

SCIENCE

connection

58

oktober - november 2018



www.scienceconnection.be
verschijnt vijfmaal per jaar
afgiftekantoor:
Brussel X /P409661
ISSN 1780-8448



onderzoek



ruimte



natuur



kunst



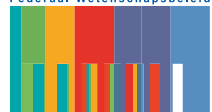
documentatie

Het magazine van het FEDERAAL WETENSCHAPSBELEID



Federaal Wetenschapsbeleid

belspo .be



belspo

www.belspo.be



onderzoek



ruimte



natuur



kunst



documentatie

Naast de Algemene directie 'Onderzoek en Ruimtevaart' en de Ondersteunende diensten omvat het Federaal Wetenschapsbeleid Federale wetenschappelijke instellingen en Staatsdiensten met afzonderlijk beheer.

Federale wetenschappelijke instellingen



Algemeen Rijksarchief en Rijksarchief
in de Provinciën
www.arch.be



Koninklijke Bibliotheek van België
Bibliothèque royale de Belgique

Koninklijke Bibliotheek van België
www.kbr.be



CEGESOMA

Studie- en Documentatiecentrum Oorlog
en Hedendaagse Maatschappij
www.cegesoma.be

CINEMATEK

Koninklijk Belgisch Filmarchief
www.cinematek.be



Koninklijke Musea voor Schone
Kunsten van België
www.fine-arts-museum.be

K&G

Koninklijke Musea voor Kunst en
Geschiedenis
www.kmkg.be



Koninklijk Instituut voor het
Kunstpatrimonium
www.kikirpa.be



Koninklijk Belgisch Instituut voor
Natuurwetenschappen/Museum voor
Natuurwetenschappen
www.natuurwetenschappen.be



Koninklijk Museum voor Midden-Afrika
www.africamuseum.be



Koninklijke Sterrenwacht van België
www.astro.oma.be



Koninklijk Meteorologisch Instituut van
België
www.meteo.be



Koninklijk Belgisch Instituut voor
Ruimte-Aeronomie
www.aeronomie.be



Planetarium van de Koninklijke
Sterrenwacht van België
www.planetarium.be

Partnerinstellingen



Von Karman Instituut
www.vki.ac.be



Universitaire Stichting
www.universitairestichting.be



Stichting Biermans-Lapôtre
www.fbl-paris.org



Academia Belgica
www.academiabelgica.it



Koninklijke Academie voor
Overzeese Wetenschappen
www.kaowarsom.be



Koninklijke Vlaamse
Academie van België voor
Wetenschappen en Kunsten
www.kvab.be

Inhoud



Brussel, november 1918. Van oorlog naar vrede?



Antarctica: vroegere en huidige exploraties

10

Versnipperd erfgoed

15

Atmosferische transportberekeningen helpen bij het opsporen van kernproeven

18

Smurfen op de Koninklijke Sterrenwacht van België

25



Stemmen uit het verleden

28

Metingen van de atmosfeer van Mars bij beperkte zichtbaarheid

32



Aristion treedt uit de schaduw!

38



50 jaar ruimte-avontuur in Redu, België en Europa



Alex-De kunst van Jacques Martin

Brussel, november 1918. Van oorlog naar vrede?



Het station van Etterbeek. Het enorme kanon 'Max', door de Belgen buitgemaakt in het bos van Dikkebus nabij Ieper. Gewicht: 267.900 kilo, lengte: 31 m. (Algemeen Rijksarchief, Iconografische verzameling betreffende de Eerste Wereldoorlog. Foto's, 1918, nr. 2525). © ARA

Chantal Kesteloot en Jens van de Maele

Op initiatief van het CegeSoma/Rijksarchief vindt vanaf 26 september 2018 in het BELvue Museum de tentoonstelling *Brussel, november 1918* plaats. De tentoonstelling wil de laatste oorlogsmaanden en de eerste vredesmaanden in de stad Brussel terug oproepen. Tijdens de voorbije jaren stonden de bezettingsjaren centraal in diverse herdenkingsevenementen. Nu is de tijd rijp om de aandacht te verleggen naar de overgang van oorlog naar vrede.

Op 11 november 1918 komt er een einde aan de Grote Oorlog. Maar wanneer de wapens zwijgen, is de vrede nog niet onmiddellijk een feit. Twee dagen voor de Wapenstilstand stort het Duitse rijk in elkaar en wordt in een sfeer van totale chaos de republiek uitgeroepen. Op de slagvelden moeten

de soldaten opnieuw leren omgaan met de vrede. Deze overgang komt soms als een schok. Gedurende meer dan vier jaar werd het dagelijks leven aan én achter het front gedomineerd door de oorlog.

Hoewel de Belgische regering tijdens de oorlog noodgedwongen in Sainte-Adresse (nabij Le Havre) verblijft, belichaamt Brussel het nationale politieke niveau. Maar de hoofdstad telt ook 790.000 inwoners, die voor hun dagelijkse problemen aangewezen zijn op een stadsbestuur dat zijn macht tijdens de bezetting sterk ziet slinken.

Vijftig maanden bezetting

November 1918 luidt het einde in van een bezetting die bijna vijftig maanden heeft geduurd. De laatste Duitse soldaten verlaten de stad pas op 16 november. Twee dagen eerder

was de Brusselse burgemeester – die in september 1914 was gearresteerd – teruggekeerd naar ‘zijn’ stad. Op 22 november maakt ook koning Albert als legeraanvoerder zijn triomfantelijke terugkeer in een bevrijd Brussel, te midden van een uitgelaten mensenmassa.

De maanden voor en na dit einde van de bezetting zijn een essentiële periode uit de Belgische geschiedenis, en vormen het onderwerp van de tentoonstelling. Na het laatste grote geallieerde legeroffensief van de herfst van 1918 ontvangt Brussel tienduizenden vluchtelingen – ‘geëvacueerden’, zoals ze toen werden genoemd – die te voet en in slechte weersomstandigheden uit de conflictzones moeten wegtrekken. Hun aanwezigheid zorgt voor logistieke, hygiënische en sociale problemen in een erg verarmde stad. De Brusselse autoriteiten vrezen voor sociale onrust. Na 11 november duurt het nog enkele dagen voor het Duitse leger de hoofdstad definitief verlaat. Deze periode – waarvan de chronologie niet altijd even scherp kan worden bepaald – toont een stad die de overgang maakt van bezetting naar bevrijding. Het einde van 1918 luidt de komst in van het algemeen enkelvoudig mannenstemrecht, alsook de terugkeer van de oude burgerrechten (zoals de persvrijheid). Voorts maakt men werk van de wederopbouw en worden het oorlogsgeheugen en de publieke rouw gecultiveerd.

Almaar moeilijkere levensomstandigheden

Vanaf het begin van de bezetting op 20 augustus 1914 blijft de hoofdstad gespaard van gevechten en de slachtpartijen op burgers waaraan veel andere Belgische steden wél ten prooi zijn gevallen. De levensomstandigheden verslechteren echter gestaag in de loop van de oorlog: de voedselbevoorrading blijft precair, ondanks de aanhoudende inspanningen van de *Commission for Relief in Belgium* en het

Nationaal Hulp- en Voedingscomité. Hoewel niet alle sociale groepen even sterk worden getroffen, moeten er steeds meer Brusselaars een beroep doen op de hulpverlening. Tot de laatste oorlogsdagen worden alle groene zones van de stad ingepalmd voor de teelt van groenten en aardappelen. Aanschuiven voor het voedselrantsoen wordt een dagelijkse activiteit. Deze situatie verergert nog door de toevloed van de vluchtelingen in de herfst van 1918.

De toenemende opeisingen van allerlei goederen door de Duitsers maken het dagelijks leven nog moeilijker. Aangezien alle lastdieren in beslag zijn genomen, moeten huisvuilkarren door mensen worden voortgetrokken. Wol en matrassen worden eveneens opgeëist. Vooral in de laatste oorlogsmaanden stapelen de ongemakken zich op. Verdwenen gewaande ziektes duiken weer op, terwijl ook de Spaanse griep een ravage aanricht. De ziekenhuizen liggen vol terwijl het Duitse leger bedden opeist voor zijn eigen gewonde frontsoldaten. Hoe kan de verspreiding van ziektes en de verslechtering van de openbare hygiëne worden tegengegaan?

Ondanks dit alles beseft de bevolking dat het einde van de oorlog nabij is (zelfs al sijpelt nieuws over de oorlogsfeiten slechts traag door wegens de perscensuur). Maar tegelijk vreest men dat de terugtrekking van de Duitsers gepaard zal gaan met vernielingen en moorden. Angst en hoop bestaan naast elkaar...

Orde bewaren aan het einde van het conflict

Vanaf het einde van de zomer van 1918 onderzoeken de Belgische autoriteiten hoe ze de openbare orde zullen kunnen bewaren na het vertrek van de Duitse soldaten. Dit punt ligt buitengewoon gevoelig in Brussel. Aangezien de bevolking



‘Geëvacueerden’ arriveren in Brussel in november 1918 (Algemeen Rijksarchief, Iconografische verzameling betreffende de Eerste Wereldoorlog. Foto’s, nr. 2332). © Koninklijke Academie van België



Paardenkarren voor opeisingen duiken op in de Brusselse straten (Algemeen Rijksarchief, Iconografische verzameling betreffende de Eerste Wereldoorlog. Foto’s, nr. 832). © ARA



Burgemeester Adolphe Max wordt enthousiast begroet door de inwoners van de hoofdstad. © War Heritage Institute, B 1.104.33.5.

al vier jaar in slechte omstandigheden (over)leeft, bestaat de vrees voor gewelddadige sociale oproer bij het oorlogseinde. De schaduw van de Russische Oktoberrevolutie valt ook over Brussel....

De spanning bereikt een hoogtepunt na de afkondiging van de republiek in Duitsland. In Brussel wordt op 9 november een *Soldatenrat* opgericht. In de daaropvolgende dagen is de situatie extreem chaotisch. De rode vlag wordt uitgehangen aan het Parlement. Soldaten richten zich tegen hun officieren en trachten te verbroederen met de Brusselaars. Merkwaardig genoeg wordt Brussel dus 'bevrijd' door Duitse soldaten. De lokale autoriteiten nemen een erg afwachtende houding aan, en manen de bevolking aan om thuis te blijven. Het einde van de oorlog is overigens ook het ogen-

blik waarop openstaande rekeningen worden vereffend. De bevolking richt zich soms met geweld tegen diegenen die zich (vermeend) schuldig hebben gemaakt aan zelfverrijking (de zogenaamde *zeepbarons*), of tegen vrouwen die seksuele relaties zouden hebben gehad met de Duitsers. Er vinden ook plunderingen plaats. Langzamerhand keert de orde terug. De laatste Duitse soldaten verlaten de hoofdstad in de nacht van 15 op 16 november.

Op hetzelfde moment keert de Brusselse burgemeester Adolphe Max – hét symbool van het 'morele verzet' tegen de bezetting – terug na meer dan vier jaar gevangenschap in Duitsland. De bevolking bezorgt hem een triomfantelijke ontvangst op 17 november

22 november 1918

Uiteraard wordt de overwinning op de Duitsers echter vooral op 22 november gevierd. De hoofdstad is die dag in een feestroes ondergedompeld: tijdelijke monumenten verschijnen op strategische plekken, vlaggenmasten met de Belgische en geallieerde kleuren verschijnen her en der. Tienduizenden mensen verdringen zich langs de straten om een glimp op te vangen van de koninklijke familie en de geallieerde troepen. De massa is uitzinnig. Maar naast het gefeest, worden op 22 november ook baanbrekende politieke vernieuwingen gelanceerd. De koning kondigt onder andere de invoering van het algemeen enkelvoudig mannenstemrecht aan, onder het motto van 'eenheid in lijden en weerstand'. Deze maatregel was al sinds lang een strijdpunt binnen de socialistische beweging, alsook onder progressieve liberalen en katholieken. Eén jaar later vinden de eerste verkiezingen onder het algemeen enkelvoudig stemrecht (voor mannen) plaats. België neemt zo als het ware afscheid van de negentiende eeuw. Een nieuw politiek landschap is het resultaat.

De oorlog komt ten einde, maar...

Hoewel de oorlog voorbij is, wordt de definitieve vrede pas na enkele kronkelwegen bereikt. De levensomstandigheden blijven moeilijk door problemen met de voedselvoorra-



Het vertrek van Duitse soldaten, Brussel, november 1918 (Algemeen Rijksarchief, Iconografische verzameling betreffende de Eerste Wereldoorlog. Foto's, nr. 2339). © Koninklijke Academie van België

ding. De huisvestingskwes- tie zorgt eveneens voor kopzorgen. Het bezettingsleger is vertrokken, maar de stad wordt nu ingenomen door geallieerde troepen. Ook zijn er de langverwachte momenten van hereniging: van Brusselaars die in Duitsland waren opgesloten, of die de oorlogsjaren in het buitenland hadden doorgebracht als vluchteling. Kortom, er moeten veel persoonlijke relaties worden hersteld, wat de terugkeer naar de 'normaliteit' niet altijd even evident maakt.

Ondanks de vreugde is het oorlogseinde ook het moment waarop de doden worden geteld. Veel Brusselse families zijn door rouw getroffen: sommige familieleden keren nooit meer terug, terwijl anderen lijden onder blijvende lichamelijke of psychische letsels...

De Grote Oorlog zichtbaar maken in de stad

De Grote Oorlog is een gebeurtenis zonder precedent. Al tijdens de eerste dagen van het conflict worden enkele straten spontaan hernoemd omdat hun naam te veel verwijst naar Duitsland of zijn bondgenoten. Vanaf november 1918 gaat men hierin nog veel verder. Enerzijds wordt ervoor gezorgd dat elke verwijzing naar de 'vijanden' verdwijnt, anderzijds wordt het straatbeeld blijvend gemarkeerd door monumenten die de (inter)nationale, lokale, beroepsgebonden, burgerlijke en militaire dimensies van het conflict herdenken. Voor een aantal gefusilleerde verzetslieden worden nationale begrafenissen georganiseerd. Straatnamen, monumenten, maar ook vredesbomen of zelfs glasramen in kerken belichamen de herinnering aan de oorlog. Vandaag kan men in Brussel nog steeds meer dan 600 sporen terugvinden die rechtstreeks verwijzen naar de Eerste Wereldoorlog.



Défilé van geallieerde troepen, Brussel, 22 november 1918 (Archief van het Koninklijk Paleis, Albert & Elisabeth, nr. 258-1691). © AKP

Dit zijn enkele van de thema's die aan bod komen in de gratis toegankelijke en drietalige (Nederlands, Frans en Engels) tentoonstelling *Brussel, november 1918*, die bezocht kan worden in het BELvue Museum tot 6 januari 2019. Het evenement wil een licht werpen op hoe Brussel deze cruciale historische periode heeft beleefd. De bezoeker zal niet enkel kennis kunnen maken met de specificiteit van de Belgische situatie, maar ook met de meer universele gebeurtenissen in een stad tijdens een overgang van oorlog naar vrede. Aan de hand van dagboekfragmenten, foto's, kranten en filmbeelden zal de tentoonstelling iedereen onderdompelen in de moeilijke oorlogsmaanden van de Brusselaars. De tentoonstelling richt zich op een breed nationaal en internationaal publiek. Voor scholen worden er didactische modules voorzien.

De auteurs

De curatoren van de tentoonstelling, Chantal Kesteloot en Jens van de Maele, zijn beiden historici aan het Cege-Soma/Rijksarchief.

Meer

De tentoonstelling *Brussel, november 1918. Van oorlog naar vrede?* in het BELvue Museum, Paleizenplein 7 te 1000 Brussel, tot 6 januari 2019, van dinsdag tot vrijdag van 9.30 tot 17.00 uur, op zaterdag en zondag van 10.00 tot 18.00 uur. Op maandag kunnen groepen met reservatie een bezoek brengen van 9.30 tot 17.00 uur.
Website van het Rijksarchief: www.arch.be
Website van het BELvue Museum: www.belvue.be



Monument van Sporting Club Anderlecht gewijd aan de tijdens de oorlog gestorven leden. Het werd afgebroken bij de verbouwing van het stadion in de jaren 1980.

© Koninklijke Academie van België

Antarctica: vroegere en huidige exploraties

Commandant Adrien de Gerlache en de Belgica (met de toestemming van Kurt van Camp).

Léa de Gobert, Maya Schrödl en Géraldine Mertens

121 jaar geleden, gaf Adrien de Gerlache het startsein voor het Belgisch onderzoek in Antarctica. Hierna vertellen we de ontdekking van deze 'bevroren streek' tot en met het werk van de huidige ontdekkingsreizigers.

Op zoek naar terra incognita...

Eind 19de eeuw was Antarctica één van de laatste regio's die nog vrij van exploratie waren en die nog niet in kaart waren gebracht. Dit onverkend en mysterieus land ontdekken werd de grootste droom van Adrien de Gerlache. Als jonge Belgische zeevaarder wilde hij dit continent niet veroveren om er een vlag neer te planten: zijn doel was louter het wetenschappelijk onderzoek van Antarctica. Zijn achterkleinzoon, Henri de Gerlache, zegt hierover:

'Hij is op zoek gegaan naar de beste wetenschappers in Europa. Dat werd hem veel verweten, maar hij gaf wetenschap meer belangstelling dan nationalisme en wilde de beste ploeg samenbrengen. Zo stelde hij een internationale expeditie samen die volledig toegewijd was aan de wetenschap.'

Op 16 augustus 1897 vertrok de expeditie met een bemanning bestaande uit 18 man, richting Zuiden, aan boord van de driemaster Belgica. De eerste onbekende kusten kwamen in zicht op 23 januari 1898. Een zee-engte ten zuiden van Tier-

ra del Fuego (Vuurland) die op geen enkele kaart voorkwam was hun eerste ontdekking. Ze noemden het de 'Straat van Gerlache'.



De 'Straat van Gerlache' (foto door Bruno Danis).



De Belgica zit vast in het pakijns (foto met de vriendelijke toestemming van Henri de Gerlache).

Enkele maanden later komt het schip vast te zitten in het pakijns. Maar commandant de Gerlache blijft vastberaden. In zijn logboek lezen we:

'Wij zijn de allereerste overwinterraars op de Antarctische ijsskap. Dit zal een rijke oogst aan informatie opleveren en we zullen heel interessante fenomenen kunnen bestuderen. Dat is toch wat wij verlangden, wat wij zochten?'

In oktober 1899, na twee jaar expeditie, komt de Belgica terug aan in de haven van Antwerpen. De bemanning wordt triomfantelijk verwelkomd, niet alleen omdat ze een tot dan toe onbekende plaats hadden bezocht, maar ook omdat ze een verzameling biologische stalen meebracht die tot de dag van vandaag als referentie dient.

Internationale wetenschappelijke samenwerking

Zestig jaar na zijn vertrek, ging Adriens zoon, Gaston de Gerlache, ook naar Antarctica. Wereldwijd was er toen belangstelling om Zuidpoolbases op te richten. Gaston de Gerlache wilde dat ook België zich hierin zou engageren en een poolbasis zou opzetten in Antarctica. Daarvoor voer hij naar de Zuidpool om er de eerste Belgische wetenschappelijke basis op te richten die naar 'Koning Boudewijn' werd genoemd.

Op 1 december 1959 ondertekenden alle 12 landen die aanwezig waren in Antarctica, waaronder dus ook België, het Zuidpoolverdrag in Washington. Dit verdrag verhindert alle territoriale aanspraken zodat Antarctica een neutraal gebied blijft voor wetenschappelijk onderzoek en waar de uitwisseling van kennis wordt bevorderd om dit continent zo goed mogelijk te beschermen.



Voorbeelden van de door de Belgica-expeditie ontdekte vissoorten (met de toestemming van K. Van Camp).

Artikel I: 'Antarctica wordt uitsluitend gebruikt voor vreedzame doeleinden (...).'

Artikel III: 'De wetenschappelijke waarnemingen en resultaten, verkregen uit het onderzoek in Antarctica, worden vrij uitgewisseld en beschikbaar gesteld.'

Vandaag staat Antarctica vooral in de schijnwerpers door de effecten van de klimaatopwarming. Uitwisseling van wetenschappelijke gegevens op internationale schaal is daarom essentieel. Internationale samenwerking is op dit gebied van groot belang om gegevens sneller te kunnen verzamelen.

Wat er inmiddels gebeurd is met het Zuidpoolverdrag...

In 1958 werd een wetenschappelijk comité opgericht via internationale partnerschappen: het SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research). De opdracht van dit comité is het wetenschappelijk onderzoek in Antarctica te ondersteunen en te coördineren. Elk lidstaat wordt vertegenwoordigd door adviseurs. Het SCAR telt vandaag 43 lidstaten en 9 internationale wetenschappelijke verenigingen.

