

ESSAI

D'UNE MANIÈRE DE DÉTERMINER LES MASSES RELATIVES DES
MOLÉCULES ÉLÉMENTAIRES DES CORPS, ET LES PRO-
PORTIONS SELON LESQUELLES ELLES ENTRENT DANS CES
COMBINAISONS ⁽¹⁾.

(1) *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle et des Arts*, de Delamé-
therie. Paris, juillet, an 1811, t. LXXIII, pag. 58-76.



I.

M. GAY-LUSSAC a fait voir dans un Mémoire intéressant (*Mémoires de la Société d'Arcueil*, tome II) que les combinaisons des gaz entre eux se font toujours selon des rapports très-simples en volume, et que lorsque le résultat de la combinaison est gazeux, son volume est aussi en rapport très-simple avec celui de ses composans; mais les rapports des quantités de substances dans les combinaisons ne paroissent pouvoir dépendre que du nombre relatif des molécules qui se combinent, et de celui des molécules composées qui en résultent. Il faut donc admettre qu'il y a aussi des rapports très-simples entre les volumes des substances gazeuses, et le nombre des molécules simples ou composées qui les forme. L'hypothèse qui se présente la première à cet égard, et qui paroît même la seule admissible, est de supposer que le nombre des *molécules intégrantes* (1) dans les gaz quelconques, est toujours le même à volume égal, ou est toujours proportionnel aux volumes. En effet, si on supposoit que le nombre des molécules contenues dans un volume donné fût différent pour les différens gaz, il ne seroit guère possible de concevoir que la loi qui présideroit à la distance des molécules, pût donner, en tout cas, des rapports aussi simples que les faits que nous venons de citer,

nous obligent à admettre entre le volume et le nombre des molécules. Au contraire, on conçoit très-bien que les molécules dans les gaz étant à une distance telle, que leur attraction mutuelle ne peut s'exercer entre elles, leur attraction différente pour le calorique puisse se borner à en condenser une quantité plus ou moins grande autour d'elles, sans que l'atmosphère formée par ce fluide ait plus d'étendue pour les unes que pour les autres, et par conséquent, sans que la distance entre les molécules varie, ou, en d'autres termes, sans que le nombre de molécules contenues dans un volume donné soit lui-même différent. M. Dalton, à la vérité, a proposé une hypothèse directement contraire à cet égard, savoir, que la quantité de calorique soit toujours la même pour les molécules d'un corps quelconque à l'état de gaz, et que l'attraction plus ou moins grande pour le calorique, ne fasse que condenser plus ou moins cette quantité de calorique autour des molécules, et varier par là la distance entre les molécules mêmes; mais dans l'obscurité où nous sommes sur la manière dont cette attraction des molécules sur le calorique s'exerce, rien ne nous peut déterminer *a priori*, pour l'une de ces hypothèses plutôt que pour l'autre, et on seroit plutôt porté à adopter une hypothèse mixte, qui feroit varier la distance des molécules et la quantité de calorique selon des lois inconnues, si celle que nous venons de proposer n'étoit pas appuyée sur cette simplicité de rapport entre les volumes dans les combinaisons des gaz qui paroît ne pouvoir être autrement expliquée.

En partant de cette hypothèse, on voit qu'on a le moyen de déterminer très-aisément les masses relatives des molécules des corps qu'on peut avoir à l'état gazeux, et le nombre relatif de ces molécules dans les combinaisons; car les rapports des masses des molécules sont alors les mêmes que ceux des densités des différens gaz, à

pression et température égales, et le nombre relatif des molécules dans une combinaison, est donné immédiatement par le rapport des volumes des gaz qui la forment. Par exemple, les nombres 1,10359 et 0,07321 exprimant les densités des deux gaz oxygène et hydrogène, lorsqu'on prend celle de l'air atmosphérique pour unité, et le rapport entre les deux nombres représentant par conséquent celui qui a lieu entre les masses de deux volumes égaux de ces deux gaz, ce même rapport exprimera dans l'hypothèse proposée, le rapport des masses de leurs molécules. Ainsi la masse de la molécule de l'oxygène sera environ 15 fois celle de la molécule d'hydrogène, ou plus exactement, elle sera à celle-ci comme 15,074 à 1. De même, la masse de la molécule de l'azote sera à celle de l'hydrogène comme 0,96913 à 0,07321, c'est-à-dire comme 13, ou plus exactement 13,238 à 1. D'un autre côté, comme on sait que le rapport des volumes de l'hydrogène à l'oxygène dans la formation de l'eau est de 2 à 1, il s'ensuit que l'eau résulte de l'union de chaque molécule d'oxygène avec deux molécules d'hydrogène. De même, d'après les proportions en volume, établies par M. Gay-Lussac dans les élémens de l'ammoniaque, des gaz oxide d'azote et nitreux, et de l'acide nitrique, l'ammoniaque résultera de l'union d'une molécule d'azote avec trois d'hydrogène, le gaz oxide d'azote d'une molécule d'oxygène avec deux d'azote, le gaz nitreux d'une molécule d'azote avec une d'oxygène, et l'acide nitrique d'une d'azote avec deux d'oxygène.

II.

Une réflexion paroît d'abord s'opposer à l'admission de notre hypothèse à l'égard des corps composés. Il semble qu'une molécule composée de deux ou plusieurs molécules élémentaires, devrait avoir

sa masse égale à la somme des masses de ces molécules, et qu'en particulier, si dans une combinaison une molécule d'un corps s'adjoint deux ou plusieurs molécules d'un autre corps, le nombre des molécules composées devrait rester le même que celui des molécules du premier corps. D'après cela, dans notre hypothèse, lorsqu'un gaz se combine avec deux ou plusieurs fois son volume d'un autre gaz, le composé qui en résulte, s'il est gazeux, ne pourroit avoir qu'un volume égal au premier de ces gaz. Or cela n'a pas lieu en général dans le fait. Par exemple, le volume de l'eau supposée gazeuse est, comme M. Gay-Lussac l'a fait voir, double de celui du gaz oxygène qui y entre, ou, ce qui revient au même, égal à celui de l'hydrogène, au lieu d'être égal à celui de l'oxygène; mais il se présente assez naturellement un moyen d'expliquer les faits de ce genre conformément à notre hypothèse: c'est de supposer que les molécules constituantes d'un gaz simple quelconque, c'est-à-dire celles qui s'y tiennent à une distance telle à ne pouvoir exercer leur action mutuelle, ne sont pas formées d'une seule molécule élémentaire, mais résultent d'un certain nombre de ces molécules réunies en une seule par attraction, et que lorsque des molécules d'une autre substance doivent se joindre à celles-là pour former des molécules composées, la molécule intégrante qui devrait en résulter se partage en deux ou plusieurs parties ou molécules intégrantes composées de la moitié, du quart, etc., du nombre de molécules élémentaires dont étoit formée la molécule constituante de la première substance, combinée avec la moitié, le quart, etc., du nombre des molécules constituantes de l'autre substance, qui devrait se combiner avec la molécule totale, ou, ce qui revient au même, avec un nombre égal à celui-ci de demi-molécules, de quarts de molécule, etc., de cette seconde substance; ensorte que le nombre des molécules intégrantes du composé devienne double,

quadruple, etc., de ce qu'il devrait être sans ce partage, et tel qu'il le faut pour satisfaire au volume du gaz qui en résulte (a) (2).

En parcourant les différens composés gazeux plus connus, je ne trouve que des exemples de redoublement de volume relativement au volume de celui des composans, qui s'adjoit une ou plusieurs fois son volume de l'autre: on l'a déjà vu pour l'eau. De même le volume de gaz ammoniaque est, comme on sait, double de celui de l'azote qui y entre. M. Gay-Lussac a fait voir aussi que le volume du gaz oxide d'azote est égal à celui de l'azote qui en fait partie, et par conséquent double de celui de l'oxigène. Enfin, le gaz nitreux qui contient des volumes égaux d'azote et d'oxigène a un volume égal à la somme des deux gaz composans, c'est-à-dire au double du volume de chacun d'eux. Ainsi, dans tous les cas il doit y avoir partage des molécules en deux; mais il est possible que dans d'autres cas le partage se fasse en quatre, en huit, etc. La possibilité de ce partage des molécules composées auroit pu être conjecturé, même *a priori*; car sans cela les molécules intégrantes des corps composés de plusieurs substances avec des nombres relatifs de molécules un peu considérables, deviendroient d'une masse excessive en comparaison des molécules des corps simples; on pouvoit donc penser que la nature avoit quelque moyen de les faire rentrer dans l'ordre de ces dernières, et les faits nous ont indiqué l'existence de ce moyen. D'ailleurs une autre considération paroît nous obliger d'admettre, dans quelques cas, le partage dont il s'agit; car comment pourroit-on concevoir sans cela une véritable combinaison entre deux corps

(a) Ainsi la molécule intégrante de l'eau, par exemple, sera composée d'une demi-molécule d'oxigène avec une molécule, ou, ce qui est la même chose, deux demi-molécules d'hydrogène.

gazeux qui se réuniroient à volumes égaux, sans qu'il y eût condensation, ainsi que cela a lieu dans la formation du gaz nitreux? Les molécules restant à la même distance à laquelle l'attraction mutuelle des molécules de chacun des deux gaz ne pouvoit s'exercer, on ne pourroit supposer qu'une nouvelle attraction eût eu lieu entre les molécules de l'un et celles de l'autre; mais dans l'hypothèse du partage, on voit bien que la combinaison réduit réellement deux molécules différentes à une seule, et qu'il y auroit contraction de tout le volume de l'un des gaz, si chaque molécule composée ne se divisoit pas en deux molécules de même nature. M. Gay-Lussac a bien vu que d'après les faits la diminution de volume dans la combinaison des gaz ne peut représenter le rapprochement de leurs molécules élémentaires. Le partage des molécules dans les combinaisons nous explique comment ces deux choses peuvent être rendues indépendantes l'une de l'autre.

III.

M. Dalton, d'après les suppositions arbitraires, et qui lui ont paru les plus naturelles sur le nombre relatif des molécules dans les combinaisons, a tâché d'établir des rapports entre les masses des molécules des corps simples. Notre hypothèse nous met en état, en la supposant fondée, de confirmer ou de rectifier ses résultats par des données précises, et surtout d'assigner la grosseur des molécules composées d'après les volumes des composés gazeux dépendant en partie du partage des molécules dont ce physicien n'a eu aucune idée.

Ainsi Dalton a supposé (a) que l'eau se formoit par l'union de l'hydrogène et de l'oxygène, molécule à molécule. Il en résulteroit,

(a) Dans ce qui suit, je me servirai de l'exposition des idées de Dalton, que Thomson nous a donnée dans son *Système de Chimie*.

d'après le rapport en poids de ces deux composans, que la masse de la molécule de l'oxygène seroit à celle de l'hydrogène environ comme $7\frac{1}{2}$ à 1, ou, d'après les évaluations de Dalton, comme 6 à 1 (3). D'après notre hypothèse ce rapport est double, savoir de 15 à 1, comme on a vu. Quant à la molécule de l'eau, elle devoit avoir sa masse exprimée par $15 + 2 = 17$ environ, en prenant pour unité celle de l'hydrogène, s'il n'y avoit pas partage de la molécule en deux; mais à cause de ce partage elle se réduit à la moitié $8\frac{1}{2}$, ou plus exactement 8,537, comme on le trouveroit aussi immédiatement en divisant la densité de la vapeur aqueuse 0,625, selon Gay-Lussac, par la densité de l'hydrogène 0,0732. Cette masse ne diffère de 7, que Dalton lui assigne, que par la différence dans l'évaluation de la composition de l'eau; ensorte qu'à cet égard le résultat de Dalton se trouveroit à peu près juste par la combinaison de deux erreurs qui se compensent, celle sur la masse de la molécule de l'oxygène et celle de n'avoir pas égard au partage.

