

promettent d'heureux résultats, et peut-être cette mine, enfin mieux connue et mieux exploitée, pourra-t-elle un jour réaliser des espérances si souvent réveillées, et qu'une fatalité singulière a fait tant de fois évanouir.

Fin de la première partie des Observations sur les Mines et Usines du département de la Dordogne.

S U R

UNE ÉCHELLE SYNOPTIQUE

D E S

ÉQUIVALENS CHIMIQUES;

PAR M. W. HYDE WOLLASTON.

Lu à la Société royale, le 4 novembre 1813.

LORSQU'UN chimiste doit soumettre une substance saline à un examen analytique, les questions qui se présentent à résoudre, sont si nombreuses et si variées, que rarement il sera disposé à entreprendre par lui-même la suite d'expériences nécessaires au genre de recherches qu'il aura entreprises, tant qu'il pourra se fier sur les travaux de ceux qui l'ont précédé dans la même carrière.

Si, par exemple, le sel soumis à l'analyse, est le vitriol bleu ordinaire, ou sulfate de cuivre cristallisé, les premières questions qui se présentent sont celles-ci : (1) combien contient-il d'acide sulfurique ? (2) combien d'oxyde de cuivre ? (3) combien d'eau ? on peut ne pas être satisfait de ces premières données, et l'on peut désirer encore de connaître les quantités (4) de soufre, (5) de cuivre, (6) d'oxygène, (7) d'hydrogène. Pour arriver à cette déter-

mination, il est naturel de considérer les quantités des divers réactifs qui peuvent être employés pour découvrir la proportion d'acide sulfurique, et de s'assurer combien il faut de baryte (8), de carbonate de baryte (9), ou de nitrate de baryte (10). Pour arriver à ce but, (11) combien on emploiera de plomb sous la forme de nitrate (12); et lorsque les précipités de sulfate de baryte (13) et de sulfate de plomb (14) seront obtenus, il devient nécessaire de connaître aussi la proportion d'acide sulfurique sec qu'ils contiennent respectivement. On peut encore chercher à confirmer ses résultats en déterminant les quantités de potasse pure (15), ou de carbonate de potasse (16), nécessaires pour la précipitation du cuivre. On peut enfin faire usage, dans le même but, du zinc (17), ou du fer (18); et il peut devenir utile alors de connaître les quantités de sulfate de zinc (19), ou de sulfate de fer (20), qui restent dans la dissolution.

Ces questions, et beaucoup d'autres du même genre, qu'il serait ennuyeux de spécifier, et inutile d'énumérer, fatiguent l'esprit, et prennent beaucoup de tems aux chimistes expérimentateurs, à moins qu'ils ne puissent avoir recours à quelques analyses antérieures auxquelles ils puissent se fier.

L'échelle que je vais décrire est destinée à résoudre, par la seule inspection, toutes ces questions par rapport à plusieurs des sels contenus dans la table, non seulement en exprimant numériquement les proportions qui peuvent servir à obtenir par le calcul la solution

désirée, mais en indiquant directement les poids précis des divers principes contenus dans un poids donné d'un sel que l'on examine, ainsi que les quantités des divers réactifs nécessaires pour son analyse, et celles des précipités que chacun d'eux produirait.

Pour former cette échelle, il faut d'abord déterminer les proportions dans lesquelles les différens corps connus de la chimie s'unissent entre eux, et exprimer ces proportions en de tels termes, que la même substance soit toujours représentée par le même nombre.

C'est à Richter que nous devons ce mode d'expression; c'est encore lui qui a le premier observé la loi des proportions constantes sur laquelle est fondée la possibilité de cette représentation numérique. Les proportions assignées à divers sels par ses prédécesseurs Bergman, Wenzel, Kirwan, sont incompatibles avec ce mode de notation. Si nous consultons le traité de l'analyse des eaux par Bergman, nous trouvons qu'il établit que dans le sulfate de potasse 40 d'acide sulfurique sont combinés avec 52 de potasse, ou que 100 d'acide sulfurique prennent 130 de potasse; dans le muriate de potasse, il dit que 61 de cet alkali sont combinés avec 31 d'acide, ce qui donne une proportion de 130 à 66, de sorte que la quantité de potasse qui exigerait 100 d'acide sulfurique pour sa saturation, en demanderait 66 d'acide muriatique.

Mais si nous faisons une semblable estimation par le moyen de la chaux, puisque le sulfate de chaux est supposé contenir 46 d'a-

cide combiné avec 32 de chaux, 100 d'acide exigent 69,5 de base : et dans le muriate de chaux, puisque 44 de chaux sont supposés combinés avec 31 d'acide, 69,5 de chaux exigent 49 d'acide. Dans ce cas, la quantité d'acide muriatique, équivalente à 100 d'acide sulfurique, au lieu d'être 66, sera 49, résultat qui, s'il était vrai, ne permettrait pas d'attribuer toujours le même nombre à la même substance.

En comparant les analyses de Wenzel, les unes avec les autres, nous trouvons les mêmes contradictions. Si nous choisissons le sulfate d'ammoniaque, et le muriate d'ammoniaque, nous obtenons 67,3, pour la quantité d'acide muriatique, équivalente à 100 d'acide sulfurique. Mais, en comparant le sulfate et le muriate de magnésie, au lieu de 67,3, nous avons 73.

En recourant aux tables de Kirwan, nous trouvons le même embarras pour déterminer la quantité d'acide muriatique équivalente à un poids donné d'acide sulfurique. Lorsque la comparaison se fait au moyen de la potasse, le calcul donne 68,3 pour le poids correspondant de l'acide muriatique ; mais, si ce sont les combinaisons de la chaux avec les acides qui servent pour cette détermination, au lieu de 68,3, on n'a plus que 59.

Richter, en observant cette espèce de contradiction, pensa que, si le sulfate de potasse était formé comme l'indique Kirwan, en le décomposant par le muriate de chaux, la dissolution devait contenir un grand excès d'al-

kali ; mais au contraire, il trouva par des expériences directes que les sels neutres restent toujours neutres après leur mélange, et conséquemment que dans tous les cas le même poids d'acide muriatique devait correspondre à la même quantité d'acide sulfurique, et pouvait par cette raison être exactement exprimé par le même nombre, dans les rapports de composition des sels. Il estima que 712 parties de cet acide correspondaient à 1000 d'acide sulfurique, ce dernier nombre étant pris pour unité de comparaison à laquelle tous les autres nombres se rapportaient, tant ceux des acides que ceux des alkalis et des terres.

