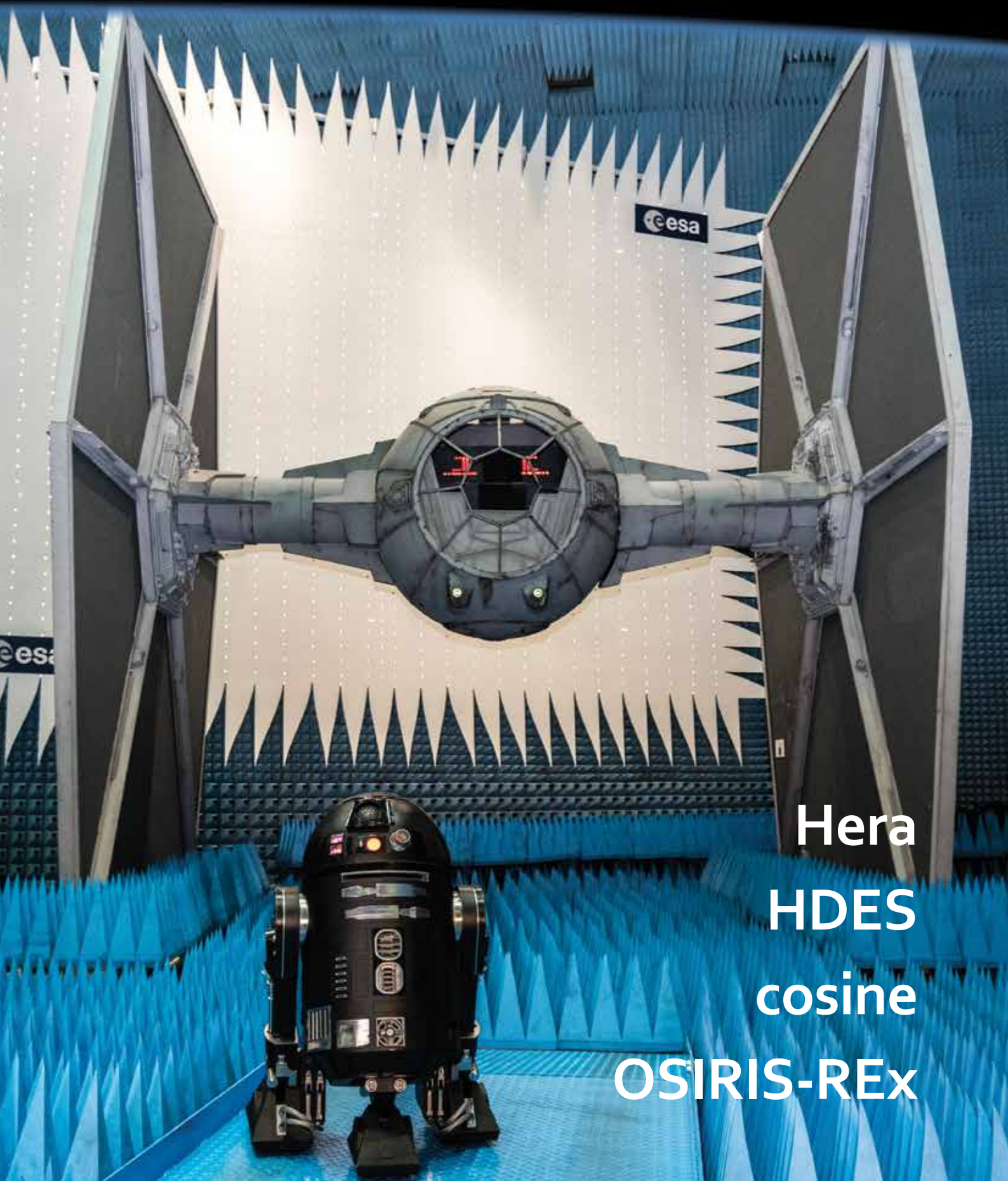


€ 7,00

NEDERLANDSE VERENIGING VOOR RUIMTEVAART

2023|3

# RUIMTEVAART



Hera

HDES

cosine

OSIRIS-REX



### Bij de voorplaat

Thema van de ESA Open Day dit jaar was "Science Fiction Gets Real". Als onderdeel daarvan was dit Star Wars TIE Fighter model in de Hertz radiofrequentie-testruimte van ESTEC te zien. [ESA-SJM Photography]



### Foto van het kwartaal

Materiaal van de planetoïde Bennu, naar de aarde gebracht door de landingscapsule van OSIRIS-REx. [NASA]

