

Twee Wetten, Drie Elementen, Veel Keukenrecepten

Het gebrek aan tijd om het programma door te worstelen, laat aan de leraar chemie zelden toe om zich met de mogelijkheden van H. G. Wells' tijdscapsule in de geschiedenis van de scheikunde in te boren.

We behandelen de wet van (in één adem, alsof het over één persoon gaat) 'Boyle-Mariotte' zonder erop in te gaan dat ze onafhankelijk ontdekt werd door de Brit Boyle (in 1662) en slechts veertien jaar later door de Fransman Mariotte.

We goochelen met het getal van Avogadro maar vermelden meestal niet dat het oorspronkelijk om een hypothese ging. Wat Avogadro in 1811 vooropgesteld had, werd voor het eerst door Loschmidt in 1865 als een concrete waarde bepaald.

Welk boeiend (en zelfs romantisch) verhaal kunnen we spinnen rondom de figuur van Leo Baekeland wanneer we over 'bakeliet' spreken?

Uiteindelijk reikt zo'n facet van de geschiedenis niet verder dan enkele anekdotische flarden, die het curiositeitenkabinet van de chemie sieren.

Niet dat ik erop reken dat ooit een afzonderlijk lessenpakket zal uitgetrokken worden voor de geschiedenis van de wetenschap. Het zou nochtans een gelegenheid zijn om de critici die aan het huidig secundair onderwijs zijn beperkte humaniorageest verwijten, te weerleggen: 'The history of science may be defined as the story of the gradual unveiling of objective truth and of the conquest of matter by mind; it describes the agelong and endless struggle for freedom of thought - freedom from violence, intolerance, error and superstition' (George Sarton)

Het ware een hele verwezenlijking dat de leerling de wetenschapsmens niet gaat zien als iemand die probleemloos wetten en formules uit de mouw van zijn stofjas schudt, maar de visie van de dichter Louis Macneice gaat delen:

'He died as they say in harness,
Still believing in science, reason, progress,
He left his work unfinished, ipso facto, which,
Continued, will supersede his name in the next text-book
And relegate him to the anonymous crowd
Of small discoverers in lab or cloister
Who link us with ice age.

Gay-Lussac 1778-1850

Zijn scholing

Louis-Joseph is geboren in Saint-Léotard, een dorp op 20 km ten noorden van Limoges. Zijn vader is er Procureur des Konings. Om zijn tak in de kruin van de familiestamboom te merken, voegt hij aan zijn naam LUSSAC toe, naar het landgoed dat hij in Lussac-les-Eglises bezit.

De Franse Revolutie kan het zonder koninklijke functies stellen en Citoyen Gay-Lussac moet zijn zevenkoppige familie met een beperkt inkomen onderhouden.

In 1794 gaat Louis-Joseph naar een privé-school in Parijs. Hij studeert er o. a. Latijn, Engels (eerder ongewoon voor die tijd) en wetenschappelijk tekenen. Wanneer de leraar Latijn zijn betrekking laat staan, gaat Gay-Lussac zich op de wiskunde toeleggen. Zijn scholing moet grondig geweest zijn want hij slaagt voor zijn ingangsexamen aan de Ecole Polytechnique: de kandidaat wordt verondersteld vierdegraadsvergelijkingen te kunnen oplossen.

De Ecole Polytechnique was opgericht als kind van de Franse Revolutie, met het doel een stevige wetenschappelijke kennis te verstrekken. Het is de enige instelling waar ook niet-kandidaat-officieren een ernstige wiskundige en wetenschappelijke vorming kunnen genieten. Dankzij de inzet van de medeoprichters, de scheikundigen Berthollet en Fourcroy wordt een vijfde van de lessen aan de chemie voorbehouden. Na twee jaar mag de student als officier naar het leger overgaan. De beste krachten gaan door naar de specialisatiescholen: de Hogere School voor Mijnbouw en de School voor Waterstaat (Ecole des Ponts et Chaussées).

Gay-Lussac schakelt over naar de 'Ecole des Mines' waar hij bevriend geraakt met Berthollet.