Il ne pouvait échapper à la sagacité de M. Berthollet qu'il existe de nombreuses exceptions à cette loi de neutralisation, et que ces cas d'affinités dominantes étaient dus à un excès de quelqu'un des corps existans dans les sels mélangés ; mais il ne fut pas assez heureux pour découvrir la loi qui préside à la plupart de ces exceptions. On a trouvé depuis que, lorsqu'une base est unie à une quantité d'acide plus grande que celle qui est nécessaire pour le neutraliser, la quantité combinée est alors exactement un multiple simple de celle nécessaire à la saturation, et présente alors une nouvelle modification plutôt qu'une exception à la loi des proportions à termes fixes.

Le premier exemple d'un corps que l'on supposa uni avec diverses doses d'un autre, en telles proportions que l'une de ces doses était un simple multiple de l'autre, fut indiqué par M. Higgis, qui conçut plutôt qu'il

n'observa certains degrés successifs d'oxydation de l'azote, et qui représenta, comme il suit, la série de ses combinaisons avec l'azote :

- (1) 1 d'azote avec 2 d'oxygène. . gaz nitreux.
 1 d'azote avec 3 d'oxygène. . vapeur nitreuse rouge.
 1 d'azote avec 4 d'oxygène. . acide nitreux jaune.
 1 d'azote avec 5 d'oxygène. . acide nitrique blanc.

Il émit en même tems l'opinion, que c'était encore en suivant les mêmes proportions en volume, que les gaz s'unissaient entre eux, ayant précédemment observé un exemple de combinaison par volume exactement double, dans la formation de l'eau par la combustion des gaz oxygène et hydrogène; et il exprima sa persuasion que le nombre des molécules est le même dans des volumes égaux de différens gaz, et que le nombre des molécules dans les composés d'azote et d'oxygène sont successivement dans les proportions indiquées ci-dessus.

Mais, quoique M. Higgins, dans l'exemple de l'union de l'hydrogène avec l'oxygène, ait entrevu la loi des volumes observée par M. Gay-Lussac, par rapport à l'union des gaz, et que dans ses idées sur l'union des dernières molécules des corps, il ait clairement précédé M. Dalton dans ses vues sur la combinaison

(1) *A comparative View of the phlogistic and antiphlogistic theories*, 1789, p. 133.

chimique atomistique, il ne paraît pas (1) avoir pris beaucoup de peine pour constater cette loi des proportions multiples sur laquelle est principalement fondée la théorie atomistique; et il est de fait que c'est à M. Dalton que nous sommes redevables de la première observation exacte d'une combinaison de multiples simples dans l'union du gaz nitreux avec l'oxygène. Dans ses recherches, pour déterminer la composition de l'atmosphère, il trouva que la quantité d'oxygène contenu dans 100 mesures d'air commun pouvait se combiner avec 36 ou 72 mesures de gaz nitreux, selon une certaine variation dans la manière de faire l'expérience (2).

Néanmoins les chimistes en général ne paraissent point avoir été frappés de l'importance de l'observation de M. Dalton, jusqu'à ce qu'ils aient connu les autres faits observés par M. Thomson et par moi (3), sous une forme plus palpable dans les sels neutres, sous-acides ou sur-acides, qui furent le sujet des expériences les plus concluantes et les moins équivoques; et c'est peut-être à M. Berthollet (4), qui les

(1) Dans l'acide nitreux jaune la proportion paraît être de 4 à 1, mais celui qui est blanc contient environ six parties d'air déphlogistiqué contre une d'air phlogistiqué. *Comparative View*, p. 84.

(2) *Manchester Mem.* Vol. V. Nicholson. Journal, vol. XIII, p. 433.

(3) *Philos. Trans.*, 1808, p. 74. Ditto, p. 96.

(4) *Mémoire d'Arcueil*, tome II, p. 470.

répéta et les confirma, qu'elles doivent d'avoir attiré l'attention des autres chimistes, qui admettent maintenant que le terme de bin-acide exprime exactement la relation de plusieurs sels sur-acides avec les combinaisons neutres formées des mêmes principes. Depuis ce tems, les cas dans lesquels on a observé l'influence de la même loi sont devenus si nombreux, spécialement par rapport aux différens degrés d'oxydation, que nous avons la plus forte raison de présumer qu'elle est universelle, et que dans les analyses qui ne seraient pas d'accord avec l'observation générale, nous sommes fondés à soupçonner quelque inexactitude dans quelques-uns des résultats.

Suivant la théorie de M. Dalton, qui semble le mieux rendre raison des faits, la combinaison chimique à l'état de neutralisation, provient de l'union d'un seul atome de chacune des substances combinées; et dans le cas où l'un des ingrédiens est en excès, alors deux ou plusieurs atomes de celui-ci sont unis à un atome seulement de l'autre substance.

D'après ces vues, lorsque nous estimons les poids relatifs des équivalens, M. Dalton conçoit que nous estimons les poids réunis d'un nombre donné d'atomes, et conséquemment la proportion qui existe entre les dernières molécules de chacun de ces corps. Mais, comme il est impossible en plusieurs circonstances (lorsque l'on ne connaît que deux combinaisons des mêmes substances), de savoir laquelle des combinaisons doit être considérée comme composée d'une paire d'atomes simples, et que la

décision de cette question n'intéresse que la théorie, qu'elle n'est point du tout nécessaire à la formation d'une table destinée aux usages de la pratique, je n'ai point cherché à faire cadrer mes nombres avec la théorie atomistique; mais j'ai eu pour but de la rendre usuelle, et j'ai considéré la doctrine des multiples simples, sur laquelle est fondée la théorie atomistique, seulement comme un moyen de déterminer par la simple division, celles des quantités qui sont sujettes à s'éloigner de la loi de Richter.

