

CHEMISCH WEEKBLAD

ORGAAN VAN DE NEDERLANDSE CHEMISCHE VERENIGING

INHOUD

	Biz.		Biz.
Verhandelingen, Overzichten, Verslagen	185	Boekbesprekingen.	195
Prof. Dr. R. Hooykaas, Kristalsplijting en kristalstructuur van gips.		Personalia	197
Laboratoriummededelingen.	191	Verenigingsnieuws	197
Drs. Sj. Kaarsemaker, Gebruik van contact-thermometers voor regeling van nauwkeurige thermostaten.		Mededelingen van het Secretariaat. — Secties. — Chemische Kringen.	
Ir. J. H. Förch, Het flessenrek op de werktafels.		Mededelingen van verwante verenigingen	198
Uit Wetenschap en Techniek	192	Mededelingen van verschillende aard	199
Antibiotica: C. Nieman, Antibiotica afkomstig uit het hogere plantenrijk. Nadere beschouwing van het begrip antibioticum.		Wij ontvingen.	200
Steenkoolchemie: Peter W. Sherwood, Nieuwe perspectieven voor de steenkoolchemie.		Vraag en Aanbod	200
Jubilea: De Vereniging van Raadgevende Scheikundigen veertig jaar.		Aangeboden betrekkingen	200
		Verbetering	200
		Gevraagde betrekkingen	200
		Agenda van Vergaderingen	200

Verhandelingen, Overzichten, Verslagen

Kristalsplijting en kristalstructuur van gips

door R. Hooykaas

548.24 : 549.766.21

The first theory of crystal structure starting from the phenomena of cleavage has been propounded by *Philippe de la Hire* in 1710 for twin crystals of gypsum. An elaborate critical analysis of *la Hire's* paper is given; his observations and conclusions are compared with those of *Romé de Lisle*, *Haüy* and modern crystallography.

1. De splijting van kalkspaat.

Reeds aan het eind van de 17e eeuw was bekend dat het IJslandse spaat (Cristal d'Islande) evenwijdig aan de vlakken die het uitwendig begrenzen splijtbaar is. *Erasmus Bartholinus* vermeldt (1669), dat de vorm van de door splijting verkregen stukken gelijk is aan die van het gehele kristal¹⁾ en dat de hoeken tussen de ribben in een vlak 101° en 79° zijn en de tweevlakshoek $103^\circ 40'$ is²⁾.

Christiaan Huygens geeft (1678) aan voor de hoeken tussen de ribben in een vlak $101^\circ 52'$ en $78^\circ 8' 3)$ en voor de tweevlakshoek $105^\circ 4)$ en constateert eveneens, dat de splijting verloopt evenwijdig aan de vlakkenparen⁵⁾.

*Bartholinus*⁶⁾ was van mening, dat het „IJslandse kristal” dichter bij het bergkristal dan bij gips (talcum) staat. *Huygens* echter meent op grond van de dichtheid, de splijtbaarheid en de hardheidsgraad, dat het dichter bij gips dan bij bergkristal staat.

...il faut plutôt l'estimer être une espèce de talc que non plus du cristal⁷⁾.

In 1710 werd door de Franse physicus *Philippe de la Hire* (1640—1718) een verhandeling voorgelezen in de Académie des Sciences, waarin ook hij tegenover *Bartholinus* betoogt, dat het IJslandse kristal eerder aan het gips dan aan het bergkristal verwant is en wel op grond van twee belangrijke eigenschappen, de dubbele breking (een verschijnsel, dat door hem het eerst ook bij gips waargenomen

werd⁸⁾) en de splijtbaarheid.

Ce n'est pas sans raison qu'on peut appeler cette pierre plutôt un *Talc* qu'un *Cristal*, puisqu'une de ses principales propriétés est de se fendre assez facilement⁹⁾.

Het kalkspaat wordt daarom door hem als „IJslandse talk” (talc d'Islande) en niet als „IJslands kristal” (cristal d'Islande) betiteld. Voor de hoeken tussen de ribben in een vlak geeft hij aan $101^\circ 30'$ en $78^\circ 30'$, voor de tweevlakshoeken 105° en $75^\circ 10)$; zeer nauwkeurige waarden dus¹¹⁾. IJslandse spaat en gips worden nu beiden als „talksoorten” beschouwd: respectievelijk als „Talc d'Islande” en „Talc de Plâtre”, terwijl daarnaast nog weer onderscheiden wordt de gewone talk, „Talc ordinaire”¹²⁾.

2. De gipsstructuur volgens la Hire.

Het zwaartepunt van *la Hire's* betoog ligt in de beschrijving van de splijting van z.g. Parijse tweelingkristallen van gips, die hij vergelijkt met pijlpunten (fer de flèche)¹³⁾. Hij heeft hier het oog op die tweelingkristallen van gips, welke door *Romé de Lisle* later „talc de Montmartre”¹⁴⁾ en „sélénite cunéiforme”¹⁵⁾ en door *Haüy* „fer de lance” genoemd zouden worden¹⁶⁾.

Gips (monoklien holoëdrisch)¹⁷⁾ kristalliseert dikwijls (zie fig. 1) met de vormen f (110), l (111) en p (010). Het rhomboëdale vlak p zal bij ideale ontwikkeling de hoeken $52^\circ 29'$ en $127^\circ 31'$ hebben. De tweevlakshoek $f\hat{f}$ is $111^\circ 30'$; de tweevlakshoek $\hat{l}l$ is $143^\circ 30'$. Indien n ($\bar{1}11$) ontwikkeld is, is $n\hat{n}$ $128^\circ 32'$.

