

# Spiralen in de paleontologie

door Noel Delanghe

noel.delanghe@telenet.be

## Woord vooraf

De Belgische vereniging HONA vzw (afkorting van Homo et Natura, [www.hona.be](http://www.hona.be)) heeft een brede belangstelling: mineralen en fossielen, planten en dieren, archeologie... De aandacht gaat daarbij ook uit naar de wisselwerking en samenhang tussen al deze domeinen, aandacht die tot uiting komt in excursies, lezingen en artikelen in het HONA-tijdschrift. Als voorbeeld daarvan wijdde ons tijdschrift eind 2020 een themanummer aan spiralen. Daarin kwamen aan bod: spiralen bij planten en dieren, in de kosmos en in ons DNA, in archeologie en weersverschijnselen, en ook bij fossielen en mineralen. Fossielen en mineralen zijn ook de interessegebieden van GEA en daarom vinden wij het fijn dat deze artikelen ook in Gea verschijnen: in dit nummer het artikel over spiralen en fossielen, en in het juninummer dat over spiralen in kristallen.

Erik Vercaemmen, voorzitter HONA.

Spiralen zijn alomtegenwoordig, zowel in de ruimte als in de tijd. We vinden ze in de natuur, zowel in de fauna (bijv. een slakkenhuis) als in de flora (bijv. in de wijze waarop zonnebloempitten gerangschikt zijn). Op aarde zien we spiralen in kolkende rivieren en in weerfenomenen als wervelstormen en cyclonen. Ze komen voor in het heelal en in ons eigen melkwegstelsel, maar ook in het menselijke lichaam (in vingerafdrukken en in de structuur van ons genetisch erfgoed, het DNA). Wiskundigen hebben aan spiralen een hele klui: ze onderscheiden vele soorten spiralen die ze met wiskundige formules beschrijven. Sommige van die spiraalvormen vinden we ook terug bij fossielen.

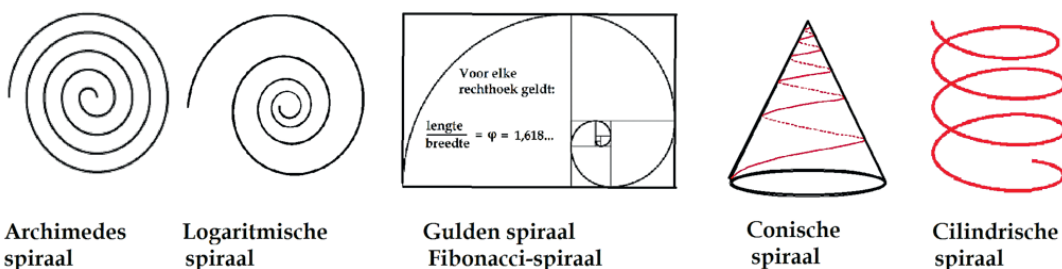
## Fossielen en spiralen

Vooraf willen we opmerken dat de geschiedenis van de aarde en van het leven grafisch vaak weergegeven wordt als een spiraal, denk maar aan de geologische tijdspiraal of aan de spiraal van het leven. De bedoeling van dit artikel is echter u te laten kennismaken met spiralen in de paleontologie, meer concreet in de levensvormen die in vroegere tijden de planeet aarde bewoonden. Als ik mijn eigen fossielencollectie bekijk, ben ik telkens weer getroffen door de enorme vormenrijkdom

van die vroeger levende wezens. Eén vorm is daarbij dominant aanwezig: de spiraalvorm.

Voor een goed begrip moeten we een onderscheid maken tussen enkele soorten spiralen. Vooreerst zijn daar drie soorten vlakke spiralen:

- De *Archimedes-spiraal*, waarbij bij elke omwenteling de afstand tot de oorsprong lineair aangroeit (zoals in de groeven van een grammofoonplaat);
- De *logaritmische spiraal*, waarbij bij elke omwenteling die afstand aangroeit met een vast getal. Dit is de spiraalvorm die in de natuur het vaakst voorkomt. Voor fossielen betekent dit een toename die evenredig is met de reeds bereikte grootte van het organisme;
- De *gulden spiraal*, ook gekend als de *Fibonacci-spiraal*, is een logaritmische spiraal die aangroeit met een factor 1,618.. (gekend als  $\phi = \text{phi} = \text{gulden snede}$ ). Die spiraal kan ingetekend worden in een rechthoek met afmetingen die beantwoorden aan de gulden snede, volgens velen de rechthoek met de esthetisch mooiste vorm (breedte 1, lengte 1,618...). Sommigen noemen dit de *Divina Proportione*, de goddelijke verhouding.