Voulant calculer, il y a quelque tems, pour mon usage particulier, une série d'atomes supposés, je pris l'oxygène comme unité décimale de mon échelle, afin de faciliter l'évaluation des nombreuses combinaisons qu'il forme avec les autres corps; mais, quoique dans la présente table des équivalens j'aie conservé la même unité, et que j'aie pris soin de rendre l'oxygène également saillant, tant pour les raisons que je viens d'indiquer, que pour son influence sur les affinités des corps par les diverses proportions dans lesquelles il s'unit à eux, néanmoins la mesure réelle, à l'aide de laquelle les corps sont comparés entre eux, dans les expériences que j'ai faites, et qui m'ont servi à trouver les équivalens, est une quantité déterminée de carbonate de chaux: c'est un composé qui peut être considéré comme l'un des plus certainement neutres. Il est très-aisé de l'obtenir dans un état de pureté uniforme, très-aisé à analyser, comme composé binaire. C'est la mesure la plus convenable du pouvoir

des acides, et il fournit l'expression la plus nette pour la comparaison du pouvoir neutralisant des alkalis.

La première question à résoudre est donc celle du nombre par lequel on doit exprimer le poids relatif de l'acide carbonique, si l'oxygène est représenté par 10. Il semble bien prouvé qu'une quantité déterminée d'oxygène donne exactement un volume égal d'acide carbonique, en s'unissant avec le carbone. Et comme la pesanteur spécifique de ces gaz (1) est comme 10 à 13,77, ou comme 20 : 27,54, le poids du carbone peut être exactement représenté par 7,54, qui dans cet exemple, combiné avec 2 d'oxygène, forme le deutocide; l'oxyde de carbone formant le protoxide, sera représenté par 17,54.

L'acide carbonique étant donc indiqué par 27,54, il résulte de l'analyse du carbonate de chaux, qui par la chaleur perd 43,7 pour cent d'acide, et laisse 56,3 de base, que ces deux corps sont combinés dans la proportion de 27,54 à 35,46; et conséquemment que la chaux doit être représentée par 35,46, et le carbonate de chaux par 63.

Si nous continuons la série dans le but d'estimer la confiance que l'on doit avoir dans les précédentes analyses, nous pourrions dissoudre 63 de carbonate de chaux dans l'acide muriatique; et, en évaporant jusqu'à siccité parfaite, nous obtiendrions environ 69,56 de muriate de

(1) Biot et Arrago, 1,1036 : 15196 :: 10 : 13,77.

chaux (1); et, en déduisant le poids de la chaux 35,46, nous aurons pour différence 34,1, qui doit être considéré comme exprimant la quantité de l'acide muriatique sec.

Mais, puisque nous savons maintenant, par les brillantes découvertes de M. H. Davy, que la chaux est un corps métallique uni à l'oxygène, ce sel peut aussi être considéré, sous un autre point de vue, comme un composé binaire, c'est-à-dire, un oxymuriate de calcium. Dans ce cas, nous devons transporter le poids de 10 d'oxygène à l'acide muriatique, faisant en tout 44,1 d'acide oxymuriatique, combiné avec 25,46 de calcium; ou enfin, si nous le regardons, avec ce même illustre chimiste, comme un chlorure de calcium, sa valeur dans l'échelle des équivalens sera toujours 69,56, et la portion de matière ajoutée ici au calcium, soit qu'elle retienne son dernier nom d'acide oxymuriatique, soit qu'on lui restitue son ancienne dénomination d'acide marin déphlogistiqué, ou qu'on lui assigne définitivement celle de chlore, elle sera toujours exactement représentée par 44,1, nombre qui n'exprime qu'un fait sans relation à aucune théorie, et qui donne le moyen d'évaluer les proportions des composans dans toute combinaison muriatique, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans aucune discussion sur

(1) Dans les expériences du docteur Marcet, sur la composition du muriate de chaux, rapportée dans son analyse de l'eau de la mer Morte, 50,77 de carbonate donnent 56,1 de muriate de chaux, et 50,77 : 56,1 :: 63 : 69,6.

leur nature simple ou composée, question qui n'est encore résolue par aucun argument concluant.

Nous pouvons par le même moyen assigner aux muriates de potasse et de soude, leur place dans l'échelle des équivalens, et les poids relatifs de potasse et de soude pure peuvent être déterminés peut-être avec plus d'exactitude par le moyen de ces composés, que par aucun autre, par la raison qu'ils ne sont pas susceptibles d'un excès d'acidité, et qu'ils ne sont pas décomposés par la chaleur.

Si à une quantité d'acide muriatique, que je sais, par une expérience préliminaire, être capable de dissoudre 100 p. de carbonate de chaux, j'ajoute 100 grains de carbonate de potasse cristallisé, et qu'après l'addition je trouve qu'il ne dissout plus que 49,8 de carbonate de chaux, j'infère de là que 100 de ce carbonate équivalent à 50,2 de carbonate de chaux, et conséquemment que 125,5 est l'équivalent de 63 dans la table.

Ensuite, si je combine 125,5 de carbonate de potasse cristallisé, avec un excès d'acide muriatique, et que j'évapore à siccité, je chasserai toute l'eau avec l'excès d'acide, et je trouverai 93,2 de sel neutre. Soit que je l'appelle muriate de potasse, chlorure de potassium, ou de tout autre nom; dans une vue quelconque, j'en puis soustraire 34,1 pour l'acide sec (réel ou imaginaire (1)) et j'en conclus que la valeur

(1) Son existence isolée est certainement imaginaire; car on ne peut pas plus l'obtenir à l'état de pureté que l'acide sulfurique sec et l'acide nitrique sec.

de

de la potasse sera 59,1, qui contiendra seulement 49,1 de potassium, qui exige pour se convertir en potasse 10 d'oxygène.

La question qui se présente ensuite (1) est relative à la composition du carbonate de potasse cristallisé, que j'ai proposé d'appeler bicarbonate de potasse, pour indiquer, d'une manière plus précise, la différence qui existe entre ce sel, et celui que l'on appelle communément *sous-carbonate* (2), et pour rappeler en même tems la double dose d'acide carbonique qui y est contenue. Il devient nécessaire, même quand on le compare au carbonate de chaux, de le considérer comme un sur-carbonate; car, si nous ajoutons une solution de ce sel à une dissolution neutre de muriate de chaux, il se produit une effervescence considérable provenant de l'acide carbonique qui excède la quantité nécessaire pour la saturation de la chaux. Si on sature 125,5 de ce sel avec l'acide nitrique, en prenant les précautions convenables pour ne laisser perdre aucune portion du liquide avec le gaz qui se dégage, la perte est d'environ 55 d'acide carbonique; ce qui est le double de 27,5; mais, si avant la

(1) Si les bases de la série qui donne 49,1 sont exactes, on doit avoir exactement 10,000 sans aucune fraction, et la proportion assignée par Berzelius en est assez voisine pour qu'il n'y ait pas ici d'erreur considérable. $83,02 : 16,98 :: 49,1 : 10,04$.

