts mécaniques. C'est d'ailleurs dans l'ordre des affinités.

Pour vérifier l'effet produit par une température plus élevée sur ce sel à $3\text{H}_2\text{O}$, j'ai chauffé le compresseur à 80° . Pendant le travail mécanique, il s'est écoulé beaucoup de liquide acide. Le résidu demeuré dans l'appareil renfermait :

$$\begin{aligned} \text{Na} &= 19.20 \\ \text{S} &= 24.40 \end{aligned}$$

Ces nombres se rapprochent beaucoup de ceux que demande la formule NaHSO_4 , savoir $\text{Na} = 19.16$ et $\text{S} = 26.66$, mais le défaut de S engage à calculer le rapport atomique $\frac{\text{S}}{\text{Na}}$ qui est naturellement l'unité dans NaHSO_4 . On trouve :

$$\begin{aligned} 19.20 : 23 &= 0.835 \\ 24.40 : 32 &= 0.762 \end{aligned} \quad \text{d'où : } \frac{0.762}{0.835} = 0.912 = \frac{\text{S}}{\text{Na}}$$

Le rapport étant plus petit que l'unité d'une grandeur dépassant de beaucoup les erreurs possibles dans un dosage si simple que celui du Na et du S, on en doit conclure qu'une certaine proportion de NaHSO_4 a dû passer à l'état de Na_2SO_4 , très approximativement en quantité telle que le produit final devrait avoir une composition donnant 11Na pour 10S, car $\frac{10}{11} = 0.909$; ce qui se traduirait par

la formule : $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 9\text{NaHSO}_4$. En un mot, à une température plus élevée, il n'y a pas que le H_2SO_4 combiné à NaHSO_4 qui cède, mais le NaHSO_4 lui-même commence à se disloquer sous l'influence des efforts mécaniques. Il est probable qu'en opérant à une température plus élevée encore, les résultats seraient aussi plus complets et que l'on arriverait à dégager tout l'acide sulfurique contenu, en puissance, dans le sulfate acide de sodium.

3. — *Sulfates acides de potassium, de rubidium, de césium.*

La stabilité, ou la solidité, de ces sulfates est telle qu'aucun d'eux ne se décompose sous les efforts mécaniques, même quand on opère à une température peu différente de 100° . Ce résultat négatif est à rapprocher du fait que ces sulfates acides se décomposent bien plus difficilement que les précédents sous l'influence de la chaleur. Il paraît donc exister une certaine connexion entre la stabilité chimique et la *stabilité mécanique*.

On a préparé aussi du sulfate de potassium renfermant une proportion plus grande d'acide libre, en dissolvant le sel KHSO_4 dans de l'acide sulfurique chaud, dilué d'eau, et laissant ensuite cristalliser par refroidissement.

Il s'est formé des aiguilles cristallines dont la composition peut être exprimée par la formule $2\text{KHSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 5\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, car on a :

	Analyse.	Calcul.
K	42.30	42.30
S	25.36	25.43

Ce sel n'a pas résisté aux efforts mécaniques, non plus que les sels de sodium analogues dont il a été question. A la température ordinaire déjà, il s'est dégagé beaucoup de liquide. Le corps solide resté

dans le compresseur avait approximativement la composition KHSO_4 , H_2SO_4 , H_2O , car on a :

	Trouvé.	Calculé.
K	14.77	15.14
S	25.42	25.39

On voit donc qu'une quantité notable d'acide sulfurique est devenue libre pendant le travail mécanique.

On n'a pas préparé de sels plus acides avec les sulfates de rubidium et de césium.

*
**

En vue de vérifier plus complètement encore la part qui revient à la déformation mécanique de la matière dans les phénomènes précédents, on a soumis à la compression seule d'abord, et ensuite à la déformation, des mélanges intimes de sulfate acide de sodium sec avec divers oxydes basiques : PbO , CuO , HgO , Ag_2O , également secs.

Pour réaliser la compression simple, sans déformation mécanique notable, on a enserré la poudre des mélanges à examiner, dans le cylindre du compresseur, entre deux petits pistons de cuivre bien ajustés. Ces pistons, s'écrasant encore sous l'action de la pression, fermaient le cylindre d'une manière complète et empêchaient un laminage un peu notable de la matière.

Dans ces conditions, les poudres employées sont devenues des cylindres compacts, très solides, mais sans apparence de réaction chimique. La grande solidité de ces cylindres fait cependant présumer qu'une réaction peut avoir eu lieu à la surface des grains sans avoir gagné la profondeur. La preuve en est que la couleur du mélange n'a pas changé.

