

ALCOHOLMETRIE: VAN BRANDPROEF TOT VOCHTWEGER

Eric Van Schoonenberghe

(Symposium: Opkomst van de instrumentele chemische analyse, Gent, 2011)

In een Middelnederlands handschrift in 1351 door Johannes de Altre gekopieerd, wordt de distillatie van wijn beschreven (hs. 15624-15641, fol. 6^v, Koninklijke Bibliotheek, Brussel). Het wijndistillaat had bijzondere eigenschappen. Het was niet alleen brandbaar maar het was ook in staat voedingsmiddelen tegen bederf te beschermen. Volgens de middeleeuwers moest deze *aqua* dus ook in staat zijn ons lichaam tegen ziekte, een vorm van bederf, te beschermen. Vandaar dat het ook *aqua vitae* of 'levend water' werd genoemd. Dat water moest echter meermaals gedistilleerd worden zodat het brandbaar was, zo niet zouden de voedingsmiddelen *onneeren* d.w.z. bederven. Daarom diende de brandbaarheid van de *aqua vitae* te worden getest door er een linnen doekje in te drenken en dat vervolgens bij een brandende kaars te houden:

Ende alst lange es gesoden seldi proeven oft dat water bernen wille, want naemdijt langere het soude onneeren alt dandere dus salment proeven met linen cledren ende stekent der in dat nat si. ende stekent an tvier of an .1. kersse.

Opmerkelijk was ook dat olie op deze *aqua vitae* gegoten niet zoals bij gewoon water boven dreef, maar naar de bodem zonk:

Ende dit water es subtiel ende claer ende licht boven alle watere, ende het verlicht boven allen liquoren ende boven alle olien, want die gote olye in dit water het soude sinken, ende gote men dit watere boven olye het soude boven vlieten.

Vandaar dat naast de **brandproef** ook de **olieproef** werd aangewend om te controleren of de *aqua vitae* wel 'goed en oprecht' was.

De buskruitproef en de Hollandse proef

Tegen het einde van de 15de eeuw werd het geneesmiddel *aqua vitae* een genotmiddel brandewijn genaamd. Het brandewijnverbruik nam tijdens de 16de eeuw sterk toe en in de 17de eeuw werd brandewijn uit wijn, granen of suikerriet geproduceerd, een wereldwijd verspreid handelsproduct en verkocht aan de minimale sterkte waarbij hij de brand- en olieproef nog doorstond.

In *De Veltbouw ofte Lantwinninghe* van Kaerle Stevens en Jan Libaut in 1632 te Amsterdam uitgegeven, worden verschillende mogelijkheden beschreven om de sterkte van de brandewijn in te schatten:

Voorts soo sal men by dese tekenen weten dat de ghebrande-wijn ghenoech is ghedistilleert, ist dat hy soo veel over comt als hy in ghedaen wort of dat hy ontsteken zijnde droege uyt brant ofdat een doecxken daer in nat gemaect ontsteken zijnde niet verbrant en wort oft dat een druppel olie daer in gedrupt te gronden gaet, dat een druppel van den ghebranden-wijn in de palm van der hant gedrupt terstont vervliegt oft dat de geheele emmer barnende daer in gheleyt niet uyt en gaet oft dat de camphre daer in smilt.

De proef met kamfer kan raar overkomen. In die tijd werd buskruit vermengd met kamfer ter vermindering van de kruitdamp die niet alleen hinderlijk was voor de schutter maar ook zijn locatie aanduidde. Dat mengen was slechts mogelijk wanneer de kamfer eerst in brandewijn werd opgelost. Daartoe mocht deze niet te veel water bevatten. De kamfer werd later vervangen door het meer verspreide buskruit, niet verwonderlijk daar soldaten en matrozen de grootste kenners en afnemers van brandewijn waren... Dat leidde tot de **buskruitproef** zoals men kan lezen in *De Geheimen der Wynen, Liqueuren en Bieren* in 1792 te Amsterdam uitgegeven:

Wanneer men in een leepel, of potje een weinig Buskruit doet, en een weinigje van den overgehaalden Brandewyn, en dit met een zwavelstok aangestoken hebbende, bevind, dat de Geest verteerd zynde, het kruid van zelve brand en verteert: 't welk doch niet geschieden zal, als door de phlegma van den Brandewyn, het kruid vochtig geworden is.

Wanneer buskruit vermengd met brandewijn in contact werd gebracht met vuur en geen vuur vatte, bevatte de brandewijn nog te veel water en was hij *under proof*. Van zodra het buskruit wel vuur vatte was de brandewijn op *proof*. Bevatte de brandewijn weinig water dan was hij *over proof* en werd hij met water tot *proof* verdund.

