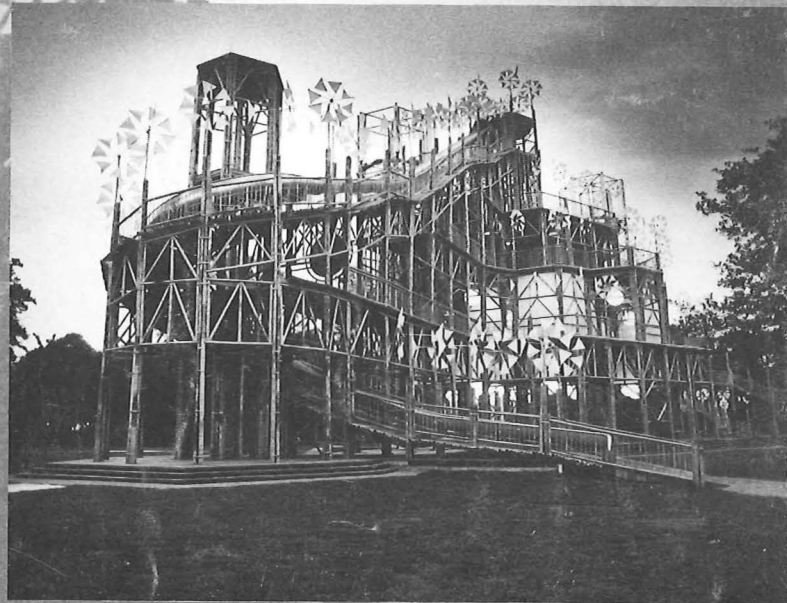


...en het randstad uitzendbureau zorgde voor de werving van de medewerkers

FENOMENA



Beknopte catalogus van de tentoonstelling
Kleiner Katalog der Ausstellung
Short guide through the exhibition
Petit guide de l'exhibition

INTRODUKTIE



FENOMENA – ontdekkingsstocht voor jong en oud door de wereld der natuurverschijnselen – is een tentoonstelling die spelenderwijs inzicht geeft in de rol die natuurwetten in ons dagelijks leven spelen. De tentoonstelling maakt verbanden zichtbaar tussen ogenschijnlijk gescheiden gebieden en laat – in een tijd dat ingewikkelde technologieën ons begripsvermogen te boven gaan – zien dat de wereld ook eenvoudige verschijnselen kent, die absoluut wonderbaarlijk zijn.

FENOMENA werd ontwikkeld in Zwitserland door het Zürcher Forum en trok in 1984 in Zürich veel enthousiaste bezoekers.

Deze gids geeft aan de hand van een vijftigtal objecten een impressie van de tentoonstelling; bovendien bevat hij plattegronden en een complete lijst van de objecten die tijdens FENOMENA in Rotterdam werden opgesteld. FENOMENA is opgebouwd in Rotterdams oudste park, dat in de stad zo bekend is dat het geen verdere aanduiding nodig heeft dan Het Park. Een wandel- en gebruikspark van in totaal 21,8 ha, waarvan nu een kleine 10 ha in gebruik is voor Fenomena.

Het gebied van het Park was vroeger in particuliere handen. Aan het begin van de 19e eeuw viel het in twee delen uiteen, gescheiden door een sloot. Het oostelijk en westelijk deel hadden aparte eigenaren. Uit de 19e eeuw stammen het Herenhuis, waar nu het FENOMENA-restaurant is gevestigd en het bijbehorende koetshuis (nu infohoek en winkel). Die huizen vormden samen het buiten met de naam 'De Heuvel'. Ook het uitgaanscentrum Parkzicht, net buiten de ingang van de manifestatie, is een 19e eeuwse gebouw, met als oorspronkelijke bestemming een officierenociëteit.

Met de aanleg van Het Park werd in 1852 begonnen. Ontwerpers van Het Park waren Jan David Zocher en diens zoon Lois Paul. Het belangrijkste element van het ontwerp werd de grote langgerekte vijver, die van de Westzeedijk tot bijna aan de Parkkade loopt. Verder streefden de Zochers naar decor-achtige doorkijkjes door de aanplant van bomen in groepen en groepjes waardoor verder liggende blikvangers (gebouw, standbeeld, vijver, andere bomengroep) zichtbaar werden. Met bloemen hadden ze niet veel op: bloemperken betitelden vader en zoon Zocher als 'geknoei' en 'haringsla'.

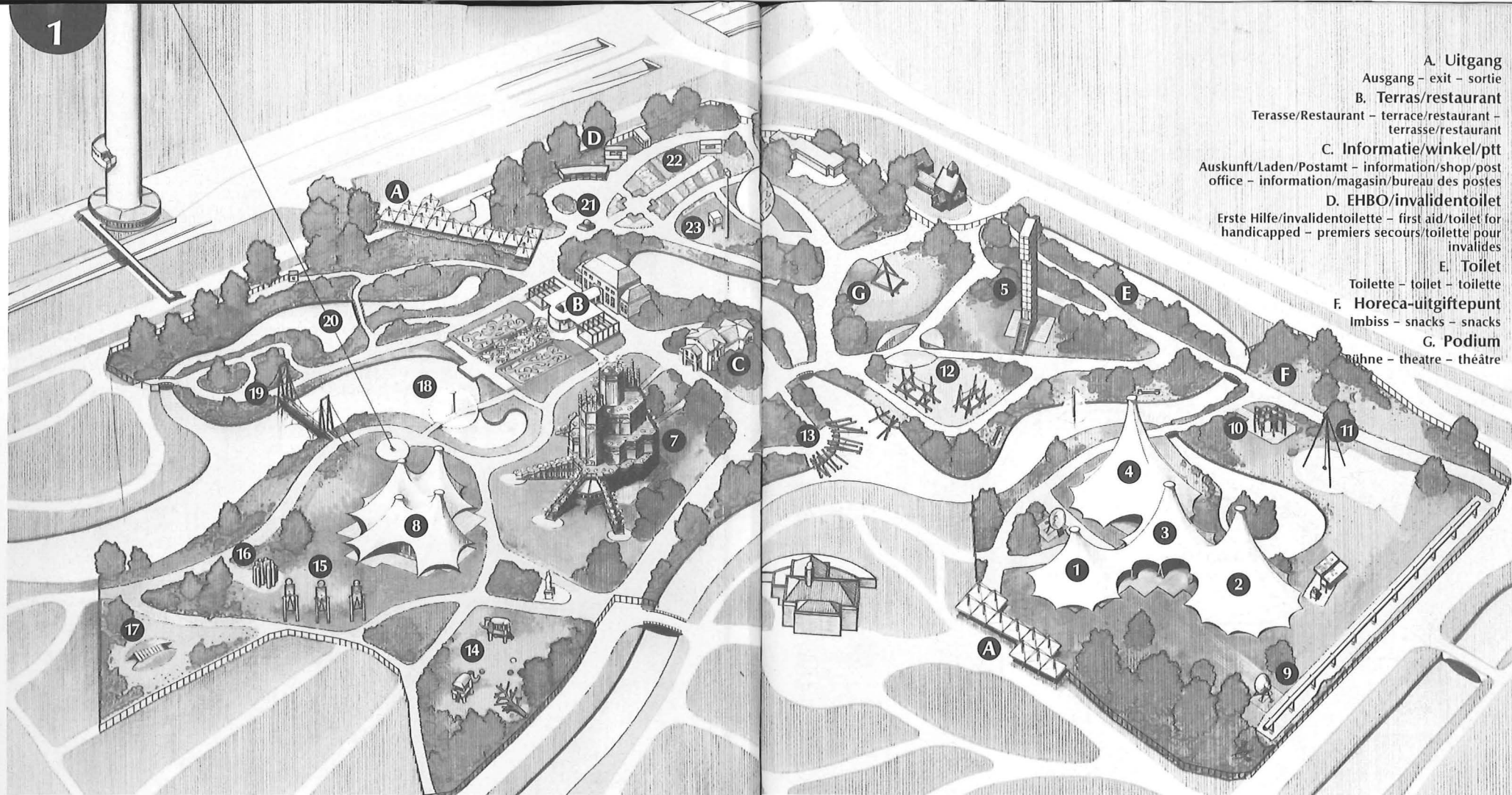
Hun ideeën over bloemen hebben de strijd tegen de tijd verloren. Met name sinds de Floriade, die in 1962 in Het Park werd gehouden, is de faam van de bloemperken toegenomen. Pas toen kreeg het park zijn huidige uiterlijk: de oude scheidingsloot werd eindelijk gedempt en op die plaats ligt nu de schitterende Rhododendronallee. De Floriade en de eerder in het Park gehouden manifestaties 'Ahoy' en 'E'55 onderstrepen – net als FENOMENA – de verschuiving van de functie van Het Park in deze eeuw: het werd van kijkgroen gebruiksgroen. Flaneerde men vroeger keurig op de paadjes om naar de bomen en elkaar te kijken, tegenwoordig wordt Het Park intensief gebruikt. Op de weiden wordt gesport, gezeten, gepicknickt en in de laatste jaren hebben ook de buitenlandse stadsgenoten in groten getale de weg naar het Park gevonden: hele families brengen daar hun vrije tijd door. Voor Fenomena is dan ook maar een deel van Het Park gebruikt om die vrijetijdsbesteding niet te verstoren.

Ten slotte nog aandacht voor een fenomeentje waar voorbijgangers elkaar al vanaf 1860 op wijzen: de losse knoop aan het vest van het standbeeld van de dichter Tollens, tussen het bamboekasteel en de speelolifanten. Een grapje van de beeldhouwer...

g
e
t
-
t
t
s
t
r
r
s
t
e
t
s
n
e

eau
nt

à

**1. Introductie/informatie**

Introductie/Auskunft – introduction/
information – introduction/information

2. Water/mechanica/lucht

Wasser/Mechanik/Luft – water/mechanics/
air – eau/mécanique/air

3. Klank/geluid/mathematica

Harmonik/Akustiek/Mathematiek – harmo-
nics/acoustics/mathematics – harmonique/
acoustique/mathématique

4. Licht/kleur/optica

Licht/Farbe/Optiek – light/colour/optics –
lumière/couleur/optique

5. Zwaartekrachtlift

Gravitationslift – gravitation elevator –
ascenseur pour la gravitation

6. Kristallen/Rungebeelden

Kristalle/Rungebilder – crystals/flowsheets
by Runge – cristaux/images de Runge

7. Bamboekasteel

Bambusturm – bamboo castle – palais de
bambou

8. Illusies

Illusionen – illusions – illusions

9. Echopijp/geluidsspiegels

Echoroer/Schallspiegel – echo tube/sound
reflectors – tube d'écho/réfecteurs du son

10. Spiegelsculptuur

Spiegelsculptuur – mirror sculpture –
sculpture miroitante

11. Slinger van Foucault

Foucaultpendel – Foucault's pendulum –
Pendule de Foucault

12. Impulsschommels

Impulsschaukel – impuls swings – dondon
à l'impulsion

13. Oeverklavier

Uferklavier – water piano – piano à eau

14. Speelolifanten

Spielelefanten – play elephants – éléphants
à jouer

15. Reuzenturners

Riesenturner – giant gymnasts – gymnastes
géants

16. Stammenlabyrint

Stammlabyrint – trunk labyrinth –
labyrinth de troncs

17. Klanggang

Klanggang – sound gallery – corridor à son

A. Uitgang

Ausgang – exit – sortie

B. Terras/restaurant

Terrace/Restaurant – terrasse/restaurant –
terrace/restaurant

C. Informatie/winkel/ptt

Auskunft/Laden/Postamt – information/shop/post
office – information/magasin/bureau des postes

D. EHBO/invalidentoilet

Erste Hilfe/invalidentoilette – first aid/toilet for
handicapped – premiers secours/toilette pour
invalides

E. Toilet

Toilette – toilet – toilette

F. Horeca-uitgiftepunt

Imbiss – snacks – snacks

G. Podium

Bühne – theatre – théâtre

18. Waterkoepel

Wasserglocke – water bell – coupole d'eau

19. Hangbrug

Hängebrücke – suspension bridge – pont
suspendu

20. Heemtuin

Heimgarten – wild garden – jardin clos

21. Kogelbron

Kugelbrunnen – ball fountain – fontaine à
la sphère

22. Dierenhoek/kruidentuin

Tierpark/Kräutergarten – animal corner/
herb garden – jardin aux animaux/jardin
aux plantes aromatiques

23. Meteorologie

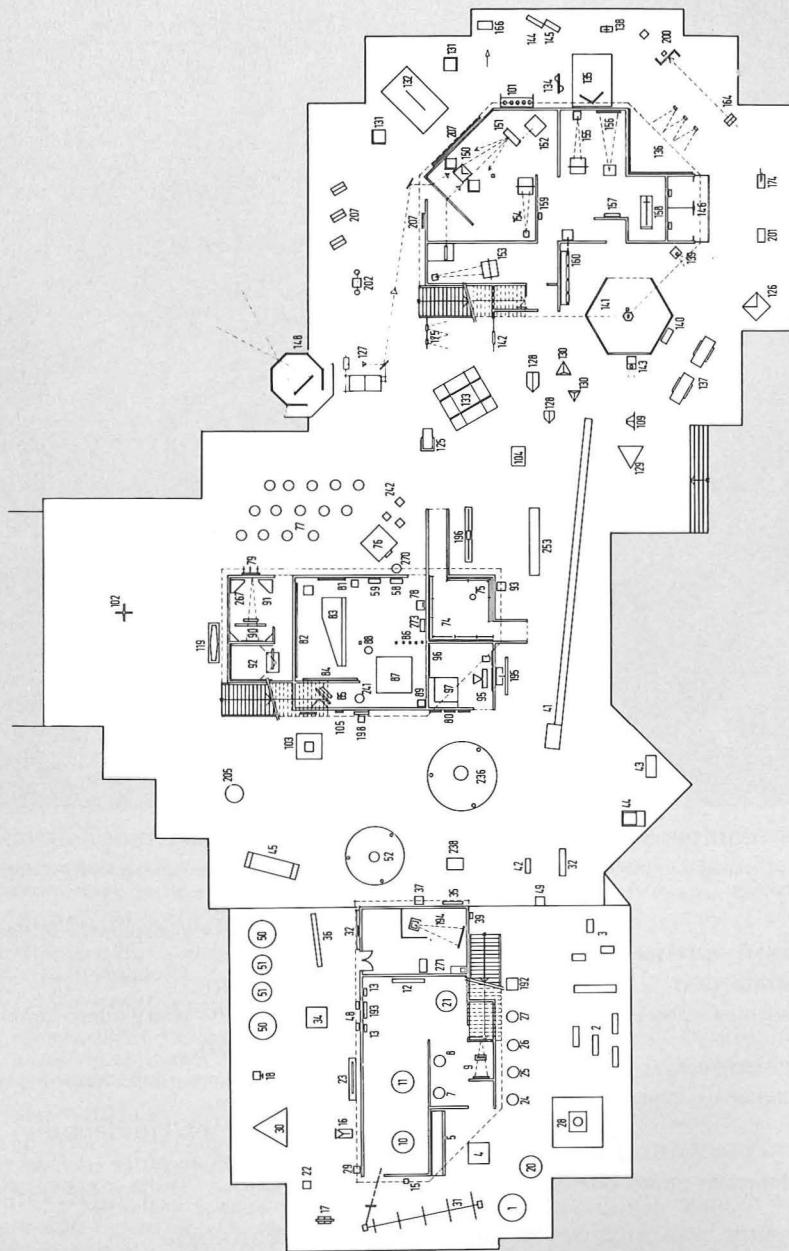
Meteorologie – meteorology –
météorologie