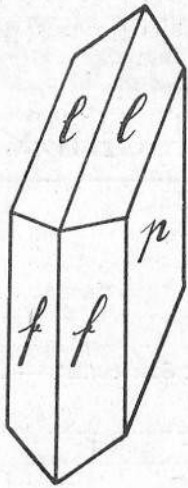


Fig. 1. Gipskristal (Passy).

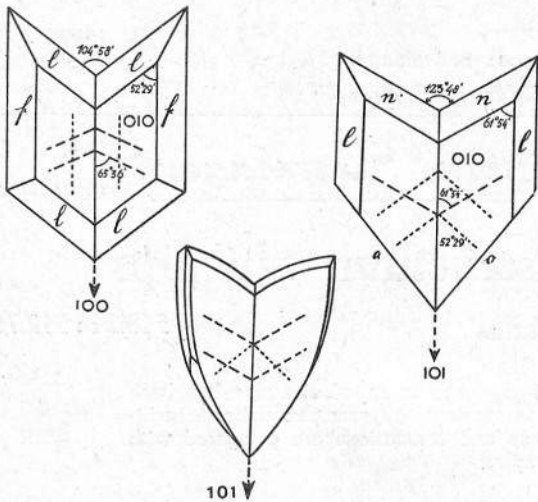


Fig. 2. „Echte” zwaluwstaart van gips.
 Fig. 3. Parijse zwaluwstaart van gips.
 Fig. 4. Parijse pijlpunt van gips.

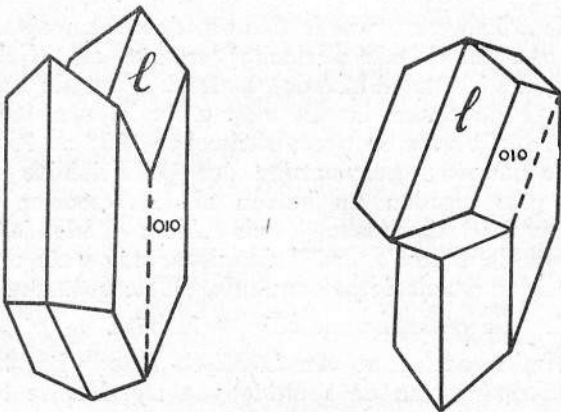


Fig. 5a. „Echte” zwaluwstaart.
 Fig. 5b. Parijse zwaluwstaart.

De splijting kan zijn vezelsplijting naar n ($\bar{1}11$); de zeer volkomen splijting met paarlmoerglans naar p (010) en de schelpbreuk naar a (100).

Als tweelingvormen treden op: 1°. de z.g. „echte” Zwaluwstaarttweelingen (afb. 2). Ze zijn vergroeid volgens (100), d.i. volgens het vlak, dat het prisma f „recht afstompt”. De inspringende hoek is $104^{\circ}58'$ ($2 \times 52^{\circ}29'$); de hoek van de „hoorn” is dus $52^{\circ}29'$. De vlakken l , f en p zijn ontwikkeld. De evenwijdig aan het tweelingvlak verlopende schelpbreuk (100) (stippellijn) en de een hoek van $65^{\circ}36'$ met de „middel-

lijn” makende vezelbreuk (111) (streepjes) zijn dikwijls zichtbaar, terwijl de paarlmoerbreuk de volkomen splijtbaarheid evenwijdig aan het vlak van tekening veroorzaakt.

2°. de z.g. Parijse tweelingen. Ze zijn vergroeid volgens (101) d.i. volgens het vlak, dat de ribbe ll recht afstompt. De inspringende hoek is $123^{\circ}48'$ ($2 \times 61^{\circ}54'$); de hoek van de „hoorn” is dus $61^{\circ}54'$. De vlakken n (111), l (111); p (010) en meestal ook o ($\bar{1}03$) zijn ontwikkeld (zie afb. 3). De splijtingsrichting van de vezelbreuk n maakt een hoek van $61^{\circ}54'$ met de middellijn. De richting van de schelpbreuk (100) maakt een hoek van $52^{\circ}29'$ met de middellijn. Meestal vervloeien l en o tot één enkel gekromd vlak en is ook n afgerond. (zie fig. 4). De onderlinge verhouding in ligging der beide typen van tweelingkristallen wordt afgebeeld in fig. 5a en b.

N.B. De benaming „zwaluwstaart” wordt door sommige auteurs uitsluitend aan de kristallen van de vorm van fig. 3, door anderen aan die van fig. 4 toegekend. Wij volgen hier het leerboek van Klockmann uitsluitend om praktische redenen en noemen de vorm als afgebeeld in fig. 2 de „echte” zwaluwstaart.

La Hire haalt ze uit de „carrières de plâtre” bij Parijs en stelt vast, dat de beide helften zelden even groot zijn. Meestal zijn ze wit en doorzichtig, maar soms roodachtig geel (fig. 6). Ze zijn in de lengte gedeeld volgens AB, naar een vlak loodrecht op ABCD. De zijvlakken vormen geen rechte hoeken met het vlak ABCD, maar hoeken van 75° of het supplement daarvan, 105° . (In fig. 1 is $\hat{l}p$ $110^{\circ}44'$;

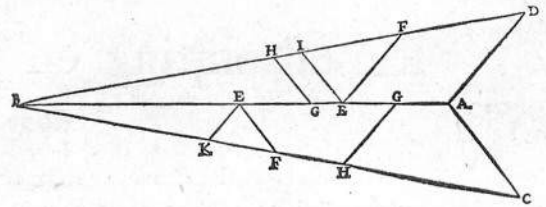


Fig. 6. Giptweeling (fer de flèche) naar la Hire.