Professor Marlon C. Kennicutt, oceanograaf aan de Texas A&M University, was voorzitter van het SCAR. Hij wijst erop dat 'het SCAR een niet-gouvernementele organisatie is en zich niet mengt met politiek.'

Dat is juist het kenmerk van Antarctica. Krachtens het Verdrag en de daaropvolgende protocolakkoorden (bijvoorbeeld het Protocol van Madrid betreffende milieubescherming ondertekend in 1991) zijn de bodemrijksdommen beschermd en zorgt de internationale samenwerking voor het behoud van het grootste natuureservaat op aarde. Antarctica alleen stelt 7% van de totale oppervlakte van de aarde voor.



Gaston de Gerlache (met de vriendelijke toestemming van Henri de Gerlache).



Vlaggen van de 12 staten die het Zuidpoolverdrag ondertekend hebben. (Foto van M. Ashley)

De uitdagingen van vandaag

In *A Roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond* (Kennicutt, M. e.a., 2015) heeft Mahlen C. Kennicutt de Antarctische wetenschappelijke gemeenschap samengebracht om de grootste problemen die binnen de 20 komende jaren moeten worden opgelost te identificeren.

Dit artikel vermeldt 80 onderwerpen verdeeld over 7 secties: de Antarctische atmosfeer en haar interacties, de Zuidelijke Oceaan en het effect van de klimaatopwarming op de evolutie van zee-ijs, de link tussen de ijsdeklaag en het zeewaterniveau, het gevolg van de platentektoniek, het leven aan de rand van een afgrond, de nabije ruimte rondom de aarde en verder en de impact van de menselijke aanwezigheid in Antarctica.

Om deze problemen te identificeren hebben de auteurs van het artikel geen enkel onderzoeksgebied buiten beschouwing gelaten. Volgens Kennicutt 'is het proces inclusief' en 'is een langetermijnplanning essentieel om overheden te overtuigen om geld in het Antarctisch onderzoek te pompen.' Wat hem betreft is klimaatopwarming het dringendste probleem dat Antarctica bedreigt. Meer bepaald: de voorspellingen betreffende de klimaatopwarming, de stijging van het zeewaterniveau en de verzuring van oceanen.

121 jaar later...

In deze context van omstandigheden en 121 jaar na de eerste expeditie en overwintering van de Belgica in Antarctica, zal de missie Belgica121 de voetsporen volgen van de eerste Belgische verkenners. Deze nieuwe expeditie zal geleid worden door een Belgisch team en zal een duidelijke wetenschappelijke opdracht hebben: een gedetailleerd overzicht opstellen van de in de Straat van Gerlache aanwezige biodiversiteit. Deze minder bekende regio, met zijn vele fjorden en gletsjers, wordt sterk bedreigd door de klimaatopwarming.

In maart 2019 zal de bemanning (9 onderzoekers uit Belgische instellingen en drie zeemannen) de Straat van Drake oversteken vanuit Ushuaia en zich een maand lang op de westelijke kant van Antarctica vestigen.

Geschat ecologisch impact

De expeditie Belgica121 dankt haar unieke karakter aan het gebruik van een zeilboot met twee aandrijvingssystemen: een dieselmotor gecombineerd met zeilen, wat het project ecologisch vriendelijker maakt dan de gebruikelijke ijsbreker voor dit soort onderzoek. Bovendien werd dit systeem gekozen

omwille van zijn kleine formaat dat voor autonomie én flexibiliteit zorgt. Zo zullen de onderzoekers tot de minst bekende plekken in de Straat van Gerlache kunnen doordringen.

Henrik Christiansen (KU Leuven) vertelt :

'Als we grotere ijsbrekers gebruiken moeten compromissen gesloten worden om tegemoet te komen aan de belangen van de vele wetenschappers aan boord. [...] Maar de kleine bemanning van Belgica121 die vooral uit biologen bestaat laat toe om efficiënt om te gaan met de specificiteit van de plaatselijke omstandigheden.'

Een mogelijk voorbeeld van die omstandigheden is dat de verbrokkeling van het ijs een deel van de zee voor exploratie vrijgeeft.

De wetenschappelijke doelstellingen

De Belgica121-expeditie wordt gefinancierd in het kader van de BELSPO-projecten RECTO (Refugia and Ecosystem Tolerance in the Southern Ocean) en VERSO (Ecosystem Response to global change: a multiscale approach in the Southern Ocean). Deze projecten zijn opgezet om ecosystemreacties op de klimaatopwarming in de Zuidelijke Oceaan te bestuderen.

Klimaatopwarming veroorzaakt namelijk een ander probleem dan het smelten van het ijs: het verlies van biodiversiteit. De expeditie zal een zo groot mogelijk aantal soorten bestuderen. 'Het is een uitgebreid onderzoek waarbij we alles onder de loep zullen houden,' aldus Bruno Danis (ULB), leider van de expeditie.



De Australis, het onderzoeksschip van de expeditie Belgica121. (Foto door Ben Wallis, Ocean Expeditions)



De Australis. (Foto door Ben Wallis, Ocean Expeditions)

Er zijn diverse onderzoeksonderwerpen. De biologen zullen bijvoorbeeld endemische vissoorten bestuderen die zich aangepast hebben om in de ijskoude Antarctische wateren te leven. Klimaatopwarming zou voor deze organismen ernstige gevolgen kunnen hebben, en zelfs leiden tot de volledige uitsterving van de soort. Dat zou dan weer een effect kunnen hebben op het hele ecosysteem met als gevolg een grootschalig verlies van biodiversiteit op het hele continent.

Maar het werk op het terrein zal niet voldoende zijn. De geografisch gedifferentieerde biodiversiteitsgegevens zullen nog met resultaten uit andere vakgebieden, zoals de genetica, de natuurkunde, de evolutieleer en de digitale modellering, vergeleken moeten worden. En Bruno Danis bevestigt: 'En zo snel mogelijk zal gratis open toegang gegeven worden tot het geheel van alle onderzoeksgegevens, wat in volkomen overeenstemming is met de geest van het Zuidpoolverdrag.'

Belgen hebben zich meer dan een eeuw actief bezig gehouden met de verkenning en het onderzoek van het laatst ontdekte continent op aarde. Ze waren de eersten die zich engageerden voor het vreedzame en wetenschappelijke behoud van Antarctica. Het beheer van dit continent is een uniek voorbeeld van internationale samenwerking en verstandhouding, m.a.w. een voorbeeld voor het behoud van heel onze blauwe planeet.



Logo van de Belgica121-expeditie.
CC-BY 4.0: Belgica121
Expeditie (gewijzigd)



De wetenschappers en de bemanning van de expeditie Belgica121 (van links naar rechts): Thomas Saucedo (UBFC), Charlene Guillaumot (ULB, Biomar), Henri Robert (KBIN), Quentin Jossart (VUB), Francesca Pasotti (UGent), Bruno Danis (ULB), Ben Wallis (boven; Ocean Expeditions), Maximilian Heindler (KU Leuven), Simon Thornalley (boven; Ocean Expeditions), Henrik Christiansen (KU Leuven), Camille Moreau (ULB, Biomar). Staat niet op de foto: Kari Petronella (Ocean Expeditions). Foto door Henri Robert (Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen)

Referenties

- Kennicutt, M., Chown, S., Cassano, J., Liggett, D., Peck, L., Massom, R., Sutherland, W. (2015). A roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond. *Antarctic Science*, 27(1), 3-18.
- Refugia and Ecosystem Tolerance in the Southern Ocean. <http://biomar.ulb.ac.be/projects/recto/> (Laatst geraadpleegd op 9/5/18)
- Ecosystem Response to global change: a multiscale approach in the Southern Ocean. <http://biomar.ulb.ac.be/projects/verso/> (Laatst geraadpleegd op 9/5/18)
- The Scientific Committee on Antarctic Research <https://www.scar.org/> (Laatst geraadpleegd op 11/5/18)
- Ashley, M. (2012). The Antarctica Diaries : Week Three. *The conservation journal*. <https://theconversation.com/the-antarctica-diaries-week-three-4927> (Laatst geraadpleegd op 9/5/18)
- Van Camp, K. (2017). New Belgica. Toerisme. Mechelen. <https://toerisme.mechelen.be/new-belgica> (Laatst geraadpleegd op 10/5/18)
- Secrétariat du Traité sur l'Antarctique. (2011). Le traité sur l'Antarctique. <https://www.ats.aq/ats.htm> (Laatst geraadpleegd op 11/5/18)
- Brent, M. (1993). L'Antarctique et la Belgique. Bruxelles, Belgique : Labor.
- de Gerlache, H. (2009). L'Antarctique en héritage. Bruxelles, Belgique : Nevicata.
- British Antarctic Survey *Antarctica and climate change* (2017) Science Briefing. <https://www.bas.ac.uk/data/our-data/publication/antarctica-and-climate-change/> (Laatst geraadpleegd op 10/5/18)

De auteurs

Dit artikel werd geredigeerd in het kader van een project-cursus van de ULB door drie derdejaarsstudenten: Léa de Gobert, Maya Schrödl en Géraldine Mertens.
Contact: conference@belgica120.be

Dank aan onze projectpromotor Bruno Danis (ULB) voor zijn steun en hulp bij de kennismaking met dit fascinerend onderwerp. Ook hartelijk dank aan Henri de Gerlache voor zijn prachtige werk en documentaire.

Meer

De website van de eerste Belgica121-expeditie en volgende expedities in 2019 : <http://belgica120.be>



Versnipperd erfgoed

De fragmenten van het antifonarium van Beaupré

Bart Demuyt
en Ann Kelders

Op 7 juli 2015 veilt de Londense vestiging van Sotheby's een perkamenten blad uit een middeleeuws handschrift waarop muzieknotatie en tekst te lezen staan. Op aangeven van de Alamire Foundation, het aan de KU Leuven verbonden internationaal centrum voor de studie van de muziek in de Lage Landen, wordt het door de Koning Boudewijnstichting aangekocht en vervolgens in de Koninklijke Bibliotheek van België gedeponneerd. Het vervoegt hiermee vier andere fragmenten uit hetzelfde manuscript, die in de Handschriftenafdeling worden bewaard. Dit patrimonium zal tijdens de komende jaren fungeren als uithangbord en motor voor de studie en valorisatie van muziekfragmenten, die vanuit het partnerschap tussen de Koninklijke Bibliotheek en de Alamire Foundation zijn opgestart.

Een notoire oorsprong...

Achter het recent verworven blad gaat een even boeiende als complexe geschiedenis schuil. Het begin van het

verhaal voert ons terug naar het einde van de dertiende eeuw. In die periode komt de abdij van Onze-Lieve-Vrouw van Beaupré in het bezit van een antifonarium. Het handschrift, waarin de gezangen voor het getijdengebed staan opgetekend, getuigt van een uitzonderlijk luxueuze uitvoering en is rijkelijk verlucht. Het sluit hiermee perfect aan bij zijn geïntendeerde plaats van bestemming, die op de versozijde van het eerste blad als volgt wordt gepreciseerd: *Liber ecclesie beate marie de bello prato. Qui scriptus fuit anno ab incarnatione d(omi)ni millesimo cc° nonogesimo. Si quis illum abstulerit anathema sit. Si quis illum fideliter et honeste tractauerit et seruauerit benedictus sit am(en)* [Boek van de kerk van de heilige Maria van Beaupré, dat geschreven werd in het jaar duizend tweehonderd negentig vanaf de vleeswording van de Heer. Als iemand het steelt, weze hij vervloekt. Als iemand het trouw en eervol behandelt en bewaart, weze hij gezegend. Amen].



Geboorte van Johannes de Doper.
© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven) ms. II 3634/2 (rectozijde)

Geboorte van Johannes de Doper (detail).
© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven) ms. II 3634/2 (rectozijde)

Geboorte van Johannes de Doper (detail).
© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven) ms. II 3634/2 (rectozijde)



Keerzijde van de initiaal met taferelen uit het leven van Johannes de Doper.

© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven) ms. II 3634/1 (versozijde)

Het cisterciënzerinnenklooster van Beaupré, gelegen op het grondgebied van Grimminge – vandaag een deelgemeente van Geraardsbergen –, kon zich inderdaad beroemen op een adellijke herkomst. Het werd in 1228 gesticht dankzij een schenking van Aleidis, vrouwe van Boelare en weduwe van, achtereenvolgens, Filips van Harnes, Gillis van Trazegnies en Raas van Gavere, heer van Chièvres, die tot bekende Vlaamse en Henegouwse adellijke geslachten behoorden. Het klooster kon bovendien op de steun rekenen van het Vlaamse grafelijke huis en in het bijzonder van de gravinnen Johanna en Margaretha van Constantinopel. De schenking aan de abdij van het antifonarium brengt een ander adellijk geslacht in de schijnwerpers: in de marges op een van de aanvangsbladzijden van het handschrift staat de vermoedelijke opdrachtgeefster afgebeeld, die met de inscriptie *Domicella de viana* [Vrouwe van Viane] wordt geïdentificeerd. De reeds onderzochte sporen leiden in de richting van Marie de Bornaing, echtgenote van Gerard, heer van Viane, die samen als weldoeners van de abdij geattesteerd zijn.

...van een illuster handschrift

Het antifonarium, dat vermoedelijk kort na 1290 in het klooster terecht kwam, bestond oorspronkelijk uit twee, waarschijnlijk grotendeels identieke, sets van telkens drie volumes. Over hun functie en gebruik vinden we opnieuw indicaties in het handschrift zelf. Uit – jongere – notities op de schutbladen valt immers af te leiden dat de boeken gebruikt werden in het koor van de kerk, waar de zusters samenkwamen voor de liturgische diensten. De eerste reeks was bestemd voor de abdis, de tweede voor de priorin. Vermits zij tijdens de diensten tegenover elkaar stonden, moet de ene set zich dus aan de noordzijde hebben bevonden en de andere aan de zuidzijde.

De teksten die tijdens het getijdengebed op vaste momenten van de dag werden gezongen, zijn volledig voorzien van muzieknotatie en met kwaliteitsvolle materialen – zoals bladgoud – door nog niet geïdentificeerde, maar duidelijk ervaren miniaturisten verlucht. Behalve gehistorieerde initialen, die de corresponderende gezangen illustreren, bevat het handschrift eveneens vergulde en gekleurde aanvangsletters en randdecoratie met drôlerieën, grappige en vaak imaginaire figuurtjes die de marges bevolken. Ook de tekst zelf getuigt van een professionele productie. De precieze toedracht vereist verdere studie, maar de hypothese dat voor het schrijfwerk een beroep werd gedaan op het ervaren scriptorium van de nabijgelegen cisterciënzerabdij van Cambron, blijft in elk geval aannemelijk.

De samenstelling van beide sets volgt de liturgische kalender: het eerste deel bevat telkens de liturgie van Pasen tot Maria Hemelvaart (15 augustus), het tweede vervolgt tot de Advent en het derde gaat van Kerstmis tot en met Paaszaterdag.

...met een bewogen geschiedenis

Niet alleen zijn herkomst en uitvoering maar ook zijn omzwervingen en de daaraan gekoppelde overleveringsgeschiedenis hebben de faam van het antifonarium van Beaupré tot vandaag de dag bepaald.

Na de opheffing van het klooster in 1797 ten gevolge van de Franse Revolutie komt het handschrift in het commercieel circuit terecht. Wanneer het in de negentiende eeuw op de Londense boekenmarkt belandt, worden de beide sets afzonderlijk verkocht. Op dat ogenblik blijken ze ech-



Keerzijde van de initiaal met de geboorte van Johannes de Doper.

© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven)
ms. II 3634/2 (versozijde)

Keerzijde van de initiaal met de geboorte van Johannes de Doper (detail).

© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven)
ms. II 3634/2 (versozijde)

ter door elkaar te zijn geraakt: de ene reeks bestaat uit de eerste twee volumes bestemd voor de abdis en het derde deel voor de priorin, de andere uit de drie overige handschriften. Deze twee sets gaan vervolgens hun eigen, in meer of mindere mate onfortuinlijke, weg. De eerste komt via opeenvolgende privébezitters in 1957 in de Walters Art Gallery in Baltimore terecht. De tweede wordt in 1863 door Sotheby's geveild. Vooraleer het handschrift door de onbekende koper of de nieuwe eigenaar wordt opgehaald, slaat het noodlot toe: een brand die in het veilinghuis grote schade aanricht, treft ook het driedelig antifonarium dat grotendeels in vlammen opgaat. De eerste set kan de tand des tijds evenmin ongeschonden trotseren. Een van zijn negentiende-eeuwse eigenaars, de bekende kunstcriticus John Ruskin, deinst er immers niet voor terug om bladen uit het handschrift te verwijderen. Hij geeft ze als geschenk weg of gebruikt ze als illustratiemateriaal voor zijn cursussen. De volumes die in Baltimore worden bewaard, vertonen dan ook op tal van plaatsen hiaten.

De fragmenten die na de onfortuinlijke ingrepen van Ruskin aan de verdwijning of vernietiging zijn ontsnapt of de brand bij Sotheby's hebben overleefd, zijn inmiddels internationaal verspreid geraakt. Sommige zijn opgenomen in de collecties van bibliotheken of bewaarinstellingen, andere bevinden zich in privébezit. Vooral dit laatste heeft tot gevolg dat een deel van het nog bestaande materiaal niet geïdentificeerd is en dat de verhouding tussen vernietigd en vergeten erfgoed ook vandaag moeilijk kan worden ingeschat. In de Koninklijke Bibliotheek van België werden tot nog toe vier fragmenten bewaard. De oudste aanwinsten zijn twee verlichte initialen – met tekst en muziek op de versozijde – met taferelen uit het leven van Johannes de Doper (ms. II 3634/1 en II 3634/2). Hun herkomst uit een van de twee verloren boeken van de priorin maakt hen tot zeldzame getuigen van de brand bij Sotheby's. Hun bijzondere status wordt nog versterkt door het feit dat de corres-

ponderende voorstellingen in het volume van de abdis in Baltimore ontbreken. De twee overige fragmenten (ms. IV 173 en IV 548), waaraan dankzij de verwerving door de Koning Boudewijnstichting nu een derde is toegevoegd (ms. IV 1322), zijn bladen met muziek- en tekstnotatie afkomstig uit het handschrift van de priorin in de collecties van de Walters Art Gallery.

Vanuit een bijzondere casus...

In de literatuur rond middeleeuwse handschriften heeft het antifonarium een iconische status verworven. De internationale faam waarop het manuscript kan bogen, is gerelateerd aan diverse factoren. De rijkelijke en hoogstaande verlichting trekt de aandacht van kunsthistorici en de notatie brengt het binnen de interessesfeer van de musicologen. De herkomst uit de cisterciënzerinnenabdij van Beaupré en haar relaties met het mannenklooster van Cambron wekken de belangstelling van historici. De peripetieën van het handschrift sinds de negentiende eeuw maken het tot een relevante casus voor codicologen en stellen ook het erfgoeddebat en de problematiek rond de verspreiding en versnippering van patrimonium aan de orde.

De gediversifieerde aandacht is een sterkte, maar geeft tegelijkertijd ook een antwoord op de vraag waarom de studie van het antifonarium nog steeds niet is afgerond en ook vandaag in binnen- en buitenland wetenschappers bezighoudt. Bij de studie en ontsluiting van cultureel erfgoed en van middeleeuwse handschriften, in het bijzonder, botsen onderzoekers herhaaldelijk op de grenzen van hun eigen vakgebied. Zowel in beleidsprogramma's als in dossiers weerklinkt steeds luider de roep naar projecten die ruimte bieden aan een systematische benadering vanuit verschillende invalshoeken. In het geval van het antifonarium van Beaupré stelt de noodzaak aan multi- en interdisciplinariteit zich des te scherper. Dit heeft niet uitslui-

tend te maken met de combinatie van tekst, beeld en muziek, maar vooral met de complexiteit van de overlevering van het handschrift. Veel is immers verloren gegaan en wat is overgebleven kent een grote verspreidingsgraad. Deze vaststelling wordt versterkt door het feit dat het verhaal niet is afgerond: de veiling van Sotheby's in 2015 toont aan dat er sporadisch nog steeds nieuwe stukjes opduiken van de puzzel van het oorspronkelijk meer dan 1.500 folio's tellend dubbel antifonarium. Het recent verworven blad uit het antifonarium van Beaupré plaatst ons, met andere woorden, midden in de problematiek rond de vaak precarieuze en lacunaire materiële conditie van middeleeuws bronnenmateriaal, in het algemeen, en muziekfragmenten, in het bijzonder.