In hetzelfde boekje wordt ook de volgende proef beschreven:

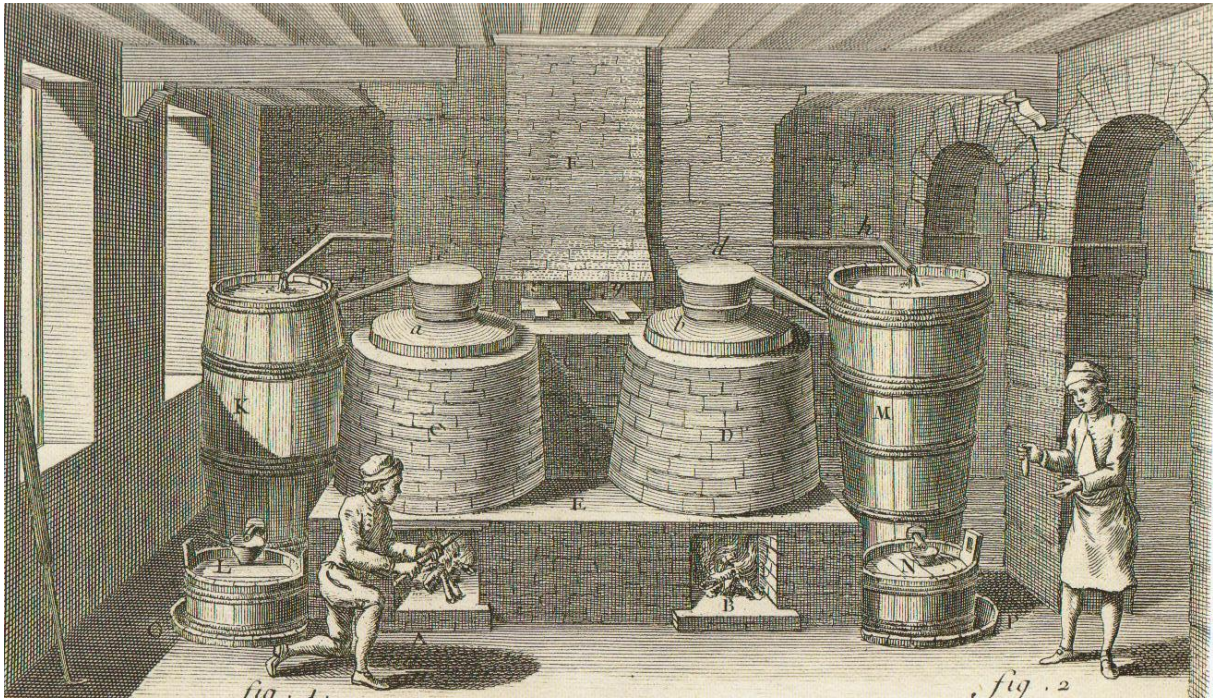
Om hier nu eene proef van te nemen, of de overgehaalde Brandewyn goed zy, zo doe'er wat van in een flesje, schud het in de hand om, tot de blaazen boven aan het glas koomen, hoe langer dezelve daar in blyven, hoe beter en sterker de Brandewyn is.

Van zodra de brandewijn na het heftig schudden in een proefbuis aan het oppervlak een parelkrans vormde, was hij op *proof* en kon hij in de handel gebracht worden. Deze manier om de sterkte van brandewijn te bepalen noemde men de Hollandse proef of *épreuve d'Hollande*.

Wanneer de brandewijn te sterk d.w.z. boven *proof* was, diende men er water aan toe te voegen (*Geheym der Wynen ontdekt*, 's Graavenhaag, 1730):

Als de Gedistilleerde Wateren boven Proef zyn, zoo houden die geen belletjes op, en onder de Proef zynde, ook niet; die boven Proef zyn, kunt gy met een droppel Regenwater of twee in een Roomer probeeren, en dan te zamen geschud, of het zyn Proef houdt, en naa advenant op het Vat Regenwater doen.

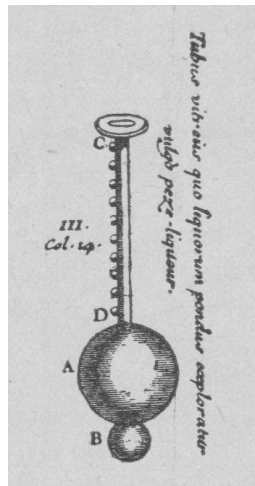
In de Republiek der Verenigde Nederlanden en in Frankrijk ((figuur 1) gebruikte men bij voorkeur de Hollandse proef, in de Engelssprekende landen de buskruitproef en in de Duitssprekende landen de olieproef. Bij de internationale handel in brandewijn werden al deze analysemethoden door elkaar gebruikt. Zij zullen nog tot ver in de 19de eeuw in voege blijven.



Figuur 1. Stoker bepaalt de alcoholsterkte volgens de Hollandse proef (*épreuve d'Hollande*).
 Afbeelding uit de *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Diderot et d'Alembert, 1750-1765.

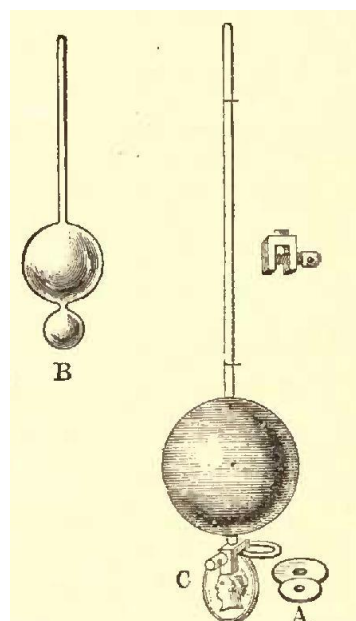
***The New Essay Instrument* van Robert Boyle**

