

Serviço Público Federal Ministério da Educação Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Instituto de Física Programa de Pós-Graduação Em Ensino De Ciências Mestrado profissional em Ensino de Ciências

Proposta de Utilização de Tradução dos Artigos Originais de Gay Lussac e Avogadro para a Formação de Professores de Química

Adriana Bispo dos Santos Kisfaludy

Campo Grande - MS

Adriana Bispo dos Santos Kisfaludy

Proposta de Utilização de Tradução dos Artigos Originais de Gay Lussac e Avogadro para a Formação de Professores de Química

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências no Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Pereira de

Queirós

Campo Grande - MS

"Todo conhecimento é uma resposta a uma pergunta"

Gaston Bachelard

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo realizar uma proposta de utilização de uma tradução comentada dos Artigos de Gay Lussac e Avogadro para que seja utilizada por professores e historiadores da Ciência. Neste sentido, pretendemos responder a seguinte questão de pesquisa: Como as traduções comentadas dos originais de Gay Lussac e Avogadro poderá contribuir para a formação de professores. Para tanto, foi utilizada metodologia da pesquisa documental para fazer uma busca e realizar um estudo histórico dos artigos de Gay Lussac "Combinaison des substances gazeuses les unes avec les outres", e Avogadro "Manière de déterminer les masses relatives des molécules des corps e les proportions selon lesquelles entrent dans les combinaisons". Foi feita uma tradução comentada dos artigos desses cientistas, e constatamos que o postulado proposto por Gay Lussac permitiu a elaboração de toda uma análise sobre o comportamento volumétrico dos gases, que contribuiu posteriormente para o estudo dos diferentes comportamentos gasosos, enquanto, o artigo de Avogadro contribuiu para a quantificação das moléculas que compõem uma substância, o que culminou mais tarde para a determinação da famosa constante de Avogadro. Assim, a análise desses textos originais pode servir de oportunidade para discutir questões de natureza da ciência. Enfim, foi elaborada uma proposta de texto paradidático que tem por finalidade contribuir para formação de professores de Química

Palavras-chave: Ensino de Química, Tradução Comentada, Gay Lussac, Amadeo Avogadro, Formação de Professores

ABSTRACT

This present research has aimed to make a proposal to use a commented translation of some articles written by Gay Lussac and Avogadro to be exploited by teachers and science historians. In this respect, it was intended to answer the following research question: How can the commented criticism of the originals by Gay Lussac and Avogadro contribute to preparing teachers? Therefore, the documentary research methodology was used to search and conduct a historical study of Gay Lussac's scientific articles "Combinaison des substances gazeuses les unes avec les outres", and Avogadro "Manière de déterminer les masses relatives des molécules des corps e les proportions selon lesquelles entrent dans les combinaisons". A commented translation of the scientific articles written by these scientists was made, and it was found that the postulates proposed by Gay Lussac allowed a study of the analysis of the volumetric gases behavior, which contributed to the study of different gaseous uses; whereas, the article of Avogadro contributed for the quantification of the molecules that make up a substance, or which culminated in determining the famous Avogadro himself constant. Thereby, an analysis of these original texts may serve as an opportunity to discuss questions of the scientific nature. In this sense, an educational text proposal was elaborated to contribute to the training of chemistry teachers.

Keyword: Chemistry Teaching, Commented Translation, Gay Lussac, Amadeo Avogadro, Teacher Training

Keywords:

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2	2.1 Pesquisa Documental	3
4.	TRADUÇÃO COMENTADA DOS ARTIGOS DE GAY LUSSAC E AMADEO	_
AV(OGADRO	5
4	.1 Comentários do Artigo de Gay Lussac	8
4	.2 Tradução do Artigo de Gay Lussac	12
4	3.3 Comentários do Artigo de Avogadro	27
4	.3 Tradução do Artigo de Avogadro	34
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
6.	REFERÊNCIAS	44
7	ANEXO	47

1. INTRODUÇÃO

As literaturas de (MARTINS, 2006; MARQUES, 2017; QUEIRÓS, NARDI e DELIZOICOV, 2014) apontam que há uma grande falta de materiais didáticos de qualidade de História da Ciência para serem utilizados na Educação em Ciências que possam auxiliar os estudantes e professores no entendimento do processo de construção do conhecimento científico. No que se refere, especificamente, ao Ensino de História da Ciência, Martins (2006, p. 27), enumera pelo menos três grandes dificuldades:

(1) a carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências; (2) a falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino; e (3) equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação (apud Siegel 1979)

O presente estudo tem como norte de discussão o segundo problema apontado por Martins (2006) sobre a falta de textos de História da Ciência adequados para o ensino e divulgação científica. O autor afirma que existem muitos textos em livros didáticos, enciclopédias, internet etc., no entanto, a qualidade é questionável, pois muitos autores, professores e divulgadores da ciência acabam construindo textos e disseminando uma visão de ciência e de sua história com distorções gravíssimas. Entretanto, nesse bojo, alguns autores salientam que a História da Ciência utilizada corretamente nos materiais didáticos e na formação de professores pode propiciar: "não um método de ensino, mas uma provedora de recursos que conduz à reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico." (FUMIKAZU, 2010, p. 4). Além das razões apontadas acima, a História da Ciência permite aos alunos, professores e divulgadores da ciência, adquirir uma visão mais ampla de fatos históricos, do desenvolvimento científico e da Natureza da Ciência. Isto é corroborado pelos documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais:

Desta forma a história da ciência é de grande importância no ensino. A História da Química como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos. (BRASIL, 2006, p.31)

A partir do exposto sobre os problemas de materiais didáticos e suas relações e sua importância com História e Filosofia da Ciência na Educação em Ciências, o presente estudo surge no contexto de demandas exposto por Martins que é a escassez de materiais didáticos, em específico, de textos de qualidade na área de História da Química. Assim, essa demanda justifica a temática proposta desse trabalho que é propor a utilização de traduções de artigos originais para a prática pedagógica de professores de química.

Assim, **o objetivo geral** da presente proposta é realizar uma tradução comentada dos Artigos de Gay Lussac e Avogadro a fim de que seja utilizada por professores e historiadores da Ciência. Diante disso, apresentamos os seguintes **objetivos específicos**:

- Realizar uma pesquisa documental nas bases de dados de História da Ciência e bibliotecas internacionais para a busca dos artigos originais de Gay Lussac e Avogadro;
- Efetuar traduções comentadas dos artigos originais de Gay Lussac e Avogadro;
- Elaborar uma proposta de utilização das traduções dos artigos originais de Gay Lussac e Avogadro para a formação de professores de química.

Uma vez estabelecidos os objetivos, temos a seguinte questão de pesquisa: Como as traduções comentadas dos originais de Gay Lussac e Avogadro poderá contribuir para a formação de professores?

2. METODOLOGIA

A metodologia da presente pesquisa está dividida em três etapas: 1) Pesquisa Documental; 2) Tradução comentada dos textos de Gay Lussac e Avogadro; 3) Elaborar uma proposta de utilização dessas traduções dos artigos originais para a formação de professores de química.

2.1 Pesquisa Documental

Pesquisa documental é baseada na análise e no estudo de documentos que não passaram por um processo de tratamento, permitindo assim ao pesquisador toda interpretação sobre o tema estudado (GIL, 2002). No entanto, deve-se observar a diferenciação entre pesquisa documental e pesquisa bibliográfica, amplamente confundida.

"O desenvolvimento da pesquisa documental segue os mesmos passos da pesquisa bibliográfica. Apenas cabe considerar que, enquanto na pesquisa bibliográfica as fontes são constituídas sobretudo por material impresso localizado nas bibliotecas, na pesquisa documental, as fontes são muito mais diversificadas e dispersas. Há, de um lado, os documentos "de primeira mão", que não receberam nenhum tratamento analítico. Nesta categoria estão os documentos conservados em arquivos de órgãos públicos e instituições privadas, tais como associações científicas, igrejas, sindicatos, partidos políticos etc. Incluem-se aqui inúmeros outros documentos como cartas pessoais, diários, fotografias, gravações, memorandos, regulamentos, boletins De outro lado, há os documentos de segunda mão, que de alguma forma já foram analisados, tais como: relatórios de pesquisa, relatórios de empresas, tabelas estatísticas Nem sempre fica clara a distinção entre a pesquisa bibliográfica e a documental, já que, a rigor, as fontes bibliográficas nada mais são do que documentos impressos para determinado público. Além do mais, boa parte das fontes usualmente consultada nas pesquisas documentais, tais como jornais, boletins e folhetos, pode ser tratada como fontes bibliográficas. Nesse sentido, é possível até mesmo tratar a pesquisa bibliográfica como um tipo de pesquisa documental, que se vale especialmente de material impresso fundamentalmente para fins de leitura." (GIL, 2002, p. 45)

Para realizar a pesquisa documental, é necessário definir o escopo da seguinte

maneira:

- Que tipo de documento será buscado?
- Qual o intervalo de tempo será pesquisado?
- Quais fontes dos documentos serão pesquisadas?
- Quais campos dos documentos serão analisados em busca das palavras chave?

(ROSA, 2013, p. 53)

Para cumprir a primeira etapa do presente estudo foi realizada uma pesquisa documental nas bases de dados de História da Ciência e bibliotecas internacionais. Os artigos originais de Gay Lussac e Avogadro foram encontrados na base de dados da biblioteca nacional francesa online (Gallica-bnf). Após essa etapa, foi efetuada uma tradução comentada dos artigos originais de Gay Lussac: "Combinaison des substances gazeuses les unes avec les outres", e Avogadro: "Manière de déterminer les masses relatives des molécules des corps e les proportions selon lesquelles entrent dans les combinaisons", no que tange as bases teóricas para a construção das teorias gasosas.

Na terceira fase da presente pesquisa foi elaborada a proposta de uso das traduções dos artigos originais para a formação de professores de química. Tal proposta constitui o produto dessa pesquisa exigido pelo Mestrado Profissional em Ensino de Ciências.

4. TRADUÇÃO COMENTADA DOS ARTIGOS DE GAY LUSSAC E AMADEO AVOGADRO

Introdução.

Os estudos de Gay Lussac e Avogadro são de grande importância para a compreensão atual de alguns conceitos químicos, como molécula, mol e massa. Uma pesquisa inicial visando à compreensão da construção do conceito do nº de Avogadro nos levou ao artigo original deste autor e, consequentemente, aos estudos de Gay Lussac sobre os gases. Outros questionamentos vieram decorrentes das leituras realizadas nesses documentos: qual a visão de molécula existente no período em que esses artigos foram escritos? Houve debates causados pelas as afirmações expostas nos artigos?

Nesta perspectiva, o estudo dos textos dos cientistas permite-nos obter uma visão menos obscura da formação dos conceitos. Ressalta-se que os documentos trabalhados não abordam os conceitos como teoria, visto que as pesquisas dos mesmos não constituíram uma teoria e sim um estudo.

Enfim, foram realizadas leitura, tradução e análise dos respectivos artigos: "Combinaison des substances gazeuses les unes avec les outres" de Gay Lussac e "Manière de déterminer les masses relatives des molécules des corps e les proportions selon lesquelles eles entrent dans les combinaisons" de Avogadro. Ambos os artigos foram republicados em um livro intitulado "Molécules Atomes et Notations Chimique"¹, publicado em 1913, na França.

_

¹ Moléculas, átomos e notações científicas. (Tradução nossa).

Sobre o Livro

LES CLASSIQUES DE LA SCIENCE

Publiés sous la direction de MM. H. ABRAHAM, H. GAUTIER, H. LE CHATELIER, J. LEMOINE

ΙV



ЕТ

NOTATIONS CHIMIQUES

MÉMOIRES

de GAY-LUSSAC — AVOGADRO — AMPÈRE DUMAS — GAUDIN — GERHARDT

Avec I planche hors texte.



LIBRAIRIE ARMAND COLIN 103, BOULEVARD SAINT-MICHEL, PARIS

1913

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

O Livro "Molécules Atomes et Notations Chimique" traz diversos artigos do século XIX, abordando os temas de "molécula, átomo e notação química". Para a compreensão do tema do livro é necessário entender o período histórico no qual os conceitos acima são abordados, principalmente no que se refere à teoria atômica.

O modelo atômico aceito por alguns pesquisadores naquele período histórico, início do século XIX, é o modelo atômico de Dalton, que consiste na representação do átomo como uma esfera rígida (LE CHATELIER, 1913).

Além disso, no período histórico que antecede a publicação dos artigos, temos uma ebulição de estudos que visam explicar a constituição dos compostos químicos. Neste período, temos o modelo de átomo aceito por um determinado grupo de cientistas o modelo de John Dalton, que estudava a relação massa e tamanho do

átomo, sendo necessário diferencia-los não apenas pelo tamanho, mas também pelo peso. (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992)

Segundo Dalton:

"As relações entre as massas segundo as quais dois ou mais elementos se combinam são fixas e não susceptíveis de variação continua" (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992)

Como é possível observar, segundo (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992) uma parte dos trabalhos de J. Dalton visava estabelecer as relações de massas dos elementos, o que veio a proporcionar um modelo no qual é possível visualizar essa relação devido ao tamanho e a massa dos átomos.

No entanto, o livro que é utilizado nesta pesquisa, sendo uma coletânea de artigos envolvendo o átomo e moléculas, não aborda diretamente os conceitos de modelo atômico. Subentende-se que se trata do modelo de Dalton por dois motivos: primeiro Dalton é citado nos dois artigos estudados; segundo pelo período histórico no qual se inserem estes artigos, o modelo vigente proposto por esse cientista.

Logo, o Livro explorado traz como tema central o átomo e sua evolução no decorrer do século XIX, contendo 9 artigos de diferentes pesquisadores desse período como

- ➤ GAY-LUSSAC. Mémoire sur la Combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres, 1809
- AVOGADRO. Manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons. 1811.
- ➤ AMPERE. Détermination des proportions dans lesquelles les corps se combinent d'après le nombre et la disposition respective des molécules dont leurs particules intégrantes sont composées. 1814.
- ➤ DUMAS. Sur quelques points de la théorie atomistique 1826,
- > GAUDIN. Structure intime des corps inorganiques définis. 1833.
- > DUMAS. Les notations chimiques. 1836.
- GERHARDT. Généralités sur la notation des formules. 1856.

Os Estudos de Gay Lussac e Avogadro.

No início do século XIX, a ciência química encontrava-se em plena estruturação teórica, principalmente, no que diz respeito à construção da teoria atômica (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992). Naquele período histórico, a teoria aceita por alguns pesquisadores da época que procurava descrever as características do átomo era a de John Dalton².

O modelo de Dalton descrevia o átomo como sendo uma esfera e para reforçar a ideia, utilizou como imagem uma esfera carregada positivamente, cujo modelo encontra-se representado em diversos livros didáticos atualmente. No entanto, no início do século XIX, pesquisadores como Gay Lussac e Avogadro, estudiosos dos comportamentos dos gases, utilizaram-se do modelo de Dalton para explanar suas pesquisas. Daí nos trabalhos realizados, a presença do modelo de Dalton, que fora utilizado para explicar, de forma simples, as ligações que ocorrem entre os átomos das diferentes substâncias.

4.1 Comentários do Artigo de Gay Lussac

Memórias sobre a combinação de substâncias gasosas umas com as outras - Uma tradução comentada do artigo do Gay Lussac de 1809 Descrevendo o seu estudo sobre os gases

O artigo intitulado "Memória sobre a Combinação das substâncias Gasosas Umas com as outras" foi Publicado em 1809, em Mémoires de la société d'Arcueil e republicado no livro "Molécules Atomes et Notations Chimique", em 1913. Neste artigo, Gay Lussac traz suas análises sobre a composição de diversos gases, abordando primeiramente a força de coesão entre as substâncias gasosas, além de afirmar que elas possuem propriedades que independe dessa força.³

Nas primeiras páginas do artigo, Gay Lussac traz diversas afirmações teóricas vigentes no período histórico, como: dilatação dos corpos, atração entre moléculas, fluidos elásticos, sendo este último uma teoria própria do período, que o Gay Lussac considera independente do seu objeto de estudo, no caso, os gases. O interesse maior

³ Gay Lussac: "Combinaisons des substances gazeuses les unes avec les autres ", 1809 em "Molécules Atomes et Notations Chimique", p. 2

_

 $^{^2}$ John Dalton filósofo natural que estudou muitas coisas como meteorologia, solubilidade de gás em agua, etc.)

de Gay Lussac era o estudo e a análise do comportamento dos gases, que resultou na formulação da lei de gases de Gay Lussac.

Em seu artigo, Gay Lussac pretende mostrar as propriedades novas dos gases:

Gostaria de mostrar propriedades dos gases, nos quais os efeitos são regulares, provando que essas substâncias se combinam entre elas em relações muito simples e que a contração do volume existente pela combinação são regidas por leis regulares. (LUSSAC, 1809, p. 3)⁴

O autor afirma que o assunto é de extrema "importância, pois agita os químicos da época, os quais gostariam de saber se as combinações se realizam em todas as proporções" (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992). A análise do artigo mostra que Gay Lussac se dispôs a determinar tais proporções, utilizando cálculos simples para a demonstração, os quais estão expostos em seu artigo.

Ao longo do seu artigo, Gay Lussac procurou demonstrar matematicamente as diferentes proporções entre os gases estudados. Um fator que chamou a atenção foi não somente o tipo de cálculo utilizado, mas também como era usado para determinar as respectivas massas das diferentes substâncias estudadas. Assim como as fórmulas químicas apresentadas no texto, diferentes das utilizadas nos dias atuais.

Para tal exemplo, temos o ácido muriático apresentado no texto. Um leitor leigo, por exemplo, ou um professor de escola básica que queira utilizar o texto para compreender tais proposições teria dificuldade em analisar os compostos apresentados por Gay Lussac. O ácido muriático apresentado no artigo é representado em uma reação de neutralização entre o amoníaco e o ácido muriático.