(2) J'ai évité d'employer le nom de carbonate de potasse pour l'un de ces sels, parce qu'il a été appliqué aux deux, et qu'il est conséquemment susceptible d'occasionner des méprises, lorsqu'il se trouve seul.

saturation, on a chauffé le sel à une chaleur rouge faible, il perd 38,8, savoir, 27,5 d'acide carbonique et 11,3 d'eau; après quoi l'addition d'un acide chasse seulement 27,5, ou une proportion simple d'acide carbonique (1).

Dans cette expérience j'ai fait usage d'acide nitrique, afin que le résultat pût me guider dans le choix à faire entre les évaluations antérieures, qui sont extrêmement discordantes par rapport à l'équivalent de cet acide. La proportion de nitrate de potasse que j'ai obtenue en évaporant une dissolution par la chaleur, au point seulement nécessaire pour fondre le résidu, donne au *minimum*, en trois expériences, 126 pour l'équivalent du nitrate de potasse, duquel si nous déduisons 59,1 de potasse, il restera 66,9 pour l'équivalent apparent de l'acide nitrique sec. Conséquemment, je ne balance en aucune manière à préférer l'évaluation résultante (2) de l'analyse du nitrate de potasse par Richter, qui donne 67,45; en en soustrayant une portion d'azote, il reste 49,91, quantité si voisine de cinq parties d'oxygène, que je crois devoir admettre les quantités suivantes, 17,54 + 50 ou 67,54.

Par cette esquisse de la méthode à employer pour de pareilles recherches, quand il est nécessaire de faire quelques expériences originales, l'on comprendra pleinement ce que l'on

(1) *Phil. Trans.* 1808, p. 97.

(2) 46,7 : 53,3 :: 59,1 : 67,45. Citée dans les *Mémoires d'Arcueil*, tom. II, p. 59.

doit entendre par équivalens, et de quelle manière la série peut être continuée. J'ai cependant, dans plusieurs circonstances, déduit mes nombres d'analyses antérieures, lorsque je pouvais trouver entre diverses autorités une coïncidence suffisante pour donner confiance en leurs résultats.

Par rapport à l'acide oxalique, j'ai été embarrassé pour choisir entre les résultats discordans, et j'ai été obligé d'avoir recours à l'expérience directe.

100 grains de bin-oxalate de potasse, vulgairement appelé *sel d'oseille*, furent exposés à un degré de chaleur suffisant pour détruire l'acide oxalique, et convertir le sel en sous-carbonate de potasse. Je versai alors une quantité déterminée d'acide muriatique sur le résidu, et je saturai ensuite l'excès avec du carbonate de chaux. Une autre quantité égale du même acide fut ensuite saturée par le carbonate de chaux seul. La différence des quantités de carbonate de chaux, dissoutes dans les deux expériences, indiquait que 100 de bin-oxalate correspondaient à 40,9 de carbonate de chaux. De là l'équivalent de 63 de carbonate de chaux sera 154 de bin-oxalate de potasse. Si on en déduit 59,1 de potasse, le reste 94,9 divisé par 2, donne 47,45 pour l'équivalent de l'acide oxalique sec. C'est pourquoi j'adopterai le résultat que le très-ingénieur et très-exact M. Berselius a obtenu par le moyen de l'oxalate de plomb, et qui consiste à ce que 296,6 (1) de litharge

(1) *Ann. de Chimie*, n°. 243.

sont combinés avec 100 d'acide oxalique, ce qui donne la proportion de 139,5 de litharge à 47 d'acide oxalique. Un tel accord entre des méthodes totalement différentes, est singulièrement satisfaisant, et semble prouver que dans les expériences faites pour arriver au même but par le moyen de la chaux, il peut se former à la fois quelques composés différens par les proportions d'acide et de base, comme dans les cas d'oxalate, et de bin-oxalate de strontiane observés par le docteur Thomson, et qu'on a pu tirer des conséquences fausses des précipités dans lesquels ils se trouvaient.

Si l'on excepte les exemples que je viens d'énumérer, il est très-peu de circonstances où j'aie été obligé de faire de nouvelles expériences, ayant trouvé entre les résultats indépendans obtenus par les autres, une coïncidence suffisante pour me rassurer sur leur exactitude, et d'après cela j'ai adopté ces déterminations sans avoir la prétention de les confirmer par de nouvelles expériences.

Je n'ai pas le dessein, dans la table qui suit ce Mémoire, d'entreprendre une énumération complète de tous les élémens ou composés que je suppose être bien connus, mais seulement d'y renfermer quelques-uns de ceux qui se présentent le plus souvent. Je ne la présente point comme un essai de correction pour les évaluations faites par d'autres, mais comme une méthode propre à appliquer avantageusement leurs résultats à former une approximation aisée pour quelques objets de nos recherches.

Les moyens qui ont servi à la construire,

seront en partie compris par l'inspection de la *Pl. III*, dans laquelle on voit la liste des substances évaluées, arrangées sur les deux côtés d'une échelle de nombres, dans l'ordre de leurs poids respectifs, et à des distances relatives à ces poids. La série des nombres placés sur l'échelle mobile, peut être avancée ou reculée à volonté, de sorte qu'un nombre quelconque exprimant le poids d'un composé, peut être placé devant le point auquel correspond le composé dans la colonne adjacente. Dans cette situation, les poids de tous les corps qui entrent dans la composition de tous les réactifs qui peuvent être employés, ou des précipités qui peuvent être obtenus dans son analyse, se trouveront vis-à-vis des points où leurs noms seront placés.

Afin d'indiquer plus clairement l'usage de cette échelle, la planche présente deux situations différentes du *curseur*: dans l'une l'oxygène est 10, et les autres corps sont, par rapport à lui, dans la proportion convenable; de sorte que, par exemple, l'acide carbonique étant 27,54, et la chaux 35,46, le carbonate de chaux correspond à 63.

