

## *De mens in de kijker, een optisch onderzoek naar de aura (deel II).*

Deze tweede tekst volgt op : “*De mens in de kijker, een optisch onderzoek naar de aura, deel I*”. We veronderstellen dat de lezer of lezeres voldoende vertrouwd is met de optische begrippen die daar werden toegelicht. Gaan we er dieper op in, voor wie deze experimenten wil doorgronden, eventueel voor wie ze op de optische bank zelf wil overdoen.

Het in 1887 uitgevoerde Michelson en Morley-experiment neemt in deze tekst een belangrijke plaats in. Het wilde toen aantonen dat er in het heelal geen noodzaak is om het bestaan van een gelijkmatig verdeelde fijne stof, de zogenaamde ‘ether’ aan te nemen. In een enigszins gewijzigde vorm die wij hier voorstellen, en met een nauwkeurigheid die toen wellicht nog niet mogelijk was, blijkt dit experiment evenwel het bestaan van een uiterst fijne stof juist wel aan te tonen, zij het dan op een niet uniforme wijze. En dat lijkt ons toch een merkwaardige speling van het lot te zijn: eenzelfde experiment leidt dan eerst tot een falsificatie, en 125 jaar later en in een enigszins gewijzigde vorm ervan, tot een verificatie. Dat alles, en nog meer, willen we hieronder uitgebreid toelichten.

Zowat in alle tijden en bij vele culturen hoort men getuigenissen van mensen die beweren dat wij niet alleen een biologisch lichaam hebben maar dat wij eveneens beschikken over een geheel van fijnstoffelijke lichamen, de zogenaamde ‘aura’. In de hedendaagse Westerse wijsbegeerte komt het onderwerp nauwelijks nog ter sprake. Ook de actuele natuurwetenschap heeft - zacht gezegd - niet al te veel belangstelling voor dit thema en loopt niet echt over van enig onderzoek op dit gebied. Begrijpelijk, men zoekt nu eenmaal niet naar iets waarvan men het bestaan ontkent. Toch was het één der belangrijkste thema’s bij de stichters van onze filosofie: de Oudgriekse denkers. Ook in het christendom - de tweede pijler van onze Westerse beschaving - is het geloof in het bestaan van een fijne stof nooit ver te zoeken. Op het einde der 19<sup>de</sup> eeuw leek het thema even terug in de wetenschappelijke belangstelling te komen, en dit bij alle controverse die er toen was rond het beroemde ‘Michelson en Morley-experiment’. Reden genoeg om er wat dieper op in te gaan.

### *1. Het Michelson en Morley experiment.*

Iedereen heeft wel eens de ervaring gehad dat hij of zij in een stilstaande trein zat, naast een tweede trein. Als dan een trein zachtjes vertrok, was het niet direct duidelijk of het de eigen trein was, dan wel de andere, en was het even zoeken naar een vast oriënteringspunt, zoals het station of het perron zelf. Denkt men hierop verder door, dan lijkt zulk een vast oriënteringspunt vinden, waar dan ook, ver van eenvoudig. De aarde draait rond haar as, en rond de zon, die zelf ook een deel van een roterende Melkweg is, en allen behoren ze bovendien tot een uitdijend heelal. Bestaat er dan wel ergens in de ruimte een vast punt?

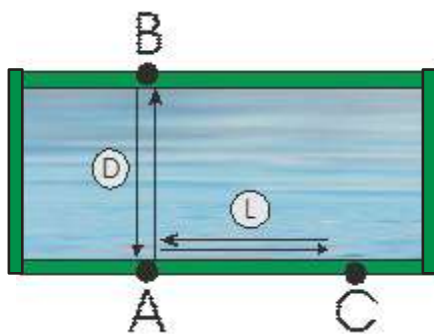
In zijn *Philosophia Naturalis* (1687), nam Isaac Newton de begrippen ‘absolute tijd’ en ‘absolute ruimte’ aan. Hij veronderstelde dat de tijd gelijkmatig verstrijkt, geheel onafhankelijk van wat ook. En ook de ruimte was een soort van vaste standaard, wat maakte dat je van elk voorwerp in het heelal de juiste positie kon bepalen. Iets in de ruimte speelde de rol van een vast coördinatenstelsel en zorgde ervoor dat plaats en beweging op een absolute wijze konden worden vastgelegd. In zijn tijd stelde dat voor Jan Modaal niet direct een probleem.

De voortschrijdende wetenschap zag hier wel een moeilijkheid. Als alle bewegingen slechts bewegingen zijn t.o.v. iets anders, is er in de ruimte dan wel zoiets als een vast referentiepunt, of steunt de hele hemelmechanica op drijfzand?

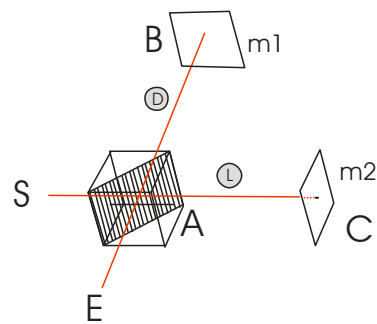
De golven die zich in het water voortbewegen, hebben dit water als medium, en geluid bedient zich van de lucht om zich te verspreiden. Dus lijkt het niet zo ver gezocht om aan te nemen dat het licht van de zon en de sterren dat de aarde bereikt, dit doet via een middenstof. En dus verwelkomde de natuurkunde een hypothetisch medium, een uiterst fijne tussenstof, de zogenaamde ‘ether’, die de hele ruimte gelijkmatig vult, en die eveneens kon dienen als standaard voor absolute tijds- en ruimtemetingen. De vraag was of en hoe haar bestaan experimenteel kon aangetoond worden. Zulk een experiment werd in 1887 door Michelson en Morley, - voortaan in deze tekst afgekort als het ‘M&M-experiment’ - uitgevoerd, met een toestel dat berust op interferentie van licht.

Verduidelijken we dit hieronder. De tekening links (1a) stelt een stilstaand water voor, b.v. een zwembad, met aan de randen ervan de punten A, B en C, en wel zo dat de afstand AB gelijk is aan AC. D en L zijn twee zwemmers, die even snel zwemmen. D dwarst het zwembad van A naar B en terug, L zwemt in de lengterichting van A naar C en terug. Het ligt dan ook voor de hand dan beiden op hetzelfde ogenblik het punt A terug bereiken.

Kijken we nu naar de tekening rechts (1b). Het is een schematische voorstelling van het toestel, een zogenoemde ‘interferometer’, waarmee het M&M-experiment werd uitgevoerd. Hierbij is S (‘S’ van Source) een lichtbron, die een beamsplitter BS belicht, een kubus met hierin diagonaal een halfdoorlatend spiegeltje, waarvan A het middelpunt is. De figuren m1 en m2 (tweemaal de kleine letter ‘m’ van mirror) zijn twee vlakke spiegelstukjes. Ze zijn zo geplaatst dat de afstand AB gelijk is aan de afstand AC.



1a

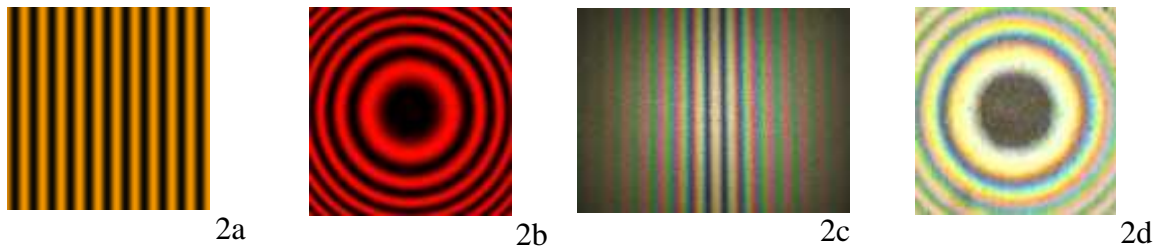


1b

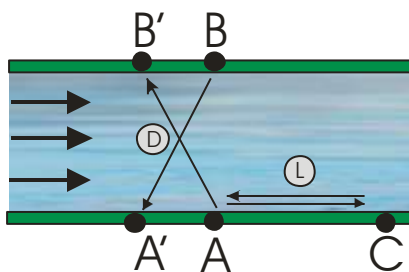
Licht vanuit S splits in het midden van Bs, noemen we dit punt het punt A. Een deelbundel gaat naar B, weerkaatst terug naar A en bereikt de waarnemer in E. De andere deelbundel gaat naar C, weerkaatst naar A en bereikt eveneens E. Men ziet de analogie tussen de beide schema's in 1a en 1b. Daar waar (in 1b) de beide deelbundels een gemeenschappelijke weg AE afleggen, kan men verwachten dat er zich een interferentiebeeld zal tonen.

Werkt men hierbij met monochromatisch licht, dan ziet men inderdaad een aantal evenwijdige lichte en donkere strepen of cirkels. Werkt men met wit licht dan hebben deze de kleuren van de regenboog. We zochten op internet en vonden afbeeldingen zoals weergegeven in 2a tot 2c, als resultaten van het M&M-experiment. Afbeelding 2d is dat niet. Het is een afbeelding van enkele Newtonringen. Wellicht hebben we slecht gezocht, we vonden echter

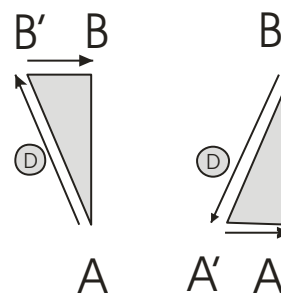
geen gekleurde cirkels als resultaat van een M&M-experiment. Wellicht zijn ze te vinden. Dan zullen ze erg gelijk zijn op wat afbeelding 2d weergeeft. We komen verder in de tekst nog uitvoerig terug op het ontstaan van zulke lijnen en cirkels.



Terug naar het zwembad. We vervangen het door een rivier met stromend water (3a). Nu is het lang niet zeker of beide zwemmers D en L na hun zwempartij nog samen zullen aankomen in A. Want stel dat het water in de richting van A naar C behoorlijk snel stroomt, dan maakt zwemmer L wel een verbluffende start, maar eens in C zwemt hij heel wat moeizamer tegen de stroom in. Hij zal meer tijd verliezen dan zwemmer D om terug in A te geraken.



3a



3b

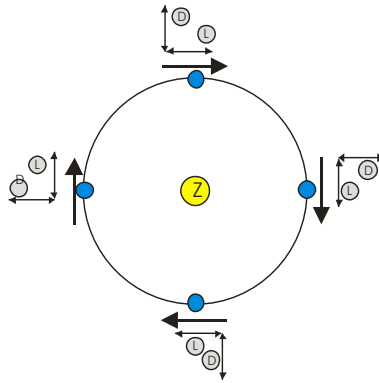
Men kan dit op eenvoudig manier aantonen met behulp van de stelling van Pythagoras (3b). Is er een stroming, dan moet D vanuit A voortdurend naar de richting B' zwemmen, links van B, om B te bereiken. Maar dan heeft hij een afstand afgelegd, gelijk aan de schuine zijde (AB') van de rechthoekige driehoek AB'B.

Wil D vervolgens vanuit B terug naar A zwemmen, zal hij de richting naar A' moeten aanhouden, links van A. Dan heeft hij een afstand afgelegd, gelijk aan de schuine zijde (BA') van de rechthoekige driehoek ABA'. In beide gevallen is die afstand groter dan de rechtstreekse oversteek AB of BA.

