



Phyllotactische
schoonheid

Frank van der Linden
2015 PhaseLab.nl

Phyllotactische schoonheid

verantwoording

0	geometrie in planten	5
1	groene plant	11
2	bloeiende plant	15
3	singuliere bloem	19
4	diagrammen	23
5	van bloem naar composiet	27
6	composiet	31
7	kegels en cilinders	35
8	los	39

bronnen en toelichtingen

verantwoording

Phyllotaxis is, bij planten,
de positionering van organen om een groene of bloeiende kern.
Voorbeelden zijn de ordening van bladeren langs een stengel,
van schubben van een sparappel en van pitten op een bloemhoofd.

Dit werk is
geen verzameling nagebootste bloemen, geen poging tot imitatie,
wel presentatie van een mechanisme voor patronen (niet vormen),
wel een aanzet tot de gerieflijkheid van herkenning.

Het doel is voor de lezer
de aard van phyllotactische patronen dichtbij te brengen en
inspiratie te wekken om zelf door te gaan
met het toepassen en ontwikkelen van zulke patronen.

Zo onderscheid ik verschillende niveaus:
0 bij boswandeling, herkennen van phyllotactische patronen,
1 de patronen kunnen verklaren met het mechanisme en
∞ besturen van de generator en eraan ontwikkelen.

Frank van der Linden
Eindhoven, zomer 2015

0 geometrie in planten

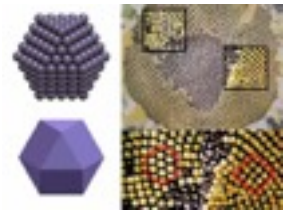
Als mensen herkennen wij levende natuur. Daar onderscheiden we zelfstandige en afhankelijke wezens, dieren en planten, mobiel en sessiel. Een verschil tussen mobiele dieren en sessiele planten is de individuele keus om te blijven of te gaan.





Planten zijn willoos. Dat is in rijm met plaatsgebonden zijn. Het is geen probleem, er is zelfs iets zuivers aan. De expressie van een plant en een bloem is, voor zover het om natuurlijke ontwikkeling gaat, niet het gevolg van scheppingsdrang, vormwil, smaak, voorkeur, of mode.

Karl Blossfeldt
1928



Plantensoorten gedijen in verschillende omgevingen. Het kan gaan om vaag omrande niches, maar ook om unieke afhankelijkheden. Zo zijn bepaalde orchideeën afhankelijk van bepaalde vlinders. Hoe een plant zich ontwikkelt en manifesteert wordt geregeld en gekopieerd door eiwitmoleculen in celkernen. Volgens de evolutieleer optimaliseert een levend organisme zich in de eigen omgeving. Je zou kunnen zeggen dat een plant een zekere reflectie van de omgeving is.

Charles Darwin
1859



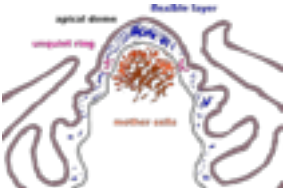
Erfelijke eigenschappen zijn gecodeerd en soortgebonden. Soorten hebben onderling grote stukken DNA gemeen. Wat voor veel soorten overeen komt zijn zekere plaatsingen van uitsteeksels zoals blaadjes, vertakkingen, pitten en schubben. Phyllotaxis is eerder gebaseerd op fysische wetten dan op differentiatie. Het blijkt vaak niet nodig te zijn om de patroonvorming in erfelijk materiaal op te slaan.

James Watson
Francis Crick
1953



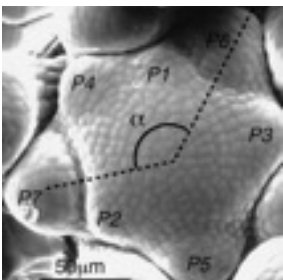
Fysische wetten kun je vertalen naar geometrische regels. Als je aardappeltjes in een pan schudt schikken die zich ogenblikkelijk in een patroon. Gelijke aardappeltjes resulteren vaak in een zeshoeksraster. Er zijn veel voorbeelden van closepackings. Ze ontstaan vaak zo snel dat we het niet eens vaststellen en het volkomen vanzelfsprekend vinden.

