

ACTION DES SELS SUR LES SELS.

La préparation du carbonate d'ammoniaque par l'action du carbonate de chaux sur le sulfate d'ammoniaque est *conforme aux lois de Berthollet*, mais elle est aussi *conforme aux prévisions calorimétriques* : elle s'effectue avec *dégagement de chaleur*.

La précipitation de l'azotate de baryte par le sulfate de potasse (643) est *conforme aux lois de Berthollet*, mais elle *satisfait* également aux *prévisions calorimétriques*, car elle dégage environ 7^c.

L'acétate de soude, en réagissant sur l'azotate d'argent en dissolution concentrée, donne de l'acétate d'argent peu soluble, conformément aux lois de Berthollet, mais cette réaction satisfait également aux lois de la thermochimie.

L'oxalate de potasse devrait, *d'après les lois de Berthollet*, précipiter le chlorure de mercure pour donner de l'oxalate de mercure insoluble; c'est *au contraire* le chlorure de potassium qui dissout l'oxalate de mercure, *conformément aux prévisions thermiques* (M. Berthelot).

En général, quand on fait réagir l'un sur l'autre deux sels en dissolution, qui diffèrent par la nature de leur acide et par celle de leur base, il se forme quatre sels, mais l'expérience prouve que les acides forts s'unissent de préférence aux bases fortes, laissant les bases faibles aux acides faibles, et que la décomposition peut encore être complète. Ainsi, quand on mélange une dissolution d'acétate de potasse avec une dissolution étendue de sulfate de sesquioxide de fer, on voit apparaître la coloration brune de l'acétate de fer, et M. Bomstetten a montré que la décomposition est complète.

Les *phénomènes thermiques* que l'on observe en mélangeant un sel en dissolution avec un autre sel dissous, permettent de se rendre compte des réactions qui se produisent, et souvent même de déterminer les proportions suivant lesquelles elles interviennent. Ainsi, quand à une dissolution de sulfate d'ammoniaque, on ajoute du carbonate de potasse dissous, le thermomètre indique qu'il y a décomposition presque complète, avec formation de sulfate de potasse et de carbonate d'ammoniaque (M. Berthelot).

645. Action d'un sel soluble sur un sel insoluble. — Quand on fait bouillir un sel insoluble, comme le sulfate de baryte, avec un sel

miques, un partage de cette dernière avec formation de bicarbonate de potasse et de sulphydrate de sulfure de potassium. Mais comme le bicarbonate de potasse dissous a une certaine tension de dissociation, il y aurait dans la liqueur une petite quantité d'acide carbonique libre et de carbonate neutre; le courant prolongé de gaz acide sulphydrique déterminera l'entraînement de ce gaz acide carbonique par diffusion et un nouveau partage du carbonate neutre en sulphydrate de sulfure et bicarbonate. La tension de dissociation du bicarbonate se rétablissant sans cesse, la même série de phénomènes se reproduira jusqu'à la décomposition complète du carbonate de potasse, et sa transformation en sulphydrate de sulfure de potassium.

Si réciproquement on fait passer un courant de gaz acide carbonique dans une dissolution de sulfure alcalin, on aura de même formation d'un sulphydrate de sulfure en même temps que celle d'un bicarbonate. L'acide sulphydrique libre, par suite de la tension de dissociation du sulphydrate de sulfure, sera entraîné par diffusion dans le courant prolongé de gaz acide carbonique; le sulfure libre donnera naissance à une nouvelle quantité de sulphydrate de sulfure et de bicarbonate. La tension de dissociation du sulphydrate de sulfure tendant sans cesse à se rétablir, la même série de phénomènes se reproduira jusqu'à la décomposition complète du sulfure et sa transformation en bicarbonate.

soluble, comme le carbonate de soude, on obtient un peu de sulfate de soude et de carbonate de baryte; il se produit donc toujours un échange, analogue, dans une certaine mesure, à celui que nous avons constaté dans le cas des sels solubles. Cette réaction est utilisée pour reconnaître la nature de l'acide d'un sel insoluble, car le même phénomène se produit, ainsi que l'a démontré Dulong, non seulement avec les sulfates insolubles, mais encore avec les phosphates, les arsénates, les borates et les silicates.

