

De kristallografie van J. B. de Romé de l'Isle (1783)

door R. Hooykaas.

548

In this article we propounded:

- 1°. Romé de Lisle (1783) was the first to advance the constancy of angles as a general law (which, consequently, should be called "Romé's law").
- 2°. He considers the "primitive forms" as characteristic for the species; he assumes that the shape of the molecules of a certain compound is identical with the primitive form of its crystals and by this way he arrives at the conception of fixed proportions between the elements of integrant molecules of a compound; the crystallographical law of constant angles leads to the chemical law of constant proportions.
- 3°. According to Romé de Lisle only particularly regular forms may belong to more than one species (e.g. the cube); consequently he explains instances of isomorphism by pseudomorphosis.
- 4°. The secondary forms are derived from the primitive forms by truncation; he recognizes a definite relation between them but yet considers the secondary forms as irregularities. He has little insight into the relations of symmetry between cognate forms.

1. Voorgeschiedenis van de leer der primitieve vormen.

Linnaeus had in zijn *Systema Naturae* niet alleen het planten- en dierenrijk, maar ook het delfstoffenrijk beschreven. In overeenstemming met zijn sterk morfologische instelling, wilde hij de mineralen rangschikken naar de *meetkundige vorm*. Wellicht nog als nawerking van aristotelische voorstellingen nam hij aan, dat de delfstoffen uit een mannelijk, vormgevend beginsel (een zout) en een vrouwelijk passief, materieel beginsel (een aarde) bestaan. Een kleine hoeveelheid zout is in staat een grote hoeveelheid vormloze aarde zijn specifieke zoutvorm te verlenen. De mineralen werden daarom ingedeeld naar de zouten, die hen hun vorm verleend zouden hebben. Hij legde dus verband tussen enige *grondvormen* (zuivere zouten) en de mineralen welke vormen als modificaties van deze grondvormen beschouwd mogen worden. Daar deze klassificatie op oppervlakkige waarneming en niet op metingen berustte, was het resultaat verre van bevredigend. Het werd reeds bij zijn leven achterhaald door de snel opkomende kristallografische wetenschap en hij bezat gelukkig de wijsheid dat ook te erkennen toen hij de verzuchting slaakte: „De gesteentekunde steekt mij geen veer op de hoed!”¹⁾.

Het zoeken naar primitieve vormen echter bleef voortgaan. Eigenlijk was reeds *Guglielmini* er mede begonnen, toen hij alle zoutvormen tot een viertal grondvormen terugbracht en de „afstompingen”

daarvan als door toevallige omstandigheden veroorzaakt beschouwde²⁾. Hij maakte echter van die die afstompingen verder geen studie.

Bergman ging reeds verder. Hij was van mening, dat de hele leer der kristallen een chaotische massa zou blijven als de „*formae primitivae*” niet goed onderzocht werden. We zagen, hoe hij in het terugbrengen van „afgeleide vormen” tot de primitieve vorm van kalkspaat soms zeer oppervlakkig te werk ging³⁾, daar ook bij hem exacte metingen ontbraken. Zijn werk eindigde dan ook met de *défaitistische* uitroep, dat zelfs dit meest betrouwbare der uitwendige kenmerken nog weinig houvast biedt.

De chemische mineralogen vooral hadden evenals *Bergman* weinig vertrouwen in de kristallografie. Volgens *Lehmann*⁴⁾ is de waarneming der meetkundige vormen van weinig nut voor de mineralogie, daar ze tot geen enkel beginsel leidt en *Cronstedt*⁵⁾ meent, dat de exacte waarneming der vormen alleen dient om de nieuwsgierigheid te bevredigen. De in de 18e eeuw uitermate invloedrijke *Buffon* had de kristalvorm zelfs als een der meest veranderlijke kenmerken van een mineraal genoemd.

... la Forme de Cristallisation, n'est pas un caractère constant, mais plus équivoque et plus variable qu'aucun autre des caractères par lesquels on doit distinguer les Minéraux⁶⁾.

Bergman had in sommige gevallen de secundaire vormen van de primitieve afgeleid door een zuiver uitwendig meetkundig procédé: de afstomping of *truncatie* van de ribben. Dit procédé werd in ruimere

mate toegepast door *Démeste* (1779), die aanspraak deed gelden op de uitvinding van de term „troncature” 7).

De term „truncatio” vinden we in dit verband reeds bij *Cappeller* 8), die echter nog niet naar regelmaat zoekt, maar (als *Guglielmini*) afstomping op één lijn stelt met verminking (*corpora detruncata, seu mutilata*). Ook *Bergman* gebruikt haar reeds 9).

Deze truncaties werden door *Démeste* zuiver meetkundig opgevat; hij meende niet, dat de natuur eerst een kubus of een parallelipedum maakt om het daarna af te stompen. Integendeel: de afgestompte secundaire vorm is reeds bij de éérste aanleg ontstaan 10).

Een grote stap vooruit werd gedaan door *J. B. de Romé de l'Isle* (1736—1790). Hij had in 1772 een „*Essai de cristallographie*” het licht doen zien, waarin 110 kristalvormen beschreven worden. Sedertdien had hij niet stil gezeten; hij was ertoe overgegaan om

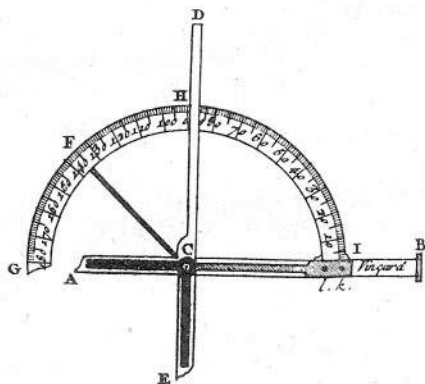


Fig. 1. Aanleggoniometer van Carangeot. (*Romé, Crist. IV, pl. VIII*).

de hoeken tussen de vlakken systematisch en exact te meten met een aanleggoniometer (*goniometre* ou *mesure-angle*), een instrument, dat *Carangeot* uitgevonden had 11). Ook liet *Romé* door *Desfontaines* kristalmodellen van aardewerk maken (*reliefs* ou *modèles en terre cuite* 12), waarvan men in mineralogische musea nog wel exemplaren aantreft 13). Uit alle oorden binnen en buiten Frankrijk ontving hij kristallen of beschrijvingen daarvan en zo kon hij in 1783 een tweede uitgave verzorgen, die eigenlijk een nieuw werk biedt, dat veel exacter is dan het eerste, o.a. doordat de resultaten der hoekmetingen steeds vermeld worden. Door de nauwkeurige beschrijvingen en goede afbeeldingen van meer dan 400 kristallen is

CRISTALLOGRAPHIE,

OU

DESCRIPTION

DES FORMES PROPRES A TOUS LES CORPS

DU REGNE MINÉRAL,

Dans l'état de Combinaison saline, pierreuse
ou métallique,

Avec Figures & Tableaux synoptiques de tous les Cristaux connus.

Par M. DE ROMÉ DE L'ISLE, de l'Académie Impériale des Sciences
de la Nature; des Académies Royales des Sciences de Berlin &
de Stockholm; de celle des Sciences utiles de Mayence; Hono-
raire de la Société d'Emulation de Liège.

SECONDE ÉDITION.

Observations sur, & sur les propriétés des cristaux
dans lesquels on a vu des cristaux
dans les cristaux de Rome, Crystals.

TOME PREMIER.