Op zijn beurt heeft zwemmer L aanvankelijk de snelheid van het stromende water mee, maar bij zijn terugkeer van C naar A, heeft hij deze tegen. Een cijfervoorbeeld toont aan dat zwemmer L er dan langer over doet dan zwemmer D.

Overdenken we dit laatste gegeven, maar nu gesitueerd in de interferometer zoals voorgesteld in tekening 1b. De beide lichtbundels D en L doorklieven de statisch gedachte ether. Maar gezien de aarde nooit in rust is, behoudt de interferometer, die zich ergens op de aarde bevindt, niet steeds dezelfde positie t.o.v. die ether.

Kijken we naar tekening 4. Als de hele ruimte inderdaad gevuld is met zulk een statische en gelijkmatig verdeelde middenstof, dan zal de aarde (de blauwe cirkel), o.m. door haar beweging rond de zon (de gele cirkel), deze middenstof in de loop van een jaar in een telkens wisselende richting doorklieven.



4

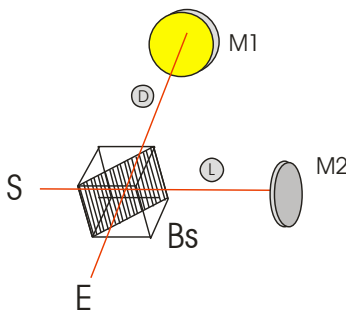
Met de wisseling der seizoenen beweegt de aarde soms in de dwarsrichting doorheen deze stof, soms in de lengterichting. Maar dan zullen de beide lichtbundels niet steeds samen terug aankomen in A, net zoals dat bij onze zwemmers D en L niet het geval is.

Bij het M&M experiment was de verwachting dat dit verschil in tijd zich zou tonen door een gewijzigd interferentiebeeld. Bij nauwgezet en effectief uitvoeren ervan bleek echter dat de lichtstralen D en L steeds samen terug aankwamen in A. En zulks ongeacht de positie van de interferometer t.o.v. de veronderstelde middenstof. Dit resultaat, het bij herhaling vastgestelde ongewijzigde interferentiebeeld, deed Einstein ertoe besluiten dat het niet mogelijk is een eenparige beweging t.o.v. de ether vast te stellen. En als het bestaan ervan op zich al evenmin aan te tonen is, lijkt het ook zinloos om te beweren dat de aarde en de hemellichamen er zich doorheen bewegen. Tot zover de beschrijving van dit beroemde experiment en de wetenschappelijke interpretatie ervan.

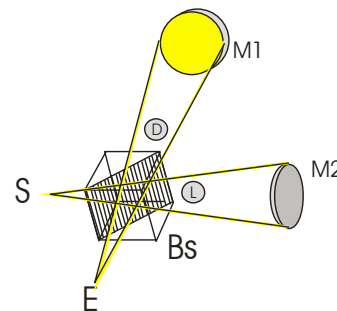
**2. Je zoekt iets, en je vindt iets anders.**

Wij hebben jaren geleden, wat naïef en overmoedig, een poging gedaan om dit M&M experiment - of liever, een zelf bedachte variante ervan - over te doen. We gebruikten geen vlakke spiegeltjes, wel twee holle spiegels M1 en M2 (de hoofdletter 'M' van Mirror). We lijnden alles uit met een laser (5a) en zorgden er nauwgezet voor dat alle laserlicht mooi in één vlak lag.

Nadien (tekening 5b) vervingen we de laser door een witte puntlichtbron, een glasvezel met een doormeter van 0,3 mm. Hierbij gaan de beide lichtbundels divergerend vanuit S en Bs naar de beide spiegels M1 en M2 om na weerkaatsing terug te convergeren naar E.



5a

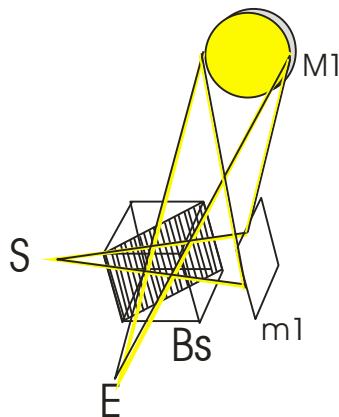


5b

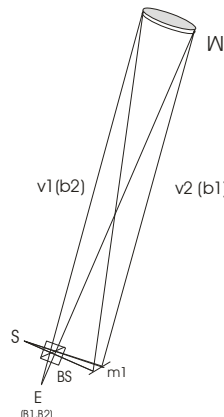
Eens de opstelling klaar, zochten we wat ongeduldig in E naar het interferentiebeeld dat zich zou moeten vormen. Wat bleek? Er was niet het minste spoor van ook maar een beginnende

interferentie. Frustratie alom. Reden? Het is voor een amateur gewoon onmogelijk om de spiegels M1 en M2 op een gelijke afstand van Bs te zetten, en dit tot op een onderdeel van enkele lichtgolven. Maar dat realiseerden we ons toen nog helemaal niet.

Uit een soort van onvrede hebben we dan, zomaar, gewoon omdat we niet wilden aannemen dat we met onze opstelling helemaal niets bereikt hadden, de holle spiegel M2 vervangen door de kleinere vlakke spiegel m1 (6a). Maar deze moest dan, gezien de divergentie van de bundel, veel dichterbij Bs staan. In tekening 6b zijn de verhoudingen iets realistischer. De spiegel M staat inderdaad op ongeveer 2500 mm (de krommingsmiddelpunt-afstand  $k$ ) van de splitter Bs verwijderd.



6a

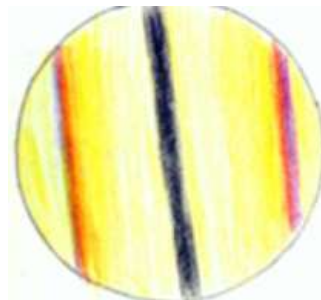


6b

Het beeld dat zich toen in E vormde, sloeg ons met volstrekte verbazing. We zagen twee spiegeloppervlakken - van elke lichtweg één spiegeloppervlak - die bijna samenvielen, en waarbij zich interferentielijnen begonnen te vormen (7a). Stelden we het spiegelkje m1 een weinig bij, dan werden de lijnen plots heel wat breder (7b). Veranderden we weer de stand van m1, dan zagen we het spiegeloppervlak gevuld met enkele concentrische cirkels, in de kleuren van de regenboog (7c). Vergelijken we deze behoorlijk brede lijnen en cirkels met de resultaten (2a tot 2d) van het M&M-experiment, dan mag het duidelijk zijn dat we, bijna toevallig, echt op iets ongewoons zijn gestoten.



7a



7b

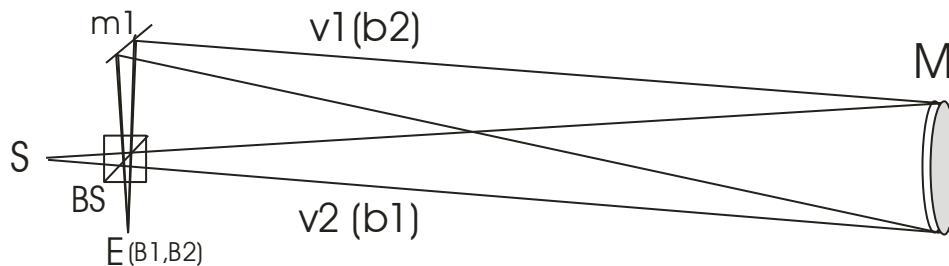


7c

En we hadden er geen verklaring voor. Zo gaat dat, wanneer je niet weet wat je zoekt, dan weet je ook niet wat je vindt. Tijd dus om ons over dit alles ernstig en uitvoerig te informeren. En dat werd het begin van een boeiende zoektocht, die ons uiteindelijk deed begrijpen wat er zich voordeed. Meer nog, het liet ons toe om nog een aantal andere experimenten te bedenken en voor te stellen, en enkele ervan ook effectief uit te voeren... en daarover gaat deze tekst.

### 3. Onze basisopstelling: een type van radiale interferometer.

Zoals gezegd wordt in een interferometer het licht in twee deelbundels gesplitst die zich nadien terug verenigen en onder welbepaalde voorwaarden aanleiding kunnen geven tot interferentie, tot kleurverschuivingen. Beschrijven we hieronder een soort van radiale interferometer. We krijgen:



8

S = Source, puntlichtbron, wit licht.

M = Mirror, (hoofdletter) concave spiegel, 155 mm doormeter,  $f = \pm 1250$  mm

m = mirror, (kleine letter) kleine vlakke spiegel, met spiegelende laag aan bovenzijde

BS = beamsplitter cube voor visueel licht, 50/50, 20 mm<sup>3</sup>.

E = Eye, oog, plaats van de waarnemer

v = (kleine letter) voorwerpsafstand

b = (kleine letter) beeldafstand

B = (hoofdletter) beeldpunt

K (hoofdletter) = krommingsmiddelpunt

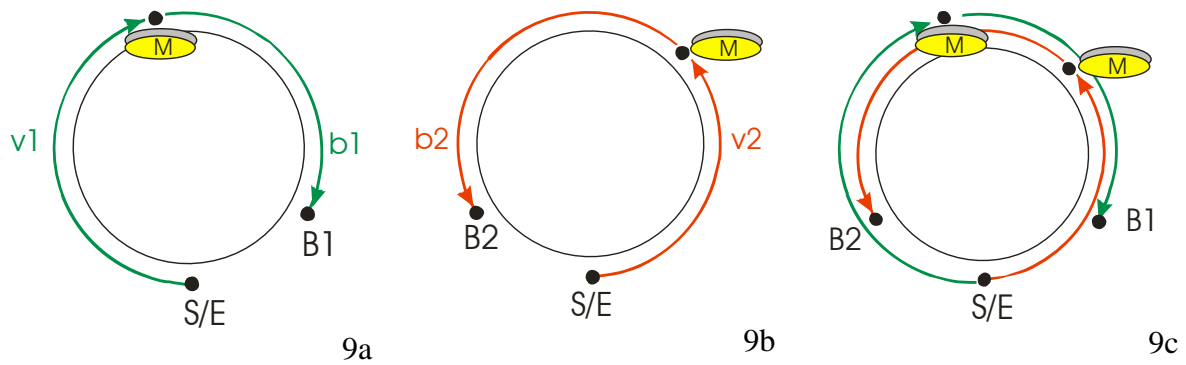
k (kleine letter) = krommingsmiddelpuntafstand

Noemen we deze opstelling de 'basisopstelling'.

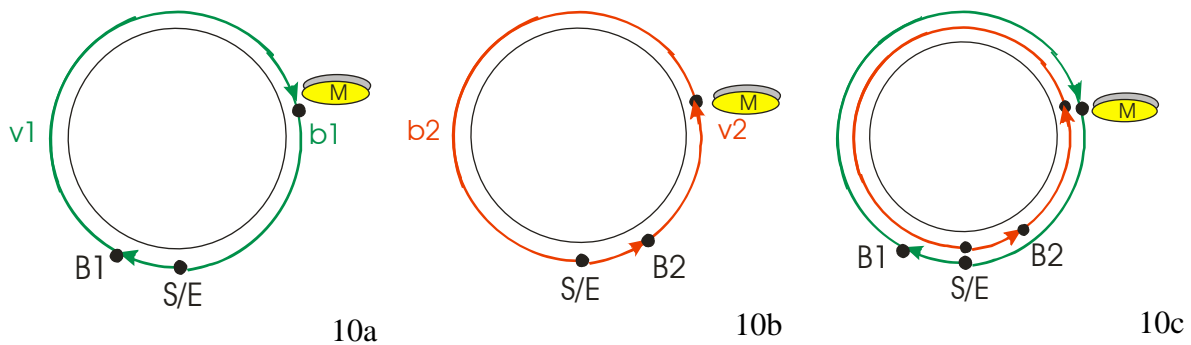
We hebben (tekening 8):  $v_1$ , de voorwerpsafstand in wijzerzin. Deze gaat divergerend van S via BS en m1 naar M, en weerkaatst als de beeldafstand  $b_1$ , convergerend via Bs naar het punt B1, voor het oog van de waarnemer E. Het deel van het licht dat naar S gaat, is verloren.