Berthollet beschikt in Arcueil (20 km ten zuiden van Parijs) over een landgoed, waar hij een laboratorium heeft laten aanbouwen. Hij verkiest samen te werken met een kleine en creatieve groep boven uitgebreide vergaderingen. De "cercle d'Arcueil" publiceert haar eigen "Mémoires". Ze telt onder haar leden Laplace, Thenard en von Humboldt. Gay-Lussac wordt er een regelmatige bezoeker. Met de actieve steun van Berthollet wordt Gay-Lussac repetitor aan de Polytechnische. Er groeit een hechte band tussen mentor en leerling. Gay-Lussac wordt zijn assistent en leidt de "jour des manipulations": het invoeren van een practicum is een zeldzaamheid voor die tijd!

Gay-Lussac wordt ook opgenomen in het "Institut de France". Wanneer de Franse Revolutie de verzuilde en elitaire "Académie des Sciences" afschaft, ontstaat de noodzakelijkheid aan een gelijkaardige doch verjongde instelling. Het jonge "Institut de France" telt drie klassen. De groep van de wis- en natuurkunde krijgt de eer de "Première Classe" te zijn.

Over welke concrete kennis en middelen beschikt de scheikunde rond 1800 ?

Vóór Gay-Lussac waren door het werk van Black, Cavendish, Lavoisier, Priestley en Scheele reeds een aantal gassen gekend: HCl, Cl₂, HF, SO₂, H₂S (*sulfuretted hydrogen*), NH₃, NO₂, N₂O, HCN, CO₂, CH₄, C₂H₄ en H₂.

Hales had in Engeland in 1727 ontdekt hoe je onoplosbare gassen in een kolf opvangt door water eruit te verdringen.

Men een reeks nauwkeurige meetinstrumenten:

- * de thermometer(schalen): 1724 Fahrenheit
1730 Réaumur
1742 Celsius

- * de barometer van Torricelli (1643)
- * de balans: was als precisieinstrument bij de geldwisselaars reeds lang gekend. Lavoisier kon met een nauwkeurigheid van tenminste 1 "grain" of 53 mg wegen.

Inzake elektriciteit:

- * 1745: de leidse fles (van Musschenbroek).
- * 1777: de eudiometer van Landriani
- * 1800: het element van Volta
- * 1800: de elektrolyse van water(Nicholson & Carlisle)

Tussen de verschillende Europese landen bestond er een behoorlijk snelle uitwisseling van informatie.

Sinds 1665 publiceerde de Royal Society haar '*Philosophical Transactions*' (Londen & Oxford). Vanaf 1668 verscheen in Frankrijk '*Le Journal des Savants*'.

$V_t = V_0 (1 + \alpha \cdot t)$: de eerste wet

Berthollet geeft Gay-Lussac de opdracht om de uitzettingscoëfficiënt van de gassen te bepalen. Guyton de Morveau had vooropgesteld dat ze afhankelijk was van de temperatuur. Gay-Lussac doet de proeven over. Zijn studie is een pareltje van een wetenschappelijk verslag: hij neemt gemiddelden, oefent hoffelijke kritiek uit op het werk van Guyton de Morveau, beschrijft zijn eigen werkwijze en instrumenten, maakt een onderscheid tussen onoplosbare (O_2 , H_2 , N_2) en oplosbare gassen (CO_2 , SO_2 , HCl , NH_3) en voert zijn metingen uit van 0° tot 100° . Als resultaat vindt Gay-Lussac 0,00375. Gay-Lussac heeft als beginsel: "On ne doit être avare, ni de temps, ni de soins".

De tweede wet van Gay-Lussac

Gay-Lussac houdt van gassen: in tegenstelling tot vaste- en vloeistoffen vertegenwoordigen ze voor hem een ideale toestand van de materie door hun onveranderlijke uitzettingscoëfficiënt. De bezadigde, logische en mathematisch gevormde Gay-Lussac en zijn extroverte collega Thenard ontdekken in 1805 dat 2 volumes waterstofgas reageren met 1 volume zuurstofgas. Later stellen ze ook vast dat 1 volume ammoniakgas reageert met 1 volume waterstofchloride en 2 volumes koolstofdioxide. Hun besluit is ons bekend: de reagerende volumes gassen verhouden zich steeds als eenvoudige getallen.