A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE DE MONSIEUR.

M. DCC. LXXXIII.

Fig. 2. Titelblad van *Romé's „Cristallographie”*.

het van fundamentele betekenis voor de verdere ontwikkeling der kristalkunde.

2. De wet der constante hoeken.

Met behulp van de goniometer bewees *Romé de Lisle*, dat ook het mineralenrijk aan „*règles constantes et invariables*” onderworpen is; hij vond als algemene wet (*principe général*), dat de hoeken tussen overeenkomstige vlakken van kristallen van dezelfde soort onveranderlijk zijn.

Les faces d'un cristal peuvent varier dans leurs dimensions relatives, mais l'inclinaison respective de ces mêmes faces est constante et invariable dans chaque espèce 14).

Hier hebben we voor het eerst de wet der constante hoeken in haar algemeenheid uitgesproken. Hij heeft haar zelf gevonden; *Steno* heeft, zoals we reeds eerder betoogden, volstrekt geen recht om als de ontdekker beschouwd te worden, want hij heeft alleen waarnemingen aan bergkristal gedaan en heeft deze niet in een „algemene” wet geformuleerd. *Guglielmini* had de constantheid alleen voor zijn vier vormen geponeerd; de truncaties die de secundaire vlakken veroorzaken zijn geheel toevallig en aan geen regel onderworpen en zelfs ook zonder de truncaties geldt de wet slechts idealiter, namelijk voor de „zuivere” zouten.

Romé de Lisle echter heeft de truncaties voor het eerst quantitatief onderzocht en ook de hoeken van de secundaire vlakken met de vlakken van de primitieve vorm gemeten en de resultaten van die metingen in de soortbeschrijving opgenomen. *Romé* was uitermate nauwgezet in de vermelding van zijn bronnen en in de weergave van citaten (... j'ai voulu rendre à chacun ce qui lui appartient 15) en hij was wars van plagiaat. Hij zou zeker niet nagelaten hebben de bron te vermelden, indien hij de wet aan een andere schrijver ontleend had.

Hij kende het werk van al zijn belangrijke voorgangers (*Huygens, Lecuwenhoek, Steno, Guglielmini, Capeller, Bourguet, Bergman, Démeste*), maar hij kon er onmogelijk deze wet in haar algemene formulering gevonden hebben. Bij *Steno* zelfs niet in de beperkte formulering, daar, zoals *Johnsen* reeds opmerkte, in de door hem gebruikte Franse vertaling juist de opmerking over de hoeken van bergkristal ontbreekt 16). Van *Bourguet* citeert *Romé* een brief aan *Capeller*, waarin *Bourguet* met nadruk constateert, dat de hoeken niet constant zijn, maar om een bepaalde waarde schommelen.

De wet der constante hoeken is dus door *Romé* het eerst geformuleerd; het is niet de Wet van *Steno* (zoals de meeste mineralogieboeken haar noemen), ook niet de wet van *Guglielmini* (zoals *P. Niggli* oppert 17)), maar de **Wet van Romé**.

3. De primitieve vormen.

Hoe *Romé* nu precies aan de primitieve vormen komt, deelt hij niet mede. Hij stelt ze niet vast op grond van *physische* verschijnselen als splingen 18), maar door een geometrische intuïtie: hij eist, dat de primitieve vormen eenvoudig zijn. Hij brengt ze onder 6 hoofdvormen: 1. tétraèdre (regelmatig viervlak), 2. cube (regelmatig zesvlak). 3. octaèdre (het achthoekig vlak met rechthoekige „basis”, dus een rechthoekig vierhoekig dubbelpyramide), 4. parallépipède rhomboïdal (parallelipedum), 5. octaèdre rhomboïdal (rhombsche bipyramide), 6. dodécaèdre à plans triangulaires (hexagonale bipyramide 19). De bolvorm wordt niet als primitieve kristalvorm erkend, daar een bol een polyeder met oneindig veel zijden,

dus een zeer samengestelde polyeder, is ²⁰).

Er is maar één tetraeder, één kubus, één regelmatige octaeder met gelijkzijdige driehoeken als begrenzing; van de rechthoekige en rhomboïdale octaeders en van de overige typen zijn echter zeer veel variëteiten mogelijk, naar gelang van de hoeken tussen de vlakken ²¹).

Romé komt nu tot de belangrijke uitspraak, dat, behalve voor de eerstgenoemde bij uitstek regelmatige vormen (die aan meer dan één substantie kunnen voorkomen, bijv. de kubus bij loodglans, pyriet en steenzout), elke gekristalliseerde chemische soort haar eigen, door bepaalde hoeken gekenmerkte, primitieve vorm heeft.

La Cristallisation, c'est-à-dire, la propriété qu'ont presque toutes les substances du règne minéral, d'affecter une figure polyèdre, constante et déterminée dans chaque espèce... ²²).

Romé bewijst uit de hoekwaarden, dat verschillende stoffen slechts schijnbaar gelijke primitieve vormen hebben: aluin, suiker en salpeter hebben als primitieve vorm alle drie een rechthoekige octaeder, maar met verschillende helling der vlakken; bij aluin is de stompe hoek tussen de vlakken, die elkaar aan de „bases der pyramiden” ontmoeten, 110°; bij salpeter 120° en bij suiker 100° ²³).

Het optreden van secundaire vlakken verandert niets aan de primitieve vorm: deze moge in de afmetingen van zijn vlakken veranderen en ook (door afstompingen) in de vormen van zijn vlakken, maar niet in zijn oorspronkelijke hoeken.

Mais, au milieu des variations sans nombre dont la forme primitive d'un sel ou d'un cristal quelconque est susceptible, il est une chose qui ne varie point, et qui reste constamment la même dans chaque espèce; c'est l'angle d'incidence ou l'inclinaison respectueuse des faces entre elles ²⁴). ... dans les cristaux l'inclinaison respectueuse des faces entre elles est vraiment caractéristique, puisqu'elle est toujours la même dans chaque espèce ²⁵).

Men zou zich kunnen afvragen: heeft Romé per definitie stoffen met dezelfde kristalhoeken als identiek beschouwd of heeft hij aan identieke stoffen langs empirische weg de hoekconstantheid geconstateerd? Het antwoord moet luiden, dat aanvankelijk blijkbaar het laatste het geval is. Hij heeft immers in de hardheid en het soortelijk gewicht reeds door de toenmalige mineralogie betrouwbaar geachte eigenschappen om een stof scherp en zelfs getalmatig te karakteriseren en evenmin als deze eigenschappen door de truncatie beïnvloed worden, is dit het geval met de primitieve vorm.

Il n'est pas plus étonnant de voir la Nature donner une forme constante, quoique variable jusqu'à un certain point, à un sel, à une pierre, à un minéral, à un métal même, que de lui voir donner une saveur constante et déterminée... une dureté, une densité qui sont les mêmes dans chaque espèce, aux légères différences près que peut y apporter le mélange des molécules hétérogènes qui s'y rencontrent souvent interposées ²⁶).

De gehele verwarring in de kristallografie is volgens Romé ontstaan, doordat men door het optreden van verschillende secundaire vlakken en door onregelmatige ontwikkeling der primaire vlakken misleid is en tot een oneindige variabiliteit besloten heeft. Men kon „dans cet assemblage bizarre et confus” de ware primitieve vorm niet ontdekken en meende daardoor, dat er „niets bepaalds en constants in de kristalvorm” was. Als men echter, in plaats van de kristalkunde te bestrijden (au lieu de fronder la science des cristaux) de moeite wilde nemen haar

grondig te bestuderen, zou men al die vormen tot de elementaire vormen (figure élémentaire et primordiale), waarvan zij afgeleid zijn, kunnen terugbrengen ²⁷).