We hebben eveneens:  $v_2$ , de voorwerpsafstand in tegenwijzerzin, deze gaat divergerend van S via BS direct naar M, en weerkaatst als de beeldafstand  $b_2$ , convergerend via m1 en Bs naar het punt B2, voor het oog van de waarnemer E. Theoretisch kunnen de punten B1 en B2 in E samenvallen, maar ook net naast elkaar, of achter elkaar liggen.

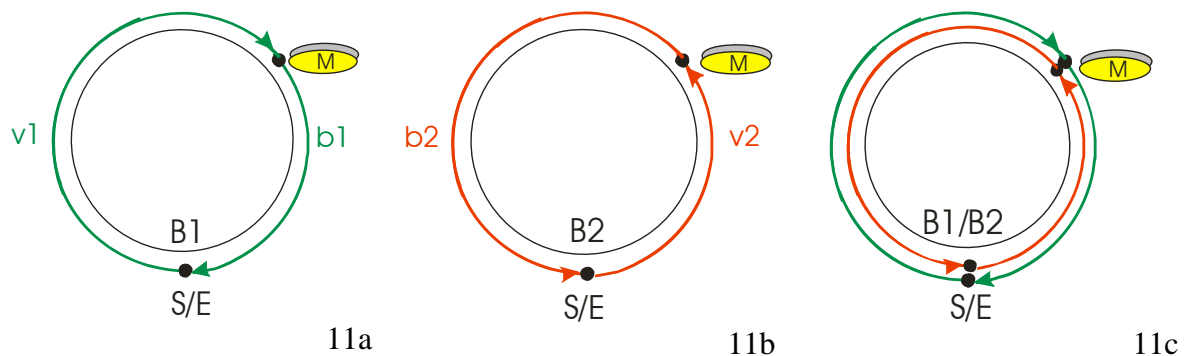
Trachten we dit schematisch toe te lichten als volgt. In tekening 9a zien we onderaan de lichtbron S, vanwaar de lichtbundel  $v_1$  in wijzerzin vertrekt naar de spiegel M, en die vervolgens weerkaatst als  $b_1$  naar het beeldpunt B1. We zien evenwel dat B1 het punt E niet bereikt. De hele cirkelomtrek werd niet doorlopen. Tekening 9b toont ons  $v_2$  die in tegenwijzerzin M bereikt, en vervolgens via  $b_2$  convergeert in het beeldpunt B2. Ook hier valt het beeldpunt B2 niet samen met E. Tekening 9c tenslotte tracht de beide tekeningen 9a en 9b samen te vatten. We zien dat de beide beeldpunten B1 en B2 niet samenvallen en ze bereiken evenmin het punt E.



Kijken we nu naar tekening 10a. Het licht vertrekt vanuit S in wijzerzin. Na divergentie en convergentie valt het beeldpunt B1 nu voorbij het punt E. De doorlopen afstand is meer dan de cirkelomtrek. In tekening 10b vertrekt het licht vanuit S in tegenwijzerzin en valt het beeldpunt na de hele omloop voorbij E. Tekening 10c verenigt tekening 10a en 10b. De beeldpunten B1 en B2 komen niet samen, en vallen voorbij E.



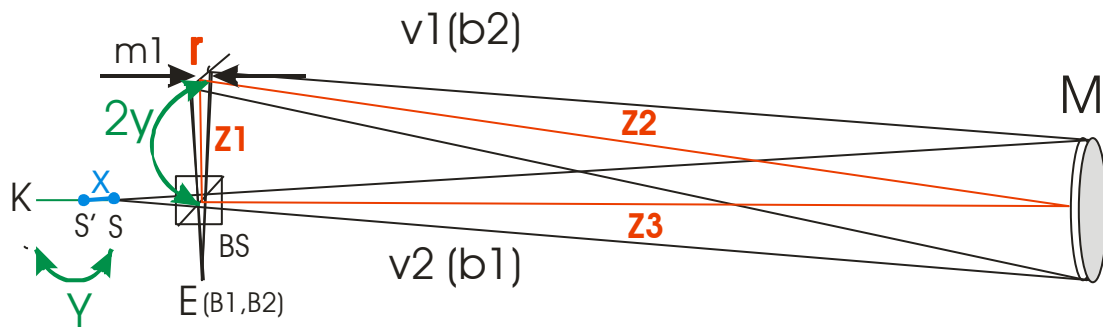
In tekening 11a gaat het licht in wijzerzin divergerend naar M, en convergeert in B1. Dit punt valt samen in E. Tekening 11b toont ons het licht in tegenwijzerzin, waarbij B2 eveneens met E samenvalt. Tekening 11c vat 11a en 11b samen. Beide punten, B1 en B2 vallen met elkaar samen, en dit in E.



De toelichting die hieronder volgt, is een poging om alle afstanden in de basisopstelling zo te kiezen, dat inderdaad de beeldpunten B1 en B2 met elkaar samenvallen in E, d.w.z. dat ze voor de waarnemer tot ongewone interferentiebeelden leiden. De marge waarbinnen de interferentie zich toont is uitzonderlijk klein. Liggen B1 en B2 b.v. nog maar een halve millimeter uit elkaar, dan zijn ze duizend (!) golflengten van elkaar verwijderd, en is er in onze opstelling van enige interferentie helemaal niets meer te merken.

In wat volgt gaan we even de wiskundige toer op. Zonder berekeningen gaat het nu eenmaal niet. Hopen maar dat de lezer of lezere deze enkele regels vlug achter zich laat, en de rode draad in deze tekst gemakkelijk kan blijven volgen.

Definiëren we dus nauwkeuriger. Wat we hier axiomatisch vooropstellen mag wat ongewoon overkomen. Het zijn evenwel zeer bewuste keuzes en het doordachte resultaat van een aantal algebraïsche bewerkingen. Die bewerkingen zelf slaan we hier over. We beperken ons tot het resultaat. Wie er toch belangstelling voor heeft vindt ze op het einde van deze tekst. Hun praktisch belang zal echter vrij vlug blijken. Illustreer we dit met tekening 12.



12

Letten we op de rode driehoek, gevormd door het midden van Bs, m1, M en opnieuw met het midden van BS. Het is een rechthoekige driehoek, met de rechte hoek in BS. Z1 en Z3 zijn de rechthoekszijden, Z2 is de schuine zijde en is uiteraard langer dan Z3.

De afstand 2y, aangegeven met de groene boog links, is de som van de zijde z1, plus het verschil van z2 en z3. Kortser;  $2y = z1 - (z2 - z3)$ .

De afstand van het krommingsmiddelpunt K tot S (de groene boog onderaan) is gelijk aan één keer y.

Tenslotte, x, de afstand van S' tot S, wordt gegeven met de formule  $x = \sqrt{y^2 + f^2} - f$ .

Trachten we, met al deze gegevens, de voorwerpsafstanden te definiëren. We krijgen:

$$\begin{aligned} v1 &= 2*f - y + 2y + x & \text{of} & & v1 &= 2*f + y + x \\ v2 &= 2*f - y + x \end{aligned}$$

via de spiegel formule  $1/f = 1/v + 1/b$  vinden we :

$$b1 = v1*f / v1 - f \quad b2 = v2*f / v2 - f$$

Illustreer we met de volgende waarden:

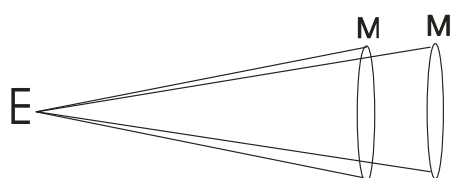
$f = 1250$ ,  $y = 5$ ,  $x = \sqrt{5^2 + 1250^2} - 1250$  of 0.01. We krijgen:

$$\begin{aligned} v1 &= 2500 + 5 + 0.01 \text{ of } 2505.01, & b1 &= 2505.01 * 1250 / 2505.01 - 1250 \text{ of } 2495.01 \\ v2 &= 2500 - 5 + 0.01 \text{ of } 2495.01, & b2 &= 2495.01 * 1250 / 2495.01 - 1250 \text{ of } 2505.01 \end{aligned}$$

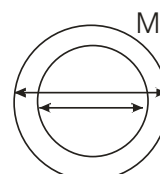
We zien dat met deze waarden  $v1 = b2$ , en ook dat  $v2 = b1$ . Het belang hiervan wordt onmiddellijk duidelijk als we ons realiseren dat  $v2 - b1 = 0$ , maar ook  $v1 - b2 = 0$ . Dit betekent dat theoretisch de beeldpunten B1 en B2 voor de waarnemer in E, exact samenvallen. Het is de situatie zoals ze werd toegelicht in tekening 10c.

Doen we de berekening voor een andere waarde over, b.v.  $y = 10$ , en houden we ons aan de formule  $x = \sqrt{y^2 + f^2} - f$ , dan vinden we steeds dat B1 en B2 samenvallen. M.a.w. onze opstelling laat ons toe twee coherente lichtpunten theoretisch exact te laten samenvallen.

In onze basisopstelling is de lichtweg b2 langer dan de lichtweg b1. Het licht van M dat ons via b2 bereikt, heeft een langere weg afgelegd dan het licht dat vanuit M ons via b1 bereikt. Zodat voor het oog, de spiegel M in het eerste geval verder staat dan in het tweede geval. Dat illustreert ons tekening 13a.



13a



13b

Met de gegeven waarden is dit onderlinge verschil in afstand  $2505.01 - 2495.01$  of  $10$  mm. Het lijkt vanuit E, dat het spiegeloppervlak dat we zien via ene lichtweg een beetje in grootte verschilt t.o.v. spiegeloppervlak dat we via de andere weg waarnemen. Daarom is het juist een radiale interferometer. Dat toont ons, sterk overdreven, tekening 13b.

Bouwen we deze interferometer en stellen we zo fijn af dat bijna het hele spiegeloppervlak gevuld is met één interferentiekleur. Brengen we vervolgens de hand in de lichtweg. We zien beelden zoals hieronder weergegeven (14a, 14b, 14c). De hand verwarmt de lucht rondom en deze turbulentie vormt een hindernis voor het licht, waardoor het afwijkt. Dit laatste leidt tot kleurverschuivingen. We zien slierten warme lucht voortdurend omhoog stijgen. Het geheel is zeer dynamisch en geeft ons een fascinerend schouwspel.



14a



14b



14c

We hebben getracht deze beelden digitaal vast te leggen. Onze puntlichtbron heeft echter een doormeter van slechts  $0,3$  mm, de doormeter van een acupunctuurnaald, en is erg lichtzwak. Bij enkele pogingen om toch foto's te nemen zijn de beelden zo klein en lichtzwak dat ze bij digitale vergroting slechts een verzameling al te vage pixels tonen. We houden het in deze tekst dan ook liever bij een werkelijkheidsgetrouwe weergave in tekeningen.