De oorspronkelijke vorm van de alcoholmeter zoals we die nu kennen, danken we aan Robert Boyle (1627-1691). Deze Engelse chemicus, als hoogleraar verbonden aan de universiteit van Oxford, werd in 1669 door de overheid gevraagd vervalsingen van gouden munten (guineas) met zilver op te sporen. Hij maakte hiertoe *A New Essay Instrument* waarvan de werking gesteund was op de wet van Archimedes (287-212 v. Chr.): de opwaartse kracht die een lichaam in een vloeistof ondervindt is even groot als het gewicht van de verplaatste vloeistof. Boyle's instrument was in feite een heruitvinding van de hydrometer van Hypathia, de leermeester van Synesios die tijdens de 4de eeuw werkzaam was aan de hogeschool van Alexandrië. In een brief aan Hypathia vroeg de zieke Synesios of ze een hydrometer wou maken waarmee hij de zuiverheid van zijn drinkwater kon controleren. Hij vermoedde immers dat zijn ziekte toe te schrijven was aan bevuild water. De hydrometer van Hypathia was een glazen cilindrisch staafje onderaan verzwaard om het in water in een verticale positie te houden. Op het staafje was een streepje gegraveerd tot waar de hydrometer in zuiver water mocht zinken. Soortgelijke hydrometers werden ook door de Romeinen gebruikt en enkele worden bewaard in het History of Science Museum (Museo Galileo) te Firenze. Ze bestaan uit glas maar de verdeling op de steel is niet door strepen, maar door opgesmolten glazen bolletjes aangegeven (figuur 2).



Figuur 2. Romeinse hydrometer, History of Science Museum (Museo Galileo), Firenze.

Boyle's *New Essay Instrument* bestond uit een lange steel eindigend op een met kwik verzwaarde bol waaraan de munt C kon worden opgehangen (figuur 3). Bij gebruik van lichtere muntstukken (half-guineas) kon het instrument verzwaard worden door het gebruik van circulaire loden plaatjes (A). Daar een met zilver vervalst muntstuk minder diep in het water zonk, kon een vervalsing worden aangetoond. Boyle demonstreerde deze uitvinding bij de *Royal Society* in 1669 en publiceerde ze in *The Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, no. 115 van juni 1675. Hij ontwikkelde ook *a small glass instrument for estimating the specific gravity of liquors*. Dat instrument (B) bestond uit een steel eindigend op een grote en kleine bol. De onderste kleine bol was gevuld met kwik of loodhagel zodat het instrument verticaal dreef. De hoeveelheid kwik of loodhagel was afhankelijk van de densiteit van de vloeistoffen waarvoor het instrument moest dienen.



Figuur 3. Boyle's *New Essay Instrument* voor het opsporen van met zilver vervalste gouden munten en het 'instrument' (B) om het specifiek gewicht van vloeistoffen te schatten. Afbeelding uit *The Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, n° 115, 1675.

De vochtwegers van Jan van Musschenbroek en Gabriël Fahrenheit

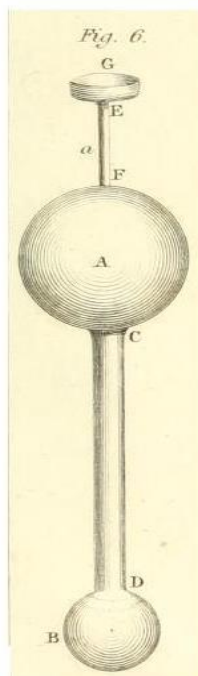
Het artikel van Robert Boyle in de *The Philosophical Transactions of the Royal Society of London* kreeg heel wat aandacht en zijn instrument om het specifiek gewicht van vloeistoffen te schatten inspireerde heel wat wetenschappers en instrumentenmakers. In de Republiek der Verenigde Nederlanden construeerden de in de Nederlanden werkende Duitse instrumentenmaker Daniël Fahrenheit (1686-1736) en de Leidse instrumentenmaker Jan van Musschenbroek (1687-1748) een 'vochtweger' of 'waterweger' die ook bij het 'wegen' van brandewijn kon gebruikt worden. Dat was niet zo verwonderlijk daar de Republiek der Verenigde Nederlanden toen samen met Engeland de brandewijnmarkt beheerste.

De glazen **vochtweger van Fahrenheit**, uitvinder van een thermometer en barometer, is beschreven en afgebeeld *The Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, n° 384, 1724. Hij bestond uit een kleine bol B gevuld met kwik, een dikkere holle cilinder CD, een met luchtgevulde bol A met daarboven een kleine dunne steel EF met merkstreepje a. Op de kleine steel was een schaal G gelast (figuur 4). Vooraf werd het gewicht Q van de vochtweger bepaald. De vochtweger werd dan in gedistilleerd water gedompeld en op het schaalje werden gewichtjes p gelegd totdat de vochtweger tot het merkstreepje a zonk. Vervolgens werd de vochtweger in brandewijn gedompeld en voorzien van de gewichtjes p' waardoor hij eveneens tot de merkstreep a zonk.

Met de formule:

$$D = \frac{Q + p}{Q + p'}$$

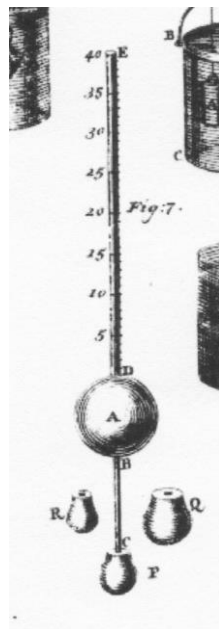
kon de densiteit van de brandewijn benaderend bepaald worden.



Figuur 4. De vochtmeter van Gabriël Fahrenheit. Afbeelding uit *The Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, n° 384, 1724.