La quantité de sel insoluble décomposé par le sel soluble varie avec la proportion de ce dernier qu'on fait intervenir; tout le sel insoluble peut même être composé par une quantité suffisante de sel soluble.

Au lieu d'opérer par voie humide, on peut opérer par voie sèche et fondre, par exemple, dans un creuset de platine C, chauffé sur une lampe à gaz A, activée par un courant d'air T (fig. 500), du carbonate de soude

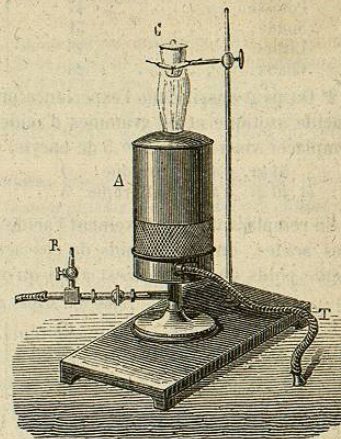


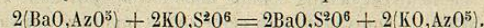
Fig. 500. — Attaque d'un silicate insoluble par le carbonate de soude.

avec un silicate insoluble. En reprenant la masse par l'eau, on trouvera du silicate de soude; et là encore la décomposition pourra être complète, si on fait intervenir un assez grand excès de carbonate. C'est par une attaque analogue qu'on fait l'analyse des silicates naturels.

ÉQUIVALENTS.

646. Équivalents des acides et des bases. — C'est à Wenzel d'abord, suivant Berzelius, puis à Richter, chimistes allemands de la fin du siècle dernier, que nous devons les premières notions précises sur les équivalents. Elles leur furent suggérées par les phénomènes que présentent les sels neutres lorsqu'on les fait agir l'un sur l'autre.

Si l'on mêle une solution d'azotate neutre de baryte avec une solution de sulfate neutre de potasse, il y a décomposition complète; il se forme du sulfate neutre de baryte et de l'azotate neutre de potasse :



L'examen de cette réaction conduit à trois conclusions importantes :

1^o Le calcul du poids des acides et des bases qui interviennent dans cette réaction, montre que les 54 grammes d'acide azotique qui étaient saturés d'abord par 76^{gr},5 de baryte, le sont maintenant par 47 grammes de potasse. Nous pouvons en conclure que :

47 gr. de potasse } s'équivalent vis-à-vis de 54 gr. d'acide azotique.
et 76^{gr},5 de baryte }

En remplaçant, dans cette réaction, la potasse et la baryte par d'autres oxydes, on obtient les différents poids des bases qui s'équivalent vis-à-vis d'un même poids d'acide azotique, et l'on dresse la liste de ces équivalents.

formant

On est ainsi arrivé, pour les principales bases, aux résultats suivants :

ÉQUIVALENTS DES BASES.	
Potasse. 47	Baryte. 76,5
Soude. 31	Magnésie. 20
Lithine. 13	Oxyde de zinc. 41
Chaux. 28	— d'argent. 116

2° On peut aussi, dans l'expérience précédente, remarquer que 54 grammes d'acide azotique et 40 grammes d'acide sulfurique peuvent se déplacer et se remplacer vis-à-vis de 76^{gr},5 de baryte, et que, par suite,

54 gr. d'acide azotique } s'équivalent vis-à-vis de 76^{gr},5 de baryte.
et 40 gr. d'acide sulfurique }

En remplaçant successivement l'acide azotique et l'acide sulfurique par d'autres acides, on a les poids de ces acides qui s'équivalent par rapport à un même poids de baryte. C'est ainsi qu'on a trouvé :

POIDS DES ACIDES QUI S'ÉQUIVALENT.	
Acide sulfurique. 40	Acide chlorique. 73,5
— sulfureux. 52	— bromique. 120
— azotique. 54	— iodique. 167
— carbonique. 22	— métaphosphorique. 71