...naar een gecoördineerde ontsluiting van muziekfragmenten

Alhoewel er ook vandaag nog codices met muziek uit de middeleeuwen of de renaissance opduiken, is nieuw ontdekt materiaal grotendeels fragmentarisch. Deze fragmenten wijzen niet enkel de weg naar ongekende bronnen en composities, maar zijn vaak ook de sleutel tot nieuwe inzichten of de missing link bij de reconstructie van verloren erfgoed. Uitgaande van hun gecombineerde expertise en een multidisciplinaire aanpak plaatsen de Alamire Foundation en de Handschriftenafdeling van de Koninklijke Bibliotheek dit patrimonium tijdens de komende jaren dan ook bewust op hun gemeenschappelijke agenda, in het volle besef dat het onderzoek, de ontsluiting en de valorisatie ervan een drievoudige uitdaging inhouden.

Om tot relevante resultaten te komen, is het in de eerste plaats noodzakelijk om een zo breed mogelijk actieterrain af te bakenen. Het verhaal van het antifonarium van Beaupré toont de vaak internationale verspreiding van stukjes van eenzelfde bron aan. Tegelijkertijd is het echter evenzeer van belang om de aandacht op het lokale niveau te richten: fragmenten bevinden zich niet zelden dicht bij de plaats waar ze in de middeleeuwen werden vervaardigd of bewaard en zitten daardoor vaak verborgen in soms vrij ontoegankelijke instellingen als kloosters of kerkfabrieken of in privébezit. Op federaal niveau zijn de rijks- en stadsarchieven aangewezen partners. Dat zoveel bronnen vandaag slechts in fragmentarische vorm zijn overgeleverd, heeft te maken met het feit dat ze ergens in hun geschiedenis hun functie hebben verloren en ontmanteld zijn om dienst te doen als koft of bindmateriaal voor archiefstukken.



Blad uit het antifonarium van Beaupré, in 2015 aangekocht door de Koning Boudewijnstichting.
© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven) ms. IV 1322 (rectozijde)



Blad uit het antifonarium van Beaupré, in 2015 aangekocht door de Koning Boudewijnstichting.
© Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven) ms. IV 1322 (versozijde)

Een tweede uitdaging is van methodologische aard. De reeds aangehaalde hoge verspreidingsgraad van fragmenten heeft tot gevolg dat het meestal onmogelijk is om stukken die feitelijk bij elkaar horen ook fysiek weer samen te brengen. Digitalisering kan hierop een antwoord bieden, op voorwaarde dat de beelden via een adequaat platform kunnen worden geconsulteerd. Omdat niet alle fragmenten in even goede staat zijn als het blad uit het antifonarium van Beaupré, is het eveneens aangewezen om te investeren in aangepaste technieken zoals multispectrale fotografie, die de leesbaarheid van het materiaal kunnen verhogen en de digitale reconstructie faciliteren. De verdere uitbouw van het mobiele *Alamire Digital Lab* en de *Integrated Database for Early Music* van de Alamire Foundation, evenals de geplande uitbreiding van het fotografisch instrumentarium van de Koninklijke Bibliotheek, spelen hierop in.

Een derde uitdaging, ten slotte, bestaat erin om een stap verder te durven zetten dan het traditioneel musicologisch en handschriftenonderzoek. Inventariseren, digitaliseren en bestuderen vormen bij de ontsluiting van fragmenten een eerste stap. Dit perkamenten en papieren muzikaal patrimonium wordt echter pas ten volle gevaloriseerd indien het ook tot klinken kan worden gebracht. Een intensieve samenwerking binnen een constructieve driehoeksverhouding tussen academici, conservatoren en musici moet de realisatie van deze doelstelling garanderen.

Binnen dit opzet is het recent verworven blad uit het antifonarium van Beaupré veel meer dan enkel een individuele casus. Door de adelsbrieven die het als deel van een emblematisch handschrift kan voorleggen, is het in staat een prominente ambassadeursrol te vervullen voor een breder opzet, in functie van de bewaring en ontsluiting van het muzikaal patrimonium uit de Lage Landen.



Fragmenten gebruikt als omslagen voor archiefdocumenten.
© Koninklijke Bibliotheek van België ms. IV 773

Meer

Voor meer informatie over het antifonarium van Beaupré, zie, in het bijzonder, L. M. C. Randall, e.a., *Medieval and Renaissance Manuscripts in the Walters Art Gallery, III, Belgium, 1250-1530*, I, Baltimore – London, 1997, nr. 219 A-D, p. 25-56 en L. M. C. Randall, 'The Fragmentation of a Double Antiphonal from Beaupré', in L. L. Brownrigg en M. M. Smith, *Interpreting and Collecting Fragments of Medieval Books*, Los Altos Hills – London, 2000, p. 210-229. In verband met de abdij van Onze-Lieve-Vrouw van Beaupré, zie *Monasticon Belge*, VII, *Province de Flandre orientale*, III, Liège, 1980, p. 307-328.

De vijf fragmenten die vandaag in Brussel worden bewaard, zijn in het kader van de samenwerking tussen de Koninklijke Bibliotheek van België en de Alamire Foundation gedigitaliseerd met het *Alamire Digital Lab* en kunnen online worden geconsulteerd via www.idemdatabase.org. Voor de volumes in Baltimore, zie www.thedigitalwalters.org (het gaat om de handschriften W. 759 – W. 762).

De auteurs

Bart Demuyt is directeur van de Alamire Foundation — Internationaal centrum voor de studie van de muziek in de Lage Landen, en algemeen en artistiek directeur van AMUZ (Festival van Vlaanderen-Antwerpen). Ann Kelders is als werkleider verbonden aan de Handschriftenafdeling van de Koninklijke Bibliotheek van België.

Atmosferische transport- berekeningen helpen bij het opsporen van kernproeven



Station voor het detecteren van infrageluidsgolven in Port Laguerre (Nieuw-Caledonië). © CTBTO Preparatory Commission

Pieter De Meutter,
Johan Camps,
Andy Delcloo
en Piet Termonia

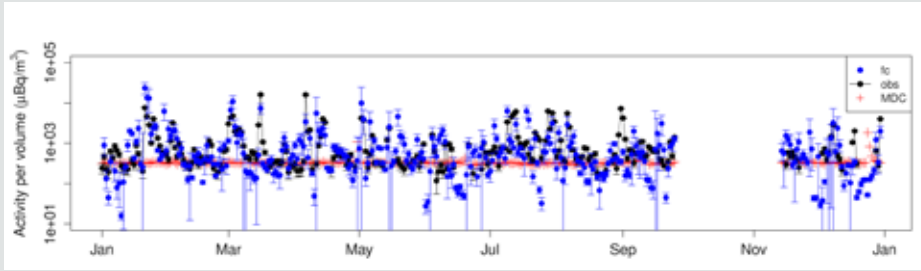
Wetenschappers van het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK•CEN), het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI) en Universiteit Gent werken samen aan technieken om met behulp van atmosferische transportmodellen de naleving van het alomvattend kernstopverdrag te verifiëren.

Het alomvattend kernstopverdrag

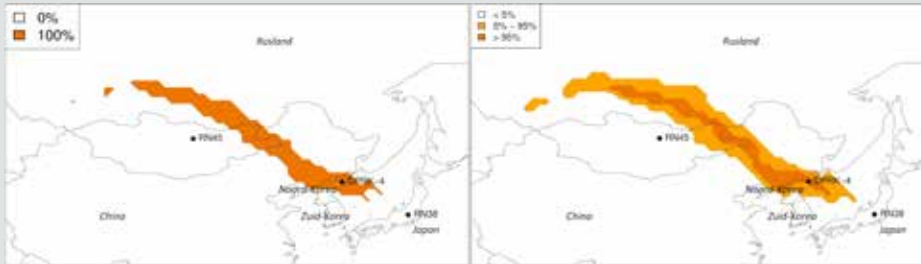
In de jaren vijftig en zestig hielden de toenmalige grootmachten geregeld bovengrondse kernproeven. Dit resulteerde wereldwijd in een meetbare verhoging van de radioactiviteit in de leefomgeving. Onder publieke druk werd daarom een verbod op alle soorten kernproeven vastgelegd, behalve ondergrondse kernproeven: de naleving hiervan was technologisch te moeilijk om te verifiëren, en bij een ondergrondse kernproef komt maar een fractie van de totale radioactiviteit vrij in de atmosfeer. In 1996 werd een nieuw, alomvattend kernstopverdrag opgesteld door de Verenigde Naties, dat ook ondergrondse kernproeven verbiedt. Ondertussen hebben 166 landen, waaronder België, dat verdrag geratificeerd. Het verdrag treedt echter pas in werking zodra acht resterende landen met kerntechnolo-

gie het verdrag ratificeren. Desalniettemin zijn in de voorbije decennia grote stappen gezet op wetenschappelijk, technologisch en diplomatiek vlak ter voorbereiding van het in werking treden van het verdrag.

De naleving van het kernstopverdrag wordt gemonitord door een wereldwijd netwerk van grondstations dat reeds voor 90% operationeel is. Het netwerk is in staat om seismische golven, infrageluidsgolven en hydro-akoestische golven te detecteren, die ontstaan bij een ondergrondse, atmosferische en onderwaterkernproef. Om echter een onderscheid te kunnen maken tussen een conventionele explosie en een nucleaire explosie, worden ook specifieke radioactieve deeltjes in de lucht gemeten met behulp van zeer gevoelige apparatuur. Die specifieke radioactieve deeltjes kunnen immers afkomstig zijn van een kerntest. Wanneer zulke radioactieve deeltjes in de lucht worden gedetecteerd, kunnen atmosferische transportmodellen gebruikt worden om de bron te helpen lokaliseren. Dat zijn computermodellen die de trajecten van deeltjes in de atmosfeer berekenen. Zodra het kernstopverdrag in werking treedt, kan bijkomend ook beslist worden om ter plekke te onderzoeken of er een kerntest heeft plaatsgevonden of niet.



Figuur 1: Tijdreeks van ^{133}Xe -radioactiviteit afkomstig van civiele bronnen voor het meetstation nabij Freiburg (Duitsland) voor het jaar 2014. De observaties worden getoond in het zwart en de gesimuleerde waarden in het blauw. De minimaal detecteerbare concentraties (MDC) worden getoond in het rood (observaties beneden de MDC hebben meer dan 5% kans om 'valse' detecties te zijn ten gevolge van de natuurlijke achtergrondstraling). De zwarte verticale foutenbalken tonen de standaardafwijking op de observatie en de blauwe verticale foutenbalken de standaardafwijking tussen de verschillende scenario's. Bron: *De Meutter et al., 2016*



Figuur 2: Mogelijke brongebieden van de ^{133}Xe -detecties na de vierde aangekondigde kerntest van Noord-Korea: (links) resultaten zonder gebruik te maken van een *ensemble* en (rechts) resultaten met gebruik van een *ensemble*. De locatie van de nucleaire test (DPRK-4) wordt getoond, net als de locatie van twee meetstations (RN38 en RN45). Bron: *De Meutter et al., 2017*

Kerntest of civiele bron?

Een van de radioactieve deeltjes die worden gemeten door het wereldwijde verificatienetwerk van het alomvattend kernstopverdrag, is radioactief xenon. Dit ontstaat in grote hoeveelheden bij een kernexplosie en heeft als edelgas een grote kans om zelfs bij een ondergrondse test deels in de atmosfeer terecht te komen. Echter, zulk xenon wordt ook uitgestoten door kerncentrales en bij de productie van medische isotopen. Deze uitstoot is niet schadelijk voor de natuur en de mens, maar leidt wereldwijd wel tot dagelijkse detecties van radioactief xenon omwille van de zeer lage detectielimieten van het netwerk. Bovendien kan de uitstoot van civiele bronnen ook de signalen van een echte kerntest maskeren. Daarom is het van groot belang om de aanwezigheid van radioactief xenon ten gevolge van civiele bronnen goed te begrijpen.

In een eerste studie werd onderzocht hoe goed computermodellen in staat zijn om het transport in de atmosfeer van radioactief xenon afkomstig van civiele bronnen te berekenen. Atmosferische transportmodellen werden gebruikt in combinatie met uitstootgegevens van civiele bronnen om de concentraties van radioactief xenon in de lucht te bepalen. Zulke modellen maken gebruik van data van weercomputers, in het bijzonder van de windsnelheid en windrichting; hiermee worden de trajecten van radioactieve deeltjes in de atmosfeer berekend. Kleinschalige turbulente bewegingen zijn niet aanwezig in de data van weercomputers en het effect van die bewegingen op de positie van de deeltjes wordt in rekening gebracht door het atmosferisch transportmodel. De resultaten van het atmosferisch transportmodel kunnen vervolgens vergeleken worden met de observaties van het wereldwijde verificatienetwerk (Figuur 1). Een vrij goede overeenkomst

is te zien tussen de observaties en de simulaties voor het meetstation nabij Freiburg in Duitsland. Uit het onderzoek bleek verder dat kerncentrales, die nochtans doorgaans veel minder radioactief xenon uitstoten dan nucleaire installaties die medische isotopen aanmaken, nabij meetstations een duidelijke impact kunnen hebben op de metingen van het verificatienetwerk.

Ondergrondse kernproeven detecteren

De locatie en het tijdstip van een ondergrondse explosie kan snel worden bepaald aan de hand van metingen door het seismische netwerk. Een dergelijke analyse laat toe om een explosie te onderscheiden van een natuurlijke aardbeving. Om zekerheid te hebben over het nucleaire karakter van de explosie, moet echter ook nog radioactiviteit worden gemeten. Radioactief xenon is een van de weinige gassen die na een ondergrondse kerntest via aardscheuren naar de atmosfeer kunnen migreren. Het is echter op voorhand niet zeker of er effectief xenon vrijkomt in de atmosfeer, en zo ja, wanneer en hoeveel er vrijkomt. Enkele weken na de derde en vierde aangekondigde kerntest van Noord-Korea werden lage concentraties radioactief xenon gemeten in een detectiestation in Japan. Indien meerdere specifieke isotopen van xenon tegelijk worden gedetecteerd, kan de verhouding van hun concentraties gebruikt worden om te bepalen of het xenon afkomstig is van een civiele bron of van een kerntest. Daarnaast kunnen atmosferische transportmodellen worden gebruikt om te kijken vanwaar het radioactief xenon afkomstig kan zijn. Die berekeningen bestaan uit twee stappen: eerst wordt voor elke meting de trajecten doorheen de atmosfeer van de radioactieve deeltjes terug in de tijd berekend. Daarna wordt op basis hiervan, in combinatie met de geobserveerde concentraties, de best mogelijke bronlocaties en uitstootprofielen bepaald.

Dat gebeurt via een zogenaamde optimalisatie-procedure: voor elke mogelijke bronlocatie wordt er een bronterm geschat, waarna de gesimuleerde concentraties worden vergeleken met de geobserveerde concentraties. Vervolgens wordt de bronterm zodanig aangepast dat de gesimuleerde concentraties zo goed mogelijk in overeenstemming zijn met de geobserveerde concentraties. Indien er voor een bepaalde locatie een voldoende grote overeenkomst is tussen de gesimuleerde en geobserveerde concentraties, wordt die locatie als een mogelijk brongebied beschouwd. Een voorbeeld van mogelijke brongebieden voor de metingen na de vierde Noord-Koreaanse kerntest is te vinden in Figuur 2. Uit de berekeningen bleek dat de nucleaire test-site in Noord-Korea een mogelijke bronlocatie is voor het gemeten radioactieve xenon.

Een set van scenario's

De resultaten van atmosferische transportmodellen bevatten onzekerheden die moeilijk te kwantificeren zijn. Zo'n onzekerheidsbepaling kan toegepast worden op voorwaartse berekeningen (waarbij concentraties in de lucht worden berekend op basis van gekende bronnen) en inverse berekeningen (waarbij informatie over de bron wordt berekend op basis van gemeten concentraties in de lucht). Een belangrijke bron van onzekerheden zijn winddata afkomstig van weermodellen die gebruikt worden om de trajecten van de deeltjes te berekenen. Om die onzekerheid te bepalen, wordt gebruik gemaakt van een ensemble, een verzameling van verschillende realistische meteorologische scenario's waarvan de spreiding tussen de verschillende scenario's de onzekerheid weergeeft. Zulke scenario's worden ook gebruikt om onzekerheden in de weersvoorspellingen te bepalen. Het transportmodel doet een nieuwe berekening voor elk scenario. De spreiding in de resultaten kan dan gebruikt worden om de onzekerheden te bepalen, zoals werd gedaan in Figuren 1 en 2. Net zoals het model moet worden gevalideerd door observaties te vergelijken met simulaties, moet de onzekerheidsbepaling worden gevalideerd: hiervoor wordt de afwijking tussen de observatie en de simulatie vergeleken met de voorspelde onzekerheid. Bij een goede onzekerheidsbepaling zijn de statistische eigenschappen van beide gelijk.

Het Belgisch Nationaal Data Centrum

Data van het verificatienetwerk worden dagelijks en automatisch doorgestuurd naar het Internationaal Data-centrum te Wenen. Die gegevens worden vervolgens verwerkt en beschikbaar gesteld aan de nationale datacentra van landen die het alomvattend kernstopverdrag hebben ondertekend. Elk land dat het verdrag heeft ondertekend kan zo de naleving van het verdrag controleren. Voor België valt het nationaal datacentrum onder de bevoegdheid van het Ministerie voor Buitenlandse Zaken. Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK•CEN), het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI) en de Universiteit van Luik maken deel uit van het nationaal datacentrum. Hoewel het in werking treden van het verdrag nog even op zich laat wachten, hebben Belgische wetenschappers

reeds expertise opgebouwd om de naleving van het verdrag te verifiëren. Zo worden verdachte metingen in het wereldwijde netwerk opgevolgd en atmosferische transportberekeningen gestart om meer informatie over de oorsprong van een verdachte meting te bekomen, en wordt er onderzocht hoe de technieken hiervoor te verfijnen.



Station voor metingen van radioactieve deeltjes in Beijing (China).
© CTBTO Preparatory Commission

De auteurs

Pieter De Meutter (SCK•CEN, KMI, Universiteit Gent), Johan Camps (SCK•CEN), Andy Delcloo (KMI) en Piet Termonia (KMI, Universiteit Gent).

Meer

Website van de organisatie voor het alomvattend kernstopverdrag (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organisation): www.ctbto.org/

Referenties

De Meutter, P., J. Camps, A. Delcloo, B. Deconninck & P. Termonia, 2016 : On the capability to model the background and its uncertainty of CTBT-relevant radioxenon isotopes in Europe by using ensemble dispersion modelling. *J. Environ. Radioact.*, 164, 280-290.
De Meutter, P., J. Camps, A. Delcloo & P. Termonia, 2017 : Assessment of the announced North Korean nuclear test using long-range atmospheric transport and dispersion modelling. *Sci. Reports.*, 7(1), 8762.

Smurfen op de Koninklijke Sterrenwacht van België



Figuur 1: 1980-1981: De oceaantijden.

Michel Van Camp, Bernard Ducarme,
Michel van Ruymbeke, Pascale Defraigne,
Marc Hendrickx, Wim Van der Putten,
Rodrigo Alvarez en Kris Vanneste

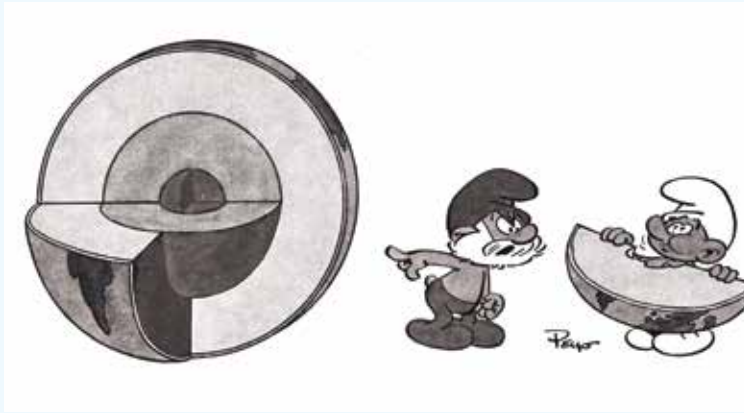
Paul Melchior (1925-2004), voormalig directeur van de Koninklijke Sterrenwacht van België, was een vriend van strip-tekenaar en scenarioschrijver Pierre Culliford (1928-1992), beter bekend onder de naam Peyo. Zijn persoonlijke relatie met Peyo leidde tot een origineel initiatief. Samen besloten ze de figuren van de Smurfen te gebruiken om het geodynamisch onderzoek van de Sterrenwacht te illustreren. Zo vrolijkten de kleine blauwe mannetjes vanaf 1966 niet minder dan achttien wenskaarten op die geïnspireerd waren door het onderzoek en de instrumenten van de Sterrenwacht.

Deze kaarten vormen een verrassende ontmoeting tussen de imaginaire stripwereld en de echte wereld van het wetenschappelijk onderzoek. Door het vertalen van wat destijds een opmerkelijk wetenschappelijk avontuur was naar de wereld van de Smurfen, gaf Peyo in deze tekeningen een externe, weliswaar gekleurde, visie over hoe het leven en de activiteiten van een onderzoeksgroep in de aardwetenschappen er uitzien.