Plattegrond tent 2, 3 en 4 (begane grond)

Grundriß Zelte 2, 3 und 4 (Erdgeschoß)

Groundplan tent 2, 3 and 4 (ground level)

Plan tente 2, 3 et 4 (sol)

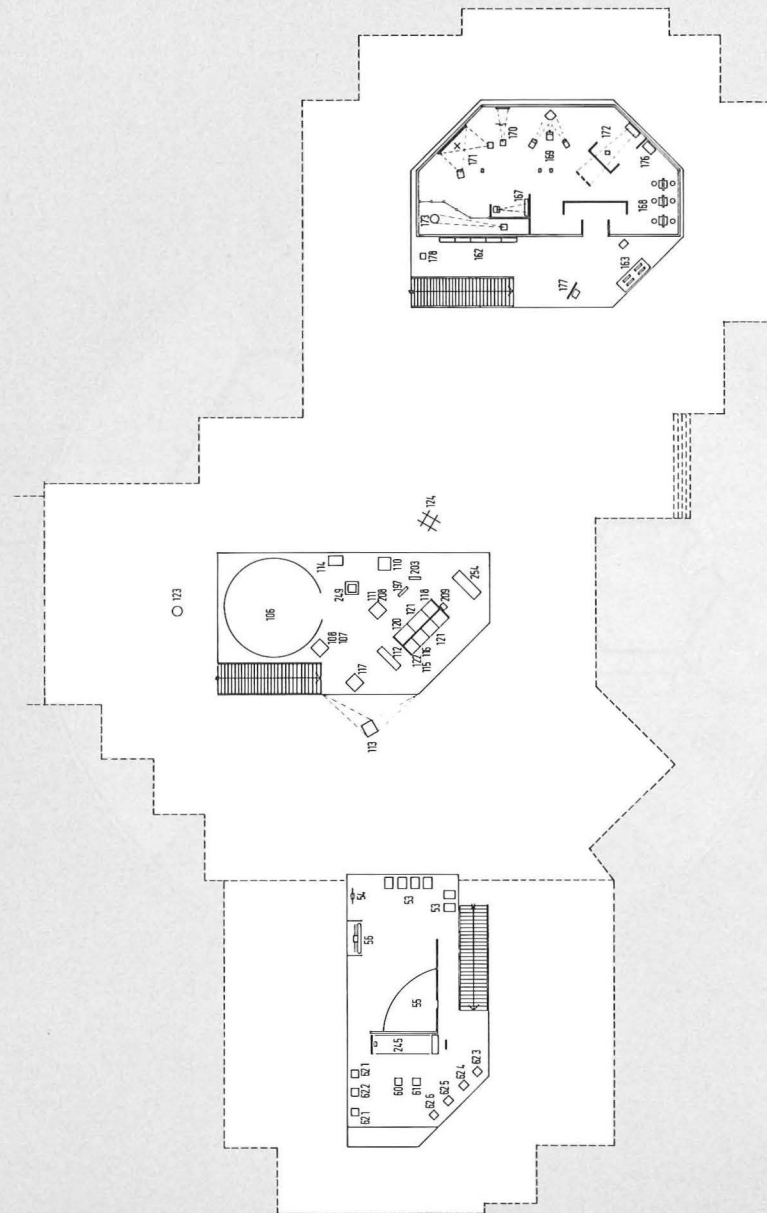


Plattegrond tent 2, 3 en 4 (eerste verdieping)

Grundriß Zelte 2, 3 und 4 (Obergeschoß)

Groundplan tent 2, 3 and 4 (first floor)

Plan tente 2, 3 et 4 (premier étage)

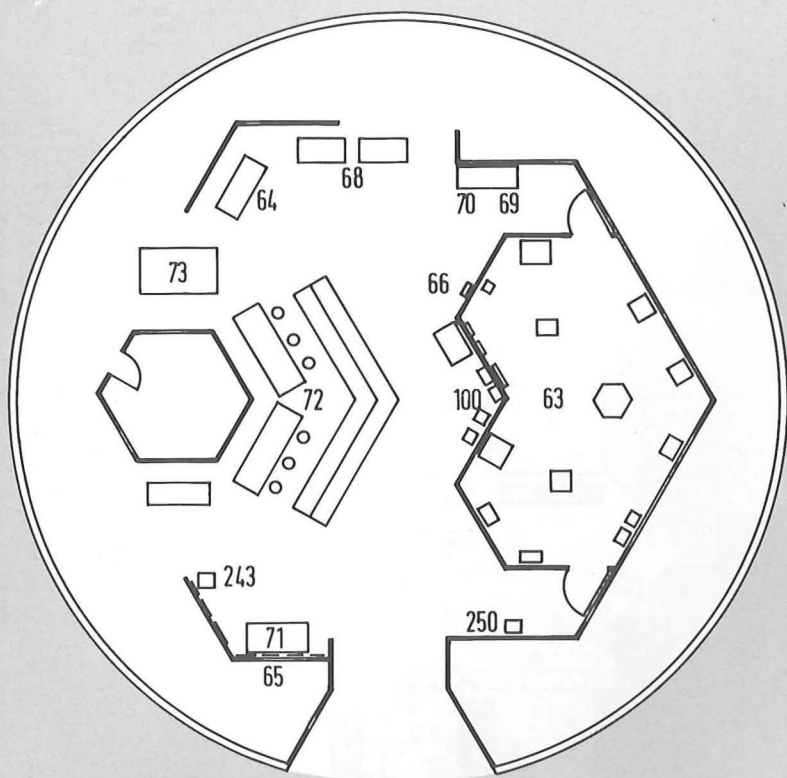


Plattegrond koepel

Grundriß Kuppel

Groundplan dome

Plan coupole

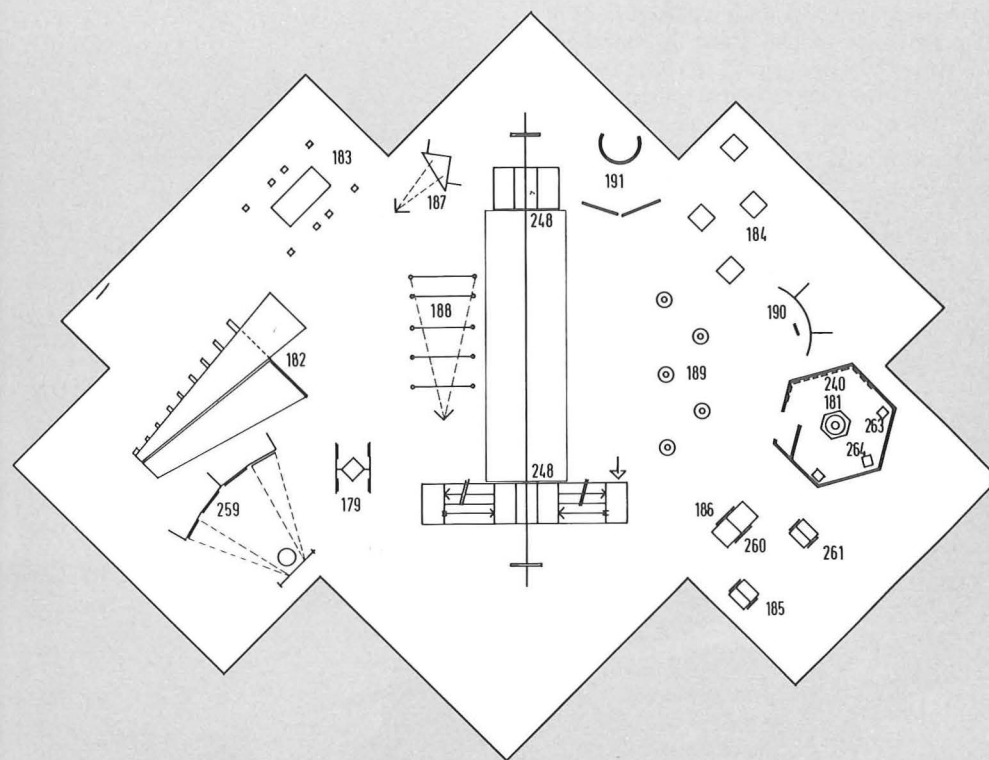


Plattegrond tent 8

Grundriß Zelt 8

Groundplan tent 8

Plan tente 8



WATER MECHANICA LUCHT

Kogelbron 231

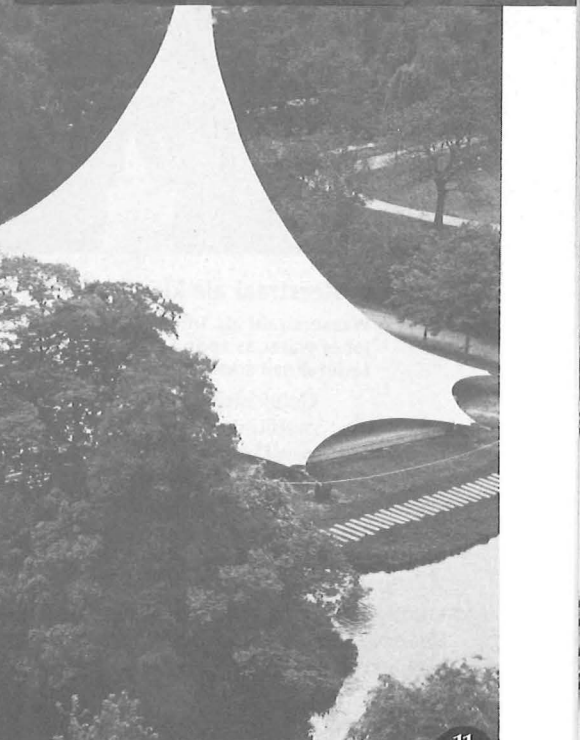
Kugelbrunnen
Ball fountain
Fontaine à la sphère

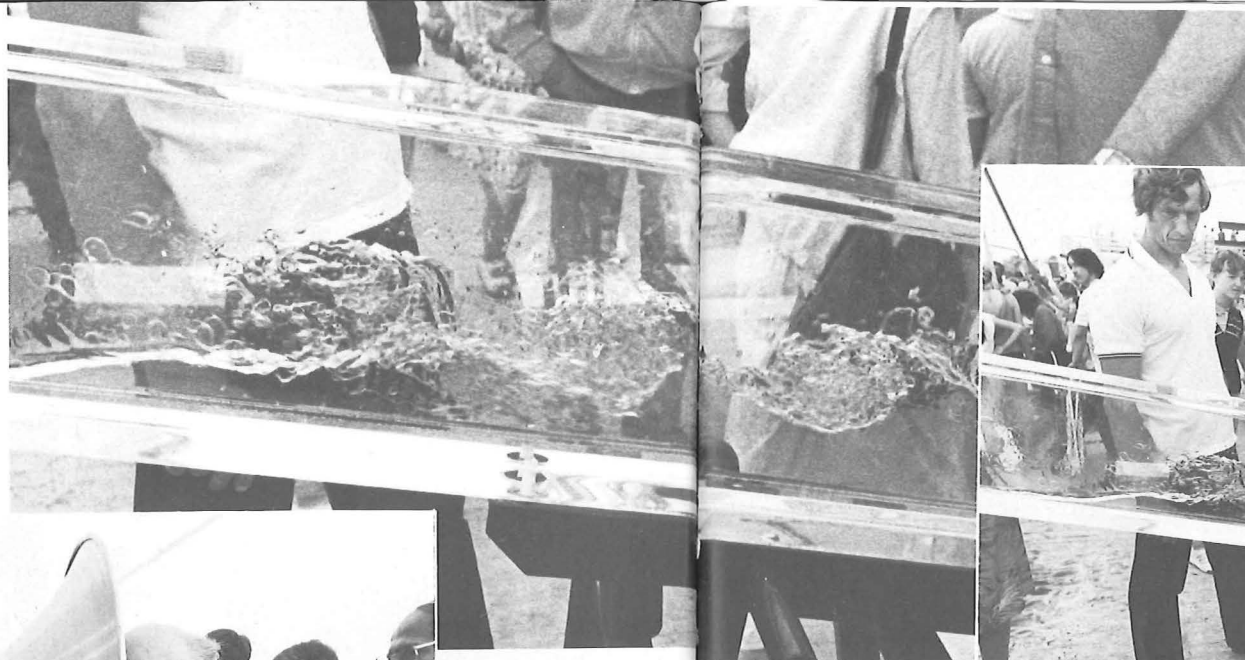
Een granieten kogel met een gewicht van 1.000 kg draait op een dunne waterfilm. Een pompinstallatie voert het water via een leiding aan; de benodigde waterdruk bedraagt ca. 2,5 bar – niet veel meer dan de waterleidingdruk in Rotterdam.

**Hydrostatische paradox 30**

Hydrostatisches Paradoxon
Hydrostatic paradox
Pompe à eau, à eau

Water wordt met behulp van vallend water op een hoger niveau gebracht.





Interne golven 17

Interne Wellen
Internal waves
Ondes internes

Golven ontstaan niet alleen op de grens van gas (bijv. lucht) en vloeistof, maar ook op het raakvlak van twee niet vermengbare vloeistoffen.



Waterstraal als klankgeleider 16

Wasserstrahl als Ton-Leiter
Jet of water as sound conductor
Le jet d'eau sonore

Geluidstrillingen kunnen alleen via een medium overgebracht worden. In dit geval brengt een dunne waterstraal de trillingen van de stemvork over op een membraan. De geluidstrichter richt de tonen daarna zo, dat ze hoorbaar worden.



Taylor-wervel 15

Taylor Wirbel
Taylor vortex
Spirale de Taylor

Een cilinder draait in een andere cilinder. Het water in de tussenliggende ruimte is gekleurd met aluminiumpoeder. Afhankelijk van het aantal omwentelingen ontstaan wervelingen en golfpatronen, doordat de vloeistof kennelijk niet als één massa in beweging wordt gebracht.



Waterstraal als geleider van licht 11

Wasserstrahl als Lichtleiter
 Jet of water as light conductor
 Jet d'eau comme conducteur de lumière

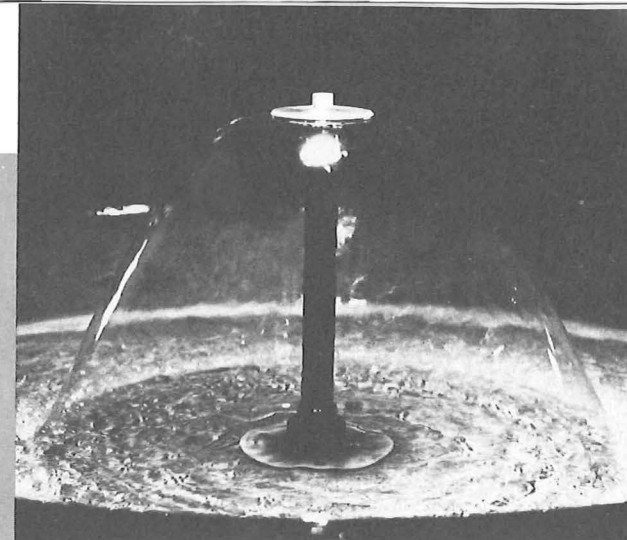
Het licht volgt de kromming van de waterstraal doordat het telkens wordt weerkaatst door het wateroppervlak, d.w.z. door de wand van de waterstraal. Dit is het principe van de glasvezelkabel.