De **vochtweger van Jan van Musschenbroek** is afgebeeld en beschreven door zijn broer Pieter in de *Elementa Physicae Conscripta in usus Academicos* (Leiden, 1726). Pieter van Musschenbroek was de uitvinder van de Leidse fles en werd aangezien als één van de grootste natuurkundigen van zijn tijd. Zijn boek werd dan ook in verschillende talen vertaald.

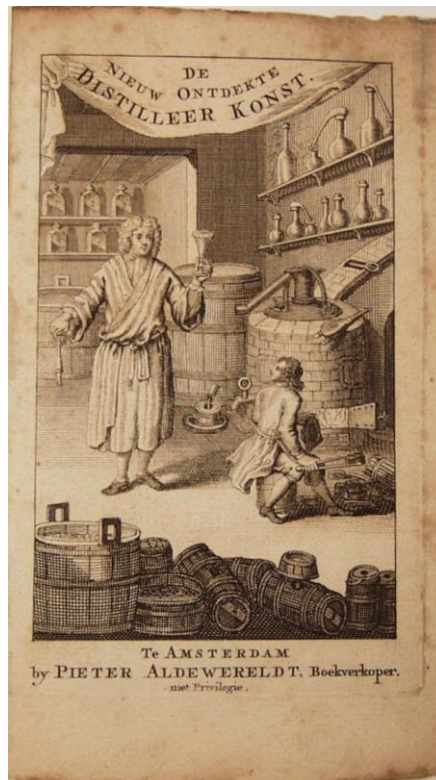
De vochtweger van Jan van Musschenbroek bestond uit een holle halfgouden bol A waar onderaan een dikke koperdraad was gevestigd eindigend op een schroefdraad waarmee meerdere gewichtjes P, Q, R,... konden worden aangebracht (figuur 5). Het gewichtje Q was het zwaarst, het gewichtje R het lichtst en het gewichtje P lag er tussenin. Bovenaan de bol was er een koperen holle cilinder DE gelast die in 40 gelijke delen was verdeeld. Wanneer het gewichtje P was opgeschroefd, moest de vochtweger in regenwater zinken tot de maatstreep E. Wanneer men de vochtweger in een andere vloeistof dompelde die 40 gram meer woog dan dezelfde hoeveelheid regenwater, dan zonk hij tot de maatstreep D. Bij het gebruik van het gewichtje R diende de vochtweger in zuivere alcohol te dalen tot E. Maar wanneer men hem in goede moutwijn dompelde dan zonk hij tussen D en E waardoor men het specifiek gewicht van de alcoholische vloeistof kon schatten en een idee kreeg van de sterkte van de moutwijn. Het gewichtje Q werd gebruikt voor vloeistoffen met een grotere densiteit dan regenwater zoals een suiker- of zoutoplossing.



Figuur 5. Vochtweiger van Jan van Musschenbroek. Afbeelding uit *Elementa Physicae Conscripta in usus Academicos*, Pieter van Musschenbroek, 1726.

De vochtmeter van Jan van Musschenbroek kende geen grote bijval. Hij was duur, werd zoals alle metalen hydrometers in vloeistoffen moeilijk bevochtigd en de bol was bovendien zeer deukgevoelig. De voorkeur van de toenmalige fysici ging uit naar de preciezere en goedkopere glazen vochtweiger van Fahrenheit.

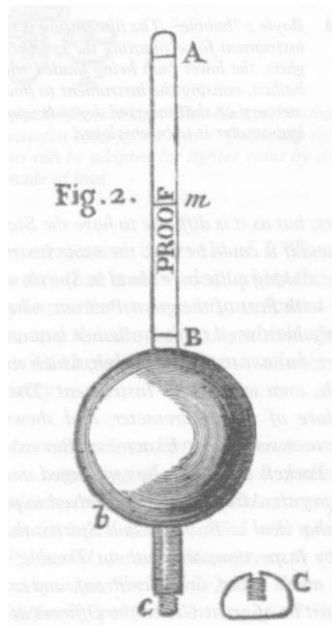
Of deze vochtwegers toen door de Hollandse stokers werden gebruikt, is moeilijk te achterhalen. Wel staat op de titelpagina van het boek *De nieuw ontdekte Distilleer Konst*, in 1736 bij Pieter Aldewereldt te Amsterdam uitgegeven, een stoker afgebeeld die de densiteit van de brandewijn bepaalt (figuur 6). Zeker is dat de hydrostatische balans en de picnometrie die de densiteit van vloeistoffen met een grotere precisie konden bepalen, in de stokerijen geen ingang vonden. Deze instrumenten waren immers op de werkvloer minder gebruiksvriendelijk.



Figuur 6. Titelpagina van *De nieuw ontdekte Distilleer Konst* (1736). Bemerkt de vochtweger en het maatglas in de handen van de stoker.