Diversas análises de substâncias aparecem ao longo do artigo do pesquisador e, em todos os casos, Gay Lussac faz análises volumétricas, ou seja, seus estudos são baseados nos volumes utilizados para realizar as análises de cada gás. Dito isso, compreende-se os motivos pelos quais na atualidade, os manuais didáticos trazem sempre os estudos de Gay Lussac nos conteúdos de gases, principalmente, de volumes.

No entanto, o artigo permite uma observação mais profunda, visto que encontramos outros conceitos abordados, porém, não de forma direta. Por exemplo, o conceito de ácido está muito presente no texto de Gay Lussac, no entanto, o leitor

⁴ Tradução própria.

do século XXI tem um conceito diferente de ácido⁵, já que, a princípio, teríamos que ter a presença de hidrogênio para caracterizar um ácido, porém, um olhar atento ao texto do pesquisador encontramos: ácido nítrico – NO₂, e outros gases ácidos, que, segundo os cálculos, falta o principal que é o hidrogênio.

Gay Lussac, em seu artigo, realiza diversas comparações com outros pesquisadores da época, como Berthollet, Kirwam, Davy entre outros, pois compara suas pesquisas com os valores encontrados por esses pesquisadores, o que evidencia o fato de existir um contato acadêmico entre eles.

No texto, Gay Lussac traz algumas afirmações teóricas sobre os gases:

- Os gases se combinam em proporções simples.
- Todos os gases agindo um sobre o outro, se combinam sempre em relações mais simples possível.
- Não somente os gases combinam em proporções muito simples, como vimos, e ainda contração aparente do volume que eles evidenciam pela combinação, também tem uma relação simples com o volume dos gases. (Lussac 1809, p.6)

Os postulados acima descritos no artigo permitiram a elaboração de toda uma análise sobre o comportamento volumétrico dos gases, segundo Gay Lussac. Consequentemente, facilitou a compreensão e, posteriormente, o desenvolvimento de toda uma teoria baseada no estudo dos diferentes comportamentos gasosos. Dessa forma, ampliou a visão não só de ligações entre os átomos, mas também na composição de diversas entidades que formam as moléculas. No final do artigo, o Gay Lussac apresenta que:

"A ação química que se exerce indefinidamente de uma maneira contínua entre moléculas dos corpos, pouco importa a quantidade e suas proporções, e que, geralmente podemos obter compostos de proporções variadas." (Lussac 1809, p14)

Gay Lussac afirma que no caso dos compostos químicos é possível obter compostos diferentes com os mesmos elementos. É necessário observar que, naquele período histórico, existia o conceito de molécula⁶ para aglomerados de

⁵ Os ácidos como apresentado no texto, não contém o que define hoje o ácido, ou seja o hidrogênio. Presente em diversos livros didáticos.

⁶ Para o período histórico em questão molécula é um aglomerado de elementos químicos.

elementos químicos, visto que a palavra molécula aparece com frequência no texto de Gay Lussac. Percebe-se isto, quando Gay Lussac se refere a Dalton para afirmar que:

"As combinações se fazem de átomo a átomo. Os diversos compostos que dois corpos podem formar seriam produzidos pela reunião de uma molécula de um como uma molécula de outro ou com duas ou com um grande número, mas sempre sem intermediários. MM. Thomson⁷ e Wollaston dizem, em efeito, experiências que tende a confirmar essa teoria." (Lussac 1809)⁸

Como é possível observar, existia, nesse período, uma determinada troca de informações sobre os conceitos de átomo e molécula. Na citação acima, é notória a presença no período de Thomson, que trará na sequência um novo modelo atômico, já que existia um determinado interesse na compreensão da forma como os átomos formavam as suas moléculas. Enfim, os estudos de Gay Lussac sobre os volumes gasosos permitiram, a posteriori, que Avogadro retomasse estas pesquisas e acabasse por explicar os conceitos de Gay Lussac.

Gay Lussac na realidade trouxe uma colaboração para o que chamaríamos de moléculas, visto que em seu artigo, ele evidencia a união entre diferentes átomos que formam compostos diferentes, sendo que esses compostos de átomos idênticos são variados. Mesmo não definindo claramente o conceito, observamos que neste artigo encontram-se as bases para a construção de uma visão diferente da quantidade de moléculas, fato esse retomado e aprimorado por Avogadro, em seu artigo "Tentativa de determinar as massas relativas das moléculas elementares de corpos e as proporções nas quais eles entram nessas combinações"

⁷ O Pesquisador Thomson em questão no texto não se trata de Joseph John Thomson que apresentará uma proposta de modelo atômico posterior a Dalton, o Thomas Thomson presente nos textos é outro químico do século XVII.

⁸ Tradução própria.

4.2 Tradução do Artigo de Gay Lussac

Memórias sobre as combinações de substâncias gasosas umas com as outras.

Por Gay Lussac 1809

Nos estados sólidos, líquidos e gasosos, os corpos possuem propriedades que são independentes da força de coesão, mas têm também outras propriedades que parecem modificadas por essa força, muito variável na sua intensidade, e não seguem nenhuma lei regular. A mesma compreensão aplicada a todas as substancias sólidas ou liquidas produzem uma diminuição de volume diferente para cada uma delas, mesmo que ela seja igual para todos os *fluidos elásticos*. Do mesmo, o calor dilata todos os corpos, mas a dilatação dos líquidos e dos sólidos não oferecem até o presente momento nenhuma lei regular, e não têm ainda aquelas dos fluidos elásticos, que sejam iguais e independentes da natureza de cada gás, a atração das moléculas nos sólidos e nos líquidos é logo a causa que modifica as suas propriedades particulares, e aparece somente quando ela é inteiramente destruída, como nos gases, que o corpo se encontra em circunstâncias regulares. Eu vou, pelo menos, mostrar as novas propriedades no gás, os quais os efeitos sejam regulares, e provando que essas substâncias se combinam entre elas numa relação muito simples, e que a contração de volumes que elas sofrem pelas combinações são também uma lei regular. Espero proporcionar uma prova do que avançou os químicos, mas distinguidos, que não estamos talvez longe da época na qual possa submeter ao cálculo a maioria dos fenômenos químicos.

Essa é uma questão muito importante, e agitada entre os químicos, de saber se as combinações ocorrem em todas as proporções. Senhor Proust, que parece ter fixado a primeira atenção sobre esse objeto, admite que os metais são suscetíveis de dois graus de oxidação⁹, um no mínimo e um no máximo; mas levado pela história sedutora, viu-se forçado a admitir princípios contrários à física, para levar a dois óxidos os dois presentes no mesmo metal. O Sr. Berthollet pensa ao contrário, após considerações gerais e experiências que pertencem a ele, que as combinações se

⁹ Essa afirmação indica o fato de alguns metais possuírem diferentes números de oxidação.

realizam sempre em proporções muito variáveis, pelo menos se elas não sejam determinadas por causas particulares, tal qual a cristalização, a insolubilidade, ou elasticidade. Enfim, Sr Dalton propôs a ideia de que as combinações entre dois corpos se realizam de maneira que o átomo de um se une com o átomo de outro, ou a dois, ou a três, ou a número maior. Isso resulta de uma maneira de ver as combinações, que se realizam em proporções constantes, sem que haja intermediários, e sobre essa relação à teoria do Sr. Dalton se aproxima da teoria do Sr. Proust; mas O Sr. Berthollet já combateu fortemente na introdução que ele fez a química do Sr. Thomson, e veremos que ela não é inteiramente exata, tal é o estado da questão agora agitada, e está bem longe de ser resolvida, mas espero que os fatos que vou enunciar, e que tinham inteiramente escapado à atenção dos químicos, possam ser esclarecidos. Desconfiando, depois do relatório de 100 de gás oxigênio a 200 de hidrogênio que nós tínhamos determinados, Sr. Humboldt e eu, para a proporção da água, que os outros gases podem também se combinar em proporções simples, fiz as seguintes experiências: preparei o gás fluorbórico, muriático e carbônico. Combinei sucessivamente com gás amoníaco, 100 partes de gás muriático saturado precisamente 100 partes desse gás, e o sal que resulta é perfeitamente neutro, seja que coloquemos um ou outro dos dois gases em excesso. O gás fluorbórico se une ao contrário em duas proporções com o gás amoniacal. Quando colocamos o gás alcalino primeiro no tubo graduado, e que fazemos passar em seguida o outro gás, encontra-se que ele se condensa um volume igual de um ou de outro, e que o sal formado é neutro. Mas, se começamos por colocar o gás amoniacal no tubo, e que em seguida façamos chegar bolha por bolha do gás fluorbórico, o primeiro se encontra então em excesso com relação ao segundo, e resulta um sal com excesso de base, composto de 100 de gás fluorbórico e 200 de gás amoníaco. Quando colocamos o carbônico com gás amoníaco fazendo passar por um tubo, tanto o primeiro quanto o segundo se forma sempre um carbonato composto de 100 partes de gás carbônico e 200 partes de gás amoníaco. Porém, podemos provar que o carbonato de amônia neutro será composto de volumes iguais de cada um dos seus componentes. Sr. Berthollet, que analisou esse sal obtido fazendo passar o gás carbônico no carbonato, encontrou que ele é composto de um peso de 73,34 de gás carbônico e de 26,66 de gás amoníaco. No entanto, se supomos que ele seja composto de um volume igual de cada um desses compostos, encontramos, segundo os seus pesos especifico conhecido, que ele contém em peso:

71,81	De ácido carbônico
28,19	De amoníaco
100,00	-

Proporção de difere do precedente.

Se o carbonato de amoníaco neutro pode se formar pela mistura do gás carbônico e do gás amoníaco, ele absorve logo tanto um gás quanto o outro; e como não podemos obtê-lo que por meio de água, deve-se concluir que é a afinidade desse liquido que concorre com a do amoníaco para vencer a elasticidade do ácido carbônico, e que o carbonato de amoníaco neutro não pode existir que na presença da água.

Assim devemos concluir que o gás muriático, fluorbórico e carbônico tomam exatamente um volume de gás amoníaco semelhante ao deles, para formar sais neutros, e que os dois últimos tomam o dobro para formar os sub-sais. É muito interessante de ver ácidos assim diferentes uns dos outros neutralizar um volume de gás amoníaco igual a eles, e disso é permitido de supor que, se os ácidos e todos os alcalinos podem ser obtidos no estado gasoso, a neutralidade resulta da combinação de volumes iguais de ácidos e alcalinos. Não é menos incrível que, seja obter um sal neutro ou um sub-sal, seus elementos se combinam como nos limites de suas proporções. Disso, adaptando o peso específico do ácido muriático, que determinamos eu e Sr. Biot, e as do gás carbônico e amoníaco, dados por Srª Biot e Arago, encontramos que o muriático de amoníaco sec. É composto de:

Amoníaco	100,00	011	38,35
Ácido muriático	160,7	ou	61,65
			100,00

Proporção que está muito distante da encontrada pelo Sr Berthollet

100 de amoníaco

213 de ácido.

Encontramos que o sub-carbonato de amoníaco contem

Amoníaco	100,00	011	43,98
Ácido carbônico	127,6	ou	56,02
			100,00

E o carbonato neutro

Amoníaco	100,00	011	28,19
Ácido carbônico	254,6	ou	71,81
			100,00

É fácil, segundo os resultados anteriores, conhecer as relações de capacidades de ácidos fluorbórico, muriático e carbônico, pois esses três gases saturam o mesmo volume de gás amoniacal, e suas capacidades serão entre elas em razão inversa de suas densidades, quando fizermos correções devidas em relação à água conhecidas de ácido muriático. Podemos concluir que os gases se combinam em relações muito simples; mas darei novas provas.

Segundo as experiências do Sr. Amédée Berthollet, o amoníaco é composto em volumes de:

100 de gás nitrogênio
300 de gás hidrogênio

Encontrei (no 1º vol. Da sociedade de Arcueil) que o ácido sulfúrico é composto de:

100 gás sulfuroso	
50 gás oxigênio	

Quando queimamos uma mistura de 50 partes de gás oxigênio e 100 partes de óxido de carbono, proveniente da destilação de óxido de zinco e do carvão fortemente calcinado, esses dois gases são destruídos e substituídos por 100 partes de gás carbônico. Por consequência, o ácido carbônico pode ser considerado como composto de:

100 gás óxido de carbono

50 gás oxigênio

Sr. Davy, realizando análises de diversas combinações de nitrogênio com oxigênio, encontrou, em peso, as seguintes proporções:

	Nitrogênio	Oxigênio
Gás óxido de nitrogênio	63,30	36,70
Gás nitroso	44,05	55,95
Ácido nítrico	29,50	70,50

Reduzindo as proporções em volumes, podemos encontrar:

	Gás Nitrogênio	Gás Oxigênio
Gás óxido de nitrogênio	100	49,5
Gás nitroso	100	108,9
Ácido nítrico	100	204,7

A primeira e a última proporão se diferenciam pouco das de 100 a 50 e de 100 a 200; somente a segundo que se afasta um pouco da de 100 a 100. A diferença não é muito grande, tal que podemos espera-la em experiências semelhantes; mas assegurei-me de que ela é inteiramente nula. Queimando a nova substancia combustível de potássio em 100 partes de volumes de gás nitroso, sobraram exatamente 50 de gás nitrogênio, de onde o peso retirado daquele do gás nitroso, determinado com muito cuidado pelo Sr. Bérard à Arcueil, deu por resultado que este último gás é composto em volume de partes iguais de nitrogênio e oxigênio.

Devemos admitir para as proporções em volumes das combinações de nitrogênio com o oxigênio

	Gás Nitrogênio	Gás Oxigênio
Gás óxido de nitrogênio	100	50
Gás nitroso	100	100
Ácido nítrico	100	200

Segundo minhas experiências, que diferenciam muito pouco das do Sr. Chevenix, o ácido muriático oxigenado e composto em peso de:

Oxigênio	22,92
Ácido muriático	77,08

Transformando essas quantidades em volumes, encontramos que o ácido muriático oxigenado é formado de:

Gás muriático	300,0
Gás Oxigênio	103,2

Proporção que diferencia um pouco de:

Gás muriático	300,0		
Gás Oxigênio	100		

Assim, parece-me evidente que todos os gases se combinam uns com os outros em relações simples; e vimos, de fato, em todos os exemplos precedentes, que a relação de combinação é de 1 à 1, de 1 à 2, ou de 1 à 5. É bem importante observar que, quando consideramos o peso, não tem nenhuma relação simples e final entre os elementos de uma primeira combinação: é somente quando há uma segunda combinação entre esses mesmos elementos que a nova proporção deste que foi adicionado é um múltiplo da primeira. Os gases, ao contrário, nestas proporções podem se combinar, dando sempre lugar a compostos onde os elementos, em volume, são múltiplos uns dos outros.

Não somente o gás se combina em proporções bem simples, como acabamos de ver, mas ainda a contração aparente de volume que eles sofrem por causa da combinação, a também uma relação simples com um deles.

Eu disse, que segundo Sr. Bertholllet, que 100 partes de gás óxido de carbono, proveniente da destilação do óxido de zinco e do carvão fortemente calcinado, produzem 100 partes de gás carbônico quando combinado com 50 de gás oxigênio. Isso resulta da contração aparente dos dois gases e precisamente de todo o volume do gás oxigênio adicionado. A densidade do gás carbônico, menos a metade do gás oxigênio: ou, inversamente, a densidade do oxido de carbono é igual a do gás carbônico, menos a metade daquela do gás oxigênio. Segundo isso, e tomando a densidade do ar por unidade, encontramos que a do gás oxida de carbono é de 0,9678, no lugar de 0,9569, que o Sr. Cruickshanks determinou por experiências. Sabemos, no entanto, que um volume dado de gás oxigênio produz um volume igual de gás carbônico; consequentemente o gás oxigênio, formando com o gás óxido de carbono, dobra de volume, do mesmo que o gás carbônico passado pelo carvão

vermelho. O gás oxigênio produzindo um volume igual de gás carbônico, e o peso deste último sendo bem conhecido, é fácil de concluir a proporção de seus elementos. É assim que podemos encontrar que o gás carbônico é composto de

27,38	Carbono
72,62	Oxigênio

E o gás óxido de carbono de

42,99	Carbono
57,01	Oxigênio

Seguindo um raciocínio análogo, encontramos o mesmo que, se o enxofre tem 100 partes de oxigênio para produzir o ácido sulfuroso, ele tem 150 para produzir o ácido sulfúrico. De fato, segundo as experiências da Sr^a Klaproth, Bueholz e Richter, o ácido sulfúrico é composto, em peso, de 100 de enxofre e 138 de oxigênio.

De outro lado, o ácido sulfúrico é composto de 2 partes em volumes de gás sulfuroso e de 1 parte de gás oxigênio. Por consequência, o peso de uma certa quantidade de ácido sulfúrico deve ser o mesmo que 2 partes de ácido sulfuroso e de uma de gás oxigênio, isto é, 2 x 2,265, + 1,10559 = 5,63559; esperado que, segundo Kirwan, o gás sulfuroso pesa 2,265, a densidade do ar é tomada por unidade. Mas segundo a proporção de 100 de enxofre, à 158 de oxigênio, esta quantidade tem 3,26653 de oxigênio, e se diminuirmos 1,10559, resta 2,16294 para o peso do oxigênio tendo 2 partes de ácido sulfuroso, ou 1,08247 para o do oxigênio em 1 parte.

Porém, como esta última quantidade difere de dois centésimos de 1,10559 que representa o peso de uma parte de gás oxigênio, precisa-se concluir que o gás oxigênio, se combinando com o gás sulfuroso, não apresenta nenhuma diminuição de volume de 1/50, e que seja provavelmente nula se os dados dos quais eu me servi não sejam exatos. Desta última suposição, e segundo o peso especifico do gás sulfuroso de Kirwan, encontramos que este ácido é composto de:

100,00	Enxofre
95,02	Oxigênio

Mas, se saindo das proporções precedentes de ácido sulfúrico, podemos admitir como parece provável, que 100 de gás sulfuroso contem 100 de gás oxigênio, e que é necessário adicionar ainda 50 para converter em ácido sulfúrico, teremos para as

proporções de ácido sulfúrico

100,00	Enxofre
92,0	Oxigênio

Seu peso específico calculado nessas mesmas suposições, e comparado a do ar, será de 2,30314, no lugar de 2,2650 que o Sr.Kirwan encontrou diretamente.