Overdenken we onze interferometer, dan wordt het duidelijk dat de radialiteit verkleint naarmate het lengteverschil der beide deelbundels ook kleiner wordt. Dat zal ons toelaten om onze interferentiebanden breder te maken. Onze opstelling zal dan nog gevoeliger worden. Er is evenwel een limiet. Het vlakke spiegelkje m1 (zie tekening 12) kan niet in Bs gedrukt worden.

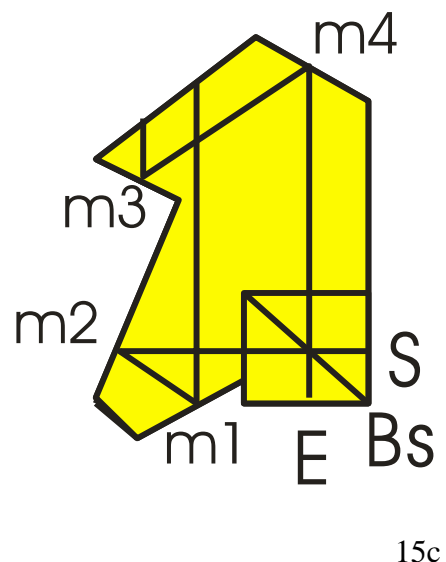
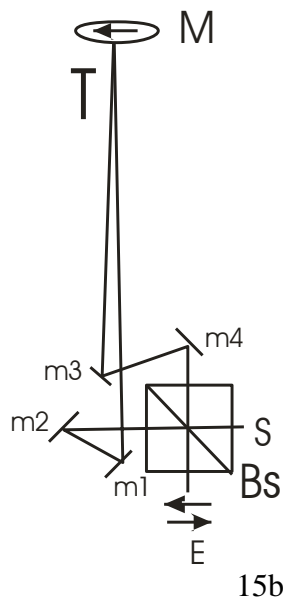
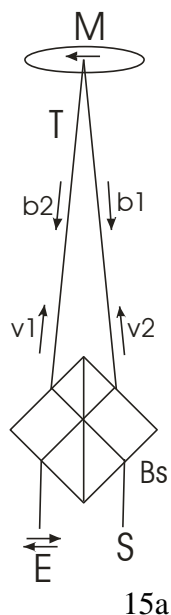
De kleinste afstand die we bereikten voor  $2y$  was 7 mm. Toch kan dit wegverschil op een andere manier weggewerkt worden. Dat willen we zo dadelijk toelichten.

**Samengevat:** we beschreven en berekenden een type van radiale interferometer. Deze is radiaal en omdat, gezien vanuit de waarnemer E, de beide beelden van M niet dezelfde grootte, niet dezelfde doormeter hebben. De beeldpunten B1 en B2 liggen echter veel dichterbij elkaar dan b.v. in het bekende twee-spletenexperiment van Young voor mogelijk gehouden wordt. Zo kunnen op een relatief eenvoudige manier veel bredere interferentiebeelden bekomen worden. Ons instrument is zo gevoelig dat het de opstijgende lucht, veroorzaakt door de warmte van onze hand, in vele zich wisselende interferentiekleuren toont.

**4. Een omkeer- of 'reversal' opstelling**

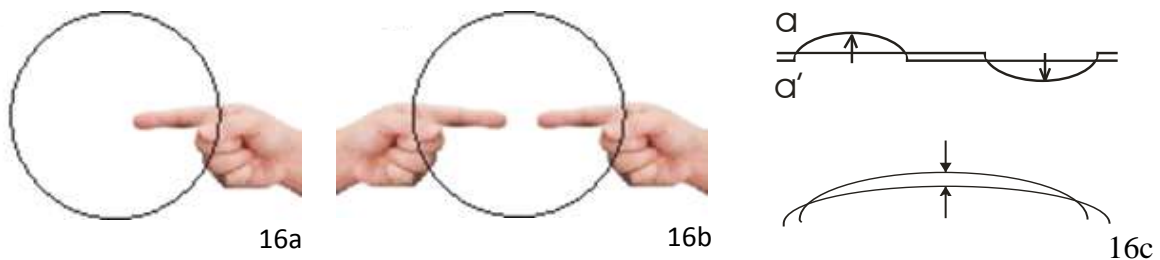
In de eerste tekst werd reeds een type van omkeerinterferometer vermeld. Gaan we hier verder op in. De opstelling in de afbeelding hieronder links (15a) toont ons een reversal met één  $B_s$ , zoals die in de literatuur beschreven staat. Het lukte ons niet om hiermee een brede interferentie te genereren. De lichtbundels vallen al te schuin op  $B_s$ , wat tot verticale interferentielijnen leidt, niet tot een spiegeloppervlak in één enkele interferentiekleur.

Dus omzeilden we dit probleem met de opstelling zoals weergegeven in de afbeelding in het midden (15b). Om de onderscheiden lichtwegen zoveel mogelijk aan elkaar gelijk te maken, gebruikten we een kaartje (15c), een detail van tekening 15b, waarbij de beide lichtwegen nauwgezet, tot op minder dan 1 mm wegverschil, bijna even lang konden worden gemaakt. Spiegeltjes  $m_1$  tot  $m_4$  kunnen zo zeer precies op de juiste plaats gezet worden.



Het afstellen van alle onderdelen in 15b met de laser vereist een grote precisie. Alle laserlicht moet inderdaad in hetzelfde vlak liggen. Met een aantal vlakke hulp spiegels en een doorzichtig stukje plastic gingen we na of de onderscheiden laserstralen elkaar effectief snijden, dan wel of ze niet op een onderlinge afstand elkaar slechts kruisen.

Bij deze omkeer-interferometer mengt de ene helft van het beeld (16a) zich met het spiegelbeeld van de andere helft (16b). Gaan we met de hand niet voorbij de middellijn van de spiegel dan interfereert een verstoorde golf met een niet verstoorde. Stellen we de verstoorde golf voor door een boog en de niet verstoorde golf door een horizontale lijn (16c bovenaan). Hun onderlinge verschil, telkens aangegeven met de pijl, is veel groter dan bij een radiale interferometer. Het instrument is dan ook heel wat gevoeliger. We zien een veel intensere kleurverschuiving. Men merkt zo dat bij een radiale interferometer (16c onderaan) het verschil tussen twee krommen, kleiner is dan het verschil tussen een kromme en een rechte.



Brengen we de vinger in de lichtweg, dan geeft zulks het toch wel verrassende resultaat te zien (17). We beschreven dit reeds uitvoerig in de eerste tekst.

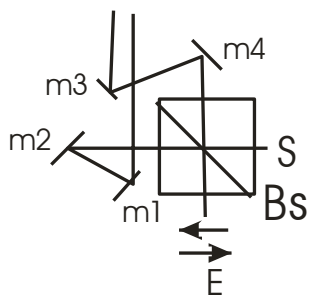


17

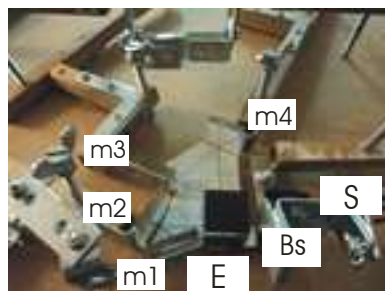
Het beeld is evenwel nooit statisch. Elke trilling van de optische bank, hoe miniem ook, is zo dat de ene helft van het beeld, 'tegengesteld' reageert t.o.v. de andere helft. Verduidelijken we dit als volgt. We houden de beide handen met de vingertoppen tegen elkaar, zonder ze te lossen. Verplaatsen we de ene hand vooruit of achteruit, dan volgt de andere simultaan. Zo gaat het met trillingen in een gewone interferometer. Niet zo bij een reversal interferometer. Om bij het voorbeeld met de handen te blijven: bij een schok gaat de ene hand wel vooruit, maar de andere evenveel achteruit. En daar onze optische bank wel voortdurend trilt - we spreken over uiterst minimale bewegingen - wijzigt zich het beeld voortdurend en is een rustig kijken naar wat er zich toont, niet eenvoudig. Het blijven letterlijk 'momentopnamen' van een uiterst dynamisch gebeuren.

Tekening 18a geeft ons een detail van de opstelling uit 15b. Letten we bij de foto 18b op het opstaande spiegeltje m4. We zien hierin het spiegelbeeld van de uitgetekende lijnen op het kaartje. Als we het spiegeltje m4 zo afstellen dat we de uitgetekende lijn en haar spiegelbeeld in elkaars verlengde zien, dan weten we dat de afstelling al behoorlijk nauwkeurig is. We letten er op dat alle laserlicht in hetzelfde vlak blijft. Dit geldt uiteraard voor het uitlijnen van alle spiegeltjes. Foto 18c geeft een impressie van de optische bank. Spiegel M staat op een wagentje,

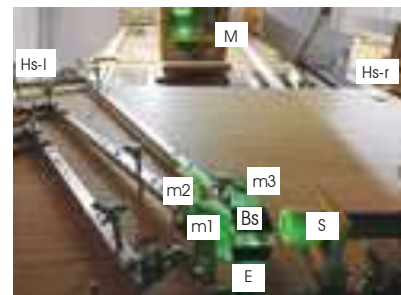
dat via een balk onder de optische bank met stelschroeven nauwkeurig dichterbij of verder weg kan geplaatst, of zeggen we ‘gereden’, worden.



18a



18b

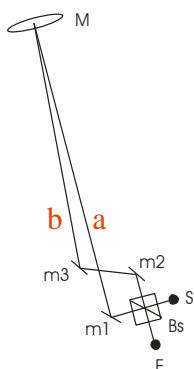


18c

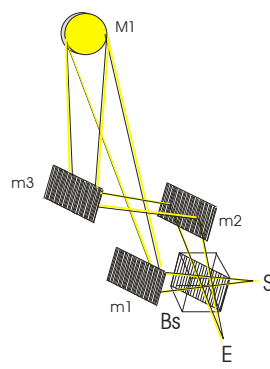
Tot zover de beschrijving van deze reversal interferometer. Gaan we nu over naar een volgend experiment.

**5. Een opstelling met radialiteit = 0**

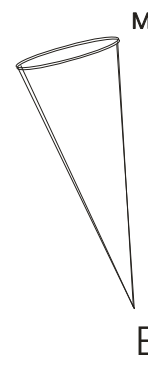
Trachten we onze basisopstelling gevoeliger te maken, door het wegverschil tussen de beide deelbundels nog te verkleinen. Anders gezegd, we maken de lichtweg a of v1 en de lichtweg b of v2 even lang. Dit doen we door aan de basisopstelling de vlakke spiegeltjes m2 en m3 toe te voegen. Dat zien we in de tekening (19a)



19a



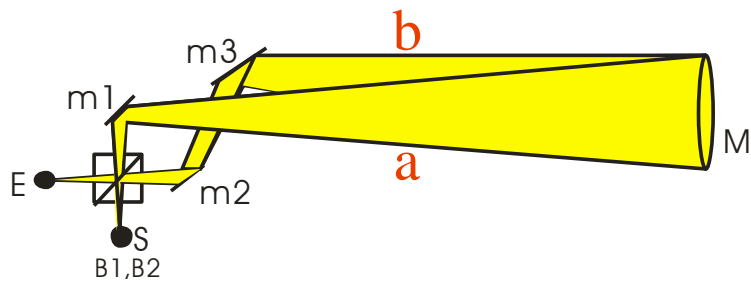
19b



19c

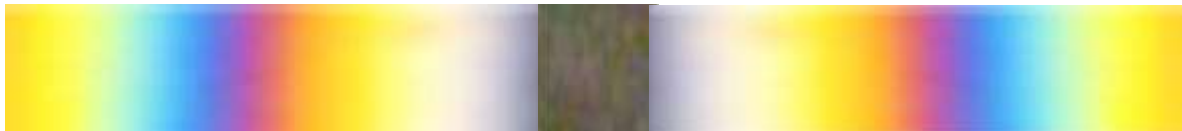
Afbeelding 19b geeft het schema divergerend en convergerend weer. Afbeelding 19c illustreert dat we vanuit E de spiegel M op gelijke afstanden a en b zien. Anders gezegd, de spiegel M wordt vanuit zijn krommingsmiddelpunt K belicht. Zo worden v1, b1, v2 en b2 allen even lang. Nog anders gezegd, in onze formule  $x = \sqrt{y^2 + f^2} - f$ , streven x en y naar 0 en vallen de beeldpunten B1 en B2 in E samen. Hierdoor is onze opstelling niet langer een radiale interferometer. Wel bekomen we een uitzonderlijk gevoelig instrument, waarvan we verwachten dat het zeer kleine verstoringen in de lichtweg als kleurwijzigingen zal weergeven.