De hydrometers van Clarke, Sykes en Dica

Enkele jaren na Jan van Musschenbroek construeerde ook de Engelse instrumentenmaker **Clarke** een 'vochtweger' die hydrometer of areometer werd genoemd. De naam areometer is afgeleid van het Griekse *αραιός* (ijl of dun) en *μετρέω* (meten), dus een instrument om het verschil in dunheid van de vloeistoffen te meten. In de 19de eeuw zal ook de naam densimeter ingang vinden. Clarke inspireerde zich op de vochtweger van Jan van Musschenbroek. Een beschrijving van zijn hydrometer met tekening vinden we in de *Philosophical Transactions* n° 413 van maart en april 1730. Clarke's hydrometer (figuur 7) bestond uit een holle koperen bol b die onderaan was voorzien van een kleine ronde steel eindigend op een schroefdraad c. Bovenaan was de bol voorzien van een platte stift waarop de merktekens m, A en B waren gegraveerd. Op de schroefdraad c konden gewichtjes van verschillende gewicht worden geschroefd. Wanneer de hydrometer, voorzien van het gewichtje C, in brandewijn zonk tot het merkteken m, dan was deze op *proof*. Deze alcoholsterkte kwam overeen met de *proof* van de buskruitproof. Zonk de hydrometer tot A dan was hij *1/10 above proof*, zonk hij tot B dan was hij *1/10 under proof*. De hydrometer was voorzien van 32 verschillende gewichtjes waardoor hij aangepast kon worden aan brandewijn die meer dan *1/10* van *proof* afweek. Verder had men nog 11 kleinere gewichtjes, de zogenaamde *weather weights*, waarmee rekening kon worden gehouden met de temperatuur van de brandewijn. Deze *weather weights*, geschikt voor opeenvolgende temperatuurverschillen van 5 °Fahrenheit werden over de platte stift geschoven.

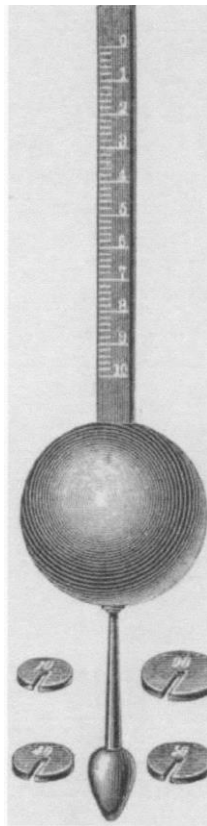


Figuur 7. De hydrometer van Clarke. Afbeelding uit de *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, n° 413, 1730.

De hydrometer van Clarke werd reeds in 1730 het standaard instrument van de Engelse accijnzen. Dat was zeer tegen de zin van de Engelse stokers. Voorheen werd de accijns bepaald op het volume brandewijn. Daarom vulden de stokers hun vaten met zo geconcentreerd mogelijke brandewijn. Na de accijnsbepaling werd die dan tot *proof* verdund. De hydrometer van Clarke bleef in gebruik tot 1787. Dan werd hij vervangen door de meer nauwkeurige hydrometer van de accijnsambtenaar **Sikes** (figuur 8). Onderaan de holle koperen bol was er een korte steel met een koperen gewicht en bovenaan een balkvormige steel waarop te beginnen van boven, een tiendelige schaal was aangebracht. De tien gelijke delen waren op hun beurt nog in vijf gelijke delen onderverdeeld. Met 10 delen, elk onderverdeeld in 5 kon men dus 50 aflezingen maken. Deze verdeling was arbitrair en gaf noch het specifiek gewicht noch de alcoholsterkte aan. Met de op de steel afgelezen waarde kon men in een tabel of met de rekenlat de alcoholsterkte uitgedrukt in *proof*, *over proof* of *under proof* aflezen. Bij 60 °F correspondeerden deze aflezingen met alcoholsterkte van 70,0 *over proof* tot 58,2 *over proof*. Voor het bepalen van lagere alcoholsterktes beschikte men over 9 gewichtjes, genummerd van 10, 20, 30 en zo verder tot 90, die over de steel kunnen worden geschoven. Dat liet 500 aflezingen mogelijk van 70,0 *over proof* tot nul. Verder had men nog een koperen kapje dat bovenaan de steel kon worden aangebracht. Het gewicht ervan was exact 1/12 van het gezamenlijk gewicht van de hydrometer en het gewichtje 60. Wanneer men de hydrometer voorzien van het gewichtje 60 en het kapje in gedistilleerd water bij 51 °F dompelde, dan zakte de hydrometer tot de maatstreep 0,8 (wat in de tabel afgelezen werd als 60,8). Deze maatstreep noemt men de *proof maatstreep*. Dompelde men nu de hydrometer enkel voorzien van het gewichtje 60 in *proof spirit* bij 51 °F, dan zonk de hydrometer eveneens tot 0,8.

De hydrometer van Sikes zal tot 1980 de officiële hydrometer van de Engelse accijnzen blijven. Hierna werd hij vervangen door de alcoholmeter van Gay-Lussac. Sterk gelijkend op de hydrometer van Sikes was deze van de instrumentenmaker **Dicas** uit Liverpool. Deze hydrometer werd door een *Act of Congress* van 19 juli 1790 de US standaard hydrometer en werd ook in de Republiek der Nederlanden gebruikt.

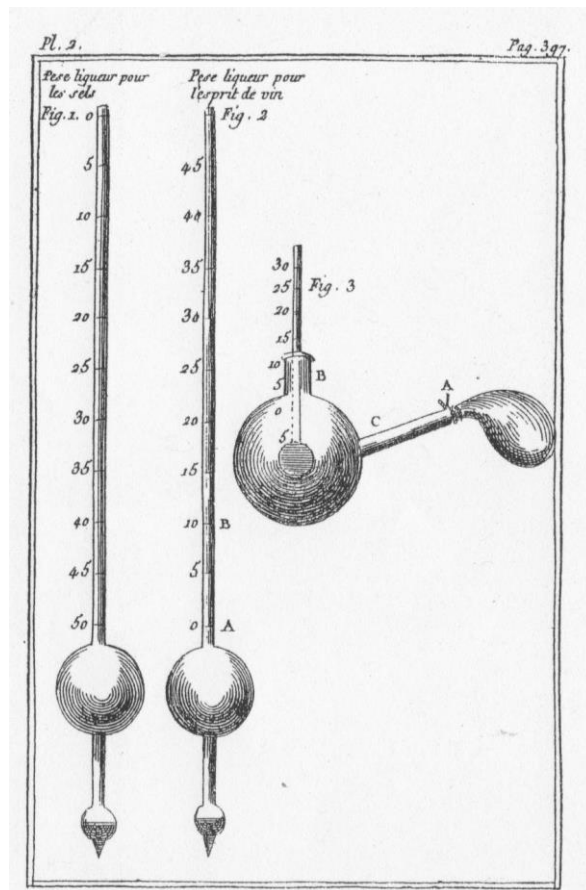
De Engelse hydrometers kwamen ook op het Europese vasteland in gebruik en werden daarom voorzien ofwel van gewichtjes ofwel van een rekenlat waarmee men een verband kon leggen met de Hollandse proef, de buskruitproef en de olieproef.



