

De weerballon, *een tijdloos instrument!*

Christian Du Brulle

Een hermetische envelop, een beetje gas en een gondel om passagiers of wetenschappelijke instrumenten te vervoeren... De luchtballon blijft ruimtespecialisten fascineren. Bij meteorologen, klimatologen, astronomen, scheikundigen, biologen, natuurkundigen en ingenieurs kan de uitvinding van de gebroeders Montgolfier uit de 18de eeuw nog altijd op veel aandacht rekenen.

Elk jaar opnieuw zetten ruimtevaartagentschappen in de hele wereld ballonnen in om wetenschappelijke en technologische onderzoekscampagnes te voeren. Hun grote voordeel? In tegenstelling tot ruimtetuigen die op honderden kilometers hoogte om de aarde draaien, gaan ballonnen direct naar het hart van de omgeving die ze moeten bestuderen: een perfect omliggende laag van de atmosfeer waarvan de werkhoogte is bepaald op basis van de geplande onderzoeken. En nog een voordeel: de observaties mogen een hele tijd duren. Een sondeerraket gaat in een paar seconden door de troposfeer en de stratosfeer. Maar ballonnen kunnen daar uren, vaak zelfs dagen, rondcirkelen en dus heel veel informatie verzamelen. En in vergelijking met sondeerraketten kunnen deze 'titanen' van de hemel heel zware en grote instrumenten vervoeren.

Hun eenvoudige technologie en hun gebruiksgemak (geen zware infrastructuur nodig zoals voor de lancering van satellieten) maakt ze economisch aantrekkelijk en geschikt voor elke latitude. De projecten met weerballonnen in de tropen of op Antarctica zijn al lang niet meer te tellen.



Auguste Piccard en de FNRS-1 : de eerste stratosfeerreizigers

De eerste "vliegmachine" was een ballon. Deze aerostaat, bedacht en in de lucht gestuurd door de broers Joseph en Etienne de Montgolfier, was een warmeluchtballon en maakte zijn maiden vlucht in 1783 in Frankrijk. Wereldwijd varen ballonvaarders nog altijd met ballonnen die volgens datzelfde principe werken.

Sommige luchtvaarders werken liever met gas. De envelop van hun machine is gevuld met een gas dat lichter is dan lucht: meestal helium of waterstof. Wetenschappers maken uitsluitend gebruik van gasballonnen. De Zwitser Auguste Piccard was de eerste wetenschapper die zich er persoonlijk op toelagde... Dat was in 1932, aan boord van een ballon op waterstof met een gondel onder druk.

Deze eerste vlucht, die voor een groot deel door België werd gesponsord (Piccard was in die tijd verbonden aan de Universiteit Libre de Bruxelles; de ballon en de gondel, FNRS-1 gedoopt, werden gesponsord door het FNRS (FWO)), maakte de weg vrij voor wetenschappelijk onderzoek naar dit deel van de atmosfeer. De gondel van de FNRS-1 wordt vandaag tentoongesteld in het Legermuseum.



Drie types wetenschappelijke ballonnen

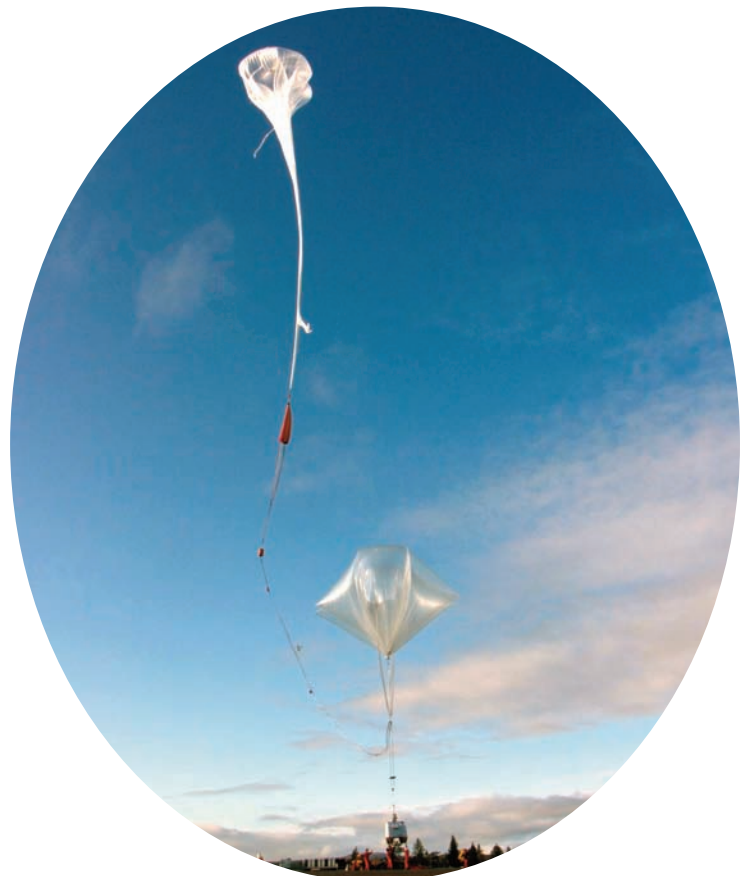
In Europa is het Franse ruimteagentschap CNES toonaangevend op het gebied van luchtballonnen. Het CNES heeft sinds de jaren '70 een enorme knowhow opgebouwd. Naargelang de toepassing kunnen verschillende ballontypes worden gebruikt. Naast de klassieke meteorologische ballon met sonde die uitzet naarmate hij stijgt en die 'ontploft' als zijn werk erop zit, zijn er ook nog de grote weerballonnen. Er zijn drie types: het open type, de ballon onder druk en het infraroodtype.