Dalton suppose que dans le gaz nitreux la combinaison de l'azote et de l'oxygène se fait de molécule à molécule: nous avons vu que cela est effectivement ainsi d'après notre hypothèse. Ainsi Dalton auroit trouvé la même masse de molécules que nous pour l'azote, en prenant toujours pour unité celle de l'hydrogène, s'il n'étoit pas parti d'une évaluation différente de celle de l'oxygène, et s'il avoit suivi précisément la même évaluation des quantités des élémens du gaz nitreux en poids; mais en supposant la molécule de l'oxygène moindre de la moitié de la nôtre, il a dû faire aussi celle de l'azote égale à moins de la moitié de celle que nous lui avons assignée, savoir, 5 au lieu de 13. Quant à la molécule du gaz nitreux même, le défaut de la considération du partage rapproche encore le résultat de Dalton du nôtre; il l'a fait de $6 + 5 = 11$, tandis que selon nous elle

est $\frac{15 + 13}{2} = 14$ environ, ou plus exactement, $\frac{15,074 + 13,238}{2} = 14,156$,

comme on le trouveroit aussi en divisant 1,03636, densité du gaz nitreux, selon Gay-Lussac, par 0,07321. Dalton a encore établi de la même manière que les faits nous l'ont donné, le nombre relatif des molécules dans la composition de l'oxide d'azote et de l'acide nitrique, et la même circonstance a rectifié le résultat de la grosseur de la molécule par rapport au premier; il la fait de $6 + 2.5 = 16$, tandis que selon nous, elle doit être $\frac{15,074 + 2.13,238}{2} = 20,775$, nombre

qu'on obtient de même en divisant 1,52092, densité du gaz oxide d'azote, selon Gay-Lussac, par celle du gaz hydrogène.

Quant à l'ammoniaque, la supposition de Dalton sur le nombre relatif des molécules dans sa composition, seroit entièrement fautive selon notre hypothèse; il y suppose l'azote et l'hydrogène unis molécule à molécule, tandis que nous avons vu qu'une molécule d'azote s'y adjoint trois molécules d'hydrogène. Selon lui, la molécule de l'ammoniaque seroit $5 + 1 = 6$; selon nous elle doit être $\frac{13 + 3}{2} = 8$,

ou, plus exactement, 8,119, comme cela peut se déduire aussi immédiatement de la densité du gaz ammoniaque (4). Le partage de la molécule que Dalton n'a pas fait entrer dans son calcul, corrige encore ici en partie l'erreur qui résulteroit de ses autres suppositions.

Toutes les combinaisons que nous venons de parcourir, résultent de l'union d'une molécule de l'un des composans avec une ou plusieurs molécules de l'autre. L'acide nitreux nous présente une autre combinaison de deux de ces mêmes substances dont nous avons parlé, dans laquelle les deux termes du rapport entre le nombre des molécules sont tous deux différens de l'unité. En effet, il résulte des

expériences de Gay-Lussac à cet égard (même volume de la *Société d'Arcueil* déjà cité), que cet acide est formé d'une partie en volume d'oxygène et trois de gaz nitreux (5), ou, ce qui revient au même, de trois parties d'azote et cinq d'oxygène; d'où il suivroit, d'après notre hypothèse, que sa molécule, abstraction faite de tout partage qu'il puisse y avoir, seroit composée de 3 molécules d'azote et 5 d'oxygène; mais on peut ramener cette manière de composition à la forme plus simple des précédentes, en la considérant comme le résultat de l'union d'une molécule d'oxygène avec trois de gaz nitreux, c'est-à-dire avec trois molécules composées chacune d'une demi-molécule d'oxygène et d'une demi-molécule d'azote, ce qui renferme le partage de quelques-unes des molécules de l'oxygène qui entrent dans celle de l'acide nitreux. En ne supposant point d'autre partage, la masse de cette dernière molécule seroit 57,542, celle de l'hydrogène étant prise pour unité, et la densité du gaz acide nitreux seroit 4,21267, la densité de l'air étant prise pour unité; mais il est probable qu'il se fera au moins un autre partage en deux, et par conséquent une réduction de la densité à moitié; il faut attendre que l'on ait déterminé cette densité par l'expérience.

IV.

Parcourons encore quelques autres combinaisons qui peuvent nous donner, selon notre hypothèse, des connoissances au moins conjecturales sur les masses relatives des molécules, et sur leur nombre dans ces combinaisons, et comparons-les avec les suppositions de Dalton.

M. Gay-Lussac a fait voir qu'en supposant que l'acide sulfurique sec est composé de 100 de soufre et 138 d'oxygène en poids, ainsi que les derniers travaux des chimistes l'ont établi, et que la densité du gaz acide sulfureux est 2,265, celle de l'air étant prise pour unité,

comme Kirwan l'a déterminée, et en admettant que l'acide sulfurique est composé de deux parties en volume de gaz acide sulfureux et une de gaz oxygène, ainsi que cela résulte des expériences de Gay-Lussac, le volume de l'acide sulfureux est à peu près le même que celui du gaz oxygène qui y entre; et cette égalité se trouveroit exacte si les bases sur lesquelles on a établi le calcul l'étoient elles-mêmes. Si on suppose la détermination de Kirwan exacte, et qu'on rejette toute l'erreur sur l'analyse de l'acide sulfurique, on trouve dans l'acide sulfureux que 100 de soufre en poids prennent 95,02 d'oxygène, et par conséquent dans l'acide sulfurique $95,02 + \frac{95,02}{2} = 142,53$, au lieu de 138. Si au contraire on suppose l'analyse de l'acide sulfurique exacte, il s'ensuivra que l'acide sulfureux contient 92 d'oxygène sur 100 de soufre, et sa pesanteur spécifique devra être 2,30314 au lieu de 2,265.

Une réflexion paroît nous porter à prendre le premier parti, jusqu'à ce que la densité du gaz acide sulfureux ait été confirmée ou rectifiée par de nouvelles expériences; c'est qu'il a dû y avoir dans la détermination de la composition de l'acide sulfurique, une cause d'erreur tendante à augmenter la quantité du radical, ou, ce qui revient au même, à y diminuer celle de l'oxygène. Cette détermination a été faite par la quantité d'acide sulfurique sec produit. Or il paroît à peu près certain que le soufre ordinaire contient de l'hydrogène; on a donc ajouté au poids véritable du radical, celui de cet hydrogène qui a dû se convertir en eau dans cette opération. Je suppose donc l'acide sulfureux composé de 92,02 d'oxygène sur 100 de soufre, ou plutôt de radical sulfurique, au lieu de 92 (a).

(a) Ceci étoit écrit avant que j'eusse vu le Mémoire de M. Davy sur l'acide oximuriatique qui contient aussi de nouvelles expériences sur le soufre et le phosphore. Il y détermine la densité du gaz acide sulfureux, et ne la trouve que

Pour déterminer maintenant la masse de la molécule du radical sulfurique, il faudroit savoir quelle seroit la proportion en volume de ce radical supposé gazeux, par rapport à l'oxygène dans la formation de l'acide sulfureux. L'analogie tirée des autres combinaisons dont nous avons déjà parlé, où il y a en général redoublement de volume, ou partage de la molécule en deux, nous porte à supposer qu'il en est de même de celle dont il s'agit, c'est-à-dire, que le volume du gaz de soufre est la moitié de celui de l'acide sulfureux, et par conséquent aussi du gaz oxygène qui y entre. Dans cette supposition, la densité du gaz de soufre sera à celle de l'oxygène comme 100 à $\frac{95,02}{2}$, ou 47,51; ce qui donne 2,323 pour cette densité du gaz de soufre, en prenant pour unité celle de l'air. Les masses des molécules étant, selon notre hypothèse, dans le même rapport que les densités des gaz auxquels elles appartiennent, la masse de la molécule du radical sulfurique sera à celle de l'hydrogène comme 2,323 à 0,07321, ou comme 31,73 à 1. Une de ces molécules combinées, d'après ce que nous avons dit, avec deux d'oxygène, formera l'acide sulfureux (abstraction faite du partage), et combinée encore avec une molécule d'oxygène de plus, formera l'acide sulfurique. D'après cela, l'acide sulfureux sera analogue, pour le nombre relatif des molécules de ses composans, à l'acide nitrique, et l'acide sulfurique n'aura point d'analogue relativement à l'azote. La molécule de l'acide sulfureux, en égard au partage, sera égale à $\frac{31,73 + 2 \cdot 15,074}{2}$, ou 36,94, comme

de 2,0967, ce qui donne une nouvelle force aux réflexions que je faisais ici. Si on admet cette densité, on trouve que dans l'acide sulfureux 100 de soufre prennent 111 d'oxygène en poids, et dans l'acide sulfurique 167 au lieu de 138; mais peut-être cette densité du gaz acide sulfureux, selon Davy, pêche-t-elle par défaut.

on l'obtiendrait aussi immédiatement en divisant la densité 2,265 du gaz acide sulfureux par celle du gaz hydrogène. Quant à celle de l'acide sulfurique, on ne peut la déterminer, parce qu'on ne sait s'il y a encore partage ultérieur, ou non, de la molécule dans sa formation (a).

(a) M. Davy, dans le Mémoire cité, a fait les mêmes suppositions sur le nombre relatif des molécules d'oxygène et de radical dans les acides sulfureux et sulfurique. En partant d'ailleurs de la détermination de la densité du gaz acide sulfureux, on trouve que la densité du radical sulfurique seroit 1,9862, et sa molécule en prenant pour unité celle de l'hydrogène 27,13. Davy par un calcul analogue la fixe à la moitié environ, savoir, 13,7, parce qu'il suppose, d'après l'hypothèse de Dalton sur l'eau, la molécule de l'oxygène égale à la moitié environ de la nôtre.

Il trouve la même masse à peu près, savoir 13,4 en partant de la densité du gaz hydrogène sulfuré qui est, d'après ses expériences, 1,0645, résultat peu différent de celui de Kirwan, et supposant que ce gaz (qui contient, comme on le sait, un volume égal au sien de gaz hydrogène uni au soufre) est composé d'une molécule de soufre et d'une d'hydrogène. Comme nous supposons la molécule du soufre à peu près double, nous devons admettre que ce gaz résulte de l'union d'une molécule de ce radical avec deux au moins d'hydrogène, et que son volume est double de celui de ce radical supposé gazeux, comme dans tant d'autres cas. Je dis *au moins* avec deux molécules d'hydrogène, car s'il y avoit déjà de l'hydrogène dans le soufre ordinaire, comme les expériences connues sur cette substance l'indiquent, il faudroit y ajouter cette quantité. Si, par exemple, le soufre ordinaire étoit composé d'une molécule de radical sulfurique et d'hydrogène, l'hydrogène sulfuré le seroit de trois molécules d'hydrogène sur une de radical. Cela pourroit se décider par la comparaison de la pesanteur spécifique du gaz hydrogène sulfuré, avec celle du gaz acide sulfureux, si on les connoissoit toutes deux exactement. Par exemple, en supposant exacte celle du gaz hydrogène sulfuré, selon Davy, la molécule du radical sulfurique dans la supposition de deux molécules d'hydrogène seulement, seroit 27,08, en prenant celle de l'hydrogène pour unité; mais dans la supposition de trois molécules d'hydrogène, 27,08 seroit encore la somme d'une molécule de radical avec une d'hydrogène, et la première se réduiroit en conséquence à 26,08. Si la densité du gaz acide sulfureux supposée exacte, confirmoit l'un ou l'autre de ces résultats, elle confirmeroit par là l'une ou l'autre de ces hypothèses; mais on n'est pas encore assez d'accord sur ces densités, pour pouvoir tirer aucune conclusion à cet égard, des déterminations qu'on en a jusqu'ici.

Dalton avoit supposé que l'acide sulfurique étoit composé de deux molécules d'oxigène sur une de radical, et l'acide sulfureux d'une molécule d'oxigène et une de soufre. Ces deux suppositions sont incompatibles entre elles, d'après les résultats de Gay-Lussac, selon lesquels les quantités d'oxigène dans ces deux acides, pour une quantité donnée de radical, sont représentées par 1 et $1 \frac{1}{2}$. Il est parti d'ailleurs pour la détermination de la molécule, d'une fausse évaluation de la composition de l'acide sulfurique, et ce n'est que par accident que la masse 15, qu'il lui assigne, se trouve avoir avec la masse de celle de l'oxigène, selon lui, un rapport approchant de celui que les masses de ces deux substances présentent selon nos hypothèses.