Licht maakt warmte zichtbaar 9

Schlieren Projektion
 Light visualises differences in watertemperature
 La lumière rend visible des différences de température dans l'eau

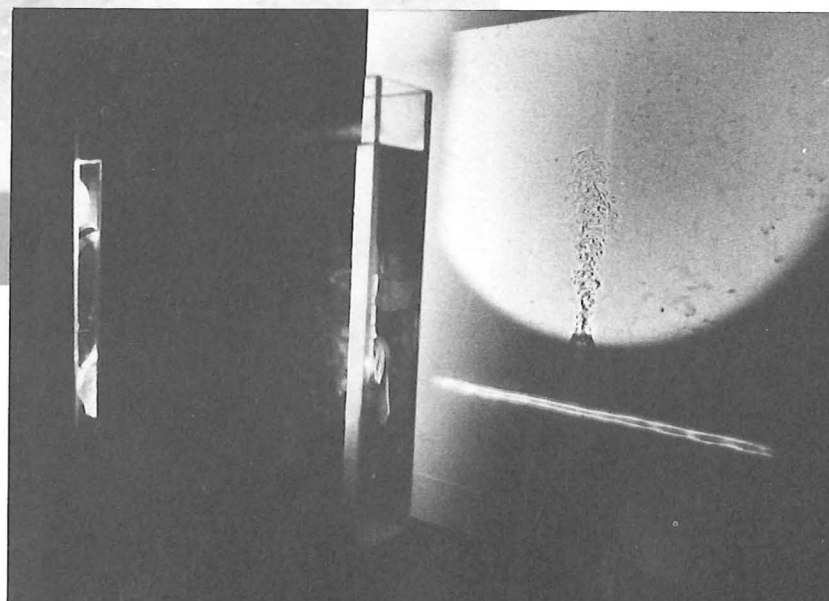
Het water rond de pompelaar wordt verwarmd. Daardoor ontstaan opwaartse stromingen in het water, die door lichtprojectie zichtbaar worden.

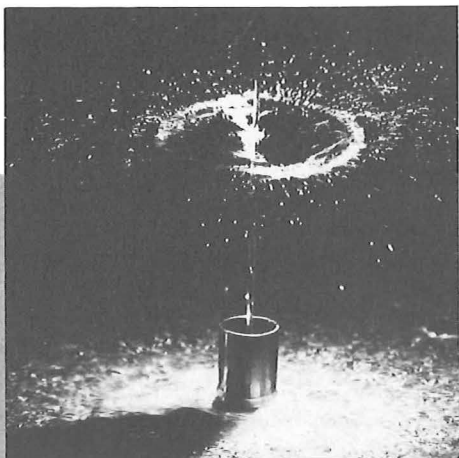


Waterkoepel 21

Wasserglocke
 Water bell
 Coupole à eau

Door een verticale waterstraal loodrecht op een vlak te richten, ontstaat een koepelvormig aaneengesloten watervlies. Wanneer men de watertoevoer voorzichtig vermindert, kan de koepel alleen kleiner worden door het omsloten volume lucht ineen te drukken; daarbij neemt de koepel de vorm van een klok aan. Onderbreking van het vlies verstoort het evenwicht, zodat de klok ineenstort.

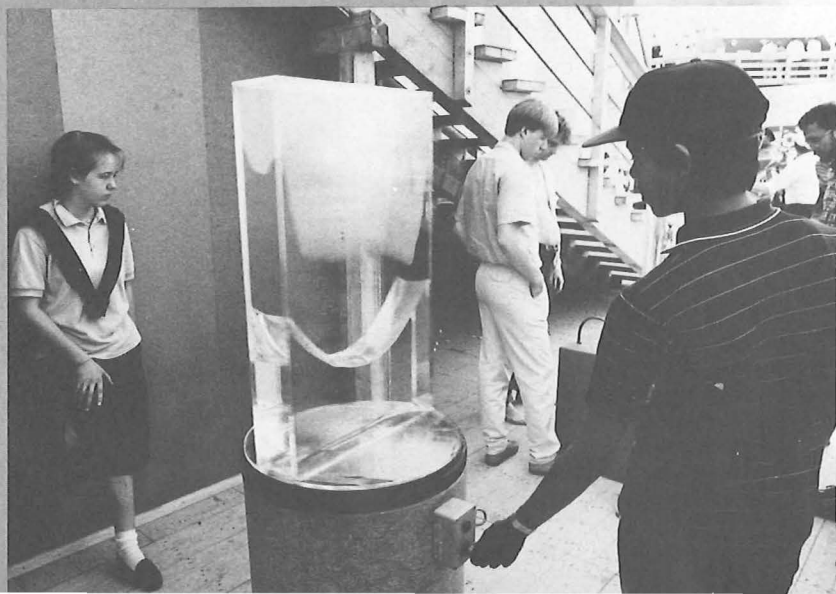




Waterschijf 7

Wasserscheibe
Sheet of water
Disque d'eau

Wanneer de beide kranen zo worden afgesteld dat de waterstralen met gelijke kracht op elkaar botsen, ontstaat door de oppervlaktetenspanning een schijf van water.



Waterparabool 27

Wasserparabel
Water parabola
Parabole hydraulique

Naarmate men de bak met water sneller laat ronddraaien, wordt de parabolische kromming van het wateroppervlak sterker.



Bal op waterstraal 28

Ball am Wasserstrahl
Ball at jet of water
Danse dans le jet d'eau

Het draaien van de bal veroorzaakt een sproeieffect, dat een tegenkracht oproept die de bal telkens tegen de straal aandrukt. Daardoor danst de bal als het ware langs en op de waterstraal.

Stromingsbassins 2

Strömungswannen
Flow visualisation in shallow basins
Bassins à eau courante

Voorwerpen van verschillende vorm laten zien hoe vloeistof om die voorwerpen heen stroomt en hoe stromingspatronen naar gelang de stroomsnelheid veranderen.



Zandlaagplaquettes 13

Sandschichtungstafeln
Sand layering charts
Tableau à couches de sable

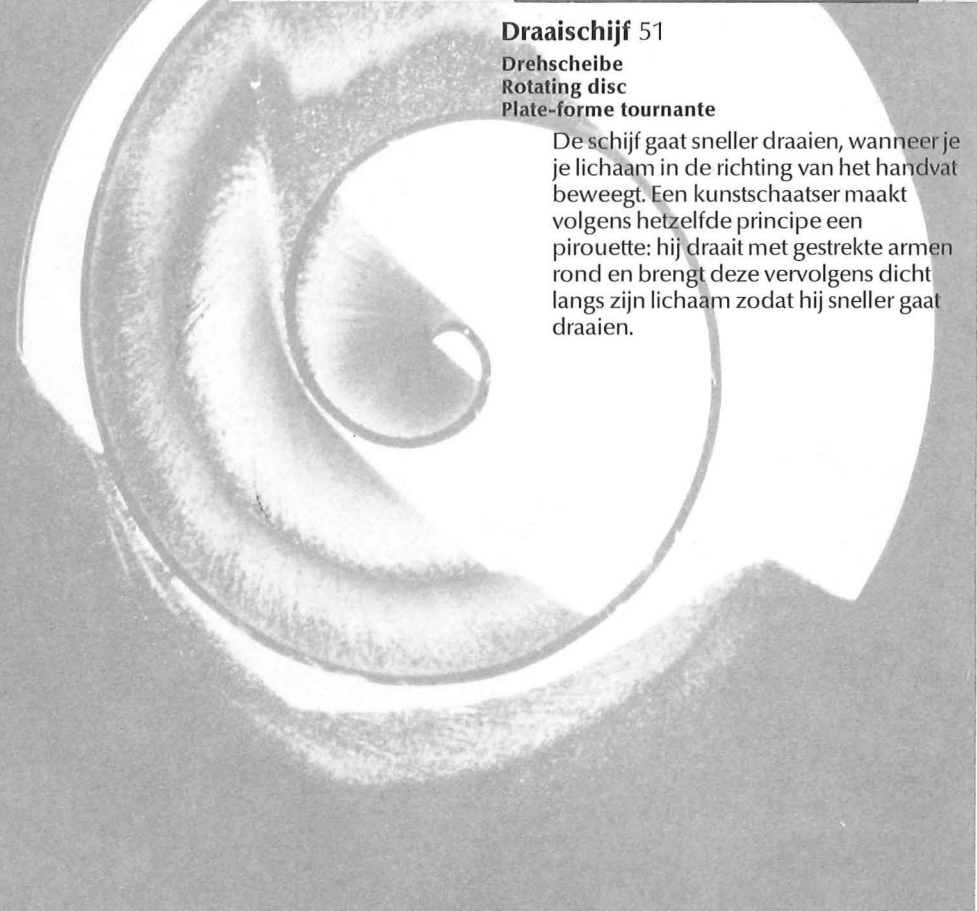
Doordat de glazen schijf met de daarin aangebrachte schotten langzaam ronddraait, ontstaan dankzij het soortelijk gewicht en de vorm van de verschillende soorten zandkorrels, talloze structuren die men ook in de natuur kan aantreffen.



Draaischijf 51

Drehscheibe
Rotating disc
Plate-forme tournante

De schijf gaat sneller draaien, wanneer je je lichaam in de richting van het handvat beweegt. Een kunstschaatser maakt volgens hetzelfde principe een pirouette: hij draait met gestrekte armen rond en brengt deze vervolgens dicht langs zijn lichaam zodat hij sneller gaat draaien.





Magneetspel 238

Magnetspiel
Magnet play
Jeu avec aimant



Kooi met magneetslinger 236

Magnetpendelkäfig
Magnet pendulumcage
Cage du pendule magnétique

Op de grond en onderop de bodem van de kooi zijn sterke magneten geplaatst die elkaar afstoten. Om die met elkaar in aanraking te brengen zou een kracht van ± 800 kg nodig zijn.



Resonantie-slinger 52

Resonanzpendel
Resonance pendulum
Pendule de résonance

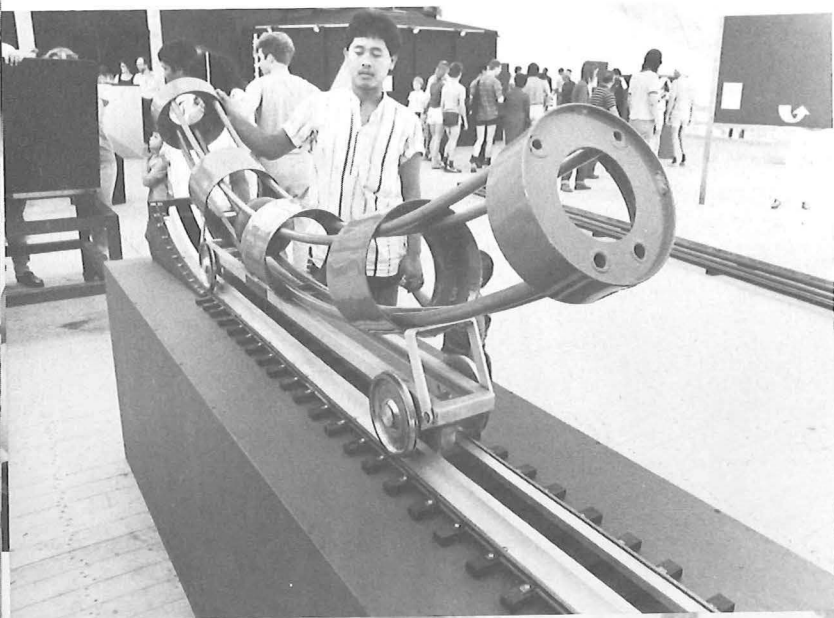
Zelfs met een klein magneetje kan je een zwaar gewicht aan het slingeren brengen, wanneer je op het juiste moment en niet te hard trekt.

Terugstootwagen met kegelballen 41

Rückstosswagen mit Holzkugeln
Reaction truck with skittle balls
Voiture à propulsion à réaction au moyen de boules du jeu de quilles

De wagen wordt aangedreven door de kracht waarmee de vallende ballen tegen de schuine rolbaan drukken. Een raket werkt volgens hetzelfde principe, want die wordt voortgestuwd doordat materie de straalmotor met grote snelheid verlaat.





Terugstootwagen met pendelende kogel 253

Rückstosswagen mit pendelnder Kugel
Reaction truck with oscillating ball
Modèle d'un wagon à réaction

Door het telkens naar beneden rollen van de bal op de gebogen rolbaan, zet de wagon zich schoksgewijs in beweging en maakt zo het terugstoot-principe duidelijk: actie = reactie.

Kettinglijn-boog 104

Kettenlinienbogen
Catenary arch
Arc de lignes en chaîne

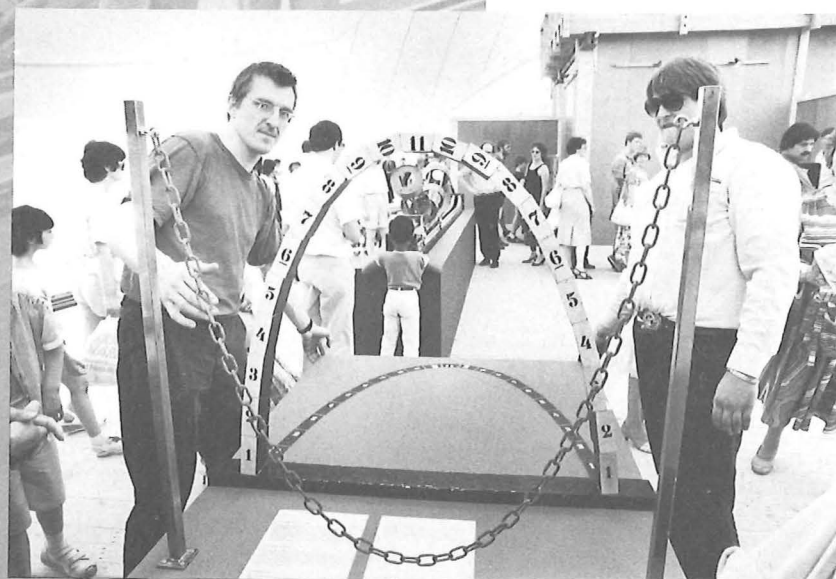
Vergelijk de kromming van de uit 21 losse blokken opgebouwde boog met die van de hangende ketting. Ondanks het feit dat de blokken even dik zijn, staan zij volledig in evenwicht; je kunt de boog zelfs zachtjes laten schommelen zonder dat hij in elkaar valt.