Bouwen we dus de opstelling zoals weergegeven in tekening 20 hieronder.



20

Er toont zich bij het uitlijnen vrij vlug een mooie en brede interferentieband. (21).



21

Uiteindelijk wordt hij bij een uiterst nauwkeurig uitlijnen zo breed dat hij de diameter van onze spiegel vele malen overtreft. We kunnen dan de spiegel zo afstellen dat zijn hele oppervlak naar keuze gevuld wordt met telkens één enkele interferentiekleur. Dat zien we hieronder voorgesteld (22).



22

Stellen we af op een achtergrondkleur en brengen we de hand in de lichtweg, net voor de spiegel, dan zien we, afhankelijk van de gekozen kleur, wat hieronder is getekend en ingekleurd (23a, 23b, 23c). We merken geen hevige turbulenties meer zoals zich dat b.v. toont bij de omkeer-interferometer (17), of zelfs bij de beelden in onze basisopstelling (14a, 14b, 14c). Neen het beeld is nu behoorlijk statisch. We kunnen rustig blijven kijken.



23a



23b



23c

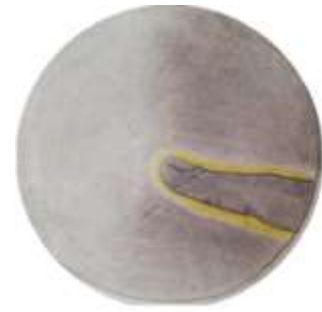
Stellen we tenslotte de opstelling geleidelijk af op destructieve interferentie (24a), en brengen we de vinger in de 'lichtweg (24b, 24c).



24a



24b

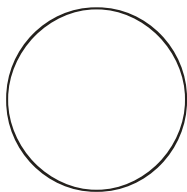


24c

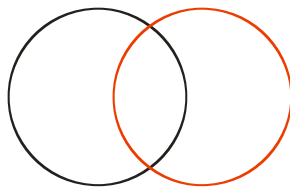
We zien een witgele band net rondom de vinger. Blijkbaar is er ‘iets’, een fijne materie, waardoor de zo gevoelige destructieve verstoord wordt, en mogelijk op die plaats de interferentie zelfs constructief maakt. Het feit dat die band even achterblijft bij het heen en weer bewegen van de vinger, wijst er op dat het hier om een ander fenomeen dan diffractie gaat.

### 6. Young en Newton: twee zijden van eenzelfde gebeuren.

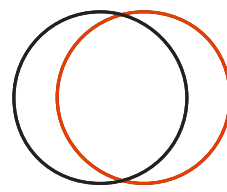
Schuiven we twee transparanten waarop een cirkel staan afgeprint, geleidelijk over elkaar. We krijgen (van 25b tot 25d) :



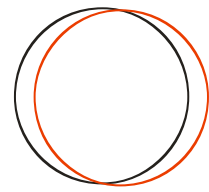
25a



25b



25c

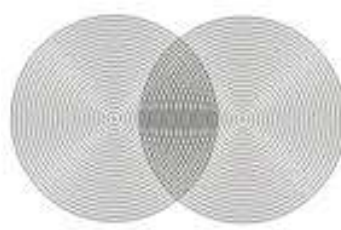


25d

Schuiven we vervolgens twee transparanten, waarbij op elke transparent een reeks concentrische cirkels staan afgeprint (26a), geleidelijk over elkaar. Er beginnen zich welbepaalde patronen te vormen. We krijgen (van 26b tot 26d) :



26a



26b



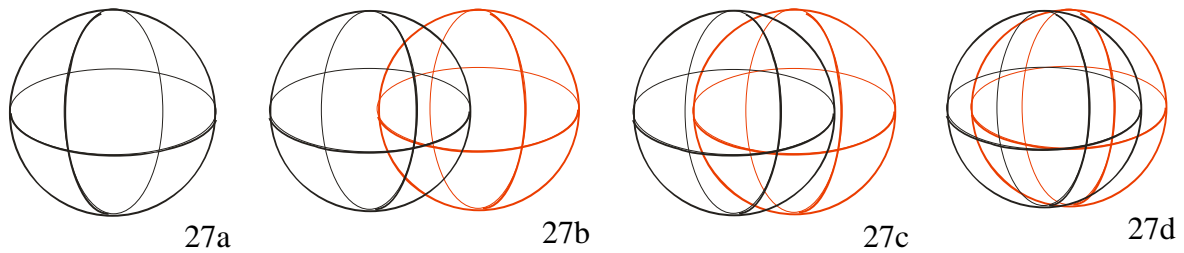
26c



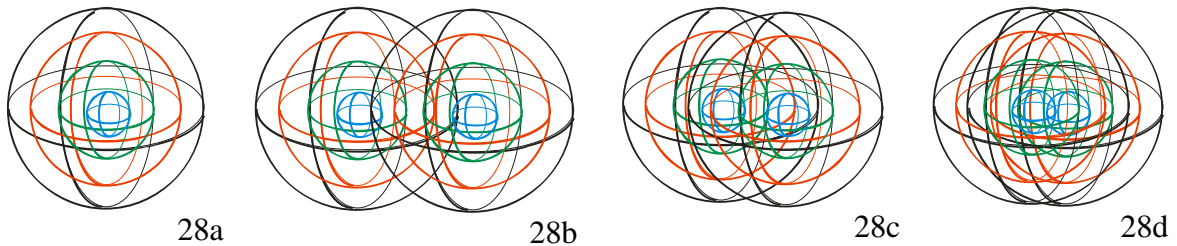
26d

De donkere patronen, die zich het duidelijkst in tekening 26d vormen, ontstaan omdat twee krommen, elk met een licht verschillende kromming, elkaar raken en zelfs voor een stuk in elkaar schijnen te vloeien. Hierdoor lijken ze samen een iets dikkere boog te vormen.

Denken we nu dat het niet om cirkels gaat, gesitueerd in een plat vlak, maar om bollen, die naast een lengte en een breedte ook een hoogte hebben (27a). Beelden we ons in dat ze geleidelijk meer en meer in elkaar schuiven. We krijgen (van 27b tot 27d) :



Stellen we ons vervolgens voor dat het telkens om een viertal concentrische bollen gaat (28a). Zo'n twee reeksen schuiven geleidelijk in elkaar. We krijgen (van 28b tot 28d) :

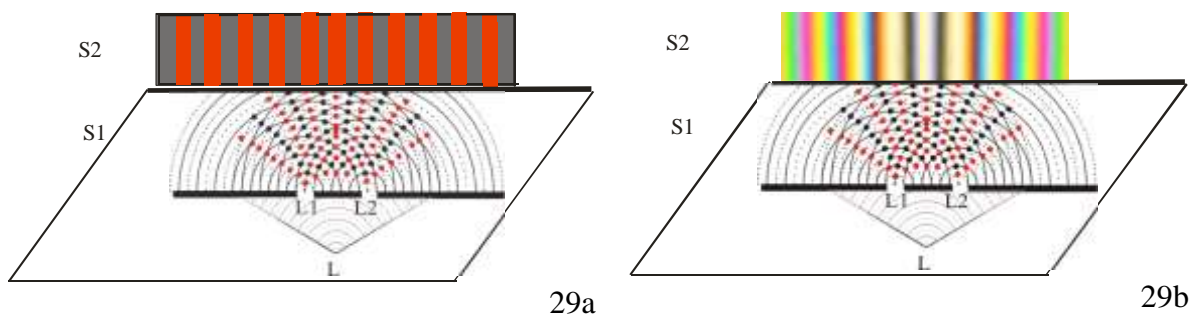


Het papier of het digitale beeld geeft hiervan een statische weergave. Voor de duidelijkheid hebben we in de tekeningen 28a tot 28d met kleuren gewerkt. Betreft het evenwel lichtbronnen dan moet zich voorstellen dat het om één kleur gaat: ofwel monochromatisch lazerlicht, ofwel wit licht. Dit laatste is een verzameling van de kleuren van de regenboog.

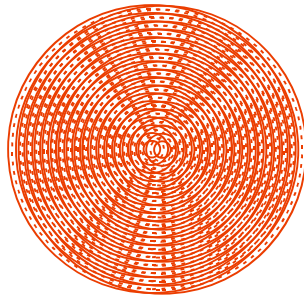
Stellen we ons voor dat zo één reeks concentrische bollen (28a) voortdurend en gelijkmatig uitdijt, uiteraard met de snelheid van het licht, en dat er vanuit het centrum, voortdurend nieuwe bollen worden gegenereerd. Heeft men dat goed in gedachten, dan kan men zich bij benadering voorstellen wat er gebeurt bij een puntlichtbron, b.v. een fijne glasvezel, die licht in alle richtingen uitzendt.

Ofschoon op onze tekeningen (28a tot 28d) elk lichtpunt nog slechts 4 golven genereert, wordt de voorstelling al behoorlijk ingewikkeld.

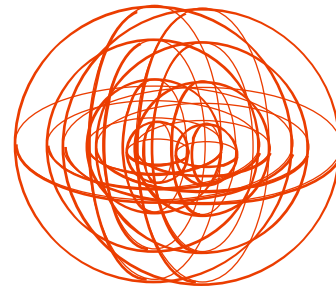
In de eerste tekst zijn we uitgebreid ingegaan op het twee-spleten-experiment van Young, en dit zowel voor monochromatisch licht (b.v. rood lazerlicht), als voor wit licht. Herinneren we aan de tekeningen 31 en 32 uit de eerste tekst, die we hier opnieuw weergeven. Nu als tekeningen 29a en 29b.



Geven we hieronder tekening 26d opnieuw weer, nu als tekening 30a, ernaast (in 30b) vinden we tekening 28d terug. Beiden echter in rode kleur.



30a



30b

Trachten we ons nu in te beelden dat de tekening links (30a) geen voorstelling van cirkels in een plat vlak is, maar een ruimtelijke weergave van twee reeksen concentrische bollen die in elkaar gedrongen zijn. Zouden we tekening 30b aanvullen met evenveel bollen als er in tekening 30a voorgesteld worden, dan zou tekening 30b er net zo uit zien als 30a, de gelijkaardige interferentiepatronen inbegrepen.

Herinneren we er aan: het oog ziet de afzonderlijke lichtgolven niet. Wel hun interferentie. Zoals in tekening 26d de patronen ontstaan doordat delen van twee cirkels, die elk een bijna gelijkaardige kromming hebben, elkaar raken en wat in elkaar dringen, zo ook hier. Alleen betreft het nu geen cirkels, wel bollen. Waar twee bollen, met een bijna gelijke kromming, elkaar raken en in elkaar dringen, zien we op die plaats de gemeenschappelijke bolschil.