5° Enfin, et ceci est très important, les 47 grammes de potasse et les 76^{gr},5 de baryte, qui s'équivalent vis-à-vis de 54 grammes d'acide azotique, s'équivalent aussi vis-à-vis de 40 grammes d'acide sulfurique; et en considérant les autres bases, on trouve que les différents poids des bases, qui sont équivalents par rapport à 54 grammes d'acide azotique, le sont aussi par rapport à 40 grammes d'acide sulfurique. L'expérience prouve d'ailleurs qu'ils le sont également vis-à-vis des différents poids d'acide contenus dans le tableau précédent, et que, réciproquement, ces poids d'acide qui s'équivalent vis-à-vis de 76^{gr},5 de baryte peuvent aussi se remplacer vis-à-vis de 47 grammes de potasse et de chacun des poids de base inscrits dans le premier tableau.

Nous arrivons ainsi à cette conclusion générale : Si l'on détermine les poids B, B', B'', B'''... de base qui peuvent saturer un même poids A d'un acide, et par suite s'équivalent vis-à-vis de lui, puis les poids A, A', A'', A'''... des différents acides qui peuvent saturer le poids B de la première base et s'équivalent vis-à-vis de cette base, ces différents poids seront précisément ceux qui saturent un même poids B' ou B'' ou B''', etc., d'une autre base quelconque, et s'équivalent vis-à-vis d'elle.

La détermination des équivalents des acides et des bases repose donc sur l'analyse des sels neutres, définis comme nous l'avons fait dans l'étude générale des sels (625). L'équivalent d'un acide est la quantité qui sature 1 équivalent de potasse, si l'acide est monobasique; ce sera celle qui en sature 2 équivalents, s'il est bibasique, et enfin 3 équivalents, s'il est tribasique.

C'est sur l'analyse des bases et des acides que repose à son tour la détermination des équivalents des métalloïdes et des métaux.

647. Équivalents des métaux. — Les expériences de Richter ont conduit à la loi suivante (634) : *Dans tous les sels neutres d'un même genre, il y a un rapport constant entre le poids de l'acide et le poids de l'oxygène de la base; le poids du métal seul change. Dans les azotates neutres, par exemple, le rapport du poids de l'acide à celui de l'oxygène de la base est de 54 à 8. Il en résulte que, pour obtenir les poids des métaux qui se rempla-*

cent et s'équivalent dans les azotates de protoxyde, il nous suffira d'analyser les différentes bases et de chercher le poids de métal qui y est combiné avec 8 d'oxygène. On trouve ainsi que :

47 de potasse contiennent 59 de potassium.	76,5 de baryte contiennent 68,5 de baryum.
51 de soude — 23 de sodium.	20 de magnésie — 12 de magnésium.
13 de lithine — 7 de lithium.	41 d'oxyde de zinc — 55 de zinc.
28 de chaux — 20 de calcium.	116 d'oxyde d'argent — 108 d'argent.

L'équivalent d'un métal sera donc toujours facile à trouver quand on connaîtra la formule de l'oxyde basique.

La détermination de cette formule présente quelquefois des difficultés qu'on lève en ayant recours, soit à la *loi de l'isomorphisme*, soit à la *loi des chaleurs spécifiques* de Dulong et Petit, ou à celle de Faraday (648).

Quelques exemples feront comprendre l'usage de ces lois.

EMPLOI DE LA LOI D'ISOMORPHISME. — Nous avons vu, § 19, que les corps isomorphes ont des constitutions chimiques semblables; cette loi va nous servir à fixer l'équivalent du fer et celui de l'aluminium.

1° *Fer.* — Le fer forme avec l'oxygène deux oxydes basiques qui contiennent, pour 8 grammes d'oxygène, l'un 28 grammes, l'autre 18 gr. $\frac{2}{3}$ de fer. Quel est celui de ces deux nombres que nous devons prendre pour l'équivalent du fer?

Si l'on examine les sels formés par ces deux oxydes, on reconnaît que le premier forme, avec les acides, des sels qui sont isomorphes des sels de zinc et de magnésie : sa composition chimique doit donc être la même.