◀ Afb. 1. De verschillende spiraalvormen die we (bij benadering) bij fossielen aantreffen. Tekening: Noel Delanghe.

► Afb. 2. Ramshorens op het hoofd van de Egyptische godheid Ammon (Museo Barracco, Rome). Foto: Lalupa via Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0.



►► Afb. 3. Twee ammonieten met vlakke spiraalvorm. A. Met windingen die elkaar raken (evoluut). *Alsatites proaries*, Hettangiaan, Saubachgraben (Oostenrijk). B. Met windingen die elkaar overlappen (involuut) *Hoplites dentatus*, Albiaan, Clerey (Fr.). Collectie en foto's: Noel Delanghe.



Naast de vlakke spiralen komen in de natuur en dus ook bij fossielen, ruimtelijke spiralen (ook helix genoemd, meervoud helices) veelvuldig voor, meer bepaald de *conische spiraal* (kegelvormig) en de *cilindrische spiraal*. Al die vormen, afgebeeld in afb. 1, treffen we aan bij fossielen.

► Afb. 4. Heteromorfe ammonieten met open (logaritmische) spiraal. A. *Ancyloceras* sp., Barremiaan, Immuouzer (Marokko). B. *Aegocrioceras spathi*, Hauteriviaan, Haste (Niedersachsen, D.). C. *Allocrioceras angustum*, Turoniaan, Halle (Westfalen, D). D. *Crioceratites curnieri*, Hauteriviaan, Arpavon (Drôme, Fr.). Collectie en foto's: Noel Delanghe.



## Ammonieten

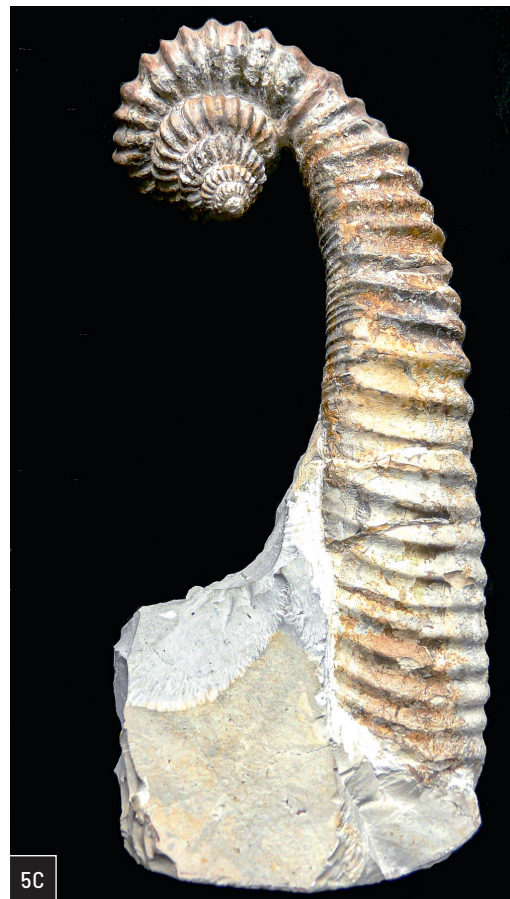
Laten we beginnen met de ammonieten, de fossiele schalen van een uitgestorven groep inktvissen. Bij amateurpaleontologen zijn dit zeer begeerde, veel verzamelde en goed gekende fossielen. De naam alleen al is merkwaardig. Eeuwenlang werden ze ammonshorens genoemd, een verwijzing naar de ramshorens die het hoofd sierden van de Egyptische godheid Ammon (in de Griekse versie: Zeus-Ammon en in de Romeinse versie: Jupiter-Ammon). Die ramshorens hebben bij benadering de vorm van een logaritmische spiraal en stonden symbool voor kracht. Afb. 2.