Dat gaf aanleiding tot het ontstaan van de rode en zwarte interferentiestrepen in tekening 29a, die zich op het scherm S2 aftekenden. Letten we er op dat de puntlichtbronnen L1 en L2 gezien vanuit de waarnemer L, *naast elkaar* staan.

Dat is echter niet het enig mogelijke gezichtspunt. Lichtpunten kunnen ook *achter elkaar* staan. Trachten we dat te verduidelijken met de tekening 31 hieronder. We zien twee rode lichtpunten A en B, die elk een reeks concentrische bollen genereren.



31

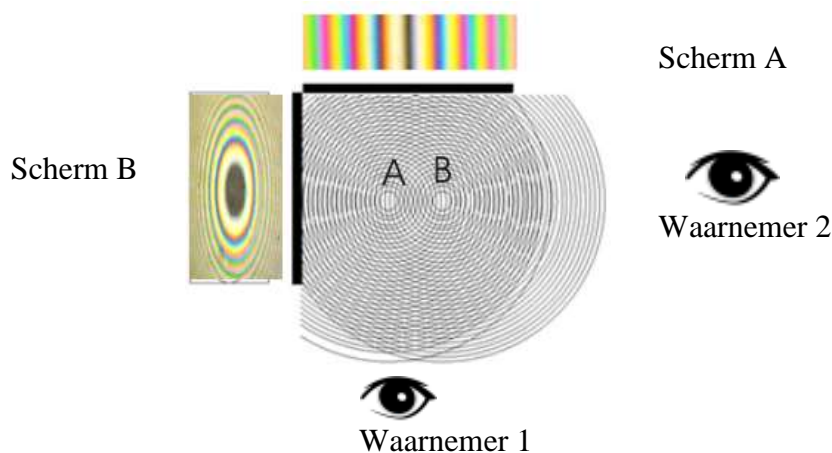
Voor waarnemer 1 (onderaan) liggen de punten A en B naast elkaar en genereren op het scherm A (bovenaan) een aantal evenwijdige rode en zwarte lijnen, lijnen van constructieve en destructieve interferentie, zoals het experiment van Young ons toonde.

Voor waarnemer 2 (rechts) liggen de punten A en B niet naast, maar achter elkaar en genereren op het scherm B (links) een aantal concentrische rode en zwarte cirkels, cirkels van

constructieve en destructieve interferentie, de bekende newtonringen. Newton ontdekte ze, maar kon ze niet verklaren, omdat voor hem licht bestond uit deeltjes, niet uit golven.

Tekening 31 toont ons het verband tussen het twee-spletenexperiment van Young en de ringen van Newton. Ze zijn als de twee zijden zijn van eenzelfde interferentiegebeuren. Meer nog, zo we de twee punten A en B niet naast of onder elkaar leggen, maar wat meer diagonaal, dan zouden er zich op een scherm, gelegen tussen de schermen A en B, krommen vertonen, als overgang tussen cirkels en rechten. We komen op dit belangrijke onderscheid, de plaats van de punten A en B, naast of achter elkaar, verder in de tekst nog terug.

We hadden het hierboven in hoofdzaak over licht van één kleur. Wij werken evenwel met wit licht. Op onze schermen zullen we dan ook kleurrijke interferentiestrepen of -cirkels zien, zoals tekening 32 weergeeft. Hiermee wordt duidelijk waarom we helemaal bij de aanvang van onze experimenten (tekening 7a, 7b en 7c) enkele cirkels en lijnen te zien kregen, waarvan we aanvankelijk hun betekenis niet begrepen.



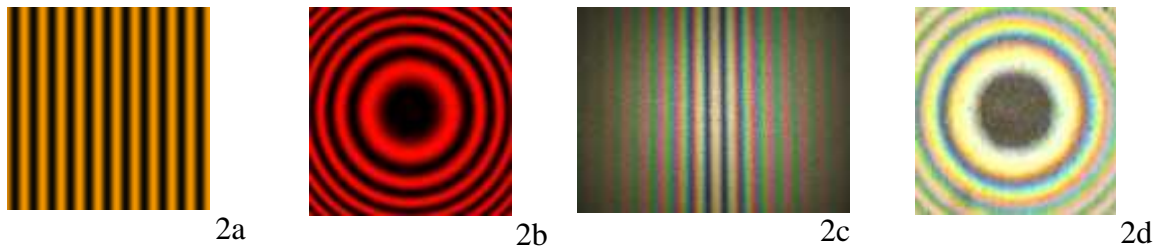
32

Tot zover een woord over het verband tussen de experimenten van Young en Newton, en dit als de twee zijden van eenzelfde gebeuren.

### 7. En verder?

Dit alles leidt nu tot een aantal boeiende bedenkingen i.v.m. het M&M experiment. We verduidelijken. Herinneren we aan de afbeeldingen 2a tot 2d. We herhalen ze hier. Zoals reeds vermeld, toonde het in 1887 uitgevoerde M&M experiment enerzijds een aantal verticale *interferentielijnen* van constructieve interferentie, afgewisseld met *lijnen* van destructieve interferentie (tekeningen 2a en 2c). En anderzijds een aantal *interferentiecirkels* van constructieve interferentie, afgewisseld met *cirkels* van destructieve interferentie (tekeningen 2b en 2d). In de afbeeldingen 2a en 2b gaat het om licht van één kleur. De afbeeldingen 2c en 2d tonen ons interferentie van wit licht.

Afbeelding 2a toont ons lijnen, geen brede banden. Centraal in Afbeelding 2c zien we een zwarte lijn, geen brede band. In afbeeldingen 2b en 2d zien we centraal een cirkel van destructieve interferentie. Deze vult echter niet het hele spiegeloppervlak.



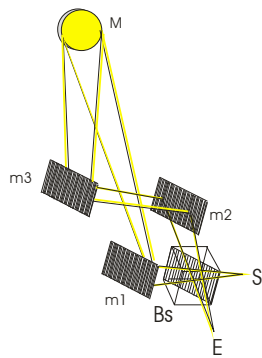
Mogen we dan, lettend op tekening 32 die ons het verband toonde tussen het experiment van Young en de ringen van Newton, veronderstellen dat de beide punten B1 en B2, voor de ‘waarnemer’ in E ‘niet echt samenvallen’, maar integendeel, wat betreft de lijnen, *naast elkaar* liggen? En waar het om de *cirkels* gaat (2b en 2d), de beeldpunten B1 en B2 evenmin samenvallen, maar *achter elkaar* liggen. Zo niet, dan zou de donkere cirkel het hele spiegelopervlak vullen.

Dan kan men zich de vraag stellen of het M&M experiment, met onze huidige techniek zo kan afgesteld worden dat de beide beeldpunten in E *niet naast of achter elkaar* liggen, maar wel (bijna) samenvallen. Dat blijkt alleszins uit experimenten met de zogenaamde ‘Nulling interferometrie’ of dat blijkt ook aan de nauwkeurigheid waarmee b.v. de 18 segmenten van de James Webb telescoop worden uitgelijnd. We verduidelijken.

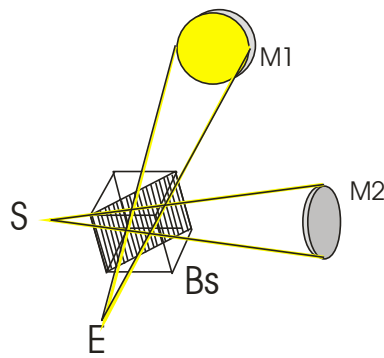
‘Nulling interferometrie’. Denken we aan de sterrenwereld. De vraag of er elders in het heelal nog andere planeten bestaan zoals onze aarde, is in onze tijd erg actueel. Zulke planeten vinden is echter niet zo eenvoudig. Bevinden ze zich te ver van een ster, dan zijn ze te lichtzwak. Staan ze te dicht, dan verhindert de verblindende lichtintensiteit van dit hemelobject het waarnemen van de planeet. Daarom maakt men o.m. gebruik van destructieve interferentie: lichtbundels kunnen onder bepaalde voorwaarden, zichzelf uitdoven. Dat hebben we reeds toegelicht. Het licht van twee dicht bij elkaar staande en gelijkwaardige telescopen die op eenzelfde ster zijn afgesteld, kan verenigd worden, echter met een verschil van een halve golflengte of een onpaar veelvoud. Zo wordt het sterrenlicht geneutraliseerd. Maar dat geldt niet noodzakelijk voor het licht van de planeet die zich in de buurt van die ster bevindt. Slotsom: het licht van de ster wordt verzwakt of uitgedoofd, maar dat van de planeet, die op een andere afstand tot de telescopen staat, niet. Zo wordt deze laatste zichtbaar.

Die verre gaande nauwkeurigheid in afstelling vinden we ook bij de *James Webb* telescoop. De 18 afzonderlijke zeshoekige segmenten van de hoofdspiegel worden zo op elkaar afgesteld, dat het licht van deze segmenten tot op een nanometer nauwkeurig ( $1 \times 10^{-9}$  m, of één miljoenste van een millimeter (!)) kunnen worden uitgelijnd.

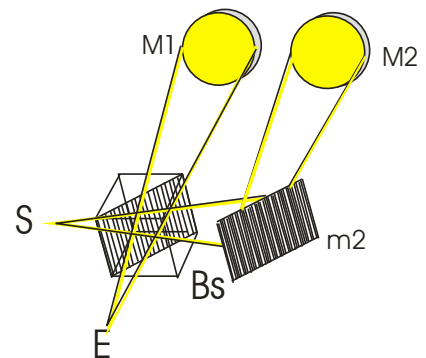
De vraag rijst echter wie heden nog nood heeft aan een heel wat nauwkeuriger uitgevoerd M&M-experiment. Wellicht niemand, tenminste niet in de opstelling met vlakke spiegeltjes. Maar wat zo het wel met een zeer grote precisie overgedaan wordt, niet met laserlicht, maar met wit licht, zoals weergegeven in de opstelling met één holle spiegel en met gelijke lichtweg (33a), of met twee holle spiegels (33b of 33c).



33a



33b



33c

En wat indien men ook hier destructieve interferentie bereikt, en de hand dan in de lichtweg brengt? Of denken we verder. Wat, indien met grotere spiegels gewerkt wordt? Wat zal er zich dan van de mens tonen? Het blijven vooral snog bijzonder boeiende vragen.

Kijken we naar tekening 33b. Wordt b.v. de hand voor één der spiegels M1 of M2 gebracht, dan mengen zich in E een verstoord met een niet verstoord beeld. Wijzelf bereiken iets analogoos met de omkeer-opstelling (34) die we onder punt 4 (en tekening 17) reeds ter sprake brachten.