De open ballon beschikt over een of meerdere openingen aan de onderkant van de envelop zodat hij in verbinding staat met de buitenwereld. Als hij zijn werkhoogte heeft bereikt en helemaal is uitgezet, ontsnapt het overtollige gas en passen de ballon en zijn instrumenten zich aan de omgevingstemperatuur aan.

De ballon onder druk laat geen gas ontsnappen. Met dit type kunnen (zeer) lange vluchten worden uitgevoerd.

De infraroodluchtballon blijft in de lucht met behulp van lucht die wordt verwarmd door de zonnestrallen of door de infraroodstralen die de aarde 's nachts vrijgeeft. Dit type kan missies van verschillende dagen uitvoeren door 's nachts van hoogte te veranderen. Dankzij de kracht van de zonnestrallen kan deze ballon overdag een hoogte van 30 km bereiken. 's Nachts "zakt" hij tot op zo'n twintig kilometer van de grond om de volgende ochtend weer te stijgen.

In Europa wordt het merendeel van de grote ballonnen vanuit Esrange in Zweden opgelaten. Afhankelijk van de campagne kunnen ook andere lanceerplaatsen worden gebruikt, zoals op Antarctica of Hawaï of in Brazilië.



Een stratosferische ballon wordt opgelaten op de Esrange-basis in Kiruna.
© LPC2E/CNRS/Univ.Orléans/GAUBICHER Bertrand, 2009



TRAQ-ballon, Brazilië
© ESA



Een infraroodballon wordt opgeblazen.
© CNES/DERAMECOURT Arnaud, 2008

Atmosfeeronderzoek: een lange traditie van het KMI

Drie keer per week stijgt een witte ballon van latex-neopreen snel boven de Ringlaan in Ukkel uit. Het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) voert elke maandag, woensdag en vrijdag een atmosfeeronderzoek in situ uit. De onderzoekers zijn vooral geïnteresseerd in de ozon en de ozonconcentratie.

Waarom ozon? Dit gas beschermt ons tegen de ultraviolette stralen van de zon en is een uiterst onstabiele molecule. De chloorhoudende bestanddelen die zich in de atmosfeer hebben opgestapeld als gevolg van het gebruik van freongassen in koelmachines, hebben de dichtheid van dit gas in de stratosfeer aangestast. Het beruchte "gat" in de ozonlaag. Het gebruik van deze producten is sinds het Protocol van Montreal (1987) verboden. Heeft deze maatregel het verwachte effect? Neemt de ozonconcentratie in de hoge atmosfeer toe en, zo ja, tegen welke snelheid? Om een gedetailleerd antwoord op deze vragen te kunnen geven, doet het KMI regelmatig onderzoek met weerballonnen. Ze zijn gevuld met waterstof en nemen elk een doos met meetinstrumenten mee naar de stratosfeer. Op de doos zijn een kleine antenne, verschillende sondes en een dunne buis bevestigd. De doos weegt 1188 gram. De envelop (van Japanse makelij) is goed voor een gewicht van 1500 gram.