Le phosphore a tant d'analogie avec le soufre, qu'il paroît qu'on doit supposer aussi que l'acide phosphorique est composé de trois molécules d'oxigène contre une de radical. On peut, dans cette supposition, calculer par approximation la masse de la molécule du radical phosphorique. Rose a trouvé par une méthode analogue à celle qui avoit été employée pour l'acide sulfurique, que l'acide phosphorique contient environ 115 d'oxigène en poids sur 100 de phosphore. Il doit y avoir un peu plus d'oxigène si on suppose que le phosphore contient, comme le soufre, de l'hydrogène; nous pouvons, par approximation, faire cet accroissement dans la même proportion que nous avons vu qu'il auroit lieu pour l'acide sulfurique, d'après la pesanteur spécifique de l'acide sulfureux, et porter ainsi la quantité d'oxigène à 120. On trouve alors, d'après nos hypothèses, que la masse de la molécule du radical phosphorique est environ 38, celle de l'hydrogène étant prise pour unité. Dalton a aussi adopté, pour les acides phosphoreux et phosphorique, des hypothèses analogues à celles qu'il avoit faites pour les acides sulfureux et sulfurique; mais comme il est parti d'évaluations différentes des élémens de ces

acides en poids, il est arrivé à une détermination de la molécule du phosphore, qui ne garde pas même avec celle du soufre, selon lui, le même rapport qu'il y a, selon nous, entre ces deux molécules; il a fixé celle du phosphore à 8, en prenant pour unité celle de l'hydrogène (α).

Voyons maintenant quelle conjecture nous pouvons former sur la masse de la molécule d'une substance qui joue dans la nature un beaucoup plus grand rôle que le soufre et le phosphore, savoir, celle du carbone. Comme il est certain que le volume de l'acide carbonique est égal à celui du gaz oxygène qui y entre, si l'on admet que le volume du carbone qui en forme l'autre élément, supposé gazeux, se double par le partage des molécules en deux, comme dans plusieurs combinaisons de ce genre, il faudra supposer que ce volume est la moitié de celui du gaz oxygène avec lequel il se combine, et que par conséquent l'acide carbonique résulte de l'union d'une molécule de carbone et deux d'oxygène, et est ainsi analogue aux acides sulfureux et phosphoreux, selon nos suppositions précédentes. En ce cas on trouve, d'après la proportion en poids entre l'oxygène et le carbone, que la densité du gaz de carbone seroit 0,832, en prenant pour unité celle de l'air, et la masse de sa molécule 11,36, en prenant pour unité celle de l'hydrogène (6). Cette supposition a cependant une difficulté contre elle, c'est de donner à la molécule du carbone une masse

(α) M. Davy a adopté pour le nombre des molécules d'oxygène et de radical dans les acides phosphoreux et phosphorique, les mêmes suppositions que nous; et en supposant d'ailleurs toujours la molécule de l'oxygène à peu près la moitié de la nôtre, il trouve 16,5 pour celle du phosphore, ce qui donneroit 33 environ, selon notre évaluation de la molécule de l'oxygène, au lieu de 38. La différence vient de ce que Davy, d'après ses expériences, évalue à 34 parties sur 25, c'est-à-dire à 136 sur 100 de phosphore, la quantité d'oxygène dans l'acide phosphorique, au lieu de 120 que nous y en avons supposé; les expériences ultérieures éclairciront ce point.

moindre que celle de l'azote et de l'oxygène, tandis qu'on seroit porté à attribuer la solidité de son agrégation dans les températures les plus élevées, à une masse plus considérable de molécules, ainsi que cela s'observe dans les radicaux sulfurique et phosphorique. On arriveroit à un résultat qui seroit à l'abri de cette difficulté, en supposant dans la formation de l'acide carbonique, un partage de la molécule en quatre, ou même en huit; car on auroit par là la molécule du carbone double ou quadruple de celle que nous venons d'établir; mais cette composition ne seroit analogue à celle d'aucun des autres acides; et d'ailleurs la forme gazeuse ou non, d'après d'autres exemples que nous en avons, ne paroît pas dépendre uniquement de la grosseur de la molécule, mais aussi de quelqu'autre propriété inconnue des substances. Ainsi nous voyons l'acide sulfureux à la forme de gaz à la pression et température habituelle de l'atmosphère avec une molécule très-considérable, et à peu près égale à celle du radical sulfurique qui est un solide. Le gaz acide muriatique oxigéné a une densité, et par conséquent, une masse de molécules encore plus considérable. Le mercure qui, comme nous verrons ci-après, doit avoir une molécule extrêmement grosse, est cependant gazeux à une température infiniment inférieure à celle qui rendroit tel le fer dont la molécule est moins considérable. Ainsi rien n'empêche que nous regardions l'acide carbonique comme composé de la manière indiquée ci-dessus, et par là analogue aux acides nitrique, sulfureux et phosphoreux, et la molécule du carbone comme ayant une masse exprimée par 11,36.

Dalton a fait la même supposition que nous sur la composition de l'acide carbonique, et a été conduit par là à attribuer au carbone une molécule 4,4, qui est à celle du gaz oxygène, selon lui, à peu près dans le même rapport que 11,36 est à 15, masse de la molécule de l'oxygène selon nous.

En supposant la masse et la densité indiquées à la molécule du carbone et au gaz de cette substance, le gaz oxide de carbone sera formé, d'après les expériences de M. Gay-Lussac, de parties égales en volume de gaz de carbone et de gaz oxigène, et son volume sera égal à la somme des volumes de ses composans; par conséquent il sera formé du carbone et de l'oxigène unis molécule à molécule, avec partage en deux; le tout dans une parfaite analogie avec le gaz nitreux.

La masse de la molécule de l'acide carbonique sera

$$\frac{11,36 + 2 \cdot 15,074}{2} = 20,75 = \frac{1,5196}{0,07321},$$

et celle du gaz oxide de carbone sera

$$\frac{11,36 + 15,074}{2} = 13,22 = \frac{0,96782}{0,07321}.$$

V.

Parmi les substances simples non métalliques il en est une dont il nous reste à parler, qui étant naturellement gazeuse, ne peut laisser de doute, d'après nos principes, sur la masse de sa molécule, mais sur laquelle les dernières expériences de M. Davy, et même celles antérieures de MM. Gay-Lussac et Thenard, nous forcent de nous éloigner des idées reçues jusqu'ici, quoique ces deux derniers chimistes eussent encore essayé de les expliquer d'après ces idées. On voit bien qu'il s'agit de la substance connue jusqu'ici sous le nom d'*acide muriatique oxigéné*, ou *acide oxi-muriatique* (7). On ne peut plus en effet, dans l'état actuel de nos connoissances, regarder cette substance que comme encore indécomposée, et l'acide muriatique que comme un composé de cette substance et d'hydrogène. C'est donc d'après cette théorie que nous appliquerons à ces deux substances nos principes sur les combinaisons.

La densité de l'acide oximuriatique, selon MM. Gay-Lussac et Thenard, est 2,470, celle de l'air atmosphérique étant prise pour unité; cela donne pour sa molécule, en prenant pour unité celle de l'hydrogène, 33,74, en partant de la densité du gaz hydrogène déterminée par MM. Biot et Arago. Selon Davy, 100 pouces cubes anglais de gaz oximuriatique pèsent 74,5 grains, tandis que, selon le même, un égal volume de gaz hydrogène en pèse 2,27. Cela donneroit pour la molécule de cette substance

$\frac{74,5}{2,27} = 32,82$. Ces deux évaluations diffèrent

fort peu de la masse que M. Davy lui-même assigne à cette substance d'après d'autres considérations, savoir 32,9. Il résulte tant des expériences de Gay-Lussac et Thenard que de celles de Davy, que le gaz acide muriatique est formé de la combinaison de volumes égaux de gaz oximuriatique et hydrogène, et que son volume est égal à leur somme; cela veut dire, selon notre hypothèse, que l'acide muriatique se forme de ces deux substances unies molécule à molécule, avec partage de la molécule en deux, comme nous en avons déjà vu tant d'exemples (8). D'après cela, la densité du gaz acide muriatique, en partant de celle du gaz oximuriatique marquée ci-dessus, doit être 1,272; elle est 1,278 selon les expériences de MM. Biot et Gay-Lussac. Si on suppose cette dernière détermination exacte, la densité du gaz oximuriatique devra être 2,483, et la masse de sa molécule 33,91. Si l'on veut adopter de préférence cette évaluation, la masse de la

molécule de l'acide muriatique sera $\frac{34,91}{2} = 17,45 = \frac{1,278}{0,07321}$. La

détermination de la pesanteur spécifique du gaz acide muriatique par Davy, selon laquelle 100 pouces cubes de ce gaz pèsent 39 grains, donneroit des nombres peu différens, savoir, 33,36 pour la masse de la molécule de l'acide oximuriatique et 17,18 pour celle de l'acide muriatique.

VI.

Appliquons maintenant notre hypothèse à quelques substances métalliques. M. Gay-Lussac suppose que l'oxide de mercure au *minimum*, dans la formation duquel 100 parties de mercure en poids, en absorbent 4,16 d'oxigène, selon Fourcroy et Thenard, est analogue au gaz oxide d'azote, c'est-à-dire, que le mercure supposé gazeux, s'y combine avec la moitié de son volume de gaz oxigène, ce qui, dans notre hypothèse, revient à ce qu'une molécule d'oxigène s'y combine avec deux molécules de mercure. En ce cas, la densité du gaz de mercure devrait être à celle du gaz oxigène comme 100 à 8,32, ce qui donneroit pour cette densité 13,25, en prenant pour unité celle de l'air, et par la masse de la molécule du mercure 181, en prenant pour unité celle de l'hydrogène. Dans cette supposition l'oxide de mercure au *maximum*, qui contient le double d'oxigène, devrait être formé d'oxigène et de mercure unis molécule à molécule; mais quelques raisons me portent à penser que c'est l'oxide au *minimum* qui est dans ce dernier cas, et que dans l'oxide au *maximum* une molécule de mercure s'adjoint deux molécules d'oxigène. Alors la densité du gaz de mercure et la masse de sa molécule seront doubles de ce qu'elles étoient dans l'hypothèse précédente, savoir, la première $26 \frac{1}{2}$, et la seconde 362. Je m'appuie, à cet égard, sur des analogies tirées des autres métaux, et particulièrement du fer. Il résulte des expériences des différens chimistes, discutées avec soin par Hassenfratz, que les deux oxides de fer les plus connus, le noir et le rouge, sont composés, l'un, de 31,8, l'autre, de 45 environ d'oxigène en poids sur 100 de fer. On voit que la seconde de ces deux quantités d'oxigène est à peu près une fois et demie la première, ensorte qu'on est natu-

rellement porté à supposer que dans le premier oxide une molécule de fer se combine avec deux molécules d'oxygène, et dans le second, avec trois molécules. Si cela est, en admettant la proportion indiquée pour l'oxide noir comme la plus exacte, celle de l'oxide rouge seroit de 47,7 pour cent de fer, ce qui se rapproche beaucoup de la proportion trouvée immédiatement par Proust, de 48 pour cent. En ce cas, la masse d'une molécule de fer sera à celle d'une molécule d'oxygène comme 100 à 15,9, ce qui donne pour cette masse 94 environ en prenant pour unité celle de l'hydrogène. Il paroît, d'après cela, qu'il doit y avoir un autre oxide de fer qui contienne 15,9 d'oxygène sur 100 de fer, et c'est peut-être là l'oxide blanc, quoique les expériences connues jusqu'ici y indiquent une plus grande proportion d'oxygène. Maintenant les deux oxides de mercure dont nous avons parlé, et dont l'un contient le double d'oxygène de l'autre, paroissent devoir être analogues à ce dernier oxide de fer et à l'oxide noir, tandis que l'oxide rouge n'aura point d'analogie pour le mercure.

Les autres métaux offrent de même, pour la plupart, deux oxides dans lesquels les quantités d'oxygène sont comme 1 et 2, et on peut, d'après les proportions de leurs élémens en poids, déterminer de la même manière les masses de leurs molécules. Je trouve, par exemple, 206 pour la molécule du plomb, 198 pour celle de l'argent, 123 pour celle du cuivre, etc. (a).

(a) J'ajouterai ici quelques mots sur la molécule du potassium, Davy, en supposant que la potasse est formée de potassium et d'oxygène unis molécule à molécule, a fixé celle du potassium à 40,5, d'après la quantité d'oxygène en poids que cette substance y prend, et supposé que la molécule de l'oxygène soit 7,5. En portant, comme nous l'avons fait, cette dernière molécule à peu près au double, celle du potassium sera double aussi, savoir, environ 81, en adoptant d'ailleurs les suppositions de Davy; mais il se pourroit que dans la potasse une molécule de potassium en prit deux d'oxygène, et en ce cas, on devroit encore doubler la

VII.