Robert Williams
1972



In de top van een plantenstengel liggen moedercellen met er omheen een actieve ring. Terwijl die zich steeds vernieuwt ontstaan daar gestaag nieuwe primordia. De stengel onder de ring groeit in lengte en dikte, maar de onderlinge posities van primordia veranderen niet. Buren blijven buren en er ontstaat hoeguit wat rek of vervorming, zoals bij een ballon.

Roger Buvat
1955



De getallen en geometrie in de figuur rechts zijn niet soortgebonden. Blaadjes zijn genummerd volgens hun ontstaan. Buurblaadjes verschillen volgens een term uit de reeks (1,) 1, 2, 3, 5, 8, 13, ..., zoals 5 het verschil is tussen 14 en 9. Er zijn 5 spiralen zoals 14, 9, 4 tegen de wijzers van de klok in (en $14-9=5$, $9-4=5$) en 3 zoals 14, 11, 8, 5 met de wijzers mee. Deze regelmaat begint direct vanaf de zaadlobben. De hoek tussen twee opeenvolgende blaadjes wordt ongeveer $137,5^\circ$. De verhouding tot de resthoek van 360° neigt, net zoals de verhouding tussen twee buurnummers, naar de Gulden Snede. In de vijfster verhouden alle lijnstukken zich volgens de Gulden Snede.

Fibonacci
1202

$$137,5^\circ / 222,5^\circ = m/M = M/(m+M)$$

Edouard Lucas
1857

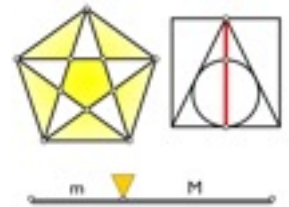
De belangrijkste afwijkingen van de Fibonaccireeks zijn de Fibonacci-dubbelreeks (2, 2, 4, 6, 10, 16, ...) en de Lucasreeks (1, 3, 4, 7, 11, 18, ...).

De verspreide (Fibonacci-) bladstand komt veel voor. Maar bladeren zitten ook vaak tegenoverstaand, verspringend, kruislings of in kransen aan de stengel. Dat is het gevolg van een mechanisme dat is te vergelijken met het stapelen van halve bollen op een cilindermantel. Als de bolstralen gelijk zijn aan de cilinderstraal, dan kunnen er steeds twee bollen op gelijke hoogte. De paren verdraaien steeds 90° . Brandnetel heeft deze bladstand. Als de bollen groter zijn, dan kan er steeds maar een bol op een hoogte. Het hangt van de grootteverhouding af, hoe de bladstand is.

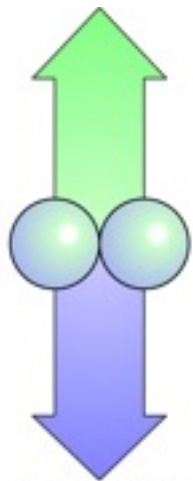
Als de bollen relatief (ten opzichte van de cilinder) kleiner worden zullen er meer en meer rond de omtrek passen. Bepaalde verhoudingen leiden daarbij tot kransen. Drie bollen die precies in een omtrek passen vormen een krans en het trio erboven past er 60° verdraaid precies op.

Cilinder en bol, stengel en blad. Er is geen scherpe scheidslijn tussen stengel en blad. De natuur spot bij elke poging tot zuiverheid in rubriceren. Ook hierdoor is modelleren een hachelijke bezigheid. Het streven is om verschijnselen beter te begrijpen zonder de werkelijkheid na te bootsen. In het voorafgaande is de filosofie van de *morphogenic unit* aangetipt. Het is een poging de problemen vóór te zijn door vaatsysteem, internode en blad altijd gezamenlijk te bekijken. Een *vasculair unit* is samengesteld uit een centraal spoor C en twee vertakkingen L en R. Ze bedienen de top van blad n, de linkerzijde van blad n+3 en de rechterzijde van blad n+2. Drie bladzones... een bol wordt door precies twee bollen gedragen.