O fósforo tem a maior relação com o enxofre, e espera que eles tenham aproximadamente o mesmo peso específico. Por consequência, o fósforo deve ter duas vezes mais de oxigênio para poder ser ácido fosforoso que para passar deste estado para o ácido fosfórico. E como esse último e composto segundo Rose de

100,00	Fósforo
114,0	Oxigênio

Segue que o ácido fosforoso deve conter

100,00	Enxofre		
76,0	Oxigênio		

Vimos que 100 partes de gás nitrogênio utilizam 50 partes de gás oxigênio para formar o gás óxido de nitrogênio, e 100 de gás oxigênio para formar o gás nitroso. No primeiro caso, a contração é um pouco mais forte que o volume do gás adicionado, pois o peso especifico do gás óxido de nitrogênio, calculado nesta hipótese, é de 1,52092, enquanto que a dada pelo Sr. Davy é de 1,61414. Mas é fácil de ver pelas experiências do Sr. Davy, que a contração aparente é precisamente de todo o volume do gás oxigênio adicionado. Fazendo passar uma faísca elétrica através da mistura de 100 partes de gás hidrogênio e 97,5 de gás óxido de nitrogênio, o gás hidrogênio é destruído, e sobram 102 partes de gás nitrogênio fechando aquele que é quase sempre misturado com o gás hidrogênio, e de mais um pouco desse último gás liberado na combustão. O resíduo, todas as correções feitas, será então muito pouco igual em volume ao óxido de nitrogênio utilizado. Do mesmo fazendo passar uma faísca elétrica através da mistura de 100 partes de gás hidrogênio fosforoso e 250 de gás óxido de nitrogênio, sobra exatamente 250 partes de gás nitrogênio, prova evidente ainda que a contração aparente dos elementos do gás óxido de nitrogênio e de todo o volume do gás oxigênio adicionado. Segundo essa consideração, seu peso específico comparado ao do ar deve ser de 1,52092.

A contração aparente dos elementos do gás nitroso parece ao contrário nula. Se admitirmos, de fato, como eu mostrei que ele é composto de partes iguais de gás oxigênio e de gás nitrogênio, encontramos que sua densidade, calculada na hipótese onde ele não terá nenhuma condensação, é de 1,056, enquanto a determinada diretamente é de 1,038.

Saussure encontrou que a densidade do vapor de água está para a do ar como 10 está para 14. Supondo que a contração do volume dos dois gases seja somente de todo o volume do gás oxigênio adicionado, encontramos no lugar desta relação à de 10 para 16. Essa diferença e a autoridade de um físico distinto que Saussure, podem rejeitar as suposições que acabei de fazer; mas aqui estão várias circunstancias que a tornam muito provável, ela tem primeiramente a seu favor uma forte analogia; em segundo lugar, Sr. Tralès encontrou pelas suas experiências diretas, que a relação entre a densidade e o vapor de água a do até de 10 para 14,5 no lugar de 10 para 14, em terceiro lugar, apesar de não conhecermos muito exatamente o volume que ocupa a água passando pelo estado elástico, sabemos, a partir das experiências do Sr. Watt, que uma polegada de água produz aproximadamente um pé cúbico de vapor, quer dizer um volume 1728 maior. Admitindo a relação de Saussure, encontramos somente 1488 para o volume que ocupa a água quando ela está no estado de vapor, e admitindo 10 para 16, teremos 1700,6. Enfim, a refração do vapor de água, calculado na hipótese da relação 10 para 14, é um pouco mais forte que a dada pela observação; mas a calculada adotando a relação 10 para 16 coincide muito melhor os resultados teóricos e práticos. Aqui estão, então, diversas considerações que tornam muito provável a relação de 10 para 16. O gás amoníaco é composto em volume de 3 partes de gás hidrogênio e de 1 parte de gás nitrogênio, e sua densidade comparada com a do até de 0,596; mas se supormos que a contração aparente seja da metade do volume total, encontramos 0,594 para sua densidade. Assim, é demonstrado por esse acordo quase perfeito, que a contração aparente dos seus elementos é precisamente da metade do volume total, ou ao dobro do nitrogênio.

Provei anteriormente que o gás muriático oxigenado é composto de 300 partes de gás muriático e de 100 partes de gás oxigênio. Admitindo que as contrações aparentes dos dois gases sejam a metade do volume total, encontramos para sua densidade 2,468, e para a experiência 2,470. Assegurei-me, por diversas experiências, que as proporções desses elementos são tais que forma sais neutros com os metais. Por exemplo, se fizermos passar o gás amoníaco oxigenado sobre o cobre, forma-se do

muriático verde ligeiramente ácido, e se precipita um pouco de óxido de cobre, por que esse sal não pode ser obtido perfeitamente neutro. Segue-se que em todos os muriáticos oxigenados, o ácido reduz o volume é triplo em oxigênio, será o mesmo dos carbonatos e os fluoratos nos ácidos, sobre volumes iguais, tem a mesma capacidade de saturação que o ácido muriático.

Vemos que por esses diversos exemplos a contração que tem dois gases combinando-se segue uma relação aproximadamente exata com seus volumes, ou ainda, com o de um dos dois. Existe, de fato, uma pequena diferença entre as densidades desses compostos obtidos pelos cálculos e as obtidas pelas experiências, é provável, que realizando novas experiências, veremos desaparecer completamente. Relembrando a grande lei da afinidade química, que toda combinação realiza por uma aproximação de moléculas elementares, é difícil conceber porque o gás óxido de carbono é mais leve que o gás oxigênio. É a principal razão a qual se apoiou Sr. Berthollet para admitir a existência do hidrogênio nesse gás e explicar pela sua fraca densidade. Mas parece-me que a dificuldade existente do que podemos supor que a aproximação das moléculas elementares é representada nesses gases pela diminuição de volume que eles sofrem ao se combinar. Esta suposição não é sempre verdadeira, e poderíamos citar várias combinações gasosas nas quais as moléculas constituintes seriam muito próximas, mesmo que a diminuição de volume seja nula, e que tenha tido mesmo assim dilatação. Tal é o gás nitroso considerado como formado diretamente de gás nitrogênio e de gás oxigênio, ou deste último e do gás óxido de nitrogênio. No primeiro caso, existe um ponto de diminuição de volume, e no segundo caso teria o contrário à dilatação, visto que 100 partes de gás óxido de nitrogênio e 50 de gás oxigênio produzem 200 de gás nitroso. Sabemos ainda que o gás carbônico representa exatamente um volume igual de gás oxigênio, e que a afinidade que reúne seus elementos é muito forte. No entanto, se admitirmos que a condensação dos elementos tem uma relação imediata com a condensação de volume, concluímos, a verdade contra a experiência, que ela é nula. De outra forma, é preciso supor que se o carbono estivesse no estado gasoso, ele se combinaria em volumes iguais, ou em outra proporção, com o oxigênio, e que a condensação aparente seria de todo o volume do carbono gasoso. Mas se fizermos essa suposição para o ácido carbônico, podemos assim fazer para o gás óxido de carbono, admitindo, por exemplo, que 100 partes de carbono gasoso, combinando com 50 partes de gás oxigênio, produziram 100 de gás. Apesar do que sejam dessas suposições, que só podem servir a fazer conceber que o gás oxigênio pode produzir um composto mais leve do que ele, combinando-se com corpos sólidos, devemos admitir como verdade fundamentada sobre um grande números de observações que a condensação que sofrem moléculas de dois corpos que se combinam, particularmente de dois gases não tem relação imediata com a condensação de volume, uma vez que vemos sempre que enquanto uma é muito forte, a outra é muito fraca, ou mesmo nula.

A observação que as combinações gasosas se combinam com gás oxigênio em relações simples de 1 para 1, 1 para 2, de 1 para ½, pode nos conduzir a determinar a densidade dos vapores dos corpos combustíveis, ou ao menos a aproximar e muito essa determinação. Se supuser, de fato, todos os corpos combustíveis no estado gasoso, um volume determinado de cada um deles absorverá um volume igual de oxigênio, ou o dobro ou somente a metade. E, como conhecemos a proporção de oxigênio que tem cada corpo combustível no estado sólido e liquido, só é preciso converter o oxigênio em volume de converte também o combustível, segundo a condição que seu vapor seja igual ao volume do gás oxigênio, ou ao dobro, ou a metade. Por exemplo, o mercúrio tem dois graus de oxidação, e podemos comparar o primeiro ao gás nitrogênio. O entanto, segundo Sr. Fourcroy e Thenard, 100 partes de mercúrio absorvem 4,16, que reduzidas em gás, ocupariam um espaço representado por 8,20. Essas 100 partes de mercúrio reduzida em vapor devem então ocupar um espaço dobrado, ou seja, 16,40. Podemos concluir disso que a densidade do vapor do mercúrio é de 12,01 vezes mais densas que a do gás oxigênio, e que o metal passando do estado liquido para o gasoso, toma um volume 961 vezes maior. Não ficarei mais muito tempo nessas determinações, uma vez que elas são fundadas em analogia, e, portanto é fácil de multiplica-las. Termino essa Memória examinado se as combinações se realizam em proporções constantes ou variáveis; as experiências que acabei de relatar conduziram-me à discussão dessas duas opiniões. Segundo a Ideia engenhosa do Sr. Dalton, que as combinações e realizam de átomo para átomo, os diversos compostos que dois corpos podem formar seriam produzidos pela reunião da molécula de um com a molécula de outro, ou com dois ou com mais números, mas sempre intermediário. Sr Thomson e Wollastn, relataram, de fato, experiências que parecem confirmar esta teoria. O primeiro encontrou que o suroxalato de potássio contém duas vezes mais de ácido do que ele necessita para saturar o alcalino, e o segundo, que o sous-carbonato de potássio contem ao contrário, duas vezes mais de alcalino do que ele necessita para saturar o ácido.

Os numerosos resultados que trouxe nesta Memória são assim muito favoráveis a esta teoria. Mas o Sr. Berthollet, que pensa que as combinações se realizam de uma maneira continua, cita por prova de sua opinião os sulfatos ácidos, o vidro, as ligas e as misturas de diversos líquidos, compostos todos muito variáveis em suas proporções, e ele insiste, principalmente, sobre a identidade da força que produza combinações químicas e as dissoluções.

Essas duas opiniões têm cada uma em seu favor um grande número de fatos; apesar de ser inteiramente opostos em aparência, é fácil de conciliar.

É preciso, primeiramente, admitir com o Sr. Berthollet, que a ação química se exerce indefinidamente de uma maneira continua entre as moléculas dos corpos, não impor quais sejam os números ou as relações, e que, geralmente, podemos obter compostos com proporções variadas. Mas em seguida, temos que admitir ao mesmo tempo, que outra a insolubilidade, a coesão e a elasticidade que tendem a produzir combinações em diversas proporções fixas, a ação química se exerce mais fortemente, quando os elementos têm entre eles relações simples, ou em proporções múltiplas uns com os outros, e que produzem então compostos que se separam mais facilmente. Conciliamos, dessa maneira, as duas opiniões, e mantém essa grande lei química: que todas as vezes que duas substâncias estão em presença uma da outra, em sua esfera de atividade, elas agem pelas suas massas, e formam geralmente compostos a proporções muito variáveis, a menos que essas proporções sejam determinadas por circunstâncias particulares.

Conclusão.

Mostrei nesta Memória que as combinações de substancias gasosas, umas com as outras, realizam-se, sempre, em proporções simples, e que tal representa um dos termos por unidade, a outra e 1 ou 2 ou mais que 3. Essas relações de volumes não são observadas em substancias sólidas e liquidas, ou quando consideramos o peso e são novas provas que é efetivamente no estado gasoso que os corpos se encontram nas mesmas circunstâncias e que eles apresentam leis regulares. É incrível de ver que o gás amoníaco neutraliza exatamente um volume parecido de ácido gasoso, e é provável que se os ácidos e alcalinos estivessem no estado elástico eles se combinariam todos, a um volume igual, para produzir sais neutros. A capacidade de saturação dos ácidos e dos alcalinos, medidas por volumes seria logo as mesmas, e isso seria talvez a verdadeira maneira de avaliar as contrações aparentes de volume que é submetido os gases que se combinam, tem também as relações simples com o

volume de um deles, e essa propriedade é ainda particular as substancias gasosas.

Tabelas.

Densidades de diversas substancias gasosas, simples ou					
Substancia	detern	compos ensidade ninada pela periência	Densidade calculada a partir da proporção dos elementos e da contração de volume.		
Ar atmosférico Gás oxigênio Gás nitrogênio Gás hidrogênio Gás ácido carbônico	1,00000 1,10359 0,96913 0,07321 1,5196	Biot E Arago		•	
Gás amoníaco	0,59669	Alago	0,59438	Supondo que a contração dos elementos seja a metade do volume total	
Gás muríatico	1,278	Biot e Gay Lussac			
Gás óxido de	1,61414	Davy e	1,52092	Supondo que a contração dos elementos de todo	
nitrogênio	1,36293	Bethollet		volume de gás oxigênio.	
Gás nitroso	1,0388	Bérard. `a Arcueil	1,03636	Supondo que a contração dos elementos seja a metade do volume total	
Gás sulfuroso	o 2,265 Kirwan				
Gás ávido de		Cruickshanks	0,96782	Supondo que 100 de ácido carbônico produzem 100 de gás carbônico, perdendo 50 de oxigênio.	
Vapor de água	0,6896	Tralès	0,625	Supondo que a contração de 2 de todo volume de oxigênio.	
Gás muriático oxigenado 2,470		Thenard e Gay Lussac	2,468	Supondo que a condensação seja metade do volume total	

Proporção de vários compostos dos quais os elementos são gasosos.					
Substancia	Proporção	em volume	Proporção em peso		
Muriático de amônia	100 de gás amoniacal	100 de gás muriático	Amoníaco 38,35	Ácido muriático 61,65	
Carbonato de amônia neutro	100 idem	100 de gás carbônico	Idem 28,19	Ácido carbônico 71,81	
Sus-carbonato de amoníaco	100 idem	50 idem	Idem 43,98	Idem 56,02	
Fluorborato de amoníaco	100 idem	100 de gás fluoborato	*****	*****	
Sous- Fluorborato de amoníaco	100 idem	50 idem	*****	******	
Água	100 de gás hidrogênio	50 de gás oxigênio	Oxigênio 86,733	Hidrogênio 13,267	
Gás oxido de nitrogênio	100 de nitrogênio	50 de oxigênio	Nitrogênio 63,72	Oxigênio 36,28	
Gás nitroso	100 idem	100 idem	Idem 46,757	Idem 53,243	
Ácido nítrico	100 idem	200 idem	Idem 30,512	Idem 69,488	
Ácido nítrico	200 de gás nitroso	100 gás oxigênio	ldem	ldem	
Gás ácido nitroso	300 idem	100 idem	Nitrogênio 34,507	Idem 65,493	
Amoníaco	100 de nitrogênio	300 de hidrogênio	Idem 81,524	Hidrogênio 18,475	
Ácido sulfúrico	100 de sulfuroso	50 gás oxigênio	Enxofre 42,016	Oxigênio 57,984	
Ácido sulfuroso	*********	********	Idem 52,083	Idem 47,917	
Ácido muriático oxigenado	300 de gás muriático	100 oxigênio	Ácido muriático 77,65	Oxigênio 22,35	
100 de gás carbônico	100 de oxido de carbono	50 gás oxigênio	Carbono 27,376	Oxigênio 72,624	
100 de gás carbônico	******	100 oxigênio	Idem	ldem	
100 de gás óxido de carbono	50 de gás oxigênio	*****	Carbono 42,99	Oxigênio 57,01	

4.3 Comentários do Artigo de Avogadro

Tentativa de determinar as massas relativas das moléculas elementares de corpos, e as proporções nas quais eles entram nessas combinações - Uma tradução comentada do artigo de Amadeo Avogadro de 1811 descrevendo uma nova abordagem sobre o estudo dos gases.

Amadeo Avogadro publicou seu artigo "Tentativa de determinar as massas relativas das moléculas elementares de corpos e as proporções nas quais eles entram nessas combinações" 10, em 1811, dois anos após Gay Lussac publicar o artigo: Memórias sobre as combinações de substâncias gasosas umas com as outras. Avogadro reafirma as proposições de Gay Lussac, e, consequentemente, demonstra a teoria apresentada anteriormente sobre as relações gasosas pelo predecessor.

No início de seu artigo, Avogadro faz alusão ao seu predecessor, citando uma afirmação do mesmo:

"... as combinações entre gases se fazem sempre segundo relações muito simples em volume, e que quando o resultado da combinação é gasosa, seu volume também é uma relação simples com aquele que os compõem; mas as relações das quantidades de substancias nas combinações não parecem depender que do número relativo de moléculas que se combinam e das moléculas compostas que resultam"11 (Avogadro, 1811, p17)

Nesse contexto, Avogadro começa seu artigo colocando em evidência as afirmações de Gay Lussac. Isto ocorre, pois Avogadro partiu do trabalho de Gay Lussac para realizar sua pesquisa. No período histórico, no qual se insere o presente artigo, provavelmente existiam outros pesquisadores que realizavam estudos gasosos, porém os de Gay Lussac estavam mais próximo do que Avogadro analisava.

¹⁰ Essai d'une manière de déterminer les masses relatives de molécules élémentaire des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons.

¹¹ Tradução própria

Vale ressaltar que uma olhar atentivo a história da ciência permite observar que existia neste período uma troca de informações constante entre os pesquisadores da época. Fato esse comprovado pelas correspondências existentes entre esses pesquisadores. O que contribuiu muito para o desenvolvimento e compreensão de diversas teorias. Avogadro e Gay Lussac não ficam longe dessa realidade de troca de informação acadêmica.