Ook is het volgens Romé te verwerpen, dat men allerlei toevallige vergroeiingen en gestoorde kristallisaties vermeldt, waardoor het aantal species tot in het oneindige vermeerderd wordt ²⁸). Als anatomen monstrositeiten beschrijven, dan maken ze er geen afzonderlijke species van. Zo bestaat de kristallografie niet in nauwkeurige beschrijving van alle mogelijke accidentia, maar in het beschrijven van de optredende kristallen in hun verband met de primitieve vorm ²⁹).

Romé verwerpt dan ook de indelingen van Cappeller (Prodromus) en van Scopoli (Crystallographia Hungariae), die essentiële vormen niet van toevallige vormen onderscheiden en spreken van takachtige, naaldvormige, bolvormige, cilindrische, wigvormige, knolvormige, vezelige en pyramidale kristallen, van welke vormen slechts weinige als werkelijk onderscheid makend beschouwd mogen worden ³⁰).

Het is merkwaardig, dat de kristalbeschrijving in chemische werken zich ook nu nog wel eens tot deze gewraakte karakteristiek beperkt. Prof. Terpstra heeft als trouw hoeder van het geestelijk erfgoed van Romé in de laatste tijd de strijd aangeboden voor een scherpere kristaldeterminering ³¹).

4. De kristalchemie van Romé de Lisle.

Romé is aanhanger van de phlogistontheorie. Hij erkent, dat de primaire, absolute elementen ontoegankelijk voor het onderzoek zijn. De grenzen, waartoe de practische stofscheiding komt ³²), zijn de „secundaire” elementen, nl. „zuur”, phlogiston, „aarde” en het „waterachtig beginsel” (l'acide, le principe aqueux ³³). Vuur en lucht, die van ouds voor elementen gehouden werden, verwerpt hij als zodanig op grond van het onderzoek van Sage, Priestley en Lavoisier ³⁴).

Hij neemt nu aan, dat de *molécules constituantes* ³⁵) of *molécules élémentaires* ³⁶) van deze elementen zich tot de deeltjes van de chemische substanties verenigen (achtereenvolgens: mixtes, composés en surcomposés ³⁷) en dat uit deze vereniging de *molécules intégrantes* of *molécules similaires* ³⁸) der verbindingen ontstaan.

Hij maakt een scherp onderscheid tussen mengsels en verbindingen. De eerste zijn heterogeen en gemakkelijk door mechanische hulpmiddelen te scheiden; de laatste zijn homogeen, met mechanische hulpmiddelen is hier slechts verbreking der continuïteit (solution de continuité), doch geen ontleding (décomposition) te bewerken. Alleen door de werking der chemische affiniteit zijn de verbindingen in hun bestanddelen te ontleden, waarbij weer nieuwe substanties ontstaan, die ook weer homogeen zijn en eigen kristalvorm en qualiteiten hebben. Een neutraal zout bijv. heeft niet de eigenschappen van zuur en base, maar die van de bijzondere „substance saline” welke vóór de binding niet bestond; het heeft een eigen, nieuw „molécule intégrante” ³⁹).

Natuurlijk zijn verbindingen niet *volstrekt* homogeen (dat zijn zelfs de secundaire, analytisch-chemische elementen niet; alleen de oerelementen zijn absoluut homogeen ⁴⁰). De *molécules intégrantes* der

verbindingen bestaan immers uit *verschillende* deeltjes. Maar de molécules intégrantes zijn voor een bepaalde stof onderling gelijk in „combinaison, densité, configuration” en het gevolg is, dat het geheel homogeen lijkt voor onze hulpmiddelen.

In deze duidelijke onderscheiding van „aggregatie-affiniteit” en „chemische affiniteit”, dus van „mechanisch mengsel” en „chemische verbinding”, in de onderscheiding van „moleculen” (moléc. intégr.) van verbindingen en „atomen” (moléc. constit.) van eenvoudige stoffen, in de onderscheiding van oer-elementen en analytische elementen (principes primitifs et principes constituants) is de invloed van de school van *Stahl* duidelijk te merken⁴¹⁾, evenals in *Romé*'s theorie der oplossing (zouten lossen in water op, doordat zij zelf water bevatten)⁴²⁾. Maar *Romé* steekt ver boven zijn tijdgenoten uit, doordat hij aan het molecuulbegrip niet alleen verbindt het denkbeeld, dat de moleculen van een bepaalde verbinding kwalitatief eigen-aardig zijn, maar bovendien, dat zij een *quantitatief* kenmerk gemeen hebben, nl. dat zij dezelfde configuratie en dus *dezelfde vorm* bezitten.

Als de nieuwe uit zuur en base gevormde substantie een eigen nieuwe natuur en nieuwe eigenschappen heeft, die niet uitsluitend aan het zuur of aan de base te danken zijn, dan heeft zij ook een *eigen vorm*, die noch uitsluitend aan die van de zuurdeeltjes, noch aan die van de basedeeltjes te danken is, maar uit beide voortvloeit.

... il faut nécessairement supposer que les molécules intégrantes ou similaires des corps ont, chacune, suivant la nature qui lui est propre, une figure constante et déterminée par la figure même des principes constituants de ces mêmes molécules⁴³⁾.

Nu kan niet direct aangetoond worden hoe de vorm der molécules intégrantes (deeltjes der verbindingen) ontstaat uit die van de principes constituants (deeltjes der elementen), want de laatste zijn volgens *Romé* *onbekend*.

... la figure... des molécules constituantes... nous est parfaitement inconnue, quoique génératrice de la figure des molécules intégrantes⁴⁴⁾.

Hoe kan *Romé* dan toch bewijzen, dat *alle* en niet één der elementaire deeltjes door hun vormen meewerken om de vorm der molécules intégrantes te doen ontstaan? Zijn antwoord is: alleen door de *feiten* in dit probleem op te lossen. *Wallerius* en *Cronstedt* meenden, dat de vorm van een zout aan het metallische bestanddeel (de base) te danken is⁴⁵⁾; *Cronstedt* beweert, dat „sel de Saturne” (loodacetaat) dientengevolge dezelfde vorm heeft als „nitre de plomb” (loodnitraat), wat *Romé* aan de hand van de feiten weerlegt⁴⁶⁾. Dezelfde base met verschillende zuren verbonden geeft verschillende vormen bij de ontstane zouten te zien en hetzelfde zuur met verschillende basen verbonden toont ook verschillende vormen⁴⁷⁾, dus is de vorm der verbinding door beide bestanddelen veroorzaakt⁴⁸⁾.

Het zijn dus, evenals bij *Bergman*, experimentele motieven, die hem in verzet brengen tegen de door *Linné*, *Cronstedt*, *Wallerius* e.a. aangehangen theorie, dat één der beide bestanddelen de vorm bepaalt. Het resultaat is, dat hij, hoewel zich een „disciple de Linné” noemend, toch op een belangrijk punt zich losmaakt van de „Pline du Nord”. Hij deelt inderdaad in zijn plaatwerk de kristallen in naar de 6 typen van primitieve vormen, maar hij zegt er uitdrukkelijk bij, dat dit is om herhaling van vrijwel

gelijke afbeeldingen te voorkomen en niet om daarmee een indeling van de mineralen aan te geven⁴⁹⁾. De indeling in groepen naar de vormen zou tot de vreemdsoortigste combinaties (associations les plus bizarres⁵⁰⁾) leiden en hij houdt zich daarom in de tekst bij de oude triviale indeling in zouten, stenen, mineralen en metalen. De vorm blijft echter voor de *soortbepaling* van de grootste betekenis.