Ammonieten stammen waarschijnlijk af van *Bactrites*, een koppotige met een afgeronde, rechte en slanke schelp. Als gevolg van verschillende mariene milieus en afhankelijk van de diepte waarop ze leefden, ontwikkelden ze een ongeziene verscheidenheid aan vormen en afmetingen. Wereldwijd zijn er meer dan 10.000 soorten. De vlakke spiraalvorm komt daarbij het vaakst voor, soms een benadering van een Archimedes-spiraal, maar veelal een benadering van een logaritmische spiraal. De opeenvolgende windingen kunnen tegen elkaar liggen of elkaar gedeeltelijk overlappen. Men spreekt dan respectievelijk over evolute en involute ammonieten. Afb. 3A en B. De stuwende kracht achter deze evolutie naar de spiraalvorm was wellicht het voordeel van de beweeglijkheid en de manoeuvreerbaarheid.

Bij wat bekend staat als heteromorfe (ontrolde) ammonieten evolueerde de vorm naar een open logaritmische spiraal (afb. 4A t/m D) of naar een ruimtelijke conische spiraal (afb. 5A t/m C) en ook naar allerlei andere grillige en bizarre vormen.

Hoe moeten we dit toch wel merkwaardige ontwikkelingsproces nu verklaren? Die evolutie zou een typisch voorbeeld van willekeur en toeval in de evolutie kunnen zijn. Willekeurige genetische experimenten leidden tot allerlei nieuwe vormen die dan in de



◀ Afb. 5. Heteromorfe ammonieten met ruimtespiralen.

A. *Hyphantoceras reusianum*, Turoniaan, Halle (Westfalen, D.).

B. *Hyphantoceras reusianum*, Turoniaan, Halle (Westfalen, D.).

C. *Heteroceras* sp., Barremiaan, Montagne de Lure (Fr.). Collectie en foto's: Noel Delanghe.



6A

▲ Afb. 6. Recente en fossiele Nautilus.

A. Schelp van de thans nog levende *Nautilus pompilius*.

B. Fossiele Nautilus *Cenoceras striatum*, Pliensbachiaan, Fresney-le-Puceux (Fr.). C. Groeit volgens een logaritmische spiraal en niet volgens de gulden spiraal (de blauwe lijn). A en B: collectie en foto's: Noel Delanghe. C: Originele foto: Chris 73 via Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0. Bewerking: Akana Peck via [www.shallowsky.com/blog/science/fibonautilus.html](http://www.shallowsky.com/blog/science/fibonautilus.html), met toestemming.

▶▶ Afb. 8. Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur*, 1904. Pagina met foraminifera. Publiek domein.

▶ Afb. 7. Een ongeveer 2 mm grote Pliocene nummuliet uit de Zanden van Deurne (B). De spiraalvormige rangschikking van de kamertjes is duidelijk zichtbaar. Foto en collectie: Herman Vanuytven.



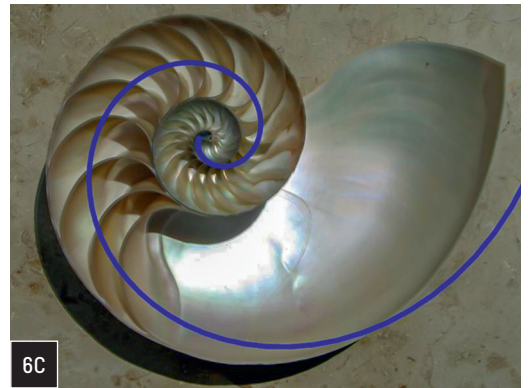
strijd om het bestaan “getest” werden. De natuurlijke selectie deed daarbij haar werk en uiteindelijk overleefden alleen de best aangepaste soorten. Deze heteromorphe afwijkende vormen, die vooral in het Krijt (145–66 miljoen jaar geleden) voorkwamen, waren dan waarschijnlijk een goede aanpassing aan bepaalde levenswijzen. Men vermoedt dat ze een planktonische levenswijze leidden, dus zwevend in de volle zee. Deze gedachte vindt steun in het feit dat ze zowel in diep- als ondiepwaterafzettingen aangetroffen worden.

### Nautilus

Een apart verhaal zijn nautilussen, een geslacht van inktvissen met spiraalvormige schaal dat thans alleen nog in het zuidelijk halfrond voorkomt, vooral dan in de nabijheid van koraalriffen. Vandaag is *Nautilus pompilius* wellicht de bekendste van het zes-tal nog levende soorten. In het verre geologische verleden waren er veel meer soorten en hadden ze een veel groter verspreidingsgebied. Als fossiel komen nautilussen dan ook talrijk voor. Afb. 6A en B.