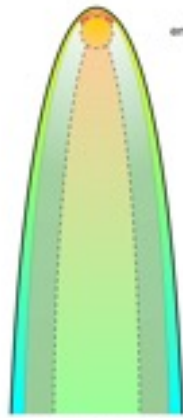
G Pieters
M van den Noord
1990



2 bloeiende plant



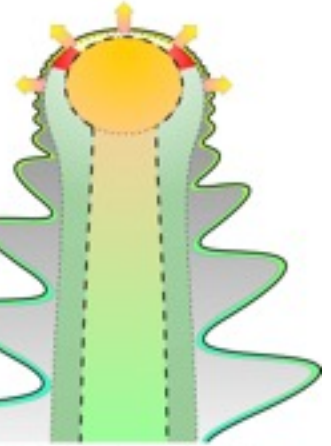
zadlobben, stengel en wortel



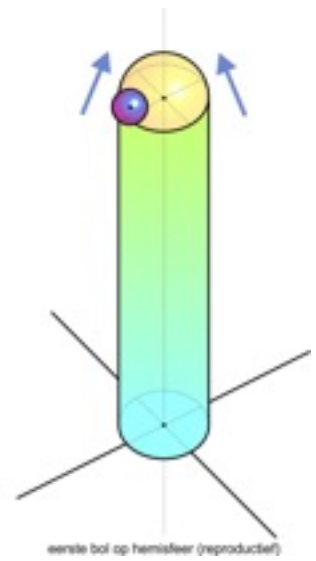
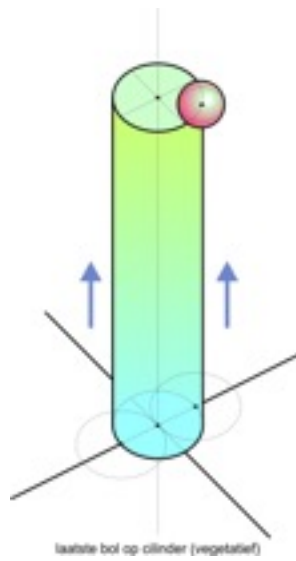
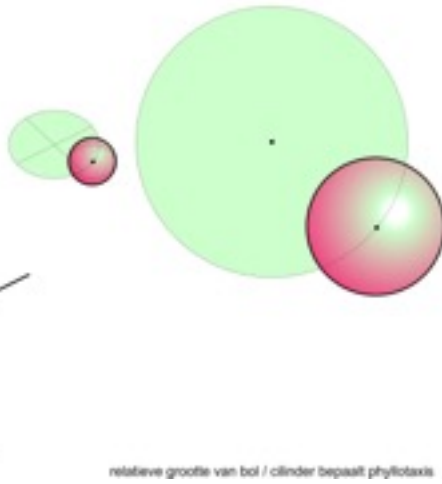
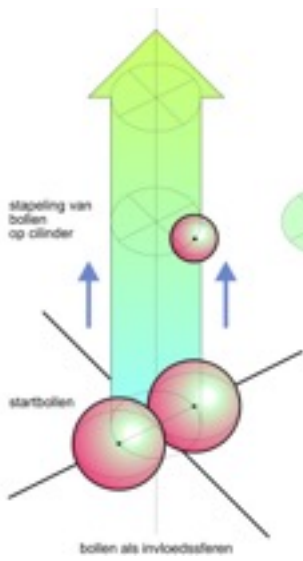
stengel met plastische en stare delen



vegetatief stadium, met verlenging van de stengel



generatief stadium, met expandende apex



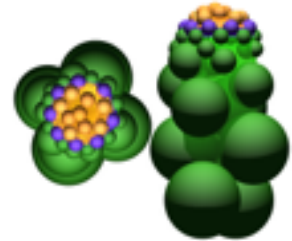
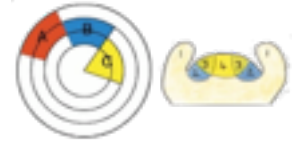
3 swinguliere bloem