Nous allons encore appliquer nos principes à quelques combinaisons salines; cela nous fournira l'occasion d'examiner un point important dans la théorie de ces combinaisons. M. Gay-Lussac a fait voir que le carbonate, le fluo-borate et le muriate d'ammoniaque neutre, sont composés de volumes égaux de leurs acides respectifs, et de gaz ammoniacque. Arrêtons-nous à considérer le carbonate. Selon notre hypothèse, ce sel sera composé d'une molécule d'acide carbonique avec une molécule d'ammoniaque, c'est-à-dire, d'après nos évaluations précédentes, et indépendamment de tout partage, d'une molécule de carbone, deux d'oxygène, une d'azote et trois d'hydrogène, ce qui donneroit pour la masse de sa molécule 57,75; mais en admettant le partage en deux, qui avoit déjà lieu dans les composans, cette molécule se réduit à 28,87; elle se réduiroit encore à la moitié de ce nombre, s'il y avoit un nouveau partage dans l'union de l'acide avec l'alcali.

première et la porter à 162; il se pourroit aussi (car l'analogie tirée des autres métaux ne pourroit pas être ici un guide bien sûr) qu'il y eût deux molécules de potassium contre une d'oxygène, ce qui ramèneroit celle du potassium à 40,5.

C'est en supposant cette dernière valeur à la molécule du potassium, que Davy trouve, d'après la composition du muriate de potasse, 32,9 pour celle de l'acide oximuriatique; en supposant aussi ce sel formé d'une molécule de potassium avec une d'acide; si on suppose une masse différente à la molécule du potassium, il faudra admettre un autre nombre relatif de molécules dans le muriate, puisque 32,9 est bien à peu près selon notre hypothèse, et d'après la densité du gaz acide oximuriatique, la molécule de ce gaz. Si on suppose la molécule du potassium 81, celle du soufre sera, d'après les proportions en poids dans le sulfure de potassium, et en admettant que cette combinaison ait lieu de molécule à molécule, environ 27 au lieu de 13 $\frac{1}{2}$, que trouve Davy par cette considération, et cela mettra entre ce résultat et celui tiré du gaz acide sulfureux, selon nos calculs, l'accord qui existoit dans les évaluations de Davy.



M. Gay-Lussac a soupçonné que l'égalité de volume entre l'alcali et l'acide gazeux qui forment un sel neutre, puisse être générale. Cela reviendrait à dire, selon notre hypothèse, que tous les sels neutres sont composés d'acide et d'alcali, unis molécule à molécule; mais quelques réflexions paroissent s'opposer à ce qu'on admette ce principe dans toute sa généralité. L'idée la plus conforme aux phénomènes qu'on puisse se former de l'acidité, de l'alcalinité et de la neutralité, me semble encore être celle que j'ai exposée dans mon Mémoire sur ce sujet (*Journal de Physique*, tome LXIX). Selon cette idée, toutes les substances forment entre elles une série dans laquelle elles jouent le rôle d'acide ou d'alcali, les unes par rapport aux autres, et qui est la même d'où dépend l'électricité positive ou négative qu'elles prennent dans leur contact mutuel; j'exprime par le mot d'*oxigénicité* la propriété par laquelle les corps sont placés plus ou moins haut dans cette échelle, en mettant à sa tête ceux qui jouent le rôle d'acide par rapport aux autres; dans cette échelle il y a un point vers lequel sont placées les substances que nous appelons *neutres*, au-dessus celles qui sont absolument acides, et au-dessous celles qui sont alcalines, lorsque leur agrégation leur permet d'exercer ces qualités; enfin, les substances composées tiennent, dans cette échelle, une place intermédiaire entre celles dont elles sont composées, eu égard au degré d'oxigénicité et à la proportion en poids de ces substances composantes, ensorte qu'une substance neutre résulte de la combinaison de deux substances, l'une acide, l'autre alcaline, dans une certaine proportion (*voyez* le Mémoire cité) (a). L'observation des

(a) Les propriétés de l'acide oxi-muriatique, telles que Davy les conçoit, analogues à celles de l'oxigène, n'ont rien d'extraordinaire dans cette manière de voir; elles montrent seulement que cette substance est très-oxigénique. J'avois déjà

rapports simples qui ont lieu dans les combinaisons, et en particulier dans celles d'où résultent des substances neutres, nous conduit maintenant à une manière plus exacte de concevoir l'état de neutralité. L'oxigénicité dans deux corps qui se combinent, ne peut être supposée avoir un tel rapport avec les masses de leurs molécules, que de la réunion de certains nombres précis de ces molécules dans des rapports simples il doive résulter un degré précis d'oxigénicité qui soit celui de la neutralité, et qui ne dépende, comme nous l'avons supposé de l'oxigénicité en général, que de la proportion en poids et du degré d'oxigénicité des composans. Il paroît donc qu'il faut admettre que le degré d'oxigénicité qui répond à la neutralité n'est pas entièrement fixe, quoique se rapprochant plus ou moins d'un degré fixe, et que cet état dépend de ce que l'excès de masse de l'un des composans, d'où pourroit résulter la qualité acide ou alcaline, soit empêché d'exercer ces qualités par la combinaison même avec le principe contraire qui le retient par son attraction, quoique le composé ait d'ailleurs une agrégation convenable pour agir comme acide ou comme alcali, s'il étoit doué de ces qualités; cet excès de masse ainsi retenu, sera celui qui est nécessaire pour compléter un certain rapport simple entre les nombres de molécules qui se combinent. Ainsi entre les différens rapports simples de nombres, selon lesquels les molécules peuvent se combiner, il y en a un qui donne la neutralité, et c'est celui où la combinaison approche le plus d'être dans le point précis d'oxigénicité dont nous avons parlé, ensorte que si dans la combinaison formée selon ce rapport, l'un des principes composans laissoit encore échapper une molécule de l'autre, ou en prenoit une de plus,

remarqué dans le Mémoire cité, que les propriétés des alcalis supposés être des oxides, s'expliquent très-bien d'après ces idées.

la combinaison s'éloigneroit davantage de ce point précis. Ce dernier point, autour duquel oscillent, pour ainsi dire, les oxigénicités des différens composés neutres, est celui qui donneroit l'état neutre dans la combinaison de deux substances qui pussent se combiner entre elles en toute proportion, ou selon des rapports exprimés par des nombres de molécules quelconques. On voit que cette manière d'envisager la neutralité des corps composés concilie la théorie exposée dans le Mémoire cité avec les idées que M. de Laplace a présentées sur ce point, et que M. Haüy a exposées dans son *Traité de Physique*.

D'après cette théorie on voit bien que si l'oxigénicité de deux acides et de deux alcalis qui se combinent respectivement, n'est pas extrêmement différente, et si en même temps la masse de la molécule de l'un des acides n'a pas avec son alcali un rapport différent de celui que l'autre acide a à cet égard avec son alcali, le rapport entre les nombres de molécules qui donne la neutralité, pourra être le même dans les deux combinaisons; mais dans le cas contraire, ce rapport pourra varier, ensorte qu'au lieu de celui de l'égalité de volumes, ou de la combinaison de molécule à molécule qu'on observe entre l'acide carbonique et quelques autres acides d'un côté, et l'ammoniaque de l'autre, il y ait d'autres rapports simples comme de 1 à 2, etc., qui donnent l'état neutre. Néanmoins la simplicité qu'il y aura toujours dans ces rapports, y joint la connoissance qu'on pourra avoir d'ailleurs de la masse des molécules, et du degré d'oxigénicité des composans, pourra quelquefois faire deviner, ou du moins conjecturer quel est celui de ces rapports simples qui doit avoir lieu dans un cas donné; mais c'est à l'expérience qu'il appartient de confirmer ou rectifier ces aperçus théoriques.

VIII.

En lisant ce Mémoire, on aura pu remarquer, en général, qu'il y a beaucoup de points d'accord entre nos résultats particuliers et ceux de Dalton, quoique nous soyons partis d'un principe général, et que Dalton ne se soit réglé que sur des considérations particulières. Cet accord dépose en faveur de notre hypothèse, qui n'est au fond que le système de Dalton, muni d'un nouveau moyen de précision par la liaison que nous y avons trouvée avec le fait général établi par M. Gay-Lussac. Ce système suppose que les combinaisons se font en général en proportions fixes, et c'est ce que l'expérience fait voir par rapport aux combinaisons les plus stables et les plus intéressantes pour les chimistes. Ce sont les seules qui puissent avoir lieu, à ce qu'il paroît, entre les gaz, à cause de la grosseur énorme des molécules qui résulteroient de rapports exprimés par de plus grands nombres, malgré le partage des molécules qui est probablement resserré dans d'étroites limites. On entrevoit que le rapprochement des molécules dans les corps solides et liquides, ne laissant plus entre les molécules intégrantes que des distances de même ordre que celles des molécules élémentaires, peut donner lieu à des rapports plus compliqués, et même à des combinaisons en toute proportion; mais ces combinaisons seront pour ainsi dire d'un autre genre que celles dont nous nous sommes occupés, et cette distinction peut servir à concilier les idées de M. Berthollet sur les combinaisons, avec la théorie des proportions fixes (9).

Traduzione della Memoria precedente con Annotazioni

SAGGIO

**DI UN MODO DI DETERMINARE LE MASSE RELATIVE DELLE
MOLECOLE ELEMENTARI DEI CORPI E LE PROPORZIONI
SECONDO CUI ESSE ENTRANO IN QUESTE COMBINAZIONI.**

Diamo la traduzione italiana di questa Memoria, che è la fondamentale di Avogadro, quale fu pubblicata nell'Opuscolo del prof. I. Guareschi: "Amedeo Avogadro e la teoria molecolare", Torino 1901, Unione Tip.-Editrice Torinese. Questa importante traduzione fu fatta dalla compianta MARIA GUARESCHI.



I.

Gay-Lussac mostrò in una Memoria interessante (*Mémoires de la Société d'Arcueil*, t. II) che le combinazioni dei gas fra loro si fanno sempre secondo rapporti semplicissimi in volume, e che quando il risultato della combinazione è gassoso, il suo volume è pure in rapporto assai semplice con quello dei suoi componenti; ma i rapporti delle quantità di sostanze nelle combinazioni pare non possano dipendere che dal numero relativo delle molecole che si combinano e da quello delle molecole composte che ne risultano. Bisogna dunque ammettere che vi sieno pure dei rapporti molto semplici fra i volumi delle sostanze gassose e il numero delle molecole semplici o composte che le formano. La prima ipotesi che si affaccia a questo riguardo e che pare essere la sola ammissibile, è di supporre che il numero delle *molecole integranti* (1) in qualunque gas è sempre lo stesso a volume uguale o sempre proporzionale ai volumi.

Infatti, supponendo che il numero di molecole contenute in un dato volume fosse diverso per i diversi gas, non sarebbe possibile concepire come la legge che presiede alla distanza delle molecole potesse dare sempre dei rapporti così semplici come sono quelli che, per i fatti che abbiamo citato, noi dobbiamo ammettere fra il volume e il numero delle molecole. Si concepisce invece assai facilmente

come le molecole nei gas essendo ad una tale distanza che la loro mutua attrazione non può esercitarsi fra loro, la loro diversa attrazione pel calorico possa limitarsi a condensarne una quantità maggiore o minore intorno ad esse, senza che l'atmosfera formata da questo fluido abbia più estensione per le une che per le altre, e quindi, senza che varii la distanza fra le molecole o, in altre parole, senza che il numero delle molecole contenute in un volume dato sia diverso. Veramente, Dalton propose un'ipotesi affatto contraria, cioè che la quantità di calorico sia sempre uguale per le molecole di un corpo qualunque allo stato di gas e che l'attrazione maggiore o minore pel calorico non faccia che condensare più o meno questa quantità di calorico attorno alle molecole, variando così la distanza fra le molecole stesse; ma nell'oscurità in cui siamo circa il sapere come si esercita questa attrazione delle molecole sul calorico, nulla può farci decidere *a priori* per l'una piuttosto che per l'altra di queste ipotesi e piuttosto si sarebbe portati ad ammettere una ipotesi mista che farebbe variare la distanza delle molecole e la quantità di calorico secondo leggi ignote, se l'ipotesi nostra non fosse fondata su questa semplicità di rapporti fra i volumi nelle combinazioni dei gas che pare non si possa spiegare diversamente.