... la forme... un des principaux caractères distinctifs de chacune des substances où elles se manifestent, puisqu'elles dérivent de la nature même de ces substances, et la combinaison plus ou moins intime de leurs principes constituants⁵¹⁾.

Deze laatste zinsnede geeft een onverwacht nieuw verband tussen chemische samenstelling en kristalvorm. *Romé* meent, dat eenvoudige verbindingen, die slechts uit twee elementen bestaan, zeer stevig zijn en ook een eenvoudige primitieve vorm hebben (kubus en octaeder bij diamant, spinel, vloeispaat, steenzout, aluin, pyriet, metalen), terwijl minder stevige verbindingen, die een vluchtig principe bevatten, meer naar de prismatische en rhomboïdale vormen neigen (salpeter, salmiak, vitriool, kalkspaat)⁵²⁾.

Hoe komt *Romé* er nu achter welke de vorm der molécules intégrantes is? Zij zijn toch volgens hem, evenzeer als de „molécules élémentaires”, door het beste microscoop onzichtbaar vanwege hun geringe grootte?

... les molécules élémentaires et même les molécules primitives intégrantes, qui sont les matériaux que la Nature emploie à la construction de tous les corps, sont, comme je l'ai déjà dit, inaccessibles à nos sens...⁵³⁾.

En hij voegt er aan toe: „Laten we ons houden aan wat de waarneming ons biedt, indien we niet de dromen onzer inbeelding in de plaats willen stellen van het verheven stilzwijgen der Natuur over de eerste beginselen”.

Tenons-nous donc à ce que l'observation nous présente, si nous ne voulons pas substituer les rêves de notre imagination au silence majestueux de la Nature sur les premiers principes⁵⁴⁾.

Toch meent hij de *vorm* dezer onzichtbare molécules intégrantes te kennen. Hoe is dat te rijmen met de juist geciteerde uitspraken?

Romé behoort tot de empiristische stroming binnen de 18e eeuwse natuurwetenschap, evenals *Lavoisier*, die zich eveneens tot een strenge wet gesteld had, nooit het stilzwijgen der feiten aan te vullen” (ne jamais suppléer au silence des faits)⁵⁵⁾. Zij stellen de *waarneming* boven de redenering, zij kiezen voor een redelijk empirisme tegenover het rationalisme. Maar, in navolging van hun grote natuurwetenschappelijke voorbeeld, *Isaac Newton*, en van hun filosofische leidsman, *Condillac*, kennen zij één vorm van redenering in de natuurwetenschap toch een ruime plaats toe, namelijk de *analogie-redenering*⁵⁶⁾ en deze is het ongetwijfeld ook, die *Romé* tot de vorm der moleculen leidt. Hij heeft gezien, dat ook bij de kleinste kristallen de primitieve vorm dezelfde blijft en dit moet hem wel, evenals *Leeuwenhoek*, tot de stoutmoedige onderstelling geleid hebben, dat de *primitieve vorm der kristallen gelijk is aan de molecuulvorm*.

Il ne faut point oublier que par *forme primitive* on n'entend ici que la figure des molécules intégrantes d'un composé et non celle des molécules constituantes, qui nous est parfaitement inconnue, quoique génératrice de la figure des molécules intégrantes⁵⁷⁾.

Dit is een zeer belangrijke uitspraak, daar zij grote consequenties voor de chemie meebrengt. Immers: de moleculen van eenzelfde stof zijn onderling gelijk wat

hun kwalitatieve samenstelling betreft; ze zijn onderling congruent (hebben gelijke vorm en grootte, resulterend uit de vorm, afmeting en rangschikking der elementaire deeltjes), wat ligt nu meer voor de hand dan te concluderen, dat zij ook quantitatief dezelfde samenstelling hebben? M.a.w.: de constante samenstelling als kenmerk van een bepaalde stof is bij deze theorie een noodzakelijke consequentie van de constante vorm als kenmerk van een bepaalde stof. *Bij de kristalchemische theorie van Romé ligt de wet der constante samenstelling besloten in de wet der constante hoeken.*

Deze consequentie geldt natuurlijk alleen voor de gekristalliseerde stoffen. Nu is het merkwaardige, dat de erkenning van de wet der vaste samenstelling in de chemie vooral belemmerd werd door de *oplossingen*. Het oplossen van zout of van suiker in water werd vrij algemeen als een *chemisch* verschijnsel beschouwd en dus het resultaat ervan als een chemische verbinding opgevat. Oplossingen echter variëren in de verhouding der bestanddelen. *Romé de Lisle* echter houdt zich uitsluitend met de kristallijne toestand bezig. De molecuulvormen zijn volgens hem gelijk aan de primitieve kristalvorm, dus steeds *polyeders*. Hij past deze conclusie evenwel slechts toe binnen het gebied waarop ze afgeleid is. Hij acht het heel goed mogelijk, dat deze polyedrische deeltjes in dampvorm of in vloeibare staat de *bolvorm* (forme sphérique) aannemen! ⁵⁸⁾

In verband hiermede merken we nog op, dat, aangezien *Romé* de bol niet als primitieve kristalvorm erkent ⁵⁹⁾, hij ook niet op grond van *analogiegedenering* bolvormige moleculen voor de *kristallijne* toestand aanvaardde kon.

Dit kan echter aan het feit, dat er een vaste verhouding der bestanddelen is, moeilijk iets veranderen, daar ze bij herkristallisatie hun oorspronkelijke vorm hernemen, zodat we inderdaad tot de conclusie moeten komen, dat *Romé de Lisle* de eerste geweest is, die op theoretische gronden tot de wet der vaste samenstelling kwam ⁶⁰⁾.

Het is wel merkwaardig, dat deze wet het eerst gesteld is door mineraal-kristallografen (zie ook *Haüy* ⁶¹⁾). De mineralen toch zijn slechts zelden „zuivere stoffen“. De quantitative analyse was toen evenwel nog zeer grof, vooral voor silicaten. Ook was het begrip „mengkristal“ nog onbekend. Juist de embryonale toestand der quantitative mineraal-analyse bood de gelegenheid tot een dergelijke stoutmoedige conclusie, temeer daar ook de vrij grote onnauwkeurigheid van de aanleggoniometer de nodige speelruimte aan de interpretatie bood.

Dat mengkristalvorming nog niet overwogen werd, blijkt wel als *Romé* betoogt, dat wanneer verschillende stoffen gelijktijdig in hetzelfde oplosmiddel aanwezig zijn, bij uitkristalliseren de gelijksoortige deeltjes elkaar zoeken en de stoffen zich achtereenvolgens in afzonderlijke massa's afzetten, naar gelang van de affiniteit, die ze hebben voor het oplosmiddel (chaque espèce de sel, de pierre ou de minéral, sera très-distincte de celle qui lui est hétérogène ⁶²⁾). Tevens maakt het gebruik van het woord „affiniteit“ het waarschijnlijk, dat hij toch ook „oplossen“ als een min of meer chemisch verschijnsel beschouwt!