La magnésie et l'oxyde de zinc étant considérés comme formés d'un équivalent du métal pour un équivalent ou 8 grammes d'oxygène, nous devons admettre que le premier oxyde de fer a la même composition, et prendre pour équivalent du fer 28, puisque c'est ce poids qui se trouve combiné avec 8 grammes d'oxygène dans le premier oxyde de fer, dont la formule est alors FeO.

La formule du premier oxyde étant déterminée, celle du second pourra s'en déduire; il contient $18 \frac{2}{3} = \frac{2}{3} \cdot 28$ de fer; sa formule est donc $Fe^{\frac{2}{3}}O$, et celle du sulfate neutre de sesquioxyle de fer sera $2Fe^{\frac{2}{3}}O, S^2O^6$. Si l'on veut éviter les fractions, on multiplie le tout par 3, et on écrit $2Fe^2O^3, S^2O^6$.

2° *Aluminium.* — La même loi de l'isomorphisme fait dépendre l'équivalent de l'aluminium de celui du fer. En effet, l'aluminium ne formant qu'un seul oxyde, l'alumine, on serait tenté de lui donner la formule AlO analogue à celle de l'oxyde de zinc, et l'équivalent de l'aluminium serait $9 \frac{1}{2}$. Mais l'alumine est isomorphe avec le sesquioxyle de fer; elle doit donc avoir une formule analogue à celle de ce corps; ce sera $Al^{\frac{2}{3}}O$ ou Al^2O^3 , et, par suite, l'équiv. de l'aluminium sera la moitié de la quantité de ce métal qui se combine avec 24 gr. d'oxygène. On trouve ainsi 14 pour équiv. de l'aluminium.

EMPLOI DE LA LOI DES CHALEURS SPÉCIFIQUES. — Dulong et Petit ont constaté que *le produit (ec = K) de l'équivalent e d'un corps simple quelconque par sa chaleur spécifique c a une valeur sensiblement constante K appelée chaleur atomique*¹. Cette valeur de K est comprise entre 2,9 (*aluminium*) et 5,42 (*thal-*

1. Les chaleurs atomiques du silicium, du bore et du carbone, déduites de la chaleur spécifique de ces corps à la température ordinaire, sont représentées par 2,5 — 2,67 — 1,76. Il faut, pour obtenir des chaleurs atomiques se rapprochant de celles indiquées par la loi de Dulong et Petit, employer les chaleurs spécifiques 0,20 — 0,50 — 0,46 déterminées par M. Weber à des températures supérieures à 600°.

lium), et généralement voisin de 5,2. Cela revient à dire qu'il faut sensiblement la même quantité de chaleur pour élever d'un degré la température de l'équivalent d'un corps simple quelconque.

Mercure. — Cette loi permet de fixer l'équivalent de corps auxquels on ne peut appliquer la loi de l'isomorphisme. C'est ce que nous allons reconnaître pour le mercure, dont la chaleur spécifique est 0,055. On connaît deux oxydes basiques de mercure qui, pour une même quantité, 8^{es} d'oxygène, contiennent l'un 100^{es}, l'autre 200^{es} de métal. Comme les sels de mercure ne sont isomorphes avec ceux d'aucune autre base, on a recours, pour déterminer la formule de leurs oxydes, à la loi des chaleurs spécifiques; on a ainsi :

Pour le premier oxyde, $100 \times 0,055 = 5,5$, et pour le second, $200 \times 0,055 = 6,6$

On est donc conduit à prendre 100 pour équivalent du mercure.

Cette loi de Dulong et Petit est encore employée pour vérifier les équivalents déterminés par les méthodes que nous avons indiquées d'abord¹.

Indium. — M. Bunsen ayant trouvé pour la chaleur spécifique de l'indium le nombre 0,574, en a conclu que l'équivalent de ce métal doit être 56,7 et non pas $37,8 = \frac{2}{3} 56,7$, comme on l'admettait jusqu'alors. En effet, $0,574 \times 56,7 = 3,25$. La formule de l'oxyde d'indium est donc In^2O^3 et celle du chlorure In^2Cl^3 .