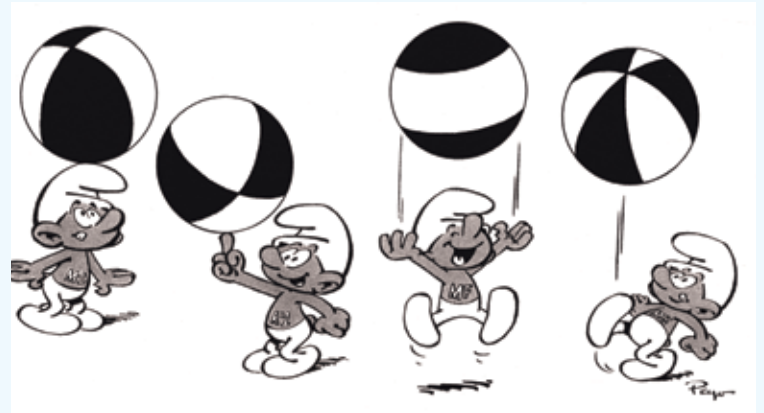
We vinden er alles in terug: instrumenten en hoe ze gebruikt worden, waarnemingsmissies over de hele wereld, theoretisch onderzoek, berekeningen op basis van waarnemingen, publicaties, literatuur en wetenschappelijke controverse, internationale contacten, enz. En dat alles blijft 40 jaar later nog altijd actueel!

Zo hebben de Smurfen grote belangstelling getoond voor de aardwetenschappen en werden ze ijverige leerlingen van de meest geavanceerde theorieën. Ze moesten de kou van het hoge noorden trotseren, maar ze konden ook uitrusten op paradijselijke stranden tijdens hun opdrachten in exotische landen.

Het aardwetenschappelijk onderzoeksprogramma van Paul Melchior werd in 1956 duidelijk gedefinieerd: opzetten van een netwerk van permanente stations voor het registreren van aardgetijden en onderzoek naar de indirecte effecten van oceaantijden op de metingen. Om dit te verwezenlijken moesten nieuwe ultragevoelige instrumenten en nieuwe analysemethoden ontwikkeld worden, mede mogelijk gemaakt door de snelle ontwikkeling van de computer. Het is dit avontuur dat hierna wordt verteld.



Figuur 2: 1966-1967: Het binnenste van de aarde, samengesteld uit een vaste binnenkern, een vloeibare buitenkern en een vaste mantel.



Figuur 3: 1967-1968: Verschillende vervormingen van de aarde gerelateerd aan verschillende getijdengolven. (golven M2, K1, Mf en M3).

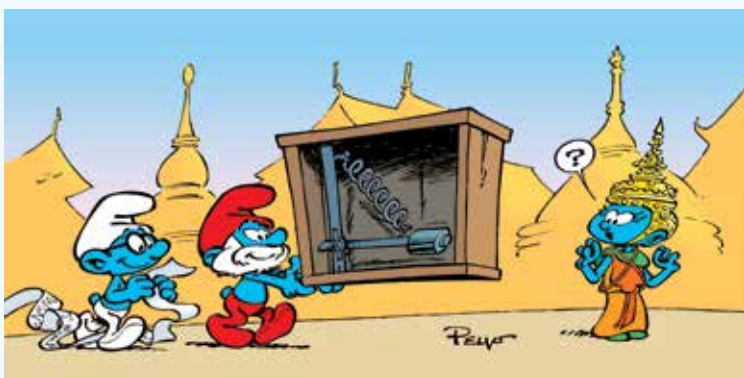
Het fenomeen van de getijden

De getijdenkrachten zijn het gevolg van het gecombineerde effect van de aantrekkingskracht van de maan en de zon op de aarde en van de relatieve bewegingen van deze hemellichamen in hun banen. De oceaantijden (Figuur 1) zijn het bekendste fenomeen dat door deze krachten wordt veroorzaakt. Aan de kusten van onze streken heeft de dominante getijdengolf een periode van 12 uur en 25 minuten. Om deze reden verschuiven de tijdstippen van eb en vloed elke dag met 50 minuten.

Het effect op de aarde: de aardgetijden

Aangezien de aarde elastisch is (Figuur 2), vervormen dezelfde krachten ook de aardbol, wat resulteert in een verticale verplaatsing van het aardoppervlak die 50 centimeter kan bedragen: dit zijn de terrestrische of aardgetijden. In Figuur 3 amuseren de Smurven zich met enkele vervormingsmodellen geleend van wetenschappers. Deze modellen vertegenwoordigen de verschillende getijdengolven, die verschillen in hun periodiciteit (lange periode, 1 dag, halve dag, 1/3e dag) en in de manier waarop ze het aardoppervlak vervormen. We zien op de afbeelding:

- De langperiodieke vervormingen: verschillende golven, vrij bescheiden in amplitude en met perioden gerelateerd aan de orbitale beweging van de maan en de zon; hierbij ook *Mf*, veroorzaakt door de maan, met een periode van 13,66 dagen;
- De dagelijkse vervormingen: verschillende golven met perioden van ongeveer een dag; de belangrijkste hiervan is *K1*, veroorzaakt door de rotatie van de aarde om haar as ten opzichte van de sterren. De periode ervan komt overeen met de lengte van de siderische dag ofwel 23 u 56 min;
- Halfdagelijkse vervormingen: verschillende golven met perioden rond een halve dag; de belangrijkste hiervan is *M2*, die het gevolg is van de combinatie van de rotatie van de aarde om haar as en de beweging van de maan in haar baan. De periode van 12 uur en 25 minuten is ook deze die de oceaantijden domineert in onze streken;
- De minder bekende, zwakkere 'ter-diurnale' vervormingen die driemaal per dag optreden: deze worden aangeduid als *M3* en zijn toe te schrijven aan onregelmatigheden in de beweging van de maan in haar baan om de aarde.



Figuur 4: 1973-1974: Installatie van een relatieve gravimeter in Bangkok.



Figuur 5: 1976-1977: Installatie van een relatieve gravimeter in Polynesië.

Het is de combinatie van al deze golven die de complexe en regelmatige beweging van de grond onder onze voeten veroorzaakt.

Aardgetijden worden op hun beurt ook verstoord door de oceaantijden. De bewegingen van de oceanen produceren namelijk zwaartekrachtvariatiën die te wijten zijn aan de aantrekkingskracht van de verplaatste watermassa's en aan het doorbuigen van de aardkorst onder hun gewicht. Dit effect kan belangrijk zijn. Ter hoogte van de landtong van Cornwall bijvoorbeeld, veroorzaakt het getij in het Kanaal tweemaal per dag een beweging van de aardkorst met 10 cm, bovenop de vervorming van enkele tientallen centimeters die zonder de aanwezigheid van de oceaan zou optreden. Omdat de effecten van oceaantijden en aardgetijden gesuperponeerd zijn, worden numerieke modellen toegepast om de effecten van de oceaantijden in metingen van de aardgetijden (Figuur 1) te corrigeren.

De aardgetijden meten

Getijdenkrachten wijzigen de vorm van de aarde, maar brengen ook variaties van de zwaartekracht g teweeg. In het station Ukkel, bijvoorbeeld, is g gelijk aan $9,81117xxxx \text{ m/s}^2$; de decimalen $xxxx$ variëren in de tijd door de getijdenkrachten. Deze variaties hebben een grootteorde van 0.0000025 m/s^2 , d.w.z. dat wanneer een massa van één ton wordt gewogen bij het maximum en bij het minimum van een gravimetrisch getij, het gewicht ervan met slechts 0,25 gram varieert. Toestellen om de zwaartekracht of de variaties ervan te meten worden gravimeters genoemd. De meeste gravimeters bestaan uit een veer waaraan een massa bevestigd is die beweegt in functie van de zwaartekrachtvariatiën (Figuren 4 en 5). De beste veergravimeters meten zwaartekrachtveranderingen met een relatieve nauwkeurigheid van enkele miljardsten van g . Sinds de jaren tachtig wordt met supergeleidende gravimeters, gebaseerd op een supergeleidende bol die zweeft in het magnetisch veld van twee supergeleidende magneten, een veel betere nauwkeurigheid en stabiliteit bereikt (Figuur 6).

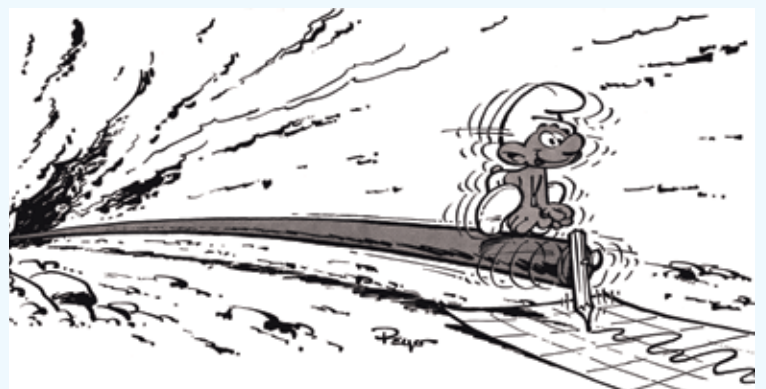
Daarnaast resulteren de vervormingen van de aardbol ook in kanteling (of hellingsverandering), uitrekking en inkrimping van de grond. Hellingsveranderingen worden gemeten met clinometers. Het is met een clinometer ontwikkeld door Jean Verbaandert en Paul Melchior dat de Smurfen de hellingsveranderingen van de ondergrond in een kolenmijn op Spitsbergen in het hoge noorden zijn gaan meten (Figuur 7).



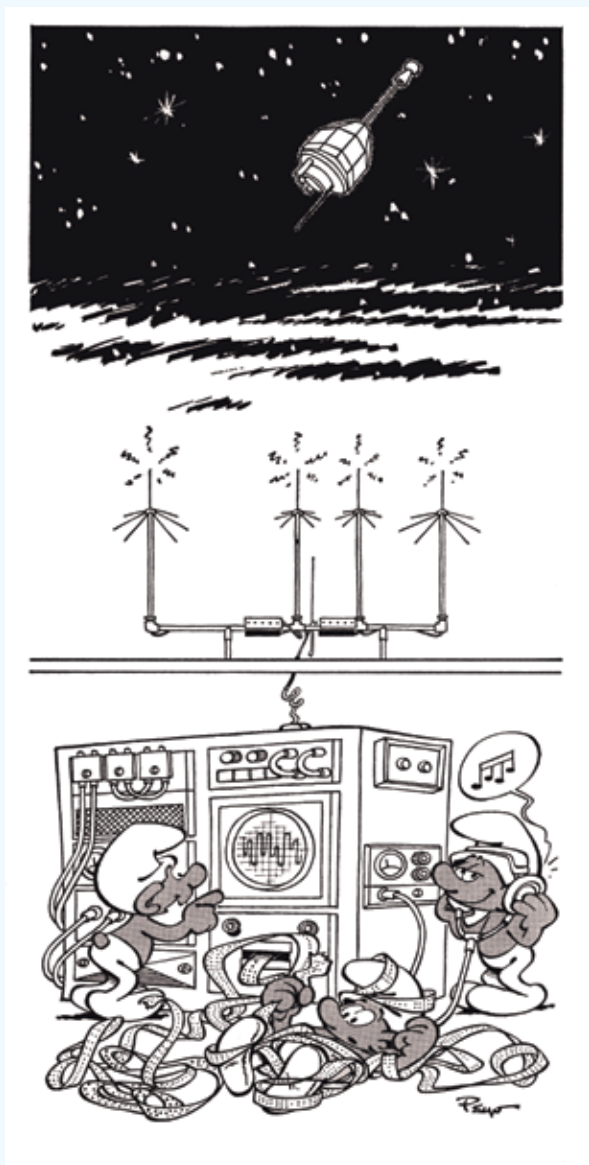
Figuur 9: 1974-1975: Verticale extensometer.



Figuur 7: 1969-1970: Installatie van een clinometer op Spitsbergen.



Figuur 8: 1971-1972: Horizontale extensometer.



Figuur 11: 1972-1973: Installatie te Ukkel van een TRANSIT-ontvangststation, voorloper van het GPS-systeem.

Uitrekking resulteert in relatieve veranderingen van de afstand tussen twee nabijgelegen punten in de aardkorst die meestal niet groter zijn dan ongeveer 0,001 mm per 20 m. Deze worden gemeten met behulp van extensometers over basislengten van enkele tientallen meters. De Smurfen hebben verschillende soorten extensometers ontwikkeld om de horizontale en verticale rekkingen van de aarde te meten (Figuren 8 en 9). Deze instrumenten moeten beschermd worden tegen temperatuurschommelingen. Daarom worden ze opgesteld achter in ondergrondse galerijen van minstens 100 m lang en op een diepte van minstens 50 m onder het aardoppervlak.

Metingen over de hele wereld

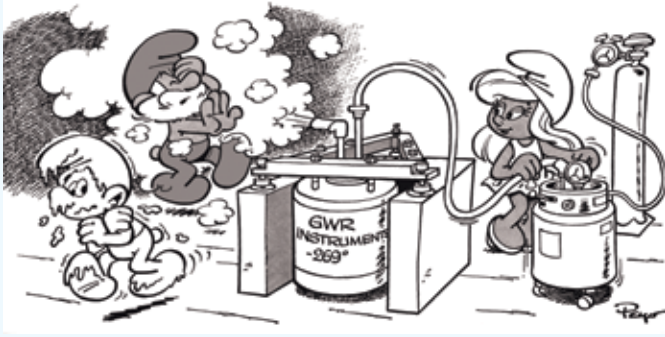
Tussen 1973 en 1992 ondernamen Paul Melchior en zijn team de uitbouw van een wereldwijd netwerk van tijdelijke stations waar de getijdenparameters met precisie zouden worden gemeten. Ze reisden de wereld af met hun gravimeters en installeerden hun instrumenten op meer dan honderd plaatsen om metingen van de aardgetijden te verzamelen in het kader van een 'mondiaal profiel van gravimetrische getijden' (*Trans World Profile*). Elke keer moest een honderdtal kilogram materiaal worden vervoerd, dat vaak beschermd moest worden tegen transportrisico's, de overdreven nieuwsgierigheid van de douane, de grillen van het lokale klimaat, enz. De keuze van de stations was van het grootste belang: de opstelling moest gebeuren in een kelder of op zijn minst in een rustige ruimte op de begane grond, waarin de temperatuurverschillen zo laag mogelijk waren. Meestal reisde de wetenschapper van de Sterrenwacht alleen. Eénmaal ter plaatse duurde de installatie en de controle van de instrumenten ongeveer een week. Deze tijd werd tevens benut om de personen op te leiden die zouden instaan voor het onderhoud. De gravimeters bleven ter plaatse voor een observatietijd van 6 maanden. Deze enorme inspanning maakte het mogelijk gegevens te verzamelen van 142 observatiepunten (Figuren 4, 5 en 10), op basis waarvan theoretische modellen van de aarde verbeterd konden worden. Dit heeft geleid tot een betere kennis van de aardbol, onder meer over de vorm van de vloeibare buitenkern.



Figuur 10: 1979-1980: Transport per vliegtuig van gravimeters naar China.



Figuur 12: 1975-1976: Installatie van de Siemens-computer in Ukkel.



Figuur 6: 1982-1983: Installatie van een supergeleidende relatieve gravimeter in Ukkel.



© Koninklijke Sterrenwacht van België

De supergeleidende gravimeter

In 1968 slaagden onderzoekers van de Universiteit van Californië erin om een holle metalen bol met een diameter van 2,5 cm onder extreem stabiele omstandigheden zwevende te houden dankzij supergeleiding. Supergeleiding ontstaat in sommige metalen onder een bepaalde kritische temperatuur dicht bij het absolute nulpunt ($-273,15^{\circ}\text{C}$ of 0 K). Voor lood bijvoorbeeld bedraagt de kritische temperatuur -266°C of 7,2 K. De elektrische weerstand daalt dan plotseling tot nul en een elektrische stroom kan dan oneindig lang door een spoel vloeien, zonder enige externe interventie. Zo verkrijgt men dus een perfect stabiel elektromagnetisch veld dat de bol zwevende houdt en waardoor zwaartekrachtmetingen met een ongeëvenaarde precisie mogelijk worden: dit is het principe van de supergeleidende gravimeter. Om dergelijke lage temperaturen te bereiken wordt de sensor, die de spoelen en de bol bevat, ondergedompeld in een vloeibaar heliumbad bij -269°C of 4,2 K.

De Koninklijke Sterrenwacht van België nam in 1982 een supergeleidende gravimeter in gebruik te Ukkel, destijds één van de eerste twee in Europa. In tegenstelling tot bij de huidige modellen verdampte het vloeibaar helium zeer snel, waardoor de Smurfs het vat met helium regelmatig moesten bijvullen, tot grote ergernis van de Koude Smurf (Figuur 6). Dit instrument bleef in gebruik tot het jaar 2000, maar

in 1995 en 2014 werden apparaten van de nieuwe generatie geïnstalleerd in het ondergronds station van Membach en op de site van de grot van Lorette in Rochefort, waar ze nog steeds actief zijn. Deze tamelijk zware instrumenten meten continu op eenzelfde plaats en worden heel zelden verplaatst. Door de hoge kwaliteit van hun metingen hebben ze echter fundamentele bijdragen geleverd, en doen ze dat nog steeds, aan de wetenschap van het meten en aan de studie van getijden en andere variaties van de zwaartekracht, onder andere veroorzaakt door fluctuaties in grondwatermassa's.

De start van de ruimtegeodesie

In de jaren zeventig speelde de Sterrenwacht een pioniersrol in de positiebepaling door satellieten. In 1972 ontving de Sterrenwacht namelijk een TRANSIT-ontvangststation, een voorloper van het GPS-systeem, van de Amerikaanse marine. Dit systeem van 'ruimtegeodesie' (meting van de vorm van de aarde met behulp van signalen verstuurd vanuit de ruimte) bood een nauwkeurigheid van 50 cm. Met het GPS-systeem (en de Europese Galileo- en Russische GLO-NASS-systemen) bereikt men tegenwoordig een nauwkeurigheid van minder dan één centimeter. Deze satellietmetingen (Figuur 11) openen een nieuwe weg in de studie van de vervormingen van de aarde.



Figuren 13, 14, 15: 1968-1969, 1981-1982, 1983-1984: Enkele theoretische werken.

Eerste computer bij de Koninklijke Sterrenwacht van België

Door deze meetcampagnes en deze nieuwe instrumenten was de hoeveelheid waarnemingsgegevens enorm toegenomen. Hierdoor was het nodig om een beroep te doen op de informatica - van toen! - om de gravimetrische registraties te analyseren (Figuur 12) en ze te vergelijken met theoretische modellen. Op initiatief van Paul Melchior werd in 1963 een IBM1620-computer geïnstalleerd op de Koninklijke Sterrenwacht van België. Halverwege de jaren zeventig werd een Siemens-computer geïnstalleerd in een gebouw dat hiervoor speciaal ontworpen was. Dankzij computers kon Paul Melchior vanaf 1980 ook een databank ontwikkelen voor het *Centre International des Marées Terrestres*. Het doel was om alle beschikbare aardgetijdenmetingen van over de hele wereld te groeperen en beschikbaar te maken voor wetenschappers.

Modellering van de vervormingen van de aarde en zwaartekrachtvariaties

Paul Melchior en zijn hele team hebben veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van theoretische modellen van aardgetijden om de waarnemingen te verklaren. Ze moesten lange formules opstellen om de vervormingen van de aarde en de zwaartekrachtvariaties, veroorzaakt door getijdenkrachten van de maan en de zon, te beschrijven. Hierbij moest rekening worden gehouden met de elasticiteit van de aarde, de belasting door oceanen en de aanwezigheid van een vloeibare buitenkern in de aarde. De verschillende mo-

dellen werden vervolgens geconfronteerd met de metingen. Uiteindelijk, na tal van discussies en opeenvolgende verbeteringen, konden Paul Melchior en zijn assistenten aantonen dat hun getijdenmodel overeenkwam met de metingen van de instrumenten met een verschil van minder dan 0,1% (Figuren 13 tot 15).

Publicatie van de theoretische en experimentele resultaten

Om de verspreiding van resultaten mogelijk te maken binnen de wetenschappelijke wereld, stelde Paul Melchior in 1956 de publicatie voor van een *Bulletin d'information des Marées Terrestres* (BIM), waarvan 150 nummers werden uitgegeven. Voor een betere wetenschappelijke uitwisseling vertaalde Anne-Marie Bary, de vrouw van Paul Melchior, Russisch geschreven artikels van wetenschappers uit het toenmalige Oostblok, die eveneens zeer actief waren op dit domein (Figuur 16), naar het Frans.