De fato, observa-se que Avogadro desenvolve um determinado raciocínio, a partir da teoria de Gay Lussac, quando o mesmo afirma:

"a hipótese que se apresenta a esta relação e que pode ser a única admissível, é supor que o número de moléculas integrantes (moléculas) nos gases quaisquer é sempre o mesmo a volumes iguais, ou é sempre proporcional ao volume." (AVOGADRO, 1811, p. 17)

Nesse recorte, é possível observar que Avogadro caminha em uma direção que o leva a questionar não somente as características gasosas, mas também, a quantidade de molécula, diferenciando desta forma da teoria apresentada por Gay Lussac. Essa afirmação pode ser considerada como o princípio de sua proposição teórica. De fato, essa observação se confirma com a seguinte afirmação presente em seu artigo:

"Em efeito si supormos que o número de moléculas contidas em um dado volume fosse diferente para os diferentes gases, não seria possível de conceber que a lei que irá reger a distância das moléculas pode dar, em todos os casos, que relações simples que os fatos que acabamos de citar nos obrigam a admitir relação entre volumes e moléculas." (AVOGADRO, 1811, p. 17)

Da citação acima, é possível observar o interesse de Avogadro em determinar a relação entre quantidade de moléculas e volume de determinadas espécies gasosas. Para tal, o autor faz todo um levantamento baseado nos estudos de Gay Lussac, mostrando a relação com a teoria do modelo atômico de Dalton, que apresentava o átomo como se fosse uma bola de bilhar, maciça não divisível.

Avogadro evidência no início do artigo, o fato de existir uma obscuridade em

¹² Tradução própria

relação à atração das moléculas, confirmando que poderiam existir leis desconhecidas para a época. Nota-se que o principal objetivo de Avogadro, ao estudar as teorias de Dalton e de Gay Lussac, era com o propósito de determinar as massas relativas das moléculas formadas, assim Avogadro afirma que:

"Partindo dessa hipótese podemos observar um meio de determinar facilmente as massas relativas das moléculas dos corpos no estado gasoso e o número relativo de moléculas em suas combinações, visto que as relações entre massas de moléculas são as mesmas que entre as densidades diferentes dos gases, a pressão e temperatura iguais, e o número relativo de moléculas nessas combinações é dado diretamente pela relação entre os volumes dos gases que o formam." (AVOGADRO, 1811, p. 18)¹³

No fragmento acima, ele faz um paralelo entre os volumes gasosos e a densidade, lembrando que os valores das densidades foram determinados por pesquisadores antecessores a Avogadro, como Berthollet, Kirwam, Davy, incluindo Gay Lussac.

No artigo, Avogadro trabalha os cálculos, utilizando-se de proporções para demonstrar as relações entre as diferentes massas dos elementos químicos em um determinado composto, como por exemplo, a relação entre o oxigênio com massa 15,074 para o hidrogênio que é 1, ficaria 15:1. Desta forma, ele apresenta a existência de relação entre as massas dos elementos presentes em um determinado composto.

Na página 19 é abordada a relação presente na molécula da água. Avogadro afirma que a relação de volumes de hidrogênio e oxigênio é de 2:1, sendo a água resultante da união de cada uma dessas espécies. A mesma análise é feita com as proporções estabelecidas por Gay Lussac, como por exemplo, amoníaco, gás oxigênio e nitroso. Estas relações fornecem a quantidade exata de cada elemento nas substâncias utilizadas no estudo. É importante observar que a grande parte dos cálculos apresentados por Avogadro são básicos, com utilização, principalmente, de regras de três simples, o que demonstra simplicidade de raciocínio para as determinações das massas dos compostos estudados.

Baseado nas análises realizadas, Avogadro, em seu artigo, apresenta uma

¹³ Tradução própria.

hipótese sobre os corpos compostos: "parece que uma molécula composta por duas ou mais moléculas elementares¹⁴, devem ter suas massas iguais às somas das massas dessas moléculas". Neste caso, o pesquisador apresenta uma análise relacionando as massas moleculares de determinados compostos com o quantitativo de moléculas presentes na substância, fato esse que nos permite observar o desenvolvimento de definições novas para a compreensão dos conceitos de massa dos compostos químicos e a quantidade de moléculas presentes. Vemos aqui a base teórica para o que anos depois seria considerado como fundamento para o que chamamos de constante de Avogadro, no qual coloca em relação à quantidade de moléculas existentes em um determinado composto.

Além disso, Avogadro, em suas análises, apresenta toda a base teórica para os cálculos de mol que é utilizado nos cálculos químicos atuais, o qual ele relaciona a quantidade de moléculas com a massa de gás, o que será utilizado para determinar o que atualmente chamamos de nº de mol, $n = \frac{m}{MM} \Rightarrow \frac{massa\ dada}{massa\ molecular}$. 15

De fato, Avogadro apresenta as concepções teóricas sobre quantidade de moléculas existentes propondo:

"É supor que as moléculas constituintes de um gás simples qualquer, quer dizer o que se mantém a uma distância na qual não pode exercer uma ação mutua, não são formadas de uma só molécula elementar (átomo), mas, resulta de certo número dessas moléculas reunidas em uma só por atração, e que quando moléculas de outras substâncias devem se adicionar a essas para formar outras moléculas compostas, as moléculas que resultam se dividem em duas ou várias partes ou moléculas compostas da metade, de um quarto, etc. da quantidade de moléculas elementares que formaram as moléculas constituintes da primeira substância." (AVOGADRO, 1811, p. 20)

Encontra-se, nessa passagem, a explicação do conceito de quantidades de moléculas e substâncias presentes em determinados compostos gasosos, uma vez que toda a análise foi realizada para substâncias gasosas. No entanto, essa

¹⁵ Avogadro não escreveu essa equação para determinação do nº de mol de determinada substância, utilizada em química atualmente, podendo ser encontrada em qualquer livro de química geral.

-

¹⁴ Na visão de Avogadro molécula elementar equivale a átomo

afirmação aborda somente os compostos de átomos binários, H₂, O₂, etc. explicando a questão dos volumes dos produtos.

É evidente no artigo, como afirma Avogadro (1811, p. 20): "Analisando os diferentes compostos gasosos mais conhecidos, encontro só exemplos em que o volume dobra em relação aos volumes dos componentes." O que demonstra que Avogadro procurava relacionar volume com quantidade de moléculas presentes. Esta verificação de Avogadro corrobora com as proposições de Gay Lussac, ao observar que: "o volume do gás óxido de nitrogênio é igual a do nitrogênio presente, e consequentemente o dobro do volume do oxigênio". Logo, ambos os pesquisadores tinham a mesma visão teórica do processo de misturas gasosas e seus respectivos volumes.

Na terceira parte do Artigo, Avogadro menciona a teoria atômica de Dalton. No entanto, é de fácil observação o fato de que Avogadro questiona as proposições de Dalton. Este fato é verificado logo no início, quando Avogadro apresenta as propostas de Dalton sobre a quantidade relativa de moléculas nas combinações e diz que Dalton "estabelece relações entre as massas das moléculas dos corpos simples" (AVOGADRO, 1811, p. 21), apresentando sua hipótese e comparando com as de Dalton, Avogadro afirma:

"Nossa hipótese, nos põem em estado, supondo fundamentada, de confirmar ou de retificar esses resultados por dados precisos, e sobretudo, de afirmar que as moléculas compostas segundo os volumes dos compostos gasosos dependem em parte da distribuição das moléculas que este físico não tem nenhuma ideia" (AVOGADRO, 1811, p. 21)

Essa passagem do artigo demonstra certa rivalidade entre Avogadro e Dalton. Além disso, apresenta conclusões das análises de Avogadro sobre as combinações moleculares dos gases. No entanto, apesar das divergências, Avogadro retoma os cálculos de Dalton e realiza toda uma explicação sobre a molécula de água.

Observa-se que Avogadro verifica os dados de Dalton e os confronta com os resultados de Gay Lussac, sobretudo no que diz respeito à massa da molécula de água. Além disso, ele utiliza para demonstrar suas conclusões, cálculos simples e valores de densidades determinados por Gay Lussac e chega à conclusão que:

"... o resultado de Dalton é quase justo pela combinação de dois erros que se compõem, o da massa da molécula de oxigênio e de não levar em consideração as combinações.") (AVOGADRO, 1811, p. 21)

Logo, Avogadro realiza em seu artigo uma análise minuciosa das afirmações teóricas de Dalton e Gay Lussac, confrontando-os com suas próprias observações sobre a quantidade de moléculas para os gases estudados. Finalmente, por cálculos diferentes, Avogadro e Gay Lussac chegaram aproximadamente aos mesmos resultados.

Enfim, as afirmações que Avogadro evidenciou na sua memória, provocou uma discussão durante todo o século XIX, vários pesquisadores não aceitaram as análises elaboradas por Avogadro (CAMEL, 2010). Pelo fato de não pertencer a nenhuma comunidade científica da época, não ter um mentor na área, e ainda por ser teórico e não ter seus resultados verificados experimentalmente, seu trabalho não fora reconhecido neste período, sendo somente aceito quase cinquenta anos depois por Stanislao Canizzaro em 1858 (BARBAUD, 2012).

No entanto, a admissão dos estudos de Avogadro sobre gases foi levado em consideração pela comunidade cientifica no começo do século XX, que contribuiu para a determinação da constante de Avogadro, que tem como valor aproximado de 6,022.10²³ moléculas, entidades que encontra-se facilmente nos livros didáticos atuais e que permitiu o cálculo de várias grandezas químicas. Essa constante sendo muito utilizada na química permite o desenvolvimento de diversos cálculos, como por exemplo: molaridade, número de mols, molalidade, fração molar etc. De modo geral, a constante de Avogadro relaciona a massa atômica com quantidade de moléculas presentes em uma determinada quantidade de substância.

Enfim, as colaborações desses dois pesquisadores proporcionaram a ciência química uma visão diferente das combinações atômicas reconhecidas até esse momento histórico. O que ocasionou um desenvolvimento dessa interpretação no decorrer do século XIX e XX, com bases para as pesquisas que vieram após essas publicações,

Finalmente, o trabalho desenvolvido por Avogadro permitiu uma nova abordagem dos estudos gasosos e também da compreensão da visão sobre quantidade de átomos, moléculas e partículas existentes em uma determinada quantidade da substância estudada. Esse foi o principal diferencial de Avogadro, visto

que ele pôs em evidência essa relação. Consequentemente, essas pesquisas permitiram um avanço significativo no estudo da composição de compostos, assim como, na relação entre os elementos, proporcionando algumas das bases que seriam utilizadas em conceitos estequiométricos. Esse fator permitiu que as análises físico químicas avançassem no que diz respeito à exatidão dos cálculos.

.

4.3 Tradução do Artigo de Avogadro

Tentativa de determinar as massas relativas das moléculas elementares de corpos, e as proporções nas quais eles entram nessas combinações

Por A. Avogadro.

Ī

O senhor Gay-lussac mostrou na sua memória Interessante (memorias da sociedade d'Arcueil, tome II) que as combinações dos gases se fazem sempre de acordo a relações muito simples em volume, e, que quando o resultado da combinação é gasosa, seu volume e também em relação muito simples com os dos compostos. Mas as relações de quantidades de substâncias nas combinações demonstram não depender do número relativo de moléculas que se combinam, e das moléculas compostas que se resulta. É preciso admitir que existam também relações muito simples entre os volumes das substâncias gasosas e o número de moléculas simples ou compostas que se formam. A primeira hipótese que se apresenta a esse sujeito, e que parece mesmo a única admissível, é de supor que o número de moléculas integrantes em quaisquer gases é sempre o mesmo a volumes iguais, ou é sempre proporcional aos volumes. De fato, se supomos que o número de moléculas contidas num volume dado é diferente para gases diferentes, não será possível de aceitar que a lei que preside a distância das moléculas, pode dar, em todo caso, relações assim simples que as que viemos de citar, obrigam-nos a admitir entre volume e o número de moléculas. Ao contrário, aceitamos muito bem que as moléculas nos gases estão a uma distância tal que suas respectivas atrações podem se exercer entre si, suas atrações diferentes por calóricos possam se limitar a condensar uma quantidade mais ou menor envolta delas, sem que a atmosfera formada pelo fluido seja mais espaçosa por algumas que por outras, e consequentemente, sem que a distância entre as moléculas verdadeiras, ou, em outros termos, sem que o número de moléculas contidas num dado volume seja ele mesmo diferente. Sr. Dalton, na verdade, propôs uma hipótese diretamente contraria a esse respeito, a saber, que a quantidade de calórico seja sempre a mesma para as moléculas de um corpo qualquer no estado gasoso, e que a tração mais ou menor para o calórico, não faça que condensar mais ou menos esta quantidade de calórico em volta da molécula, e variar assim a distância entre as moléculas; mas na

obscuridade onde estamos sobre a matéria, onde está atração de moléculas sobre o calórico é exercida, nada podemos determinar a priori, para uma dessas hipóteses ou pela outra, e somos mais aptos a adotar uma hipótese mista, que fará variar a distância das moléculas e a quantidade de calórico segundo leis desconhecidas se as que viemos propor não forem apoiadas sobre esta simplicidade de relação entre volumes nas combinações dos gases que parece não poder ser explicado de outra forma.

Saindo desta hipótese, vemos que temos o meio de determinar muito tranquilamente as massas relativas das moléculas dos corpos que podemos ter no estado gasoso, e o número relativo dessas moléculas nas combinações; pois as relações de massas das moléculas são, então, as mesmas que as de densidades de diferentes gases, a pressão e temperaturas iguais, e o número relativo de moléculas em uma combinação é dado imediatamente pela relação dos volumes de gases que a formam. Por exemplo, os números 1,1035g e 0,07321 exprimem as densidades de dois gases gás oxigênio e gás hidrogênio, quando tomamos o ar atmosférico como unidade, e a relação entre os dois números representam por consequência o número que existe entre as massas de dois volumes iguais desses dois gases, essa mesma relação exprime a hipótese proposta, a relação de massas dessas moléculas. Assim a massa da molécula de oxigênio será aproximadamente 15 vezes a da molécula de hidrogênio, ou mais exatamente, ela será a esta conhecida como 15, 074 a 1 H₂. Do mesmo modo, a massa de uma molécula de nitrogênio será a do hidrogênio como 0,96913 à 0,07321, quer dizer como 13, ou mais exatamente 13,238 à I. De outro lado, como sabemos que a relação dos volumes de hidrogênio ao do oxigênio na formação de água é de 2 para 1, seque-se que a água resulta da união de cada molécula de oxigênio com duas de hidrogênio. Do mesmo segundo as proporções em volumes, estabelecidas pelo Sr. Gay-Lussac nos elementos do amoníaco, dos gases óxidos de nitrogênio, o gás nitroso numa molécula de nitrogênio com uma de oxigênio, e ácido nítrico de uma de nitrogênio com duas de oxigênio.

II.

Uma reflexão parece inicialmente se opor a admissão de nossa hipótese em relação dos corpos compostos. Parece que uma molécula composta de dois ou mais moléculas elementares devem ter suas massas iguais a soma das massas dessas moléculas, e que particularmente, se na combinação uma molécula de uma corpo se junta a uma ou mais moléculas de outro corpo, o número de moléculas compostas

deverá continuar a mesma que as das moléculas do primeiro corpo. Segundo esse fato, na nossa hipótese, quando um gás se combina com dois ou mais vezes seu volume de outro gás, o composto que resulta, se ele é gasoso, não poderá ter que um volume igual ao primeiro desses gases. Logo, isso não acontece de forma geral nos fatos. Por exemplo, o volume da água suposta gasosa é, como o Sr. Gay-Lussac mostrou, dobra o do gás oxigênio que entre, ou, volta ao mesmo, igual ao do hidrogênio, ao invés de ser igual ao do oxigênio. Mas ele se apresenta naturalmente para explicar os fatos desse gênero conforme a sua hipótese: é possível supor que as moléculas constituintes de um gás simples qualquer, ou seja, as que ficam a uma distancia tal a não poder exercer suas ações mútuas, não são formadas de uma só molécula elementar, mas resulta de certo número dessas moléculas reunidas em uma só por atração, e que quando as moléculas de uma substância devem se juntar a essas para formar moléculas compostas, a molécula integrante que deve resultar divide-se em duas ou mais partes ou moléculas integrantes compostas da metade, de um quarto, etc. do número de moléculas elementares que era formada a molécula constituinte da primeira substância, combinada com a metade, com um quarto, etc. do número de moléculas constituintes de outra substância, que devem combinar-se com a molécula total, ou, o que vem a ser o mesmo, com um número igual a esta de meia moléculas, de quartos de moléculas, etc. desta substância; de tal forma que o número de moléculas integrantes do composto venha a ser o dobro, quádruplo, etc. do que deveria ser sem o compartilhamento, e de tal forma que seja preciso para satisfazer ao volume do gás que resulta.

Procurando os diferentes compostos gasosos mais conhecidos, eu não encontrei exemplos de dobro do volume relativamente ao volume dos seus compostos, que se adiciona uma ou mais vezes seu volume de outro: já vimos para a água. Do mesmo, o volume do gás amoníaco é, como sabemos, o dobro do nitrogênio que é presente. Sr. Gay-Lussac fez ver também que o volume do gás óxido de nitrogênio é igual ao do nitrogênio que faz parte, e consequentemente o dobro do oxigênio. Enfim, o gás nitroso que contem volumes iguais de nitrogênio e de oxigênio a um volume igual a soma dos dois gases compostos, ou seja, ao dobro do volume de cada um deles. Assim, em todos os casos deve haver uma divisão das moléculas em duas; mas é possível que em outros casos a divisão se faça em um quarto, em oito, etc. A possibilidade dessa divisão das moléculas poderia ter uma conjunção, mesmo à priori; porque sem essas moléculas integrantes dos corpos compostos de

várias substâncias com os números relativos de moléculas, um pouco consideráveis, venham a ser de uma massa excessiva em comparação das moléculas de corpos simples. Podemos, então, pensar que a natureza tem algum meio de fazer entrar nas ordens desses últimos, e, os fatos indicaram-nos a existência desse meio. Aliás, outra consideração parece obrigar-nos a admitir, em alguns casos, a partilha que vem ao caso, pois, como podemos conceber sem ela uma variável combinação entre dois corpos gasosos que se reúnem a volumes iguais, sem que eles sejam condensados, assim que esta tem vez na formação do gás nitroso? As moléculas ficam a mesma distância daquelas em que as atrações mútuas das moléculas de cada um dos gases não podem exercer, ou não podem supor que uma nova atração possa acontecer entre as moléculas de um ou as dos outros, mas na hipótese da partilha, vemos bem que a combinação reduz realmente duas moléculas diferentes a uma só, e que haverá contração de todo volume de um dos gases, se cada molécula composta não se dividisse em duas moléculas de mesma natureza. Sr. Gay-Lussac bem viu que segundo os fatos de diminuição de volume nas combinações de gases não podem representar a aproximação de suas moléculas elementares. A partilha das moléculas nas combinações nos explica como essas duas coisas podem ser apresentadas independentes umas das outras.