De ontdekking van nieuwe elementen

- In 1807 ontdekt Humphry Davy het metaal kalium door de elektrolyse van een stukje KOH. Kort daarop isoleren Gay-Lussac en Thenard dit metaal door de reductie van K_2CO_3 met Fe. Het verkregen produkt is weliswaar minder zuiver, doch kan in grotere hoeveelheden bereid worden.
- Door boorzuur met K te reduceren ontdekken Gay-Lussac en Thenard het element boor.

- Ze trachten eveneens fluor te isoleren. Er ontstaat een verbinding (BF_3) die met de waterdamp uit de lucht hevig reageert en HF vormt. Wanneer ze dit gas laten reageren met NH_3 stellen ze een analogie vast met het "*acide muriatique*" of HCl. (Fluor werd slechts in 1886 door Moisson geïsoleerd).
- In het begin van de XIXde eeuw heette chloor(gas) '*acide oxymuriatique*'. 'Muriatique' omdat Cl_2 bereid werd door de reactie van '*acide muriatique*' of HCl op mangaandioxide. 'Oxy' wijst op het verschijnsel dat chloorgas (als sterke oxidator) zuurstofgas uit water vrijstelt. Gay-Lussac leidt chloorgas over gloeiende houtskool en stelt echter vast dat er geen CO_2 ontstaat. Hij besluit dat het '*acide oxymuriatique*' wellicht een enkelvoudige stof is.

De sterkte van Zuren

Lavoisier heeft vooropgesteld dat een zuur sterker is naarmate er meer zuurstof aanwezig is. Zwavelzuur is sterker dan waterstofsulfiet; salpeterzuur is sterker dan waterstofnitriet¹. Wanneer Gay-Lussac ontdekt dat water zeer veel zuurstof bevat, vraagt hij zich af waarom water ook geen zuur is! Zou waterstof een "neutraliserende" werking op zuurstof uitoefenen? Hij wijzigt de hypothese van Lavoisier en besluit dat zuurstof niet de enige maar de voornaamste bijdrage levert tot het zuur zijn en dat ook waterstof een rol speelt. Hij onderscheidt "*les acides proprement dits*" (de oxozuren) en "*les hydracides*" (de binaire zuren).

De organische analyse

In 1810 analyseert hij een aantal koolstofverbindingen.

- * Hij oxideert de onbekende verbinding in een gesloten ruimte met KClO_3 (methode van Lavoisier) en vangt de gassen op.
 - * Hij leidt CO_2 over K; zo berekent hij het gehalte aan C.
 - * Het gevormde water wordt opgeslorpt door CaO.
 - * Door vervolgens een nauwkeurig volume waterstofgas in de eudiometer te brengen, wordt de overmaat aan zuurstof tot water (*l*) omgezet.
 - * Het gas dat nu nog de eudiometer vult is stikstofgas.
- Zo kan hij kwantitatief een koolstofverbinding analyseren.

Gay-Lussac publiceert de meeste artikels tussen 1808 en 1820. In 1817 wordt hij vermeld als de grootste fysico-chemicus van Frankrijk.

Om zijn wetenschappelijk werk verder te volgen moeten we even terugkeren naar zijn biografie.

De "Université de Paris" wordt in 1806 in leven geroepen. Haar doel is de pedagogische vorming van "les professeurs", de gemeenschappelijke titel voor leraars en universiteitsprofessoren. De auditoria zitten nokvol, elke cursus duurt meer dan twee uur, de professoren moeten hard praten om zich verstaanbaar te maken en er kruipt heel wat tijd in het afnemen van examens. Er is onvoldoende didactisch materiaal

¹ Zwavelzuur beantwoordde in die tijd aan de formule SO_3 ; zwaveligzuur was SO_2 .

beschikbaar en de bibliotheek telt veel ledige kasten. Kortom, een milieu dat weinig tot onderzoek aanspoort en waar Gay-Lussac zich niet thuis voelt.

Na de dood van Berthollet wordt hij in 1810 aangesteld aan de Ecole Polytechnique. Hij krijgt er de gelegenheid zijn eigen cursus te doceren. Hij is voorstander van uitwisselingen met het buitenland: Humphry Davy en Michael Faraday duiken als bezoekers op. . . en dit volop in de Napoleontische oorlogen waar Frankrijk en Engeland als vijanden tegenover elkaar staan.