Paul Melchior schreef in 1978 ook een verhandeling over de studie van de aardgetijden (*Tides of the Planet Earth*). Deze fundamentele tekst, die alle aspecten van het probleem behandelt, was hét referentiewerk voor een hele generatie onderzoekers. Hij bespreekt in dit werk in het bijzonder de 'Love parameters' (genoemd naar Augustus H.L. Love, 1863-1940), die de vervorming van de aarde onder invloed van de getijden beschrijven (Figuur 17).



Figuur 16: 1970-1971: Vertalingen van artikels van het Russisch naar het Frans.



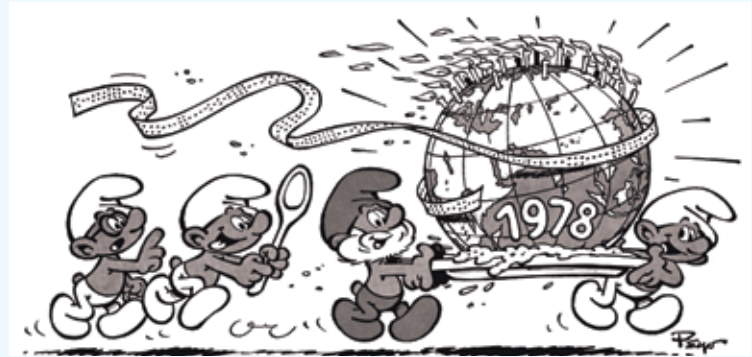
Figuur 17: 1978-1979: De Love-parameters, waarmee de vervormingen van de aarde beschreven worden.

Het Internationaal Centrum voor Aardgetijden

Paul Melchior maakte gebruik van het momentum van internationale samenwerking dat werd gegenereerd door het Internationaal Geofysisch Jaar (1957-1958). In 1958 richtte hij het 'Internationaal Centrum voor Aardgetijden' (*Centre International des Marées Terrestres*) op, waarvan het hoofdkantoor tot 2008 op de Sterrenwacht bleef en dat een permanente dienst was van de *International Association of Geodesy* (IAG) (Figuur 18).

Het avontuur gaat verder

Net zoals bij de Smurfen gaat het avontuur verder op de Koninklijke Sterrenwacht van België! Zo beschikt de Sterrenwacht sinds 1996 ook over een absolute gravimeter. Dit is een instrument dat de zwaartekrachtversnelling meet aan de hand van de val van een object in een vacuüm. De absolute gravimeter draagt vandaag bij tot baanbrekend onderzoek in de aardwetenschappen (Figuur 19).



Figuur 18: 1977-1978: Twintigjarig bestaan van het Internationaal Centrum voor Aardgetijden.

Alle illustraties:



© Pezzo - 2018 - Lic. I.M.P.S. (Brussels) - www.smurf.com

De auteurs

Koninklijke Sterrenwacht van België: Michel Van Camp, Michel van Ruymbeke, Pascale Defraigne, Marc Hendrickx en Kris Vanneste.

Planetarium: Wim Van der Putten en Rodrigo Alvarez
Université catholique de Louvain, ELI: Bernard Ducarme



Figuur 19: 2018: De absolute gravimeter. Met dank aan Miguel Diaz Vizoso en IMPS voor de mooie tekening. Foto © K. Vanneste

Stemmen uit het verleden

De Koninklijke Commissie voor Geschiedenis en ons historisch patrimonium

Guy Vanthemsche

Zorg voor erfgoed staat momenteel hoog aangeschreven, en terecht. Een samenleving zonder voeling met (en respect voor) haar verleden is immers als een persoon die lijdt aan geheugenverlies. Monumenten, voorwerpen, gebruiken en tradities, ja zelfs landschappen, moeten dus gevrijwaard worden. Momenteel is dat een taak van de gewesten en gemeenschappen. Maar er bestaat ook een federale instelling die zich ontfermt over een heel specifiek aspect van ons historisch patrimonium: de Koninklijke Commissie voor Geschiedenis. Maak kennis met deze eerbiedwaardige 'oude dame' die nog bijzonder dynamisch en levenskrachtig is!

Een lange traditie

De Koninklijke Commissie voor Geschiedenis (KCG) is bijna zo oud als België zelf. Ze werd immers opgericht door het koninklijk besluit van 22 juli 1834. Die quasi gelijktijdigheid is geen toeval. De oprichters van de Belgische natie-staat waren erop gebrand om de historische diepgang van hun nieuwe land aan te tonen. Daarom vonden ze het nodig om in het verre verleden – tot in de vroege middeleeuwen – de historische bronnen van het (volgens hen slechts 'schijnbaar') piepjonge België op te sporen en bekend te maken. De nieuwe Commissie kreeg dus als opdracht 'de onuitgegeven Belgische kronieken op te zoeken en aan het daglicht te brengen' (*'de rechercher et mettre au jour les chroniques belges inédites'*). Een schare specialisten werd aangeduid om die taak tot een goed einde te brengen. De meest bekende onder hen was ongetwijfeld Jan-Frans Willems, ook gekend als een van de vaders van de Vlaamse Beweging...

De Commissie kweet zich met brio van die opdracht. Tal van onuitgegeven middeleeuwse kronieken werden van onder het stof der archieven gehaald en gepubliceerd in boekvorm. Maar gaandeweg werd het ook duidelijk dat het historische documentaire patrimonium zich niet beperkte tot dergelijke *verhalende* bronnen. Andere soorten archiefdocumenten bleken minstens even waardevol om het verleden te begrijpen: stadsrekeningen, middeleeuwse oorkonden, tellingen van haarden, briefwisseling van vooraanstaande bewindslieden, geschriften van minder bekende personen (maar die toch een inzicht bieden in de



De historicus Henri Pirenne was meer dan 25 jaar lang secretaris van de Koninklijke Commissie voor Geschiedenis.

mentaliteit van onze voorouders), enz. Naarmate de tijd vorderde, heeft de KCG zich dus ook ontfermd over dergelijke documenten. Die uitbreiding van het werkveld van de Commissie komt goed tot uiting in de jongste officiële formulering van haar opdracht: '(...) de schriftelijke bronnen met betrekking tot de geschiedenis van België op te sporen, te registreren, uit te geven en te onderzoeken, kritische studiën over deze bronnen te publiceren en werkinstrumenten ter beschikking van de geschiedkundigen te stellen' (organiek reglement van 1 april 1976).

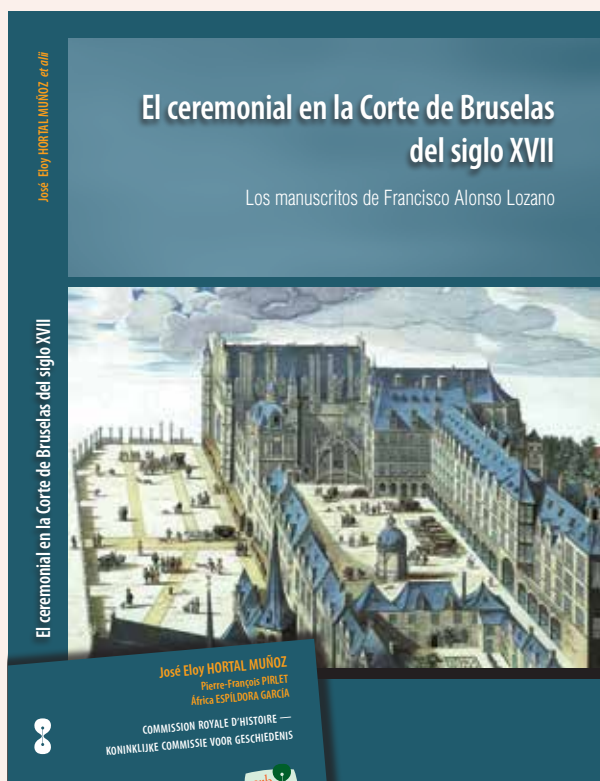
Publicatie van onuitgegeven documenten

Dat was (en blijft) dus de *core business* van de KCG: de publicatie van historische documenten die in openbare of private archieven bewaard worden, maar die omwille van hun unieke en belangwekkende karakter toch een bredere bekendheid en raadpleegbaarheid verdienen. Dankzij die publicatie kunnen vorsers in binnen- en buitenland kennis nemen van die bronnen zonder zich te moeten verplaat-

sen naar een soms verafgelegen archief. Zo worden de documenten zelf ook beter gevrijwaard, want een te intense consultatie zou hun fysiek voortbestaan op de lange duur aantasten. Bijgevolg heeft de KCG sedert meer dan achttien decennia tal van onuitgegeven documenten gepubliceerd, telkens voorzien van een omstandige inleiding en van vele verklarende voetnoten. Want de publicatie van een historisch document behelst natuurlijk veel meer dan de loutere reproductie ervan op een nieuwe drager. De uitgever van een historische tekst moet immers ook de context toelichten waarin dat document is ontstaan; hij of zij moet de kenmerken ervan duidelijk maken (om de betrouwbaarheid en de bruikbaarheid goed te kunnen inschatten); hij of zij moet ook heel wat concrete elementen verduidelijken (begrippen, termen, afkortingen, identificatie van plaatsnamen en personen, enz.); anders zouden die oude teksten onbegrijpelijk of onbruikbaar zijn voor de hedendaagse lezer. De wetenschappelijke publicatie van een historisch document is dus een heel aparte stiel. Het is een tijdrovende en arbeidsintensieve bezigheid, maar ze bewijst enorme diensten aan de andere onderzoekers, nu en in de toekomst.

Die talloze publicaties verschenen ofwel in de *Handelingen van de Koninklijke Commissie voor Geschiedenis* (nu in hun 184ste jaargang), ofwel als een afzonderlijk boekwerk (ondertussen zijn er al vele honderden titels verschenen). Waar de KCG zich in de eerste jaren vooral toeleedde op de bronnen uit de middeleeuwen, heeft ze later ook veel aandacht besteed aan de nieuwe tijd (16de-18de eeuw) en, recentelijk, aan de hedendaagse geschiedenis (19de-20ste eeuw). Om de ondankbare maar toch nuttige taak van de publicatie van onuitgegeven bronnen voor het voetlicht te brengen, te stimuleren en te valoriseren, schrijft de KCG alternerend twee jaarlijkse prijzen uit: de Prijs Henri Pirenne (naar de grote historicus die meer dan 25 jaar lang het secretariaat van de Commissie waarnam) en de Prijs Bryce en Mary Lyon (naar twee VS-historici die nauwe banden onderhouden hebben met de KCG). Beide prijzen bekronen de auteur(s) van exemplarische tekstuitgaven.

Het is natuurlijk onbegonnen werk om een overzicht te bieden van al het erudiete werk dat door de Commissie werd gepubliceerd dankzij een jaarlijkse subsidie van Belspo. Bijgevolg vermelden we enkel een paar recente publicaties. De *Handelingen* van 2018 zijn integraal gewijd aan de uitgave van opmerkelijke documenten uit de Eerste Wereldoorlog – een initiatief dat uiteraard past in de honderdste verjaardag van het einde van dit bittere conflict. Een recente monografie bestond uit de publicatie (door Ginette Kurgan-van Hentenryk) van de onuitgegeven memoires van Max-Léo Gérard (1879-1955), een vooraanstaand liberaal politicus en zakenman; dit document onthult heel wat over het reilen en zeilen in de Belgische twintigste-eeuwse politiek. Ander voorbeeld: in 2017 publiceerde de Franse hoogleraar Alain Lottin de dagboeken van een zeventiende-eeuwse monnik, Jean De Le Barre, die (onder meer) de verschrikkingen van de toenmalige godsdienstoorlogen beschreef. Maar ondertussen blijft de KCG ook verder werken aan de ontsluiting van middeleeuwse



documenten, zoals bijvoorbeeld *De oorkonden der graven van Vlaanderen (juli 1128 - september 1191)*, door Thérèse de Hemptinne, Lieve De Mey en Adriaan Verhulst.

Belangrijk om op te merken: de publicatie van onuitgegeven documenten is lang niet alleen het werk van de leden van de KCG zelf. Historici uit binnen- en buitenland leveren zelfs het merendeel van de publicaties. Hun voorstellen worden telkens grondig en kritisch doorgenomen door een vierkoppige 'jury' bestaande uit leden van de Commissie. Lang voordat *peer review* en GPRC (*Guaranteed Peer Review Content*) modieuze begrippen werden, paste de Commissie dus al dergelijke kritische screeningmethodes toe.

Nieuwe uitdagingen: digitalisering, werkinstrumenten en databases

Vanaf het einde van de 20ste eeuw verkreeg het begrip 'publicatie' natuurlijk een nieuwe dimensie. De digitale wereld ontstond en bloeide open... en bracht een omwenteling teweeg in de wetenschappelijke praktijk. Ook de KCG heeft uiteraard ingespeeld op die innovatie, die tegelijk een uitdaging en een opportuniteit is. Eerst en vooral heeft ze zich ingespannen om de vroegere papieren publicaties te digitaliseren en op het wereldwijde web te plaatsen. Zo is de volledige collectie van de *Handelingen* voortaan in pdf-vorm gratis op het web te raadplegen, dankzij medewerking van de Franse instelling Persée (ondersteund door het CNRS), en die tot doel heeft hoogwaardige wetenschappelijke tijdschriften online beschikbaar te maken (www.persee.fr). Ook tal van niet meer verkrijgbare monografieën werden gescand; zodoende kregen ze een tweede, digitale leven. Ook veel recentere publicaties werden



digitaal beschikbaar gesteld op de website van de KCG. De Commissie houdt echter principieel vast aan de publicatie in papieren vorm, omdat dit een bijkomende garantie is op duurzame bewaring, in een tijd van soms volatiele en snel verdwijnende digitale technieken... Twee andere voorbeelden van overschakeling naar de digitale wereld moeten nog vermeld worden. In samenwerking met het Amsab – Instituut voor Sociale Geschiedenis (Gent) heeft de Commissie gezorgd voor de digitalisering en de ontsluiting van de verslagboeken van de Belgische Werkliedenpartij (1892-1940). Maar niet alleen hedendaagse bronnen lenen zich tot digitalisering. Ook de mediëvistiek heeft een grote sprong voorwaarts gemaakt door de realisatie van *Diplomata Belgica (DiBe)*, een databank van diplomatische bronnen uit de middeleeuwse zuidelijke Nederlanden vóór 1250 (www.diplomata-belgica.be). Dit nieuwe werkinstrument, het resultaat van een samenwerking tussen de KCG en de Universiteit Gent, maakt het mogelijk om een 'oud' bronnencorpus op totaal nieuwe manieren te onderzoeken, met originele en verrassende resultaten tot gevolg.

Naast de publicatie van bestaande onuitgegeven bronnen heeft de KCG ook veel aandacht voor de ontwikkeling van nieuwe werkinstrumenten (gevolg gevend aan de officiële taakomschrijving uit 1976). Een eerste recent voorbeeld is de publicatie van een naslagwerk onder redactie van Patricia Van den Eeckhout en Guy Vanthemsche, *Bronnen voor de studie van het hedendaagse België, 19de-21ste eeuw*. Dit boek, 1837 bladzijden dik, is een soort van kritische 'reisgids' doorheen de bonte wereld van de bronnen die vandaag in ons land geproduceerd worden. Een waarlijk onmisbaar werkinstrument is verder de *Bibliografie van de geschiedenis van België*. Hiervoor werkt de KCG sedert 2012 samen met het Algemeen Rijksarchief (ARA) en het *Belgisch Tijdschrift voor Filologie en Geschiedenis (BTFG)*. Alle titels van wetenschappelijke werken over de geschiedenis van België worden daarin opgenomen. Enerzijds verschijnt ze als jaarlijkse bijlage in het *BTFG*; anderzijds worden alle titels ook opgeslagen in één grote databank

die beheerd wordt door de catalogus van het ARA. Dankzij een financiële tussenkomst van de Nationale Loterij kon dit initiatief, een tijd bedreigd door financiële problemen, gered en gecontinueerd worden. Zonder dit werkinstrument zouden de historici in ons land quasi vleugellam worden... Heel onlangs, begin 2018, vond nog een ander nuttig werkinstrument onderdak bij de KCG: de database *Belelite*, opgesteld onder impuls van professor Emmanuel Gerard. Ze geeft de samenstelling van alle Belgische regeringen sedert 1831 en kan via verschillende criteria doorzocht worden (per periode, op namen, per partij, enz.).

Conclusie

Al bijna twee eeuwen lang ontplooit de KCG een discrete activiteit, die zelden publieke weerklank vindt. Toch levert die instelling onmiskenbaar een belangrijke bijdrage tot het historisch onderzoek in ons land. Ze is bijgevolg een bescheiden, maar toch niet onbelangrijk raderwerk in onze omgang met het verleden. Ze doet gedempte stemmen uit het verleden opnieuw weerklinken, en maakt daarvoor onze eigen positie in de stroom des tijds ook beter kenbaar.

De auteur

Guy Vanthemsche is Secretaris van de Koninklijke Commissie voor Geschiedenis.

Meer

www.kcgeschiedenis.be
www.commissionroyalehistoire.be

Metingen van de atmosfeer van Mars bij beperkte zichtbaarheid

Séverine Robert, Arianna Piccialli, Yannick Willame en Ian R. Thomas



Figuur 1: Foto's van Mars genomen vóór (links) en tijdens (rechts) de stofstorm van 2001.



Figuur 2: Een stofwervelwind in actie gefotografeerd door de High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE) camera aan boord van de Mars Reconnaissance Orbiter (NASA). © NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

NOMAD, de infraroodspectrometer ontwikkeld door het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA), is op een cruciaal moment begonnen aan de wetenschappelijke activiteitenfase! Sinds eind mei 2018 woedt er een globale stofstorm op Mars. Het nieuws verspreidde zich snel binnen de Marsgemeenschap. Er vormde zich een stofstorm in de atmosfeer van Mars met een duidelijke neiging om zich globaal te ontwikkelen en inderdaad, op 20 juni 2018 was Mars volledig omhuld met stof. In minder dan een week bedekte het stof niet langer een kwart van de planeet, maar het geheel. Een effect bevestigd door de instrumenten aan de oppervlakte, maar ook door satellieten in een baan rond Mars.

Voorlopige analyses wijzen uit dat deze stofstorm van 2018 niet zo dramatisch is als die van 2007 of 2001, waarvan een afbeelding is weergegeven in Figuur 1. Tijdens dit soort evenementen wordt de planeet volledig omringd door een dikke stoflaag, waar de nochtans zeer hoge Marsvulkanen nauwelijks bovenuit steken.

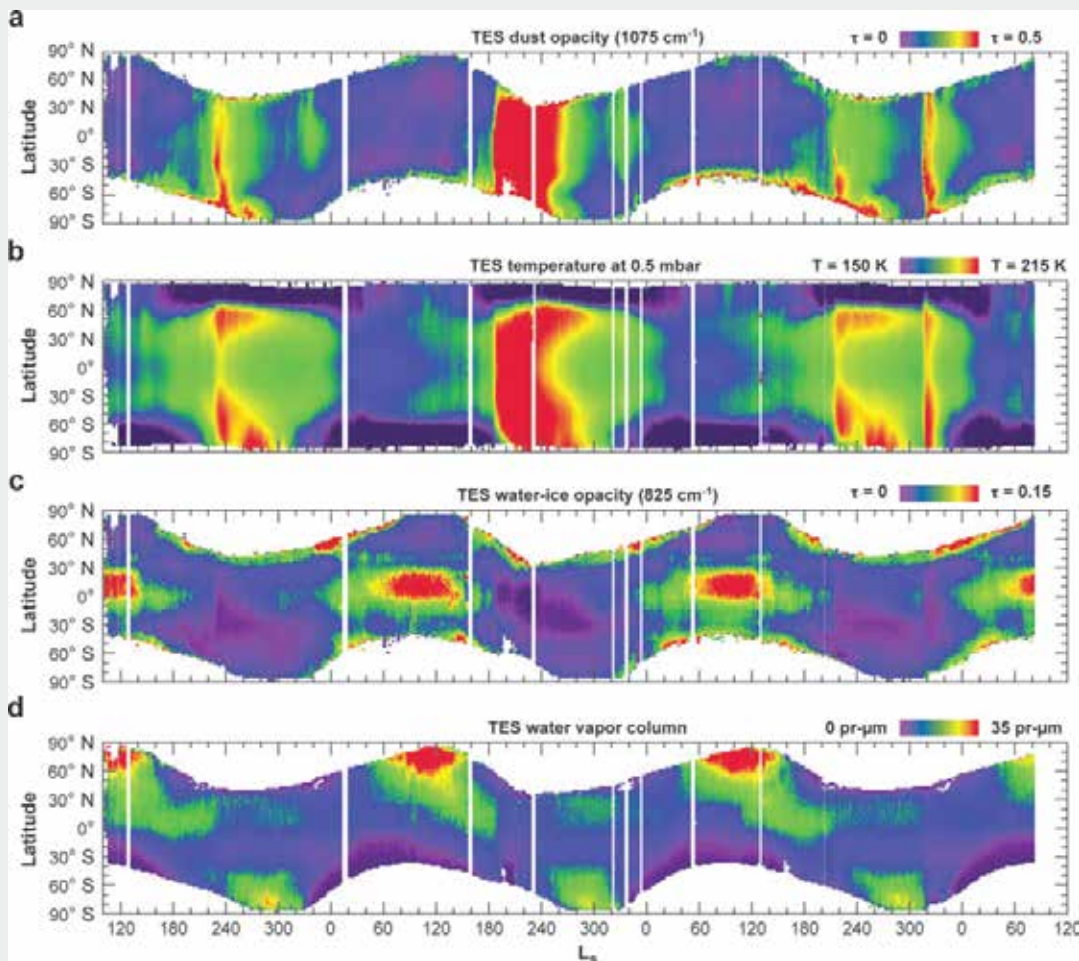
De stofcyclus op Mars

Het stof op Mars is endemisch en geeft de planeet zijn roestkleur. De roos-oranje tint van de atmosfeer wordt

veroorzaakt door de aanwezigheid van mineraalstof met ongeveer een micrometer in diameter. Stofstormen komen dagelijks voor op Mars, met name rond de seizoensgebonden poolkappen waar het temperatuurcontrast een krachtige 'thermische bries' genereert die, ondanks de lage druk aan het oppervlak, het stof toelaat om op te stijgen en in de atmosfeer meegevoerd te worden. Zo wordt continu stof in de atmosfeer geïnjecteerd door wervelwinden, waarvan een voorbeeld wordt getoond in Figuur 2. Tenslotte zal het na aanzienlijke tijd bezinken op het oppervlak door sedimentatie.