Enrico Coen
Elliot Meyerowitz
1991

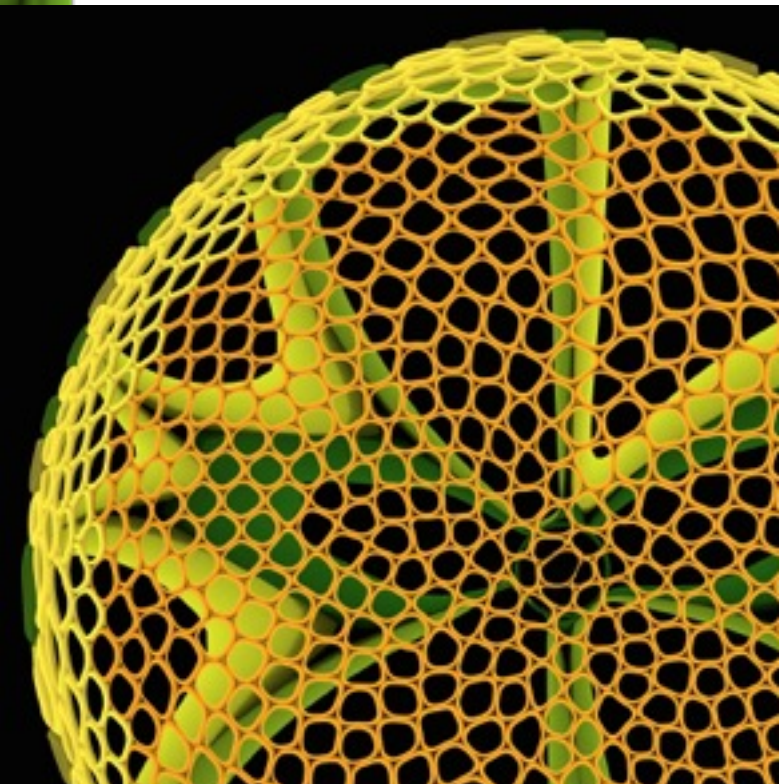
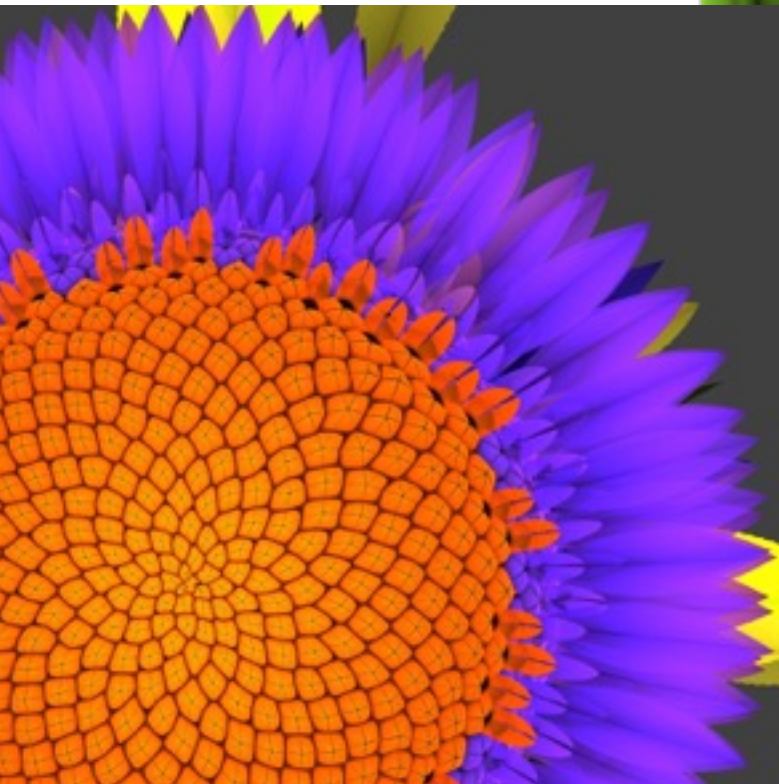
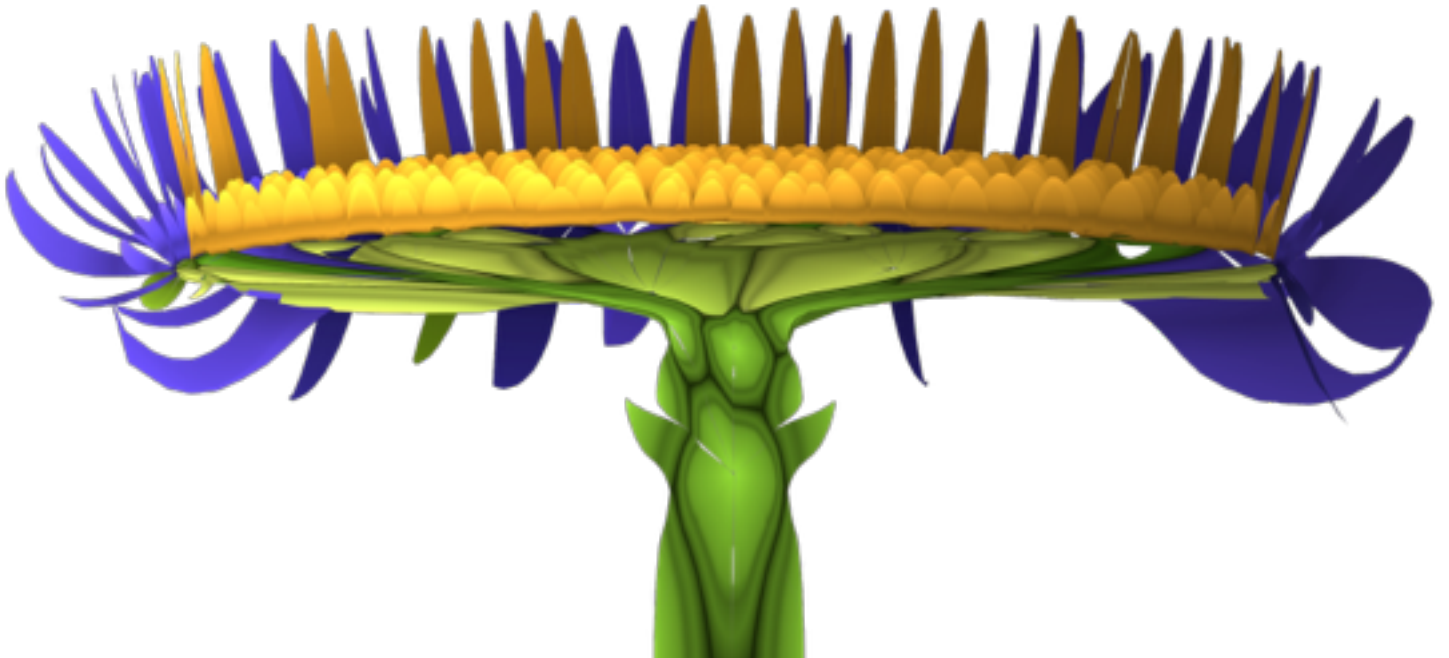
In het Stapel-en-Trekmodel is de stengel cilindrisch en begint de top met een hemisfeer. Aanvankelijk ontstaan primordia in een vage ring, die de stengeltop volgt. Daarna stulpen bloemdelen op voorspelbare plaatsen uit, in scherpere ringen. De ringen zijn bepalend voor de latere vorm, kleur en functie van de bloemdelen. Bloemen zijn concentrisch van opbouw.