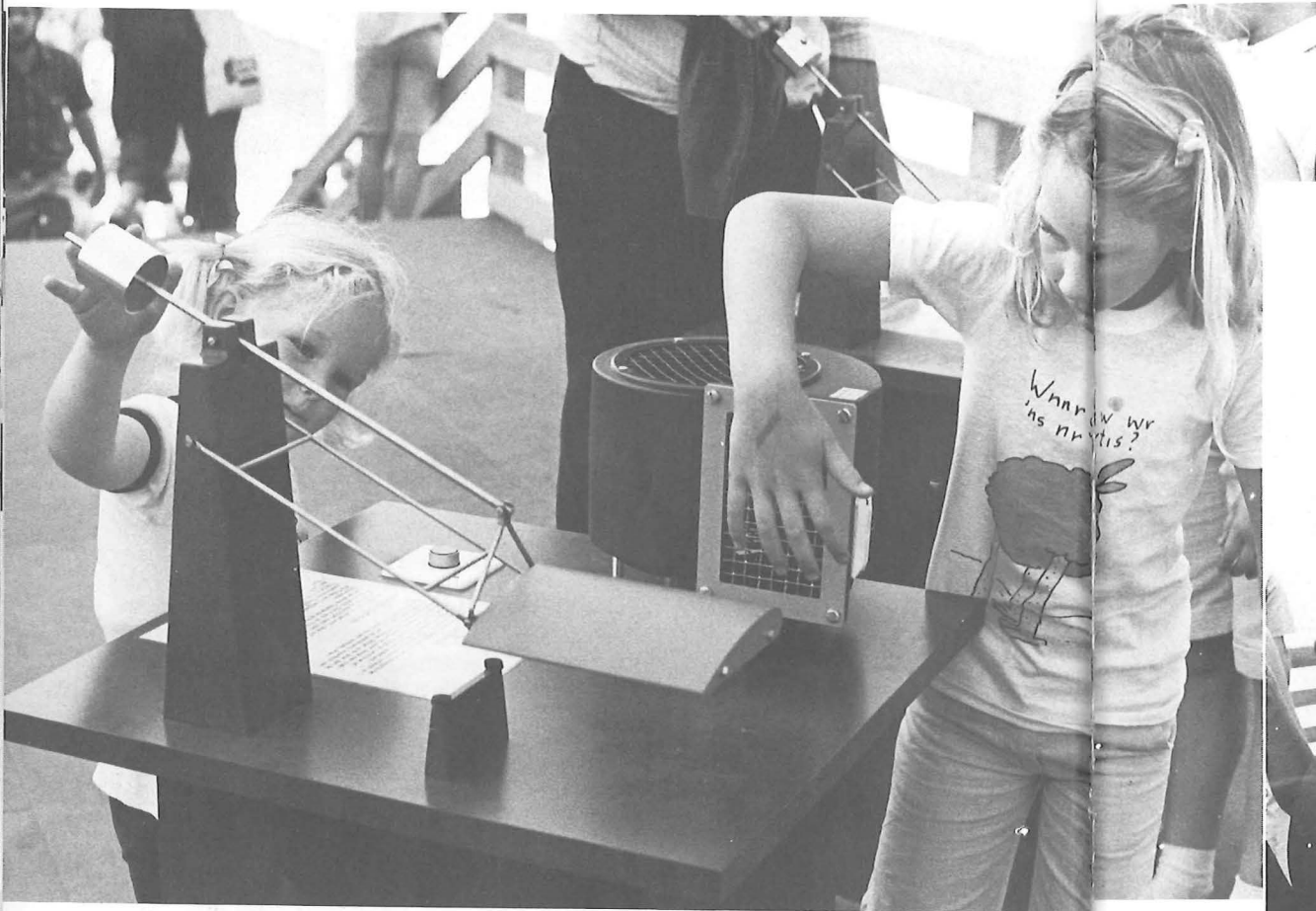


Maanwand 55

Mondwand
Lunar wall
Mur lunaire

Hangend in een vest kun je op een schuine wand sprongen maken onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met die op de maan, waar een geringere zwaartekracht heerst dan op aarde.





Draagvleugel in luchtstroom 62.4

Tragflügel im Luftstrom
Aerofoil in airstream
Aile portée

De asymmetrische dwarsdoorsnede van de vleugel maakt dat de lucht aan de bovenkant versnelt en zodoende sneller stroomt dan aan de onderkant. Volgens de wet van Bernoulli neemt de luchtdruk af, naarmate de snelheid waarmee lucht langs een vlak stroomt, toeneemt. Bij deze draagvleugel is de druk aan de bovenkant dus lager dan aan de onderkant, waardoor een opwaartse kracht ontstaat die hem omhoog drukt: het principe van de vliegtuigvleugel.

Snoer in luchtstroom 61

Schnur im Luftstrom
String in airstream
Fil dans courant d'air

Doordat een deel van de onderuitstromende lucht aan de bovenkant weer wordt aangezogen, ontstaat een gesloten circulatie-stroom die door het lichte draadje zichtbaar wordt gemaakt.



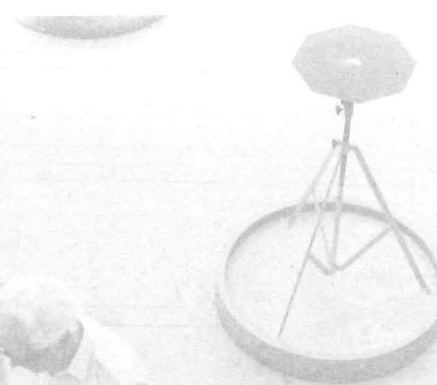
KLANK EN GELUID HARMONIEK KYMATIEK MATHEMATIEK



Tonoscoop 242

Tonoskop
Tonoscope
Tonoscope

Het membraan van de tonoscoop wordt in trilling gebracht door strakke tonen in de rechthoekige opening te schreeuwen. Daardoor ontstaan verschillende klankfiguren.

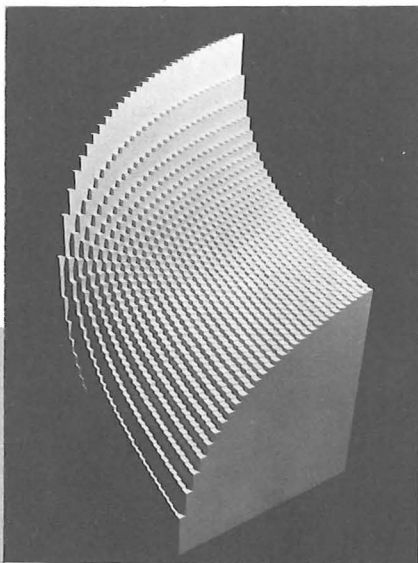


Klankfiguren volgens Chladni 77

Klangbilder nach Chladni
Chladni sound figures
Figures de Chladni

Door een strijkstok loodrecht van boven naar beneden tegen de metalen plaat te bewegen, wordt deze aan het trillen gebracht. Het op de plaat gestrooide kwartzand vormt afhankelijk van de trillingsfrequentie fantastische klankfiguren.





Logaritmisch Lambdoma 89

Logarithmisches Lambdoma
Logarithmic lambda-dome
Lambdoma logarithmique

Dit model is een ruimtelijke weergave van een toon. De horizontale lijn halverwege het model stelt de begintoon voor. Vanaf die lijn worden naar boven en naar beneden de intervallen weergegeven van de reeks van 32 boventonen die zich over vijf oktaven uitstrekt.

Polychord met negen snaren 83

Polychord
Polychord
Polycorde

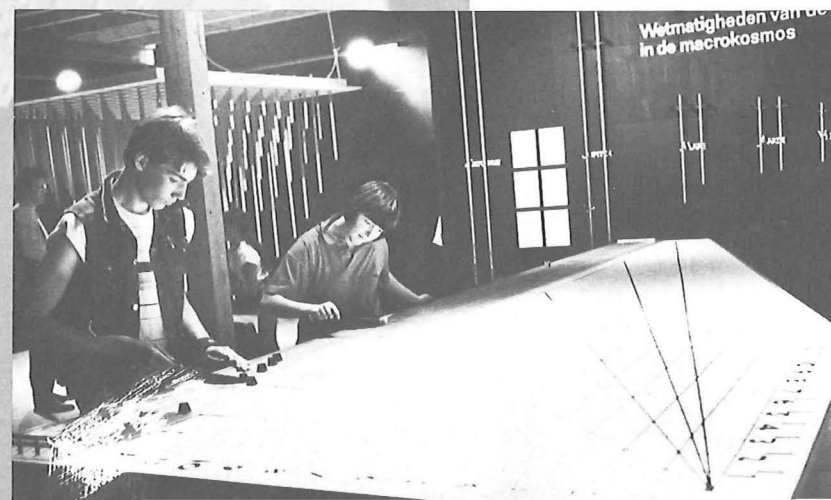
Door de blokjes onder de snaren te verschuiven, worden verschillende toonverhoudingen duidelijk: de uit de harmonieeler bekende verhoudingen tussen kleine hele getallen, zoals prime (1:1), octaaf (1:2), kwint (2:3), kwart (3:4), grote terts (4:5), grote sext (3:5), kleine terts (5:6) en kleine sext (5:8). Ook in de bouwkunst van de oudheid en in het planetenstelsel blijken deze verhoudingen verankerd te liggen.



Klinkend lambda-dome 87

Klingendes Lambdoma
Sounding Lambda-dome
Lambdoma sonante

Het klinkende lambda-dome laat het toonbereik van een begintoon zien en horen. Muziektonen zijn immers samengestelde klanken: elke toon bevat niet alleen een basisfrequentie (begintoon), maar ook veelvouden daarvan. Deze veelvouden brengen hogere, zwakkere tonen voort die men boventonen noemt. Zij ontstaan ten gevolge van het feit dat een klinkend voorwerp (bijv. een snaar – zie nr. 92) niet alleen over zijn volle lengte, maar ook in steeds kleiner wordende gedeelten trilt.





Grote geluidsspiegels 229

Grosse Schallspiegel
Giant sound reflectors
Réflecteurs géants du son

Geluid kan – net als licht en warmte – op een bepaald punt gericht worden. Wie precies in het brandpunt van de spiegel door het ringetje praat, is 130 m verder in de andere spiegel te verstaan.

Yoshimoto kubus 255

Yoshimoto Würfel
Yoshimoto cube
Cube Yoshimoto

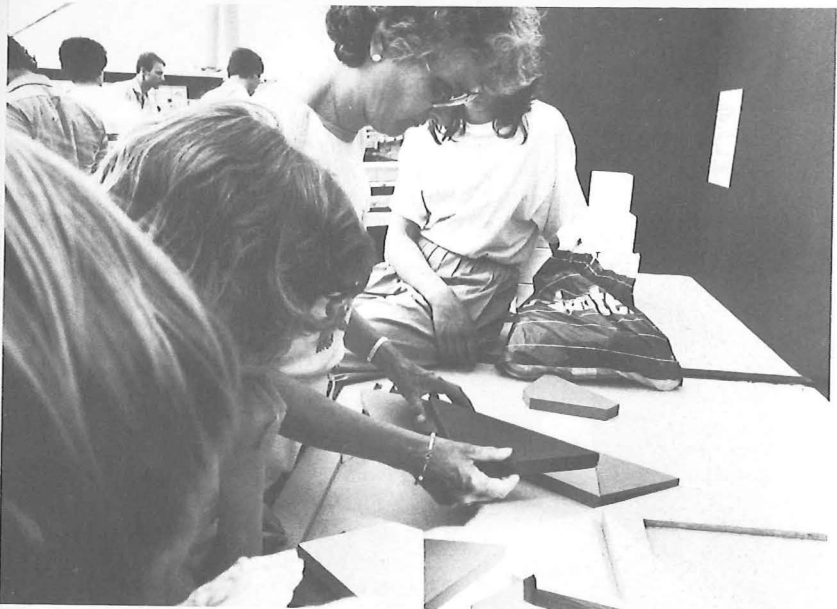
Dit model laat zien dat een kubus in een veelvoud van regelmatige vormen op te delen is, die op wonderbaarlijke wijze in elkaar passen: achthoek (octaëder) en twaalfhoek (dodecaëder).

Kansspel met het getal Pi 103

Wahrscheinlichkeitsspiel mit der Zahl Pi
Probability game with figure Pi
Jeu de probabilité avec la nombre Pi

De kans dat een balletje in de ronde opening van één van de cilinders terecht komt, is even groot als de verhouding van de oppervlakte van alle ronde openingen tot het totale oppervlak van de vierkante opening van de perspex bak. De bak is zo geconstrueerd dat deze verhouding $1:0,315 = 3,14$ bedraagt. Dit komt overeen met het getal Pi (3,142), dat de verhouding weergeeft van de omtrek van een cirkel tot zijn straal. De kans dat een balletje in een cilinder belandt, is dus 1:Pi. Naarmate er meer balletjes in de bak gegooid worden, moet het scorebord het getal Pi meer benaderen.





Gelijkvlakkige veelhoeken 121

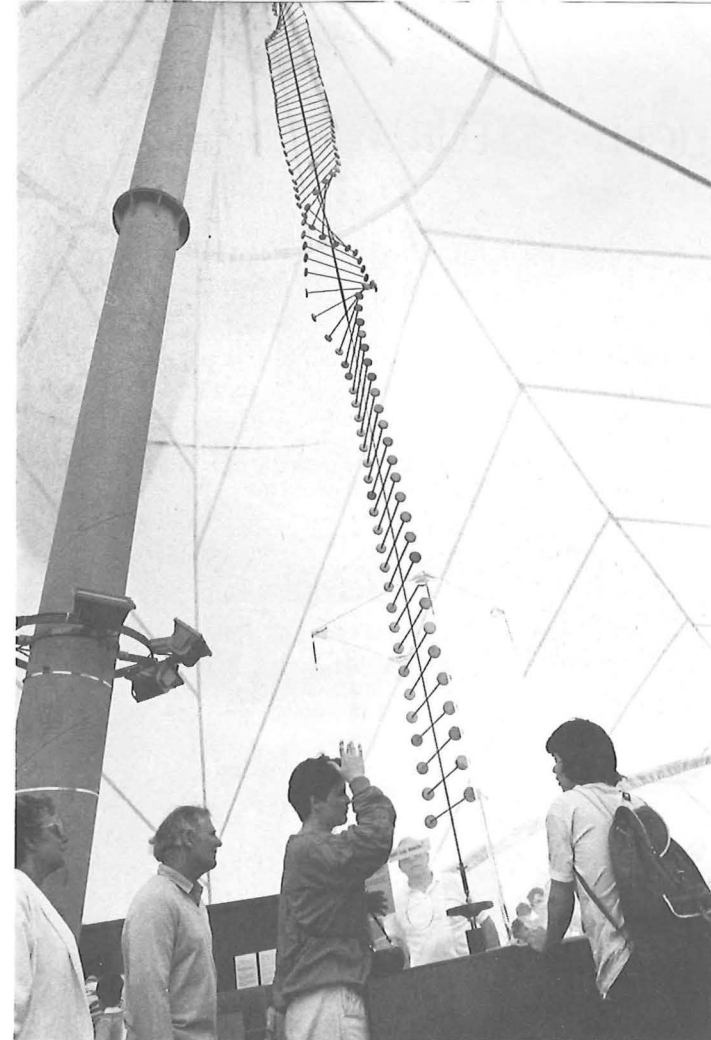
Flächengleiche Polygone
Polygons of equal surface
Polygones à surface égale



De oloïde 254

Das Oloid
The oloid
L'oloïde

De oloïde is een wentellichaam, dat zich - mits precies goed opgesteld - rechtuit tuimelend over een aflopend vlak voortbeweegt.