De stof die in de atmosfeer van de planeet wordt meegevoerd, oefent een grote invloed uit op het klimaat doordat de deeltjes zonnestraling absorberen, wat ervoor zorgt dat de hogere lagen van de atmosfeer overdag opwarmen en het oppervlak van Mars afkoelt. 's Nachts daarentegen verwarmt de infrarood-emissie van de deeltjes het oppervlak.

Zoals blijkt uit observaties van het stof wordt het jaar verdeeld in twee verschillende periodes: een 'helder' seizoen tijdens de lente en zomer op het noordelijk halfrond, en een 'stof'-seizoen tijdens de herfst en winter. Dit laatste komt overeen met de periode waarin Mars dichterbij de



Figuur 3: Kaarten verkregen door het TES-instrument aan boord van MGS tonen de seizoens- en breedtegraadsvariaties van a) de opaciteit veroorzaakt door het stof (genormaliseerd op 6.1 mbar om topografische effecten uit te sluiten); b) de temperatuur bij 0.5 mbar (~25km); c) de optische diepte gelinkt aan het waterijs en d) de hoeveelheid waterdamp. De kaarten worden gegeven voor 3 Marsjaren, van MY24 tot MY27. Credit: Smith et al. (2008). De eenheid op de x-as is de lengtegraad van de zon, Ls. Deze grootte vertegenwoordigt de hoek die in de baan is afgelegd vanaf de lente-equinox op het noordelijk halfrond (Ls = 0°). Dit wordt gebruikt om de data en seizoenen van het Marsjaar te bepalen.

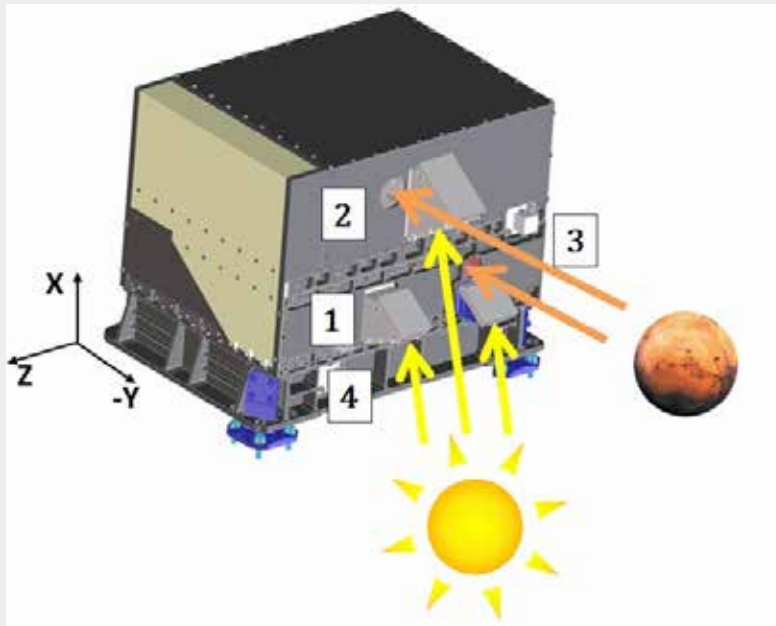
zon staat, het perihelium. Tijdens deze periheliumperiode is de atmosfeer geladen met stofdeeltjes en woeden jaarlijks regionale stormen. Globale stormen zijn echter veel zeldzamer. Op dezelfde wijze als met het perihelium is er tijdens de periode van aphelium, wanneer Mars verder staat van de zon, minder stof aanwezig in de lucht en is het beperkt tot lagere hoogtes (minder dan 20 km). Stofstormen zijn op dat moment zeldzaam, hoewel lokale fenomenen mogelijk kunnen optreden aan de randen van de poolkappen. Verschillende instrumenten die momenteel in een baan rond Mars draaien bestuderen de correlatie tussen de hoeveelheid stof, de temperatuur en de hoeveelheid water. Figuur 3 toont als voorbeeld de kaarten verkregen door het TES-instrument aan boord van Mars Global Surveyor (MGS) gedurende drie Marsjaren. Aan de hand van deze data is de jaarlijkse regelmaat van het fenomeen duidelijk zichtbaar.

Over het algemeen behouden stofstormen een lokaal, soms regionaal karakter tijdens het stormseizoen. Ze ontwikkelen zich zelden tot globale stormen. De eerste globale stofstorm die men heeft kunnen waarnemen, vond plaats in 1956. De volgende vonden plaats in 1971, 1973, 1977, 1982,

2001, 2007 en 2018. Dit laatste lijkt niet zo intens te zijn als dat van 2007, of die van 1971 en 2001 waarbij enkel de hoogste bergen zichtbaar bleven.

De processen die een lokale storm omvormen tot een regionale en vervolgens globale storm zijn nog steeds weinig gekend. Aangezien het fenomeen niet zo vaak voorkomt, hebben alle instrumenten in de ruimte of op het aardoppervlak zich naar Mars gericht om een groot aantal metingen te registreren.

Maar welk type metingen zijn er mogelijk in een dergelijke situatie? De invloed van het stof in de atmosfeer wordt in verschillende golflengtes waargenomen. In zichtbaar licht natuurlijk, zoals Figuur 1, waaruit blijkt dat deze golflengten een globaal zicht geven op het fenomeen in de hoogste lagen van de atmosfeer. Het is echter moeilijk beelden te verkrijgen van wat er zich binnen in de storm of op het oppervlak van de planeet afspeelt. Het is om die reden zeer handig om infrarood- en ultraviolette metingen uit te voeren. En dat is net één van de sterke punten van NOMAD, het Belgische instrument aan boord van ExoMars Trace Gas Orbiter (EMTGO).



Figuur 4: De reeks NOMAD-instrumenten bestaat uit SO (1), LNO (2) en UVIS (3). De elektronica bevindt zich onder NOMAD (4). De kijk-richtingen van de verschillende instrumenten zijn aangegeven: in het geel wanneer het instrument naar de zon wijst; in het oranje wanneer het naar het nadir gericht is (naar de planeet).

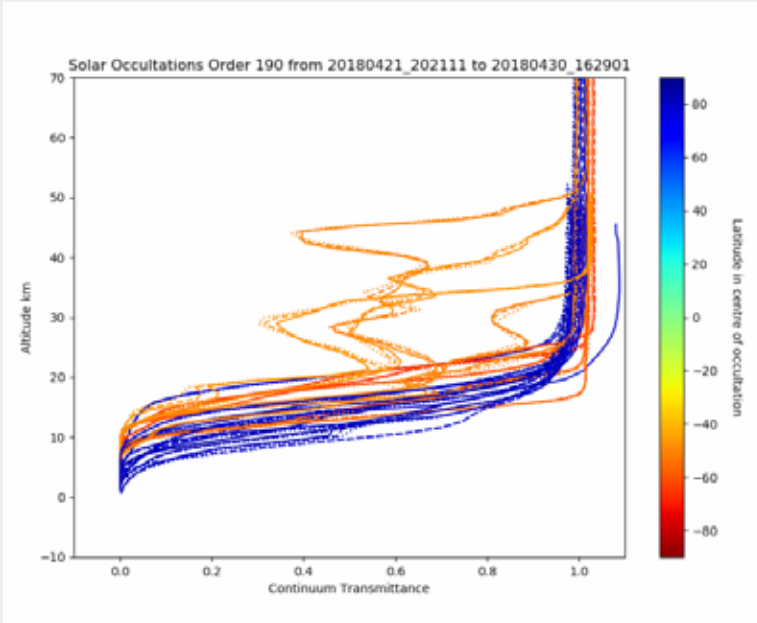
NOMAD, aan boord van ExoMars Trace Gas Orbiter

NOMAD bestaat uit een reeks van drie instrumenten, geïllustreerd in Figuur 4. Geïnspireerd door het SOIR-instrument, dat in een baan rond Venus draaide van 2006 tot 2014 aan boord van Venus Express (ESA), werken de SO- en LNO-instrumenten in het infrarood in verschillende waarnemingsgeometrieën. SO voert metingen uit in zonne-occultatie en is een kopie van SOIR terwijl LNO een verbeterde versie ervan is, beter aangepast aan lichtbronnen met lage intensiteit. Deze aanpassing was nodig om de atmosfeer van Mars te kunnen observeren in nadir-modus, dit wil zeggen door rechtstreeks het zonlicht te observeren dat door het oppervlak en de atmosfeer van de planeet wordt weerkaatst. Het aangepaste SOIR-ontwerp bevat een breder ingangsslot om ervoor te zorgen dat voldoende licht de optica van het apparaat bereikt, en een nieuwe, efficiëntere actieve filter om de band die door het instrument loopt te selecteren (acousto-optical tunable filter).

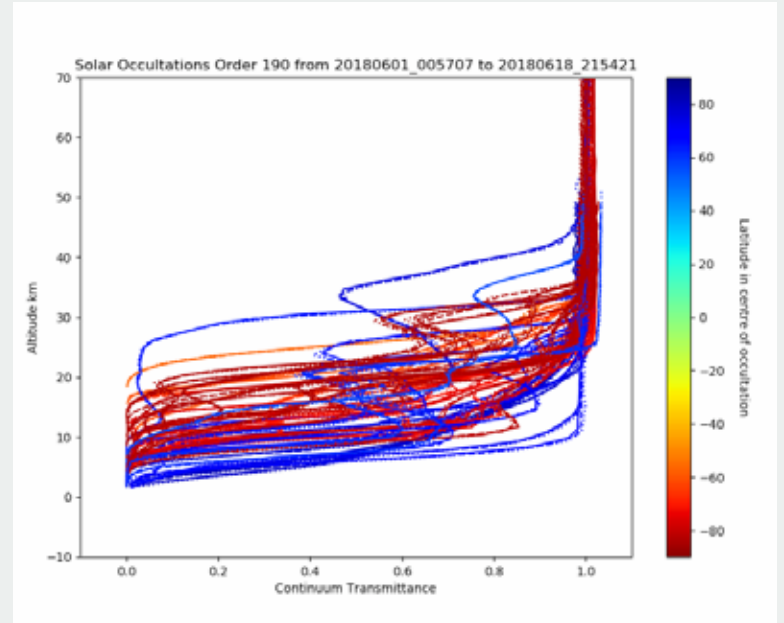
Het derde instrument is UVIS, waarvan het ontwerp gebaseerd is op het UVIS-instrument dat deel uitmaakte van de ExoMars Lander Payload en dat werd gebouwd door Open University in het Verenigd Koninkrijk. Dit kanaal meet zowel in zonne-occultatie-modus als in de nadir-modus in het ultraviolet en zichtbaar licht.

Voor elke meetgeometrie moet rekening gehouden worden met de impact van het stof op de metingen:

- Bij zonne-occultatie wordt de atmosfeer op verschillende hoogtes gemeten. Dit levert een verticaal profiel op van de atmosferische samenstelling, van de top van de atmosfeer tot bijna aan het oppervlak van de planeet. Het aanwezige stof in de atmosfeer veroorzaakt een afname van het signaal totdat dit nul wordt. Dit omdat het stof op geringe hoogte ondoorzichtig wordt en de zonnestraling niet langer het instrument kan bereiken.
- In nadir-modus moet rekening worden gehouden met twee stralingsprocessen: aerosolen of stofdeeltjes die ultraviolette en infrarode straling zowel absorberen als uitstralen. Nadir-metingen laten enerzijds enkel toe om de volledige gaskolom tussen het instrument en het reflecterende oppervlak te bepalen, maar maken het anderzijds mogelijk om variaties op het gehele oppervlak van de planeet in kaart te brengen, langs het grondspoor van de baan. Op die manier is het mogelijk om verschillen tussen de polen en de evenaar of in de loop van de missie te observeren, evenals verschillen afhankelijk van de Marsseizoenen.



Figuur 5: Transmissies gemeten door SO tussen 21 en 30 april 2018.



Figuur 6: Transmissies gemeten door SO tussen 1 en 18 juni 2018.

De optische eigenschappen van de deeltjes moeten worden geschat om de interactie tussen stof en zonnestraling te modelleren. Een fysisch deeltjesmodel wordt dan ontwikkeld, rekening houdend met de vorm en grootte van de deeltjes. Absorptie en diffusie worden opgenomen in de vergelijkingen van het stralingstransportmodel, waarmee de optische diepte kan worden afgeleid die in verhouding staat tot het aantal stofdeeltjes in de atmosfeer.

De eerste NOMAD-metingen

De NOMAD-metingen, zowel in het infrarood als het ultraviolet, werden geanalyseerd om de effecten van het stof op de resultaten van het instrument te evalueren. Enkele metingen voor april en juni worden weergegeven in Figuur 5-Figuur 6. Figuur 5 toont de transmissies gemeten door het SO-instrument tussen 21 april en 30 april 2018, en Figuur 6 tussen 1 en 18 juni 2018. De kleuren komen overeen met verschillende breedtegraden. Laten we de blauwe curves van de twee figuren vergelijken, die het signaal voorstellen dat op hoge breedtegraden werd gemeten. In april, in Figuur 5, is het signaal 1.0 (maximale transmissie) tot ongeveer 25 km. Vanaf die hoogte neemt het signaal geleidelijk af tot ongeveer 10 km hoogte (minimale transmissie - geen enkel signaal bereikt het instrument).

De blauwe curves in Figuur 6 laten een heel ander profiel zien. De metingen vertonen meer variaties en het signaal

dat het instrument bereikt, neemt niet geleidelijk af zoals het geval is in Figuur 5. Dergelijke transmissies betekenen dat er verschillende lagen in de atmosfeer aanwezig zijn die elk het signaal op een andere manier absorberen. Een dergelijke signatuur is ook zichtbaar op gemiddelde breedtegraden (oranje curven) op Figuur 5, wat ook verwacht wordt en zichtbaar is in Figuur 6. Het feit dat een absorberend element (stof of wolken) aanwezig is in de atmosfeer op hoge breedtegraden wijst op een uitzonderlijk fenomeen.

De kwantitatieve analyse van de gegevens verzameld door NOMAD is momenteel nog aan de gang.

Conclusie

De waarnemingen van de Marsatmosfeer op het einde van juli 2018 toonden aan dat de globale storm de vervalphase was ingegaan, met minder stof opgeblazen in de lucht dan afgezet op het oppervlak. Dit evenement zal het onderwerp zijn van verschillende studies. Er worden nu al plenaire sessies georganiseerd tijdens de herfstconferenties om het fenomeen te bespreken en te vergelijken met voorgaande fenomenen. Deze aanpak wordt gekozen om de omgeving van Mars beter te begrijpen, zodat deelnemers van toekomstige missies, al dan niet menselijk zijn van aard, beschermd kunnen worden tegen dergelijke grootschalige fenomenen.



Afb. 1: Het medaillon na restauratie, tijdens zijn verblijf in het KIK (2013). © KIK-IRPA, Brussel, J.-L. Elias, foto X062819

Aristion treedt uit de schaduw!

Antiek portret in verguld glas uit de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis

Chantal Fontaine-Hodiamont,
Paul Fontaine en
Helena Wouters

Soms leidt een samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen tot onverwachte ontdekkingen. Zo is een uitzonderlijk medaillon uit de klassieke oudheid opnieuw aan de oppervlakte gekomen dankzij een onderzoek gecoördineerd door het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK). Het instituut heeft daarbij de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, de *Université Saint-Louis* van Brussel en het Penningkabinet van de Koninklijke Bibliotheek betrokken en kon een beroep doen op waardevolle bijdragen van het *Archäologisches Institut* van de universiteit van Keulen, het *Deutsches Archäologisches Institut* van Rome en de *Soprintendenza Speciale* van Rome. We vatten hier de verschillende fases uit het onderzoek samen en stellen de conclusies voor.

Van diep in het depot naar de onderzoekstafel

In 1998 kreeg de Hogeschool Antwerpen, Koninklijke Academie voor Schone Kunsten, een klein portretmedaillon uit de glaskunstcollectie van de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis toevertrouwd voor restauratie (inv. nr. I.A. 3700, max. diam.: 4,1 cm). Het medaillon was in zeer slechte staat. De voorzijde was namelijk zwaar beschadigd. Er hing bovendien nog heel wat dik plakwerk aan van een vorige restauratie, wat het medaillon een nog meer gehavend uitzicht gaf (afb.2). Na de restauratie van 1998 kreeg het medaillon opnieuw zijn glans en vijftien jaar later trok het de aandacht van de onderzoekers van het KIK toen die toevallig het depot van het Museum bezochten (afb. 1 en afb. 3 en 4). In 2011 verhuisde het medaillon dus voor observatie en onderzoek naar de overkant van het Jubelpark, naar het Atelier glas van het KIK. Het was het begin van een lang proces. Specialisten uit een brede waaier aan disciplines zouden zich over het medaillon buigen: uit de archeologie, de epigrafie, de filologie, de chemie, de kunstgeschiedenis, de geschiedenis van de technieken, de numismatiek...



Afb. 2: Het medaillon van Aristion. Toestand in 1946 (max. diam.: 4,1 cm). KMKG, inv. nr. I.A. 3700.

© KIK-IRPA, Brussel, foto e11668



Afb. 3: Schuin zicht op de voorzijde van het medaillon.

© KIK-IRPA, Brussel, J.-L. Elias, foto X062833



Afb. 4: Keerzijde van het medaillon.

© KIK-IRPA, Brussel, J.-L. Elias, foto X062832

Modern en vals?

Het object, waarvan we de oorsprong niet kennen – we weten enkel dat het uit de collectie Léon Somzée (1837-1901) komt – werd in 1904 aan de KMKG geschenken. Na een tijdje tentoongesteld te zijn geweest, besliste conservator Jean Helbig in 1945 om het medaillon over te brengen naar het depot van het museum en het te catalogeren onder de noemer 'twijfelachtig'. Het medaillon blijft intrigeren: de

Griekse inscriptie ter identificatie van de jonge vrouw die erop staat afgebeeld (afb.5), vermeldt haar hoedanigheid in het Latijn – *matrona*. Ook zeer vreemd: de uitgang van haar naam klinkt onzijdig – *Aristion*. Dat was schijnbaar een vergissing. In 1888 heeft de eerste vertaler van de inscriptie deze al verbeterd en veranderd in: 'Aristia, de schone matrone'. De woordenschat en de semantiek bleken dus onsamenvattend en dat deed de opeenvolgende conservatoren besluiten dat het om een vals medaillon ging: 'waarschijnlijk een stuk uit de 19de eeuw', voegt men er in 1992 nog aan toe in een nota bij de inventarisfiche.

In die context ging het onderzoek van het KIK zich dan ook hoofdzakelijk richten op een externe kritiek: hoe echt is het medaillon? Het object vertoont overeenkomsten met stukken uit de klassieke oudheid. We hebben wel degelijk weet van een achttal stukken die technisch gelijkaardig zijn en die teruggaan tot de periode van het Romeinse Keizerrijk en dateren uit de 3de eeuw n.C. Ze bestaan uit twee dunne glasplaten die een portret omklemmen met, in sommige gevallen, een inscriptie in bladgoud. Maar was de samenstelling van het glas van het Brusselse medaillon conform de standaarden uit de klassieke oudheid? En, aan de andere kant, hoe verklaar je de taalkundige eigenaardigheden in de inscriptie? Is de spelling in de inscriptie niet verdacht? We moesten dus het stuk kunnen verplaatsen naar een andere context, naar één die ons technisch en stilistisch coherent leek. Die vragen hebben geleid tot verder onderzoek in vier opeenvolgende stappen.