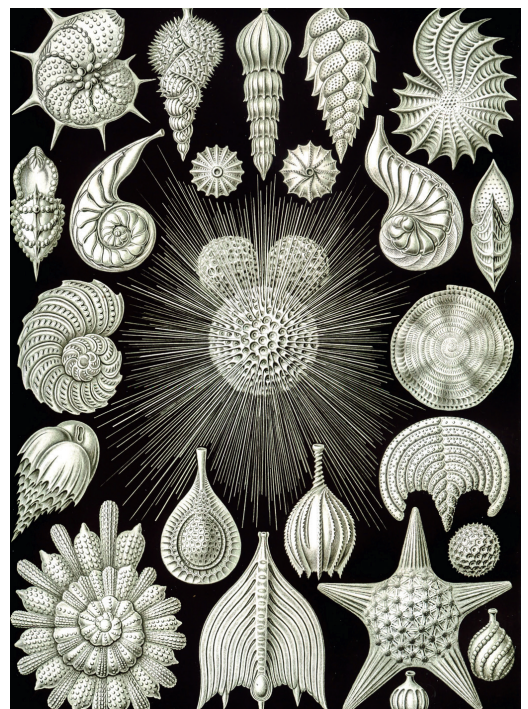


6B



6C

Populaire theorieën willen dat de spiraalvormige schaal van Nautilus aangroeit zoals een gulden spiraal (of de daarmee vrijwel samen-vallende Fibonacci-spiraal). Op het internet wemelt het van beweringen in die zin. Maar bij nameting door verschillende wetenschappers blijkt dit niet te kloppen. De spiralen van Nautilus-schelpen konden worden ingeschreven in rechthoeken met zijden die zich verhouden van 1 tot gemiddeld 1,33, en niet 1,618 ..., zoals ze zouden doen als het om een gulden spiraal gaat. Met andere woorden: een aanzienlijke afwijking. De Nautilus-aangroei





9A

verloopt volgens een logaritmische spiraal, maar zeker niet volgens een gulden spiraal. Dit logaritmische patroon maakt het mogelijk dat het dier groeit, zonder van vorm te veranderen. Het ontleent de Nautilus-schaal misschien wel zijn goddelijke proporties – sommigen hebben het over de *sacred geometry of the Nautilus shell* – maar voor de amateurpaleontoloog is Nautilus daarom niet minder aantrekkelijk. Afb. 6C.

### Foraminiferen

Spiraalvormen zijn ook te vinden in de allerkleinste fossielen: de foraminiferen. Foraminiferen zijn eencellige, in zee levende diertjes met een kalkskelet, dat meestal is opgebouwd uit verschillende kamers. De kamers zijn op diverse manieren geordend, maar vaak is dit spiraalsgewijs (in een vlak of in de ruimte). Die kamers zijn onderling verbonden door poriën, vandaar ook hun naam: foraminifera = gaatjesdragers. Ze hebben een lange geologische geschiedenis: de oudste fossielen dateren uit het Cambrium, meer dan 500 miljoen jaar geleden. Ze zijn meestal microscopisch klein, maar ze kunnen ook enkele centimeters groot worden.

Een speciale groep, de nummulieten (letterlijk betekent dat muntsteen) konden tot 10 cm groot worden. Hun kalkachtig skelet heeft een schijf- of spiraalvormige structuur. Afb. 7. Nummulieten zijn soms gesteentevormend. Zo zijn de piramides van Gizeh gebouwd met blokken nummulietrijke kalksteen. Toen de Griekse historicus Herodotos in de vijfde



9B



9C

◀ Afb. 9. Ruimtelijke spiralen (helices) bij fossiele gastropoden.  
A. *Hippochrenes* sp., Eoceen, Nederokkerzeel (B).  
B. *Campanile giganteum*, Eoceen, Damery (Fr.).  
C. De linksdraaiende *Neptunea angulata* (*N. contraria*), Pliocene, Antwerpen. Collectie en foto's: Noel Delanghe.

eeuw voor Christus Egypte bezocht, dacht hij dat de nummulieten versteende linzen waren, etensresten van de piramidebouwers. Ernst Haeckel (1834–1919), de Duitse zoöloog en filosoof die het werk van Charles Darwin in Duitsland bekend maakte, was ook een begenadigd illustrator. Hij was getroffen door de pure schoonheid van foraminiferen. In zijn boek met lithografische prenten *Kunstformen der Natur* (1904) mocht een pagina met spiraalvormige foraminiferen (onder de toenmalige naam gekend als *thalamophora*) dan ook niet ontbreken. Afb. 8. Wie meer wonderbare spiraalvormige nummulieten wil zien, moet maar even googelen met als zoekterm “nummulites + spirals”.