Mechanisch golfmodel 249

Mechanisches Wellenmodell
Mechanical wave model
Modèle d'ondulations pendulaires

Mechanische golven hebben een medium nodig om zich te kunnen verplaatsen, in dit geval de reeks slingers van het golfmodel.

LICHT KLEUR OPTICA

Oneindige spiegel 133

Unendliches Spiegelbild
Infinite mirror
Miroir infini

Twee recht tegenover elkaar opgestelde spiegels vermenigvuldigen het beeld tot in het oneindige.

**Fresnel lens 142**

Fresnel Linse
Fresnel lens
Lentille de Fresnel

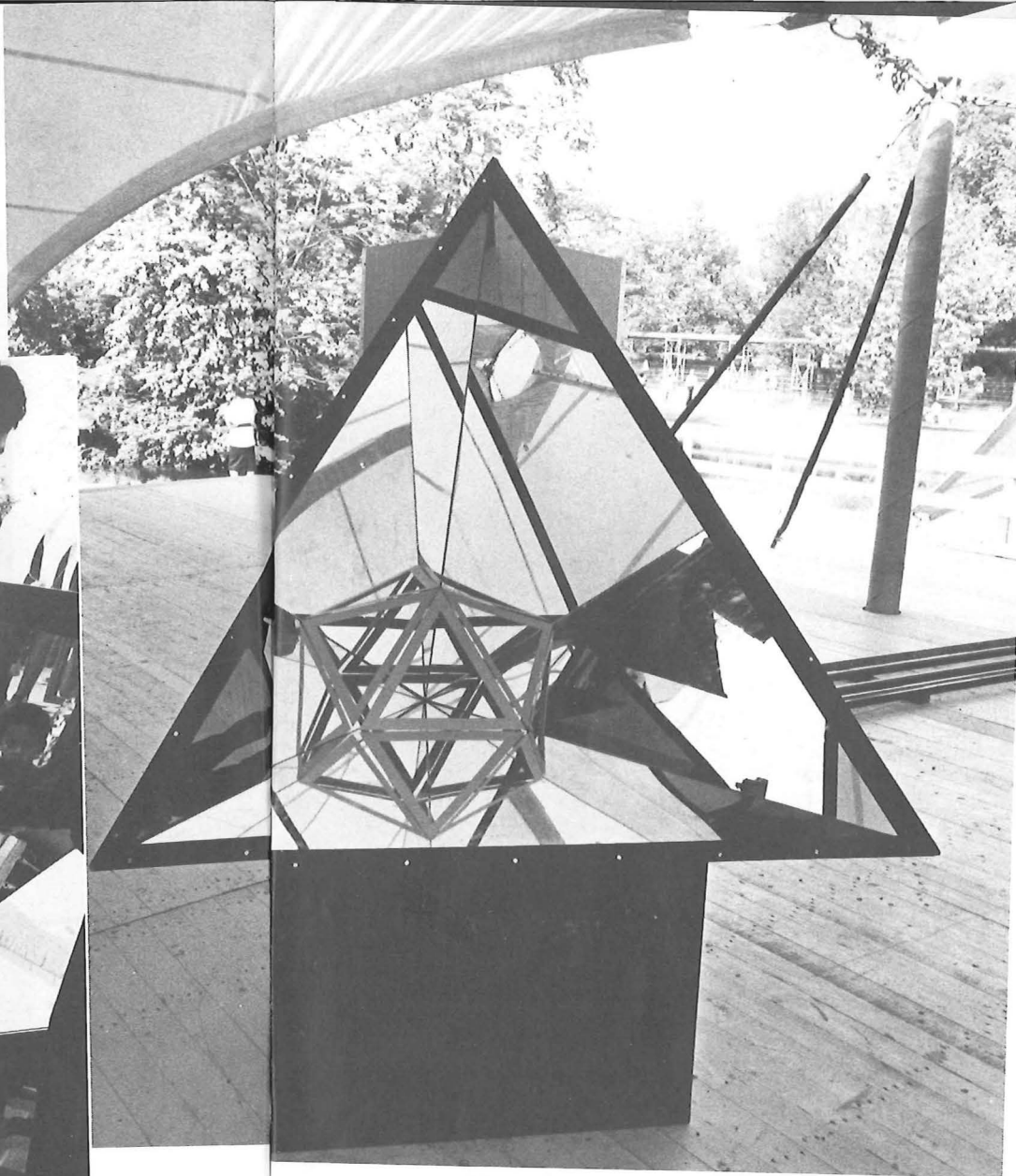
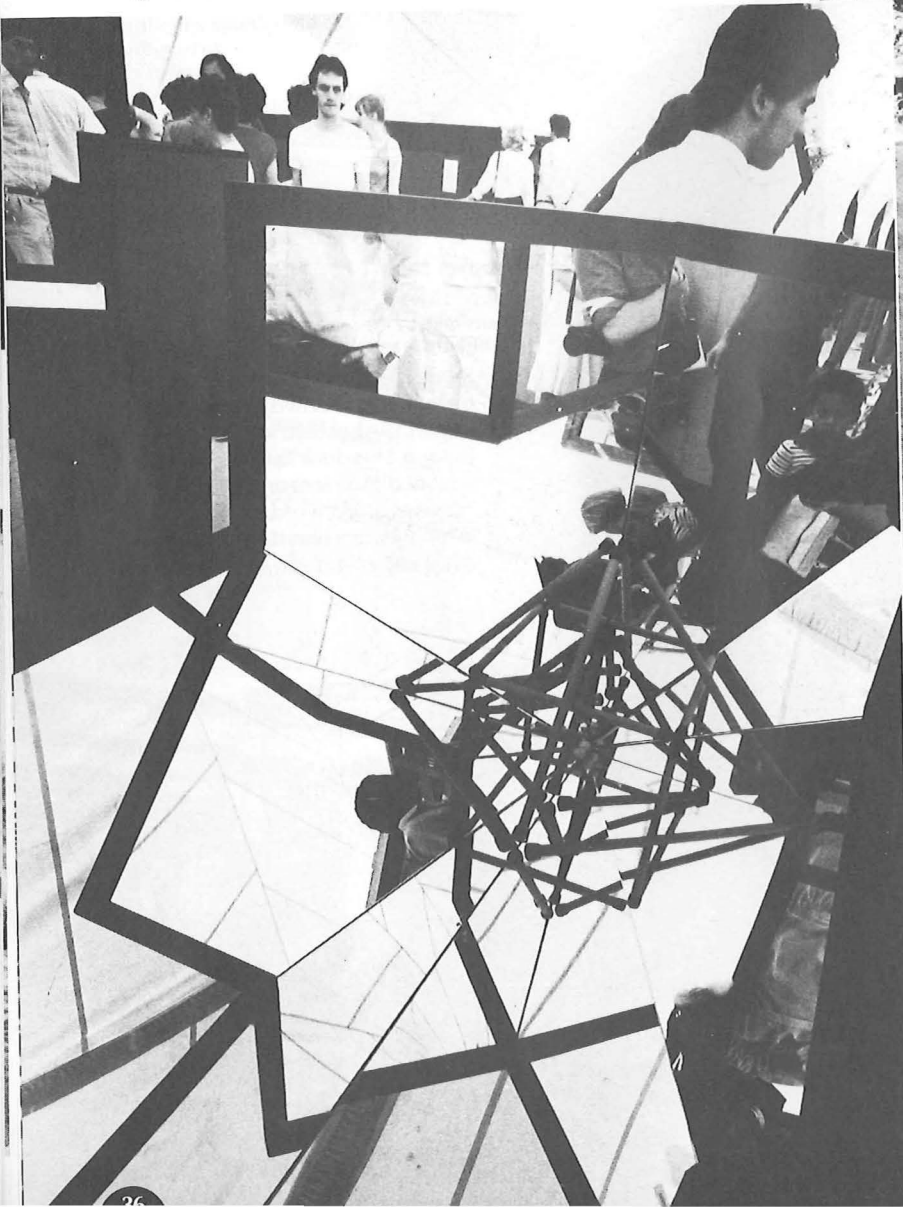
Bij de Fresnel-lens is het oppervlak van de lens opgebouwd uit concentrische ringen, die het licht in één richting buigen. Hierdoor kan men sterke, maar relatief dunne lenzen maken, die met name gebruikt worden voor schijnwerpers (vuurtorenlichten, autolampen e.d.) en vergrootglazen.



Twaalfvoudige spiegel 128

Zwölfach Spiegel
Twelve-fold mirror
Ordonnance multipliée par douze

Met behulp van één stok ontstaat het beeld van een kubus met twaalf ribben. Door een tweede stok daar haaks op te plaatsen, wordt het raamwerk van een regelmatig achthvlak (octaëder) geconstrueerd.



Drievoudige spiegel 130

Tripelspiegel
Triple mirror
Miroir triple

Een symmetrisch in deze spiegel geplaatste gelijkzijdige driehoek spiegelt zich twintig keer: er ontstaat een twintigvlak (icosaëder), een gesloten figuur die uit twintig gelijkzijdige driehoeken is opgebouwd.

Schaduwbeelden 141

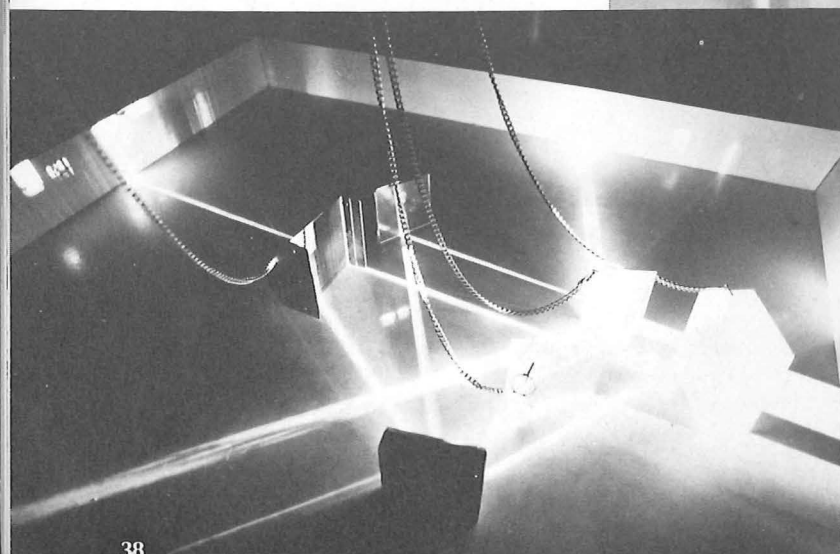
Phosphoreszierender Raum
Phosphorescent room
Silhouettes

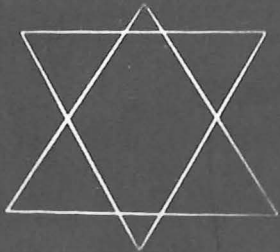
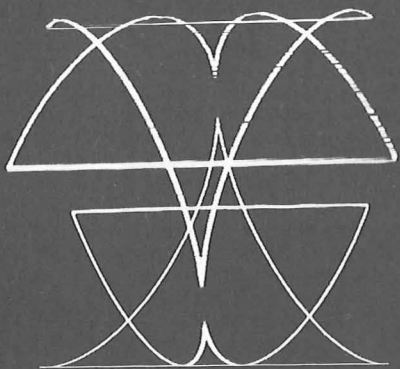
Na de lichtflits licht het fluorescerende wandoppervlak nog een tijdje op, behalve op de plaatsen die tijdens de lichtflits afgedekt waren.

**Experimenteertafel voor lenzen-
optiek 153**

Experimentiertisch für Linsenoptik
Experiments with lens optics
Expériences avec lentilles

Plexiglasen objecten van verschillende vorm breken het licht op verschillende wijze. De brekingshoek van lichtstralen wordt bepaald door de hoek waaronder de straal op de lens valt, de hoek waaronder hij de lens verlaat en de optische dichtheid van het lensmateriaal.

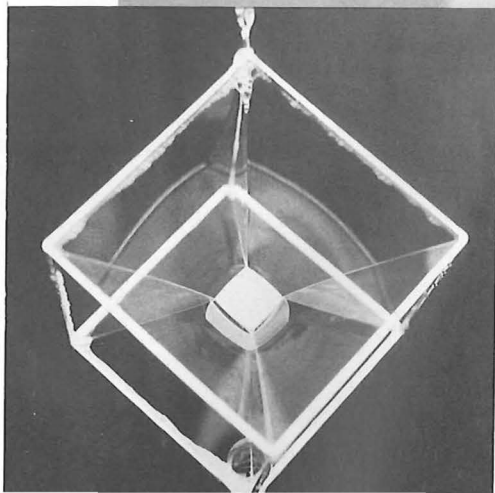




Ruimtebeeldscherm 173

Raumbildschirm
Stereoscopic screen
Ecran à projection spatiale

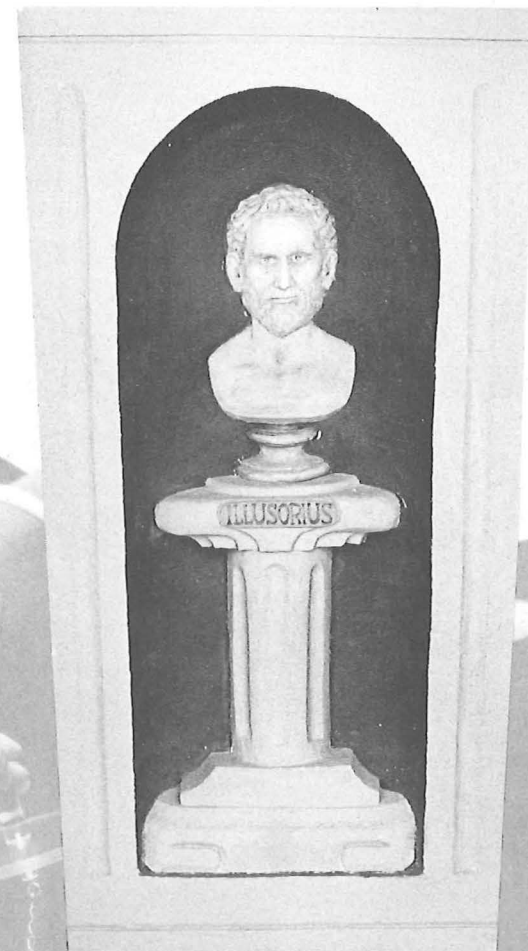
Door projectie van licht op de uit draden opgebouwde cilinder ontstaan sverschillende vormen, naar gelang de kijker zijn positie verandert. Door aan de cilinder te draaien ontstaan weer andere vormen.



Ruimtelijk optisch bedrog 146

Räumliche Täuschung
Spatial illusion
Illusion spatiale

De holle Illusorius lijkt je voortdurend met zijn ogen te volgen – of je er langs loopt, omhoog springt of door je knieën zakt.