Afb. 5: De delen van de inscriptie. a: *Aristion*; b: *hè kalè* (de schone); c: *matrôna* (matrone).

© KIK-IRPA, Brussel, J.-L. Elias (montage: B. Petit)

De chemie van het glas

Een glazen schil omsluit het bladgoud en bestaat uit twee kleine glasplaten: een voorste, kleurloos omhulsel en een blauw getint stuk glas voor de achtergrond. Het KIK heeft dus de samenstelling van elke aparte glasplaat onderzocht. De analyses werden uitgevoerd met een rasterelektronenmicroscop, gekoppeld aan een systeem dat X-stralen detecteert aan de hand van energieverspreiding (SEM-EDX). Dat onderzoek wees uit dat de twee stukken glas uit natriumcarbonaat, kalk en silicium zijn samengesteld. Die samenstelling is typerend voor de Romeinse tijd. We hebben weinig magnesium (MgO) en ka-

liumoxide (K_2O) aangetroffen, wat wijst op het feit dat de bron van alkali van minerale oorsprong is en in dit geval afkomstig is van natron uit Egypte of Syrië. Wat betreft het kleurloze glas, bewaart het British Museum een Romeins medaillon met de afbeelding van een bebaarde man waarop hetzelfde bleekmiddel, antimoontrioxide (Sb_2O_3), is teruggevonden. In de kobaltverbinding (CoO 0,1%) van het tweede stuk glas, verantwoordelijk voor de blauwe kleur, zit dan weer ijzer (Fe_2O_3 2,1%) en koper (CuO 0,3%), wat typisch is voor de Romeinse tijd. Met deze analyseresultaten kunnen we niet anders dan besluiten dat het hier gaat om een authentiek medaillon uit de klassieke oudheid.

De inscriptie onder de loep

Sinds begin vorige eeuw weten we steeds meer over de oude Griekse taal en het oude Griekse schrift. Door die gegroeide kennis kunnen we de inscriptie in een volledig nieuw daglicht plaatsen. De hele tekst staat in hoofdletters, wat zeer gebruikelijk was voor opschriften op steen. Maar de schrijfwijze stamt niet uit de tijd van Perikles, oftewel uit de klassieke periode en de 5de eeuw v.C. in Griekenland. We zien bijvoorbeeld dat sommige klassieke hoofdletters vervangen zijn door hun meer afgeronde cursieve variant – Σ (s) door C , en Ω (δ) door Ψ . De eigenschappen van de A zijn trouwens ook opmerkelijk: de horizontale lijn is gebroken en op de cursieve tekens staat een horizontaal streepje. Deze, en ook nog andere kenmerken, verwijzen duidelijk naar het *corpus* van de oude Griekse inscripties uit de eerste eeuwen van het Romeinse Keizerrijk. We zien ze immers ook op andere medaillons uit die tijd.

De schijnbaar onoverkomelijke taalkundige moeilijkheden op het vlak van lexicon en syntaxis blijken nu problemen te zijn die er geen waren. We zien dat sommige klassieke auteurs de naam Aristion voor vrouwen gebruiken en we vinden de naam terug op een vijftigtal Griekse inscripties uit Griekenland en Klein-Azië uit de tijd van het Keizerrijk. Bovendien leert de studie van Oudgriekse en Hellenistische vrouwennamen ons dat uitgangen met het onzijdige achtervoegsel – *ion* – kenmerkend zijn voor de persoonsnamen uit die tijd. Dergelijke namen waren toen redelijk wijdverspreid. Men gebruikte het suffix als een liefkozing, als een soort van troetelnaam voor 'klein, breekbaar wezentje'. Aristion, afgeleid van *aristos* – zelf een superlatief van *agathos* oftewel 'goed (doen)' –, betekent zo 'Het beste kleine wezentje' of 'Schat'. Dat de Latijnse term *matrona* ertussen staat, lijkt ons nu ook niet meer zo vreemd. Er zijn immers meer dan 150 termen (uitgezonderd de eigenamen) die de Griekse woordenschat praktisch of zelfs helemaal ongewijzigd heeft overgenomen uit het Latijn. Dit mag niet verbazen, want het volgde uit een natuurlijk en geleidelijk proces van integratie. Naarmate Rome die gebieden ging annexeren, werden de notabelen uit de Griekse en Hellenistische wereld Romeins staatsburger en werden ze meer en meer onderdeel van het Romeins staatsapparaat en van de Romeinse netwerken. Zoals zoveel Latijnse leenwoorden, haalde men de term *matrona* uit de officiële, juridische woordenschat. Men duidde hiermee een zedige vrouw aan die wettig getrouwd was met

een Romeins staatsburger. Met het woord in de inscriptie van het medaillon wilde men aanduiden dat Aristion, die uit een Grieks of gehelleniseerd milieu kwam, een respectabele vrouw was die wettig getrouwd was met een Romeins staatsburger. Ten slotte lijkt het adjectief *kalè* een banaal element in het opschrift, maar men mag niet vergeten dat het misschien gebruikt werd om de morele zowel als de fysieke schoonheid van de vrouw te onderstrepen. 'Aristion, de schone matrone' krijgt hier dan ook misschien een andere betekenis, zijnde 'Aristion, de goedgehartige vrouw'.

Kortom, de inscriptie behoort zonder twijfel tot een van de vele inscripties uit de eerste drie eeuwen van onze tijdrekening uit de oostelijke gebieden van het Romeinse Rijk, waar het Grieks sinds de verovering door Alexander de Grote de taal bij uitstek was in de hoger opgeleide kringen. Ondanks het feit dat we geen honderd procent gelijkaardige inscripties naast dat van het medaillon kunnen zetten, pleiten alle kenmerken van dat laatste formeel voor haar echtheid.



Afb. 6: Het gezicht van Aristion.
© KIK-IRPA, Brussel, J.-L. Elias, foto X0628271



Afb. 7: Medaillon in tegenlicht, gezien vanaf de keerzijde.
© KIK-IRPA, Brussel, J.-L. Elias, foto X0622821

Van glas en goud: een oude techniek op de toppen van haar kunnen

De techniek van het portret blijft de hedendaagse onderzoeker met verstomming slaan. De tekening heeft geen duidelijk getrokken lijnen. Het 'pointillistisch' aspect van het kapsel en van de schaduwen rond het gelaat vertonen het patroon van een fotogravure (afb. 6). Wanneer je het medaillon tegen het licht houdt en het vanaf de achterzijde bekijkt, krijg je de illusie van een fotonegatief (afb. 7). Wanneer je het onder de microscoop legt, zie je dat het goud ongelooflijk vernuftig is bewerkt. Het bladgoud, dat koud is aangebracht op de plaat in blauw glas, werd op verschillende manieren verspaand, naargelang het gewenste effect. Voor het portret is het goud, eerder dan te zijn gegraveerd, ofwel zorgvuldig bestippeld ofwel gekrast, met een lijndikte schommelend tussen de 15 en 47 μm ... Ter hoogte van de krullen in het kapsel is het goud geborsteld. Maar door dat borstelen, dat men waarschijnlijk verschillende keren heeft herhaald, bleef er uiteindelijk weinig goud achter. Men heeft het goud enkel gebruikt om het licht op te vangen en voor de contouren. Op de keper beschouwd blijven nu nog twee andere gekende en uitzonderlijke stukken over waar we deze manier van goudbewerking terugvinden: een medaillon met een portret van een jonge vrouw, bewaard in het *Corning Museum of Glass*, en het reeds vermelde medaillon met de bebaarde man, bewaard in het *British Museum*. Het zijn eveneens technische huzarenstukjes. De stipjes en de krassen geven het portret tegen de blauwe achtergrond een realistisch figuratief uitzicht met eenzelfde genuanceerd spel van licht en schaduw en subtiele volumes.

Mode en stijl: aanwijzingen in eenzelfde richting

Wat de kledij betreft, draagt de jonge vrouw over haar kleed of *tunica* een lange omslagmantel of *palla*, die over de schouders is gedrapeerd. Links en rechts versieren bandjes de *palla*. Die verschillen van elkaar: rechts wordt een geschaald motief ontroid; links zie je een dikkere band

die lichter van kleur is en het uitzicht heeft van een golvende riem die schuin wordt gedragen. De mode van de Romeinse aristocratie in de 3de eeuw n.C. bezorgt ons hier goed vergelijkingsmateriaal. Ook het kapsel van Aristion vertoont kenmerken van wat de mode van de hogere Romeinse kringen van toen voorschreef. Formeel gebruiken we voor dat soort kapsel een Duitse term: *Scheitelzopf*, wat letterlijk zoveel betekent als 'een paardenstaart of een vlecht op de kruin'. De haren worden bij elkaar gehouden achterin de nek en laten de oren vrij, terwijl een dikke haarmassa het hoofd bedekt. Die massa krijg je door de paardenstaart vanuit de nek naar boven, naar het voorhoofd, te trekken. De *Scheitelzopf* kende in verschillende varianten een groot succes in de 3de eeuw n.C., en zelfs daarna. Julia Domna, de vrouw van Septimius Severus, was de eerste keizerin die hem droeg en Fausta, de vrouw van Constantijn de Grote, de laatste. Een voorbeeld daartussenin is Magnia Urbica, de vrouw van Keizer Carinus (283-285) (afb. 9). De *Scheitelzopf* zoals we die bij Aristion zien, in het midden van het hoofd, dik, wat gezwollen, en naar het voorhoofd getrokken, zien we vooral bij de Romeinse vrouwen van midden en tweede helft van de 3de eeuw n.C. Eén van die portretten, helaas anoniem, wordt bewaard in het Palazzo Massimo in Rome en vertoont opvallende gelijkenissen met dat van Aristion (afb. 10).



Afb. 8: Detail van de goudbewerking, ter hoogte van de linkerschouder van Aristion.
© KIK-IRPA, Brussel, H. Wouters



Afb. 9: Aureus van keizerin Magnia Urbica voorzien van een Scheitelzopf met diadeem (KBR, Penningkabinet, inv. nr. B216/2 – ref. RIC 340/ Au: 5,01 g; f: 2 cm).

© KBR, Brussel, A. Renard



Afb. 10: Vrouwenhoofd, vooraanzicht en profiel, ca. 253 – 268 n.C. (Rome, Museo Nazionale Romano, Palazzo Massimo, marmer, h: 29 cm, inv. nr.136).

Foto: C. Fontaine-Hodiamont, met de vriendelijke toestemming van het Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo – Soprintendenza Speciale per il Colosseo, il Museo Nazionale Romano e l'Area archeologica di Roma.

Conclusie: een authentiek meesterwerk

De resultaten van dit multidisciplinair onderzoek laten geen twijfel bestaan over de echtheid van het medaillon van Aristion. Het kan worden gedateerd in de tweede helft van de 3de eeuw n.C. en kan worden bestempeld als een van de meest opmerkelijke gekende portretten in verguld glas uit de Romeinse periode. Ongetwijfeld was dit medaillon van iemand uit een bevoorrecht milieu. Enkel die mensen konden zich zulke sieraden veroorloven. Ze zijn uniek en werden op bestelling gemaakt. Maar tot op vandaag is het niet mogelijk te weten om wie het gaat, iemand keizerlijks of iemand uit de hogere kringen, uit een senatorenfamilie of uit de entourage van de hogere functionarissen te paard rond de keizer.

Hoe mysterieus hij ook is, aarzel niet om de blik van Aristion te kruisen in de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis.

De auteurs

Chantal Fontaine-Hodiamont is hoofd van het Atelier glas van het KIK.

Paul Fontaine is professor Geschiedenis en Archeologie van de Oudheid aan de *Université Saint-Louis* van Brussel.

Helena Wouters is hoofd van het Labo glas van het KIK.

Dankwoord

We zijn Janette Lefrancq, ere-conservator, en Valérie Montens, huidig conservator, zeer erkentelijk voor het vertrouwen, hun beschikbaarheid, hun interesse in dit onderzoek en voor al de informatie die ze ons hebben gegeven.

Ook dank aan: Jean-Luc Elias, Simon Laevers, Gaia Ligovich, Bernard Petit, Anne Van Seymortier, Hortense Wetsels en Helena Wouters (KIK); Ragna Dehertog (Hogeschool Antwerpen, Koninklijke Academie voor Schone Kunsten); Alain Renard en Johan Van Heesch (KBR, Penningkabinet); Rosanna Friggeri en Maria Daniela Donnelli (SSBA-Roma); Reinhart Förtsch en Matthias Nieberle (Archäologisches Institut Uni. Köln); Daria Lanzuolo (DAI Roma).

Meer

- J. HELBIG, *Les églomisés des Musées royaux d'Art et d'Histoire*, in *Bulletin van de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis*, nrs. 1-6, januari-december 1945, p. 51-60, in het bijzonder p. 51, afb. 48 en p. 52.
- C. FONTAINE-HODIAMONT & P. FONTAINE, *Le Médaillon en verre doré au portrait d'Aristion, deuxième moitié du III^e siècle apr. J.-C.*, *Journal of Glass Studies* 59, 2017, p. 83-100.
- C. FONTAINE-HODIAMONT & P. FONTAINE, *Du faux au vrai : l'exceptionnel portrait d'Aristion en verre doré (Bruxelles, Musées royaux d'Art et d'Histoire - 2^e moitié du III^e siècle apr. J.-C.)*, in *Signa* 7, 2018, p. 117-125.

BRUSSELS

BRUSSELS

BRUSSELS

BR

BRUSSELS
MUSEUMS
NOCTURNES
2018

MUSEUMS

MUSEUMS

2018

2018

13–20–27.09
4–11–18–25.10
1–8–15–22–29.11
& 6.12

Every
Thursday
Evening



#brusselmuseums
www.brusselmuseumsnocturnes.be

NOCTURNES

NOCTURNES

ES



Feest voor 50 jaar ESEC in Redu. © ESA-G. Porter

50 jaar ruimte-avontuur in Redu, België en Europa

In juli vierde ESA de vijftigste verjaardag van haar Belgische vestiging, het European Space Security and Education Centre (ESEC). Het ESEC is de grootste ESA-vestiging in België, gelegen in het Ansichtkaart-dorp Redu. Ook de geschiedenis van België als deelnemer aan het Europese ruimtevaartavontuur laat zich lezen via de evolutie van het ESEC in Redu.

'België speelt al sinds het prille begin mee een voortrekkersrol in het Europese ruimtevaartavontuur,' zei minister Bellot op het verjaardagsfeest van ESEC. Dat avontuur begon in het begin van de jaren 60. België was indertijd inderdaad als een van de stichtende landen al heel actief in de toenmalige Europese ruimtevaartorganisaties ESRO (European Space Research Organisation), die zich met ruimteonderzoek bezighield, en ELDO (European Launcher Development Organisation) voor de ontwikkeling van een Europese lanceerraket.

De Europese ruimtevaart stond toen nog in haar kinderschoenen, zonder lanceerraketten of satellieten en evenmin grondstations om ze te volgen. In 1963 besloot ESRO om grondstations te ontwikkelen om haar satellieten mee te besturen en gegevens te downloaden.

In overleg met ESRO selecteerde de Belgische overheid in 1965 Redu als plaats voor één van die grondstations. Op 380 meter boven zeeniveau ligt daar een 'bassin' tussen weiden en bossen. Het natuurlijke amfitheater, ver van steden gelegen, zorgt voor een goede bescherming tegen radiostoringen.

Rood licht: voorbijliegende satellieten

In die tijd stond er geen veiligheidshek rond de perimeter van het station. Aan de ingang stond er wel een opvallend verkeersbord met een rood licht, waarop te lezen viel: 'Stoppen en motor stilleggen bij rood licht. Overvliegende satellieten. Verwachte duur: tien minuten.' Door geen interferentie te veroorzaken met de motoren van hun tracto-

ren werden de hulpvaardige boeren van Redu deelnemers in het grote Europese ruimtevaartavontuur.

Sinds 1968 maakt Redu deel uit van Estrack, het netwerk voor satelliet-telemetrie en controle, toen van ESRO en later overgenomen door ESA. Zo speelde het grondstation een rol in veel Europese wetenschapsmissies, door signalen van de wetenschappelijke satellieten van ESRO in de ruimte door de sturen naar het European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt, Duitsland.



De interferometer, een van de oudste installaties in Redu. © ESA

Parallel daarmee ontwikkelde zich in België, met de steun van de overheid via ESA, een groeiend landschap van bedrijven en onderzoekscentra die actief zijn in de ruimtevaart. Een dergelijke samenwerking tussen de publieke sector en de privésector is cruciaal voor succes in de ruimte. Op de site in Redu zijn dan ook heel wat Belgische en buitenlandse privébedrijven actief.

Zo staat Redu Space Services NV (RSS) sinds 2007 in voor het onderhoud, de uitbating en de *facility management services* in ESEC. RSS is een Belgisch bedrijf dat opgericht werd door SES TechCom en Qinetiq Space (Kruibeke). Andere bedrijven die actief zijn op de site zijn onder andere Rhea, Vitrociset Belgium en Creaction. Ze zijn allemaal al lang betrokken en verrichten er almaar meer en gediversifieerde activiteiten. Zo vormden Rhea en Vitrociset Belgium samen het consortium dat de eerste demo-installatie voor cyberveiligheid bouwde in het ESEC.

België, één van de belangrijkste bijdragers aan ESA

In 1975 gingen ELDO en ESRO op in het nieuw opgerichte European Space Agency (ESA), waarvan België toen ook al een van de stichtende leden was. Doorheen de jaren heeft België steeds een grote financiële bijdrage aan ESA geleverd én hebben de overheid, de bedrijven, de wetenschappers en de onderzoekers én de burgers in België daar de vruchten van geplukt.

Het jaarlijkse federale budget voor ruimtevaart in België bedraagt momenteel zo'n 205 miljoen euro. Aangezien België niet over een eigen ruimtevaartagentschap met technische expertise beschikt, is ESA het ruimtevaartagent-

schap voor België. 95% van het ruimtevaartbudget wordt dan ook besteed aan ESA-programma's. Met zijn bijdrage is België de vijfde bijdrager aan het agentschap, na Duitsland, Frankrijk, Italië en het Verenigd Koninkrijk.

Tijdens de viering van 50 jaar ESEC typeerde Waals Minister-President Willy Borsus die Belgische visie wanneer hij ESA 'het brein, het werktuig en de motor van de vooruitgang van de ruimtevaart en van de verovering van de ruimte' noemde.

België draagt bij aan programma's in zowat alle grote activiteitsdomeinen van ESA. Een van de doelstellingen die de overheid daarbij stelt is om de investeringen zo goed mogelijk te laten renderen. En dat gebeurt met succes: elke euro die in de ruimtevaart geïnvesteerd wordt levert meer dan 5 euro aan economische return op.

Bovendien spelen toepassingen en data die door ruimtevaart mogelijk gemaakt worden een sleutelrol in de aanpak van zowat alle grote *global challenges*. Rechtstreeks of onrechtstreeks plukt iedereen in het land dus de vruchten van de investeringen in ruimtevaart.

Telecommunicatie

Het grondstation in Redu speelde een belangrijke rol in de ontwikkeling van de Europese telecommunicatiesatellieten. In 1977 werd de European Telecommunication Satellite Organisation (Eutelsat) opgericht. De Orbital Test Satellite (OTS) van het eerste ESA-programma voor communicatiesatellieten en hun opvolgers, de European Communications Satellites (ECS), werden vanuit Redu getest na hun lancering (in-orbit testing).

Samen met het belang van de satellietcommunicatie bleef het grondstation in Redu groeien. Het heeft nu een oppervlakte van meer dan 20 hectare in de Belgische gemeente Libin en beschikt over een vijftigtal satellietantennes, die voornamelijk op geostationaire satellieten gericht zijn.

Ook voor de Belgische industrie zijn de telecommunicatiesatellieten, met hun grote marktpotentieel, belangrijk. Er gaat dan ook zo'n 11% van de Belgische ESA-bijdrage naar telecommunicatieprogramma's.



Toespraak van Waals Minister-President Borsus. © ESA



Satellietschotels in Redu. © ESA

Heel wat bedrijven maken onderdelen voor de satellieten die televisie-uitzendingen kunnen doorstralen over de hele wereld. Het bedrijf Newtec uit Sint-Niklaas staat aan de wereldtop wat betreft ontvangers, modems en andere grondinfrastructuur voor telecom-satellieten. Op de site van het ESEC in Redu werd dan weer een backup-controlecentrum gebouwd voor de grote Luxemburgse satelliet-operator SES.