$\hat{l}p$ $108^{\circ}15'$). La Hire heeft blijkbaar splijtstukken gehad of onvolledige kristallen, waarvan telkens slechts één der n - of l -vlakken (van fig. 1) aanwezig was. Hij merkt op, dat de zijvlakken barsten (félures) vertonen in hun lengte (dus volgens p (010)) en dat er op ABCD scheuren voorkomen als EF, die met de middellijn AB een hoek AEF van ongeveer 60° maken (de splijting volgens n maakt in werkelijkheid een hoek van $61^{\circ}54'$ met de middellijn) en als GH, die de hoek BGH van 50° daarmee maken (de schelpbreuk a (100) maakt er een hoek van $52^{\circ}29'$ mee). Als deze twee lijnen elkaar ontmoeten is de scherpe hoek dus 70° 18).

De meest lamellen („lames”), verkregen door splijting (volgens 010), vallen volgens la Hire gemakkelijk uiteen in driehoekige figuren, waarvan de hoeken steeds zijn 50° , 60° en 70° ; soms ook in parallelogrammen, die samengesteld zijn uit twee van die driehoeken.

La Hire komt nu tot de hypothese, die de kern van het hele betoog vormt. Het kristal is opgebouwd uit kleine, driehoekige plaatjes met hoeken van 50° , 60° en 70° , zoals door splijting zeer waarschijnlijk gemaakt wordt. Hoewel het vanwege de geringe dikte niet te controleren is, is het toch wel waarschijnlijk, dat de zijvlakken der plaatjes hoeken van 75° en 105° met de driehoekige vlakken maken, zodat bij opeenstapeling der uit de driehoekjes opgebouwde lamellen inderdaad de waargenomen hoek van 75° optreedt.

On peut conjecturer de là assez vraisemblablement que la masse de ces morceaux de Talc n'est composée que de lames très-déliées et qui ne sont pas fort attachées les unes aux autres, et que chacune de ces lames est formée par de petites lames triangulaires qui en sont les éléments, lesquelles sont fortement collées ensemble par leurs côtés, ce qui fait qu'elles ont beaucoup de fermeté, quoiqu'elles soient terminées. Chacun de ces petits triangles élémentaires ayant trois angles aigus et irrégaux de 50, 60 et 70 degrés, comme on le voit dans les morceaux de ces lames qui se rompent, lesquelles ne sont que des assemblages de ces mêmes triangles élémentaires qui forment des triangles semblables à leurs éléments; car ces lames qui sont assez cassantes, donnent toujours ces mêmes angles quand on les rompt.

Si les côtés de ces triangles élémentaires ne font pas un angle droit avec leurs faces, mais de 75 degrés d'un côté et son supplément de l'autre, ce qu'on ne sauroit observer, il arrivera aussi qu'en se joignant ensemble dans un même ordre, tout le côté du morceau qu'ils formeront aura cette inclinaison avec la face, ce qu'on observe très bien¹⁹⁾

We merken hierbij op, dat *la Hire* wat dit laatste punt aangaat, gelijk heeft voorzover het betreft de splijting volgens n , maar dat die volgens a een rechte hoek met p maakt.

Het verschil in habitus van de Parijse tweelingen (zie fig. 3 en 4) wordt nu door *la Hire* toegeschreven aan verschil in structuur! Hij meent, dat door verschil in rangschikking bij vorming der lamellen de zijvlakken van de lamellen of evenwijdig aan AB (als in onze fig. 3) kunnen zijn, of er een hoek van 10° mee maken, wat volgens hem meestal het geval is. Is in driehoek FEI de hoek FEI 70° en de hoek EFI 60° (dus hoek EIF 50°), dan is de zijde FI evenwijdig aan AB. Is echter de hoek EFI 50° (en hoek EIF 60°), dan maakt FI bij B een hoek van 10° met AB²⁰⁾. Natuurlijk zijn de driehoeken weer uit veel kleinere elementaire driehoekjes opgebouwd.

Blijkbaar idealiseert hij de pijlpuntkristallen enigszins: de hoek van 10° bij B moet wel gevonden zijn dank zij een theoretisch vooroordeel.

La Hire verklaart de zeer goede splijting in lamellen (volgens 010), doordat er bij de kristallisatie tussen die lamellen wat vreemde materie ingesloten wordt. De zijanten der driehoeken liggen echter stevig tegen elkaar en daardoor is de samenhang binnen het lamel sterker dan die van de lamellen onderling en is het dus moeilijker de lamellen dwars doormidden te breken dan er een bladsplijting op toe te passen, temeer daar volgens hem de elementaire driehoekjes van een lamel in hun ligging niet precies beantwoorden aan die van de lamel daaronder²¹⁾. Blijkbaar is hem opgevallen, dat de splijting volgens (100) onvolkomen is.