Minimale oppervlaktespanning 101

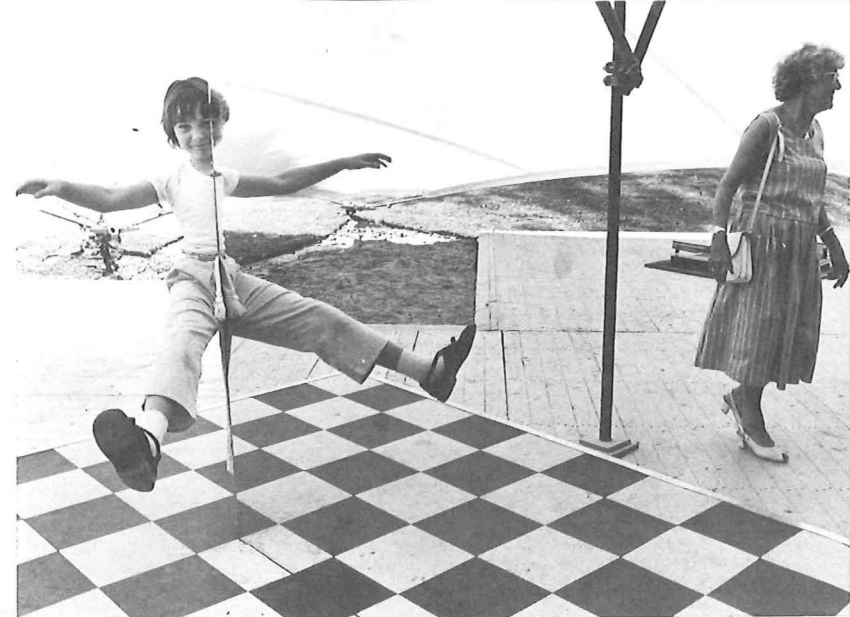
Minimalflächen Spannung
Minimal surface tension
Tension superficielle minimale

Zeepvliesen vormen oppervlakken die zo klein mogelijk en spanningstechnisch het gunstigst zijn. Dit kan ertoe leiden dat in het midden van de kubus een kleine hyperkubus of vierdimensionale kubus ontstaat. De constructie van de bij FENOMENA gebruikte tenten is gebaseerd op de wetten van de minimale oppervlaktespanning. Op de zeepvliesen ontstaan zogenaamde interferentiekleuren, die ook bij object nr. 156 en bij een olievlek op water te zien zijn.



Moirés 277

Wanneer twee of meer rasters met enige tussenruimte naast elkaar staan, ontstaan moiré-effekten, waarbij afhankelijk van de vorm van het profiel verschillende structuren zichtbaar worden.



Symmetriespiegel 132

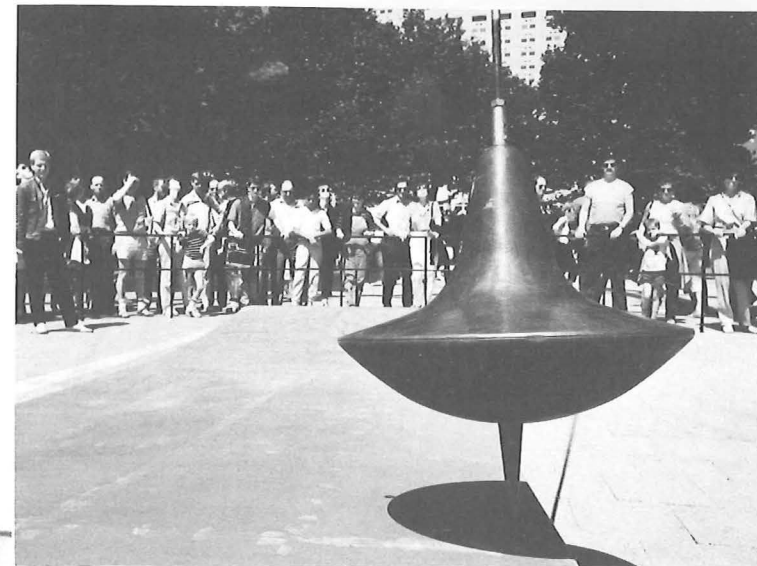
Symmetriespiegel
Symmetrical mirror
Miroir symétrique

De ontbrekende helft wordt door de spiegel aangevuld: eigenlijk zie je het rechter been, arm etc. twee keer.

Spiegelsculptuur 217

Spiegelsculptur
Mirror sculpture
Sculpture miroitante

Het draaien van de tweezijdige spiegels verandert het beeld van je omgeving ingrijpend. Ook verschijnselen als oneindige spiegeling en hoekspiegeling onderga je in de spiegelsculptuur.



Slinger van Foucault 33

Foucault Pendel
Foucault pendulum
Pendule de Foucault

In 1851 hing de Franse natuurkundige Jean Foucault een 28 kg zware kogel aan een 67 m lange kabel in de koepel van het Panthéon in Parijs en bracht deze aan het slingeren. Het feit dat de slinger vervolgens in beweging bleef, bewees het bestaan van een kracht, vernoemd naar zijn ontdekker, de Franse wiskundige Gustave Coriolis. Volgens Coriolis raakt een in rechte lijn bewegend voorwerp op een draaiende ondergrond (i.c. de aarde) gelijktijdig in een beweging die loodrecht op de draairichting van de ondergrond staat. Het feit dat de slingerbaan zijdelings rond gaat, wordt veroorzaakt door het draaien van de aarde: vanaf een vaste ster zou men kunnen vaststellen dat de slingerbeweging niet van richting verandert, maar dat het de aarde is die eronder draait.

ZWAARTEKRACHTLIFT



Zwaartekrachtlift 244

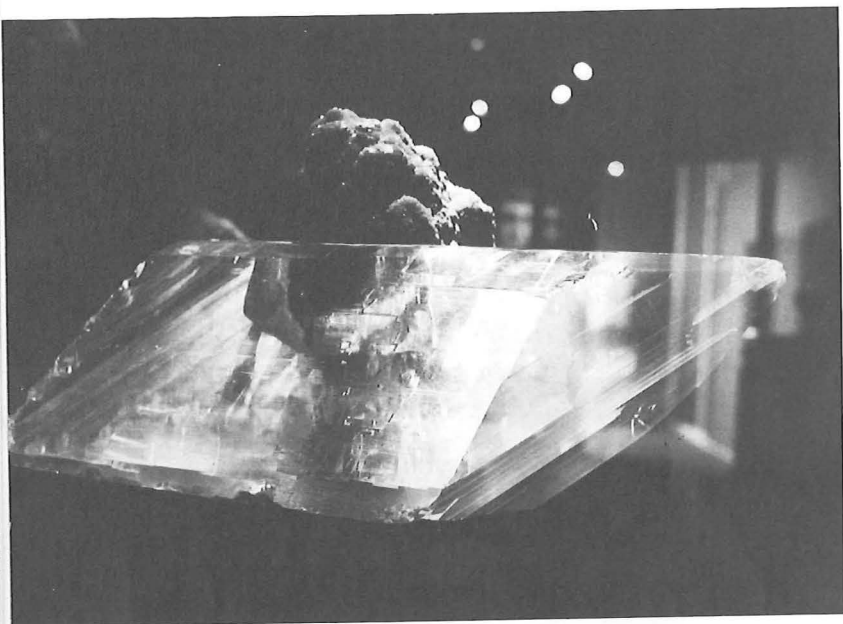
Gravitationslift

Gravitation elevator

Ascenseur pour la gravitation

In de zwaartekrachtlift wordt de invloed van de zwaartekracht voelbaar. De lift versnelt in recordtijd, waardoor de passagiers bij het opstijgen zo'n 25% zwaarder worden. Bij het bereiken van de hoogste snelheid (4,5 m/sec) wordt het normale gewicht weer bereikt. Bij het afremmen wordt het met ruim 25% verminderd. Tijdens het afdalen krijgt men bijna het gevoel van gewichtsloosheid en tenslotte ga je bij het afremmen bijna door de knieën. De computergestuurde Schindlerlift gaat twee en een half maal zo snel als een snelle lift van een torenflat – wat overeenkomt met 25% van de versnelling bij een vrije val onder invloed van de aantrekkingskracht van de aarde.

KRISTALLEN EN RUNGE-BEELDEN



Kristallen (63-70)

Kristalle
Crystals
Cristaux

Met de naam kristal wordt een vast lichaam aangeduid, dat een systematische rangschikking van elementaire cellen bezit. De grootte van deze cellen bedraagt meestal slechts enkele nanometers (miljoenste millimeters), maar ze bevatten alle chemische en geometrische elementen die gelden voor het totale kristal. Elke kristalsoort bezit een specifieke structuur, die gehoorzaamt aan bepaalde geometrische wetten. Vaak zijn kristallen dan ook opgebouwd uit bekende geometrische vormen: kubus, achthoek, twaalfhoek e.d. Daarnaast ontdekte de Deen Nicolaus Steno (1638-1688) dat bij één kristalsoort de grootte van de vlakken niet constant is, maar dat de hoeken die die vlakken ten opzichte van elkaar maken, altijd gelijk zijn. Andere specifieke natuurkundige

eigenschappen zijn: een bepaalde hardheid, een specifieke breking van licht e.d. Mineralen zijn kristallen die op natuurlijke wijze zijn ontstaan. Ze zijn vanwege hun schoonheid zeer in trek, maar worden voornamelijk als grondstoffen gebruikt. Het groeiproces van kristallen in de natuur kan niet waargenomen worden, omdat het zich zeer geleidelijk voltrekt. Wanneer men kristallen kweekt, kan men enigszins volgen hoe ze gevormd worden. Het kweken van kristallen vormt zolangzamerhand een belangrijk onderdeel van modern natuurwetenschappelijk onderzoek. Het aantal synthetische kristallen is tegenwoordig zelfs veel groter dan de hoeveelheid bekende mineralen.



Vloeibeelden van Runge 72

Fliessbilder nach Runge
Flowsheets by Runge
Images modèles de Runge

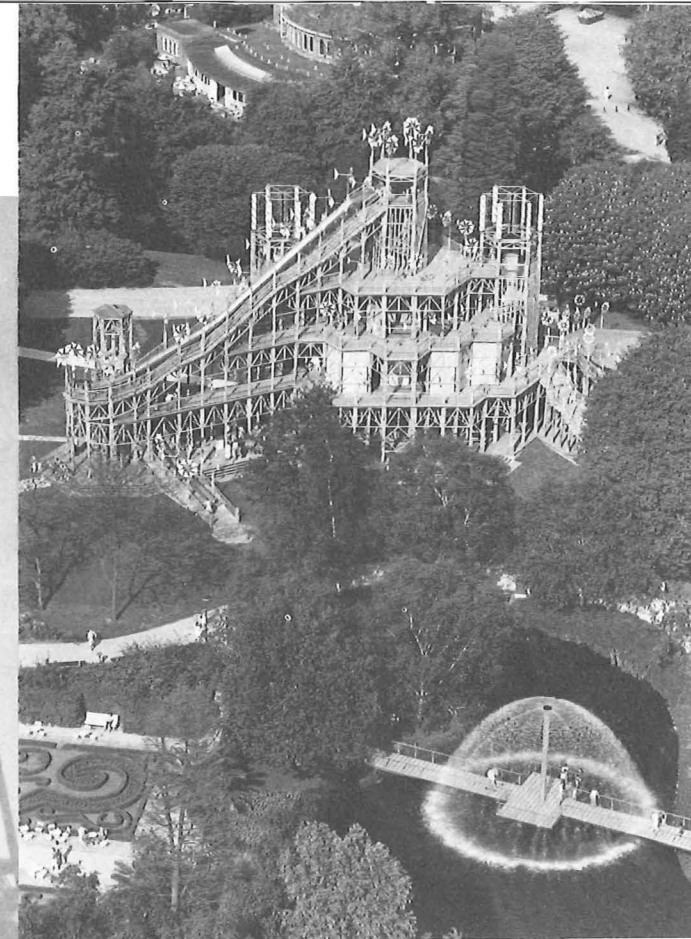
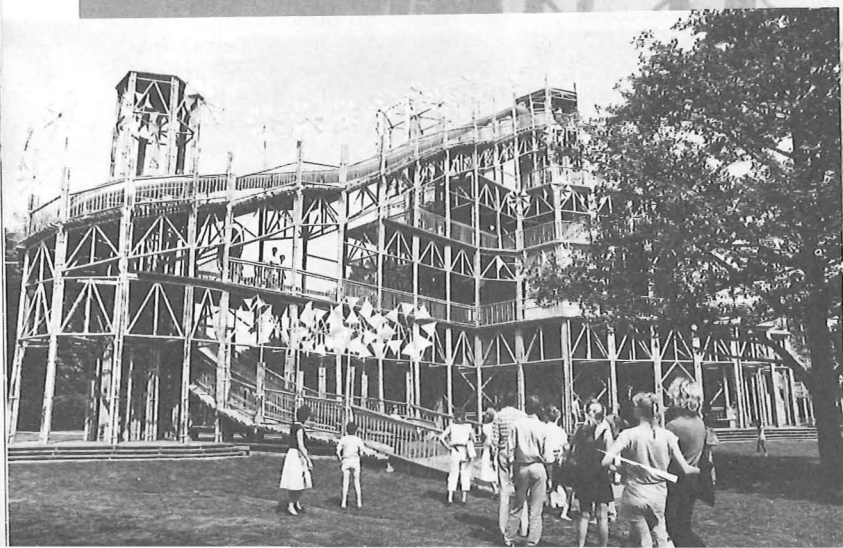
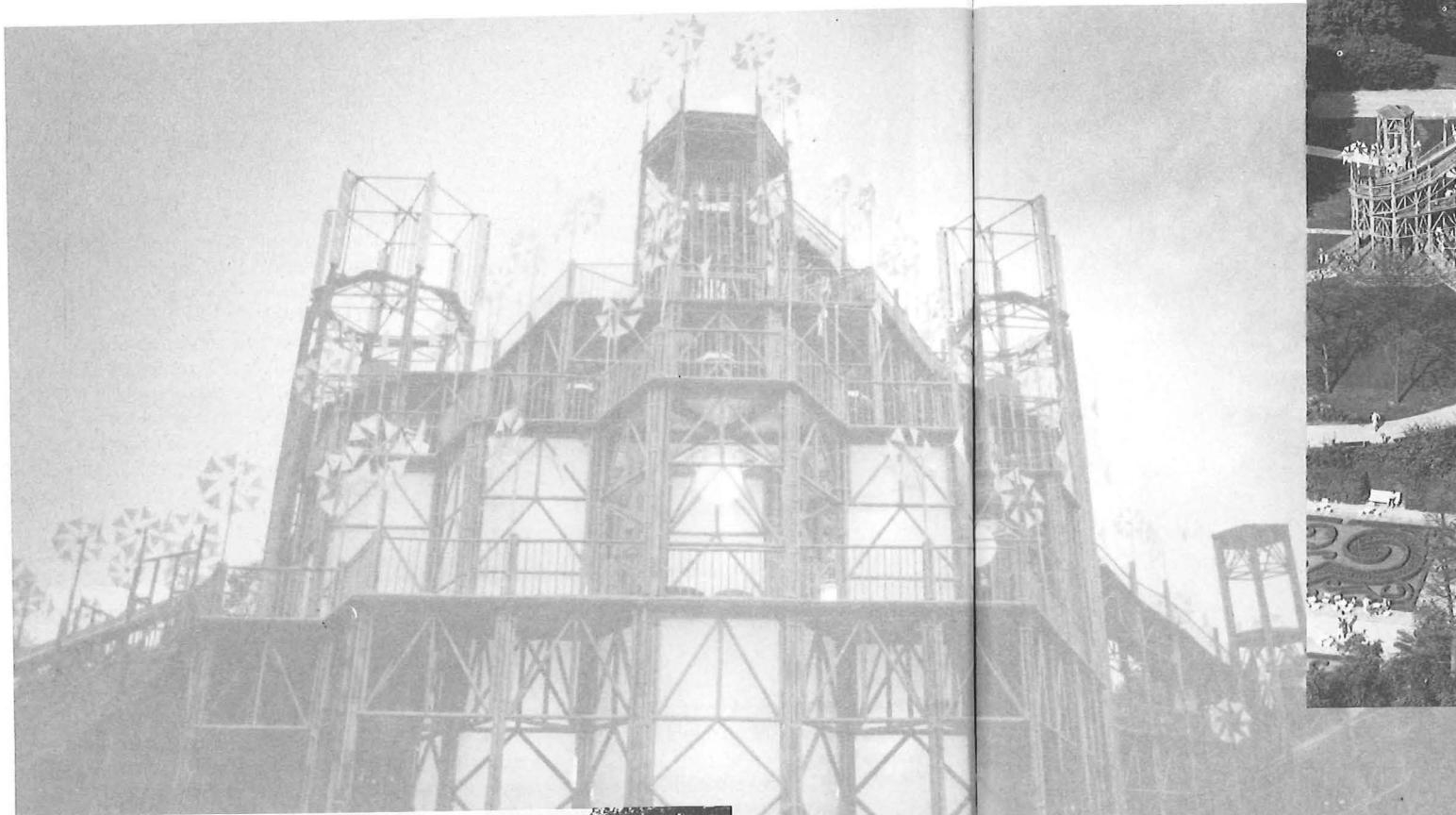
Friedrich Ferdinand Runge (1795-1867), veelzijdig chemicus en directeur van een chemische fabriek, hield zich ook bezig met de toepassingen van verschillende kleurstoffen en kleurprocedures. Zijn kleurrijke vloeibeelden ontstonden door zout- en kleurstofoplossingen op vloeipapier te druppelen. Waarschijnlijk was hij geboeid door de onverwachte vormen en kleuren, maar hij meende er ook onvervalsbare waardepapieren mee te kunnen maken. Pas in de jaren '40 van deze eeuw groeide de speelse ontdekking van Runge uit tot een erkend analyse-procédé. Op bijna alle gebieden van chemie en biologie speelt de papierchromatografie tegenwoordig een belangrijke rol.