Romé heeft niet expliciet de wet der constante samenstelling uitgesproken, maar dat zij voor hem vanzelf sprak blijkt wel uit het feit, dat hij meent, dat bij verandering in de verhouding der elementen, ook verandering van primitieve vorm (en dus ook van molecuulvorm) optreedt. Daarom is de primitieve vorm van calomel (mercure doux) niet dezelfde als

die van sublimaat (sublimé corrosif). Hij gaat zelfs zo ver aan te nemen, dat aluin, dat normaliter als primitieve vorm de regelmatige octaeder heeft maar ook wel eens in de primitieve kubische vorm optreedt, in dit laatste geval een andere samenstelling moet hebben.

Il importe d'autant plus de distinguer, dans les cristaux des sels, les formes primitives de celles qui ne sont que secondaires ou subordonnées, que le changement des premières suppose nécessairement une différence de combinaison dans les molécules intégrantes, et par conséquent des propriétés différentes dans les sels ou cristaux produits par leur agrégation ⁶³⁾.

... la combinaison de deux principes hétérogènes pouvant être ou parfaite, comme dans tout sel neutre, ou imparfaite, c'est-à-dire, avec excès de base ou avec excès d'acide, la forme primitive est également modifiée par ces différents degrés de saturation. C'est ainsi que la forme octaèdre de l'alun avec excès d'acide, devient cubique lorsque ce sel est avec excès de base. Ainsi... la forme du mercure doux n'est point celle du mercure sublimé corrosif ⁶⁴⁾.

Zijn gedurfde „aanvulling van het majestueuze stilzwijgen der Natuur“ heeft *Romé* in staat gesteld met vaste overtuiging op te komen voor de kristalvorm als *essentieel* kenmerk van een stof tegenover het *défaitisme* van *Bergman*.

La forme cristalline extérieure est donc caractéristique, quoiqu'en dise le célèbre *Bergman* ⁶⁵⁾.

Romé de Lisle heeft dus de tegenstelling tussen de chemische en de natuurhistorische bepaling van de soort ⁶⁶⁾ opgeheven; het natuurhistorische soortkenmerk van de constante kristalvorm loopt evenwijdig met het chemische soortkenmerk van de vaste samenstelling. In het algemeen zou dus met de kristallografische karakteristiek reeds volstaan kunnen worden ⁶⁷⁾. Er zijn echter uitzonderingsgevallen. De „regelmatige“ vormen, kubus en reguliere octaeder, kunnen voorkomen als forme primitive van *verschillende* stoffen ⁶⁸⁾, maar dit kan in de *praktijk* nooit tot misverstand leiden, daar *Romé* de mineralen meestal door *drie* kenmerken, nl. vorm, soortelijk gewicht en hardheid ⁶⁹⁾ karakteriseert en de overeenstemming in vorm bij verschillende mineralen niet de gelijkheid der beide andere kenmerken medebrenkt.

Ernstiger is, dat *ijzerspaat* (FeCO_3) en *kalamijnsteen* (ZnCO_3) dezelfde vormen vertonen als kalkspaat, hoewel we hier toch niet met „regelmatige“ vormen te doen hebben. Zo weet *Romé* dat ijzerspaat, al of niet gemengd met zink, voorkomt in de rhomboëdervorm van IJslandse spaat ⁷⁰⁾ en dat kalamijnsteen soms de vorm van de „varkenstanden“ van kalkspaat heeft ⁷¹⁾.

Romé de Lisle's theorie leidt er echter toe dergelijke gevallen van isomorfie wèg te verklaren. Elke kristalvorm correspondeert immers met één bepaalde molecuulsoort, dus met één bepaalde chemische verbinding. *Romé* betoogt nu, dat genoemde kristalvormen allerminst de molecuulvormen van ijzerspaat en kalamijn vertegenwoordigen; het zijn „formes étrangères et accidentelles“. Ze zijn ontstaan, doordat moleculen ijzerspaat of zinkspaat het kalkspaat geleidelijk verdrongen hebben; de *vorm van het geheel* (la totalité) van de *kalamijnsteen* is dus die van het verdrongen kalkspaat, maar dit houdt niet in, dat nu ook de eigen essentiële molecuulvorm van de nieuwe stof gelijk zou zijn aan die van de kalkspaat-moleculen.

La pierre calaminaire n'offre cette forme (dents de cochon), qui lui est étrangère et accidentelle, que lorsqu'elle s'est, pour ainsi dire, moulée sur un spath calcaire de cette espèce ⁷²⁾.

Zinkvitriool (ontstaan uit zinkblende) geeft met kalkspaat een dubbele substitutie (double décomposition); het vitrioolzuur (zwavelzuur!) verlaat de zinkarde om zich met de base van het kalkspaat te verenigen en het vrijkomende „acide méphitique” (koolzuur!) maakt zich meester van de verlaten zinkarde om er kalamijnsteen mede te vormen.

... la pierre calaminaire, dont la totalité conserve alors exactement la figure du spath décomposé, ce qui doit la faire considérer comme une vraie mine de zinc spathique, analogue à ce qu'est, dans un autre genre, la mine de fer spathique⁷³).

Romé stelt dit verschijnsel op één lijn met de omzetting van dierlijke kalkskeletten tot zinkspaat.

... la calamine peut conserver la forme extérieure de diverses substances organiques de nature calcaire, qui ont servi d'intermédiaire à sa génération⁷⁴).

Voor de beschrijving van het ontstaan van de „vormloze” gepyritiseerde organische resten gebruikt hij vrijwel dezelfde uitdrukkingen als voor de beschrijving van de vorming van de zinkspaatkristallen.

On doit regarder comme appartenantes à la pyrite informe, toutes les substances animales et végétales pyritisées... En effet, les formes qu'affecte alors la pyrite lui sont absolument étrangères, puisqu'en pénétrant et décomposant ces substances organiques, elle s'y est moulée, pour ainsi dire, au point d'en conserver exactement la figure⁷⁵).

Het is dus duidelijk, dat Romé in kristallen, die voor het oog isomorf zijn met die van andere stoffen, slechts pseudomorphosen ziet en er dus geen conclusie over wil trekken betreffende hun molecuulvorm en de hen toekomende eigen kristalvorm. We vinden dan ook niets over die essentiële vorm van het ijzerspaat of het zinkspaat vermeld: blijkbaar heeft het theoretisch vooroordeel tegen isomorfie Romé belet na te gaan denken over het zonderlinge feit, dat deze stoffen nooit de hen „eigen” vormen dragen, maar altijd in die van kalkspaat vermomd zouden zijn!

Hij werd versterkt in die opvatting, doordat hij van kalamijnsteen holle kristallen kende, die hij, in navolging van de chemicus Sage, toeschreef aan incrustaties op later verdwenen kalkspaat⁷⁶) en doordat hij kalkspaatkristallen zag, waarvan slechts bepaalde stukken in kalamijn waren overgegaan⁷⁷).

Zoals bij het overgaan van „ammonieten” in pyriet de structuur van deze dierresten bewaard blijft en na de overgang van hout in jaspis de houtstructuur bewaard blijft, zo zullen ook, als door inwerking van ijzervitriool op kalkspaat het ijzerspaat ontstaat, de kristalvorm en de bladachtige structuur der kalkspaatkristallen bewaard blijven.