Figuur 8. Hydrometer van Sikes. Afbeelding uit *Alcohol, its production, properties, chemistry and industrial applications*, C. Simmonds, 1919.

De volumehydrometers van Baumé, Cartier en de Nederlandsche vochtweger

De hierboven besproken hydrometers zijn gewichtshydrometers. Deze hebben een constant volume en een variabel gewicht. De volumehydrometers daarentegen hebben een constant gewicht en een variabel volume. De eerste volumehydrometers voor vloeistoffen zwaarder of lichter dan water werden geconstrueerd door de Parijse apotheker **Antoine Baumé** (1728-1804). Ze waren uit glas gemaakt en bestonden uit een grotere steel waaraan een met lucht gevulde bol was gelast en aan deze een kleinere steel met kleine bol gevuld met kwik. In 1768 stelde hij een alcoholmeter voor die hij *pèse-liqueur* of *pèse-alcool* noemde (figuur 9). Voor het maken van de schaalindeling dompelde hij de alcoholweger in een oplossing van 10 delen zuiver zeezout en 90 delen gedistilleerd water bij de keldertemperatuur van 10 °Réaumur (12,5 °Celsius). Op het scheidingsvlak lucht/zoutoplossing (A) ietwat boven de bol gevuld met lucht gelegen, bracht hij het merkteken nul aan. Vervolgens werd het instrument gewassen en in gedistilleerd water gedompeld. Daar de densiteit van water kleiner is dan deze van de zoutoplossing, zonk de alcoholmeter dieper en werd op het scheidingsvlak lucht/water (B) de merkstreep 10 aangebracht. De afstand tussen 0 en 10 werd nauwkeurig in tien gelijke delen verdeeld. Deze eerste graadverdeling diende als ijkmaat om de rest van de steel in te delen tot 45.



Figuur 9. De pèse-alcool van Baumé. Middenin de afbeelding van de pèse-alcool (*Eléments de Pharmacie*, Baumé, 1773).

Volgens Baumé kon men met dergelijke alcoholmeter de alcoholsterkte benaderend bepalen. Hij gaf aan de goudsmid **Jean-François Cartier** de opdracht om zijn alcoholmeter te fabriceren. Cartier imiteerde echter deze alcoholweger en bracht hem onder zijn eigen naam op de markt. Hij behield de gradatie 10 (voor zuiver water) en veranderde lichtjes de graadindeling. Zo kwam 30 °Cartier overeen met 32 °Baumé. Ondanks het protest van Baumé werd de pèse-alcool van Cartier in 1771 door het Franse gouvernement als officiële meter aanvaard. Om fraude te voorkomen diende deze echter door een gespecialiseerde overheidsdienst te worden geijkt.

Op basis van hun alcoholsterkte werden de *eau-de-vie*'s door de Franse accijnsdiensten in drie klassen ingedeeld:

<i>eau-de-vie simple</i> :	van 18 tot aan 22 °Cartier
<i>eau-de-vie double</i> :	van 22 tot en met 33 °Cartier
<i>alcool ou esprit-de-vin rectifié</i> :	van 34 tot en met 44 °Cartier

Voor elk van deze klassen was er een bepaalde accijns voorzien. Om de invloed van de accijns op de prijs van hun *eau-de-vie* of *esprit* zo klein mogelijk te houden, commercialiseerden de stokers hun producten steeds aan de hoogste Cartiergraad. Hierdoor was er slechts weinig variatie op de markt waardoor de consument verstoken bleef van tussenliggende concentraties. Verder leidde deze manier van accijnsbepaling tot vele discussies tussen de stokers en de accijnsbeambten bij de grenzen van de drie klassen.