Oeverklavier 234

Uferklavier
Waterpiano
Piano à eau



BAMBOEKASTEEL



Bamboekasteel
Bamboesturm
Bamboocastle
Palais de bambou

Het bamboekasteel is een 22m hoog bouwwerk met drie verdiepingen, dat bijna helemaal gebouwd is van bamboe. Er is ongeveer 120 ton bamboestengel in verwerkt. Het bamboekasteel werd naar Zwitsers ontwerp in Zürich geconstrueerd door Chinese vaklieden. Naar gelang hun plaats in de uit zeshoeken opgebouwde constructie werden dunne of dikke stengels verwerkt. De verbindingen worden voornamelijk gevormd door windsels van buigzame bamboeschillen. In het bamboekasteel vind je o.m. een spiegellabyrint, een spijkertafel, een reuzen gong en een speciaal type windmolens, de Savoniusrotoren.

ILLUSIES

Perspectivische illusie met kubussen

188

Perspektivische Illusion mit Würfeln
 Perspective illusion with cubes
 Illusion perspective avec cubes

Met één oog kijkend vanuit een gemarkeerd punt, lijken de los opgestelde rijen kubussen op één vlak te liggen. Als iemand tussen de blokkenrijen doorloopt, krijg je een verrassend effect.



Harmonograaf 183

Harmonograph
 Harmonographe

Wanneer de grote slingertafel meerdere keren in verschillende richting in beweging wordt gebracht en de kleur van de stift daarbij wordt verwisseld, ontstaan schitterende geometrische tekeningen.

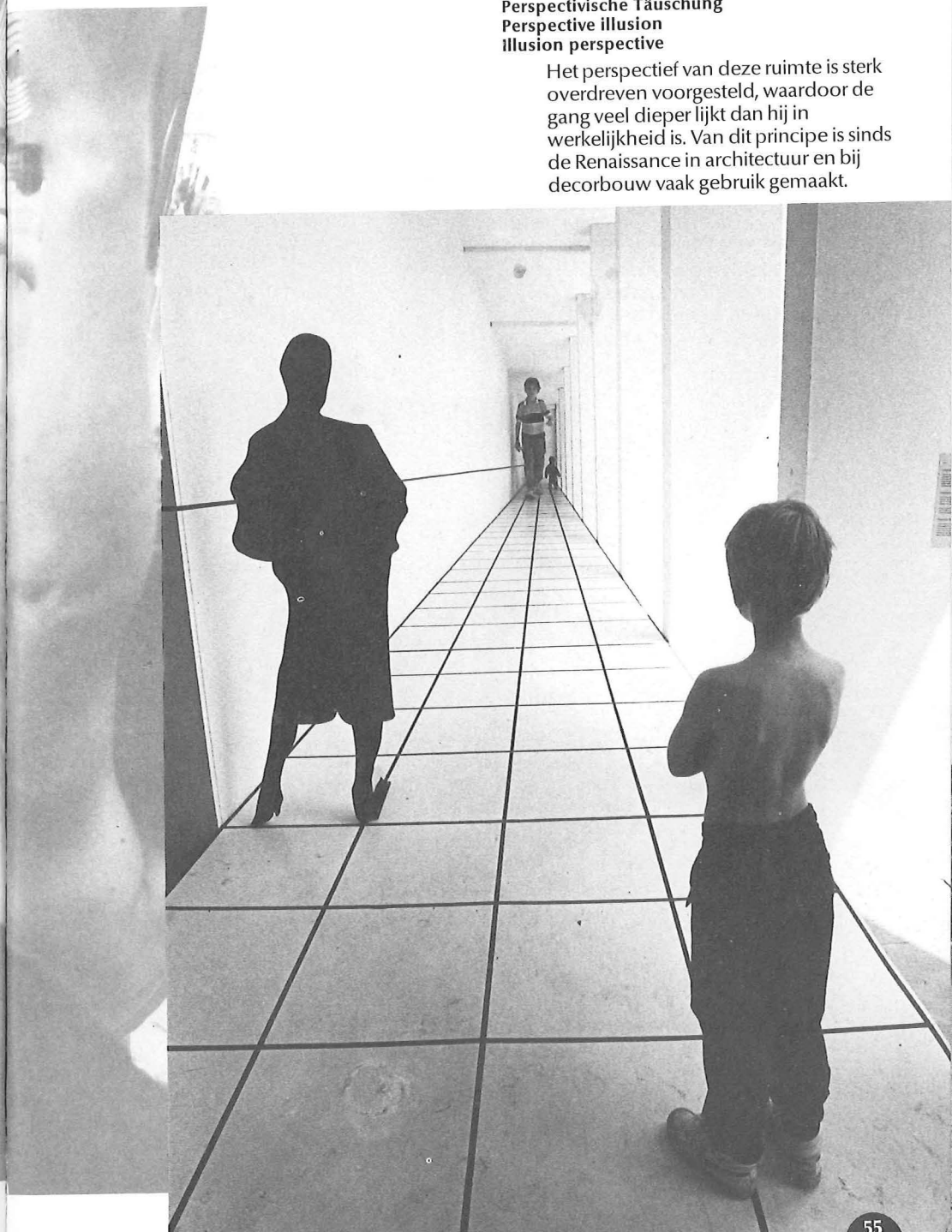
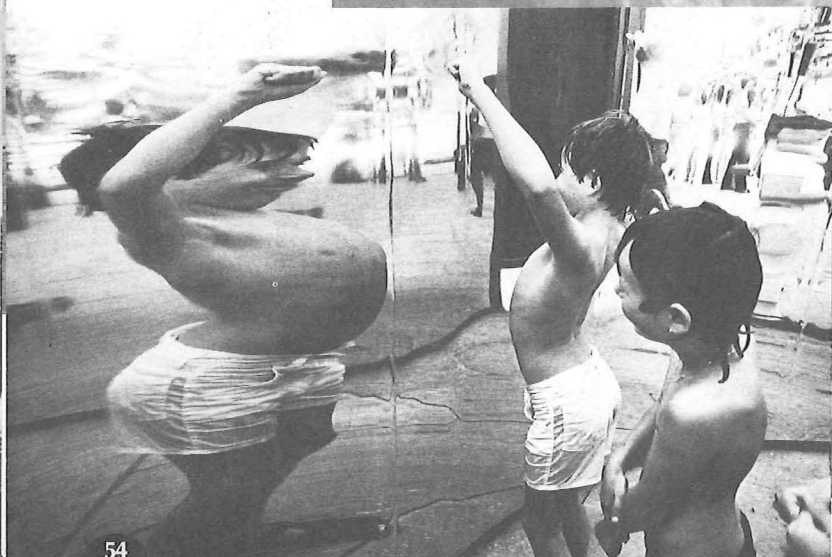
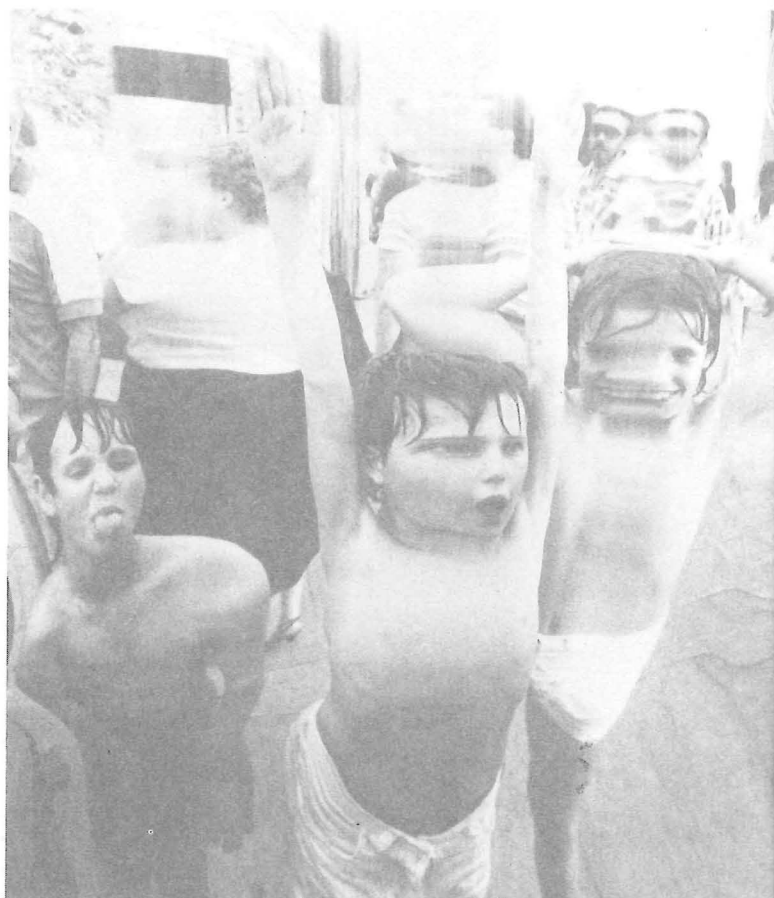


Fietsen op het slappe koord 248

Fahrrad auf dem Hochseil
 Bicycle on a tightrope
 Bicyclette sur un câble suspendu

De fiets is aan de onderkant voorzien van een contra-gewicht, waardoor het zwaartepunt ver onder de fiets (en z'n berijder) ligt. Gevaarlijk scheefhangen is daardoor vrijwel uitgesloten.

Lachspiegels 184
Zerspiegel
Distorting mirrors
Miroir déformant



Perspectivisch bedrog 182

Perspectivische Täuschung
Perspective illusion
illusion perspective

Het perspectief van deze ruimte is sterk overdreven voorgesteld, waardoor de gang veel dieper lijkt dan hij in werkelijkheid is. Van dit principe is sinds de Renaissance in architectuur en bij decorbouw vaak gebruik gemaakt.

Roterende spiraal 185

Rotierende Spirale
Rotating spiral
Spirale rotative

Wanneer je ± 30 sec naar de draaiende schijf kijkt en vervolgens je blik op je directe omgeving (bijv. een boom) richt, krijg je de indruk dat deze sterk opzwellt.

**Roterende sikkels 186**

Rotierende Sichelformen
Rotating sockle forms
Disque tournant en forme de faucille

Bij langzame rotatie verbinden de grote sikkels zich ogenschijnlijk tot een kegel, de kleine vormen samen een trechter. Sommige partijen lijken geheel onafhankelijk te bewegen.

**Speel-olifanten met springobjecten**

218

Spiel-Elefanten mit Springobjekte
Play-elephant
Éléphant ludique





Reuzeturners 219

Riesenturner
Giant gymnasts
Gymnastes géants

Licht kun je niet zien 167

Licht sieht man nicht
Nobody sees light
On ne voit pas la lumière

Licht zelf is onzichtbaar; wat wij zien zijn door licht beschenen voorwerpen die het licht naar ons oog weerkaatsen. Een diaprojector heeft dan ook een scherm (muur of wat dan ook) nodig om z'n dia's te kunnen laten zien. Dat scherm kan ook bestaan uit een snel bewegende stok.