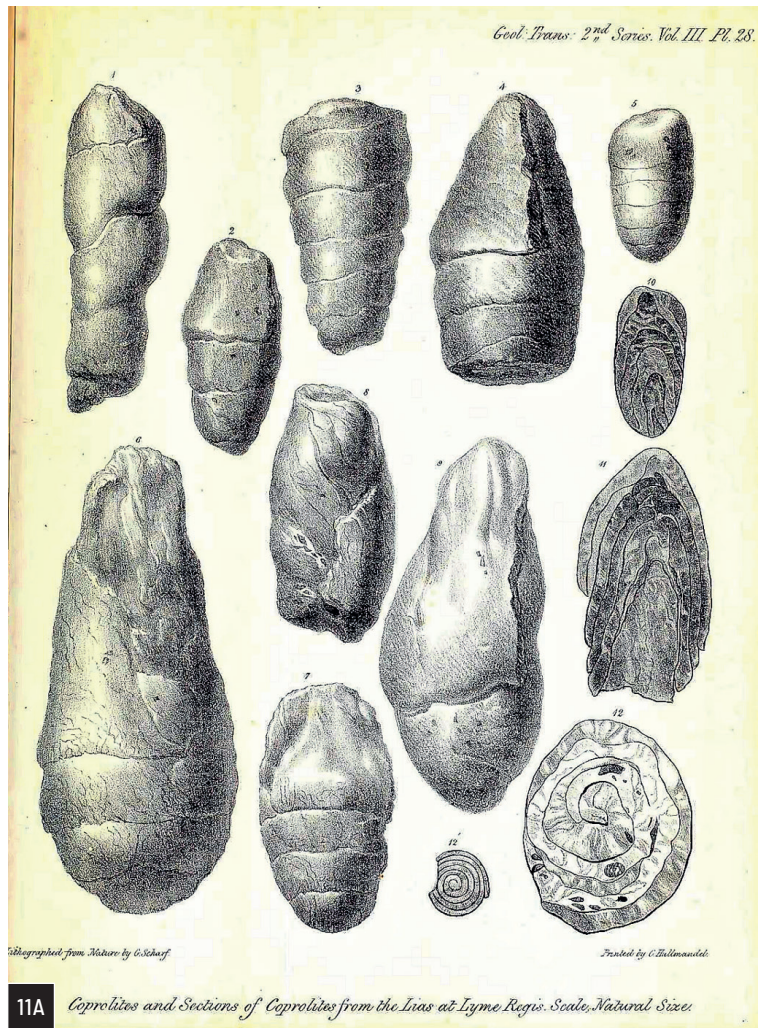
▲ Afb. 10. “Devils burrows”, fossiele helixvormige graafgangen van een Miocene bever. Foto: University of Nebraska/ Agate Fossil Beds National Monument via Wikimedia Commons, publiek domein.

### Gastropoden

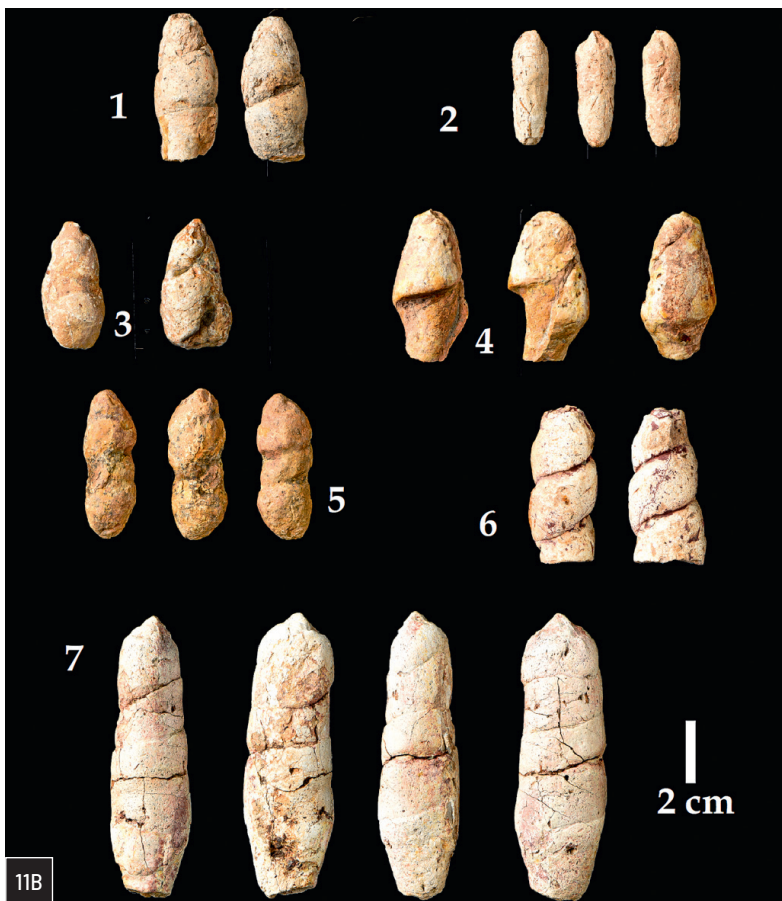
Gastropoden (slakken) zijn weekdieren die zich in de loop van de geologische geschiedenis, en dat sinds het Cambrium, aan de meest