La mine de fer spathique n'est pas le seul exemple que nous ayons de la conversion du spath ou de la terre calcaire, en un minéral qui conserve exactement la figure de la substance calcaire qu'il a remplacée. Sans parler de certaines pierres calaminaires qui présentent le même phénomène, ne voit-on pas tous les jours des cornes d'ammon et autres testacées, dont la substance calcaire a cédé sa place à la pyrite martiale, et celle-ci conserver tous les traits du corps organique qui a servi de base à ce déplacement... Ce qu'il y a de certain, c'est que la mine de fer spathique, de quelque couleur qu'elle puisse être, qu'elle soit mélangée ou non de zinc ou de manganaise, conserve exactement la forme cristalline rhomboïdale, et le tissu feuilleté, soit du cristal d'Islande, soit du spath perlé⁷⁸).

Voor Romé is dus de varkenstand-vorm van het ijzerspaatkristal even vreemd aan dat ijzerspaat als de visvorm van een gepyritiseerde vis vreemd is aan het pyriet; de eerste is de kristalvorm van het kalkspaat dat verdreven is, de tweede is eigenlijk de

lichaamsvorm van een vis waarvan de eigen substantie verdrongen is.

5. De afgeleide vormen.

Romé de Lisle vraagt zich af wat de reden is, dat iemand als Bergman, die zo optimistisch begonnen was met de opsporing van de primitieve vorm, in teleurstelling eindigde. Hij meent, dat dit komt doordat men de primitieve vorm niet voldoende van de afgeleide vormen onderscheiden heeft⁷⁹), daar de door afstomping uit de primitieve vorm afgeleide vlakken deze min of meer maskeren⁸⁰).

In navolging van Bergman kent Romé twee soorten afstomping (troncatures): die op de „angles solides” (dat zijn de spitsen, waar drie of meer vlakken bijeenkomen) en die op de „angles simples” of „arêtes ou bords” (dat zijn de ribben, waar twee vlakken bijeenkomen).

Op de ribben en angles solides die door afstomping ontstaan zijn kan hernieuwde afstomping (surtroncature⁸¹)) toegepast worden.

Romé tracht hun betekenis in vergelijking met die van de primitieve vorm (welke immers ook de molecuulvorm is!) te verkleinen; het zijn onvolmaaktheden die verdwijnen als het kristal zijn hoogste graad van perfectie bereikt heeft; ze zijn slechts accidenteel tegenover de essentiële vlakken van de primitieve vorm, want zij kunnen soms gedeeltelijk ontbreken (d.w.z. van een octaeder zijn niet altijd alle zes punten door kubusvlakjes afgestompt).

... les troncatures... ne sont que des variétés subordonnées à la forme primitive, et... elles disparaissent communément lorsque le cristal atteint le plus haut degré de perfection⁸²).

La preuve que ces troncatures ou surtroncatures sont purement accidentelles, c'est qu'on observe souvent des cristaux dont une partie est tronquée plus ou moins, ... tandis que l'autre partie de ces mêmes cristaux est parfaitement régulière et complète⁸³).

Uit de opmerking, dat „afgestompte” kristallen niet volledig zijn, blijkt hoezeer ook Romé gevangen is in de voorstelling, dat de „secondaire” vlakken een gebrek aan het kristal zijn. Ook Guglielmini was deze opvatting toegedaan, maar Romé is daarin verder dan zijn voorganger, dat hij die afstomping toch wel aan een zekere regelmaat onderworpen acht. De ligging der secondaire vlakken is reeds tevoren bepaald door die der primitieve vlakken.

... de nouvelles faces... toujours subordonnées à la disposition primitive des faces principales de ce même cristal⁸⁴).

Meestal is de afstomping „symmetrisch” en daardoor is Romé in staat nieuwe combinaties te voorstellen (waarvan er enkele reeds onder het drukken van zijn werk gevonden zijn⁸⁵)) en andere combinaties in onderling verband te brengen. Dit bewijst wel, dat deze „defecten” door hem toch zelf weer als wetmatig en daarom de moeite van het bestuderen waard, opgevat worden, iets wat trouwens ook al blijkt uit het feit, dat hij hun hoeken met de primitieve vlakken in zijn kristalbeschrijving aangeeft.

... la forme régulière et distincte d'une substance quelconque étant une fois connue, la mesure de ses principaux angles étant assignée, je dis qu'il est facile d'y rapporter les variétés intermédiaires, et même celles qui sont à découvrir dans l'intérieur de la terre⁸⁶).

Hij heeft zich dan ook tot taak gesteld „bij elke soort de belangrijkste overgangen die de variëteiten met elkaar en met de grondvormen (forme primordiale) verbinden”⁸⁷), aan te geven. De platen in

het Vierde Deel van zijn werk vertonen dan ook steeds de grondvorm met een lange reeks afgeleide

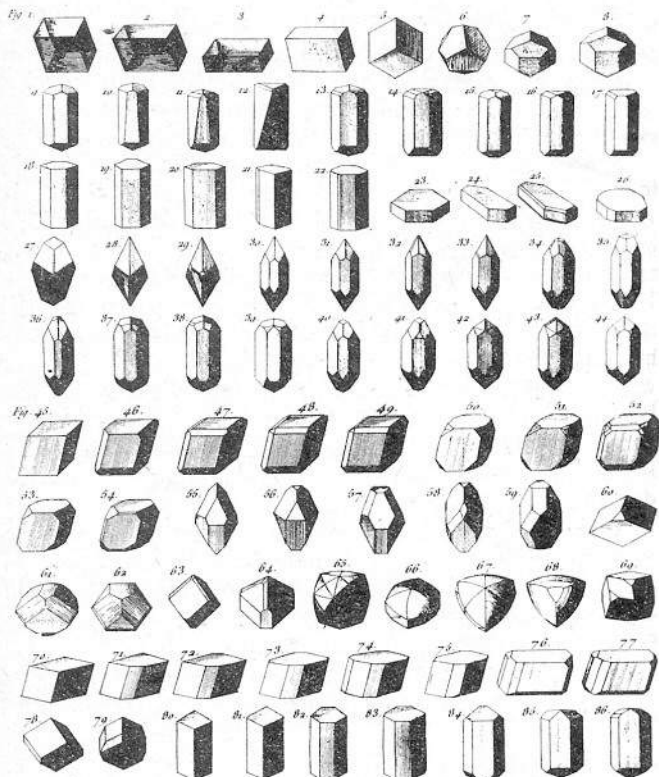


Fig. 3. Le parallépipède rhomboïdal et ses modifications (Romé, Crist. IV, pl. IV).

No. 1, cristal d'Islande; nos. 4, 45, 80, vitriol martial; no. 45, met hoeken van 75° en 105° , spath calcaire muriatique; no. 5, spath calcaire lenticulaire; nos. 9, 18, 27, 28, 45, 79, 87, spath calcaire; nos. 65—68 diamant; nos. 70—77, vitriol de cuivre; nos. 80—86, borax.

vormen, welke ontstaan door steeds verder gaande afstompingen op de ribben, op de „angles solides” of op beide. Nieuwe variëteiten zal men in die reeksen gemakkelijk kunnen interpoleren⁸⁸⁾.

Romé moge dan de constantheid der hoeken opgemerkt hebben, in de symmetrierelaties had hij, blijkens deze afbeeldingen, nog een zeer gebrekkig inzicht. Zijn typen, waarin men nog duidelijk de invloed van *Guglielmini's* vier grondvormen herkent, verenigen wat niet bijeen behoort en scheiden wat bij elkaar behoort. De kubus en de regelmatige octaeder worden gescheiden, hoewel ze bij dezelfde stoffen voorkomen. Aan de andere kant omvat het „rhomboïdale parallelipedum” vormen van totaal verschillende symmetrie, welke door hem dikwijls niet herkend is.