Dans la seconde figure (1) le *curseur* est représenté tiré par le haut, jusqu'à ce que le nombre

(1) On a fait dans cette figure quelques changemens, afin de pouvoir placer sur la planche une table alphabétique; nous laisserons néanmoins l'explication de la figure anglaise, parce qu'elle nous paraît nécessaire à l'intelligence de l'échelle. A l'aide d'une ouverture de compas égale à la distance qui existe, sur la figure première, entre la position

100 correspond au muriate de soude, et l'échelle indique alors combien il faut de chacune des autres substances pour correspondre à 100 de sel marin. Elle indique, selon les diverses opinions, par rapport à la nature de ce sel, qu'il contient 46,6 d'acide muriatique sec, et 53,4 de soude, ou 39,8 de sodium, et 13,6 d'oxygène; ou, si on le considère comme une chlorure de sodium, qu'il contient 60,2 de chlore, et 39,8 de sodium; par rapport aux réactifs, on peut voir que 283 de nitrate de plomb, contenant 191 de litharge, employé pour séparer l'acide muriatique, donneront un précipité de 237 de muriate de plomb, et qu'il restera en dissolution environ 146 de nitrate de soude. On peut voir en même temps que l'acide contenu dans la même quantité de sel, peut former 232 de sublimé corrosif, contenant 185,5 d'oxyde rouge de mercure, ou qu'il pourra donner naissance à 91,5 de muriate d'ammoniaque, composé de 62 de gaz acide muriatique, et de 29,5 d'ammoniaque. L'échelle indique encore que, pour obtenir tout l'acide par la distillation, la quantité d'huile de vitriol nécessaire est d'environ 84, et que le résidu de la distillation sera de 122 de sulfate de soude sec, duquel on peut obtenir 277 de sel de Glauber, qui contient 155 d'eau de cristallisation. Ces données, et plusieurs autres semblables, sont obtenues par la

du muriate de soude et le nombre 100, ouverture que l'on devra porter en-dessous de chacune des substances dont il s'agit, on trouvera tous les nombres indiqués dans ce passage.

simple inspection, aussitôt que le poids de la substance que l'on se propose d'examiner, indiqué sur le *curseur*, est mis en correspondance exacte avec son nom dans la colonne adjacente.

Quant à la méthode de division de cette échelle, ceux qui sont accoutumés à l'usage des autres règles mobiles, et qui sont familiarisés par la pratique avec leurs propriétés, reconnaîtront sur le *curseur* l'échelle ordinaire des nombres de Gunter, comme on l'appelle, et verront que les résultats qu'il donne sont les mêmes que ceux que l'on obtiendrait par les opérations arithmétiques.

Ceux qui connaissent la doctrine des proportions, et l'usage des logarithmes pour leur calcul, comprendront le principe sur lequel cette échelle est construite, et il ne sera pas besoin de leur dire que toutes les divisions sont des espaces logarithmiques, et par conséquent que l'addition et la soustraction mécanique des rapports formés par juxtaposition, correspondent, en effet, à la multiplication, et à la division des nombres par lesquels les rapports sont exprimés dans la notation arithmétique ordinaire.

Pour ceux qui ne sont pas également au courant des propriétés des logarithmes, et qui n'ont pas une idée aussi nette des rapports des grandeurs, il leur sera, je présume, agréable de trouver ici une explication du mode de construction de cette échelle.

On doit observer d'abord, que les nombres naturels ne sont pas placés à des intervalles égaux, mais que l'on trouve, à tous les inter-

valles égaux, des nombres qui ont entre eux le même rapport. Dans la figure troisième on voit une ligne divisée sur le même principe, et à plus grands intervalles. Ceux marqués *A, B, C, D, E*, sont tous égaux, et aux points de division, sont placés les nombres 1, 2, 4, 8, 16, qui croissent dans le même rapport. Et puisque la série 3 : 6 : 12 : 24 a le même rapport de 1 à 2, les intervalles *a, b, c, d*, seront les mêmes que les précédens. A d'autres intervalles égaux, marqués *F, G, H, I*, sont placés les nombres 1, 3, 9, 27, qui croissent régulièrement dans le rapport de 1 à 3; et par le moyen d'un compas, on trouvera que l'intervalle de 2 à 6, ou de 6 à 18, qui sont dans la même proportion de 1 à 3, est exactement égal à *FG*, intervalle entre 1 et 3. Comme un seul intervalle représente un rapport simple, la somme de 2 ou 3 intervalles représente un rapport double ou triple. Si 1 est augmenté trois fois dans le rapport de 1 à 2, il deviendra 8, qui est par rapport à 1 le triple rapport de 2 à 1. Le rapport de 1 à 8 est alors très-bien représenté par *AD*, qui est le triple de *AB*.

Les distances des nombres intermédiaires 5, 7, 10, 11, 13 à 1, sont également prises proportionnellement au rapport qu'elles ont avec l'unité, et sont aisément obtenues par le moyen d'une table de logarithmes; car, comme ces derniers sont des mesures arithmétiques des rapports que tous les nombres ont avec l'unité, les espaces qui leur sont proportionnels, deviennent les représentations linéaires de ces mêmes quantités.

Si les espaces *AD, AE* représentent les rapports respectifs de 8 et de 16 à l'unité, la différence *DE* représentera le rapport de 8 à 16, qui tombent à *D* et à *E*. De même, un autre espace *kl* représente exactement le rapport de 7 à 13, de sorte que la mesure d'une fraction exprimée par des quantités qui sont incommensurables, est rendue sensible à la vue comme celle d'un simple multiple; et, si à l'aide d'un compas on prend la distance de deux points, et qu'on la transporte à une autre partie de l'échelle, les pointes tomberont sur des nombres qui auront entre eux le même rapport que les nombres qui formaient le premier intervalle.

On voit donc que les différens points de la colonne des équivalens indiquent les diverses quantités cherchées dans une position donnée du *curseur*. Les distances relatives auxquelles sont placées les substances, représentent des ouvertures de compas rendues permanentes, et qui se présentent en même tems à la vue. Dans la table qui se trouve à la fin de cet écrit, le rapport des différentes substances est exprimé en nombres. Dans l'échelle gravée des équivalens, les rapports de ces nombres sont représentés par les intervalles logarithmiques auxquels ils sont placés, leurs diverses positions étant déterminées par celles de leurs nombres respectifs sur le *curseur*, dont les divisions sont logarithmiques; conséquemment tous les points de la colonne des équivalens indiqueront les nombres en conservant les mêmes rapports, quelle que soit la partie de l'échelle qui leur

soit présentée. Ceux qui voudront y trouver quelques données, les obtiendront par la seule inspection. Ceux qui en possèdent déjà pourront corriger les positions de quelques articles par la comparaison des meilleures analyses, quels que soient les nombres par lesquels les résultats de ces analyses puissent être exprimés.