Na de Restauratie (met de troonsbestijging van Lodewijk XVIII na de val van Napoleon) wordt de Polytechnische tot "Ecole Royale Polytechnique". Het academisch jaar zet in 1817 in met een mis en de verplichte eed van trouw aan God, Koning en Vaderland!

In 1840 biedt Gay-Lussac zijn ontslag aan. De reden? Was de cursus van de 60-jarige Gay-Lussac niet meer aangepast aan de eisen van de school? Legde hij teveel de nadruk op de algemene scheikunde en onvoldoende op de toegepaste chemie? Was Gay-Lussac ontgoocheld dat de Polytechnische niet meer aan de oorspronkelijke doelstellingen beantwoordde, namelijk die van het wetenschappelijk onderzoek en zich beperkte tot het vormen van beambten? ". . . *Il est douloureux de voir que les jeunes gens les plus capables soient perdus pour la culture des sciences*".

Het weerhoudt er hem zeker niet van een parallelle loopbaan op te bouwen. Gay-Lussac cumuleert verschillende professoraten en brengt het ook tot volksvertegenwoordiger. Aan de Plantentuin heeft hij de vrije hand om zijn eigen cursus te doceren. In 1838 voert hij een cursus organische in waarin hij vooropstelt dat in deze tak van de chemie dezelfde wetten gelden als in de minerale chemie en hiermee de opvatting van de "force vitale" verwerpt.

Zijn praktische verwezenlijkingen: de INSTRUCTIONS

Gay-Lussac heeft het gebracht tot DE LEIDENDE FIGUUR in de Franse scheikunde. Zijn werk richt zich naar de praktische toepassingen. Hij is lid van een aantal commissies en zetelt in een aantal beheerraden. In deze hoedanigheid stelt hij een methode op punt om het verlies aan stikstofoxiden te reduceren bij de bereiding van zwavelzuur (de gay-lussactoren).

Zijn "INSTRUCTIONS" omvatten duidelijke richtlijnen voor de gestandaardiseerde methode om kwantitatieve analyses uit te voeren.

a. Om de kwaliteit van het buskruit te beoordelen, stelt hij een nieuwe werkwijze op punt om de samenstelling te analyseren.

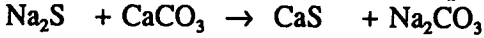
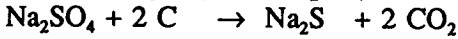
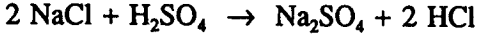
Hiervoor lost hij een nauwkeurig afgewogen staal buskruit op in warm water; het massaverschil geeft de aanwezige hoeveelheid KNO_3 . Vervolgens oxideert hij de resterende zwavel met kaliumnitraat tot K_2SO_4 dat hij met bariumnitraat tot onoplosbaar bariumsulfaat maakt. Door het verschil te maken tussen de massa van het monster en van de massa's salpeter en zwavel, leidt hij de massa koolstof af.

b. Wanneer hij de Rijksmunt voorzit voert hij een nieuwe methode in om nauwkeurig het zilveragehalte te bepalen. De oude methode bestond erin aan een staal onzuiver zilver, lood toe te voegen en sterk te verhitten, waarbij onzuiverheden geoxideerd werden en met de looddampen verdwenen. Deze onnauwkeurige werkwijze gaf een fout van 0,4% (in het nadeel van de staat. . . er verdampte ook wat zilver!).

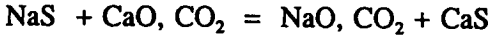
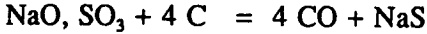
Gay-Lussac beschrijft hoe het staal moet opgelost worden in salpeterzuur en vervolgens getitreerd met een nauwkeurig gestandaardiseerde en zuivere NaCl -

oplossing. Hij schrijft zelfs voor het reagens te bereiden in vaten van 50 liter! Hij voert het begrip "*solution normale*" in: 1 ml reagens moet 0,5427 g NaCl bevatten, d. i. de hoeveelheid die reageert met 1 gram zilver!

- c. Soda werd in Frankrijk volgens het Leblanc-proces bereid.



Of zoals het tot na 1890 geschreven werd:



De Leblanc-soda bevat soms tot 60% onzuiverheden. Door reactie met HCl ontstaat behalve CO₂ (gedeeltelijk afkomstig van CaCO₃) ook H₂S (uit CaS) en SO₂ (uit natriumsulfiet). De zuiverheidsgraad werd geschat naar de geur!