Het model construeert bollen één voor één. Maar primordia die een stengel omhullen kunnen worden gesimuleerd door bollenparen. En het model sluit niet uit dat primordia die op dezelfde hoogte blijken te komen gelijktijdig ontstaan. Andersom, specifieke informatie zal overerfbaar worden, zoals gordelvorming als een entiteit.

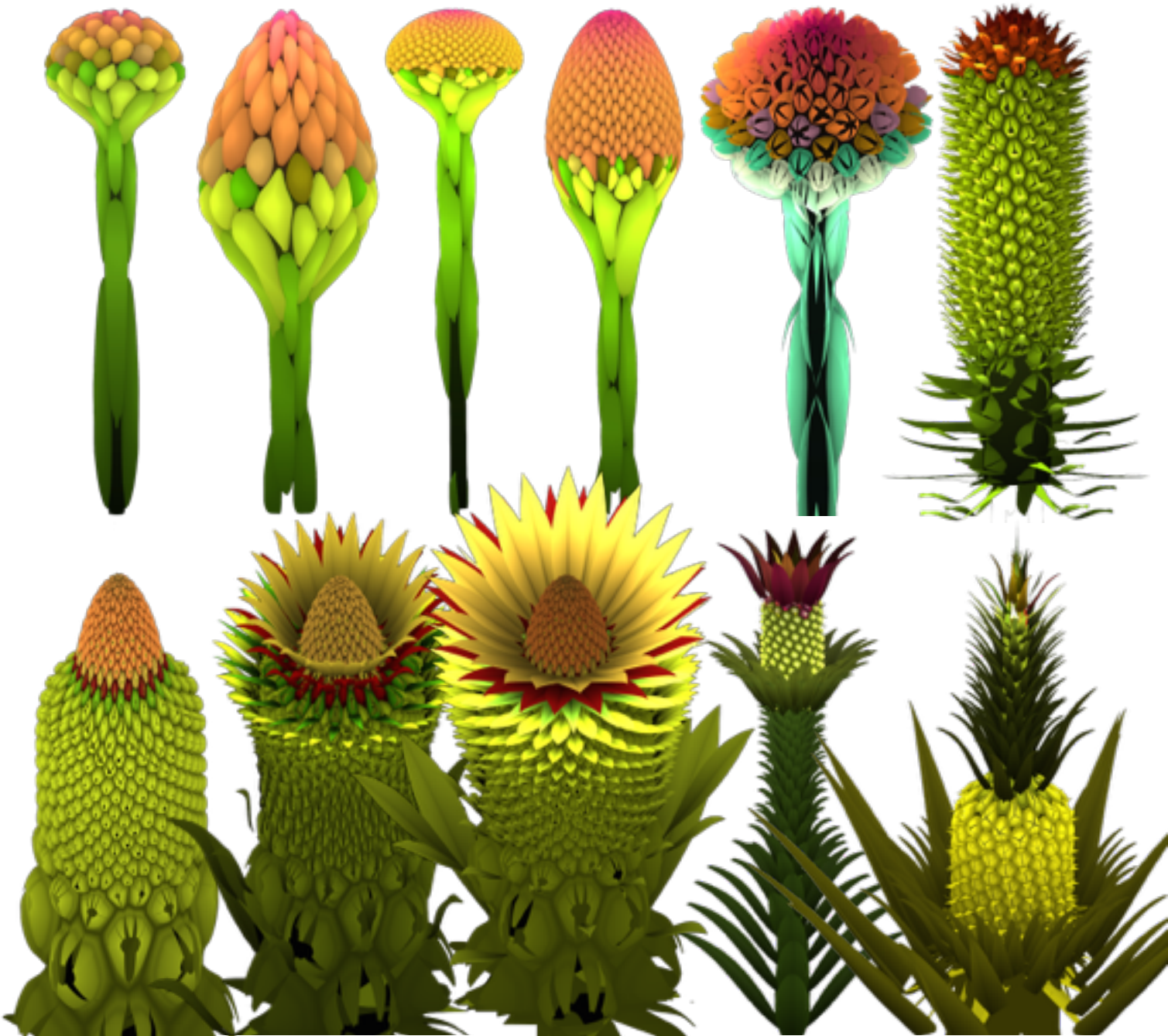
Als een apex van vorm verandert voordat er primordia ontstaan, dan verloopt het ordeningsproces heel anders dan eenvoudig stapelen op een halve bol. In de groene natuur wordt uitbundig gekneed aan nog kale stengeltoppen en later aan bloemdelen, maar nu beperken we ons tot de relatief eenvoudige patroonvorming. Daarom hier geen orchideeën, geen gladiolen, geen leeuwenbekjes.