J'espère que, sans avoir occupé trop longtemps la Société, j'aurai rendu intelligible le principe sur lequel cette échelle est construite, ainsi que la manière de s'en servir. Je crois qu'elle deviendra d'un usage général, et qu'elle paraîtra commode aux chimistes; elle sera enfin un exemple d'approximation mécanique, qui peut être fréquemment et avantageusement substitué aux calculs, dont les résultats sont souvent plus minutieux que ne le comporte l'exactitude de l'observation; et, s'il tend à introduire l'usage de l'*échelle mobile commune*, instrument très-précieux, il fournira le moyen d'épargner une portion de temps considérable à ceux qui s'occupent des recherches scientifiques.

Table numérique des Equivalens.

Hydrogène.	(a)	1,32	
Oxygène.		10,00	
Eau.		11,52	
Carbone.	(b)	7,54	+ 20 Oxygène = 27,54 Acide carbonique.
Soufre.	(f)	20,00	+ 30 Oxygène = 50 Acide sulfurique.
Phosphore.	(g)	17,40	+ 20 Oxygène = 37,40 Acide phosphorique.
Azoté.	(o)	17,54	+ 50 Oxygène = 67,54 Acide nitrique (q).
Acide muriatique sec. (e)		34,1	+ 10 Oxygène = 44,1 Acide muriatique oxygéné.
Chlore.		44,1	= Ac. oxymur. + 1,32 d'hydrogène = 45,42 de gaz muriatique.
Acide oxalique.	(h)	47,0	
Ammoniaque.	(p)	21,5	
Soude.	(l)	59,1	— 10 Oxygène = 29,1 de sodium.
Potasse.	(m)	59,1	— 10 Oxygène = 49,1 de potassium.
Magnésie.	(n)	24,6	
Chaux.	(c)	35,46	— 10 d'oxyg. = 25,46 de calcium.
Strontiane.	(k)	69	
Baryte.	(i)	97	
Fer.	(r)	34,5	
Cuivre.	(t)	40	+ 10 d'oxyg. = 44,5 d'oxyde vert de fer.
Zinc.	(s)	41	+ 15 d'oxyg. = 49,5 d'oxyde rouge.
			+ 10 d'oxyg. = 50 d'oxyde noir de cuivre.
			+ 10 oxygène = 51 d'oxyde de zinc.

Mercure.	(v) 125,5	+ 10 d'oxyg. = 135,5 d'oxyde rouge de mercure. + 125,5 de mercure = 261 de protoxide.
Plomb.	(d) 129,5	+ 10 d'oxyg. = 139,5 de litharge.
Argent.	(u) 135	+ 10 d'oxyg. = 145 d'oxyde d'argent du muriate.
Sous-carbonate d'ammoniaque.	49,0	+ 27,5 acide carbonique = 76,5 de bi-carbonate d'ammoniaque.
Sous-carbonate de soude.	66,6	+ 27,5 d'acide carbonique + 11,3 d'eau = 105,5 de bi-carbonate de soude.
Sous-carbonate de potasse.	86	+ 27,5 d'acide carbonique + 11,3 d'eau = 125,5 de bi-carbonate de potasse.
Carbonate de chaux.	63	
— de baryte.	124,5	
— de plomb.	167	
Acide sulfurique sec.	50	+ 1 dose d'eau 11,3 = 61,3 d'huile de vitriol à 1,85 de p. s.
Sulfate de soude.	89,1	+ (10 eau) 113,2 = 202,5, sel de Glauber.
— de potasse.	109,1	
— de magnésie. (n)	74,6	+ (7 eau) 79,3 = 153,9 de sel d'Epsom.
— de chaux.	85,5	+ (2 eau) 22,64 = 108,1 sélénite.
— de strontiane.	119,0	
— de baryte.	147,0	
— de cuivre.	156,6	= 1 acide + 1 oxyde + (w) (5 eau) 56,6.
— de fer.	173,8	= 1 acide 1 oxyde + (7 eau) 79,3.
— de zinc.	180,2	= 1 acide 1 oxyde + (7 eau) 79,3.
— de plomb.	189,5	

Acide nitrique sec. (q)	67,54	+ (2 eau) 22,64 = 90,2 d'acide nitrique liquide de 1,50 de p. s.
Nitrate de soude.	106,6	
— de potasse.	126,6	
— de chaux.	103,0	
— de baryte.	164,5	
— de plomb.	207,0	
Muriate d'ammoniaque.	66,9	= 1 acide + 1 ammoniaque + 1 eau.
— de soude.	73,2	
— de potasse.	93,2	+ 60 d'oxygène = 153,2 hyper-oxy muriate de potasse.
— de chaux.	69,6	
— de baryte.	131,0	+ (2 eau) 22,6 (w) = 153,6 de muriate de baryte cristallisé.
— de plomb.	173,6	
— d'argent.	179,1	
Sublimé corrosif.	170,1	= 1 acide + 1 oxygène + 1 mercure.
Calomel.	296,1	= 1 acide + 1 oxygène + 2 mercure.
Phosphate de plomb.	176,9	
Oxalate de plomb.	186,5	
Bin-oxalate de potasse.	453,0	= 2 acide + 1 potasse.

Données sur lesquelles la Table est fondée.

Composition de l'eau. (1) 88,286 :	11,714 :: Oxygène	10	10,00	Oxygène.
			1,327	Hydrogène (a).
			11,327	Eau.

Pesanteur spécifique. (2) 1,1036 : 1,5196 :: 2 Oxygène 20 : 27,54 Acide carbonique (b).
 Carbonate de chaux. (3) 43,7 : 56,3 :: Acide carb. 27,54 : 35,46 Chaux (c).
 ——— de plomb. (4) 16,5 : 83,5 :: Acide carb. 27,54 : 139,5 Litharge.

D'où soustrayant. 10 pour l'oxygène,

Litharge. on a. : 129,5 }
 Muriate de chaux du } Oxygène 10 : 129,7 } de plomb (d).
 carbonate de chaux. } Carb. dech. 63 : 69,6 Mur. de chaux.