De hoek van de „horens” (cornes) is 50° , de inspringende hoek CAD is 120° . Ook hier merkt hij op, dat nauwkeurige meting onmogelijk is, daar de hoek niet duidelijk is („elle n'est pas distincte”). Gezien de meestal gekromde vlakken bij Parijse tweelingkristallen, is de nauwkeurigheid, die hij bereikt heeft, echter zeer bevredigend: de hoek is in werkelijkheid $123^\circ 48'$. Hij verzuimt op te merken, dat als de inspringende hoek 120° is, de kristallen, die de zijvlakken DB evenwijdig aan AB hebben, bij D geen hoek van 50° zullen vertonen. Deze zou dan 60° moeten zijn.

Het ontstaan van de „horens”, dus de tweelingvorming, schrijft *la Hire* toe aan het feit, dat er bij de kristalgroei vreemde materie bij A het afzetten van driehoekjes langs AB belette, zodat verdere groei langs AD moest plaats vinden²²⁾.

De eerste nauwkeurige beschrijving van tweelingkristallen is dus niet gepaard gegaan met een helder inzicht, dat men hier met vergroeiing van twee individuen te doen heeft.

De „vreemde materie” is voor de jonge kristallografie een uitkomst geweest (zie bij *Guglielmini*): alle „onregelmatigheden” en „afwijkingen” van een bepaalde theorie konden er vlot mee wegverklaard worden. Zo schrijft ook *la Hire* het toe aan het feit, dat vreemde materiedeeltjes de elementaire driehoekjes gedraaid hebben, dat andere uitwendige vormen dan de beschrevene optreden, dat er iets kleinere of grotere hoeken geconstateerd worden dan die welke door de elementaire driehoeken gevormd worden en dat er zich gebogen vlakken, onregelmatige breuken en op elkaar gegroeide kristallen voordoen.

...enfin mille variétés qui ne sont, pour ainsi dire, que des jeux de cette formation²³⁾.

Naast de Parijse tweelingkristallen beschrijft *la Hire* ook kristallen van Passy²⁴⁾. De vorm der evenwijdige grote vlakken is een parallelogram met scherpe hoeken van 50° (dus als fig. 1) en de zijvlakken vormen met die parallelogramvlakken hoeken van ongeveer 125° . Hij wijst er op, dat deze meting niet nauwkeurig is, daar de vlakken steeds oneffen zijn. Toch is ook hier wel degelijk een vrij grote nauwkeurigheid bereikt, want de hoek $\hat{f}p$ is $124^\circ 15'$. Verder geeft hij in een niet erg duidelijke beschrijving aan, dat er „angles saillants vers le milieu” zijn van 110° en van 140° (klaarblijkelijk de hoeken $\hat{f}\hat{f}$,

$111^\circ 30'$, en $\hat{l}\hat{l}$, $143^\circ 30'$). Van deze kristallen, die nadrukkelijk tot dezelfde soort als die uit de Parijse gipsgroeven gerekend worden, geeft hij aan, dat ze bij splijting dezelfde elementaire driehoekjes opleveren als de Parijse tweelingkristallen²⁵⁾.

Ook voor diamant, bergkristal, aluin, enz. neemt hij aan, dat de kristallen bestaan uit soorteigene, onderling gelijke elementaire bouwstenen, die de vorm ervan bepalen.

Diamant, crystal de roch, Alun etc. se forment naturellement et suivant toutes les apparences, d'un assemblage d'éléments tous semblables entr'eux qui en déterminent leur figure²⁶⁾.

Hij belooft daarover een verhandeling te zullen schrijven, die — voorzover wij konden nagaan — nooit verschenen is. Dat is jammer, want *la Hire*'s onderzoek van gips is eigenlijk het eerste kristallografische onderzoek, dat in zijn omvang aan moderne eisen voldoet door de nauwkeurigheid en door de probleemstelling: zowel morfologie als structuur en fysische eigenschappen (splijtbaarheid, dubbele breking) worden behandeld voor één bepaalde soort.

Duidelijk komt in dit onderzoek naar voren het feit, dat als men voor kristallen, die men beschouwt als behorend tot dezelfde soort (gipskristallen van de vormen uit fig. 1—4) wél moleculen van dezelfde vorm aanneemt, dit nog niet logisch eist, dat men nu ook tot gelijke structuur moet besluiten. De uitwendige veelvormigheid correspondeert hier met inwendige structuurverschillen; de polymorphie (in de moderne chemische betekenis van dit woord) is in deze gedachtegang een uitermate frequent verschijnsel. *Guglielmini* trachtte de „afwijkingen” op chemische wijze door vreemde bijmengsels te verklaren; *la Hire* voegt er als verklaringsmogelijkheid de verschillende,

doch regelmatige, rangschikking aan toe.

La Hire is de eerste, die een structuurtheorie op grond van splijting opbouwt. *Bartholinus* en *Huygens* hebben wel de gelijkheid van vorm van kristal en splijtstuk bij kalkspaat geconstateerd, maar *Bartholinus* gaf geen structuurtheorie en *Huygens'* theorie van de bouw van kalkspaat berustte niet op de splijtvorm.

3. De gipsstructuur volgens Romé de Lisle.

La Hire had zich niet bekommerd om een morphologisch verband tussen de Parijse kristallen enerzijds, die volgens zijn theorie als ze „fer de flèche” (fig. 4) zijn een hoek van 50° en als ze „evenwijdige zijvlakken” hebben (fig. 3) een hoek van 60° bij de „cornes” moeten hebben, en anderzijds de kristallen van Passy met hun scherpe hoeken van 50° op de parallelogrammen (fig. 1).