III.

O Sr. Dalton, segundo suposições arbitrárias, que lhes pareceram as mais naturais em relação ao número relativo de moléculas nas combinações tentou estabelecer relações entre as massas das moléculas dos corpos simples. Nossa hipótese nos coloca num estado, supondo-a fundamentada, de confirmar ou de corrigir seus resultados por dados precisos, e sobretudo, designar o tamanho das moléculas compostas segundo os volumes dos compostos gasosos dependentes em parte da divisão das moléculas que este Físico não tem nenhuma ideia.

Assim Dalton supôs¹⁶ que a água se forma pela união do hidrogênio e do oxigênio, molécula por molécula. Isto resulta, segundo relações de peso desses dois componentes, que a massa da molécula de oxigênio será a do hidrogênio aproximadamente $7\frac{1}{2}$ para 1, ou segundo as avaliações de Dalton, como 6 para 1. Segundo a nossa hipótese, esta relação é o dobro, a saber, 15 para 1, como vimos.

_

¹⁶ No que segue, eu me servirei da exposição de ideias de Dalton; que Thomson nos deu no seu *Sistema de Química*.

Quanto à molécula de água, ela deve ter sua massa expressada por 15+2=17 aproximadamente, tomando por unidade a do hidrogênio, se não existir divisão da molécula em dois, mas por causa dessa divisão ela se reduz de metade $8\frac{1}{2}$ ou mais exatamente 8,537, como podemos encontrar imediatamente dividindo a densidade de vapor aquoso 0,625, segundo Sr. Gay-Lussac pela densidade do hidrogênio 0,0732. Essa massa não é diferente de 7, que Dalton tinha designado, que pela diferença nas avaliações da composição da água; de tal forma que a este olhar o resultado de Dalton é mais ou menos justo pela combinação de dois erros que se compensam sobre a massa da molécula de oxigênio e a de não poder ter divisão.

Dalton supôs que no gás nitroso a combinação de nitrogênio e do oxigênio se faz de molécula a molécula. Vimos que este fato é efetivamente desta forma, segundo nossa hipótese. Assim, Dalton encontrou a mesma massa de moléculas que nós para o nitrogênio, tomando sempre por unidade a do hidrogênio, se ele não tivesse partido de uma avaliação diferente da do oxigênio, e se ele tivesse seguido precisamente a mesma avaliação das quantidades dos elementos do gás nitroso em peso. Mas supondo a molécula de oxigênio menor que a metade da nossa, ele deve ter feito também a do nitrogênio menos da metade da que aviamos designado, a saber, 5 no lugar de 13. Quanto a molécula de gás nitroso mesmo, o defeito da consideração da divisão aproxima-se ainda o resultado de Dalton do nosso; ele fez 6+5 = 11, enquanto segundo nós ela é $\frac{15+13}{2}$ = 14 aproximadamente, ou exatamente $\frac{15,074+13,238}{2}$ = 14,156, como encontramos também dividindo 1,03636, densidade do gás nitroso, segundo Gay-Lussac, por 0,07321. Dalton ainda estabeleceu da mesma maneira. Os fatos deunos o número o número relativo de moléculas na composição do óxido de nitrogênio e do ácido nítrico, e a mesma circunstância corrigiu o resultado da espessura de uma molécula em relação à primeira; ele fez 6+2.5 + 16 enquanto que para nós ela deve ser $\frac{15,074+2.13,238}{2}$ = 20,775, número que encontramos da mesma forma dividindo 1,52092, densidade do gás óxido de nitrogênio, segundo Gay-Lussac, pelo do gás hidrogênio.

Quanto ao amoníaco, a suposição de Dalton, sobre o número relativo das moléculas na composição, seria inteiramente faltosa segundo nossa hipótese. Ele supôs que o nitrogênio e o hidrogênio unidos molécula a molécula, enquanto que vimos que uma molécula de nitrogênio se adiciona três moléculas de hidrogênio. Segundo ele, a molécula de amoníaco seria 5+1=6; para nós deve ser $\frac{13+5}{2}=8$, ou

aproximadamente, 8,119, como isso pode ser deduzido também imediatamente da densidade do gás amoníaco. A divisão da molécula que Dalton não fez entrar no seu cálculo corrige, ainda aqui, em parte o erro resultaria de suas suposições.

Todas as combinações que viemos a percorrer resultam da união de uma molécula de um dos componentes com uma ou várias moléculas da outra. O ácido nitroso nos apresenta outra combinação dessas duas substancias que falamos na qual os dois termos da relação entre o número de moléculas os dois diferentes da unidade. De fato, resulta das experiências de Gay-Lussac a esse sujeito (mesmo volume da Sociedade d'Argueil já citado), que este ácido formado de uma parte em volume de oxigênio e três do gás nitroso, ou, o que acaba sendo o mesmo, de três partes de nitrogênio e cinco de oxigênio; de onde ele seguiria, segundo nossa hipótese, que sua molécula, abstração feita de toda a divisão que possa ter, seria composta de 3 moléculas de nitrogênio e 5 de oxigênio. Mas podemos levar desta maneira de composição a forma mais simples dos precedentes, considerando como resultado da união de uma molécula de oxigênio com três de gás nitroso, quer dizer, com três moléculas compostas cada uma de metade da molécula de oxigênio e uma metade de molécula de nitrogênio. O que fecha a partilha de algumas moléculas de oxigênio que entra na do ácido nitroso. Supondo outra partilha, a massa desta última molécula será 57,542, a do hidrogênio sendo tomada por unidade, e a densidade do gás ácido nitroso, será de 4,21267, a densidade do ar sendo tomada por unidade, mas é possível que seja feito ao menos uma outra partilha em dois, e por consequência, uma redução da densidade à metade. É preciso esperar que tenhamos determinado esta densidade por experiência.

IV

Percorremos ainda algumas outras combinações que possam nos dar, segundo nossa hipótese, conhecimentos ao menos conjunturais sobre as massas relativas das moléculas, e sobre seus números de combinações, e comparemos com a suposição de Dalton.

Sr. Gay-Lussac mostrou que supondo que o ácido sulfúrico seco é composto de 100 de enxofre e 138 de oxigênio em peso, assim que os últimos trabalhos de química estabeleceram, e que a densidade do gás ácido sulfuroso é de 2,265, a do ar sendo tomada por unidade, como Kirwan determinou e admitindo que o ácido sulfúrico seja composto de duas partes de em volume de ácido sulfuroso e uma de gás oxigênio, de forma que resulta das experiências de Gay-Lussac, o volume do ácido

sulfuroso é aproximadamente o mesmo que do gás oxigênio que entra na relação. Esta igualdade se torna exata se as bases nas quais foram estabelecidas o cálculo fossem elas mesmas. Se supormos a determinação de Kirwan exata, e que rejeitemos o erro sobre a análise do ácido sulfúrico, nós encontraremos no ácido sulfuroso que 100 de enxofre em peso tomam 95,02de oxigênio, e por consequência no ácido sulfúrico $95,02\frac{95,02}{2}$ =142,53 no lugar de 138. Se, ao contrario, supormos a análise do ácido sulfúrico exato vai seguir que o ácido sulfuroso contém 92 de oxigênio por 100 de enxofre, e seu peso específico deverá ser de 2,30341 no lugar de 2,265.

Uma reflexão parece nos levar a tomar o primeiro partido, até que a densidade do gás sulfuroso seja confirmada ou corrigida por novas experiências; o que deve ter havido na determinação da nova composição do ácido sulfúrico, uma causa de erro tendendo a aumentar a quantidade do radical, ou, o vem ao mesmo, à diminuição do oxigênio. Esta determinação foi feita pela quantidade de ácido sulfúrico seco produzido. Mas parece aproximadamente certo que o enxofre ordinário contém do hidrogênio; adicionamos então ao peso verdadeiro do radical, o do hidrogênio que se converteu em água nesta operação. Suponho então o ácido sulfuroso composto de 92,02 de oxigênio para 100 de enxofre, melhor de radical sulfúrico, no lugar de 92¹⁷.

Para determinar agora a massa da molécula do radical sulfúrico necessita saber qual é a proporção em volume deste radical suposto gasoso, em relação ao oxigênio na formação do ácido sulfuroso. A analogia tirada de outras combinações que nós falamos, onde existe geralmente o dobro do volume, ou a divisão de uma molécula em dois, leva-nos a supor que o mesmo daquela que se trata, quer dizer, que o volume do gás enxofre é a metade do ácido sulfuroso, e por consequência também do gás oxigênio que entra. Nesta suposição, a densidade do gás de enxofre será a do oxigênio como 100 para $\frac{95,01}{2}$, ou 47,51; o que dá 2,323 para essa metade de gás de enxofre tomando por unidade a do ar. As massas de moléculas sendo, segundo nossa hipótese, na mesma as densidades dos gases que elas pertencem, a massa da molécula do radical sulfúrico será a do hidrogênio como 2,323 à 0,07321,

¹⁷ Isto foi escrito antes que eu possa ver a Memória do Sr. Davy sobre o ácido oxi-muriático que contem também novas experiências sobre o enxofre e o fósforo. Ele determina a densidade do gás ácido sulfuroso, e encontra que 2,0967, o que da uma nova força as reflexões que fiz aqui.

Si admitirmos essa densidade, encontramos que no ácido sulfuroso 100 de enxofre utilizam 111 de oxigênio em peso, e no ácido sulfúrico 167 no lugar de 138; mas talvez essa densidade do gás sulfuroso, segundo Davy, peca por defeito.

TOME LXXIII, Julho de 1811.

ou como 31,73 à 1. Uma dessas moléculas combinadas, segundo o que tínhamos dito, com dois de oxigênio formara o ácido sulfuroso (abstração feita com relação a divisão), e combinado ainda com uma molécula de oxigênio a mais, formara o ácido sulfúrico. Segundo isso, o ácido sulfuroso será análogo, para um número relativo de moléculas desses compostos, ao ácido nítrico, e ácido sulfúrico não haverá de analogia relativamente ao nitrogênio. A molécula do ácido sulfuroso, em relação à divisão será igual à $\frac{31,73+2.15,074}{2}$ ou 30,94, CO,O obtemos imediatamente dividindo a densidade 2,265 do gás ácido sulfuroso, pela do gás hidrogênio. Quanto à do ácido sulfúrico, podemos determinar, por que não sei se tem ainda divisão ulterior, ou não, da molécula na sua formação 18 .

¹⁸Sr. Davy, na Memória citada, fez as mesmas suposições sobre o número relativo das moléculas de oxigênio e do radical no ácido sulfuroso e sulfúrico. Partindo da determinação da densidade do gás ácido sulfuroso, encontramos que a densidade do radical sulfúrico seria de 1,9862, e sua molécula tomando por unidade a do hidrogênio 27,13. Davy por um cálculo análogo fixou a metade aproximadamente, a saber, 13, 7, porque ele supôs segundo a hipótese de Dalton sobre a água, a molécula de oxigênio igual a metade aproximadamente da nossa.

Ele encontrou a mesma massa aproximada, a saber, 13,4 partindo da densidade do gás hidrogênio sulfuroso que é, segundo experiências, 1,0645, resultado um pouco diferente de Kirwan, e supondo que esse gás (que contém, como sabemos, um volume igual ao seu do gás hidrogênio unido ao enxofre) é composto de uma molécula de enxofre e uma de hidrogênio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tradução comentada dos Artigos de Gay Lussac e Avogadro permitiu entender como ocorreu as bases do desenvolvimento das teorias gasosas no início do século XIX. Assim, os estudos dos dois pesquisadores mencionados no presente trabalho possuem uma relevância no desenvolvimento histórico da química, pois existe como foi comentado uma relação entre os trabalhos de Gay Lussac e Avogadro, em que o segundo consegue dar uma clareza ao estudo dos gases realizado pelo primeiro. Isso contribui para o entendimento de uma construção coletiva da ciência quando discutida em um processo de Ensino-Aprendizagem de Química.

Os postulados propostos por Gay Lussac permitiram a elaboração de toda uma análise sobre o comportamento volumétrico dos gases o que contribuiu posteriormente no estudo dos diferentes comportamentos gasosos. Além disso, ampliou a visão de ligações entre os átomos e o estudo da composição de diversas entidades que formam as moléculas.

Assim, o estudo de Gay Lussac trouxe uma colaboração para o entendimento do que chamaríamos de moléculas. Mesmo não definindo claramente o conceito, observamos que no seu artigo encontram-se as bases para a construção de uma visão diferente da quantidade de moléculas, fato esse retomado e aprimorado por Avogadro, em seu artigo "Tentativa de determinar as massas relativas das moléculas elementares de corpos e as proporções nas quais eles entram nessas combinações".

O artigo de Avogadro traduzido no presente trabalho mostrou que Avogadro retomou os estudos de Gay Lussac sobre gases, no entanto, Avogadro busca determinar a massa relativa de substâncias, o que diferencia da determinação de volumes de Gay Lussac. Além disso, o seu trabalho contribui para a quantificação das moléculas que compõem uma substância, o que culminou mais tarde para a determinação da famosa constante de Avogadro. Isso foi determinante para química contemporânea para os cálculos do número de mol, molaridade, molalidade, fração molar e diversos outros cálculos que necessitam dessa constante.

Assim, os estudos de Gay Lussac e Avogadro contribuíram para o desenvolvimento do estudo de gases e de quantidade de matéria, o que permitiu compreender o universo das substâncias químicas. Os estudos expostos nas duas traduções é um bom exemplo do complexo processo de construção de teorias científicas que podem ser abordadas no processo de ensino-aprendizagem de química.

Nesse sentido, essas traduções poderão ser utilizadas, como por exemplo, na construção de recursos didáticos, textos de divulgação científica e para a formação de professores. No que diz respeito a formação docente os textos traduzidos podem ser utilizados sob algumas orientações que facilitem a leitura respeitando a linguagem e o contexto histórico da época que os cientistas escreveram seus respectivos artigos. Além disso, podem servir de oportunidade para discutir questões de natureza da ciência, ou seja, como se dá a construção do conhecimento científico. Esses elementos estão expostos na proposta de produto que compõe a presente dissertação.

6. REFERÊNCIAS

- AVOGADRO, A. D'une manière de determiner as massas relativas des molécules elementaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entren dans les combinaisons. In: _____ Molécules atomes et notations chimiques. Paris: Librairie Armand Colin, 1811. p. 15-29.
- 2. BACHELARD, G. **La Formation de l'Esprit Scientifique**. 5^a. ed. Paris: Libraire Philosophique J. vrin, 1967.
- 3. BARBAUD, F. Avogadro, sa constante : entre mythe et réalité. **Culture Sciences Chimie**, 2012. Disponivel em: http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/avogadro-sa-constante%C2%A0-entre-mythe-et-r%C3%A9alit%C3%A9#Incompr%C3%A9hension. Acesso em: 24 setembro 2018.
- 4. BELTRAN, M. H. R.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência e Ensino:** Abordagens Interdisciplinares. São Paulo: Livraria da Física, 2017.
- CAMEL, T. D. O. A relevâncaidas teorias da química orgânica na aceitação do conceito ce molécula e de uma realidade atômica. Rio de JAneiro: [s.n.], 2010. 335 p. Tese de Doutorado.
- 7. DE LA TAILLE, ; OLIVEIRA, M. K. D.; DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon:** teorias psicogenéticas em discussão. São Paulo: Summus, 1992.
- 8. DICIONÁRIO online de Português. Disponivel em: https://www.dicio.com.br/. Acesso em: 19 abr. 2018.
- DOMINGUINI, F.; CLEMES, G.; ALLAIN, O. Análise do Tema Radioatividade nos Livros Didáticos do PNLDEM à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa e dos Pressupostos C,T&S. REVISTA TÉCNICO CIENTÍFICA DO IFSC, Santa Catarina, vol. 3, Out. 2012. 455-466.
- 10.FERNANDEZ, B. Les deux hypothèses d'Avogadro en 1811. **bibnum**, février 2009. Disponivel em: http://www.bibnum.education.fr/sites/default/files/FERNANDEZ_HYPOTHESES_AVOGADRO.pdf>. Acesso em: 17 outubro 2017.
- 11. FUMIKAZU, S. História da Ciência: em busca de diálogo entre historiadores e educadores. **História da Ciência e Ensino Construindo Interfases**, 1, 2010. 1-6. Disponivel em: http://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/3069/2028>. Acesso em: 12 abr 2013.
- 12.GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- 13. LABATI-TERRA, L. et al. Identificação de obstáculos epistemológicos em um