"De ballon stijgt normaal op met een gemiddelde snelheid van 330 meter per minuut", zegt men ons bij het KMI. "De instrumenten die de ballon meedraagt, meten voortdurend de atmosferische druk, de buitentemperatuur en de relatieve vochtigheid. Een pomp zuigt permanent omgevingslucht op en bepaalt het ozongehalte in de lucht."

Als de ballon eenmaal is opgelaten, worden de atmosfergegevens ingevoerd in de computer die de vlucht controleert. Deze registreert de vluchtgegevens van seconde tot seconde. De hoogte wordt afgeleid uit de geregistreerde drukschommelingen. De vliegrichting en de snelheid van de ballon worden afgeleid uit de gegevens van de GPS-satellieten die de ballon volgen met behulp van driehoeksmeting (hierbij kunnen tot elf satellieten tegelijk betrokken zijn).

"Een vlucht duurt 3000 tot 4000 seconden", aldus een technicus van het KMI. "Dat hangt af van de laterale winden die het opstijgen kunnen afremmen. Vaak drijft de ballon richting Nederland of Duitsland als gevolg van de dominante windrichting in België. Als hij een hoogte van 25 tot 30 kilometer heeft bereikt, is de ballon zodanig uitgezet dat hij klappt. Dankzij zijn parachute daalt hij zachtjes weer neer. Tijdens die afdaling blijven de instrumenten hun werk doen. We krijgen dus normaal twee atmosfeerprofielen van elke vlucht: één van het opstijgen en één van het neerdalen.

75 tot 80% van de wetenschappelijke dozen krijgen we terug. Elke doos heeft een instructielabel gericht aan de vinder met het verzoek om contact op te nemen met het KMI. De dienst zal de doos dan ophalen en de eerlijke vinder een (bescheiden) vergoeding aanbieden. De instrumenten in de dozen kunnen vaak opnieuw worden gebruikt.



De ballonnen zijn met meer dan één onderzoek in de weer!

Of ze nu een paar uur of een paar dagen duren, de vluchten van weerballonnen zijn nog altijd bijzonder nuttig voor de wetenschappelijke gemeenschap. Met de ene vlucht worden de diverse eigenschappen van de atmosfeer in situ bestudeerd, zoals bij de weerballonnen van het KMI. Een andere vlucht vertrekt dan weer met heel gerichte wetenschappelijke opdrachten.

BOOMERang

Om de uiterste grenzen van het universum te kunnen bestuderen heb je niet altijd supergeavanceerde satellieten nodig die uitzonderlijke banen doorlopen. Natuurlijk zijn dat soort vaartuigen "ook" heel interessant voor kosmologen. De grote ruimtevaartlanden maken er maar wat graag gebruik van. Zo lanceerde de NASA Cobe in 1992 en Wmap in 2003. De ESA van zijn kant heeft Planck ontwikkeld, een wetenschappelijke satelliet die zich helemaal richt op het gedetailleerde onderzoek van kosmische achtergrondstraling, "CMB" in het Engels. CMB is een elektromagnetische straling die zeer gelijkmatig in alle richtingen verloopt. Wetenschappers gaan ervan uit dat het een restant is uit de dichte en warme periode van het universum, zo'n 13 miljard jaar geleden. Toch vertoont CMB-straling minieme schommelingen, anisotropie genoemd. En die anisotropie wordt door de satellieten Cobe en Wmap bestudeerd.

40 Dat deze CMB eerder al met behulp van weerballonnen werd bestudeerd, is minder bekend. Het internationale experiment BOOMERang was gebaseerd op lange aerostaatvluchten. BOOMERang (Balloon Observations of millimetric extragalactic radiation and geophysics) leverde tussen 1997 (testvlucht in de VS) en 2003 (vanop Antarctica) drie ballonvluchten op. In de gondel van de ballonnen hadden de onderzoekers bolometers geplaatst die werkten met temperaturen dicht bij het absolute nulpunt. CMB-straling manifesteert zich immers bij temperaturen rond 3 graden kelvin (ongeveer -270 graden Celsius).

Het acroniem BOOMERang verwijst naar het feit dat de ballon op het einde van zijn vlucht terugkeert naar zijn vertrekpunt. Dat komt door de wervelwinden op Antarctica (de "polaire vortex"). Dankzij die vortex draaien de ballonnen, die op de Amerikaanse basis McMurdo worden opgelaten, rond de pool om twee weken later weer bij hun vertrekpunt aan te komen.