Deze taak werd opgevat door *Romé de Lisle* in 1783. Hij neemt als grondvorm (forme primitive et régulière) van het gips (sélénite) een „décaèdre rhomboïdal”²⁷⁾ aan, dat overeenkomt met de door *la Hire* beschreven kristallen van Passy²⁸⁾ (vgl. fig. 1). Als hoeken van het „parallelogram” geeft hij aan 52° en 128° , als tweevlakshoeken van de schuine zijden respectievelijk 110° ($f\hat{f}$ is $111^\circ 30'$) en 145° ($l\hat{l}$ is $143^\circ 30'$). Ook hij verkreeg deze kristallen uit Passy²⁹⁾. Hij vermeldt echter ook, dat er variëteiten zijn, waar het „rhomboïde primitif” van 52° en 128°

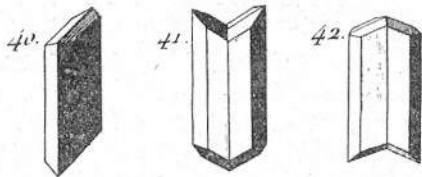


Fig. 7. Gipskristal (fig. 40) en gipstweelingen (fig. 41, 42) naar Romé.

vervangen is door een rhomboïde van 64° en 116° ³⁰⁾ zie fig. 7, no. 40). Hij beweert, dat bij deze kristallen de hoeken tussen de schuine zijden dezelfde zijn als bij de eerste variëteit. Hij beschrijft nu de tweelingkristallen of „macles” van beide variëteiten en toont daarbij een juist inzicht te hebben in hun karakter³¹⁾ (fig. 7, no. 42).

De plus il arrive souvent que deux cristaux de cette variété, ou deux moitiés d'un même cristal, dont une s'est retournée, se réunissent parallèlement à leur longueur³²⁾.

De „macle” van kristallen met „rhomboïdes” van 52° en 128° heeft een inspringende hoek van 104° ($2 \times 52^\circ$)³³⁾; de „macle” van de kristallen 64° — 116° heeft een inspringende hoek van 128° ($2 \times 64^\circ$)³⁴⁾.

Hij koppelt dus de juiste individuen tot de van hen afgeleide tweelingkristallen. Welk verband legt hij echter tussen de variëteiten met 52° — 128° en die met 64° — 116° ? Hij leidt de laatste uit de eerste af door „scheve afstomping”

... par la truncature oblique et complète des deux angles solides aigus du rhombe ou rhomboïde primitif³⁵⁾.

Zie fig. 8a, waar EBFD afgeleid wordt van ABCD³⁶⁾. Hierbij worden gelijkbenige driehoeken (ABF en CED) met de hoeken 52° , 64° en 64° afgesneden. Uit fig. 8a wordt wel duidelijk, dat als men

twee van deze driehoeken bij de bases aaneenlegt de ruit 52° — 128° ontstaat, terwijl als men ze langs een der benen verenigt een ruit 64° — 116° ontstaat. Dit leidt *Romé* nu tot de conclusie, dat de gipsmoleculen de vorm van deze driehoeken hebben.

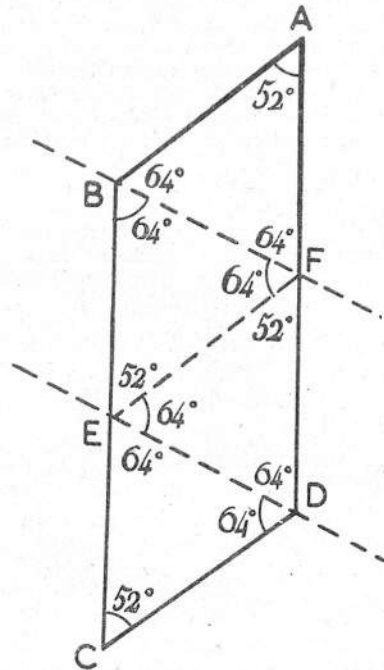


Fig. 8a. Verband tussen „echte” en „Parijse” zwaluwstaartkristallen naar Romé.

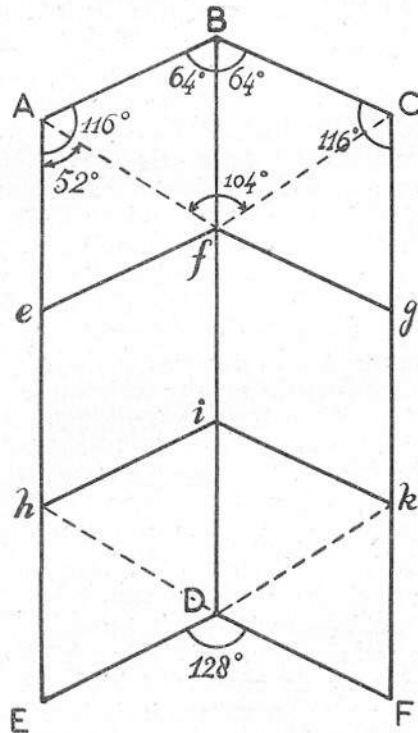


Fig. 8b. Verband tussen structuren van „echte” en „Parijse” zwaluwstaartkristallen van Romé.