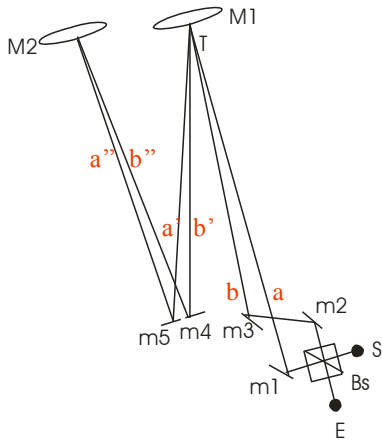


34

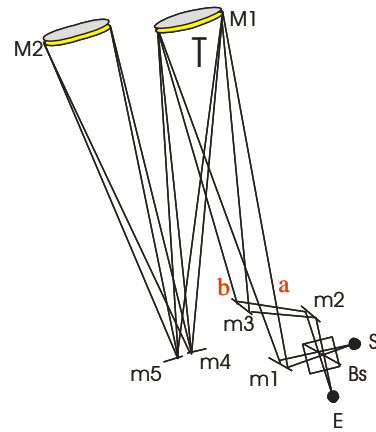
Zoals gezegd mengt in dat type interferometer de ene helft van het beeld zich met het spiegelbeeld van de andere helft. Gaan we met de hand niet voorbij de middellijn van de spiegel, dan interfereert een verstoord golf met een niet verstoord. Dit leidt tot zeer hevige turbulenties en een onstabiel beeld dat voortdurend trilt.

Met de huidige technologie moet het lukken de trillingen uit te schakelen. Wordt de opstelling zoals geschetst in 33b (of in 33c), gebouwd dan heeft men niet langer een beeld met het spiegelbeeld, maar één enkel beeld dat interfereert met een onverstoord beeld. Ook hier blijft de vraag wat er zich zal tonen zo de hand in de lichtweg wordt gebracht. En wat zo men bovendien deze interferometer afstelt op destructieve interferentie?

In de opstelling 36a werd een tweede spiegel M2 toegevoegd. Men herkent hierin een afgeleide opstelling van 33a. We hebben enkel de laserlijnen weergegeven. Tekening 36b geeft dezelfde opstelling weer, maar nu met divergerende en convergerende bundels. Wie ze even overdenkt, merkt dat een verstoring (turbulentie T, b.v. de hand in de lichtweg van M1) een keer meer wordt doorlopen, zodat de verstoringen cumulatief worden en het instrument dubbel zo gevoelig wordt. Spiegeltjes m4 en m5 staan in werkelijkheid niet naast, maar net boven m2 en m3, zodat de parallax verwaarloosbaar wordt. We hebben deze opstelling gebouwd, maar kregen ze niet trillingvrij afgesteld.

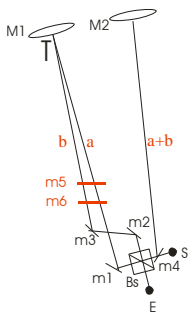


36a



36b

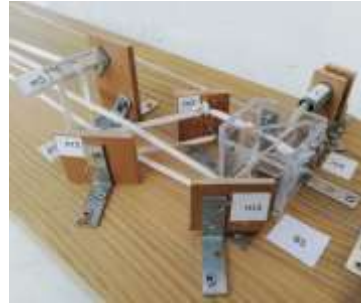
Tekening 37a tenslotte geeft een bovenaanzicht van een opstelling die leidt tot een interferentie van twee interferenties. De rode spiegeltes m5 en m6 willen aangeven dat er twee niveaus zijn. De afbeeldingen 37b tot 37d trachten dit alles te verduidelijken aan de hand van enkele foto's van een maquette. Het beeld E1, dat zich onderaan in Bs toont (37d) geeft een eerste interferentie van systeem M1. Het beeld in E2, dat zich in Bs net boven E1 toont, geeft ons, nadat het licht het systeem M1, M2 en terug M1 doorlopen heeft, het beeld van deze dubbele interferentie. Het beeld in E2 is echter lichtzwakker dan het beeld in E1, omdat het op zijn lichtweg een tweede keer Bs doorliep. Zouden we niet in twee niveaus werken, dan vielen de punten E1 en E2 in Bs samen, en werd het beeld van E2 overschaduwde door het intensere licht van E1. We gaan op deze opstelling niet verder in. Wie enigszins vertrouwd is met zulke schema's en ze even overdenkt, vindt zeker zijn of haar weg. Ook deze opstelling hebben we gebouwd, maar kregen ze niet nauwkeurig afgesteld.



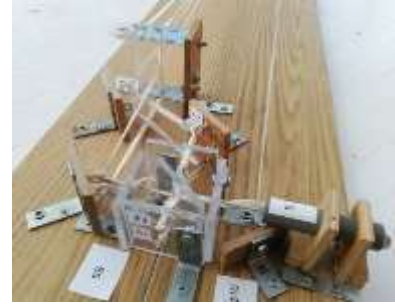
37a



37b



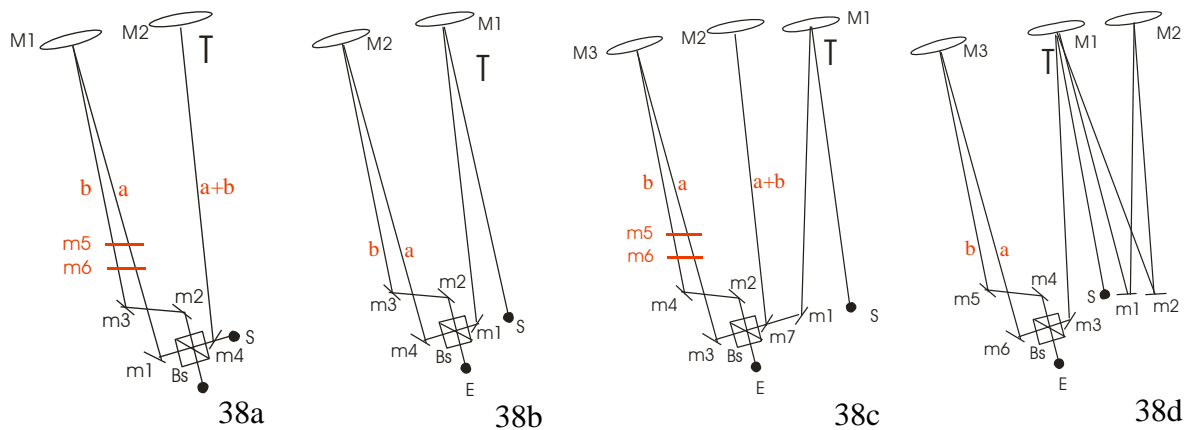
37c



37d

Als een enkele interferentie reeds zoveel kleurenrijkdom aan het licht brengt, wat dan met de hierboven beschreven interferentie van twee interferenties? Als deze opstelling ooit succesvol gebouwd wordt, zal het een ongelooflijk gevoelig instrument zijn dat ons wellicht heel wat zal tonen dat anders voor het gewone oog verborgen blijft.

En verder kan men nog heel wat varianten bedenken. Letten we in de schema's hieronder op de plaats van de turbulentie T, waar de verstoring, de hand b.v., in de lichtweg wordt gebracht.



Schema 38 a is analoog aan 37a, met dit verschil dat de verstoring plaats heeft net voor M2. Een onverstoord interferentiebeeld (in het systeem M1) wordt in het systeem M2 verstoord, en interfereert opnieuw in het systeem M1.

Schema 38b is de afgeleide basisopstelling, met gelijke lichtweg. Omdat de verstoring eerst plaats heeft voor M1, is er geen parallax meer in systeem M2.

Schema 38c is afgeleid van 37a, maar de verstoring T heeft plaats buiten de eigenlijke interferometer, zodat ook hier geen parallax meer is.

Schema 38d is analoog aan schema 38b, met dit verschil dat de verstoring T een extra keer wordt doorlopen, wat het instrument dubbel zo gevoelig maakt.

Men kan blijkbaar varianten blijven bedenken... Deze laatste opstellingen overschrijden echter ruimschoots de grenzen van wat voor een amateur mogelijk is. Mijmerend bij al ons geknutsel hebben we meer dan eens gedacht dat er met interferentie van wit licht nog een heel terrein voor de wetenschap braak ligt en er nog zoveel te ontdekken valt.

**8. Tot slot.**

Het M&M experiment deed Einstein besluiten om geen rekening te houden met een ether waarvan het bestaan niet kan worden aangetoond. Is dit, na al onze experimenten, echt het laatste woord en het enig mogelijke besluit? Zou het een te gedurfde hypothese zijn te veronderstellen dat met een heel wat nauwkeuriger uitgevoerd M&M-experiment, en met wit licht, toch iets van het bestaan van een fijne stof kan aangetoond worden? En als dat zo is, zou zulks dan niet een merkwaardige speling van het lot zijn? Eenzelfde experiment zorgt dan eerst voor een ontkenning, daarna voor een bevestiging van wat bij de aanvang verondersteld werd...

De openingsalinea van onze tekst, deel I, luidt: "In zowat alle tijden en in bijna alle niet-westerse culturen hoort en leest men getuigenissen van mensen die beweren dat wij niet alleen een biologisch lichaam hebben, maar dat wij eveneens beschikken over een geheel van fijnstoffelijke lichamen, die samen de zogenaamde aura uitmaken. Deze zou zich in enkele ijler wordende lagen rondom het biologische lichaam bevinden."

Ofschoon niet uniform verdeeld zoals bij het M&M experiment werd verondersteld, toch is de gedachte aan het bestaan van een fijne stof eigen aan onze hele cultuurgeschiedenis.

Deze tekst beoogde op een wetenschappelijke wijze op het al of niet bestaan van 'fijne stof' in te gaan. Elk onderzoek hierover bij voorbaat weigeren zou niet echt van een wetenschappelijke houding getuigen. Wat is er verkeerd aan om een hypothese te stellen, hierbij

een experiment te bedenken dat die veronderstelling kan onderzoeken, het experiment ook effectief uit te voeren en zich neer te leggen bij de resultaten ervan: de verificatie of falsificatie. Het komt ons voor dat wij bij onze experimenten deze werkwijze getrouw zijn geweest.

Mogelijk gaan hierbij een aantal resultaten in tegen een actuele mentaliteit. Willen we de werkelijkheid doorheen de bril van onze vooroordelen zien? Of willen we onze mentaliteit afstellen op datgene wat werkelijkheidsgetrouw is? De geschiedenis leert ons dat het niet slecht is om bij oordelen die tegen een heersende mening ingaan, toch de nodige voorzichtigheid aan de dag leggen. Verwijzen we b.v. naar J. Margolis, *Ces savants excommuniés*, en beperken we ons tot een steekproef uit een vertaling van een artikel, verschenen in de *Sunday Times*.

“Voordat men hun theorie aanvaardde, werden L. Pasteur (1822/1895), de stichter van de microbiologie, en A. Einstein (1879/1955), bekend om zijn relativiteitstheorie, als “gevaarlijke afwijkingen” afgedaan. Toen de uitvinder Th. Edison (1847/1931) zijn elektrische lamp toonde, werd hij van ‘mystification’ beschuldigd. De gebroeders Wilbur (1867/1912) en Orville (1871/1948) Wright, die met een zelfgebouwd vliegtuigje voor het eerst in de geschiedenis een gemotoriseerde vlucht hadden gemaakt, werden twee jaar lang niet eens geloofd “want de wetenschap had uitgemaakt dat een machine, indien zij zwaarder weegt dan de lucht, onmogelijk kan vliegen”. Toen de aardkundige Alfred Wegener (1880/1930), de theorie over de ‘drift’ der vaste landen, de beweging die de continenten ten opzichte van elkaar maken, voordroeg, werd hij belachelijk gemaakt.” Tot zover The Sunday Times.