Casolba

Je kunt de efficiëntie en het rendement van zonnecellen voor satellieten op de grond testen en dat is nuttig. Maar je kunt ze ook op grote hoogte testen, waar de temperatuur en de omstandigheden van het zonlicht dicht aanleunen bij de werkelijke baanomstandigheden. Dat is nog veel nuttiger. Logischerwijze worden voor het Franse Casolba-programma (CALibration de cellules SOLaires sur vol Ballon (of ijking van zonnecellen op ballonvluchten)) stratosfeerballonnen gebruikt. Er bestaan ook andere methoden om fotonvoltaïsche cellen buiten de atmosfeer te testen: tijdens de campagnes aan boord van de ruimteshuttle of tijdens vliegtuigvluchten op grote hoogte. Maar de ballonnen blijken toch de meest gebruiksvriendelijke en de goedkoopste oplossing te zijn. (www.cnes.fr)

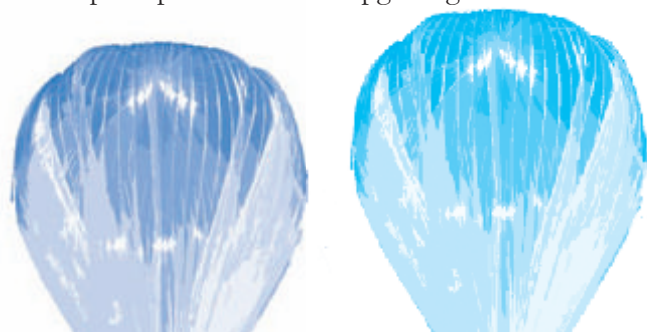
ULDB

Terwijl de meteorologische weerballonnen hun werk in enkele tientallen minuten uitvoeren, worden ook types ontwikkeld om tientallen dagen te kunnen functioneren. We hebben het over het ULDB-programma (Ultra Long Duration Balloon) van de NASA.

Eind december 2008 lanceerde de NASA een reuzenballon vanuit het Amerikaanse onderzoeksstation McMurdo op Antarctica. Deze kolos van 200.000 kubieke meter was gevuld met helium, vergelijkbaar met de weerballonnen die door de meteorologische diensten worden gebruikt. Het prototype moest verschillende technologieën testen. De NASA wou namelijk een machine met een nuttig laadvermogen van één ton die gedurende langere periodes op een hoogte van 42 kilometer kon blijven draaien. Op 20 februari 2009 werd het record gebroken! De ballon hing toen 54 dagen, 1 uur en 29 minuten onafgebroken in de lucht. Het doel om een vlucht van 100 dagen te maken is niet meer zo ver af. Voor een dergelijke missie van drie maanden moet de NASA een "super"reuzenballon van zo'n 630.000 kubieke meter ontwikkelen. (www.csb.nasa.gov en <http://sites.wff.nasa.gov/code820>)

Twee ballonnen voor Venus

De aarde is niet de enige planeet die luchtballonnen ziet passeren. In juni 1985 lieten de Russische Vega-sondes met een interval van vier dagen twee ballonnen met een beperkte omvang (een diameter van 3,5 meter) in de atmosfeer van Venus los. Een veertigtal uur cirkelden ze op zo'n vijftig kilometer boven Venus. Daarbij waren ze de speelbal van uiterst krachtige winden van ongeveer 250 kilometer per uur. De gondel van de ballonnen had zes kilo wetenschappelijke instrumenten aan boord (sensoren om de druk, de temperatuur, de windkracht en de lichtsterkte te meten en deeltjesdetectoren), waarvan de gegevens door de grootste radiotelescopen op aarde werden opgevangen.