- artigo de divulgação científica entraves na formação de professores de ciências? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 13, n. 3, 04 jul. 2018, 318-333.
- 14.LE CHATELIER, H. **Molécules Atomes et Notations Chimiques**. Paris: Librairie Armand Colin, 1913.
- 15. LEAL, M. C. Como a Química funciona. **Química Nova na Escola**, n. nº 14, p. 8-12, NOVEMBRO 2001. ISSN 2175-2699.
- 16.LUSSAC, G. Mémoire sur la combinaison des substaces gazeuses les unes avec les outres. In: ABRAHAM, A., et al. **Molécules Atomes e notations chimiques**. Tradução de Adriana Bispo Kisfaçudy. Paris: Libraire Armand Colin, 1809. p. 116.
- 17.LUSSAC, G. Mémoire sur la combinaison des substaces gazeuses les unes avec les outres. In: ABRAHAM, A., et al. **Molécules Atomes e notations chimiques**. Tradução de Adriana Bispo Kisfaçudy. Paris: Libraire Armand Colin, 1913. p. 116.
- 18. MARQUES, D. M. Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência. História da Ciência e Ensino Construindo interfaces, São Paulo, v. 11, p. 1-17, 2015. ISSN 2178-2911.
- 19. MARTINS, L. A.-C. P. HISTÓRIA DA CIÊNCIA: OBJETOS, MÉTODOS E PROBLEMAS. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 11, n. 2, 2005. ISSN 1980-850X.
- 20.MEC MINISTÉRIO DA EUCAÇÃO. Brasil. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2006. Disponivel em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 10 abr 2013.
- 21.MEC. **PCN + Ensino Médio:** Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 87-110 p. Disponivel em: portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 13 ago 2013.
- 22. QUEIRÓS, W. P. D.; NARDI, ; DELIZOICOV,. A PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DE JAMES PRESCOTT JOULE: UMA LEITURA A PARTIR DA EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 96-116, 2014. ISSN 1518-8795.
- 23.REIS, J. M. C. D.; KIOURANIS, N. M.; SILVEIRA, M. P. D. Um Olhar para o Conceito de Átomo: Contribuições da Epistemologia de Bachelard. **Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 3-26, 2017. ISSN 1982-5153.
- 24.ROSA, P. R. D. S. Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa em Ensino de Ciências. Campo grande: UFMS, 2013.
- 25. SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. P. S. Recursos Didáticos e História e

- Filosofica da ciência em sala de aula: uma análise em periódicos de ensino nacionais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 61-77, 2014.
- 26.SED MS. Referenciais Curriculares da Rede Estadual de Ensino. **SED Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso do Sul**, p. 201-208, 2012. Disponivel em: http://intra.sed.ms.gov.br/portal/Arquivos/Publicos/Referencial%20Curricular_Ensino%20M%C3%A9dio_2012_ok2.pdf>. Acesso em: 23 ago 2013.
- 27. SILVA, R. R. D.; ROCHA-FILHO, R. C. Mol: Uma Nova Terminologia. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, n. 1, maio 1995. Disponivel em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/atual.pdf>. Acesso em: 16 set. 2013.
- 28.ZABALA, A. As sequências didáticas e as sequências de conteúdo. In: ZABALA, A. A Prática EducativA: Como Ensinar. Tradução de Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998. Cap. 3. ISBN ISBN 85-7307-426-4.

7. ANEXO

Textos Originais

MOLÉCULES. ATOMES

ET NOTATIONS CHIMIQUES

MÉMOIRE

sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres.

Par M. GAY-LUSSAC.

(Mémoires de la Société d'Arcueil, 1. 11, p. 207 [1809].)

Gay-Lussac (Joseph-Louis) [4778-1850], né à Saint-Léonard (Haute-Vienny), s'est également rendu célèbre par ses travaux de physique et de chimie, par les importants perfectionnements qu'il apporta à différentes industries et par son enseignement qui groupa antour de lui de nombreux sayants français et étrangers. Professeur de chimie à l'École polytechnique et au Muséum, professeur de physique à la Sorbonne, il remplissait en outre les fonctions de vérificateur à la Monnaie; il devint plus tard député, puis pair de France. La droiture de son caractère jointe à une science profonde lui donnait une influence prépondérante dans les nombreuses commissions administratives qui faisaient appel à ses lumières.

Sorti de l'École polytechnique dans le service des Ponts et Chaussées, il débuta en 1802, à l'âge de vingt-quatre ans, par son mémorable travail sur la dilatation des gaz. Il avait entrepris cette première étude sur les conseils de son maître Berthollet. Deux ans plus tard, il faisait, avec Biot, les deux célèbres ascensions aérostatiques où ils atteignirent la hauteur de 7.000 mètres, qui n'a guère été dépassée depuis. La même année il entrait à l'Académie des Sciences. Bientôt après, il étudinit avec Thénard les métaux alcalins récemment découverts par Davy; ses recherches se succèdent ensuite sans interruption. Parmi ses travaux de chimie les plus importants, on peut citer ses études sur les lois des combinaisons gazeuses, sur l'iode, sur les composés oxygénés du chlore, sur le cyanogène; en physique, il étudie l'hygromètrie, la capillarité, la mesure des hauteurs par le baromètre; dans l'industrie, il perfec-

MOTFICUITS, ATOMES

軽なりでもないだって、こうでいることのなっち

2

tionne la fabrication de l'acide sulfurique, il invente l'alcoomètre et précise les méthodes d'essai des matières d'or et d'argent. Son nom, attaché à de nombreuses lois, à de nombreux appareils, est

toujours resté populaire.

Pour comprendre la diversité des travaux de Gay-Lussac, et d'ailleurs aussi celle d'un grand nombre de ses contemporains, il faut se rendre compte que les données accumulées par la science étant alors moins nombreuses qu'aujourd'hui, l'enseignement scientifique, surtout celui de l'École polytechnique, visait heaucoup plus à la formation scientifique de l'esprit qu'à l'acquisition de connaissances multiples, supposées plus ou moins utiles dans la vie. Les jeunes savants abordaient la science infiniment mieux armés pour la déconverte qu'ils ne le sont aujourd'hui avec les connaissances de détail imposées par la spécialisation moderne,

II. L. C.

Le mémoire de Gay-Lussac sur les combinaisons gazeuses, qui est reproduit ici, a eu comme point de départ l'observation fortuite que l'hydrogène et l'oxygène se combinent pour former de l'eau dans la proportion de deux volumes du premier gaz pour un volume du second. Frappé par cette relation très simple, Gay-Lussac s'est demandé si les combinaisons des autres corps gazeux ne donneraient pas des résultats analogues. L'expérience a vérifié cette supposition et le mémoire en question reproduit, sans aucun commentaire théorique, les résultats obtenus.

Les corps possèdent à l'état solide, liquide, où gazeux, des propriétés qui sont indépendantes de la force de cohésion; mais ils en ont aussi d'autres qui paraissent modifiées par cette force, très variable dans son intensité, et qui dès lors ne suivent plus aucune loi régulière. La même compression appliquée à toutes les substances solides ou liquides produirait une diminution de volume différente pour chacune d'elles, tandis qu'elle serait égale pour tous les fluides élastiques. De même, la chaleur dilate tous les corps; mais les dilatations des liquides et des solides n'ont offert jusqu'à présent aucune loi régulière, et il n'y a encore que celles des fluides élastiques qui soient égales et indépendantes de la nature de chaque gaz. L'attraction des molécules dans les

solides et les liquides est donc la cause qui modifie leurs propriétés particulières, et il paraît que ce n'est que lorsqu'elle est entièrement détruite, comme dans les gaz, que les corps se trouvant placés dans des circonstances semblables présentent des lois simples et régulières. Je vais du moins faire connaître des propriétés nouvelles dans les gaz, dont les effets sont réguliers, en prouvant que ces substances se combinent entre elles dans des rapports très simples, et que la contraction du volume qu'elles éprouvent par la combinaison suit aussi une loi régulière. J'espère donner par là une preuve de ce qu'ont avancé des chimistes très distingués, qu'on n'est peut-être pas éloigné de l'époque à laquelle on pourra soumettre au calcul la plupart des phénomènes chimiques.

C'est une question très importante en elle même, et agitée entre les chimistes, de savoir si les combinaisons se font dans toutes sortes de proportions. M. Proust, qui paraît avoir fixé le premier son attention sur cet objet, admet que les métaux ne sont susceptibles que de deux degrés d'oxydation, un minimum et un maximum; mais, entraîné par une théorie séduisante, il s'est vu forcé d'admettre des principes contraires à la physique, pour ramener à deux oxydes tous ceux que présente quelquefois le même métal. M. Berthollet pense au contraire, d'après des considérations générales et des expériences qui lui appartiennent, que les combinaisons se font toujours dans des proportions très variables, à moins qu'elles ne soient déterminées par des causes particulières, telles que la cristallisation, l'insolubilité ou l'élasticité. Enfin M. Dalton a émis l'idée que les combinaisons entre deux corps se font de manière qu'un atome de l'un s'unit à un atome de l'autre. ou à deux, ou à trois, ou à un plus grand nombre 1. Il résulterait de cette manière d'envisager les combinaisons qu'elles se font dans des proportions constantes, sans qu'il y en ait d'intermédiaires, et, sous ce rapport, la théorie de M. Dalton se rapprocherait de celle de M. Proust; mais M. Berthollet l'a déjà fortement combattue dans l'introduction qu'il a faite à la chimie de M. Thomson, et nous verrons en effet qu'elle

^{1.} M. Dalton a été conduit à cette idée par des considérations systématiques, et on voit par son ouvrage : New system of chemical philosophy, p. 213, et par celui de M. Thomson, t. VI, que ses recherches n'ont point de rapport avec les miennes.

n'est pas entièrement exacte. Tel est l'état de la question maintenant agitée; elle est bien loin d'être résolue, mais j'espère que les faits que je vais énoncer, et qui ayaient entièrement échappé à l'attention des chimistes, concourront à

l'éclaireir.

Soupçonnant, d'après le rapport exact de 100 de gaz oxygène à 200 de gaz hydrogène que nous avions déterminé, M. Humboldt et moi, pour les proportions de l'eau, que les autres gaz pouvaient aussi se combiner dans des rapports simples, j'ai fait les expériences suivantes. J'ai préparé les gaz fluoborique (BF') 1, muriatique (HCl) et carbonique (CO2), et je les ai combinés successivement avec le gaz ammoniacal. 100 parties de gaz muriatique saturent précisément 100 parties de ce dernier gaz, et le sel qui en résulte est parfaitement neutre, que l'on mette l'un ou l'autre des deux gaz en excès. Le gaz fluoborique s'unit au contraire en deux proportions avec le gaz ammoniacal, Lorsqu'on met le gaz fluoborique le premier dans le tube gradué, et qu'on y fait passer ensuite l'antre gaz, on trouve qu'il se condense un volume égal de l'un et de l'autre, et que le sel formé est neutre. Mais si l'on commence par mettre le gaz ammoniacal dans le tubé, et qu'on y fasse arriver ensuite bulle à bulle le gaz fluoborique, le premier se trouvera alors en excès par rapport au second. et il en résultera un sel avec excès de base, composé de 100 de gaz fluoborique et 200 de gaz ammoniacal. Si l'on met le gaz carbonique avec le gaz ammoniacal, en le faisant passer dans le tube, tantôt le premier et tantôt le second, il se forme toujours un sous-carbonate composé de 100 parties de gaz carbonique et de 200 de gaz ammoniacal. Cependant on peut prouver que le carbonate d'ammoniaque neutre (CO³II, AzII³) serait composé de volumes égaux de chacun de ses composants. M. Berthollet, qui a analysé ce sel obtenu en faisant passer du gaz carbonique dans le sous-carbonate, a trouvé qu'il était composé en poids de 73,34 de gaz carbonique et de 26,66 de gaz ammoniacal. Or, si on suppose qu'il soit composé d'un volume égal de chacun de ses composants, on trouve, d'après leur pesanteur connue.

^{1.} Nous avons donné, M. Thénard et moi, le nom de gaz fluoborique au gaz particulier que nous avons obtenu en distillant du fluate de chaux pur (CaF^2) avec de l'acide boracique vitreux (B^2O^3) .

5

qu'il contient en poids 1

71,81 d'acide carbonique; 28,19 d'ammoniaque. 100,00

proportion qui dissère peu de la précédente.

Si le carbonate d'ammoniaque neutre pouvait se former par le mélange du gaz carbonique et du gaz ammoniacal, il s'absorberait donc autant d'un gaz que de l'autre; et puisqu'on ne peut l'obtenir qu'au moyen de l'eau, il faut en conclure que c'est l'affinité de ce liquide qui concourt avec celle de l'ammoniaque pour vaincre l'élasticité de l'acide carbonique, et que le carbonate d'ammoniaque neutre ne peut exister qu'au moyen de l'eau.

Ainsi, on doit conclure que les gaz muriatique, fluoborique et carbonique prennent exactement un volume de gaz ammoniacal semblable au leur, pour former des sels neutres, et que les deux derniers en prennent le double pour former des sous-sels. Il est très remarquable de voir des acides aussi différents les uns des autres neutraliser un volume de gaz ammoniacal égal au leur, et d'après cela, il est permis de soup-çonner que si tous les acides et tous les alcalis pouvaient être obtenus à l'état gazeux, la neutralité résulterait de la combinaison de volumes égaux d'acide et d'alcali.

Il n'est pas moins remarquable que, soit que l'on obtienne un sel neutre ou un sous-sel, leurs éléments se combinent dans des rapports simples qui doivent être considérés comme des limites de leurs proportions. D'après cela, en admettant la pesanteur spécifique de l'acide muriatique (IICI), que nous avons déterminée M. Biot et moi², et celles des gaz carbonique et ammoniacal, données par MM. Biot et Arago, on trouve que le muriate d'ammoniaque sec est composé de :

Ammoniaque. A. muriatique.								
* *	· ·	**				1	5	100,00

^{1.} Voir pour les pesanteurs spécifiques, le tableau, p. 12.

^{2.} Comme le gaz muriatique contient le quart' de son poids d'eau, il ne faut prendre pour l'acide muriatique réel que les trois quarts de sa densité.

proportion qui s'éloigne beaucoup de celle de M. Berthollet,

100 d'ammoniaque; 213 d'acide,

6

Et

On trouve de même que le sous-carbonate d'ammoniaque contient :

Ammoniaque.	,						•		100,0	43,98
A. carbonique	•					•		·	127,3	56,02
				-						100,00
le carbonaté n	eu	tr	e	:						,
Ammoniaque. A. carbonique.	•				,				100,0	28,19
A. carbonique.	٠								254,6	71,81
										100,00

Il est facile, d'après les résultats précédents, de connaître les rapports de capacité des acides fluoborique, muriatique et carbonique, car, puisque ces trois gaz saturent le même volume de gaz ammoniacal, leurs capacités seront entre elles en raison inverse de leurs densités, lorsqu'on aura fait la correction due à l'eau contenue dans l'acide muriatique.

On pourrait conclure déjà que les gaz se combinent entre eux dans des rapports très simples; mais je vais en donner encore de nouvelles preuves.

D'après les expériences de M. Amédée Berthollet ², l'ammoniaque est composée en volume de :

400 gaz azote; 300 gaz hydrogène.

t. N. d. l. R. Au moment de la publication de ce mémoire, le chlore était encore considéré comme un corps composé, l'oxyde XO d'un radical X appelé gaz muriatique et l'acide chlorhydrique passait pour être l'hydrate du même radical. Cette opinion erronée résultait de l'observation exacte que le chlore (non desséché) donnait en traversant un tube de porcelaine chaufté au rouge, une certaine quartité d'oxygène, de même sa solution exposée au solcil dégageait de l'oxygène. L'interprétation exacte de cette réaction est que le chlore s'empare de l'hydrogène de l'eau et met son oxygène en liberté.

Dans un mémoire publié la même année, Gay-Lussac avait signalé que toutes les réactions connues du chlure pouvaient aussi bien s'expliquer en le considérant comme un corps simple; mais il n'adopte pas cette manière de voir qui ne lui semble présenter aucun avantage sur l'hypothèse admise, et qui aurait vivement peiné, ce qu'il ne dit pas, son maître et ami Berthollet auteur de cette hypothèse.

11. L. C.

2. Fils du grand Berthollet. (N. d. 1. R.)

7

J'ai trouvé (ler vol. de la Société d'Arcueil) que l'acide sulfurique est composé de :

400 gaz sulfurenx; 50 gaz oxygène.

Lorsqu'on enflamme un mélange de 50 parties de gaz oxygène et de 100 de gaz oxyde de carbone, provenant de la distillation de l'oxyde de zinc et du charbon fortement calciné, ces deux gaz sont détruits et remplacés par 100 parties de gaz acide carbonique. Par conséquent l'acide carbonique peut être considéré comme composé de :

> 100 gaz oxyde de carbone; 50 gaz oxygène.

M. Davy, en faisant l'analyse des diverses combinaisons de l'azote avec l'oxygène, a trouvé, en poids, les proportions suivantes:

	Azole.	Oxygène.	
Gaz oxyde d'azote	63,30	36,70	(N^2O)
Gaz nitreux	44,05	55,95	(NO)
Acide nitrique	29,30	70,50	(NO^2)

En réduisant ces proportions en volumes, on trouve pour le :

***		U, i	37010,	ti. oxygene.	
Gaz oxyde d'azote.	ř	,	100	49,5	(N^20)
Gaz nitreux	•		100	108,9	(NO)
Acide nitrique		. 1	00	201,7	(NO^2)

La première et la dernière de ces proportions différent peu de celles de 100 à 50 et de 100 à 200; il n'y a que la seconde qui s'écarte un peu de celle de 100 à 100. La différence n'est cependant pas très grande, et elle est telle qu'on pourrait l'attendre dans de semblables expériences; mais je me suis assuré qu'elle est entièrement nulle. En brûlant la nouvelle substance combustible de la potasse (K métallique) dans 100 parties en volume de gaz nitreux, il est resté exactement 50 de gaz azote, dont le poids, retranché de celui du gaz nitreux, déterminé avec beaucoup de soins par M. Bérard à Arcueil, donne pour résultat que ce dernier gaz est composé en volume de parties égales d'azote et d'oxygène.