Par exemple, le mélange $2\text{NaHSO}_4 + \text{CuO}$ est noir et il est resté noir après la compression, tandis que les produits de la réaction : $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$, sont blancs ou peu s'en faut.

Tout autre est le résultat quand une déformation mécanique

accompagne la compression. Alors la couleur du mélange change rapidement et la réaction s'achève au point que la neutralisation du sel acide a lieu totalement.

On peut constater ces faits plus simplement encore. Il suffit de broyer énergiquement le sulfate acide de sodium et l'oxyde de cuivre dans un mortier en agate pour voir la couleur foncée de la poudre primitive devenir plus claire et la réaction s'achever lentement au point que toute la matière peut être dissoute dans l'eau sans qu'il demeure de résidu de CuO . L'eau produite pendant la réaction paraît se combiner aux sels à mesure de sa formation, car le produit final est sec et blanc; il ne perd que très peu de son poids quand on l'abandonne dans un exsiccateur.

Résumé et conclusions.

Il résulte de ce qui précède que les sulfates acides des métaux alcalins ne résistent pas tous, chimiquement, à une déformation mécanique. Ceux qui dérivent du lithium et du sodium, et surtout les sulfates renfermant une plus grande proportion moléculaire d'acide sulfurique et d'eau d'hydratation, se décomposent alors de manière à abandonner une grande partie de leur eau et une quantité assez notable d'acide sulfurique pour qu'il y ait même production d'une certaine quantité de sulfate neutre. Les sulfates dérivant des métaux alcalins de poids atomique plus élevé résistent à la décomposition, du moins dans les conditions de température et de pression qui ont été réalisées.

La décomposition dont il s'agit ici n'est pas la conséquence immédiate de la compression, c'est-à-dire de la simple diminution de volume provoquée par la pression, mais elle est le résultat du *laminage* ou du *pétrissage* de la matière.

Il résulte donc de là que la *déformation mécanique* peut produire la décomposition de certains corps; elle semble agir alors à la manière d'une élévation de la température et peut remplacer complètement celle-ci. Un corps solide résiste d'autant mieux à la décomposition par déformation, dans un groupe donné de substances, qu'il est plus réfractaire à l'action de la chaleur. Il est à remarquer aussi que les combinaisons dites *moléculaires* paraissent résister moins bien aux déformations mécaniques que les combinaisons *atomiques* propre-

ment dites. Si cette observation se vérifie par la suite, il y aura sans doute lieu de faire une distinction *mécanique* réelle de ces deux ordres de combinaisons.

La cause de cette décomposition *mécanique* trouve une explication aisée si l'on admet (*) que, pendant sa déformation mécanique forcée, le corps solide peut prendre l'état moléculaire dans lequel le frottement intérieur est plus faible, en d'autres termes, qu'il passe alors à un état de *pseudo-fusion* ou *pseudo-liquéfaction*, en tout ou en partie, de même que, dans d'autres circonstances, la compression favorise le passage d'un état allotropique à un autre. Alors il est concevable que les corps composés susceptibles de donner naissance, par changement de structure moléculaire, à des corps liquides véritablement, à la température de l'expérience, ne passent pas seulement à un état de *pseudo-liquéfaction*, mais qu'ils se décomposent dans leurs constituants, au moins pendant toute la durée de l'acte mécanique. Si, par les dispositions prises, on permet à la partie liquide de se dégager, le phénomène pourra être constaté; dans le cas contraire, il échappera généralement à l'observation.

Cette décomposition des corps solides par voie de laminage ou d'écoulement, à la température ordinaire, peut nous éclairer sur certains phénomènes de métamorphisme fréquemment observés en géologie, pour l'explication desquels on a été obligé de recourir à l'hypothèse, souvent peu probable, d'une élévation locale de la température. Il arrive parfois, on le sait, que la composition des roches n'est pas la même dans les parties qui portent les marques d'un flux ou d'un écoulement. On trouve là des minéraux microscopiques dont l'origine n'est pas claire. Il est permis de se demander si leur formation ne rentre pas dans l'ordre des faits qui viennent d'être touchés, et si l'écorce terrestre n'a pas été le siège d'un vaste travail *mécanico-chimique* qui a éliminé, ou transformé, les corps qu'elle renfermait à l'origine, de telle sorte qu'il ne subsiste plus aujourd'hui que ceux dont la stabilité mécanique a pu triompher des efforts de destruction auxquels ils se trouvaient soumis.

Je me propose de compléter ces recherches.

Liège, Institut de chimie générale,
mars 1904.

(*) Voir ma note *Sur la diminution de densité des corps par compression*. (Loc. cit.)