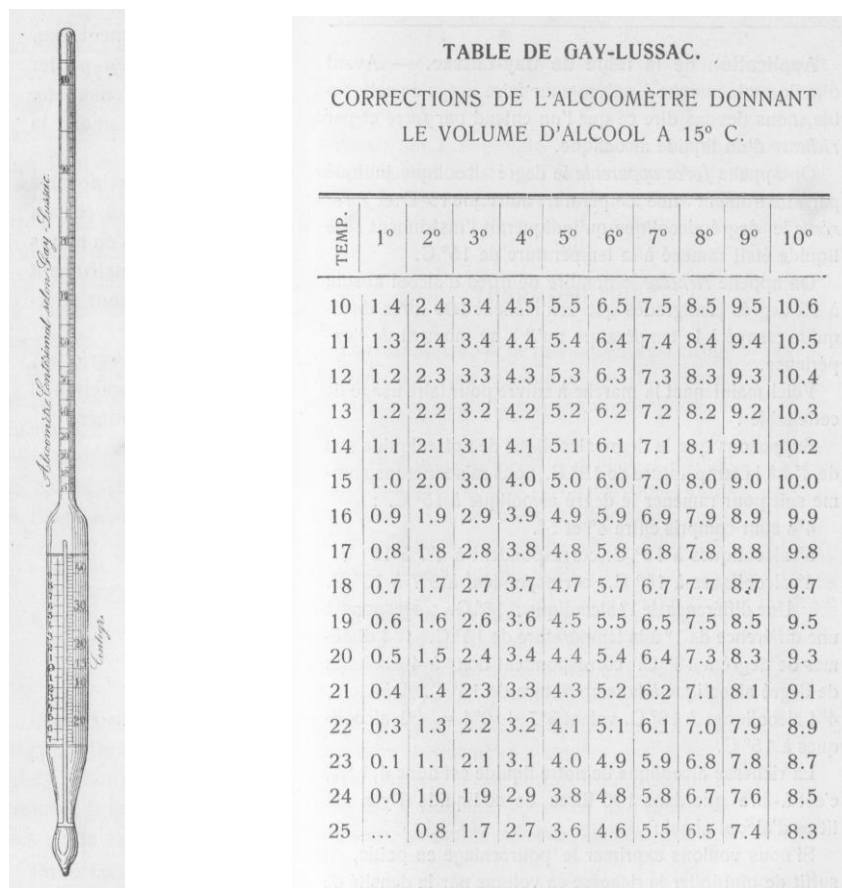
Daarom werden er verschillende andere areometers voorgesteld o.a. door Bories en Lavoisier maar de overheid bleef vasthouden aan de areometer van Cartier.

De areometer van Cartier werd tijdens de Franse Tijd ook in het toenmalige België en Nederland gebruikt. Tijdens het Verenigd Koninkrijk der Nederlanden kwam de **Nederlandsche vochtweger** in gebruik. Deze geleek sterk op de alcoholmeter van Cartier maar had een andere indeling. Dompelde men de Nederlandsche vochtweger in zuiver water en in zuivere alcohol dan zakte hij respectievelijk tot 0 en 38 ° bij een temperatuur van 60 °F. In Duitsland gebruikte men de hydrometer van Beck; voor zuiver water duidde deze bij 60 °F 0 ° aan en voor zuivere alcohol 45 °.

De centesimale alcoholmeter van Gay-Lussac

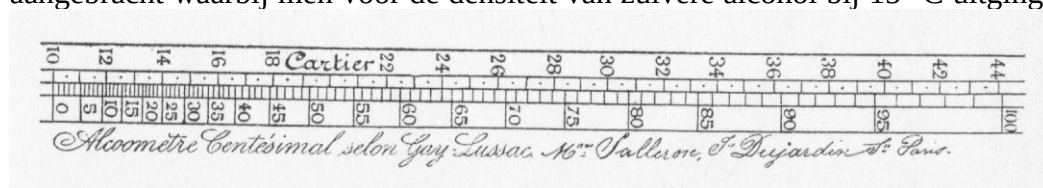
De discussies bij het gebruik van de alcoholmeter van Cartier werden opgelost door de invoering in 1824 van de centesimale alcoholmeter van Gay-Lussac. Met dit instrument kon men onmiddellijk het alcoholgehalte van een *eau-de-vie* uitgedrukt in volumepercent aflezen. Uitwendig geleek de areometer van Gay-Lussac op deze van Baumé (figuur 10). Op de steel was een schaal aangebracht van 0 tot 100. De graad 0 kwam overeen met gedistilleerd water, de graad 100 met zuivere alcohol. De temperatuur waarbij er werd gemeten, was 15 °C, de gemiddelde temperatuur van de wijnkelders in het zuiden van Frankrijk. Voor de constructie van zijn areometer nam Gay-Lussac als densiteit voor water bij 15 °C 1,000 aan, voor absolute alcohol 0,7947. Deze laatste waarde werd met een picnometer of hydrostatische balans bepaald. De absolute alcohol kreeg hij door sterk gerectificeerde alcohol te voorzien van wateraantrekkende ongebluste kalk. Verder diende Gay-Lussac nog rekening te houden met een ander fenomeen: de contractie wanneer alcohol met water werd gemengd. Zo geven 50 liter zuivere alcohol met 50 liter water geen 100 liter maar 96 liter alcoholoplossing. Om hiermee rekening te houden gebruikte Gay-Lussac een maatglas van 1000 ml en goot er 950 ml absolute alcohol in en vulde aan met water tot 1000 ml, beide aan 15 °C. Hij dompelde vervolgens zijn alcoholmeter in dat mengsel en op het scheidingsvlak lucht/mengsel werd op de steel de merkstreep 95 % vol aangebracht. Het maatglas werd vervolgens geledigd en na drogen gevuld met 900 ml absolute alcohol en met water tot 1000 ml gebracht wat de merkstreep 90 % vol opleverde. Zo werd er per 50 ml verder gewerkt zodat men per 5 % vol een merkstreep kreeg. De intervallen werden vervolgens in 5 gelijke delen verdeeld.

Bij het gebruik van de densimeter bij een hogere of lagere temperatuur dan 15 °C diende men rekening te houden met een uitzetting of inkrimping van de *eau-de-vie*. Daarom stelde Gay-Lussac voor temperaturen tussen 0 en 30 °C een tabel op waarmee men het afgelezen alcoholgehalte kon corrigeren.