Daaraan kan o.m. toegevoegd worden dat G. Cantor (1845/1918), de grondlegger van de moderne verzamelingenleer, hetzelfde lot onderging en in een psychiatrische instelling stierf, half gek van onbegrip. Zijn werk wordt nu algemeen aanvaard en gewaardeerd. Copernicus (1473/1543) liet zijn bevindingen slechts op het einde van zijn leven publiceren uit vrees voor sancties. Galilei (1564/1642) werd in 1633 veroordeeld omdat hij beweerde dat het de zon was die rond de aarde draaide, niet omgekeerd. Op zijn verzoek om in zijn kijker zijn beweringen te toetsen werd niet ingegaan. Slechts in 1978 (!) werd hij door de religieuze overheid in eer hersteld. Iedereen die zich wat verder informeert kan zulke foutieve inschattingen verder aanvullen en zal merken dat het niet steeds eenvoudig is een mening te koesteren die tegen een heersende mentaliteit ingaat.

Wat ons bij alle experimenteren leidde, is de sterke overtuiging dat er zoiets als een aura en dus een fijne stof bestaat. Zoals reeds gezegd, sensitieven menen iets van deze stof aan te voelen, zieners beweren ze te zien en een aantal magiërs zeggen bovendien ze te kunnen manipuleren, b.v. om er genezingen mee te bereiken. Men vergeet het al te gemakkelijk, maar een kritisch gevormd mens vindt naast de talrijke misbruiken ook een verantwoord gebruik. Een aantal ziekten (kanker, ischias..) toont zich volgens wie dit helderziend kan waarnemen, als een donkere vlek in de aura, een vlek die geleidelijk haar repercussie, haar ziekmakend effect, verder doorzet in het biologische lichaam.

Zij die bovendien de energetische krachtwerking van een gebed, als een stroom van myriaden uiterst fijne lichtpuntjes mantisch kunnen waarnemen, beweren dat het om een toevoer van een fijnstoffelijke helende energie gaat die de donkere, ziekmakende, energieën bedreigt en - minstens gedeeltelijk - vernietigt. Het geloof, de grondige overtuiging dat er met deze hypothesen werkelijkheid gemoeid is, zou wel eens een krachtidee kunnen zijn om elk natuurkundig onderzoek in dit omvangrijke terrein niet te verwaarlozen. Laten we het aan de vooruitschrijvende wetenschap en aan de tijd over om hierin klaarheid te brengen.

Mogen we dit alles afronden met de slotlinea uit onze eerste tekst? “Mogelijk kunnen al onze experimenten en bedenkingen wel een aansporing zijn tot verder onderzoek op een hoger, professioneel niveau. De vraag blijft: wat zou er zich tonen indien grotere telescopen, met spiegels van b.v. 2 meter doormeter of meer, en met een nauwkeurigheid die onvergelykbaar beter is dan de onze, de hele mens letterlijk in de kijker zouden zetten. Komen er dan andere, eventueel ongekende perspectieven over ons, mensen, - letterlijk - aan het licht? En zo ja, zal zulks onze visie op onszelf en op het leven, op wetenschappelijk, filosofisch en religieus gebied dan kunnen verrijken? Het blijven toch uiterst boeiende en intrigerende vragen”

November 2022

### Referenties

2a: <https://demonstrations.wolfram.com/MichelsonInterferometerWithEquallySpacedFringes/>

2b: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michelson-Morley\\_experiment\\_conducted\\_with\\_white\\_light.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michelson-Morley_experiment_conducted_with_white_light.png)

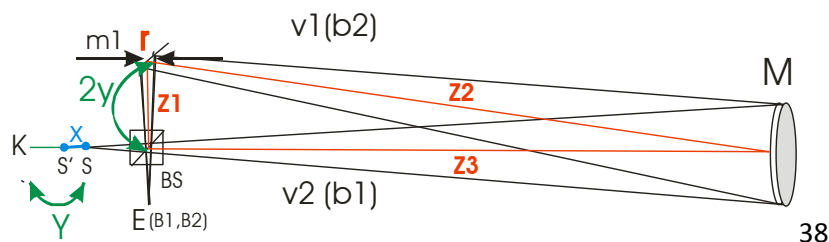
2c: [https://en.wikipedia.org/wiki/Michelson%E2%80%93Morley\\_experiment](https://en.wikipedia.org/wiki/Michelson%E2%80%93Morley_experiment)

2d: <https://sites.google.com/site/puenggphysics/home/Unit-II/newtons-ring>

Na een eerste oriënterende tekst was dit het tweede deel, dat vooral wilde ingaan op het M&M experiment. In een derde deel ligt de klemtoon niet zozeer op de wetenschappelijke inhoud, maar gaan we meer in op de filosofische en religieuze aspecten van het al of niet bestaan van ‘fijne stof’.

Tot slot: geven we hieronder, zoals aangekondigd, nog de algebraïsche uitwerking die leidt tot de formule:  $x = \sqrt{y^2 + f^2} - f$

### 9. De algebraïsche uitwerking.



Denken we de puntlichtbron in  $S'$  en trachten we de beide voorwerpsafstanden algebraïsch te definiëren. We krijgen:

$v_1$ , de voorwerpsafstand in wijzerzin, is gelijk aan de afstand van  $S'$  naar  $S$ , dan naar  $B$ ,  $m_1$  en  $M$ , of:  $v_1 = 2*f - (y - x) + 2*y = 2*f + y + x$ . (1)

$v_2$ , de voorwerpsafstand in tegenwijzerzin, is gelijk aan de afstand van  $S'$  naar  $S$  en verder via  $B$  tot  $M$  of:  $v_2 = 2*f - (y - x) = 2*f - y + x$  (2)

Via de spiegelformule  $1/f = 1/b + 1/v$  vinden we:  $b = (v*f) / (v - f)$ , zodat  $b_1$ , de eerste beeldafstand, behorend bij  $v_1$ , en die van  $M$  via  $B$  in de richting van  $E$  gaat, gelijk is aan

$$b_1 = (2*f - y + x)*f / (2*f - y - x - f) \quad (3)$$

Voor  $b_2$ , de tweede beeldafstand, behorend bij  $v_2$ , en die van  $M$  via  $m_1$  en  $B$  in de richting van  $E$  gaat vinden we:

$$b_2 = (2*f+y+x)*f / (2*f+y+x-f) \quad (4)$$

Zien we vervolgens op de tekening waar  $b_1$  zich situeert, dan merken we dat de beschikbare weg voor  $b_1$  gelijk is aan  $v_2$ . Het beeldpunt B1 (de hoofdletter ter onderscheiding van de kleine letter  $b_1$ , de beeldafstand) zal dus op  $b_1-v_2$  van E verwijderd liggen, of:

$$B_1 = b_1 - v_2$$

Zien we geheel analoog waar  $b_2$  zich situeert, dan stellen we vast dat de beschikbare weg gelijk is aan  $v_1$ . Het punt B2 zal dus op  $b_2-v_1$  van E verwijderd liggen.

$$B_2 = b_2 - v_1$$

De onderlinge afstand D tussen de beide beeldpunten B1 en B2 vinden we door het verschil tussen deze beide laatste waarden te maken. We krijgen:

$$D = B_2 - B_1 = (b_2-v_1) - (b_1-v_2) = (b_2-b_1) - (v_1-v_2) \quad (5)$$

Uit (1) en (2) vinden we:

$$(v_1-v_2) = 2*f-y+x - 2*f-y-x = -2*y \quad (6)$$

zodat we (5) kunnen herschrijven als:  $D = (b_2-b_1) + 2*y$  (7)

Vervangen we nu in (7) voor  $b_2$  en  $b_1$  de waarden bekomen in (3) en (4):

$$D = ((2*f-y+x)*f/(f-y+x)) - ((2*f+y+x)*f/(f+y+x)) + 2*y$$

Werken we deze vergelijking nu verder uit.

$$= (((2f^2-fy+fx)*(f+y+x) - (2f^2+fy+fx)*(f-y+x)) / ((f-y+x)*(f+y+x))) + 2y$$

$$= (2f^3 + 2f^2y + 2f^2x - f^2y - fy^2 - fyx + f^2x + fyx + fx^2) / ((f+y+x)*(f-y+x)) -$$

$$(2f^3 - 2f^2y + 2f^2x + f^2y - fy^2 + fyx - f^2x - fyx + fx^2) / ((f+y+x)*(f-y+x)) - 2*y$$

$$= (2f^2y / ((f+y+x)*(f-y+x))) - 2y$$

$$= (2f^2y / (f^2 - fy + fx + fy - y^2 + yx + fx - yx + x^2)) - 2y$$

$$= (2f^2y / (f^2 + 2fx + x^2 - y^2)) - 2y$$

$$\text{of } D = (2f^2y / ((f+x)^2 - y^2)) - 2y \quad (8)$$

Met deze laatste uitdrukking hebben we nu een formule die ons zegt op welke afstand de beide beeldpunten B1 en B2 van elkaar verwijderd liggen in onze opstelling, en dit in functie van de brandpuntsafstand  $f$  van onze spiegel M, van de waarde voor  $y$  en van de radiale verschuiving  $x$  van onze puntlichtbron.

Laten we in deze uitdrukking  $x$  naar 0 streven, en werken we verder uit dan verkrijgen we:

$$D = (2f^2y / (f^2 - y^2)) - 2y \quad D = (2f^2y - 2y(f^2 - y^2)) / (f^2 - y^2)$$

$$D = (2f^2y - 2yf^2 + 2y^3) / (f^2 - y^2) \quad D = 2y^3 / (f^2 - y^2)$$

We zien zo dat de waarde van D kleiner wordt naarmate de waarde van  $y$  verkleint en/of de waarde van  $f$  vergroot. Willen we bij  $x = 0$ , de beeldpunten B1 en B2 dichter bij elkaar

brengen zullen we dus de voorwerpsafstanden  $v_1$  en  $v_2$  zoveel mogelijk aan elkaar moeten gelijk maken en werken met spiegels met lange brandpunten.

Het belang van een kleine  $D$ - waarde zal in het volgende hoofdstukje duidelijk blijken, waar zal aangetoond worden dat we dan over een ruimere mechanische speling beschikken bij het afstellen van onze opstelling.

Het ligt nu voor de hand ons af te vragen wanneer de beide beeldpunten echt samenvallen, of wanneer de waarde voor  $D$  gelijk wordt aan 0. We zullen dit berekenen in functie van de afstand  $x$ , omdat deze waarde in een opstelling het gemakkelijkst kan gewijzigd worden, door de lichtbron voor- of achteruit te verplaatsen. Werken we dit uit, vertrekkend van de vergelijking gegeven onder (8), dan vinden we:

$$D = (2f^2y / ((f+x)^2 - y^2)) - 2y, \text{ of: } (2f^2y / ((f+x)^2 - y^2)) - 2y = 0$$

en werken we verder uit:

$$2f^2y / ((f+x)^2 - y^2) = 2y, \text{ of}$$

$$(f+x)^2 - y^2 = 2f^2y / 2y$$

$$(f+x)^2 = f^2 + y^2$$

$$f + x = \text{sqr}(y^2 + f^2), \text{ of}$$

$$x = (\text{sqr}(y^2 + f^2)) - f$$

Met deze laatste formule hebben we het gevraagde; een nul-waarde voor  $D$  in functie van  $x$ . Indien dus  $x$  aan de hierboven beschreven voorwaarde voldoet dan moeten de beide beeldpunten  $B_1$  en  $B_2$  praktisch samenvallen. Merken we toch nog op dat het niet zozeer het samenvallen is dat we beogen. Bedekken ze immers elkaar volledig dan is er van enige interferentie helemaal geen sprake meer. We willen nagaan of ze elkaar heel dicht kunnen benaderen en wat er met dat doel voor ogen moet gebeuren, in de overtuiging dat de praktijk toch geen exacte weerspiegeling is van deze theoretische resultaten.