Gay-Lussac schrijft voor een staal eerst te oxideren met KClO₃ (sulfiden en sulfieten worden sulfaten) en het natriumcarbonaat te neutraliseren met zwavelzuur. Ook hier beschrijft hij heel nauwkeurig hoe de zwavelzuuroplossing met de vereiste concentratie moet bereid worden.

Gay-Lussac voert de namen buret en pipet in. Deze meetinstrumenten ontwerpt hij zelf.

- d. Voor het bepalen van het alcoholgehalte in dranken verbetert Gay-Lussac de door de Engelsman Gilpin (1794) ontworpen densimeter. Gay-Lussac gebruikt alcohol met een dichtheid van 0,7947 door te ontwateren met CaO. Door gestandaardiseerde oplossingen te gebruiken, worden de schalen rechtstreeks in volumeprocent of (zoals het thans nog heet) °GL uitgedrukt.

Zijn laatste jaren

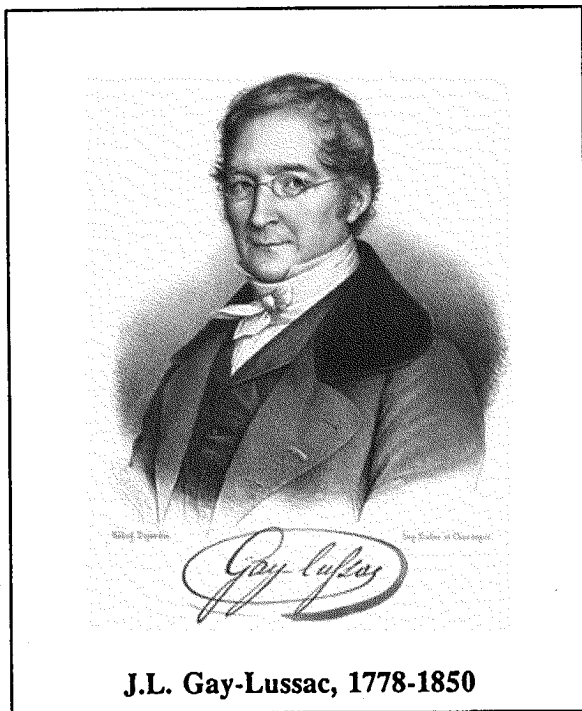
Gay-Lussac is steeds een welstellende burger geweest. Zijn loopbaan is niet alleen een opeenvolging van academische titels (die niet zo bijster rijkelijk vergoed werden, doch ten gevolge van de toegelaten cumulatie, toch een behoorlijke duit in het zakje brachten), maar hij wist zijn bestaan te verzilveren -om niet te zeggen te vergulden- dankzij de zitpenningen in een aantal commissies en beheerraden en een aantal eenmalige vergoedingen voor de verbetering van de produktie of het op punt stellen van nieuwe analysemethoden.

Ik heb niet alle aspecten van het uitgebreid werk van Gay-Lussac behandeld: zijn voorbereidend werk over de alcoholische gisting, zijn leidende rol in het publiceren van "Annales de Chimie", en vooral de invloed die hij uitgeoefend heeft op Dumas, Berthelot, Berzelius, Avogadro en Liebig.

Bibliografie

- Bernadette Bensaude & Catherine Kounelis '*Les Atomes - Agora Classiques* - Presses Pocket 1991
- Henry Boorse, Lloyd Motz, J. H. Weaver '*The Atomic Scientists*', Wiley Science Editions, New York - London 1989
- Maurice Crosland '*Gay-Lussac: Savant et Bourgeois*', Belin, rue Férou 8, 75006 Paris (1978; vertaling 1991)
- Alexander Hellemans & Bryan Bunch '*The Timetables of Science*', Touchstone Books, New York 1988
- Bernard Jaffe '*Crucibles: The Story of Chemistry*', Dover Publications, New York 1976
- Robert Massain '*Chimie et Chimistes*', Editions Magnard, Paris 1982 (herdruk),
- '*Histoire de la Science*' Encyclopédie de la Pléiade.

Yves De Cock
Rogierlaan 55
8400 Oostende



J.L. Gay-Lussac, 1778-1850