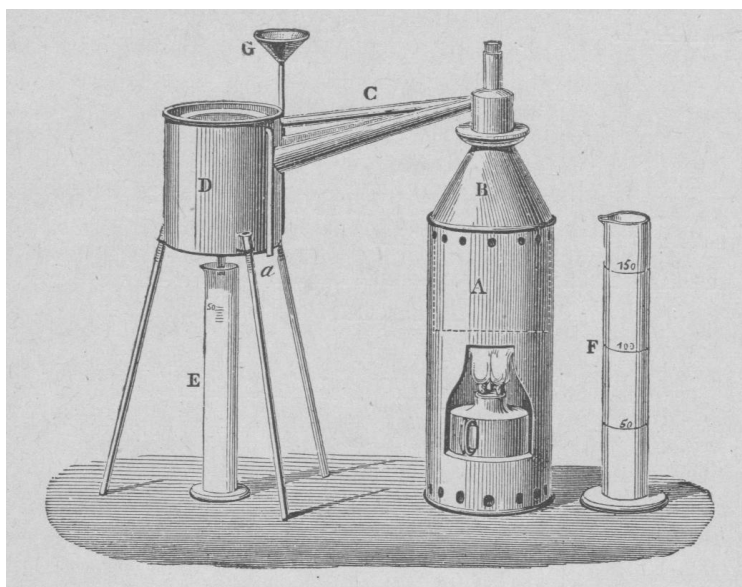
Figuur 10. Alcoholmeter van Gay-Lussac en omrekeningstabel. Afbeeldingen uit *Centenaire de l'alcoolmètre et de l'alambic Gay-Lussac*, Dujardin, 1924.

In 1824 werd de densimeter van Gay-Lussac omwille van zijn exactheid en gebruiksvriendelijkheid door de Franse overheid als officiële meter aanvaard. Om de overgang te maken werden in de handel ook alcoholmeters gebruikt waarop de hoeveelheid alcohol én in °Cartier én in °Gay-Lussac werd weergegeven (figuur 11). Ook bleef men tot ver in de 19de eeuw de Hollandse proef gebruiken. Deze kwam volgens Dujardin overeen met 18,5 à 19 °Cartier of 47 à 50 °Gay-Lussac. Tegen het einde van de 19de eeuw werd de alcohol meestal gecommmercialiseerd als *trois-six* d.w.z. dat drie volumes alcohol gemengd met drie volumes water een alcohol gaven op Hollandse proef. Deze *trois-six* kwam overeen met 33 à 33,5 °Cartier of 85 à 86 °Gay-Lussac. De olieproef kwam overeen met 60 à 61 °Gay-Lussac, de buskruitproef met 57 °Gay-Lussac. In Duitsland, Rusland en Italië gebruikte men voornamelijk de hydrometer van Tralles die het alcoholgehalte ook uitdrukte in % vol. Wegens vele niet al te beste imitaties dienden de centesimale alcoholmeters vanaf 1881 door de Franse overheid te worden geijkt. In 1884 werd er door de wetgever een lichte wijziging aangebracht waarbij men voor de densiteit van zuivere alcohol bij 15 °C uitging van 0,79433.



Figuur 11. Schaalindeling van een alcoholmeter volgens Cartier en Gay-Lussac. Afbeelding uit *Centenaire de l'alcoolmètre et de l'alambic Gay-Lussac*, Dujardin, 1924.

Voor de bepaling van het alcoholgehalte van wijn en likeuren liet Gay-Lussac een kleine alambiek construeren (figuur 12). Gay-Lussac distilleerde van 150 ml wijn 50 ml over en ging er van uit dat deze 50 ml alle alcohol van het product bevatte. Op deze wijze kon men de kwaliteit bepalen van de wijn die men wou distilleren en de efficiëntie van het distilleren nagaan. De centesimale alcoholmeter van Gay-Lussac werd pas in 1892 door de Belgische Douane en Accijnzen ingevoerd. Verder diende elke stokerij over een kleine proefalambiek te beschikken om de alcoholsterkte van het vergiste beslag te bepalen.



Figuur 12. Proefalambiek van Gay-Lussac. Afbeelding uit *Centenaire de l'alcoolmètre et de l'alambic Gay-Lussac*, Dujardin, 1924.

Vandaag wordt het alcoholgehalte van alcoholhoudende dranken wereldwijd in % vol weergegeven. Volgens de Verordening (EEG) nr. 1576/89 van de Raad van 29 mei 1989 tot vaststelling van de algemene voorschriften betreffende de definitie, de aanduiding en de aanbestedingsvorm van gedistilleerde dranken dient de bepaling van het alcoholgehalte echter bij 20 °C, dus dicht bij kamertemperatuur, te gebeuren.

Geraadpleegde literatuur

Baumé A., *Éléments de Pharmacie*, Paris, 1773.

Dujardin J., *Recherches rétrospectives sur l'art de la distillation*, Paris, 1900.

Dujardin J., *Centenaire de l'alcoolmètre et de l'alambic Gay-Lussac*, Paris, 1924.

Lacambre G., *Traité complet de la fabrication des bières et de la distillation des grains, pommes de terre, vins, betteraves, mélasses etc.*, Bruxelles, 1851.

Simmonds C., *Alcohol, its production, properties, chemistry and industrial applications*, MacMillan and Co, 1919.

van Musschenbroek P., *Elementa Physicae Conscripta in usus Academicos*, Leiden, 1726.