Zo laat hij de trigonale rhomboëder (no. 45)⁸⁹⁾ door „uitrekken” overgaan in no. 4 (beide met rhomboïdale vlakken met hoeken van 82° en 98°); beide behoren volgens hem tot ijzer-vitriool (monoklien!), terwijl het kristal no. 45 (maar dan met andere hoeken, nl. 75° en 105°) bovendien tot kalkspaat behoort. Van kopervitriool (triklien!) (no's 70—77) merkt hij wèl op, dat het parallelipedum parallelogrammen van „drie verschillende afmetingen” heeft (parallépipède rhomboïdal à plans rhombes de trois différentes mesures).

De reguliere granaat (met rhomben van 70° en 110°) wordt afgeleid van een hypothetisch rhomboëder⁹⁰⁾ (met rhomben van 70° en 110°). Hoewel hij dus, geleid door inzicht in de betekenis der hoeken, niet de fout begaat granaat van het kalkspaat-rhomboëder af te leiden, is het hem toch wèl onverschillig, dat de symmetrie van het ruitentwaalfvlak veel hoger is dan die van een rhomboëder.

De „afstomping” wordt door Romé, evenals door

*Démeste*⁹²⁾, zuiver meetkundig bedoeld; hij wil er niets mee zeggen over de wijze waarop secundaire vlakken ontstaan.

Je dis aussi qu'un tel cristal est *tronqué dans ses angles solides* ou dans ses bords, quoique je sache très-bien que la Nature ne commence point par un cristal entier, pour le *tronquer* ensuite plus ou moins dans l'une ou l'autre de ses parties; j'exprime seulement par ce mot, l'apparence sous laquelle le cristal s'offre à nos yeux, et j'emploie une expression très-con nue, pour désigner une opération de la Nature qui est encore pour nous le mystère le plus impénétrable⁹²⁾.

Deze uiteenzetting is kennelijk gericht aan het adres van *Häuy* (die een afstomplingsprocédé van *Bergman* op physische gronden, nl. wegens de onmogelijkheid splijting te bewerken volgens het vlak van truncatie, verworpen had). In een noot wordt schamper opgemerkt, dat „vernieuwers in de kristallografie, die men met recht *kristalverbrijzelaars* kan noemen, menen dat zij een grote ontdekking gedaan hebben, als zij ons verkondigen, dat er geen afstompingen bestaan, dat de Natuur niet afstompt, enz. Dit is echter slechts een strijd om woorden”.

Des Novateurs en Cristallographie, qu'on peut avec raison nommer *Cristallogastes* (brise-cristaux), s'imaginent avoir fait une grande découverte en nous annonçant qu'il n'y a point de truncatures, que la Nature ne tronque point, etc.⁹³⁾.

Hoe denkt Romé zich dan wel de oorzaak van de afstompingen? Over het mechanisme ervan weigert hij zich uit te laten⁹⁴⁾, daar we — wegens de geringe afmeting der deeltjes — er geen enkele *waarneming* over kunnen doen, zoals hij trouwens het gehele proces van de kristalgroei om deze reden buiten beschouwing laat.

Quant au mécanisme interne et caché de la cristallisation, nous sommes encore bien éloignés de pouvoir en rendre compte: c'est un mystère de la Nature, qui, de même que la génération dans les animaux et la végétation dans les plantes, échappe à la curiosité de nos regards⁹⁵⁾.

Dat kristalgroei ook nu nog een in vele opzichten duister gebied is, zal niemand ontkennen; eerst de laatste jaren brachten hier een zwak licht⁹⁶⁾.

Al heeft Romé dus niet verklaard hoe de secundaire vlakken ontstaan, hij heeft wel getracht een algemene, meer statische oorzaak voor hun aanwezigheid te vinden. *Démeste* had de truncaties toegeschreven aan een andere rangschikking der deeltjes⁹⁷⁾; Romé zoekt de verklaring nu eens in de samenstelling (de molécules intégrantes zouden door enige wijziging in de verhouding der elementen van vorm veranderen), dan weer in de rangschikking der deeltjes, die door plaatselijke storing veranderd wordt.

Mais si, par une proportion différente dans les principes constituans, la figure des molécules intégrantes éprouve une modification, ou si, par quelque circonstance locale, la position respective des molécules dans le fluide vient à changer, alors le cristal résultant de l'agrégation de ces molécules sera lui-même plus ou moins modifié, et se présentera avec des truncatures...⁹⁸⁾.

Het blijft bij deze vage aanduidingen een raadsel, hoe er dan nog zoiets als *wetmatigheid* in de truncaties kan optreden.

Ondanks zijn afwijzing van structuurtheorieën doet Romé herhaaldelijk pogingen om afgeleide vormen uit structuurverandering te verklaren, maar steeds blijft het succes uit⁹⁹⁾.

De truncatie kan volgens hem zó ver gaan, dat de primitieve vorm geheel verdwijnt en plaats maakt voor zijn „omgekeerde”

(inverse). Zo gaat bij loodglans en marcasiet de kubus door voortgaande afstomping op de hoekpunten over in de regelmatige octaeder¹⁰⁰). Hij noemt dit verschijnsel „inversie”, omdat hierbij elementen van het meetkundig lichaam verwisseld worden (de kubus met 6 vlakken en 8 hoekpunten gaat over in de octaeder met 8 vlakken en 6 hoekpunten; de kubus is dus de „forme inverse” van de octaeder¹⁰¹). De verklaring hiervoor is volgens hem de „omgekeerde rangschikking der moleculen” (On verra dans le cours de cet ouvrage des exemples multipliés de ces nouvelles faces et de ces nouveaux angles, produits par l'agrégation en sens contraire des mêmes molécules cristallines¹⁰²). De inversie van de kubus tot octaeder wordt hier (bij loodglans) als een verandering in rangschikking voorgesteld. We zagen echter, dat bij aluinoctaeders het geleidelijk sterker optreden van kubusvlakken tot aan de totale verdwijning van de octaeder aan een verandering in samenstelling (ontwijken van het zure bestanddeel) toegeschreven werd, dus een chemische oorzaak aangenomen werd. Dáár betekende verandering van primitieve vorm inderdaad verandering van substantie. In deze tegenstrijdige oplossingen wreekt zich het feit, dat hij twee vormen, die door afstomping continu uit elkaar ontwikkeld kunnen worden, als zelfstandige vormen laat optreden.

Weer een andere verklaring voor het optreden van secundaire vlakken geeft hij bij kwarts. Dit komt voor in hexagonale bipyramiden („faux diamans”) en die zijn volgens Romé harder dan kristallen waarbij een intermediair prisma aanwezig is. De oorzaak daarvan is de betere aggregatie der molécules intégrantes en misschien ook een sterkere chemische binding der elementen (principes constituans)¹⁰³). Men denke hierbij aan zijn opvatting, dat eenvoudige vormen stevige chemische binding hebben!

Dat de primitieve vormen, hoewel constant in hun hoeken, in hun vlakken niet gelijkmatig ontwikkeld zijn, schrijft hij (evenals Guglielmini) toe aan gebrekkige toevoer van materie. Zo zal gebrek aan kubusvormige zeezoutmoleculen oorzaak zijn, dat niet

een kubusvormig kristal, maar een rechthoekig parallelipedum ontstaat¹⁰⁴).