► Afb. 11. A. William Buckland: Spiraalvormige coprolieten. Bron: Transactions of the Geological Society of London (1835). [www.biodiversitylibrary.org](http://www.biodiversitylibrary.org). B. Zeven recent gevonden coprolieten uit Mongolië waren allemaal spiraalvormig, uitgezonderd nr. 2 (rechtsboven op de afbeelding). Bron: Rummy, P., Halaclar, K. & Chen, H. The first record of exceptionally-preserved spiral coprolites from the Tsagan-Tsab formation (lower cretaceous), Tatal, western Mongolia. *Sci Rep* 11, 7891 (2021). [doi.org/10.1038/s41598-021-87090-5](https://doi.org/10.1038/s41598-021-87090-5). Creative Commons Attribution 4.0 International License.

extreme aardse omstandigheden hebben weten aan te passen. Op het land komen ze voor aan de rand van gletsjers, maar ook in woestijnen. In de zeeën en oceanen vinden we ze tot op duizenden meters diepte, zelfs in de omgeving van heetwaterbronnen. De meeste slakken worden beschermd door een eenkleppige, spiraalvormige schelp, het slakkenhuis. Dat slakkenhuis kan de vorm van een vlakke spiraal aannemen, maar veelal is dit een ruimtelijke spiraal (een conische helix, beginnend in een punt). Bij de ruimtespiraal liggen de centra van de windingen doorgaans op een loodrechte lijn ten opzichte van de basis van de schelp. Door de manier van oprollen ontstaan allerlei variaties tussen involute spiralen (een jongere winding groeit in mindere of meerdere mate over de vorige) en evolutive spiralen (met windingen die elkaar raken). Bij de meeste slakkensoorten is de



11A Coprolites and Sections of Coprolites from the Lias at Lyme Regis. Scale, Natural Size.

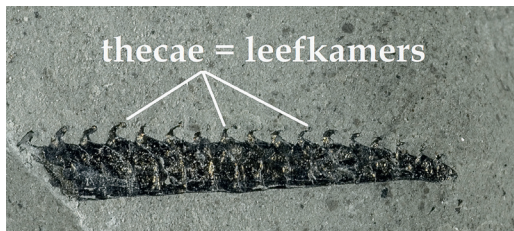


11B

draairichting van de schelpen rechts, d.w.z. met de klok mee. Afb. 9A en B tonen een paar voorbeelden uit eigen collectie. Eén van de weinige soorten die linksdraaiend zijn, is *Neptunea angulata*, daarom lange tijd ook gekend als *Neptunea contraria*. Afb. 9C.

### Ichnofossielen of sporenfossielen

Ichnofossielen zijn prehistorische sporen van biologische activiteit (pootafdrukken, graafgangen, kruipsporen, etc.). Ook bij ichnofossielen vinden we spiraalvormen terug en dat zowel bij de minuscule kleine als bij meters grote soorten, zowel bij geologisch jonge als oude. De oudste spiraalvormige ichnofossielen dateren uit Precambrische tijden. Een heel merkwaardig sporenfossil is gemaakt door *Palaeocastor*, een bever uit het Oligoceen die leefde in de Amerikaanse badlands. Hij maakte tot drie meter lange boorgaten in de vorm van een cilindrische spiraal. Het heeft lang geduurd voor paleontologen erachter kwamen dat deze “devil’s corkscrew” (duivelse kurkentrekker) het werk was van een kleine bever. Deze helixvormige levenssporen kregen de gepaste naam *Daimon(h)elix* (daimon, demon: in de joods-christelijke traditie een duivels wezen). Afb. 10.