Le segment triangulaire isocèle ABF, CED, qui a disparu par cette truncature du rhomboïde primitif, ayant l'angle du sommet de 52° , et les deux angles de la base chacun de 64° , donne lieu de présumer que les molécules primitives intégrantes de la sélénite ont cette même forme triangulaire³⁷⁾.

We merken hierbij op: 1°. Blijkbaar neemt *Romé* terecht aan, dat de „echte” zwaluwstaartkristallen

(afgeleid van 52° — 128°) fig. 8b AfCkDh en de Parijse tweelingkristallen (zie fig. 8b, ABCFDE)) dezelfde structuur hebben (wat *la Hire* zelfs niet deed voor de twee variëteiten van Parijse kristallen!).

2°. Hij neemt aan, dat het vergroeiingsvlak voor beide soorten tweelingkristallen hetzelfde is (nl. BE of BC in fig. 8a of BD in fig. 8b en 8c)³⁸ Hij legt dus morphologisch een onjuist verband tussen beide tweelingkristallen.

3°. Hij is kennelijk voor zijn opvatting van de structuur niet uitgegaan van de splijting, maar heeft de hoeken zó gekozen, dat bij afleiding van de 64° — 116° kristallen uit die van 52° — 128° de „truncature” juist langs de molecuulvlakken zou lopen, d.w.z. hij heeft de hoekwaarden zó „gecorrigeerd”, dat de stompe hoek van de ene soort (128°) juist het dubbele is van de scherpe hoek (64°) van de andere soort oftewel gelijk is aan de inspringende hoek (128°) bij de Parijse tweelingkristallen.

Bij zijn wijze van voorstellen zou er niet alleen splijting moeten optreden bij de Parijse tweelingkristallen (fig. 3 en 8b) evenwijdig aan de benen van de inspringende hoek (splijting volgens $n \bar{1}11$), maar ook bij de „echte” zwaluwstaartkristallen zou er splijting evenwijdig aan de benen van de inspringende hoek moeten zijn, dus evenwijdig aan Af (fig. 8b). *Romé* beweert wél, dat de barsten evenwijdig aan de inspringende zijden („qui par leur rencontre, répètent l'angle obtus du sommet”) bij de Parijse tweelingkristallen veel duidelijker zijn dan bij de andere³⁹, maar het feit, dat de vezelbreuk bij de „echte” zwaluwstaartkristallen volstrekt niet evenwijdig aan de inspringende zijden verloopt, is hem ontgaan.

Teleurstellend is, dat *Romé de Lisle*, als hij komt tot de tweelingkristallen, die *la Hire* beschreef (dus de wigvormige Parijse tweelingen van het type fig. 4 (vgl. 8c), weer vervalt in dezelfde fout als *la Hire*,

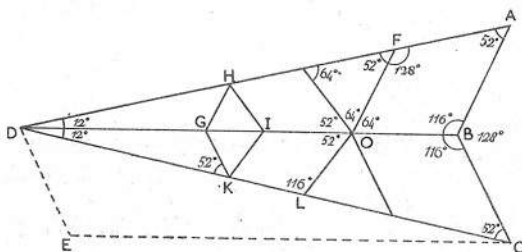


Fig. 8c. Verband tussen Parijse zwaluwstaartkristallen en pijlpuntkristallen naar *Romé*.

namelijk, dat hij voor deze kristallen wel dezelfde moleculen aanneemt, maar er andere structuur aan toekent. De hoeken van 50° (corne A), 120° (fourche B) en 10° (pointe D), welke *la Hire* opgaf, worden echter „verbeterd”.

Pour moi, j'ai constamment observé que les segmens triangulaires de la sélénite n'étaient point des triangles scalènes de 50° , 60° et 70° , mais des triangles isocèles de 52° , 64° et 64° : aussi l'angle des cornes AC de la sélénite cunéiforme (Pl. VIII fig. 40) est-il constamment de 52° , celui de la fourche B de 128° , et celui que le côté extérieur fait avec la ligne du milieu BD de 12° vers la pointe D⁴⁰.

La Hire was echter met 120° niet verder van de juiste waarde ($123^\circ 48'$) dan *Romé* met 128° !

Hij merkt dan nog op, dat als men de helft DBA (fig. 8c) tegen DBC aan legt, de rhomboïde DBCE weer gelijk is aan de rhomboïde 64° — 116° . Aldus legt hij verband tussen de twee variëteiten van Parijse tweelingkristallen (fig. 3 en 4), maar hij verzuimt er bij te voegen, dat hij dan wel de vorm, maar niet de structuur van fig. 8b verkregen heeft en ook, dat als de ene helft 180° gedraaid wordt in het tweelingvlak DB de rhomboïde primitief van 52° — 128° tevoorschijn gekomen zou

zijn, dus de vergroeiing volgens een ander vlak gebleken zou zijn dan hij voor de echte zwaluwstaartkristallen en de Parijse tweelingkristallen met „evenwijdige zijvlakken” had aangenomen.

Bovendien is de nauwkeurigheid van *Romé's* hoekwaarden hier uiterst verdacht. Hij plaatst immers deze „sélénite cunéiforme” of „fer de flèche”⁴¹) bij de „crystallisation indéterminée”, waarvan hij vermeldt, dat de vlakken lensvormig gekromd zijn.

Ce ne sont plus ici des cristaux simples à facettes planes déterminées, mais des corps lenticulaires, et quelquefois ovoïdes⁴²).