Objectenlijst

INTRODUCTIE (blz 2)

WATER

Bal op waterstraal 28 (blz 17)
Cartesiaanse duiker 192
Draaikolk met stuwschroef 25
Draaikolkcilinder met toe- en afvoer 24
Drukkolommen 4
Druppelbeeldmethode (Schwenk) 194
Egyptisch wateruurwerk 20
Gelijkvormige drijflichamen 1
Golfkanaal 12
Grote zandlaagplaqueette 193
Hydraulische ram 31
Hydrostatische paradox 30 (blz 11)
Interne golven 17 (blz 13)
Kunstmatig opgewekte zwaartekracht 29
Licht maakt warmte zichtbaar 9 (blz 14)
Lichtgeleidende waterstraal 11 (blz 14)
Muzikale waterstraal 8
Ronddraaiende cilinder 26
Stromingsbassins 2 (blz 18)
Taylor-wervel 15 (blz 13)
Vloeistofslinger 18
Watercomputer 5
Waterkoepel (model) 21 (blz 15)
Waterparabool 27 (blz 16)
Waterschijf 7 (blz 16)
Waterstraal als klankgeleider 16 (blz 12)
Wervelcascade 10
Wervelbassins 3
Ijs smelt onder druk 22
Zandduinenkanaal 23
Zandlaagplaqueettes 13 (blz 18)

MECHANICA

Centrifuge die de zwaartekracht opheft 56
Draaischijf 51 (blz 19)
Draaistoel 50
Een eigenaardige weegschaal 54
Fietsen op het slappe koord 248
Fontein op zonne-energie 46
Hangende geleider in magneetveld 37
Hangende trechter met draaiende schijven 205
Huppelslinger 34
Induktie in het magnetische veld van de aarde 57
Kanonwagen 196
Kooi met magneetslinger 236 (blz 21)
De kortste weg is niet de snelste 42
Maanwand 55 (blz 23)
Magneetspeltafel 238 (blz 20)
Mechanisch golfmodel 249 (blz 33)
Omhoogrollende dubbele kegel 119
Planetenweegschalen 53
Resonantieslinger 52 (blz 20)
Rolproeven op een hellend vlak 45
Slinger van Foucault 33 (blz 45)
Slinger van Galileï 35
Slinger van Rott 32
Straalwagen 36
Terugstootwagen met kegelballen 41 (blz 21)

Terugstootwagen met pendelende kogel 253 (blz 22)
De tol 48
Val in het luchtledige 195
Vliegwielen van Maxwell 49
Warmtegeleiding met zonnecollectoren 44
Wervelstroomrem 39
Wervelwindtrommel 245
Zonnecollector in/uit brandpunt 43

LUCHT

Bal in luchtstroom 60
Bernoulli experimenten 62
Door warmte geluid producerende luchtkolom 59
Door warmte in trilling gebrachte waterkolom 58
Draagvleugel in luchtstroom 62.4 (blz 24)
Flettner rotor 62.6
Meting van de opwaartse druk op een draagvleugel 62.5 (blz 24)
Papierstroken in luchtstroom 62.1
Schijf in luchtstroom 62.2
Snoer in luchtstroom 61 (blz 25)
Symmetrische doorsnede in luchtstroom 62.3

KLANK EN GELUID/HARMONIEK/ KYMATIEK

Bel in het luchtledige 93
Ch'in (Chinees snaarinstrument) 85
Chinese tempelklok 88
Elektrisch opgeroepen klankbeelden 76
Gatensirene 78
Geluidsarme ruimte 74
Harmonische wetten in de architectuur 82
Hoor de klok tikken 75
Intervallen horen en zien (Lissajous-figuren) 90
Klankfiguren volgens Chladni 77 (blz 27)
Klinkend Lambdoma 87 (blz 29)
Logaritmisch Lambdoma 89 (blz 28)
Polychord met negen snaren 83 (blz 29)
Resonantie/zweving 273
Resonatoren van Helmholtz 86
Stroboscopische projectie van trillende snaar 92
Synograaf (Lissajous-figuren) 91/267
Tonoscoop 242 (blz 26)
Trilstaven 79
Vrijhangende snaar 241
Waterstofspectrum 81
Wolfsklauwen op een trillend membraan 270

MATHEMATIEK

Amerikaanse timmermansknop 116
Archimedische lichamen 108
Chronogeometrische fenomenen 112
Diagrammen van complexe functies 80
Dubbele helix 123
Europese timmermansknop 115
Gelijkvlakkige veelhoeken

(polygonen) 121 (blz 32)
Kettinglijnbog 104
Kinetische ster 102
Kubusgordelketting 197
Magisch kwadraat 198
Mechanisch kubusgordelmodel 203
Minimumoppervlaktenspanning 101 (blz 40)
Mobiele octaëder 113
Oloëde 25.4 (blz 33)
Omstulpbare kubusgordel 111
De oplossing van het onoplosbare 95/96/97
Polyeder van Hill 210
Raatconstructies volgens Kemper 117
Sferische driehoek 105
Spiegelkoepel 106
Stelling van Pythagoras 122
Turbula 209
Veelvlakken met hetzelfde volume (Soma-kubus) 118
Vergelijking van drie volumes 114
Vijf-maal-twaalfvlak 109
Waarschijnlijkheidsspel met het getal Pi 103 (blz 31)
Wankelpolyeders 110
Yoshimoto-narallellogram 120
Yoshimoto-kubus 255 (blz 30)
Zwevende buizen 124

LICHT/KLEUR/OPTICA

Additieve kleurmenging 169
Aquarium met zwart-wit modellen 201
Bewegende hoekspiegel 135
Bewegende lachspiegel 140
Camera obscura 148
Draaiende kleurschijven volgens Weber 162
Driedimensionale schaduwbeelden 172
Drievoudige spiegel 130 (blz 37)
Dubbelbeelden 147
Eigenzinnige spiegel 138
Experiment met afbeeldingsschaal 158
Experiment met holle spiegel 143
Experiment met zonlicht 150
Experimenteertafel met laserstraal 155
Experimenteertafel voor spiegeloptiek 152
Experimenteertafel voor dieptescherpte 160
Fresnel-lens 142 (blz 35)
Gekleurde schaduwen 171
Handschrift zonder orde 166
Hoekglas 178
Holle en bolle spiegel 134
Interferentiekleuren bij een zeepvlies 156
Je gelooft je ogen niet 139
Je staat op je kop 125
Kleurontleding van wit licht 154
Kubusspiegel 131
Lachspiegels 144/145
Lamellenspiegel voor lichtgeleiding 151
Licht kun je niet zien 167 (blz 59)
Miniatuurtheater 202

Moirée-beelden 207 (blz 42)
Morgenrood en hemelblauw 176
Omkeerbril 175
Optische opheffing 174
Perspectief met bewegend verdwijnpunt 265
Portretcamera 200
Prismabriden 136
Reuzenkaleidoscoop 137
Ruimtebeeldscherm 173 (blz 40)
Ruimtelijk optisch bedrog met twee maskers 146 (blz 41)
Schaduwbeelden 141 (blz 39)
Spanningsoptische experimenten 163
Spelen met zonlicht 127
Spiegel of raam 168
Een spiegel gaat door het oneindige 161
Spiegelbeelden zonder einde 133 (blz 34)
Staande kaleidoscoop 129
Subtraktieve kleurmenging 170
Symmetriespiegel 132 (blz 43)
Totale reflectie met laserstraal 157
Twaalfdelige kleurschijf 177
Twaalfvoudige spiegel 128 (blz 36)
Verandering van het irisdiagram van het oog 159
Waterprisma 164
Zo kijkt de wereld naar je 126

BAMBOEKASTEEL (blz 50)

Grote gong 257
Savoniusrotoren 251
Spiegellabyrint 269
Spijkertafel 258
Windmolens 268

ILLUSIES

Anamorfosen 189
Bolle spiegelwand 191
Fietsen op het slappe koord 248 (blz 53)
Harmonograaf 183
Holle spiegelwand 190
Kaleidoscopische waarnemingen 259
Lachspiegels 184 (blz 54)
Levensrad (stroboscoop) 264
Optisch bedrog 240
Perspectiefisch bedrog 182 (blz 55)
Perspectivische illusie met kubus 188 (blz 52)
Perspectivische illusie met leunstoel 187
Roterende afgeronde vierkanten 260
Roterende kleurschijf 261
Roterende sikkels 186 (blz 56)
Roterende spiraal 185 (blz 56)
Stereoscopie 179
Wonderschijf (Traumatroop) 263
Wondertrommel 181

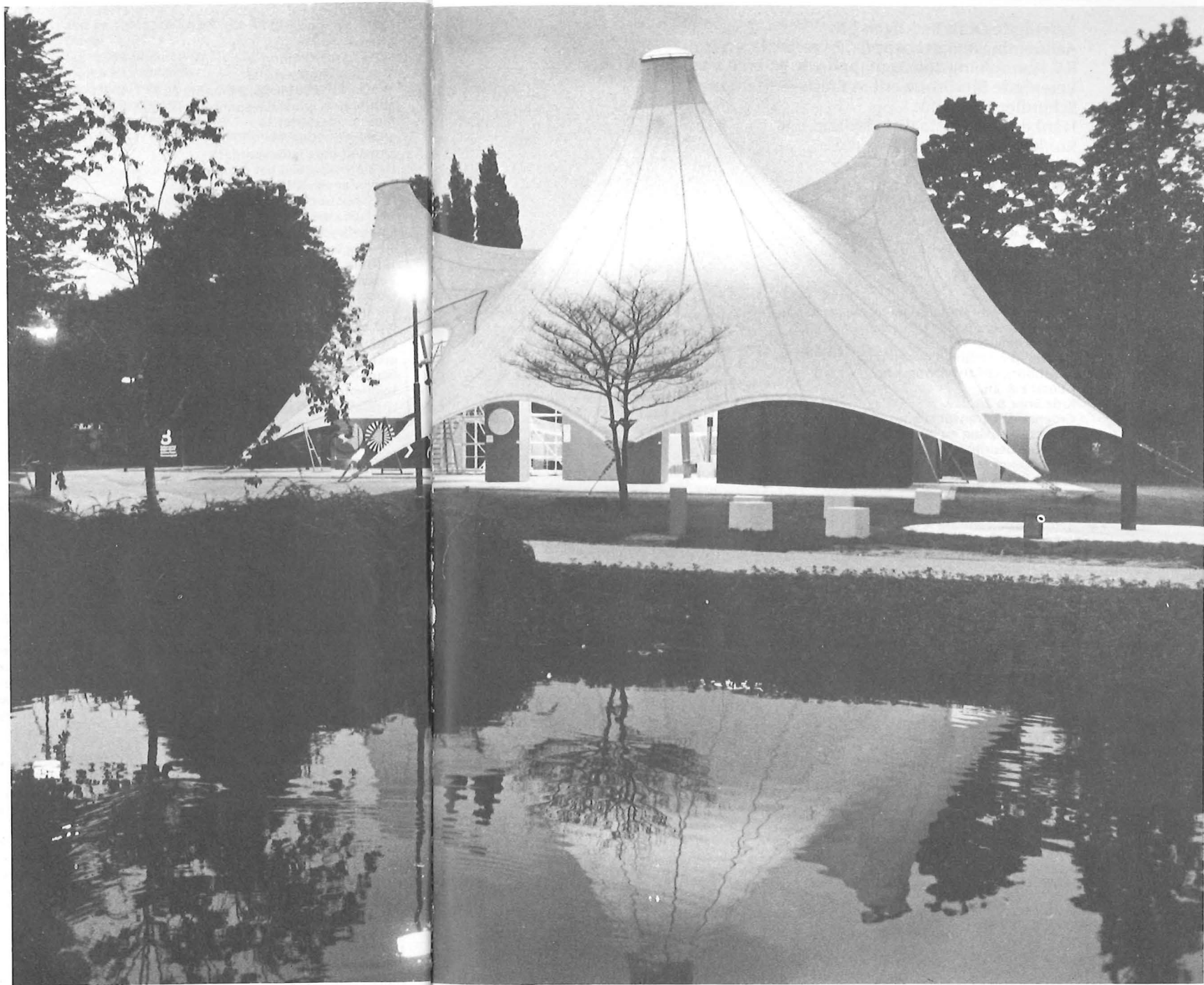
VRIJSTAANDE OBJECTEN

Cosmobiel 252
Echopijp 228

Geluidsspiegels 229 (blz 30)
Hangbrug 227
Huppelplaten 278
Impulsschommels 230
Klankgang 223
Klankkring 277
Kogelbron 231 (blz 10)
Oeverklavier 234 (blz 49)
Reuzenturners 219 (blz 58)
Schuifbouwstelling
Speelolifanten 218 (blz 57)
Spiegelsculptuur 217 (blz 44)
Stammenlabyrint 226
Waterdrukzuil 235
Waterkoepel 233
Waterzuiveringssystemen 275
Zwaartekrachtlift 244 (blz 46)

WEERSTATION

Registratiekast
Stralingsmeter
Thermometerhut
Windmeter



HOOFDSPONSORS

Verenigde Dura Bedrijven b.v.
Aannemingsmaatschappij J.P. van Eesteren b.v.
B.V. Aannemingsmaatschappij v.h. H. en P. Voormolen b.v.
Verenigde Bierbrouwerijen Breda-Rotterdam b.v.
Schindler Liften b.v.
Franke Roestvrijstaal Nederland b.v.
Koninklijke Volker Stevin n.v.
Handelsveem B.V. C. Steinweg
Randstad Uitzendbureau

OVERIGE SPONSORS

Bredase Beton- en Aannemingsmaatschappij
Heras Hekwerk b.v.
Gebr. Koudijs b.v.
Koninklijke Nedlloyd Groep n.v.
Endenburg Elektrotechniek b.v.
J. Cossee & Zn.
K. de Boer & Zn. b.v.
Groenendijk Transport b.v.
Perfect Bewaking en Beveiliging b.v.
Schildersbedrijf A. Groenenboom b.v.
Hudig-Langeveldt Groep b.v.
Breur's IJzerhandel Zaagmolendrift b.v.
Vervat Rotterdam MNO
A. H. Breijs & Zn. b.v.
Betonmortelcentrale A. de Boo b.v.
A. S. van Leeuwen b.v.
BOKO Dakbedekkers b.v.
Voorbij's Beton
VVS Bouwbedrijf
Abraham van Stolk czn.
Warmtetechnisch Bureau Schilperoort b.v.
Hogenboom's Aannemingsbedrijf b.v.
Layher Holland b.v.
Post Stalen Steiger b.v.
Anker Data System b.v.
Amro Bank Rotterdam
Kon. Ned. Meteorologisch Instituut
Vroom en Dreesmann Rotterdam n.v.
Esbi b.v. Reclameborden
Wang Nederland b.v.
Van Schijndels Bedrijven b.v.
Multicare Rotterdam
Fa. Groenendijk
Moret & Limperg
Damco Transport
Glashandel De Maas b.v.

RABO Bank Nederland b.v.
Van Nelle b.v.
NMB Bank
Bouw- en aannemingsbedrijf Van Omme en De Groot b.v.
Van Hattum en Blankevoort
Den Hollander's Aannemingsbedrijf b.v.
Hei- en Bouwbedrijf GEKA
Bik Bouwproducten Opmeer b.v.
BUWA bedrijfsdiensten b.v.
Delta Kranen b.v.
Firma Hordijk
Tapijtfabriek H. Desseaux n.v.
Van Leeuwen jr.'s Buisenhandel b.v.
Van Eijk Aannemingsbedrijf b.v.
ROTEB
Gemeentewerken
Gemeente Energiebedrijf
Drinkwaterleiding
Rode Kruis Nederland, afd. Rotterdam
Copijn Groenadviseurs b.v.
Instituut voor Toegepast Wateronderzoek
Speciaaldrukkerij Europrint
Spereco Holland b.v.
Atelier Leo Mineur b.v.
Aad v. d. Laan Projekt b.v.
Verenigde Spaarbank
ABN-Bank
Ruys & Co
Edding Viltstiften (Dorco b.v.)
General Motors Nederland b.v./Opel
't Boerderijtje b.v.
Solide Brandbeveiliging
Bouwbedrijf H. v. d. Sluis
KSB Nederland b.v.
Eekels Pompen
Bredero Bouw b.v.

HOI

OV

TEKST

Eymert van Manen
Jeroen Grosfeld

FOTOGRAFIE

Robert de Hartogh
Eduard Widmer (object nr. 7 en 167)
Arno Bauman (object nr. 33)

VORMGEVING

Studio Bauman, Rotterdam

DRUK

Brouwer Offset, Delft

UITGAVE

Stichting Fenomena
Baden Powelllaan 12
3016 GJ Rotterdam
Telefoon (010) 36 05 25 / 36 08 85