Chaux. : 35,5

Muriate de plomb. (7) 409,47 : 100 :: Litharge 139,5 : 34,1 } Acide muriatique (e).
 Sulfate de plomb. (8) 279 : 100 :: Litharge 139,5 : 50,0 Acide sulfurique.

D'où déduisant 3 d'oxygène = 50

Galène. (9) 86,64 : 13,36 :: Plomb 129,5 : 20 } Soufre (f).
 Idem. (10) 85,1 : 13 :: Plomb 129,5 : 19,8 }
 Phosphate de plomb. (11) 380,56 : 100 :: Litharge 139,5 : 37,4 Acide phosphorique.
 D'où soustrayant 2 d'oxygène 20

Acide phosphorique. (12) 53,28 : 46,72 :: Ac. pho. 37,4 : 17,4 de phosphore (g).

Oxalate de plomb. ; (13) 296,6 : 100 :: Litharge 139,5 : 47,0 Acide oxalique (h).
 Carbonate de baryte. . (14) 100 : 352,57 :: Ac. carb. 27,54 : 97 } Baryte (i).
 Sulfate de baryte. . . (15) 54 : 66 :: Ac. sulf. 50 : 97 }
 Sulfate de strontiane. . (16) 42 : 58 :: Ac. sulf. 50 : 69 Strontiane. (k).
 Sel commun. (17) 134 : 88 :: Chlore. 44,1 : 29 Sodium. (l).
 Oxygène — 10 + 10

Idem. (18) 100 : 114,78 :: Ac. mur. 34,1 : 39,1 } Soude.
 Sous-carbonate de soude. (19) 41,24 : 58,76 :: Ac. carb. 27,54 : 39,1 }
 Muriate de potasse. . . (20) 100 : 173,47 :: Ac. mur. 34,1 : 59,1 de potasse. (m).
 Oxygène — 10

Potassium.

Ajoutez acide oxymuriatique ou chlore. 44,1

Muriate de potasse par (21) } 32 : 60,8 :: Potassium 49,0 : 93,2 Muriate de potasse.
 le potassium. }
 Sulfate de magnésie. : (22) 67 : 33 : Ac. sulf. 50 : 24,6 Magnésie (n).
 Acide sulfurique. : 50

Sel d'Epsom, 100. . . (23) 51,5 : 48,5 :: (7 eau) 79,3 : 74,4 } Sulf. de magnésie.
 Pesanteur spécifique. . (24) 0,7321 : 0,96913 :: Hydrog. 1,327 : 17,54 d'azote (o).
 Hydrog. = 3 × 1,327 = 3,98

Ammoniaque. (25) 1 Azote + 3 Hydrogène = 21,52 }

Sous-carb. d'ammoniaq. (26)	56,02	:	43,98	::	Ac. carb.	27,54	:	21,6	} Ammoniaque (p).
Bi-carb. d'ammoniaque. (27)	11,8	:	28,2	::	2 Ac. carb.	55,1	:	21,6	
Nitrate de potasse. (28)	46,7	:	53,3	::	Potasse.	59,08	:	67,45	} Acide nitriq. (q).
Acide nitrique. (29)	1 Azote + 5 Oxygène	17,54 + 50	=	67,54					
					2 d'eau = 2 × 11,32			22,64	
<hr/>									
Marbre dissous. (30)	476	:	681,4	::	Carb. de ch.	63	:	90,23	} Acide nitrique li- quide de 1,50, p. s.
Oxyde de fer. (31)	22,5	:	77,5	::	Oxygène. 10	:	34,5	Fe (r).	
					Oxygène + 10				
Sulfate de fer. (32)	28,9	:	25,7	::	Acide sulf.	50	:	44,5	} Oxyde de fer.
Oxyde de zinc. (33)	24,41	:	100	::	Oxygène. 10	:	41	Zinc (s).	
Oxyde noir de cuivre. (34)	25	:	100	::	Oxygène. 10	:	40	Cuivre (t).	
					+ 10				
Sulfate de cuivre. (35)	32	:	32	::	Acide sulf.	50	:	50	} d'oxyde de cuir.
Muriate d'argent. (36)	19,05	:	80,95	::	Ac. muriat.	54,1	:	145	
					Oxygène - 10				
<hr/>									
Argent corné. (37)	24,5	:	75,5	::	Chlore.	44,1	:	136	} Argent (u).
Sulfure d'argent. (38)	14,7	:	100	::	Soufre.	20	:	136	

Oxyde rouge de mercure. (39)	8	:	100	::	Oxygène. 10	:	125	} Mercure (v)	
Idem. (40)	30	:	380	::	Oxygène. 10	:	126,6		
Sublimé corrosif. (41)	2 × 67	:	380	::	Chlore.	44,1	:		125,4
					Oxygène.	10			
Protoxyde. (42)	1 Oxygène + 2 Mercure.								} Protoxyde de mercure.
Protoxyde. (43)	4	:	104	::	Oxygène. 10	:	260		
Calomel. (44)	11,5.	:	88,5	::	Ac. muriat.	34,1	:	262	

Eau contenue dans les sels cristallisés.

Sulfate de cuivre. (45)	100	:	36,3	::	156,6	:	56,8	=	5 × 11,36	} Eau (w).
— de fer. (46)	100	:	45,4	::	173,8	:	79,0	=	7 × 11,28	
— de zinc. (47)	100	:	44,3	::	180,2	:	79,8	=	7 × 11,40	
— de magnésie. (48)	100	:	51,5	::	153,9	:	79,3	=	7 × 11,33	
Sel de Glauber. (49)	100	:	56	::	202,3	:	113,1	=	10 × 11,31	
Muriate de baryte. (50)	100	:	14,8	::	153,6	:	22,8	=	2 × 11,48	

(1) Biol et Arrago.
 (2) Idem.
 (3) Expériences.
 (4) Berzelius.
 (5) Idem.

(6) Marcet.
 (7) Berzelius.
 (8) Idem.
 (9) Idem.
 (10) Thomson.

(11) Berzelius.
 (12) Rose.
 (13) Berzelius.
 (14) Idem.
 (15) Klaproth.

- (16) Klaproth.
 (17) Davy.
 (18) Berzelius.
 (19) *Idem.*
 (20) *Idem.*
 (21) *Idem.*
 (22) Henri.
 (23) Par expériences.
 (24) Biot et Arrago.
 (25) Par hypothèse.
 (26) Gay-Lussac.
 (27) Berthollet.