Partendo da questa ipotesi, si ha il mezzo di determinare assai facilmente le masse relative delle molecole dei corpi che si possono avere allo stato gassoso e il numero relativo di queste molecole nelle combinazioni; poichè i rapporti delle masse delle molecole sono allora gli stessi di quelli delle densità dei diversi gas, a pressione e a temperature uguali, e il numero relativo delle molecole in una combinazione è dato immediatamente dal rapporto dei volumi dei gas che la formano. Per esempio, se i numeri 1,10359 e 0,07321 esprimono le densità dei due gas ossigeno e idrogeno, prendendo quella

dell'aria atmosferica come unità, e se il rapporto fra i due numeri rappresenta di conseguenza quello che esiste fra le masse di due volumi eguali di questi due gas, questo stesso rapporto esprimerà, secondo l'ipotesi proposta, il rapporto delle masse delle loro molecole. Così la massa della molecola dell'ossigeno sarà circa 15 volte quella della molecola di idrogeno, o, più esattamente, essa starà a questa come 15,074 sta a 1. Così pure la massa della molecola d'azoto starà a quella dell'idrogeno come 0,96913 a 0,07321, cioè come 13 o più esattamente come 13,238 a 1. D'altra parte, essendo noto che il rapporto dei volumi dell'idrogeno all'ossigeno nella formazione dell'acqua è di 2 a 1, ne segue che l'acqua risulta dall'unione di una molecola di ossigeno con due molecole d'idrogeno. Nello stesso modo, secondo le proporzioni in volume stabilite da Gay-Lussac negli elementi dell'ammoniaca, del gas ossido d'azoto e nitroso e dell'acido nitrico, l'ammoniaca risulterà dall'unione di una molecola di azoto con tre d'idrogeno, il gas ossido d'azoto di una molecola di ossigeno con due di azoto, il gas nitroso di una molecola d'azoto con una di ossigeno e l'acido nitrico di una di azoto con due di ossigeno.

II.

Una riflessione pare opporsi, a prima vista, all'ammissione della nostra ipotesi sui corpi composti. Parrebbe che una molecola composta di una o più molecole elementari dovrebbe avere una massa uguale alla somma delle masse di queste molecole e che, specialmente, se in una combinazione ad una molecola di un corpo si aggiungono due o più molecole di un altro corpo, il numero delle molecole composte dovrebbe restare uguale al numero delle molecole del primo corpo. Quindi, nella nostra ipotesi, allorchando un gas si combina

con due o più volte il suo volume di un altro gas, il composto che ne risulta, se è gassoso, non potrà avere che un volume uguale al primo di questi gas. Ora, ciò generalmente non è confermato dal fatto. Per esempio, il volume dell'acqua supposta gassosa è, come dimostrò Gay-Lussac, doppio di quello del gas ossigeno che vi entra o, il che è poi la stessa cosa, uguale a quello dell'idrogeno, invece di essere uguale a quello dell'ossigeno. Tuttavia esiste un mezzo assai naturale per spiegare i fatti di questo genere in conformità della nostra ipotesi: ed è di supporre che le molecole costituenti d'un qualsiasi gas semplice, cioè quelle che vi si trovano ad una distanza tale da non poter esercitare la loro mutua azione, non siano formate da una sola molecola elementare, ma risultino da un certo numero di queste molecole riunite in una sola per attrazione, e che quando le molecole di un'altra sostanza devono aggiungersi a quelle per formare delle molecole composte, la molecola integrante che ne dovrebbe risultare si divida in due o più parti o molecole integranti composte della metà, del quarto, ecc., del numero di molecole elementari da cui era formata la molecola costituente della prima sostanza, combinate colla metà, col quarto, ecc., del numero di molecole costituenti l'altra sostanza che dovrebbe combinarsi colla molecola totale; oppure, ciò che torna lo stesso, con un numero uguale di mezze molecole, di quarti di molecola, ecc., di questa seconda sostanza; di modo che il numero delle molecole integranti del composto diventi doppio, quadruplo, ecc. di ciò che dovrebbe essere senza questa divisione e tale che basti a soddisfare al volume del gas che ne risulta (α) (2).

(α) Così la molecola integrante dell'acqua, ad esempio, sarà composta di una mezza molecola d'ossigeno con una molecola o con due mezze molecole d'idrogeno, il che torna lo stesso.

Esaminando i diversi composti gassosi più noti, io non trovo che esempi di raddoppiamento di volume relativamente al volume di quello dei componenti che aggiunge a sè stesso una o due volte il suo volume dell'altro; lo si è già visto per l'acqua. Così pure il volume del gas ammoniacco è, com'è noto, doppio di quello dell'azoto che vi entra. Gay-Lussac ha fatto vedere che il volume del gas ossido di azoto è uguale a quello dell'azoto che ne fa parte e quindi doppio di quello dell'ossigeno. Finalmente, il gas nitroso che contiene volumi eguali di azoto e di ossigeno, ha un volume uguale alla somma dei due gas componenti, cioè doppio del volume di ognuno di essi. Così, in tutti questi casi, vi deve essere divisione in due delle molecole, ma in altri casi, la divisione potrà farsi in quattro, in otto, ecc. Già *a priori* si sarebbe dovuto supporre la possibilità di questa divisione delle molecole composte; poichè, senza di ciò, le molecole integranti dei corpi composti da parecchie sostanze con un numero considerevole di molecole sarebbero divenute una massa eccessivamente grande in confronto delle molecole dei corpi semplici; si poteva quindi congetturare che la natura avesse qualche mezzo con cui farle rientrare nell'ordine di queste ultime e i fatti ci hanno indicata l'esistenza di questo mezzo. Un'altra considerazione ancora ci spinge ad ammettere, in qualche caso, questa divisione; come, infatti, senza di essa si potrebbe concepire una vera combinazione fra due corpi gassosi che si riuniscono a volumi uguali, senza che vi sia condensazione, come avviene nel caso della formazione del gas nitroso? Rimanendo le molecole ad una tale distanza per cui l'attrazione mutua delle molecole di ciascun gas non possa esercitarsi, non si può supporre che esista un'altra attrazione fra le molecole dell'uno e quelle dell'altro; ma coll'ipotesi della divisione si vede che la combinazione riduce realmente due molecole diverse ad una sola e che vi sarebbe contra-

zione di tutto il volume di uno dei gas se ogni molecola composta non si dividesse in due molecole di uguale natura. Gay-Lussac si convinse coi fatti che la diminuzione del volume nella combinazione dei gas non può rappresentare il ravvicinamento delle loro molecole elementari. La divisione delle molecole nelle combinazioni ci spiega come questi due fatti possano essere indipendenti l'uno dall'altro.

III.

Dalton, seguendo supposizioni arbitrarie e che gli parvero le più naturali sul numero relativo delle molecole nelle combinazioni, tentò di stabilire dei rapporti fra le masse delle molecole dei corpi semplici. La nostra ipotesi ci pone in grado, supponendo che sia fondata, di confermare o di rettificare i suoi risultati con dati precisi e soprattutto di stabilire la grandezza delle molecole composte secondo i volumi dei composti gassosi, grandezza che dipende in parte dalla divisione delle molecole di cui questo fisico non ha idea alcuna.

Così Dalton ha supposto (a) che l'acqua si formasse per l'unione dell'idrogeno e dell'ossigeno, molecola per molecola. Ne risulterebbe, secondo il rapporto in peso di questi due componenti, che la massa della molecola dell'ossigeno starebbe a quella dell'idrogeno circa come $7\frac{1}{2}$ a 1, o, secondo i calcoli di Dalton, come 6 a 1 (3). Secondo la nostra ipotesi questo rapporto sarebbe doppio, cioè 15 a 1, come si è visto. Quanto alla molecola dell'acqua, essa dovrebbe avere la sua massa espressa con $15 + 2 = 17$ circa, prendendo per unità quella dell'idrogeno, se non vi fosse divisione in due della molecola; ma a

(a) In quanto segue, mi servirò dell'esposizione delle idee di Dalton, che Thomson ci ha fatta nel suo *Système de Chimie*.

causa di questa divisione essa si riduce alla metà $8\frac{1}{2}$ o più esattamente 8,537, come si troverebbe anche immediatamente dividendo la densità del vapore acquoso 0,625 secondo Gay-Lussac, per la densità dell'idrogeno 0,0732. Questa massa non differisce da 7, che gli assegna Dalton, se non per la differenza nella valutazione della composizione dell'acqua; di modo che sotto questo riguardo il risultato di Dalton è quasi giusto per la combinazione di due errori che si compensano, quello sulla massa della molecola dell'ossigeno e quello di non aver tenuto conto della divisione.

Dalton suppone che nel gas nitroso la combinazione dell'azoto e dell'ossigeno si faccia da molecola a molecola; abbiamo visto che ciò avviene precisamente così, secondo la nostra ipotesi. Così Dalton avrebbe trovato la stessa massa di molecole che abbiamo trovato noi per l'azoto, prendendo sempre per unità quella dell'idrogeno, se non fosse partito da una diversa valutazione di quella dell'ossigeno e se avesse precisamente seguito la stessa valutazione delle quantità degli elementi del gas nitroso in peso; ma supponendo la molecola dell'ossigeno minore della metà della nostra, egli dovette fare anche quella dell'azoto uguale a meno della metà di quella che gli abbiamo assegnata, 5 invece di 13. Quanto alla molecola del gas nitroso stesso, il difetto di non considerare la divisione avvicina ancora il risultato di Dalton al nostro; egli ha fatto $6 + 5 = 11$, mentre per noi essa è $\frac{15 + 13}{2} = 14$ circa, o più esattamente, $\frac{15,074 + 13,238}{2} = 14,156$, come si troverebbe pure dividendo 1,03636, densità del gas nitroso, secondo Gay-Lussac, per 0,07321. Dalton stabilì, nella stessa maniera che è stato dato a noi dai fatti, il numero relativo delle molecole nella composizione dell'ossido d'azoto e dell'acido nitrico, e la stessa circostanza della dimenticanza della divisione ha servito a rettificare, per

l'ossido di azoto, il risultato della grandezza della molecola. Dalton la fa di $6 + 2 \cdot 5 = 16$, mentre, secondo noi, essa deve essere:

$$\frac{15,074 + 2 \cdot 13,238}{2} = 20,775,$$

numero che si ottiene anche dividendo 1,52092, densità del gas ossido d'azoto, secondo Gay-Lussac, per quella del gas idrogeno.

Quanto all'ammoniaca, la supposizione di Dalton sul numero relativo delle molecole nella sua composizione sarebbe completamente errata secondo la nostra ipotesi. Egli vi ammette l'idrogeno e l'azoto uniti molecola a molecola, mentre noi abbiamo visto che ad una molecola d'azoto s'aggiungono tre molecole d'idrogeno. Secondo lui, la molecola dell'ammoniaca sarebbe $5 + 1 = 6$; secondo noi invece dev'esser $\frac{13 + 3}{2} = 8$, o più esattamente 8,119, come può dedursi

immediatamente dalla densità del gas ammonico (4).

La divisione della molecola, di cui Dalton non ha tenuto calcolo, corregge anche qui in parte l'errore che risulterebbe dalle altre sue supposizioni.