Hij geeft dan ook geen enkele werkelijke afbeelding ervan met platte vlakken. Deze komen alleen voor in de aan *la Hire* ontleende schematische voorstelling (Pl. VIII, No. 40; zie fig. 8c).

4. De gipsstructuur volgens Haüy.

R. J. Haüy heeft kort daarop (1784)⁴³) het gips onderzocht en daarbij voor alle gipskristallen dezelfde structuur aangenomen.

Uitgaande van de situatie bij de Parijse tweelingkristallen (volgens 101) laat hij evenals *la Hire* de kristalelementjes begrensd worden door de schelpbreuk (100), de paarlmoerbreuk (010) en de vezelbreuk (111) (zie fig. 9; b a c d). De laatstgenoemde houdt hij echter voor loodrecht op (010), zodat eigenlijk bij hem de vezelbreuk volgens (101) verloopt.

De hoek van de schelpbreuk met de middellijn

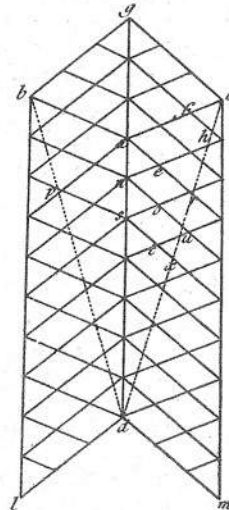


Fig. 9. Verband tussen de structuren van „echte” zwaluwstaartkristallen en Parijse pijlpuntkristallen naar *Haüy*.

is volgens hem 53° ⁴⁴) (juiste waarde is $52^\circ 29'$), die van de vezelbreuk 60° (juiste waarde $61^\circ 54'$), zodat de tussenliggende hoek 67° is. Hij neemt nu als „molécules constituantes” van het gips rechte prisma's, met de parallelogrammen uit fig. 9 als bases (hoeken 67° en 113° ; zijden, die zich verhouden als 12 : 13, wanneer de hoogte van het prisma op 32 gesteld wordt)⁴⁵). De structuur voor de „echte” zwaluwstaartkristallen is nu, evenals bij *Romé*, dezelfde als voor de Parijse zwaluwstaarten en zelfs als die van de Parijse „fer de lance”.

Ook bij *Haüy* blijkt er echter een ernstige fout te zijn. Wel liggen de splijtrichtingen voor de Parijse tweelingen correct, maar voor de echte zwaluwstaarten (*ldmbgc*) zijn ze (zoals ook bij *Romé* het geval was) onjuist. Deze hebben inderdaad geen splijting evenwijdig aan *dm*: de schelpbreuk verloopt er evenwijdig aan het tweelingvlak en de barsten van de vezelbreuk maken er geen hoek van 60° (of eigenlijk $61^\circ 54'$), maar

een hoek van $65^{\circ}36'$ (of, als we *Haüy's* getallen gebruiken: 67°) met de middellijn. Dus ook daaruit blijkt wel, dat *Haüy* ten onrechte voor de echte zwaluwstaartkristallen en voor de Parijse tweelingen hetzelfde vergroeiingsvlak aanneemt!

La Hire's metingen van de *crystaux cunéiformes* worden als ongeveer correct door hem vermeld, hoewel hij opmerkt, dat de zijden *bd* en *dc* (zie fig. 9) altijd dof en soms zelfs ruw zijn, door de onttrekking (soustraction) van moleculen⁴⁶⁾. Ook erkent hij, dat de zijden *bd* en *cd* altijd gebogen zijn, hoewel de buiging soms gering is⁴⁷⁾. Zijn bezwaar tegen *la Hire's* theorie van de „omgekeerde” driehoekjes is, dat de driehoekjes *cfh*, *utx*, enz., die aan de gebogen lijn *cd* grenzen, slechts bij toeval dezelfde hoeken zullen hebben als de driehoekjes *aen*, *nos* en dus slechts bij toeval op deze laatste, maar dan in omgekeerde stand, zullen gelijken. De hoeken *cfh*, *rou*, enz. zijn immers aan variatie onderhevig tengevolge van het gebogen-zijn van de lijn *cd*. *La Hire's* theorie zondigde dus daarin, dat hij elk der buitenste driehoekjes (*cfh*, enz.) als de helft van een primitief parallellogram (als *enor*) opvatte, terwijl zulk een driehoekje slechts een onregelmatig segment van zulk een parallellogram is⁴⁸⁾.

Op grond van deze kritiek verbaast het ons, dat *Haüy* hetzelfde door niets gemotiveerde verband legt tussen de beide soorten tweelingkristallen, als *Romé* deed, door de diagonaal te trekken in de echte zwaluwstaarten: „La seule inspection de la fig. 52 suffit pour faire connoître le rapport des triangles *bad*, *cad* dont il s'agit, aux parallélogrammes *bgd*, *cgdm*, dont ces triangles sont des segments”⁴⁹⁾.

Haüy heeft van *Romé* echter ook het zeer belangrijke juiste inzicht overgenomen, dat de „gypse cunéiforme” in werkelijkheid een tweelingkristal is. Dat hij met geen woord rept van *Romé's* exacte morphologie van het gips en het doet voorkomen alsof hij zelf sinds *la Hire* de eerste is, die de structuur van gips op grond van de splijting behandelt, is niet te verontschuldigen. Op de verhouding van *Haüy* tot *Romé* hopen we later nog terug te komen.