100 jaar Belgisch onderzoek met weerballonnen

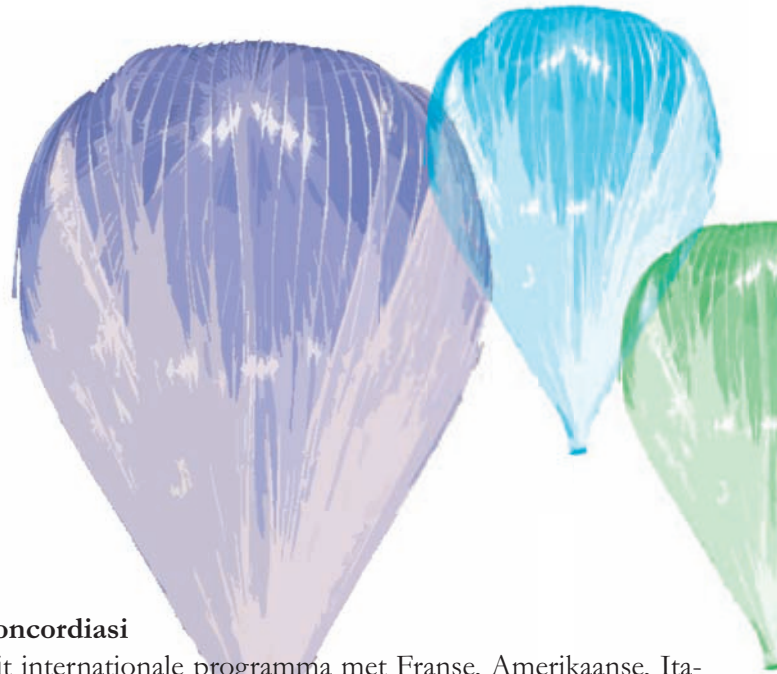
Het eerste atmosferische onderzoek met een ballon vond in België op 5 april 1906 plaats. België was daarmee het tiende land in de wereld dat dit soort van onderzoek uitvoerde. Een meteorologisch initiatief was het zeker, al had het KMI daar in die tijd nog helemaal niks mee te maken. Simpelweg omdat het Koninklijk Meteorologisch Instituut pas in 1913 werd opgericht. Het experiment gebeurde onder de vlag van het Koninklijk Observatorium (en zijn meteorologische dienst). Een experiment, want met systematische ballonvluchten werd pas in 1909 begonnen. Het had een wisselend succes, meestal afhankelijk van de grote conflicten in de wereld, en werd van 1940 tot 1945 helemaal stilgelegd. Sinds 1969 krijgen de ballonnen ook ozondetectoren mee.

BEXUS

De ESA organiseert geregeld weerballoncampaagnes voor studenten van het hoger onderwijs. Met deze zogenaamde BEXUS-campaagnes (Ballon EXperiments for University Students) kunnen studenten praktische ervaring opdoen. Vanop de basis in het Zweedse Esrange worden de heliumballonnen met een volume van 12.000 kubieke meter opgelaten voor vluchten van meerdere uren. Tijdens de campagne van 2009 selecteerde de ESA vijf voorstellen, waaronder het Belgische So-High-project van studenten van de Katholieke Universiteit van Leuven. Dit project moest aantonen hoe goed micro-elektronische onderdelen in de hoge atmosfeer functioneren. De kern van het project kreeg de vorm van een SOI-chip (Silicon on insulator) en kleine elektromagnetische sensoren (zogenaamde Mems) om de druk, de temperatuur en de vochtigheid van de atmosferische lagen te meten waardoor de ballon passeert. (www.rexusbexus.net)



Bexus-ballon



Concordiasi

Dit internationale programma met Franse, Amerikaanse, Italiaanse en Australische teams wil satellietmetingen efficiënter gebruiken, vooral de metingen die door de atmosferische infraroodpeiler IASI op de Europese satelliet Metop-A worden uitgevoerd om de meteorologie van Antarctica beter te begrijpen en de invloed van de poolkap op het huidige klimaat van onze planeet te verduidelijken. Daarnaast willen de teams meteorologische metingen in de lage stratosfeer verzamelen om de afbraak van ozon op grote hoogte, een fenomeen dat zich elke lente boven de Zuidpool voordoet, beter te leren begrijpen. Het originele van het Concordiasi-programma zit hem in de kruisanalyse van satellietmetingen en metingen in situ.

Eind 2010 werden voor de derde Concordiasi-campagne 19 ballonnen met instrumenten uitgerust en vanop de Amerikaanse poolbasis McMurdo opgelaten. Deze ballonnen hebben een draagvermogen van bijna 50 kilo en zijn ware technologiebommen: een mix van meetinstrumenten om ter plaatse en op afstand metingen uit te voeren en op die manier een groot aantal uiteenlopende gegevens te verzamelen.

Zo beschikken de ballonnen over 650 dropsondes die met een parachute worden losgelaten om de druk, de luchtvochtigheid, de wind en de temperatuur over een grote breedte van de atmosfeer te meten, en dit op precieze punten die niet met andere middelen kunnen worden geobserveerd. Het loslaten van de sondes wordt gestuurd vanuit het onderzoekscentrum van Météo-France in Toulouse en gebeurt op verzoek, wanneer de Metop-A-satelliet boven de ballonnen passeert, zodat de metingen van het ISAI-instrument meteen kunnen worden bevestigd. □