Alle begin is moeilijk en het werk van Romé de Lisle is zeker niet zonder gebreken. Daarvan is hij trouwens zelf overtuigd en hij verzoekt dan ook om critiek.

Pour moi, loin de redouter la critique, je la sollicite avec instance; car je suis bien éloigné de penser que mon ouvrage soit sans défauts¹⁰⁵).

Evenwel, in een tijd, dat de kristalbeschrijving nog in de kinderschoenen stond, heeft hij de volledigste verzameling kristallen die ooit verschenen was aangeboden „aux méditations du Philosophe et aux calculs du Géomètre”¹⁰⁶). Ook zijn eigen werk van 1773 wordt door het aantal en de exactheid der afbeeldingen en beschrijvingen verre overtroffen. Hij heeft het wantrouwen in de waarde van deze nieuwe wetenschap helpen overwinnen; hij is, ondanks miskenning van de zijde der officiële geleerden der Académie, voortgegaan geen moeite te sparen om de kristallografie, een wetenschap „die nog ontbrak aan de ontdekkingen op elk gebied waarop de 18e eeuw terecht trots” was, te maken tot een „exacte wetenschap”.

Enfin, je crois n'avoir rien épargné de ce qui pouvoit contribuer à étendre parmi nous le goût d'une science exacte, qui manquoit aux découvertes en tout genre dont s'honore le dix-huitième-siècle¹⁰⁷).

Zo is inderdaad de wens vervuld die hij uitte toen hij arm en bijna blind de pen neerlegde na de voltooiing van zijn Kristallografie: dat hij zich hierdoor een gedenkteken opgericht zou hebben, dat duurzamer is dan brons!¹⁰⁸).

1) Hooykaas, R., De natuurlijke classificatie der chemische substanties, Chem. Weekblad 33, 606 (1936).

2) Hooykaas, R., De structuurtheorie van Guglielmini, Chem. Weekblad 46, 574 (1950).

3) Hooykaas, R., Kristalsplijting en kristalstructuur van kalkspaat I (Torbern Bergman), Chem. Weekblad 47, 301 (1951).

4) De Romé de l'Isle, Cristallographie, ou Description des formes propres à tous les corps du Règne Minéral, Paris 1783, T. I, p. 65.

5) Romé, T. I, p. 65.

6) Buffon, Hist. nat. min. I, 343; (Romé I, p. XVIII); zie ook Buffon, Histoire naturelle des Minéraux, T. I, Paris 1785, p. 433.

7) Lettres du docteur Dèmoste, au docteur Bernard, Paris 1779, T. I, 48 (geciteerd bij C. M. Marx, Gesch. d. Crystallkunde, Carlsruhe, Baden, 1825, p. 116).

8) Capeller, M., Act. Nat. Cur. vol. IV (1737), appendix p. 13 (gecit. bij Marx, op. cit. p. 77).

9) Hooykaas, R., Chem. Weekblad 47, 299—300 (1951).

10) Dèmoste, op. cit. p. 280, 338.

11) Romé, I, p. XXXV.

12) Romé, I, p. XXXVI.

13) O.a. in de mineralogische musea te Utrecht en Groningen.

14) Romé, I, p. 93.

15) Romé, I, p. XIX.

16) Johnsen, Sitzber. preuss. Akad. Wiss. Phys. math. Kl. (1932), p. 413.

17) „Darin (scil. Guglielmini's Riflessioni 1688) wird zum erstenmal das Gesetz der Winkelkonstanz und der art-eigenen Gestalt für Salzkristalle scharf formuliert”, Niggli, P., Die Kristallogie von J. H. Hottinger, Aarau 1946, p. 15.

18) Romé, I, p. XXXI.

19) I, p. 74. 20) I, p. 75. 21) I, p. 75. 22) I, p. 1. 23) I, p. 71. 24) I, p. 70. 25) I, p. 72. 26) I, p. 70. 27) I, p. 70. 28) I, p. 91. 29) I, p. 91. 30) I, p. 89.

31) Terpstra, P., Kristallografie, Groningen, 1946, p. 3; Zie vooral ook: Perdok, W. G., Kristallografische Determineringsmethodes, Chem. Weekblad 44, 202—207 (1948).

32) Romé, I, p. 36.

33) I, p. 10—11. 34) I, p. 8. 35) I, p. 74. 36) I, p. 103.

37) I, p. 31—32. 38) I, p. 6. 39) I, p. 37. 40) I, p. 35.

41) Hooykaas, R., Het begrip element in zijn historisch-wijsgerige ontwikkeling, diss. Utrecht 1933, p. 210—214.

42) Romé, I, p. 32. 43) I, p. 22. 44) I, p. 74. 45) I, p. 26. 46) I, p. 28. 47) I, p. 29. 48) I, p. 30. 49) I, p. XXXV. 50) I, p. 76. 51) I, p. 76. 52) I, p. 77, 97. 53) I, p. 103. 54) I, p. 103.

55) Lavoisier, A. L., Traité de chimie, éd. sec. Paris 1793, p. XIII.

56) Hooykaas, R., Rede en ervaring in de natuurwetenschap der XVIIIe eeuw, Inaug. rede V.U. Amsterdam 1946, p. 43—52.

57) Romé, I, p. 74. 58) I, p. 95. 59) I, p. 75.

60) Vergelijk: Hooykaas, R., De oorspronkelijkheid van Dalton's theorie, Chem. Weekblad 44, 409 (1948).

61) Hooykaas, R., Kristalsplijting en kristalstructuur van kalkspaat II (R. J. Haüy, 1782); Chem. Weekblad 47, 538 (1951).

62) Romé, I, p. 38, 96. 63) I, p. 73. 64) I, p. 74, ook 68. 65) I, p. 73.

66) Hooykaas, R., De natuurlijke classificatie der chemische verbindingen, Chem. Weekblad 33, 599—610 (1936).

67) Vgl. Terpstra, P., Kristallografie, Groningen 1946, p. 5.

68) Romé, I, p. XXXV. 69) I, p. XVI. 70) III, p. 283. 71) III, p. 83. 72) III, p. 84. 73) III, p. 85. 74) III, p. 85. 75) III, p. 261. 76) III, p. 85. 77) III, p. 85. 78) III, p. 282. 79) I, p. 66. 80) I, p. 69. 81) I, p. 93. 82) I, p. 69. 83) I, p. 93. 84) I, p. 102. 85) I, p. XXVI. 86) I, p. XXV. 87) I, p. XXXIII. 88) I, p. XXXIII. 89) T. IV, planche IV no. 45. 90) T. IV, pl. IV nos. 105—111.

91) Dèmoste, op. cit. I, 338.

92) Romé, I, p. XXVII—XXVIII. 93) I, p. XXVII. 94) I, p. XXVII. 95) I, p. 102.

96) Discussions of the Faraday Society 1949, no. 5, p. 11—66. Buckley, H. E., Crystal growth, London, New-York 1951, ch. III—VI.

97) Dèmoste, op. cit. I, p. 338.

98) Romé, I, p. 101.

99) Hooykaas, R., Kristalsplijting en kristalstructuur van gips, Chem. Weekblad 47, 189 (1951).

100) Romé, I, p. 72. 101) I, p. 97. 102) I, p. 72. 103) I, p. 78. 104) I, p. 102. 105) I, p. XXIII. 106) I, p. XXXII. 107) I, p. XXXVIII. 108) I, p. XXXVIII.