6 composiet



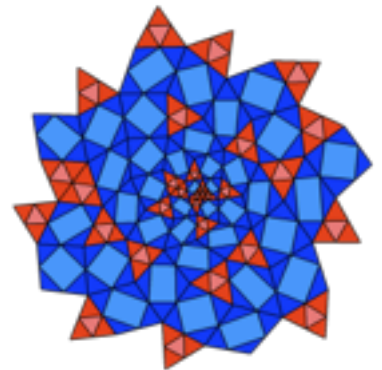
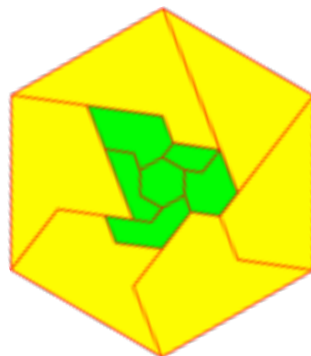
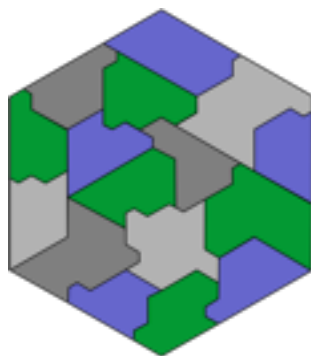
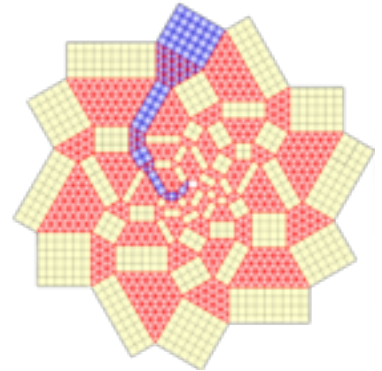
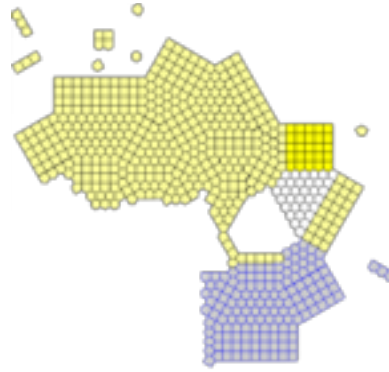
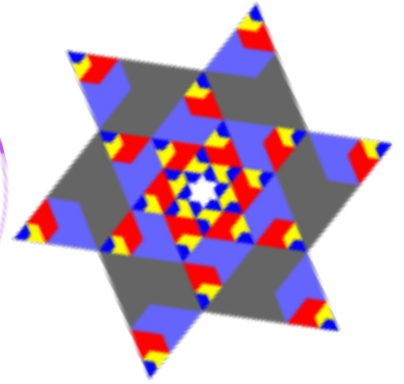
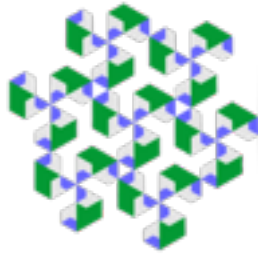
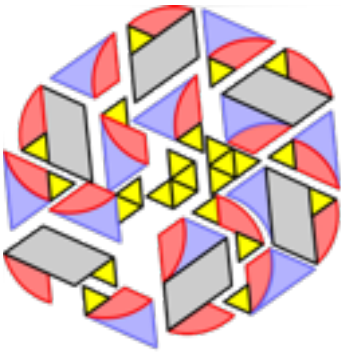
7 kegels en cilinders