648. Équivalents électro-chimiques. Loi de Faraday. — Faraday, en faisant passer un même courant à travers une série d'appareils contenant : l'un de l'eau acidulée, les autres des sels fondus et anhydres, a constaté que, pour un équivalent d'hydrogène (1^{er}) mis en liberté dans le vase à eau acidulée, il y avait un équivalent de métal déposé dans chacun des autres vases : par exemple, 108^{es} d'argent, 105^{es},5 de plomb, 39^{es} de potassium ou 68^{es},5 de baryum. De même, si l'on extrolyse, dans un même circuit, le chlorure et l'oxyde d'un même métal, les poids de chlore et d'oxygène mis en liberté sont 35^{es},5 de chlore pour 8^{es} d'oxygène. Il a nommé *équivalents électro-chimiques* des corps, les poids ainsi obtenus. La loi générale découverte par Faraday peut s'énoncer ainsi : *Un même courant, qui traverse plusieurs sels, décompose des poids équivalents de ces sels* ou, en d'autres termes, *il faut la même quantité d'électricité pour séparer une molécule d'un corps simple métallique quelconque.*

La loi de Faraday peut être employée pour vérifier les équivalents déterminés par d'autres considérations; elle ne pourrait d'ailleurs pas être prise comme base unique, car elle conduirait pour le cuivre, par exemple, à deux nombres, doubles l'un de l'autre, suivant que le courant qui donne 1 gramme d'hydrogène passerait dans le protochlorure ou dans le sous-chlorure de cuivre.

649. Équivalents des métalloïdes. — De même que nous avons déduit les équivalents des métaux de l'analyse des oxydes basiques dans lesquels ils entrent, nous pouvons déduire les équivalents des métalloïdes de

1. Regnault a fait observer que cette loi, appliquée aux métaux alcalins et à l'argent, conduit à doubler les équivalents que nous avons admis, car le produit de la chaleur spécifique par l'équivalent adopté donne :

Pour le potassium, $0,1669 \times 59 = 6,14$	Pour le lithium, $0,94 \times 7 = 6,58$
— le sodium, $0,2954 \times 25 = 6,75$	— l'argent, $0,3070 \times 108 = 6,15$

Les formules des oxydes devraient donc s'écrire : K^2O , — Na^2O , — Li^2O , — Ag^2O .

l'analyse des acides. L'équivalent d'un métalloïde sera la quantité de ce métalloïde qui entre dans le poids d'acide qui sature 1 équivalent de base. Or :

40 gr. d'acide sulfurique	contiennent	16 gr. de soufre.
34 — azotique	—	14 d'azote.
22 — carbonique	—	6 de carbone.
75,5 — chlorique	—	55,5 de chlore.
71 — phosphorique	—	51 de phosphore.

Ces poids : 16, 14, 6, 55, 5 et 51, sont donc, par définition, les équivalents du soufre, de l'azote, du carbone, du chlore et du phosphore.

USAGE DE LA LOI D'ISOMORPHISME. — La loi de l'isomorphisme trouve son application dans la détermination des équivalents des métalloïdes, comme dans celle des équivalents des métaux.

1^o Sélénium. Tellure. — Les sulfates étant isomorphes avec les sélénites et les tellurates, la formule des acides sélénique et tellurique doit être analogue à celle de l'acide sulfurique. Il en résulte que l'équivalent du soufre 16 étant le poids de ce métalloïde qui se combine avec 24 d'oxygène, on prend pour équivalents du sélénium et du tellure les poids de ces corps qui se combinent avec ce même poids 24 d'oxygène. On trouve :

Pour le sélénium, 59,75; et pour le tellure, 64,5.

2^o Brome. Iode. — Les chlorates étant isomorphes des bromates et des iodates, on en conclut que les acides de ces sels doivent avoir des formules semblables, et que, par suite, les équivalents du brome et de l'iode sont :

Pour le brome, 80; et pour l'iode, 127,

parce que ce sont des poids qui, de même que 55,5 de chlore, se combinent avec 40 grammes d'oxygène.

3^o Arsenic. — L'isomorphisme des phosphates et des arsénites conduit à prendre 75^{es} pour équivalent de l'arsenic, parce que c'est le poids de ce corps qui, de même que 31^{es} de phosphore, se combine avec 40^{es} d'oxygène.