Tutti i composti di cui abbiamo discorso risultano dall'unione di una molecola di uno dei componenti con una o più molecole dell'altro. L'acido nitroso ci presenta un'altra combinazione di due di quelle medesime sostanze di cui abbiamo parlato, nella quale i due termini del rapporto fra il numero delle molecole sono entrambi differenti dall'unità. Risulta infatti dalle esperienze di Gay-Lussac a questo riguardo (V. lo stesso volume della *Société d'Arcueil* già citato) che questo acido è formato di 1 p. in volume di ossigeno e 3 di gas nitroso (5) o, ciò che è lo stesso, di 3 p. d'azoto e 5 d'ossigeno. Per cui ne verrebbe, secondo la nostra ipotesi, che la sua molecola, astrazion fatta da ogni divisione che possa avvenirvi, sarebbe

composta di 3 molecole di azoto e 5 di ossigeno. Ma questo modo di composizione può ridursi alla forma più semplice delle precedenti, considerandolo come il risultato dell'unione di 1 molecola di ossigeno con 3 di gas nitroso, vale a dire con 3 molecole composte ciascuna di mezza molecola d'ossigeno e di mezza molecola d'azoto, ciò che presuppone, o meglio, rende necessaria la divisione di alcune delle molecole d'ossigeno che entrano in quella dell'acido nitroso. Non supponendo altra divisione, la massa di quest'ultima molecola sarebbe 57,542, quella dell'idrogeno essendo presa per unità, e la densità del gas nitroso sarebbe 4,21267, essendo presa per unità la densità dell'aria; ma è probabile che avrà luogo almeno un'altra divisione in due e, per conseguenza, un'altra riduzione della densità a metà; bisogna aspettare che si sia determinata questa densità sperimentalmente.

IV.

Consideriamo ancora alcune altre combinazioni che possono fornirci, secondo la nostra ipotesi, qualche congettura almeno sulle masse relative delle molecole e sul loro numero in queste combinazioni e paragoniamole colle supposizioni di Dalton.

Gay-Lussac ha mostrato che, supponendo l'acido solforico secco composto di 100 p. di solfo e 138 di ossigeno in peso come fu stabilito dagli ultimi lavori dei chimici; supponendo ancora che la densità del gas acido solforoso, come fu determinata da Kirwan, sia 2,265 prendendo per unità quella dell'aria, ammettendo che l'acido solforico sia composto di 2 p. in volume di gas acido solforoso e 1 di gas ossigeno, come risulta dalle esperienze di Gay-Lussac, il volume dell'acido solforoso è quasi uguale a quello del gas ossigeno che vi entra, e questa uguaglianza sarebbe esatta se esatte fossero le basi su cui fu stabilito il calcolo. Supponendo esatta la determinazione

di Kirwan e attribuendo tutto l'errore all'analisi dell'acido solforico, si trova che nell'acido solforoso 100 di solfo prendono 95,02 di ossigeno e in conseguenza nell'acido solforico $95,02 + \frac{95,02}{2} = 142,53$ invece di 138. Se invece si suppone esatta l'analisi dell'acido solforico, ne viene che l'acido solforoso contiene 92 di ossigeno su 100 di solfo e il suo peso specifico dovrà essere 2,30314 invece di 2,265.

Una riflessione pare consigliarci ad ammettere la prima ipotesi, fino a che la densità del gas acido solforoso non sia stata confermata o rettificata da ulteriori esperienze; ed è che vi dovette essere nella determinazione della composizione dell'acido solforico una causa di errore tendente ad aumentare la quantità del radicale o a diminuire quella dell'ossigeno, il che è lo stesso. Questa determinazione fu fatta per la quantità di acido solforico secco prodotto. Ora, pare quasi certo che il solfo ordinario contenga idrogeno; si è dunque aggiunto al vero peso del radicale il peso di questo idrogeno che durante l'operazione ha dovuto convertirsi in acqua. Io supporrò dunque l'acido solforoso composto di 92,02 d'ossigeno su 100 di solfo o piuttosto di radicale solforico, invece di 92 (a).

Per determinare ora la massa della molecola del radicale solforico, sarebbe necessario conoscere la proporzione in volume di questo radicale supposto gassoso, in rapporto all'ossigeno, nella formazione dell'acido solforoso.

(a) Questo fu scritto prima che io avessi visto la memoria del Davy sull'acido ossimuriatico, che contiene pure delle esperienze nuove sul solfo e sul fosforo. Egli vi determina la densità del gas acido solforoso e non la trova che di 2,0967, il che aggiunge forza alle riflessioni che io facevo più sopra. Ammettendo questa densità, si trova che nell'acido solforoso 100 parti di solfo prendono 111 di ossigeno in peso e nell'acido solforico 167 invece di 138; ma forse questa densità del gas acido solforoso, secondo Davy, pecca per difetto.

L'analogia colle altre combinazioni di cui già abbiamo parlato, e in cui generalmente vi è raddoppiamento di volume o divisione in due della molecola, ci porta a supporre che avvenga lo stesso in questa di cui si tratta, cioè che il volume del gas di solfo sia metà di quello dell'acido solforoso e quindi anche del gas ossigeno che vi entra. Secondo questa supposizione, la densità del gas di solfo starà a quella dell'ossigeno come 100 a $\frac{95,02}{2}$ ossia 47,51: il che dà 2,323 come densità del gas di solfo, prendendo per unità quella dell'aria. Essendo, secondo la nostra ipotesi, le masse delle molecole nello stesso rapporto delle densità dei gas a cui appartengono, la massa della molecola del radicale solforico starà a quella dell'idrogeno come 2,323 a 0,07321 o come 31,73 a 1. Una di queste molecole combinata, come abbiamo già detto, con due di ossigeno formerà l'acido solforoso (astrazione fatta dalla divisione), e combinata ancora con una molecola d'ossigeno di più formerà l'acido solforico. Quindi l'acido solforoso sarà analogo, pel numero relativo delle molecole dei suoi componenti, all'acido nitrico e l'acido solforico non avrà nessun analogo relativamente all'azoto. La molecola dell'acido solforoso, avuto riguardo alla divisione, sarà uguale a $\frac{31,73 + 2 \cdot 15,074}{2}$ ossia 30,94, come si otterrebbe dividendo immediatamente la densità 2,265 del gas acido solforoso per quella del gas idrogeno. Quanto a quella dell'acido solforico non si può determinarla, perchè non sappiamo se vi sia o no una divisione ulteriore della molecola nella sua formazione (α).

(α) Il Davy nella memoria citata ha fatto le stesse supposizioni sul numero relativo delle molecole di ossigeno e di radicale negli acidi solforoso e solforico. Partendo dalla determinazione della densità del gas acido solforoso, si trova che la densità del radicale solforico sarebbe 1,9862 e la sua molecola 27,13, prendendo

Dalton aveva supposto che l'acido solforico fosse composto di due molecole d'ossigeno su una di radicale, e l'acido solforoso di una molecola di ossigeno e una di solfo. Queste due ipotesi sono incompatibili fra loro, dopo i risultati di Gay-Lussac, secondo i quali le quantità di ossigeno in questi due acidi, per una data quantità di radicale, sono rappresentate da 1 e $1\frac{1}{2}$. Egli, del resto, per la determinazione della molecola, è partito da una falsa valutazione della composizione dell'acido solforico e non fu che un caso se la massa 15, da lui assegnatale, ha colla massa di quella dell'ossigeno, secondo

per unità quella dell'idrogeno. Davy con un calcolo analogo la fissa a circa la metà, cioè 13,7, supponendo, secondo l'ipotesi di Dalton sull'acqua, che la molecola di ossigeno sia circa la metà di questa.

Egli trova quasi la stessa massa, cioè 13,4, partendo dalla densità del gas idrogeno solforato che è, secondo le sue esperienze, 1,0645, risultato poco diverso da quello di Kirwan, e supponendo che questo gas (contenente, come si sa, un volume uguale al proprio di gas idrogeno unito al solfo) sia composto di una molecola di solfo e una di idrogeno. Siccome noi supponiamo quasi doppia la molecola di solfo, dobbiamo ammettere che questo gas risulti dall'unione di una molecola di questo radicale con almeno due molecole d'idrogeno e che il suo volume sia doppio di quello del radicale supposto gassoso, come in tanti altri casi. Dico *almeno* due molecole d'idrogeno, poichè se vi fosse già dell'idrogeno nel solfo ordinario, come indicano le esperienze fatte su questa sostanza, dovrebbero aggiungersi questa quantità. Se, ad esempio, il solfo ordinario fosse composto di una molecola di radicale solforico e d'idrogeno, l'idrogeno solforato verrebbe ad essere formato da tre molecole d'idrogeno su una di radicale. Questo potrebbe verificarsi mediante il confronto fra il peso specifico del gas idrogeno solforato con quello del gas acido solforoso, se entrambi questi pesi specifici fossero conosciuti esattamente. Supponendo, ad esempio, esatto il peso specifico del gas idrogeno solforato, secondo Davy, la molecola del radicale solforico nella supposizione di due molecole d'idrogeno soltanto sarebbe 27,08 prendendo come unità quella dell'idrogeno; ma nella supposizione di tre molecole d'idrogeno, 27,08 sarebbe anche la somma di una molecola di radicale con una di idrogeno e la prima si ridurrebbe per conseguenza a 26,08. Se la densità, supposta esatta, del gas acido solforoso confermasse l'uno o l'altro di questi risultati, essa confermerebbe nello stesso tempo l'una o l'altra ipotesi; ma si è ancora troppo discordi su queste densità per poter trarre, dalle determinazioni fatte fin qui, qualche conclusione a tale riguardo.

lui, un rapporto che si avvicina a quello che le masse di queste due sostanze presentano secondo le nostre ipotesi.

Il fosforo ha tanta analogia col solfo che parrebbe naturale il supporre che anche l'acido fosforico sia composto di tre molecole di ossigeno contro una di radicale e l'acido fosforoso di due soltanto d'ossigeno contro una di radicale. Si può, in questa ipotesi, calcolare per approssimazione la massa della molecola del radicale fosforico. Rose, con un metodo analogo a quello che fu impiegato per l'acido solforico, trovò che l'acido fosforico contiene circa 115 d'ossigeno in peso su 100 di fosforo. Vi deve essere però un poco più di ossigeno, se si suppone che il fosforo contenga, come il solfo, dell'idrogeno; possiamo fare, per approssimazione, quest'aggiunta nella stessa proporzione che abbiamo visto aver luogo per l'acido solforico, secondo il peso specifico dell'acido solforoso, e portare così la quantità d'ossigeno a 120. Si trova allora, secondo le nostre ipotesi, che la massa della molecola del radicale fosforico è circa 38, prendendo per unità quella dell'idrogeno. Dalton pure ha adottato per gli acidi fosforoso e fosforico delle ipotesi analoghe a quelle che aveva fatte per gli acidi solforoso e solforico; ma essendo egli partito da valutazioni diverse degli elementi di questi acidi in peso, è giunto ad una determinazione della molecola del fosforo tale che non ha neppur più con quella del solfo, secondo lui, lo stesso rapporto che vi è, secondo noi, fra queste due molecole; egli ha fissato quella del fosforo a 8 prendendo per unità quella dell'idrogeno (α).

Vediamo ora quale congettura sia possibile fare sulla massa della molecola di una sostanza che ha in natura una parte assai più impor-

(α) Davy ha adottato per il numero delle molecole d'ossigeno e di radicale negli acidi fosforoso e fosforico le stesse nostre supposizioni; e, del resto, supponendo sempre la molecola dell'ossigeno circa metà della nostra, trova 16,5 per quella del

tante che non il solfo e il fosforo, cioè il carbonio. Siccome è certo che il volume dell'acido carbonico è uguale a quello del gas ossigeno che vi entra, se si ammette che il volume del carbonio che ne forma l'altro elemento, supposto gassoso, si raddoppi per la divisione in due delle molecole, come avviene in parecchie combinazioni di questo genere, bisognerà supporre che questo volume sia la metà di quello del gas ossigeno con cui si combina e che in conseguenza l'acido carbonico risulti dall'unione di una molecola di carbonio con due di ossigeno e sia per tal modo analogo agli acidi solforoso e fosforoso, secondo le nostre precedenti supposizioni. In questo caso si trova, secondo la proporzione in peso fra l'ossigeno e il carbonio, che la densità del gas carbonico sarebbe 0,832, prendendo per unità quella dell'aria, e la massa della sua molecola 11,36, prendendo per unità quella dell'idrogeno (6).