Ongetwijfeld heeft *Haüy* de zwakke plek blootgelegd, niet alleen van de theorie van *la Hire*, maar daarin ook van alle structuurtheorieën vóór 1784, als hij opmerkt, dat zij te zeer op enkele uit een geheel geïsoleerde vormen gegrondvest zijn, om tot een juist resultaat te kunnen geraken. Tot aan *Haüy* zijn alle structuurtheorieën overhaaste generaliseringen, met een te smalle basis in de waarneming.

Il est rare qu'on n'y (nl. in het gips) découvre pas des fractures propres à faire naître dans l'esprit d'un Observateur, des idées sur la figure et sur la disposition respective des parties constituantes de ces cristaux. Aussi, dès l'année 1710, c'est-à-dire, dans un temps où l'étude de la Cristallographie étoit à peine naissante, M. de la Hire a-t-il donné à l'Académie un Mémoire sur la structure du gypse en fer de lance de Montmartre; et si les explications de ce savant Académicien sont plus ingénieuses que fondées, comme j'espère le prouver dans la suite de cet article, c'est que n'ayant sous les yeux que des fragmens de ce même gypse, et ne considérant qu'une partie isolée d'un ensemble où tout est lié par des rapports intimes et nécessaires, il n'a pu parvenir aux inductions qui se tirent de la comparaison d'une forme avec une autre, et qui servent de guides pour ramener à une seule figure primitive toutes les différentes variétés d'une même sorte de crystal⁵⁰⁾.

- 1) *Bartholinus, E.*, Experimenta crystalli Islandici disdiacastici quibus mira et insolita Refractio detegitur. Hafniae 1669, p. 3.
- 2) *Bartholinus*, op. cit. p. 10.
- 3) *Huygens, Chr.*, Traité de la lumière, Leide 1690, chap. V, 4, p. 50. Oeuvres complètes, XIX, 495.
- 4) *Huygens*, op. cit. ch. V, 43, p. 97; Oeuvres XIX, 521.
- 5) *Huygens*, op. cit. ch. V, 4, p. 49; Oeuvres XIX, 495.
- 6) *Bartholinus*, op. cit. p. 4.
- 7) *Huygens*, op. cit. ch. V, 3, p. 45; Oeuvres XIX, 495. Reeds in 1672 of 1673 had Huygens onderzoek en metingen aan kalkspaat verricht, Oeuvres XIX, 409.
- 8) *De la Hire*, Observations sur une espèce de Talc qu'on trouve communément proche de Paris au-dessus des bancs de pierre de plâtre, Mém. Acad. Sc. Paris pour 1710, p. 350—351.
- 9) *La Hire*, p. 342.
- 10)

	Barth.	Huyg.	la Hire	Modern
hoek tussen ribben	101°	101°52'	101°30'	101°55'
tweevlakshoek	103°40'	105°	105°	105° 5'
- 11) *La Hire*, p. 344.
- 12) *La Hire*, p. 345.
- 13) *Romé de l'Isle*, Cristallographie, Paris 1783, T.I., p. 464.
- 14) *Romé*, op. cit. p. 463.
- 15) *Haüy*, Essai, Paris 1784, p. 146.
- 16) *Zie Klockmann*, Lehrb. d. Min. 10 Aufl., Leipzig 1923, p. 475—476; *Tschermak*, Lehrb. Min. Wien 1885, p. 541—542 enz.
- 17) *La Hire*, p. 347. Afbeelding 6 bevindt zich op p. 345.
- 18) *La Hire*, p. 347.
- 19) *La Hire*, p. 348.
- 20) *La Hire*, p. 349.
- 21) *La Hire*, p. 349.
- 22) *La Hire*, p. 349.

- 23) *La Hire*, p. 350.
- 24) *La Hire*, p. 352.
- 25) *La Hire*, p. 352.
- 26) *La Hire*, p. 352.
- 27) *De Romé de l'Isle*, Cristallographie, ou Description des formes propres à tous les corps du Règne Minéral, etc. Paris 1783, T.I., p. 444.
- 28) Afbeelding in *Romé*, Cristallographie, T. IV, pl. V, fig. 27.
- 29) *Romé*, Crist. I, 448; afb. in T. IV, pl. V, fig. 35.
- 30) *Romé*, Crist. I, 444 noot 7; I, 455; afb. T. IV, pl. V, fig. 40.
- 31) *Romé*, T. IV, pl. V, fig. 42.
- 32) *Romé*, I, 448.
- 33) *Romé*, I, 449.
- 34) *Romé*, T.I., 456.
- 35) *Romé*, I, 455.
- 36) *Romé*, IV, pl. VIII, fig. 21.
- 37) *Romé*, I, 455.
- 38) *Romé*, IV, pl. VIII, fig. 41 en 40.
- 39) *Romé*, I, 456.
- 40) *Romé*, I, 464, noot 26.
- 41) *Romé*, I, 463.
- 42) *Romé*, I, 461.
- 43) *Haüy*, Essai d'une théorie sur la structure des cristaux, etc. Paris, 1784, p. 146—168 en pl. V (afbeelding 9 is pl. V, fig. 52).
- 44) *Haüy*, Essai, p. 164.
- 45) *Haüy*, Essai, p. 148.
- 46) *Haüy*, Essai, p. 162.
- 47) *Haüy*, Essai, p. 164, 165.
- 48) *Haüy*, Essai, p. 166.
- 49) *Haüy*, Essai, p. 162.
- 50) *Haüy*, Essai, p. 146—147.