Ook coprolieten – gefossiliseerde uitwerpselen – worden geassocieerd als sporenfossielen. Ze werden voor het eerst beschreven in 1678 door de Engelse natuuronderzoeker Martin Lister, maar over hun herkomst was er grote onzekerheid. Het was zijn landgenoot William Buckland die in 1829 als eerste de term coproliet (van Grieks *kopros* = uitwerpselen en *lithos* = steen) introduceerde en aldus de fecale aard onderkende. Onwetenschappelijk wordt die coproliet wel eens “poepsteen” genoemd. Buckland baseerde zijn oordeel voor een groot deel op vondsten van de legendarische fossielenzoekster Mary Anning in Lyme Regis (Dorset, Engeland). Als die knollen opgebroken werden, vond men versteende visgraten, schubben en soms botten van kleine ichthyosauriërs. Hij constateerde dat veel coprolieten spiraalvormig waren. Die vorm verklaart meteen waarom coprolieten lange tijd aangezien werden voor (versteende) dennenappels. Coprolieten waren van dierlijke oorsprong, dat stond vast, maar wie waren precies de “daders”. Buckland dacht dat ze afkomstig waren van ichthyosauriërs, mariene reptielen die op de

stranden van Lyme Regis gevonden werden. Hij vermoedde dat de spiraalvormige fossielen erop wezen dat ichthyosauriërs spiraalvormige richels in hun darmen hadden die vergelijkbaar waren met die van recente haaien. Die hebben meestal een kort, dik en spiraalvormig darmkanaal, met als gevolg dat het voedseltransport sterk wordt vertraagd en het eindproduct spiraalvormig is. Buckland publiceerde zijn bevindingen in 1835. Afb. 11A.

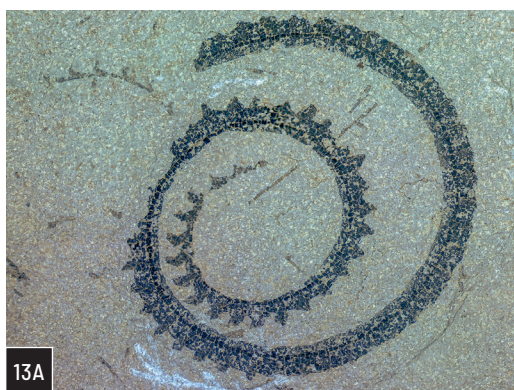
Sindsdien werden en worden coprolieten wereldwijd gevonden in afzettingen vanaf het Cambrium tot op heden. Hun paleontologisch belang wordt de laatste jaren steeds meer erkend. Ze vertellen ons veel over de eet- en voedingsgewoonten van vroegere diersoorten en vormen een bron van informatie over de toenmalige ecosystemen. Maar wie precies die coprolieten produceerde, blijft een moeilijke vraag. Niet alleen de vorm is daarbij belangrijk, maar bijv. ook het gewicht, de chemische samenstelling en de stratigrafische context. Wel staat vast dat spiraalvormige coprolieten komen van dieren met spiraalvormige darmen. Veel vissen, zoals haaien, roggen, longvissen en ook de uitgestorven zeereptielen, de ichthyosauriërs en plesiosauriërs, komen hiervoor in aanmerking. Een voorbeeld van recent onderzoek zijn goed bewaarde coprolieten afkomstig uit Krijtontsluitingen van Mongolië. Van de zeven gevonden exemplaren waren er zes spiraalvormig. De auteurs vermoeden dat ze afkomstig zijn van primitieve steurachtigen of longvissen, soorten waarvan bekend is dat ze een spiraalklepdarm hebben. Afb. 11B.

### Graptolieten

Graptolieten zijn weinig bekende, kolonievormende diertjes die welig in de Cambrische zeeën en oceanen rondzweefden. Er bestonden vele soorten en ze hadden alle, geologisch

◀ Afb. 12. Graptoliet als “figuurzaagje” met “tanden”. Foto: Gennadi Baranov via geocollecti-  
ons.info/specimen\_ image/1657. CC BY-NC 4.0. Bewerkt door de auteur.