4^o Silicium. — La loi de l'isomorphisme a enfin permis de fixer d'une manière définitive (519) l'équivalent du silicium.

650. Remarque. — La loi des chaleurs spécifiques, celle de l'isomorphisme et celle de Faraday, permettent de fixer certains équivalents et d'en contrôler d'autres; mais aucune d'elles ne suffirait seule pour déterminer les équivalents de tous les corps simples. Ainsi la loi des chaleurs spécifiques ne peut être prise pour base unique, parce que : 1^o le produit de la chaleur spécifique par l'équivalent n'est pas rigoureusement constant (647); 2^o la chaleur spécifique des solides et des liquides varie souvent d'une quantité énorme avec la température : ainsi, pour le diamant, elle est 0,065 à — 50^o et 0,459 à 600^o (M. Weber) : elle a donc varié entre — 60^o et 600^o de plus de 7 fois sa valeur à — 50^o; 3^o la chaleur spécifique varie avec l'état physique et avec l'état allotropique des corps. On aurait donc pour l'équivalent d'un même corps des nombres très différents, suivant la température, l'état physique ou l'état allotropique des corps.

La loi de l'isomorphisme ne peut pas davantage être employée seule, car il n'y aurait de réellement équivalents que les poids des corps susceptibles de se remplacer dans des combinaisons isomorphes : ainsi, parmi les métaux, 28 de fer et 55 de zinc seraient des équivalents, mais 100 de mercure ne

seraient pas l'équivalent de 28 de fer, puisque ces poids ne forment pas avec 8 d'oxygène et 40 d'acide sulfurique, par exemple, des sulfates isomorphes.

Les nombres obtenus en partant de la composition des composés oxygénés se retrouvent dans toutes les autres combinaisons. C'est ainsi que dans le sulfure de plomb nous trouvons le soufre et le plomb dans la proportion de 16 de soufre pour 104 de plomb. Dans le chlorure de potassium, le chlore et le potassium sont dans le rapport de 35,5 à 59. On peut aussi, au lieu de l'équivalent, trouver un de ses multiples.

651. Hypothèse de Prout. — Le chimiste anglais Prout émit en 1800 l'opinion que tous les équivalents étaient des multiples de celui de l'hydrogène. Cette hypothèse, qui parut d'abord peu justifiée, attira de nouveau l'attention des chimistes, lorsque les recherches de Dumas eurent établi que l'oxygène, l'azote et le carbone ont des équivalents : 8, 14, 6, qui sont en effet des multiples de celui de l'hydrogène. On reconnut que ceux du soufre, du phosphore, de l'arsenic, du fer et du calcium sont dans le même cas, et viennent ajouter un nouvel argument en faveur de l'hypothèse de Prout.

Il y a cependant des corps, comme le chlore et le cuivre, dont des équivalents 35,5 et 31,5 ne sont pas des multiples exacts de l'hydrogène. Dumas, en reprenant en 1857 une révision générale des équivalents des corps simples, en a trouvé 22 qui sont des multiples de celui de l'hydrogène par un nombre entier, 7 qui sont des multiples de la moitié, et 3 qui sont des multiples du quart de cet équivalent.

M. de Marignac et M. Stas ont prouvé, par des déterminations très précises, qu'un certain nombre d'équivalents ne paraissent être des multiples ni de l'équivalent de l'hydrogène, ni du quart de cet équivalent, mais les différences entre ces multiples et les nombres déterminés par les méthodes les plus rigoureuses sont assez petites pour que, dans la pratique, nous puissions employer ces multiples.