On doit donc admettre pour les proportions en volume des combinaisons de l'azote avec l'oxygène :

		G. azote.	G. oxygene,	
Gaz oxyde d'azote	,	. 100	50	(N^2O)
Gaz nitreux. , ,			100	(NO)
Acide nitrique		. 100	200	(NO^2)

D'après mes expériences, qui diffèrent très peu de celles de M. Chenevix, l'acide muriatique oxygéné est composé en poids de :

Oxygène						,				,	22,92
Acide mu	ria	ıli	au	10							77,08

En convertissant ces quantités en volume, on trouve que l'acide muriatique oxygéné est formé de :

Gaz muriatique			,					300,0
Gaz oxygène								

proposition qui diffère peu de :

Gaz	muriatique				,		,			300
Gaz	oxygène									1001

Ainsi il me paraît évident que tous les gaz, en agissant les uns sur les autres, se combinent toujours dans les rapports les plus simples; et nous avons vu, en effet, dans tous les exemples précédents, que le rapport de combinaison est de 1 à 1, de 1 à 2, ou de 1 à 3. Il est bien important d'observer que, lorsqu'on considère les poids, il n'y a aucun rapport simple et fini entre les éléments d'une première combinaison : ce n'est que lorsqu'il y en a une seconde entre ces

^{1.} Dans la proportion en poids de l'acide muriatique oxygéné, l'acide muriatique est supposé privé d'eau, tandis que dans celle en volume, il est supposé combiné avec un quart de son poids d'eau, que, depuis la lecture de ce mémoire, nous avons démontré, M. Thénard et moi, être absolument nécessaire à son état gazeux. Mais comme le rapport simple de 300 d'acide à 400 d'oxygène ne peut être dû au hasard, il faudrait en conclure que l'eau, en se combinant avec l'acide, muriatique sec, pour former le gaz muriatique ordinaire, ne change pas sensiblement sa pesanteur spécifique. On serait conduit à la même conclusion par cette considération que la pesanteur spécifique de l'acide muriatique oxygéné, qui d'après nos expériences ne contient point d'eau, est exactement la même que celle obtenue en ajoutant la densité du gaz oxygène à trois fois celle du gaz muriatique, et en prenant la moitié de cette somme. Nous avons aussi trouvé, M. Thénard et moi, que le gaz muriatique oxygéné contient précisément la moitié de son volume de gaz oxygène, et qu'il peut détruire, par conséquent, un volume d'hydrogène égal au sien.

mêmes éléments que la nouvelle proportion de celui qui a été ajouté est un multiple de la première. Les gaz, au contraire, dans telles proportions qu'ils puissent se combiner, donnent toujours lieu à des composés dont les éléments, en volume, sont des multiples les uns des autres,

Non seulement les gaz se combinent dans des proportions très simples, comme on vient de le voir, mais encore la contraction apparente de volume qu'ils éprouvent par la combinaison, à aussi un rapport simple avec le volume des gaz ou plutôt avec celui de l'un d'eux.

J'ai dit, d'après M. Berthollet, que 100 parties de gaz oxyde de carbone, provenant de la distillation de l'oxyde de zinc et du charbon fortement calciné, produisent 100 parties de gaz carbonique en se combinant avec 50 de gaz oxygène. Il résulte de là que la contraction apparente des deux gaz est précisément de tout le volume du gaz oxygène ajouté. La densité du gaz carbonique est donc égale à celle du gaz oxyde de carbone, plus la moitié de celle du gaz oxygène : ou, inversement, la densité du gaz oxyde de carbone est égale à celle du gaz carbonique, moins la moitié de celle du gaz oxygène. D'après cela, et en prenant la densité de l'air pour unité, on trouve que celle du gaz oxyde de carbone est 0,9678 au lieu de 0,9569 que M. Cruickshanks avait déterminée par l'expérience (valeur exacte 0,9670). On sait, d'ailleurs, qu'un volume donné de gaz oxygène produit un volume égal d'acide carbonique; par conséquent le gaz oxygène, en formant avec le charbon le gaz oxyde de carbone, double de volume, de même que le gaz carbonique en passant sur du charbon rouge. Le gaz oxygène produisant un volume égal de gaz carbonique, et la pesanteur de ce dernier étant bien connue, il est facile d'en conclure la proportion de ses éléments. C'est ainsi qu'on trouve que le gaz carbonique est composé de :

27,38 carbone; 72,62 oxygène.

et le gaz oxyde de carbone de :

42,99 carbone; 57,01 oxygène.

En suivant une marche analogue, on trouve de même que, si le soufre prend 100 parties d'oxygène pour produire l'acide sulfureux, il en prend 150 pour produire l'acide sulfurique. En effet, d'après les expériences de MM. Kalproth, Bucholz et Richter, l'acide sulfurique est composé, en poids, de 100 de soufre et 138 d'oxygène.

D'un autre côté, l'acide sulfurique est composé de 2 parties en volume de gaz sulfureux et de 1 de gaz oxygène. Par conséquent le poids d'une certaine quantité d'acide sulfurique doit être le même que celui de 2 parties d'acide sulfureux et de 1 de gaz oxygène, c'est-à-dire:

$$2.2.265 + 1.10359 = 5.63359;$$

attendu que, d'après Kirwan, le gaz sulfureux pèse 2,265, la densité de l'air étant prise pour unité (exactement 2,2639). Mais, d'après la proportion de 100 de soufre à 138 d'oxygène, cette quantité renferme 3,26653 d'oxygène, et si on retranche 1,10359, il restera 2,16294 pour le poids de l'oxygène renfermé dans 2 parties d'acide sulfureux, ou 1,08147 pour celui de l'oxygène renfermé dans 4 partie.

Or, comme cette dernière quantité ne diffère que de deux centièmes de 1,10359 qui représente le poids d'une partie de gaz oxygène (exactement 1,1053), il faut en conclure que le gaz oxygène, en se combinant avec le soufre pour former le gaz sulfureux, n'éprouve qu'une diminution de volume d'un cinquantième, et qu'elle serait probablement nulle si les données dont je me suis servi étaient plus exactes. I ans cette dernière supposition, et d'après la pesanteur spécifique du gaz sulfureux de Kirwan, on trouverait que cet acide est composé de :

100,00 soufre; 95,02 oxygène.

Mais si, en partant des proportions précédentes de l'acide sulfurique, on admet, comme cela paraît probable, que 100 de gaz sulfureux renferme 100 de gaz oxygène, et qu'il faut leur en ajouter encore 50 pour les convertir en acide sulfurique, on obtiendra pour les proportions de l'acide sulfureux:

> 100,00 soufre; 92,0 oxygène (exactement 99,3).

Sa pesanteur spécifique calculée dans ces mêmes suppositions et rapportée à celle de l'air serait 2,30314, au lieu de 2,2650 que M. Kirwan a trouvée directement (exactement 2,2639).

Nous avons vu que 100 parties de gaz azote prennent 50 parties de gaz oxygène pour former le gaz oxyde d'azote (N²O) et 100 de gaz oxygène pour former le gaz nitreux (NO). Dans le premier cas, la contraction est un peu plus forte que le volume du gaz oxygène ajouté ; car la pesanteur spécifique du gaz oxyde d'azote calculée dans cette hypothèse est 1,52092, tandis que cell donnée par M. Davy est 4,61414 (exactement 1,5301). Mais il est aisé de faire voir par des expériences de M. Davy que la contraction apparente est précisément de tout le volume du gaz oxygène ajouté. En faisant passer l'étincelle électrique à travers un mélange de 100 parties de gaz hydrogène et de 97,5 de gaz oxyde d'azote, le gaz hydrogène est détruit, et il reste 102 parties de gaz azote renfermant celui qui est presque toujours mêlé avec le gaz hydrogène, et de plus un peu de ce dernier gaz échappé à la combustion. Le résidu, toute correction faite, serait donc à très peu-près égal en volume au gaz oxyde d'azote employé. De même, en faisant passer l'étincelle électrique à travers un mélange de 100 parties de gaz hydrogène phosphoré et de 250 de gaz oxyde d'azote, il se forme de l'eau et de l'acide phosphorique, et il reste exactement 250 parties de gaz azote; preuve évidente encore que la contraction apparente des éléments du gaz oxyde d'azote est de tout le volume du gaz oxygène ajouté. D'après cette considération, sa pesanteur spécifique rapportée à celle de l'air doit être 1,52092.

La contraction apparente des éléments du gaz nitreux (NO) paraît, au contraire, nulle. Si l'on admet, en effet, comme je

^{1.} Il serait nécessaire, pour faire disparaître ces différences, de faire de nouvelles expériences sur la densité du gaz sulfureux, sur la combinaison directe du gaz oxygène avec le soufre, pour voir s'il y a contradiction, et sur la combinaison du gaz sulfureux avec le gaz ammoniacal. J'ai trouvé, à la vérité, en chauflant du cinabre dans du gaz oxygène, que 100 parties de ce gaz ne produisent que 93 parties de gaz sulfureux. Il m'a semblé aussi qu'il fallait moins de gaz sulfureux que de gaz ammoniacal pour obtenir un sel neutre. Mais comme ces expériences n'ont pas été faites dans des circonstances convenables, surtout la dernière qui ne peut être faite qu'au moyen de l'eau, le gaz sulfureux se décomposant et laissant précipiter du soutre aussitôt qu'il est mèlé avec le gaz ammoniacal, je me propose, avant d'en tirer aucune conséquence, de les reprendre et d'en déterminer exactement toutes les circonstances. Cela est d'autant plus nécessaire que le gaz sulfureux étant bien connu dans ses proportions, on pourra s'en servir pour analyser le gaz hydrogène sulfuré.

12

l'ai fait voir, qu'il est composé de parties égales de gaz oxygène et de gaz azote, on trouve que sa densité, calculée dans l'hypothèse où il n'y aurait aucune condensation de volume, est 1,036 tandis que celle déterminée directement est 1,038 (exactement 1,0366).

Saussure a trouvé que la densité de la vapeur de l'eau est à celle de l'air comme 10 est à 14 (exactement, à $t=100^{\circ}$ et p=760 millimètres, comme 40 est à 15,87). En supposant que la contraction de volume des deux gaz soit seulement de tout le volume du gaz oxygène ajouté, on trouve, au lieu de ce rapport, celui de 10 à 16. Cette dissérence et l'autorité d'un physicien aussi distingué que Saussure sembleraient devoir faire rejeter la supposition que je viens de faire; mais voici plusieurs circonstances qui la rendent très probable. Elle a d'abord pour elle une très forte analogie; en second lieu, M. Tralès a trouvé par des expériences directes que le rapport de la densité de la vapeur de l'eau à celle de l'air est de 40 à 14,5, au lieu de 10 à 14. En troisième lieu, quoiqu'on ne connaisse pas très exactement le volume qu'occupe l'eau en passant à l'état élastique, on sait, d'après les expériences de M. Watt, qu'un pouce cube d'eau produit à peu près un pied cube de vapeur, c'est-à-dire un volume 1.728 fois plus grand. Or, en admettant le rapport de Saussure, on trouve seulement 1.488 pour le volume qu'occupe l'eau lorsqu'elle est en vapeur, et en admettant celui de 10 à 16, on aurait 1.700,6. Enfin la réfraction de la vapeur aqueuse, calculée dans l'hypothèse du rapport de 10 à 14, est un peu plus forte que celle donnée par l'observation; mais celle calculée en adoptant le rapport de 10 à 16 concilie beaucoup mieux les résultats de la théorie et de l'expérience. Voilà donc plusieurs considérations qui rendent très probable le rapport de 10 à 16.

Le gaz ammoniacal est composé en volume de 3 parties de gaz hydrogène et de 1 de gaz azote, et sa densité comparée à celle de l'air est 0,596 (exactement 0,5962); mais, si on suppose que la contraction apparente soit de la moitié du volume total, on trouve 0,594 pour sa densité. Ainsi il est démontré par cet accord presque parfait que la contraction apparente de ses éléments est précisément de la moitié du volume total, ou plutôt du double de celui de l'azote.

L'observation que les combustibles gazeux se combinent

avec le gaz oxygène dans les rapports simples de 1 à 1, de 1 à 2, de 1 à $\frac{4}{2}$, peut nous conduire à déterminer la densité des vapeurs des corps combustibles, ou au moins à approcher beaucoup de cette détermination. Si l'on suppose, en effet, tous les corps combustibles à l'état gazeux, un volume déterminé de chacun d'eux absorberait un volume égal d'oxygène, ou le double ou seulement la moitié. Lt comme on connait la proportion d'oxygène que prend chaque corps combustible à l'état solide ou liquide, il suffit de convertir l'oxygène en volume et d'y convertir aussi le combustible, d'après la condition que sa vapeur soit égale au volume du gaz oxygène, ou au double ou à la moitié. Par exemple, le mercure est susceptible de deux degrés d'oxydation, et on peut comparer le premier au gaz oxyde d'azote. Or d'après MM. Fourcroy et Thénard, 100 parties de mercure en absorbent 4,46, qui, réduites en gaz, occuperaient un espace représenté par 8,20. Ces 100 parties de mercure réduites en vapeurs devront donc occuper un espace double, c'est-à dire 16,40. On conclut de là que la densité de la vapeur de mercure est 12,01 fois plus dense qué celle du gaz oxygène, et que le métal en passant de l'état liquide à l'état gazeux, prend un volume 961 fois plus grand.

Je ne m'occupervi pas plus longtemps de ces déterminations, parce qu'elles ne sont fondées que sur des analogies, et que d'ailleurs il est aisé de les multiplier. Je terminerai ce Mémoire pour examiner si les combinaisons se font dans des proportions constantes ou variables; les expériences que je viens de rapporter me conduisent à la discussion de ces deux opinions.

D'après l'idée ingénieuse de M. Dalton que les combinaisons se font d'atome à atome i, les divers composés que deux corps peuvent former seraient produits par la réunion d'une molécule de l'un avec une molécule de l'autre ou avec deux ou avec un plus grand nombre, mais toujours sans intermédiaires. MM. Thomson et Wollaston rapportent, en effet, des expériences qui semblent confirmer cette théorie. Le premier a trouvé que le suroxalate de potasse contient deux fois plus

^{1.} Les mots atome et molécule sont successivement employés dans cette phrase, comme deux expressions synonymes. (N. d. l. R.)

d'acide qu'il n'en faut pour saturer l'alcali; et le second, que le sous-carbonate de potasse contient, au contraire, deux fois plus d'alcali qu'il n'en faudrait pour saturer l'acide.

Les résultats nombreux que j'ai fait connaître dans ce Mémoire sont aussi très favorables à cette théorie. Mais M. Berthollet, qui pense que les combinaisons se font d'une manière continue, cite pour preuve de son opinion les sulfates acides, le verre, les alliages et les mélanges de divers liquides, composés tous très variables dans leurs proportions, et il insiste principalement sur l'identité de la force qui produit les combinaisons chimiques et les dissolutions.

Ces deux opinions ont donc chacune en leur faveur un très grand nombre de faits; mais quoique entièrement opposées

en apparence, il est aisé de les concilier 1.

Il faut d'abord admettre, avec M. Berthollet, que l'action chimique s'exerce indéfiniment d'une manière continue entre les molécules des corps, quels que soient leur nombre et leur rapport, et que, en général, on peut obtenir des composés à proportions très variables. Mais ensuite, il faut admettre en même temps qu'outre l'insolubilité, la cohésion et l'élasticité qui tendent à produire des combinaisons dans des proportions fixes, l'action chimique s'exerce plus puissamment lorsque les éléments sont entre eux dans des rapports simples, ou dans des proportions multiples les unes des autres, et qu'elle produit alors des composés qui se séparent plus aisément. On concilie de cette manière les deux opinions, et on maintient cette grande loi chimique : que toutes les fois que deux substances sont en présence l'une de l'autre, dans leur sphère d'activité, elles agissent par leurs masses, et donnent en général des composés à proportions très variables, à moins que ces proportions ne soient déterminées par des circonstances particulières.

CONCLUSION

J'ai fait voir dans ce Mémoire que les combinaisons des substances gazeuses les unes ayec les autres se font tou-

^{1.} Au moment de la publication de ce travail, Gay-Lussae n'avait pas encore trente ans ; il lui était difficile de contester trop nettement les idées de son maître et ami Berthollet qui l'avait guidé dans ses premiers travaux. (N. d. 1. R.)

jours dans les rapports les plus simples, et tels qu'en représentant l'un des termes par l'unité, l'autre est 1 ou 2 ou au plus 3. Ces rapports de volume ne s'observent point dans les substances solides et liquides, ou lorsqu'on considère les poids, et ils sont une nouvelle preuve que ce n'est effectivement qu'à l'état gazeux que les corps sont placés dans les mêmes circonstances et qu'ils présentent des lois régulières. Il est remarquable de voir que le gaz ammoniacal neutralise exactement un volume semblable au sien des acides gazeux, et il est probable que si les acides et les alcalis étaient à l'état élastique, ils se combineraient tous, à volume égal, pour produire des sels neutres. La capacité de saturation des acides et des alcalis mesurée par les volumes serait donc la même, et ce serait peut-être la vraie manière de l'évaluer. Les contractions apparentes de volume qu'éprouvent les gaz en se combinant ont aussi des rapports simples avec le volume de l'un d'eux, et cette propriété est encore particulière aux substances gazeuses.

ESSAI

d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons;

Par A. AVOGADRO

(Journal de Physique de Delaméricae [1811].)

Le comte Amedeo Avogadro di Quaregna (1776-1856) naquit à Turin. Dirigé vers le barreau par son père, qui appartenait à la haute magistrature piémontaise, il fit ses études de droit et fut nommé secrétaire de préfecture à-Turin. Mais les lois des phénomènes naturels l'attiraient beaucoup plus que les lois forgées par les hommes. A vingt-sept ans, il publiait en collaboration avec son frère Felice un mémoire intitulé: Essai analytique sur l'Électricité, qui lui valut d'être nommé l'année suivante membre correspondant de l'Académie de Turin.

Son père l'autorisa alors à quitter l'administration. Il fut nommé professeur de philosophie naturelle au lycée de Vercelli et vécut pendant quinze ans dans une retraite tranquille, envoyant de nombreux travaux scientifiques aux revues françaises et italiennes, en particulier son célèbre mémoire sur la masse relative des molécules chimiques, qui est reproduit dans ce volume.