▼ Afb.13. De wonderbare spiraalvormen van Spirograptus en Octavites.  
A. *Spirograptus spiralis*, Siluur, Kosov, Tsjechië : logaritmische spiraal. Foto: Petr Hykš via www.flickr.com/photos/violetplanet/36025844391 CC BY-NC 2.0.  
B. *Spirograptus turriculatus*, Siluur, Litohlavy, Tsjechië : conische spiraal. Foto: Diorit via Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0.  
C. *Octavites spiralis*, Siluur, Kolka, Letland : logaritmische spiraal. Foto: Gennadi Baranov / TalTech GI. CC BY-NC via geocollecti-  
ons.info/specimen\_image/1748.





▲ Afb. 14. Tandwervel van *Helicoprion* sp. uit het Perm van Idaho, V.S. Foto: James St. John via Wikimedia Commons CC BY 2.0.

▶▶ Afb. 15: Reconstructie van *Helicoprion besonowi*. Bron: ДиБГД via Wikimedia Commons CC BY 4.0. Bewerkt door de auteur.

gesproken, een kort bestaan waardoor ze als gidsfossiel fungeren en van groot belang zijn voor de relatieve datering van de gesteentelagen uit die tijd. In het begin van het Carboon, zo'n 350 miljoen jaar geleden, stierven ze uit. Vanwege hun gelijkenis met hiërogliefen noemde Carl Linnaeus deze enigmatische, vreemdsoortige vormen *Graptolithus*: het Griekse *graptos* betekent "geschreven" en *lithos* "gesteente". Een kolonie graptolieten bestaat uit één of meer armen of buisjes met een lengte van pakweg 2 tot 10 cm. De individuele diertjes leefden in kokertjes (thecae), die in één rij, soms in een dubbele rij, aan die buisjes vastzaten. Veel van deze buisjes, zeker de langere rechte, zien eruit als figuurzaagjes. Elk "tandje" van het "zaagje" is zo'n kokertje (theca) waarin een eencellig diertje leefde. Afb. 12. Maar sommige soorten, bijv. van het genus *Spirograptus* en *Octavites*, ontwikkelden wonderbaarlijke, spiraalvormig gewonden buisjes. Terwijl de eenvoudige vormen waarschijnlijk bijna roerloos in het water zweefden, maakten de spiraalvormige kolonies trage rotatiebewegingen, waardoor ze het zeewater wellicht efficiënter konden filteren om kleine eetpartikels naar de mond te brengen. Afb. 13.

## Haaien

Dat spiraalvormen voorkomen in de ingewanden van haaien en als gevolg daarvan ook in hun (fossiele) uitwerpselen zagen we reeds in de paragraaf over ichnofossielen. Maar bij *Helicoprion* gaat het over echte lichaamsfossielen. *Helicoprion* ("spiraalzaag") is een genus van haaiachtige kraakbeenvisen dat ontstond in de oceanen van het Laat-Carboon, zo'n 280 miljoen jaar geleden. Dat genus overleefde weliswaar de Perm-Trias massa-extinctie (252 miljoen jaar geleden) maar stierf uiteindelijk uit tijdens het begin van het Trias, zo'n 225 miljoen jaar geleden. *Helicoprion* was in het midden van de onderkaak uitgerust met een spiraalvormige tandwervel of tandkrans waarop meer dan honderd tanden zaten. Dergelijke tandwervels behoren tot de meest spectaculaire visfossielen uit het Carboon. Afb. 14. In tegenstelling tot de meeste haaien behield het dier zijn tanden, ook al groeiden er nieuwe tanden bij. Als de haai groeide, verschoven de kleinere (oudere) tanden naar het centrum van de spiraal. Hoe die tandwervel gebruikt werd en waar die zich precies bevond, was tientallen jaren voer voor discussie. Oudere afbeeldingen laten *Helicoprion* zien met zijn moordwapen bevestigd op zijn vinnen, of op zijn staart of als een slurfachtig aanhangsel. Recentere studies op basis van nieuwe gegevens plaatst de tandkrans achter in de korte onderkaak als een soort verborgen tandenfabriek. Afb.15. Die tandwervel fungeerde als een soort cirkelzaag: als zijn prooi gevangen was, sloot hij zijn bek, draaiden zijn tanden achteruit en werd de prooi ingeslikt.

### *Helicoprion besonowi*