652. Équivalents en volume. — Nous avons donné (32) les équivalents en volume des principaux métalloïdes. Voici ceux des gaz composés :

	Équiv. en poids.	Équiv. en vol.		Équiv. en poids.	Équiv. en vol.
Vapeur d'eau	9	2	Gaz des marais	16	4
Cyanogène	26	2	Éthylène	28	4
Protoxyde d'azote	22	2	Bioxyde d'azote	30	4
Acide sulfhydrique	17	2	Acide hypoazotique	46	4
Oxyde de carbone	28	4	Gaz ammoniac	17	4
Acide carbonique	44	4	Phosphure d'hydrogène	54	4
Acide sulfureux	64	4	Acide chlorhydrique	36,5	4
Sulfure de carbone	76	4	— cyanhydrique	27	4

653. Relation entre les équivalents et les densités. — De même que pour les corps simples, on peut se servir de la connaissance de ces équivalents en poids et en volume, pour trouver la densité des corps composés. La vapeur d'eau, par exemple, pesant 9 fois plus que l'hydrogène sous le même volume, doit avoir une densité égale à 9 fois celle de ce gaz.

$$\text{En effet : } 9 \times 0,0692 = 0,623.$$

D'une manière générale la densité d_2 d'un gaz correspondant à 2 vol. sera égale à celle de l'hydrogène, multipliée par son équivalent en poids e_2 :

$$d_2 = 0,0692 \times e_2.$$

Le gaz des marais, pesant 16 fois plus que l'hydrogène sous un volume double, pèsera seulement 8 fois plus à égalité de volume : donc sa densité sera égale à celle de l'hydrogène multipliée par la moitié de son équivalent. — D'une manière générale, la densité d_4 d'un gaz correspondant à 4 volumes s'obtiendra en multipliant la densité de l'hydrogène par la moitié de son équivalent en poids e_4 :

$$d_4 = 0,0692 \times \frac{e_4}{2}.$$

En résumé : si l'équivalent d'un corps correspond à n volumes, on a entre sa densité d_n et son équivalent e_n la relation :

$$d_n = \frac{0,0692 \times e_n}{\frac{1}{2}n}.$$

Cette relation, qui permet de déduire la densité de vapeur d'un corps composé de la connaissance de son équivalent en poids et en volume, permet de déduire l'équivalent en poids de la densité et de l'équivalent en volume :

$$e_1 = d_1 \times \frac{1}{2 \times 0,0692} = d_1 \times 7,22.$$

$$e_2 = d_2 \times \frac{1}{0,0692} = d_2 \times 14,44.$$

$$e_4 = d_4 \times \frac{2}{0,0692} = d_4 \times 28,88.$$

On voit à l'inspection des tableaux précédents que l'oxyde de carbone et l'éthylène ont la même densité que l'azote (14 fois celle de l'hydrogène) ;

Que l'acide carbonique et le protoxyde d'azote ont la même densité (22 fois celle de l'hydrogène) ;

Qu'il en est de même de l'hydrogène sulfuré et de l'hydrogène phosphoré (17 fois celle de l'hydrogène), juste le double de celle de l'ammoniacque ;

Que celle du gaz des marais est la moitié de celle de l'oxygène et celle de l'acide sulfureux le double, etc.

La connaissance des équivalents en poids et en volume permet donc toujours de retrouver la densité des corps gazeux. Elle permet aussi de retrouver le poids d'un litre de ces corps : l'oxyde de carbone pesant à égalité de volume 14 fois autant que l'hydrogène, on aura le poids de 1 litre d'oxyde de carbone en multipliant par 14 le poids 0^r,089 d'un litre d'hydrogène :

$$14 \times 0^r,089 = 1^r,246.$$

Le gaz des marais, pesant 16 fois plus que l'hydrogène sous un volume double, pèsera seulement 8 fois plus à égalité de volume, et le poids d'un litre de ce gaz s'obtiendra en multipliant le poids 0^r,089 d'un litre d'hydrogène par la moitié de son équivalent.

Les densités obtenues par le calcul sont appelées densités théoriques. Elles seraient égales aux densités observées, si tous les gaz suivaient les mêmes lois de dilatation et de compressibilité que l'hydrogène.

En général, les densités observées sont un peu supérieures aux densités théoriques, parce que les gaz composés se compriment plus que l'hydrogène. Deux gaz, ayant même équivalent en poids et en volume, auront même densité théorique : mais leurs densités observées pourront être un peu différentes, s'ils n'ont pas le même coefficient de dilatation et la même compressibilité.