Nommé, en 1820, professeur de physique mathématique à l'Université de Turin, il vit trois ans plus tard supprimer sa chaire à la suite de changements politiques. Il resta alors dix ans éloigné de l'enseignement, continuant toujours à s'occuper d'études scientifiques. La chaire fut enfin rétablie par le roi Charles-Albert, mais elle fut confiée au savant mathématicien français Cauchy qui avait dû quitter son enseignement du Collège de France à la suite de la révolution de Juillet. Au bout d'un an Cauchy renonça à ses nouvelles fonctions et Avogadro fut replacé dans son ancienne situation qu'il occupa jusqu'à l'âge de soixante-quinze ans.

De son vivant, il se fit surtout connaître par la publication d'un gros traité en quatre volumes sur la *Physique des corps pondérables*. On est encore redevable à Avogadro de l'introduction en Italie du système métrique. Président de la commission des poids et mesures, il n'épargna ni ses efforts ni ses peines pour arriver à convaincre ses compatriotes de la supériorité des nouvelles mesures.

II. L. C.

Avogadro, aussitôt la publication du mémoire de Gay-Lussac, fut frappé de l'incompatibilité qui existait entre les résultats des expériences du savant français, l'hypothèse de Dalton altribuant la combinaison chimique à la soudure. d'un certain nombre de molécules de corps dissérents et une seconde hypothèse relative à la constitution des gaz qui consistait à les considérer comme renfermant un même nombre de molécules dans des volumes égaux. Cette hypothèse, généralement attribuée à Avogadro, avait été formulée longtemps auparavant par Bernouilli et devait être restee à l'étal latent dans les idées scientifiques de l'époque, car elle avait été quelques années avant déjà énoncée, puis abandonnée, par Dalton et le fut quelques années plus tard par Ampère. D'après ces deux hypothèses, le volume d'une combinaison gazeuse aurait dû être égal au plus petit volume des corps constituants tandis qu'en général il en est le double. Pour lever celle difficulté, Avogadro propose d'ad-

^{1.} Renseignements empruntés à une conférence de M. le Professeur Ernst Cohen, donnée le 21 avril 1911, devant la Société Hollandaise des naturalistes et des médecins.

17

mettre que dans la combinaison chimique les molécules gazeuses peuvent se diviser en deux ou en un plus grand nombre de parties. Dans son mémoire reproduit ici, il montre comment cette nouvelle hypothèse doit être appliquée aux résultats des expériences de Gay-Lussac et comment on peut s'en servir pour calculer le volume de vapeur d'un certain nombre de corps simples dont les densités gazeuses n'étaient pas connues.

II. L. C.

I

M. Gay-Lussac a fait voir dans un Mémoire intéressant 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 composants; mais les rapports des quantités de substances dans les combinaisons ne paraissent 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 paraît même la seule admissible est de supposer que le nombre des molécules intégrantes (molécules) dans les gaz quelconques est toujours le même à volume égal, ou est toujours proportionnel aux volumes. En effet, si on supposait que le nombre des molécules contenues dans un volume donné fût différent pour les différents gaz, il ne serait guère possible de concevoir que la loi qui présiderait 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 des 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 serait plutôt porté à adopter une hypothèse mixte, qui ferait varier la distance des molécules et la quantité de calorique selon des lois inconnues, si celle que nous venons de proposer n'était pas appuyée sur cette simplicité de rapport entre les volumes dans les combinaisons des gaz qui paraît ne ponyoir 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 différents 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 4,40359 (1,1053) et 0,07321 (0,06948) exprimant les densités des deux gaz exygène 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 4 (15,87 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-àdire comme 13, ou plus exactement 13,238 à 1 (13,90 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 éléments de l'ammoniaque, des gaz oxyde 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 oxyde 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.

11

Une réflexion paraît 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 de 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 pourrait 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'ean supposée gazeuse est, comme M. Gay-Lussac-l'a fait voir, double de celui du gaz oxygène qui y rentre, 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 genré conformément à notre hypothèse : c'est de supposer que les molécules 1 constituantes (molécules) d'un gaz simple quelconque, c'est-àdire celles qui s'y tiennent à une distance telle à ne pouvoir

La molécule constituante est la molécule du corps simple.
 La molécule intégrante est la molécule du corps composé.
 La molécule élémentaire est l'atome du corps simple. (N. d. I. R.)

20

exercer leur action mutuelle, ne sont pas formées d'une seule molécule élémentaire (atome), 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 (molécule) 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 était 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 (atomes), de quart de molécule, etc., de cette seconde substance; en sorte 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 résulte1.

En parcourant les différents composés gazeux plus connus, je ne trouve que des exemples de redoublement de volume relativement au volume de celui des composants, qui s'adjoint 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 de gaz oxyde d'azote est égal à celui de l'azote qui en fait partie, et par conséquent double de celui de l'oxygène. Enfin, le gaz nitreux qui contient des volumes égaux d'azote et d'oxygène a un volume égal à la somme des deux gaz composants, c'est-àdire 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.

111

M. Dalton, d'après les suppositions arbitraires, et qui lui ont paru les plus naturelles, sur le nombre relatif des molé-

^{1.} Ainsi la molécule intégrante de l'eau, par exemple, sera composée d'une demimolécule d'oxygène avec une molécule, ou, ce qui est la même chose, deux demi-molécules d'hydrogène.

cules 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 les molécules composées d'après le volume des composés gazeux dépendant en partie du partage des molécules dont ce physicien n'a eu aucune idée.

Ainsi Dalton a supposé que l'eau ne formait pas l'union de l'hydrogène et de l'oxygène, molécule à molécule. Il en résulterait, d'après le rapport en poids de ces deux composants, que la masse de la molécule de l'oxygène serait à celle de l'hydrogène environ comme $7\frac{1}{2}$ à 1, ou, d'après les évaluations de Dalton, comme 6 à 1. 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 devrait avoir sa masse exprimée par 15 + 2 = 17 environ (exactement 16 + 2,016 = 18,016), en prenant pour unité celle de l'hydrogène, s'il n'y avait pas partage de la molécule en deux; mais à cause de ce partage elle se réduit à la moitié 8,5, ou plus exactement 8,537, comme on le trouverait aussi immédialement 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; en sorte qu'à cet égard le résultat de Dalton se trouverait 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 aurait trouvé la même masse de molécule que nous pour l'azote, en prenant toujours pour unité celle de l'hydrogène, s'il n'était pas parti d'une évaluation différente de celle de l'oxygène, et s'il avait suivi précisément la même évaluation des quantités des éléments du gaz nitreux en poids; mais, en supposant la molécule de l'oxygène

^{1.} Dans ce qui suit, je me servirai de l'exposition des idées de Dalton, que Thomson nous a donnée dans son Système de Chimie.

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 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 d'une autre; il l'a fait de 6+5=11, tandis que selon nous elle est $\frac{15+13}{2}$ 14 environ, où plus exactement $\frac{15.074 + 13.238}{2} = 14.156$, comme on le trouverait 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 décomposition de l'oxyde 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 $\frac{45,074+2.13,238}{20,775}$ = 20,775, nombre qu'on obtient de même en divisant 1,52092, densité du gaz oxyde 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 sérait entièrement fautive selon notre hypothèse; il y suppose l'azote et l'hydrogène unis molécule à molécule, tandis que nous avons yu qu'une molécule d'azote s'y adjoint trois molécules d'hydrogène. Selon lui, la molécule de l'ammoniaque serait5+1=6; selon nous elle doit être $\frac{43+3}{2}=8$ ou plus exactement 8,419, comme cela peut se déduire aussi immédiatement de la densité du gaz ammoniaque. Le partage de la molécule que Dalton n'a pas fait entrer dans son calcul corrige encore ici en partie l'erreur qui résulterait de ses autres suppositions.

W

Parcourons encore quelques autres combinaisons qui peuvent nous donner, selon notre hypothèse, des connaissances 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 trouverait exacte si les bases sur lesquelles on a établi le calcul l'étaient 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 liéu de 2,265.

Une réflexion paraît 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 tendant 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 paraît 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 dù se convertir en eau dans cette opération. Je supposerai donc l'acide sulfureux composé de 92,02 d'oxygène sur 100 de soufre, ou plutôt de radical sulfurique au lieu de 92.1.

^{1.} Ceci était écrit avant que j'eusse vu le Mémoire de M. Davy sur l'acide oxi-muriatique qui contient aussi de nouvelles expériences sur le soufie et le phosphore. Il y détermine la densité du gaz acide sulfureux et ne la trouve que de 2,0007. Si on admet cette densité, on trouve que dans l'acide sulfureux 100 de soufre prennent 111 d'oxygène en poids, el dans l'acide sulfurique 167 au lieu de 138; mais peut-être cette densité du gaz acide sulfureux, selon Davy, pèche-t-elle par défaut.

Pour déterminer maintenant la masse de la molécule du radical sulfurique, il faudrait savoir quelle serait 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 molècule 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 composants, à l'acide nitrique (NO2) et l'acide sulfurique n'aura point d'analogue relativement à l'azole. La molécule de l'acide sulfareux, eu égard au partage, sera égale à 31,73 + 2.15,074, ou 30,94, comme on l'obtlendrait aussi immédiatement en divisant la densité 2,265 du gaz acide sulfureux par celle du gazzhydrogène. 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 1.

^{1.} 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 sulfuriques. En partant, d'ailleurs, de la détermination de la densité du gaz acide sulfureux, on trouve que la densité du radical sulfurique serait 4,9862, et sa molécule, en prenant pour unité celle de l'hydrogène, 27,13. Davy, par un calcul analogue, la lixe à la moifié 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 môtte.

11 trouve la même masse à peu près, savoir 13,4, en partant de la densité du gaz

Dalton avait supposé que l'acide sulfurique était composé de deux molécules d'oxygène sur une de radical, et l'acide sulfureux d'une molécule d'oxygène et d'une de soufre. Ces deux suppositions sont incompatibles entre elles, d'après les résultats de Gay-Lussac, selon lesquels les quantités d'oxygène dans ces deux acides, pour une quantité donnée de radical, sont représentées par 1 et 1 \frac{1}{2}. Il est parli, 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'oxygène, selon lui, un rapport approchant de célui que les masses de ces deux substances présentent selon nos hypothèses.

Voyons maintenant quelle conjecture nous pouvons former sur la masse de la melécule d'une substance qui joue dans la nature un beaucoup plus grand rôle que le soufre, 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

hydrogène sulfuté qui est, d'après ces expériences, 1,0615, résultat peu différent de celui de Kirwan, et supposant que ce gaz (qui contient, comme on le sait, un volume égal au sien de gar hydrogène uni au soulre) est composé d'une molécule de soufre et d'une hydrogène. Comme nous supposons la molécule du soutre à peu près double, nous devous admettre que re 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 gazena, comme dans tant d'autres cas. Je dis : au moins avec deux molécules d'hydrogène, car s'il y avait déjà de l'hydrogène dans le soufre ordinaire, comme les expériences commes sur cette substance l'indiquent, il faudrait y ajouter cette quantité. Si, par exemple, le soufre ordinaire était composé d'une molécule de radical sulfurique et d'hydrogène, l'hydrogène sulfuré le sérait de trois molécules d'hydrogène sur une de radical. Cela poutrait se décider par la comparaison de la pesanteur spécifique du gaz hydrogène sulfuir, avec celle du gaz acide sulfureux, si on les connaissait toules 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'hydrogone seulement serait 27,08, en prenant celle de l'hydrogène pour unité; mais dans la supposition de trois molécules d'hydrogène, 27,08 serait encore la somme d'une moléenfe de radical avec une d'hydrogène, el la première se réduitait en conséquence à 26,08. Si la densité du gaz acide sulfureux supposée exacte confirmait l'un ou l'autre de ces résultats, elle confirmerait par là l'une ou l'autre de ces hypothèses; mais on n'est pas encore assez d'accord sur ces densités, pour ponvoir tirer aucune conclusion, à cet égard, des déterminations qu'on en a jusqu'ici.

de celui du gaz oxygène avec lequel il se combine, et 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 nitrique (NO2), 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 serait 0,832, en prenant pour unité celle de l'air, et la masse de sa molécule 11,367, en prenant pour unité celle de l'hydrogène. Cette supposition a cependant une difficulté contre elle c'est de donner à la molécule du carbone une masse moindre que celle de l'azote et de l'oxygène, tandis qu'on serait 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 arriverait à un résultat qui serait 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 aurait par là la molécule du carbone double ou quadruple de celle que nous venons d'établir; mais cette composition ne serait 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 paraît pas dépendre uniquement de la grosseur de la molécule, mais aussi de quelqu'autre propriété inconnue des substances. Ainsi nous voyons l'acide sulfureux sous 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 oxygéné a une densité, et par conséquent une masse de molécule 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 rendrait 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 et sulfureux, et la molécule du carbone comme ayant une masse exprimée par 11,36.

Dalton à 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 celle du gaz oxygène, selon-lui, à, peu près dans le même rapport que 11,36 est à 15, masse de 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 oxyde de carbone sera formé, d'après les expériences de M. Gay-Lussac, de parties égales en volume de gaz de carbone et de gaz oxygène, et son volume sera égal à la somme des volumes de ses composants; par conséquent il sera formé du carbone et de l'oxygène unis molécule à molécule avec partage en deux; le tout dans une parfaite analogie avec le gaz nitreux (NO).

La masse de la molécule de l'acide carbonique sera :

$$\frac{11,36 + 2.15,074}{2} = 20,75 = \frac{1,5196}{0,07321}$$

et celle du gaz oxyde de carbone sera :

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

Parmi les substances simples non métalliques, il en est une dont il nous reste à parler, qui, étant naturellement gazeuse, ne peul laisser de doute, d'après nos principes, sur la masse de sa molécule, mais sur laquelle les dernières expériences de M. Davy, et celles mêmes antérieures de MM. Gay-Lussuc et Thénard 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 oxygéné, ou acide oxy-muriatique. On ne peut plus en effet, dans l'élat actuel de nos connaissances, 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 oxy-muriatique, selon MM. Gay-Lussac et Thénard est 2,470, celle de l'air almosphérique étant prise

tique.

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 oxy-muriatique pèsent 74,5 grains, tandis que, selon le même, un égal volume de gaz hydrogène en pèse 2.27. Cela donnerait pour la molécule de cette substance $\frac{71.5}{2,27} = 32,82$. 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 Thénard que de celles de Davy que le gaz acide muriatique est formé de la combinaison de volumes égaux de gaz oxy-muriatique 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. D'après cela, la densité du gaz acide muriatique, en partant de celle du gaz oxy-muriatique marquée ci-dessus, devait 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 oxy-muriatique 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 $\frac{31,91}{2}$ = 17,45 0,07321 . La détermination de la pesanteur spécifique du gaz acide muriatique par Davy, selon laquelle 400 pouces cubes de gaz pèsent 39 grains, donnerait des nombres peu différents, savoir, 33,36 pour la masse de la molécule de l'acide oxy-muriatique et 47,18 pour celle de l'acide muria-

٧I

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 déposait en fayeur

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 paraît, entre les gaz, à cause de la grosseur énorme des molécules qui résulteraient de rapports exprimés par de plus grands nombres de chimistes, 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 pent servir à concilier les idées de M. Berthollet sur les combinaisons avec la théorie des proportions fixes.

Tabelas do artigo de Gay Lussac que não constam na edição do livro. E que acompanham o artigo original na Société d'Argueil.

252			
Densités de diverses substances gazeuses, simples ou composées.			
SUBSTANCES.	Densités déterminées par Pexpérience.	Densités calculées d'après la proportion des élémens et la contraction de volume.	
Air atmosphérique Gaz oxigène	1,00000		
Gaz azote Gaz hydrogène	0,96913 Biot et Arago.		
Gaz acide carbonique. Gaz ammoniacal	0,59669	o,59438 en supposant que la co traction des élém. so de la moitié du volun total.	
	1,278 { Piot et Gay Lussac	(en supposant la contra	
Gaz oxide d'azote	1,61414 Davy. 1,36293 Berthollet.	1,52092 tion des élém, de tout volume du gazoxigèn	
Gaz nitreux	1,0588 { Bérard, à Arcueil	1,03636 tion des élém de moit du volume total.	
Gaz oxide de carbone.	0,9569 Cruickshanks.	o,96782 en suppost, que 100 d' cide carbon, produise 100 de gaz ox, carbot en-perdant 50 d'oxig. (en supposant la contra	
Vapeur d'esu Gaz muriat. oxigéné.	0,6896 Tralès Thenard et	o,625 { tion des 2 gaz de tout vol. du gaz exigène. en supposant que la co densation soit de la mo	
The second second	Gay-Lussac.	tié du volume total.	

Densités de diverses substances gazeuses, simples ou composées.

SUBSTANCES.	Densités déterminées par Pexpérience.	Densités calculées d'après la proportion des élémens et la contraction de volume.
Air atmosphérique	1,00000	
Gaz azote	0,06013 Biot	
Gaz hydrogène	o.07321 et Arago.	
Guz acide carbonique.	1,5196:	Cen supposant que la con-
Gaz ammoniacal	0,59669	o,59438 truction des élém. soit de la moitié du volume total.
Gaz muriatique	1,278 Fiot et Gay Lussac	
Gaz oxide d'azote	1,61414 Davy. 1,36293 Berthollet.	1,52092 en supposant la contrac- tion des élém. de toutle volume du gazoxigène.
Gaz nitreux	1,0388 & Bérard, à Arcueil	1,03636 en supposant la contrac- tion des élém. de moitié du volume total.
Gaz sulfureux	2,265 Kirwan	
Gaz oxide de carbone.	0,9569 Cruickshanks.	en-perdant 50 d'oxig.
Vapeur d'eau	o,6896 Tralès	0,625 {en supposant la contrac- tion des 2 gaz de tout le vol. du gaz oxigène.
Vapeur d'eau Gaz muriat. oxigéné.	2,470 Thenard et Gay-Lussac.	2,468 {en supposant que la con- densation soit de la moi- tié du volume total.