Proba: kleine krachtpatsers

Ook een ander Belgisch succesverhaal leidt ons naar de ruimtesite in Redu. De expertise die werd opgebouwd bij het controleren en testen van de ECS-satellieten maakte van Redu de ideale plek voor de routine-operaties en telemetrie van de kleine en lagekostenprojecten van ESA. Een van die programma's zijn de Proba-satellieten, die hoofdzakelijk in België ontwikkeld en gebouwd worden en gefinancierd worden met middelen uit het technologieprogramma van ESA (goed voor zo'n 14% van de Belgische ESA-bijdrage).

Met de Proba-familie van kleine kunstmanen kan veelbelovende Europese speerpunttechnologie in de ruimte worden getest. Zo monitort Proba-V de wereldwijde vegetatie. De satelliet, zo groot als een wasmachine, brengt elke 48 uur de volledige aarde in kaart met een resolutie van 300 meter. Met het instrument Vegetation kan de kunstmaan een onderscheid maken tussen verschillende soorten planten en verschillende gewassen.

Met de gegevens van Proba-V kunnen wetenschappers en ingenieurs de meest uiteenlopende diensten ontwikkelen. Zo helpt de Spaanse niet-gouvernementele organisatie Action Against Hunger boeren in de Sahel om graaslanden en water te vinden voor hun vee en modelleerden onderzoek-

kers van de KU Leuven en het Belgische onderzoekscentrum VITO hoe sedimenten uit de Scheldemonding zich onder invloed van getijden afzetten in de hele de Noordzee.

Galileo: navigatie vanuit de ruimte

Met tientallen jaren ervaring in het testen van Europese telecommunicatiesatellieten, lag het voor de hand dat ook de in-orbit testing-faciliteiten voor de Europese navigatiesatellieten in Redu gebouwd zouden worden. Het testen begon met de prototype-satellieten Giove A en B en ging aan een hoog tempo verder tijdens het lanceren en in gebruik nemen van de 22 operationele satellieten van de Galileo-constellatie. Die worden gelanceerd met de Europese draagraket Ariane 5. Ook daarin zit heel wat Belgische technologie en knowhow, opgebouwd doorheen decennia van volgehouden investeringen in draagraketten. Onder andere SABCA in Haren (neuskegels van de boosters) en Thales Alenia Space in Charleroi (elektronische compo-



De Schelde- en Rijndelta zoals gezien door Proba-V. © ESA



Deze grote antenne wordt gebruikt om de Galileo-satellieten te testen. © ESA/C. Lezy, CC BY-SA 3.0 IGO

nenten) leveren onderdelen voor Ariane 5. Ook in de ontwikkeling van de nieuwe Europese draagraket Ariane 6 wordt België een sleutelspeler.

Niet alleen garandeert het Galileo-systeem de Europese onafhankelijkheid op het gebied van satellietnavigatie in een steeds voortschrijdende en complexe wereld. Het systeem maakt met zijn hoge nauwkeurigheid en innovatieve beveiligde signalen ook nieuwe toepassingen mogelijk. Denk maar aan zelfrijdende auto's, of een nieuw Europees luchtverkeersleidingssysteem waarmee vliegtuigen een kortere, en dus snellere en milieuvriendelijkere route naar hun bestemming kunnen volgen.

De motivatieketting

Een andere kerntaak van ESA is inspireren. Directeur-generaal Jan Wörner identificeert een 'chain of motivation' of motivatieketting. 'Het ruimte-avontuur wekt fascinatie op die de nieuwsgierigheid aanwakkert. Dat inspireert mensen en die inspiratie zorgt voor de motivatie die nodig is om aan de slag te gaan,' zegt hij.

Dat werd treffend geïllustreerd bij de viering van de vijftigste verjaardag van ESEC in het nabijgelegen Euro Space Center. Meer dan duizend kinderen en jongeren hingen aan de lippen van ESA-astronaut Thomas Pesquet. Hij bracht 'een stukje van een droom' mee. 'Naar de ervaringen mogen luisteren van een astronaut is toch wat anders dan naar een wiskundeleraar te moeten luisteren die je aanmaant om goed je huiswerk te maken', aldus Thomas Pesquet.

Het ESEC beschikt sinds 2014 ook over een laboratorium voor e-robotica voor leerkrachten van het basisonderwijs en van secundaire scholen. Dit laboratorium heeft zich gespecialiseerd in robotica en ermee verwante weten-

schappen zoals natuurkunde, wiskunde, informatica en ingenieurswetenschappen.

Sinds maart 2016 heeft ook het Training and Learning Centre van de ESA Academy onderdak gevonden in Redu. Dit centrum moet in samenwerking met universitaire instellingen de nodige competentie, knowhow en het beste wat ESA te bieden heeft bijbrengen aan Europese studenten. Met die focus op inspiratie en onderwijs zorgt ESEC er mee voor dat de toekomst van de ruimtevaart in Europa en België rooskleurig oogt. Op naar de volgende 50 jaar! (Bron: ESA)



Directeur-generaal van ESA Jan Wörner in de ESA Academy. © ESA



Alex

De kunst van Jacques Martin

Nog tot 6 januari 2019 loopt in het Museum Kunst & Geschiedenis in Brussel een grote retrospectieve tentoonstelling rond de stripfiguur Alex, in samenwerking met visit.brussels en uitgeverij Casterman. Alex, een creatie van Jacques Martin, verscheen voor het eerst 70 jaar geleden, in 1948. De tentoonstelling, die de vier decennia waarin Alex verscheen belicht, werd onlangs feestelijk geopend tijdens het Stripfeest in Brussel.

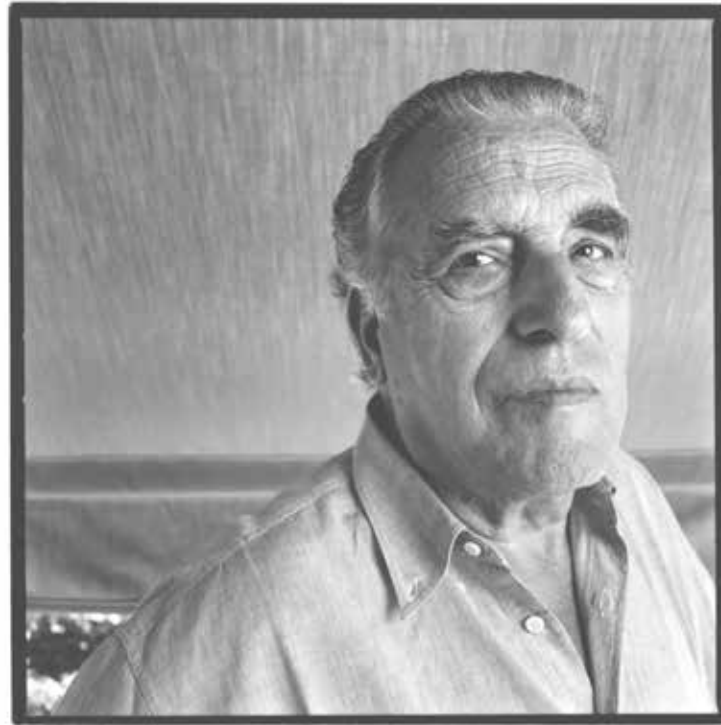
Van alle helden die het pantheon van de stripwereld bevolken, is Alex één van de meest bijzondere personages. In 2018 viert Alex zijn 70-jarige bestaan. Op 16 september 1948 was hij voor het eerst te zien in het weekblad *Kuifje*. Sindsdien werden 12 miljoen albums verkocht met vertalingen in 15 talen. Tussen 1948 en 1988, het jaar waarin *Het Paard van Troje* verscheen, het laatste album van de hand van Jacques Martin, en zelfs nog daarna, trotseerde deze

jonge Gallo-Romein talloze gevaren en kwam hij in contact met de meest uiteenlopende beschavingen. Al die tijd droeg hij eerlijkheid en rechtvaardigheid hoog in het vaandel, idealen die zijn geestelijke vader zeer dierbaar waren.

Vandaag wordt Alex beschouwd als de ware voorloper van het 'historische stripverhaal'. Het lijkt een wat vage definitie, maar het is Jacques Martins verdienste dat hij als allereerste nauwgezet aandacht schonk aan de historische geloofwaardigheid van zijn verhalen.

De tentoonstelling

Ter gelegenheid van de 70ste verjaardag van Alex organiseerden Uitgeverij Casterman, het internationale stripfestival van Angoulême en de 'Cité internationale de la bande dessinée et de l'image' een unieke tentoonstelling gewijd aan het werk van Jacques Martin. Met Alex als centrale figuur gaat de tentoonstelling ook in op de unieke stijl van



Jacques Martin

Jacques Martin, gaande van zijn vroegste publiciteitsopdrachten tot het latere werk waarin zijn persoonlijke grafische en narratieve stijl tot volle wasdom is gekomen.

Voor haar Brusselse editie wordt de scenografie van de tentoonstelling volledig vernieuwd en geïntegreerd in de museumzalen waar de prestigieuze collecties 'Oudheid' van het Museum Kunst & Geschiedenis zijn ondergebracht. Er worden 150 originelen per thema samengebracht (onder meer: historische referenties en thema's als 'de vrouw' en 'de verbeelding'). Ze stellen het oeuvre van Jacques Martin voor door de avonturen van zijn legendarische held te belichten.

Een oeuvre met een eigen karakter

Het stripverhaal was voor Jacques Martin een ware roeping. Hij wilde niet alleen zijn visie op de geschiedenis vroeger en nu op papier vastleggen, maar ook de verborgen kanten van zijn persoonlijke geschiedenis. Jacques Martin mag dan wel deel uitmaken van de Belgische school, waarvan het weekblad *Kuifje* netjes een overzicht geeft, zijn gedurfde benadering van de bladspiegel en de beeldsequentie getuigt van een heel eigen visueel temperament, zonder gelijken onder zijn collega's. De invloed van zijn oudere collega's Hergé en Edgar P. Jacobs is duidelijk herkenbaar in de lijnvoering, maar verhuult niet zijn kenmerkende gedurfde aanpak van de vormgeving, die gevoed wordt door een grote belangstelling voor de klassieke oudheid en het spel van het perspectief.

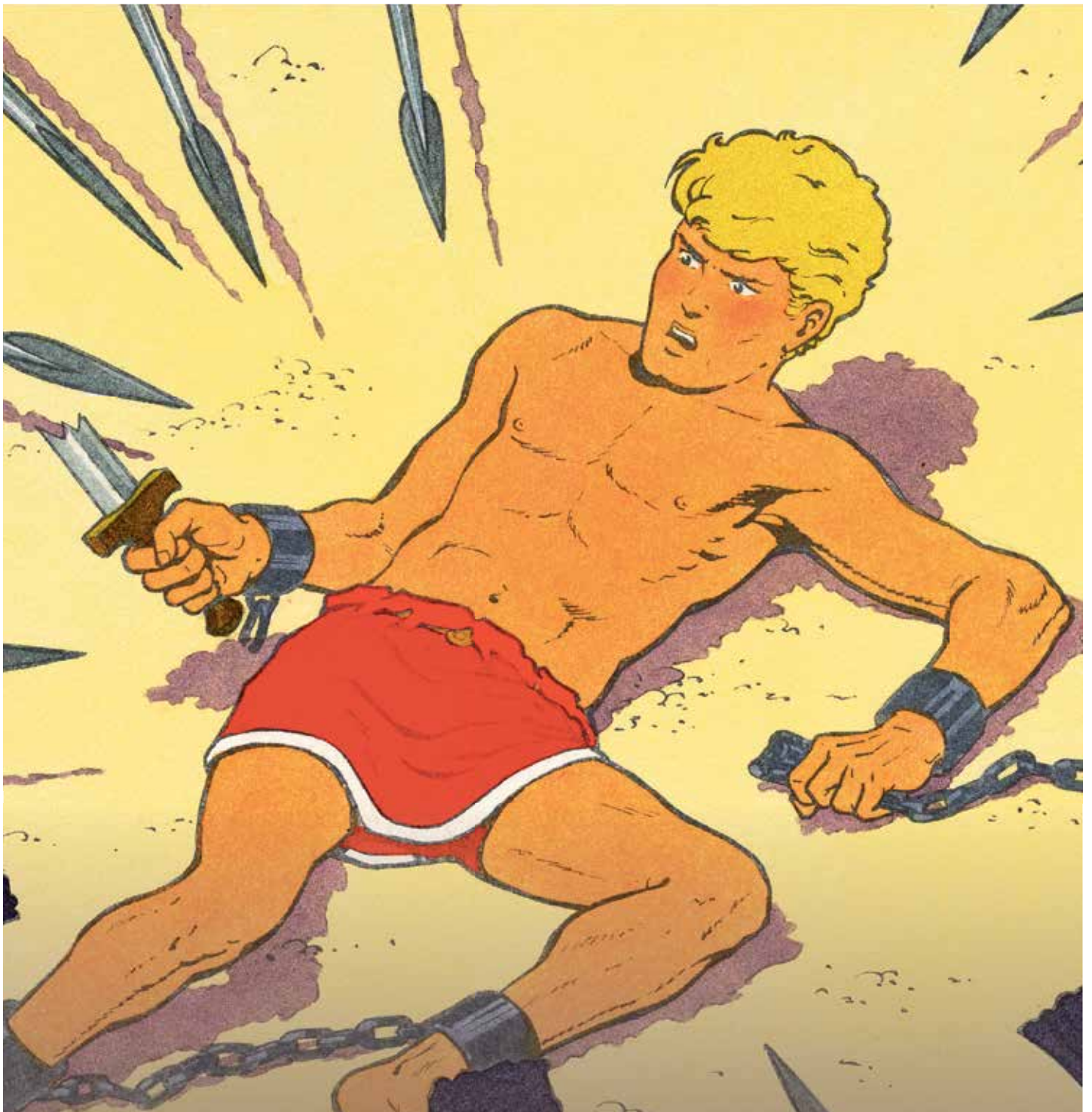
De thema's die steeds terugkeren in de verhalen en intriges van Alex, zijn: de grote uitdagingen der beschaving, de strijd tussen de seksen, samenzweringen, godsdiensten, de uitwassen van de wetenschap, bijgeloof, onirisme, de verhouding tot het dierlijke, en vele andere verrassende onderwerpen. Door de afwezigheid van manicheïsme wordt de jonge lezer geconfronteerd met de complexiteit van de wereld der volwassenen die beheerst wordt door kwade driften als machtswellust, geweld en vernieling.

In tegenstelling tot zijn tijdgenoten Blake en Mortimer of Buck Danny, lofzangers van het optimisme van Les Trente Glorieuses, de glorieuze jaren 1945-75, die telkens weer zegevieren over hun vijanden, is Alex zo goed als nooit de redder der wereldorde. Als machteloze toeschouwer lijkt hij deel te hebben aan de voltrekking van het drama, dat hij ondanks zijn moed, ethiek en verzoeningspogingen niet kan tegenhouden. De tragische dynamiek maakt van hem echter geen gedesillustioneerd personage maar veeleer een apostel van het stoïcisme: gaandeweg leert hij dat er niets valt te ondernemen tegen de heersende krachten, wanneer deze niet afhangen van de eigen wil.

(Bron:KMKG)

Meer

Tentoonstelling *Alex – De kunst van Jacques Martin* tot 6 januari 2019 in het Museum Kunst & Geschiedenis, Jubelpark 10, 1000 Brussel.
www.kmkg-mrah.be



ALIX

DE KUNST VAN JACQUES MARTIN

14.09.18 ————— 06.01.19

MUSEUM  KUNST & GESCHIEDENIS

SCIENCE CONNECTION

is het gratis magazine van het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo)

Verantwoordelijke uitgevers:

An Bergs, Pierre Bruyère en Frank Monteny
Louizalaan 231
1050 Brussel

Coördinatie:

Patrick Ribouville
scienceconnection@belspo.be
www.scienceconnection.be

Werken mee aan dit nummer:

Rodrigo Alvarez (Planetarium), Joëlle Bertrand (Federaal Wetenschapsbeleid), Laurence Burnotte (Federaal Wetenschapsbeleid), Johan Camps (SCK•CEN), Léa de Gobert (Université Libre de Bruxelles), Pascale Defraigne (Koninklijke Sterrenwacht van België), Andy Delcloo (Koninklijk Meteorologisch Instituut), Pieter De Meutter (SCK•CEN/Koninklijk Meteorologisch Instituut/UGent), Bart Demuyt (Alamire Foundation/KU Leuven), Stéphanie Deschamps (Algemeen Rijksarchief), Bernard Ducarme (Université catholique de Louvain/ELI), Paul Fontaine (Université Saint-Louis de Bruxelles), Chantal Fontaine-Hodiamont (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium), Marc Hendrickx (Koninklijke Sterrenwacht van België), Hanna Huysegoms (Koninklijke Bibliotheek van België), Ann Kelders (Koninklijke Bibliotheek van België), Chantal Kesteloot (Algemeen Rijksarchief/CeGeSoma), Jacques Lust (Federaal Wetenschapsbeleid), Géraldine Mertens (Université Libre de Bruxelles), Arianna Piccialli (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie), Patrick Ribouville (Federaal Wetenschapsbeleid), Séverine Robert (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie), Maya Schrödl (Université Libre de Bruxelles), Piet Termonia (Koninklijk Meteorologisch Instituut/UGent), Ian R. Thomas (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie), Michel Van Camp (Koninklijke Sterrenwacht van België), Jens van de Maele (Algemeen Rijksarchief/CeGeSoma), Wim Van der Putten (Planetarium), Kris Vanneste (Koninklijke Sterrenwacht van België), Michel van Ruymbeke (Koninklijke Sterrenwacht van België), Guy Vanthemsche (Koninklijke Commissie voor Geschiedenis), Yannick Willame (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie) en Helena Wouters (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium).

De auteurs zijn verantwoordelijk voor de inhoud van hun bijdragen.

Foto voorpagina: Geboorte van Johannes de Doper. © Koninklijke Bibliotheek van België (Brussel) / Alamire Digital Lab (Leuven) - ms. II 3634/2 (rectozijde)

Oplage: 13.000 exemplaren in het Nederlands en het Frans.

Abonnement: www.scienceconnection.be

Science Connection staat in pdf-formaat op www.belspo.be

Fout in uw naam? Onvolledig adres? Verkeerde postcode? Meld het ons per e-mail of stuur het omslagetiket verbeterd terug.

Lay-out en druk:

Goekint Graphics
www.goekint.be

Gedrukt met plantaardige inkt op een papier geproduceerd met respect voor het milieu.

Het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) heeft als opdracht het wetenschappelijk en cultureel potentieel van België maximaal te benutten ten behoeve van de beleidsmakers, de industrie en de burgers: 'een beleid voor en door de wetenschap'. Het reproduceren van uittreksels uit deze publicatie is toegestaan voor zover daar geen commerciële bedoelingen mee gepaard gaan en voor zover het past in de opdrachten van het Federaal Wetenschapsbeleid. De Belgische Staat kan niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van gegevens die in deze publicatie zijn opgenomen.

Het Federaal Wetenschapsbeleid noch enige andere persoon die in zijn naam optreedt is verantwoordelijk voor het gebruik dat zou kunnen worden gemaakt van de informatie in deze publicatie of voor eventuele fouten die er, ondanks de uiterste zorg bij de voorbereiding van de teksten, nog in zouden staan.

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft alle nodige moeite gedaan om te voldoen aan de wettelijke voorschriften inzake auteursrechten en om contact op te nemen met de rechthebbenden. Elke persoon die benadeeld meent te zijn en zijn rechten wil laten gelden wordt verzocht zich bekend te maken.

© Federaal Wetenschapsbeleid 2018.
Reproductie is toegelaten mits bronvermelding.

Mag niet worden verkocht.

PHANTOM OF THE UNIVERSE

THE HUNT FOR DARK MATTER

'Phantom of the Universe' vertelt het fascinerende verhaal van de boeiende zoektocht naar donkere materie, vanaf de Oerknal tot op vandaag.

De film toont de eerste aanwijzingen voor het bestaan van donkere materie ontdekt in de jaren 1930 en neemt u mee naar de diepten van een oude goudmijn in South Dakota, waar 's werelds meest gevoelige detector voor donkere materie zich bevindt.

We bezoeken CERN in Genève, waar een internationaal team van wetenschappers de bestanddelen van donkere materie opsporen door hoogenergetische deeltjes met elkaar te laten botsen in de Large Hadron Collider, de grootste en krachtigste deeltjesversneller ter wereld.

Donkere materie is tot nu nog niet rechtstreeks waargenomen, maar het bestaan ervan wordt binnen de kosmologie niet langer in twijfel getrokken.

Planetarium Brussel - Boechoutlaan 10 - 1020 Brussel - T 02 474 70 50

Uurrooster van de planetariumfilms:

WWW.PLANETARIUM.BE