- (28) Richter.
 (29) Par hypothèses.
 (30) R. Phipps.
 (31) Thenard.
 (32) Berzelius.
 (33) Gay-Lussac.
 (34) Chenevix.
 (35) Proust.
 (36) Marcet.
 (37) Davy.
 (38) Wenzel.
 (39) Fourcroy et Thenard.

- (40) Davy.
 (41) *Idem.*
 (42) Par la synthèse.
 (43) Fourcroy.
 (44) Chenevix.
 (45) Berzelius.
 (46) *Idem.*
 (47) Perle par le feu.
 (48) Par le feu.
 (49) Berzelius.
 (50) *Idem.*



Echelle Synoptique des Equivalents Chimiques.

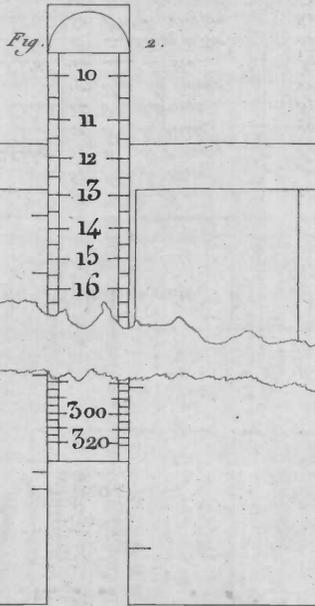


Fig. 1^{ere}

Number	Chemical Name	Equivalent Weight
10	Oxygene.	10
11	Eau.	11
12		12
13	10 Hydrog.	13
14		14
15		15
16		16
17	Phosphore.	17
18		18
19		19
20	2 Oxygene.	20
22		22
24		24
26	Calcium.	26
28		28
30	Sodium & Oxygene.	30
32		32
34		34
36		36
38		38
40		40
45		45
50		50
55		55
60		60
65		65
70		70
75		75
80		80
85		85
90		90
95		95
100		100
110		110
120		120
130		130
140		140
150		150
160		160
170		170
180		180
190		190
200		200
220		220
240		240
260		260
280		280
300		300
320		320

Abbreviations.	
J.	Sec.
o.	Cristallise.
ox.	Oxide.
ac.	Acide.
carb.	Carbonate.
mur.	Muriatique.
m.	Muriate.
nit.	Nitrique.
n.	Nitrate.
s.	Sulfate.
W.	Eau.

Table Alphabetique.

Ac. Carbonique	53	M. de Soude	70
2 Ac. Carbonique	18	N. de Baryte	85
Acid. Mur. gat.	23	N. de Chaux. d.	28
A. Mur. d.	54	N. de Plomb	92
Ac. Nit. Liq. (P.S. 1. 60)	26	N. de Potasse	80
Ac. Nit. d.	21	N. de Soude	29
Ac. Oxalique	14	Ox. d'Argent	37
Ac. Phosph.	10	Ox. de Cuivre	17
Ac. Sulfu. P. S. 1. 85	20	— de Fer	39
Ac. Sulfu. d.	15	— Rouge de Fer	62
Ammoniaque	50	Idem de Mercure	82
Argent	35	Ox. de Zinc	63
Acide	48	2 Oxygene	1
Baryte	27	2 Oxygene	5
Bv. Carb. d'Ammon.	24	3 —	8
— de Potasse	32	5 —	16
— de Soude	76	6 —	19
Bin. ox. de Pot.	38	(6. 0) Ox. - m. de L'Ac.	39
Calcium	6	Oxalate de Plomb	90
Carb. de Baryte	79	Phosph. de Plomb	42
— de Chaux	66	Phosphore	4
— de Plomb	86	Plomb	34
10 Carbone	23	Potassium	61
Chaux	55	Potasse	65
Chlore	12	Protox de Mercure	47
Cuivre	11	Sodium	7
Eau	2	Soude	67
2 Eau	52	Soufre	49
5 —	64	Sous Carb. d'Ammon.	60
7 —	72	— de Pot.	25
10 —	78	— de Soude d.	67
Fer	9	Strontiane	22
Gas Nitreux	56	S. de Baryte	83
10 Hydrog.	3	S. de Chaux Crut (W 2)	77
Litharge	36	S. de Chaux d.	73
Magnarie	52	S. de Cuivre Crut (W 3)	40
Mercur	33	S. de Fer Crut (W 7)	87
2 Mercur	46	S. de Magurie Crut (W 7)	84
Mur. d'Ammon.	68	S. de Magnarie d.	71
Mur. d'Argent	43	S. de Plomb	44
M. de Baryte. d.	81	S. de Potasse	30
M. de Chaux d.	69	S. de Soude (W 10)	45
M. de Mercur Cr.	42	S. de Soude. d.	74
M. de Mer. d.	92	S. de Strontiane	32
M. de Plomb	88	S. de Zinc. Crut (W)	89
M. de Potasse	75	Zinc	58



Dans cette table, j'ai dans beaucoup de cas, pris de doubles témoignages de diverses sources, afin que mes conséquences fussent confirmées par leur accord. Le nombre 29 peut être indiqué comme un résultat déduit de données antérieures, et qui coïncide avec d'autres expériences avec une exactitude remarquable.

Dans l'extraction de l'acide nitrique du nitre par la distillation, on peut l'obtenir tout entier si l'on emploie assez d'acide sulfurique pour convertir le résidu en bi-sulfate de potasse. Dans ce cas chaque portion de la potasse, dont l'acide nitrique est séparé, absorbera l'eau de deux portions équivalentes d'acide sulfurique, et chaque portion d'acide nitrique pesant 67,54, se combinera avec 22,64 d'eau. De là 90,18 d'acide nitrique liquide ainsi obtenu, devra dissoudre l'équivalent 63 de carbonate de chaux. En effet, par une expérience faite avec beaucoup de soin sur de fortes proportions, par M. Phillips (1), il paraît que 681 $\frac{1}{2}$ d'un acide semblable dissout 476 de marbre, ce qui est dans le rapport de 90,18 à 62,96, résultat qui correspond avec l'estime à $\frac{1}{175}$ près; degré de coïncidence qui se rencontre rarement, même dans la répétition de la même expérience par l'analyste le plus habile.

La pesanteur spécifique de cet acide était de 1,50.

(1) *Experimental Examination of the Pharm. Lond.*
by R. Phillips.