Questa supposizione tuttavia ha contro di sè un'obbiezione, ed è di assegnare alla molecola del carbonio una massa minore di quella delle molecole dell'azoto e dell'ossigeno, mentre invece si sarebbe tratti ad attribuire la solidità della sua aggregazione alle più elevate temperature ad una massa molecolare più considerevole, come si osserva nei radicali solforico e fosforico. Si giungerebbe ad un risultato che sarebbe al coperto da questa difficoltà supponendo nella formazione dell'acido carbonico una divisione della molecola in quattro o anche in otto, poichè si avrebbe così la molecola di carbonio doppia o quadrupla di quella che noi abbiamo stabilita; ma questa compo-

fosforo, il che darebbe 33 circa, secondo la valutazione nostra della molecola di ossigeno, invece di 38. La differenza viene da ciò che Davy, secondo le sue esperienze, valuta a $3\frac{1}{4}$ parti su 25, cioè a 136 su 100 di fosforo, la quantità d'ossigeno nell'acido fosforico, invece di 120, come noi avevamo supposto; esperienze ulteriori schiariranno questo punto.

sizione non sarebbe analoga a quella di alcun altro acido; e del resto la forma, gassosa o non, secondo altri esempi che abbiamo, non pare dipenda unicamente dalla grandezza della molecola, ma anche da qualche altra proprietà ignota delle sostanze. Così vediamo l'acido solforoso sotto forma di gas, alla pressione e a temperatura abituale dell'atmosfera, con una molecola assai considerevole e quasi uguale a quella del radicale solforico che è solido. Il gas acido muriatico ossigenato ha una densità e quindi una massa molecolare ancora più considerevole. Il mercurio che, come vedremo più innanzi, deve avere una molecola straordinariamente grossa, è tuttavia gassoso ad una temperatura infinitamente inferiore a quella che renderebbe tale il ferro, la cui molecola è meno considerevole. Nulla quindi c'impedisce di riguardare l'acido carbonico come composto nel modo indicato più sopra e analogo quindi agli acidi nitrico, solforoso e fosforoso, e di considerare la molecola del carbonio come avente una massa espressa da 11,36.

Dalton ha fatto la stessa nostra supposizione sulla composizione dell'acido carbonico e fu condotto così ad attribuire al carbonio una molecola 4,4, che sta a quella dell'ossigeno, secondo lui, nello stesso rapporto che 11,36 sta a 15, massa della molecola dell'ossigeno secondo noi.

Supponendo che la molecola del carbonio e il gas di questa sostanza abbiano la massa e la densità indicate, il gas ossido di carbonio sarà formato, secondo le esperienze di Gay-Lussac, di parti uguali in volume di gas carbonio e di gas ossigeno, e il suo volume sarà uguale alla somma dei volumi dei suoi componenti; per conseguenza sarà formato dal carbonio e dall'ossigeno uniti molecola a molecola, con divisione in due; il tutto in perfetta analogia col gas nitroso.

La massa della molecola dell'acido carbonico sarà:

$$\frac{11,36 + 2 \cdot 15,074}{2} = 20,75 = \frac{1,5196}{0,07321}$$

e quella del gas ossido di carbonio sarà:

$$\frac{11,36 + 15,074}{2} = 13,22 = \frac{0,96782}{0,07321}$$

V.

Fra le sostanze semplici non metalliche ve n'ha una di cui dobbiamo occuparci, la quale, essendo naturalmente gassosa, non può, secondo i nostri principii, lasciar dubbi sulla massa della sua molecola; tuttavia le ultime esperienze di Davy e anche quelle anteriori di Gay-Lussac e di Thenard su di essa ci obbligano a scostarci dalle idee ammesse fin qui, quantunque questi due chimici abbiano tentato di spiegare queste esperienze con queste medesime idee. Si tratta della sostanza nota fin qui sotto il nome di *acido muriatico ossigenato* o *acido ossimuriatico* (7). Nello stato attuale delle nostre cognizioni non è più possibile infatti considerare questa sostanza se non come ancora indecomposta e l'acido muriatico se non come un composto di questa sostanza e di idrogeno. Secondo questa teoria dunque applicheremo a queste due sostanze i nostri principii sulle combinazioni.

La densità dell'acido ossimuriatico, secondo Gay-Lussac e Thenard, è 2,470, prendendo per unità quella dell'aria atmosferica; per la sua molecola, prendendo per unità quella dell'idrogeno, si avrà 33,74, partendo dalla densità del gas idrogeno determinata da Biot e Arago. Secondo Davy, 100 pollici cubi inglesi di gas ossimuriatico pesano 74,5 grani, mentre che, secondo lo stesso, un ugual volume di gas

idrogeno ne pesa 2,27. Ciò darebbe per la molecola di questa sostanza $\frac{74,5}{2,27} = 32,82$. Queste due valutazioni differiscono pochissimo dalla massa che Davy stesso assegna a questa sostanza secondo altre considerazioni, cioè 32,9. Tanto dalle esperienze di Gay-Lussac e Thenard quanto da quelle di Davy risulta che il gas acido muriatico è formato dalla combinazione di volumi uguali di gas ossimuriatico e di idrogeno e che il suo volume è uguale alla loro somma; ciò significa, secondo la nostra ipotesi, che l'acido muriatico si forma da queste due sostanze unite molecola a molecola, con divisione della molecola in due, come già abbiamo visto in tanti esempi (8). Quindi la densità del gas acido muriatico, partendo da quella del gas ossimuriatico data più sopra, sarebbe di 1,272; secondo le esperienze di Biot e Gay-Lussac essa è 1,278. Supponendo esatta quest'ultima determinazione la densità del gas ossimuriatico dovrà essere 2,483 e la massa della sua molecola 33,91. Volendo adottare di preferenza questa valutazione, la massa della molecola dell'acido muriatico sarà $\frac{34,91}{2} = 17,45 = \frac{1,278}{0,07321}$.

La determinazione del peso specifico del gas acido muriatico fatta da Davy, secondo cui 100 pollici cubi di questo gas pesano 39 grani, darebbe numeri poco diversi, ossia 33,36 per la massa della molecola dell'acido ossimuriatico e 17,18 per quella dell'acido muriatico.

VI.

Applichiamo ora la nostra ipotesi a qualche sostanza metallica. Gay-Lussac suppone che l'ossido di mercurio al *minimum*, nella cui formazione, secondo Fourcroy e Thenard, 100 p. di mercurio in peso ne assorbono 4,16 di ossigeno, sia analogo al gas ossido d'azoto, cioè

che il mercurio supposto gassoso vi si combini colla metà del suo volume in gas ossigeno, il che, secondo la nostra ipotesi, è quanto dire che una molecola d'ossigeno vi si combina con due molecole di mercurio. In tal caso, la densità del gas di mercurio dovrebbe stare a quella del gas ossigeno come 100 a 8,32, il che darebbe per questa densità 13,25 prendendo per unità quella dell'aria, e come massa della molecola del mercurio 181 prendendo per unità quella dell'idrogeno. In tale ipotesi, l'ossido di mercurio al *maximum*, che contiene il doppio di ossigeno, dovrebbe esser formato di ossigeno e di mercurio uniti molecola a molecola; ma diverse ragioni mi fanno credere che sia invece l'ossido al *minimum* che realizzi quest'ipotesi, e che nell'ossido al *maximum* una molecola di mercurio si aggiunga a due molecole d'ossigeno. E allora la densità del gas di mercurio e la massa della molecola saranno doppie di quanto erano nella precedente ipotesi, cioè la prima $26\frac{1}{2}$ e la seconda 362. A questo riguardo, io mi fondo su analogie tratte dagli altri metalli e specialmente dal ferro. Dalle esperienze di parecchi chimici, esperienze che Hassenfratz discusse accuratamente, risulta che i due ossidi di ferro più noti, il rosso e il nero, sono composti l'uno di 31,8, l'altro di 45 circa di ossigeno in peso su 100 di ferro. Come si vede, questa seconda quantità di ossigeno è circa una volta e mezzo la prima, dimodochè si è naturalmente portati a supporre che nel primo ossido una molecola di ferro si combini con due molecole di ossigeno e con tre nel secondo ossido. Se così è infatti, ammettendo come più esatta la proporzione indicata per l'ossido nero, quella dell'ossido rosso sarebbe di 47,7 per 100 di ferro, il che si avvicina assai alla proporzione trovata immediatamente da Proust, di 48 %. In tal caso la massa di una molecola di ferro starà a quella di una molecola d'ossigeno come 100 a 15,9, il che dà per questa massa circa 94, prendendo per unità quella del-

l'idrogeno. Parrebbe, dopo ciò, che vi dovesse essere un altro ossido di ferro contenente 15,9 di ossigeno su 100 di ferro ed è forse questo l'ossido bianco, quantunque le esperienze note fin qui indichino in questo una proporzione maggiore di ossigeno. Ora i due ossidi di mercurio di cui abbiamo parlato, e di cui uno contiene il doppio di ossigeno dell'altro, paiono essere analoghi a quest'ultimo ossido di ferro e all'ossido nero, mentre l'ossido rosso non avrà analogo nel mercurio.

Anche gli altri metalli offrono generalmente due ossidi in cui le quantità di ossigeno sono come 1 e 2 e si può, secondo le proporzioni dei loro elementi in peso, determinare nello stesso modo le masse delle loro molecole. Io trovo, ad esempio, 206 per la molecola del piombo, 198 per quella dell'argento, 123 per quella del rame, ecc. (a).

(a) Aggiungerò qualche parola sulla molecola del potassio. Davy, supponendo che la potassa sia formata di potassio e di ossigeno uniti molecola a molecola, fissò quella del potassio a 40,5 secondo la quantità di ossigeno in peso che questa sostanza prende e suppose che la molecola dell'ossigeno fosse 7,5. Portando questa molecola a quasi il doppio, come abbiamo visto, anche quella del potassio sarà doppia, cioè 81, adottando le supposizioni di Davy; ma potrebbe anche essere che nella potassa una molecola di potassio ne prenda due di ossigeno e in questo caso si dovrebbe ancora raddoppiare la prima e portarla a 162; potrebbe pure essere (poichè l'analogia tratta dagli altri metalli non è forse qui una guida ben sicura) che vi fossero 2 molecole di potassio contro una di ossigeno, il che ricondurrebbe quella del potassio a 40,5. Supponendo alla molecola del potassio questo valore, Davy trova, secondo la composizione del muriato di potassio, 32,9 per quella dell'acido ossimuriatico, supponendo anche questo sale formato da una molecola di potassio con una di acido; se si suppone una massa diversa per la molecola del potassio, converrà ammettere un altro numero relativo di molecole nel muriato, essendo 32,9 circa, secondo la nostra ipotesi e secondo la densità del gas acido ossimuriatico, la molecola di questo gas. Se si suppone che la molecola del potassio sia 81, quella del solfo sarà, secondo le proporzioni in peso nel solfuro di potassio e ammettendo che questa combinazione abbia luogo da molecola a molecola, circa 27 invece di $13 \frac{1}{2}$ trovato da Davy e ciò porrebbe fra questo risultato e quello avuto dal gas acido solforoso, secondo i nostri calcoli, l'accordo che esisteva nei calcoli di Davy.

VII.

Applicheremo ancora i nostri principii a qualche combinazione salina, il che ci darà occasione ad esaminare un punto importante nella teoria di queste combinazioni. Gay-Lussac mostrò che il carbonato, il fluo-borato e il muriato di ammoniaca neutro sono composti di volumi uguali dei loro acidi rispettivi e di gas ammoniaco. Fermiamoci a considerare il carbonato. Secondo l'ipotesi nostra, questo sale sarebbe composto di una molecola d'acido carbonico con una molecola di ammoniaca, cioè, secondo i nostri calcoli precedenti, e indipendentemente da ogni divisione, da una molecola di carbonio, due d'ossigeno, una di azoto e tre d'idrogeno, il che darebbe per massa della sua molecola 57,75; ma ammettendo la divisione in due, che già aveva luogo nei componenti, questa molecola si riduce a 28,87; e si ridurrebbe ancora alla metà di questo numero se vi fosse una nuova divisione nell'unione dell'acido coll'alcali.

Gay-Lussac ha supposto che l'uguaglianza di volumi fra l'alcali e l'acido gassoso che costituiscono un sale neutro possa essere generale. Ciò varrebbe quanto ammettere, secondo la nostra ipotesi, che tutti i sali neutri sono composti d'acido e di alcali uniti molecola a molecola; ma alcune riflessioni si oppongono all'ammettere questo principio come generale. L'idea più conforme ai fenomeni che noi possiamo farci intorno all'acidità, all'alcalinità e alla neutralità mi pare sia quella già da me esposta in una Memoria su questo soggetto (*J. de Phys.*, t. LXIX).