8 los

Planten zijn als een expressie van een biotoop. Het modelleren van groene patronen binnen beperkingen vergroot ons inzicht. Maar we kunnen buiten de grenzen treden van groei en voeding, van tijd en zwaartekracht. We kunnen onbeperkt beelden maken. En spelen.





Wat betekenen natuurlijke of wiskundige maatverhoudingen voor de architectuur? Oude Egyptenaren gebruikten π (omtrek van een cirkel met middellijn 1) en in Griekse tempels zijn $\sqrt{2}$ (diagonaal van vierkant met zijde 1) en $\sqrt{3}$ (diagonaal in kubus met ribbe 1) te onderscheiden. Terwijl Euclides de *Gulden Snede* (tweedeling in verhouding van het grootste deel tot het geheel) beschreef, werd deze pas in de Renaissance aangewend in de kunsten en in de 19de eeuw in gevelarchitectuur. Het maatsysteem *Modulor* is gebaseerd op de Fibonaccireeks en kan worden ingezet bij ergonomisch ontwerpen. Het *Plastisch Getal* is bedoeld voor optimaliseren van ruimtelijke verhoudingen. De *geodetische koepel* is geïnspireerd door orde in de dode natuur. Van het vijfde Platonische lichaam worden de vlakken steeds verder verdeeld en de hoekpunten naar de omgeschreven bol verlegd.

JJ. de Jong
1989

Le Corbusier
1955

Dom van der Laan
1967

Richard
Buckminster Fuller
1954

Frank van der
Linden
1994

Justin van der
Eerden
2013

Wat betekent phyllotaxis voor architectuur? Phyllotaxis is patroonvorming die aan de oppervlakte van het plantenlichaam wordt ingezet. Planten ontleen er geen voordeel aan voor stabiliteit of stijfheid. Wel bij groei, voor closepacking en voor spreiding. Waarom komen phyllotactische patronen in aanmerking voor domeconstructies?

Uitgangspunt is het Stapel-en-Trekmodel. Met het daar geïntroduceerde algoritme kunnen ruimtelijk gekromde oppervlakken worden bekleed. De configuraties die dan ontstaan zijn vergeleken met geodetische domes en kunnen voldoen aan actuele constructieve eisen.

Er zijn drie onderscheidende eigenschappen van phyllotactische domes:

- 1 Phyllotactische patronen bestaan in (vegetatieve) ruimtelijke spiralen, (reproductieve) concentrische ringen, of in een samengaan van de twee. Er is dus een gemengde topologie.
- 2 Alle elementen zijn opgenomen in een vaatbundelsysteem voor aan- en afvoer van vloeistoffen en gassen.
- 3 Bij grote aantallen elementen ontstaan er zones met closepacking van zeshoeken of vierkanten.

Dankzij de eerste eigenschap hebben phyllotactische domes met canalïsatie een duidelijk centrische top met ringen die spatkrachten kunnen neutraliseren. Toch hebben zij geen radiaalpatroon dat zou leiden tot verlopende maatvoering van elementen. Dat is te danken aan het vanaf de basis elkaar opvolgen van ringen met spiralen in afnemende aantallen.

De tweede eigenschap wijst de weg naar originele systemen voor energieopvang, afwatering en ventilatie.

De derde eigenschap betekent, dat kleinere eenheden deel kunnen uitmaken van grotere, eventueel vlakke bouwelementen.