Secondo questa idea, tutte le sostanze formano fra loro una serie nella quale esse fanno la parte di acidi e di alcali le une rispetto alle altre e che è la stessa serie da cui dipende l'elettricità positiva o

negativa ch'esse hanno nel loro mutuo contatto; io esprimo colla parola *ossigenicità* la proprietà per la quale i corpi sono posti più o meno in alto su questa scala, mettendo al disopra quelli che hanno l'ufficio di acidi rispetto agli altri; in tale scala vi è un punto in cui sono poste le sostanze che noi chiamiamo *neutre*; al disopra quelle che sono assolutamente acide e al disotto quelle che sono alcaline, quando la loro aggregazione permetta loro di esercitare queste qualità; finalmente, le sostanze composte tengono in questa scala un posto intermedio fra quelle di cui sono composte, avuto riguardo al grado di ossigenicità e alla proporzione in peso di queste sostanze componenti, in modo che una sostanza neutra risulta dalla combinazione di due sostanze, l'una acida, l'altra alcalina, in una certa proporzione (V. la Memoria citata) (a). L'osservazione dei rapporti semplici che hanno luogo nelle combinazioni, e specialmente in quelle da cui risultano le sostanze neutre, ci conduce ora ad un modo più esatto di concepire lo stato di neutralità. Non è supponibile che l'ossigenicità in due corpi che si combinano abbia un tale rapporto colle masse delle loro molecole che, dalla riunione di certi numeri precisi di queste molecole in rapporti semplici, debba risultare un grado preciso di ossigenicità che sia quello della neutralità e che dipenda soltanto, come avevamo supposto dell'ossigenicità in generale, dalla proporzione in peso e dal grado di ossigenicità dei componenti. Pare dunque necessario ammettere che il grado di ossigenicità corrispondente alla neutralità non sia del tutto fisso, quantunque sia sempre più o meno

(a) Le proprietà dell'acido ossimuriatico come le concepisce Davy, analoghe a quelle dell'ossigeno, non hanno nulla di straordinario in questo modo di vedere; esse mostrano soltanto che questa sostanza è assai ossigenica. Io avevo già notato, nella Memoria citata, che le proprietà degli alcali, che si suppone siano degli ossidi, si spiegano benissimo con queste idee.

prossimo ad un grado fisso, e che questo stato dipenda dal fatto che l'eccesso di massa di uno dei componenti, da cui potrebbe risultare la qualità acida o alcalina, non possa esercitare le sue qualità per la combinazione stessa col principio contrario che lo trattiene colla sua attrazione, quantunque il composto abbia un'aggregazione conveniente per agire come acido o come alcali, se fosse dotato di queste qualità; questo eccesso di massa, trattenuto in tal modo, sarà quello necessario per completare un certo rapporto semplice fra i numeri di molecole che si combinano. Cosicchè fra i diversi rapporti semplici secondo cui possono combinarsi le molecole ve ne ha uno che dà la neutralità ed è quello in cui la combinazione è più vicina al grado preciso di ossigenicità di cui abbiamo parlato, in modo che se nella combinazione formata secondo questo rapporto uno dei principii componenti lasciasse sfuggire ancora una molecola dell'altro o ne prendesse una di più, la combinazione si allontanerebbe maggiormente da questo punto preciso. Questo punto, attorno al quale oscillano, per così dire, le ossigenicità dei diversi composti neutri, è quello che darebbe lo stato neutro nella combinazione di due sostanze che potessero combinarsi fra loro in qualunque proporzione o secondo rapporti espressi da un numero qualunque di molecole. Come si vede, questo modo di concepire la neutralità dei corpi concilia la teoria esposta nella Memoria citata colle idee che Laplace ha presentato a questo riguardo e che il sig. Haüy ha esposto nel suo *Traité de Physique*.

Secondo questa teoria, è chiaro che se l'ossigenicità di due acidi e di due alcali che si combinano rispettivamente non è molto diversa e se nello stesso tempo la massa della molecola di uno degli acidi non ha col suo alcali un rapporto diverso da quello che l'altro acido ha col suo alcali, il rapporto fra il numero delle molecole che dà la

neutralità potrà essere il medesimo nelle due combinazioni; ma, nel caso contrario, questo rapporto può variare, cosicchè invece di quello dell'uguaglianza dei volumi o della combinazione di molecola a molecola, che si osserva fra l'acido carbonico e qualche altro acido da un lato e l'ammoniaca dall'altro, vi possono essere altri rapporti semplici come di 1 a 2, ecc., che diano lo stato neutro. Tuttavia la semplicità che esisterà sempre in questi rapporti, insieme alla conoscenza che si potrà avere per altra parte della massa delle molecole e del grado di ossigenicità dei componenti, potranno fare indovinare qualche volta, o almeno congetturare, quale dei rapporti semplici debba aver luogo in un dato caso, sebbene spetti all'esperienza confermare o rettificare questi dati teorici.

VIII.

Leggendo questa Memoria, si sarà potuto generalmente notare che vi sono molti punti di contatto fra i nostri risultati particolari e quelli di Dalton, quantunque noi siamo partiti da un principio generale, mentre Dalton si è appoggiato a considerazioni particolari. Questo accordo è favorevole alla nostra ipotesi la quale, in fondo, non è che il sistema di Dalton munito di un nuovo mezzo di precisione dato dall'unione che vi abbiamo trovata col fatto generale stabilito da Gay-Lussac.

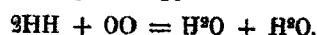
Questo sistema suppone che le combinazioni si facciano in generale in proporzioni fisse, il che è stato confermato dall'esperienza per quanto riguarda le combinazioni più stabili e più interessanti per chimici. Esse sono le sole, a quanto pare, che possano aver luogo fra i gas, a causa dell'enorme grandezza delle molecole che risulterebbero da rapporti espressi da numeri più grandi, nonostante la

divisione delle molecole che è probabilmente ristretta in limiti non molto larghi. Si capisce come il ravvicinamento delle molecole nei corpi solidi e liquidi, non lasciando fra le molecole integranti se non distanze dello stesso ordine di quelle delle molecole elementari, possa dar luogo a rapporti più complicati e anche a combinazioni in qualunque proporzione; ma queste combinazioni sono, per così dire, di genere diverso da quelle di cui ci siamo occupati e questa distinzione può servire a conciliare le idee di Berthollet sulle combinazioni colla teoria delle proporzioni fisse (9).

ANNOTAZIONI

(1) [Pag. 3 e 29] Avogadro denomina *molecole integranti* o *molecole costituenti* ed alle volte anche solamente molecole, ciò che poi si disse e si dice ancora semplicemente *molecole*; il nome di molecole *costituenti* l'Avogadro usa spesso per indicare le molecole degli elementi; denomina *molecole elementari* o *molecole parziali* o anche *molecole semplici* ciò che noi chiamiamo *atomi*. Egli usa talora denominare molecole gli atomi di Dalton. Le molecole integranti, denominazione da lui applicata tanto ai gas semplici come ai gas composti, sono costituite da un numero più o meno grande di molecole elementari od atomi. Nel caso delle molecole biatomiche la mezza molecola corrisponde all'atomo. Bisogna tener presente queste denominazioni diverse per non incorrere in errori.

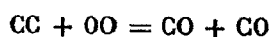
(2) [Pag. 7 e 32] Il che corrisponde appunto alla moderna equazione:



Si noti bene tutta l'importanza di questo capitolo ove discorre della necessità di ammettere la divisione delle molecole.

Merito grande dell'Avogadro fu questo di distinguere nettamente le *molecole integranti* (o come diciamo ora solamente *molecole*) e le *molecole elementari* o *atomi*. Le molecole integranti di Avogadro sono le ultime particelle dei corpi, semplici o composti, che possono esistere allo stato libero e che possono essere divisibili; le sue molecole elementari o atomi invece sono le più piccole particelle che fanno parte dei corpi semplici e composti e che non sono ulteriormente divisibili.

È importante l'osservare che l'Avogadro, già nel 1811, ammise la scissione delle molecole nell'atto della combinazione pur mantenendosi l'eguaglianza dei volumi. La reazione tra il carbonio e l'ossigeno è da lui spiegata in modo che corrisponde proprio esattamente alle moderne equazioni:



e così per l'acido cloridrico:



e per la formazione dell'acqua.

E così pure più avanti insiste sulla divisione delle molecole dell'idrogeno e dell'azoto nella formazione dell'ammoniaca.

(3) [Pag. 9 e 34] Dalton dà il peso atomico 7; la cifra 6 data qui da Avogadro deve essere un errore di stampa.

(4) [Pag. 10 e 36] Oggi noi scriveremmo:

$$\frac{N^2 + 3H^2}{2} = NH^3 \text{ cioè } \frac{28 + 6}{2} = 17.$$

(5) [Pag. 11 e 36] Col nome di *gas nitroso* l'autore intende designare l'attuale biossido d'azoto NO. La composizione dell'*acido nitroso* quale è data dal Gay-Lussac nella sua Memoria non è esatta.

(6) [Pag. 16 e 42] Si noterà che Avogadro per unità di confronto ha preso la molecola dell'idrogeno fatta = 1 e non l'atomo ossia la mezza molecola; i valori numerici che rappresentano i pesi molecolari di Avogadro devono quindi essere raddoppiati per confrontarli coi pesi molecolari attuali dedotti dalla molecola dell'idrogeno fatta = 2.

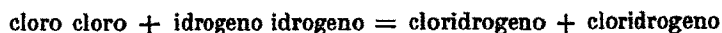
Non si può pretendere che allora, per l'imperfezione dei dati sul peso specifico dei gas, si potesse arrivare a pesi molecolari esattissimi quali si sono ottenuti di poi, ma dobbiamo osservare che i pesi molecolari dati da Avogadro sono quelli di quel tempo che più si avvicinano ai nostri attuali:

	Pesi molecolari		
	Avogadro	Avogadro (raddoppiati)	Attuali
Idrogeno	1	2	2
Ossigeno	15,074	30,15	31,92
Solfo	31,73	63,46	63,90
Acqua	8,55	17,10	17,96
Azoto	13,24	26,48	28
Carbonio	11,36	22,72	24
Ammoniaca	8,2	16,4	17
Gas nitroso	20,77	41,54	44

Pei corpi semplici: idrogeno, azoto, ossigeno, solfo, carbonio, i numeri trovati allora da Avogadro corrispondono ai pesi atomici cioè a mezza molecola. Numeri più esatti dà nelle sue Memorie del 1814 e del 1821.

(7) [Pag. 18 e 44] L'*acido ossimuriatico*, o *acido muriatico ossigenato*, è il cloro. Prima delle ricerche di Davy e di Gay-Lussac e Thenard si credeva che il cloro fosse un corpo composto risultante dalla combinazione dell'acido muriatico (detto poi acido cloridrico) coll'ossigeno.

(8) [Pag. 19 e 45] Si osservi che Avogadro è stato il primo a far notare, e sempre vi ha insistito, che le molecole del cloro e dell'idrogeno reagendo fra loro per produrre acido cloridrico devono dividersi e quindi si deve avere la reazione:



o meglio, precisamente come si scriverebbe oggi coi simboli:



cioè le molecole del cloro e dell'idrogeno sono fatte di due atomi (V. anche la nota n. 2). Gaudin nel 1833 non ha fatto che ripetere quanto aveva già detto Avogadro nel 1811, 1814, 1816-17 e 1821.

(9) [Pag. 26 e 52] Quest'ultimo capitolo VIII è interessante anche perchè da esso si scorge che l'Avogadro voleva conciliare le idee di Berthollet sulle combinazioni indeterminate con quelle di Proust. Van Bemmelen nella sua Memoria: *Sur la nature des colloïdes et leur teneur en eau* (*Rec. trav. Pays-Bas*, 1888, VII, pag. 67) ricorda le ultime parole di questa Memoria di Avogadro.

In altri suoi scritti l'Avogadro non è alieno dall'ammettere anche le combinazioni in proporzioni non determinate.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

MÉMOIRE
SUR LES MASSES RELATIVES
DES MOLÉCULES DES CORPS SIMPLES

Ou densités présumées de leurs gaz, et sur la constitution de quelques-uns de leurs composés, pour servir de suite à l'*Essai* sur le même sujet, publié dans le *Journal de Physique*, juillet 1811.
Communiqué à M. DELAMÉTHÉRIE, en janvier 1814 (1).

(1) *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle et des Arts*, de Delaméthé-
therie, 1814, t. LXXVIII, pag. 131-156.