### Van de hoofdredacteur:

De NVR is een vereniging voor mensen met interesse en passie voor het onderwerp ruimtevaart in de brede zin. De NVR is er voor haar leden maar kan ook alleen bestaan door de kleine en grote bijdragen van haar leden en dat op zeer wisselende gebieden. Net zoals bij de vele verenigingen die Nederland rijk is, is de stuwende kracht van de NVR de vrijwilligers die actief zijn binnen de verschillende commissies, redacties en het bestuur. Maar daarnaast zijn er ook vele vrijwilligers die op een meer ad hoc manier bijdragen door bijvoorbeeld een evenement te organiseren, te spreken op een lezingenavond, de NVR te promoten (recent voorbeeld op de ESTEC open dag) of een artikel te schrijven voor het blad Ruimtevaart. Al deze mensen steken hier tijd in, soms krijgen ze hiervoor misschien tijd van hun werkgever als die promotie van ruimtevaart een warm hart toe draagt, maar ze doen het allen zonder dat zij hiervoor een vergoeding ontvangen van de NVR. Ook voor het blad Ruimtevaart zijn we afhankelijk van vrijwilligers die interessante ideeën of als auteur artikelen aanleveren en roepen daarom, zoals altijd, iedereen met een goed idee voor een artikel contact op te nemen met een bekend redactielid of via het emailadres: [redactie@ruimtevaart-nvr.nl](mailto:redactie@ruimtevaart-nvr.nl).

Voor u ligt het derde nummer van 2023 met o.a. een vervolg op het cosine artikel uit het vorige nummer en ook weer aandacht voor ruimtevaart in Oekraïne als een vervolg op de artikelen die we geplaatst hebben voor de Russische invasie. Verder heeft de redactie speurwerk verricht naar de Indiase plannen voor bemande ruimtevaart en geven we aandacht aan de vele missies die de laatste tijd naar de maan en planetoiden zijn, of binnenkort zullen worden, gelanceerd. We hopen dat deze uitgave u weer weet te inspireren en danken alle auteurs ook deze keer weer voor hun bijdragen en de tijd die ze besteed hebben aan de vereniging.

**Peter Buist**

## Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart (NVR)

### Bestuur

Het bestuur van de NVR wordt gekozen door de leden en bestaat uit:  
P. van Beekhuizen (voorzitter)  
Dr. Ir. P.J. Buist (vice-voorzitter)  
Dr. R.T. Rajan (secretaris)  
C. Martinus RA (penningmeester)  
Ir. P.A.W. Batenburg  
W. Mensink  
K. Regnery  
D. Stefoudi LLM  
E. Tamarin

### Redactie 'Ruimtevaart'

Dr. Ir. P.J. Buist (hoofdredacteur)  
Ir. M.O. van Pelt (eindredacteur)  
B. Vis (eindredacteur)  
Drs. P.G. van Diepen  
L. van Gool  
Ir. E.A. Kuijpers  
Ing. M.C.A.M. van der List  
Ir. L. Pepermans  
Ir. H.M. Sanders MBA

### Websitecommissie

E. Tamarin (voorzitter)  
Dr. R.P.N. Bronckers  
D. Jayakodi LLM

### Sociale media-commissie

A. Th. Sokolowski Dipl.rer.com. (voorzitter)  
M. van Alphen  
M. Marcik  
F. Overtoom  
S.V. Pieterse LLM  
D. Stefoudi LLM

### Evenementencommissie

K. Regnery (voorzitter)  
Drs. B. ten Berge  
Ir. S.D. Cherukuri  
L. A. Gibson - ten Bloemendal BA  
Ir. B.N. Kiyani  
Ir. S.D. Petrovic  
S. van Rijthoven MSC  
A. Th. Sokolowski Dipl.rer.com.

### Kascommissie

Ir. M. de Brouwer  
Dr. Ir. G.L.E. Monna  
Drs. T. Wierenga

### Young Professionals

W. Mensink (voorzitter)  
A. Barug  
Drs. P. B. den Boer  
Ir. S. Mast  
A. Stommels  
E. Tamarin

### Ereleden

Dr. Ir. G.J. Blaauw  
Ir. D. de Hoop  
Drs. A. Kuipers  
Dr. T. Masson-Zwaan  
Ir. H.J.D. Reijnen  
P. Smolders  
Prof. Ir. K.F. Wakker

### Contact

Eveline van Beekhuizen  
Kapteynstraat 1  
2201 BB Noordwijk  
[info@ruimtevaart-nvr.nl](mailto:info@ruimtevaart-nvr.nl)  
[www.ruimtevaart-nvr.nl](http://www.ruimtevaart-nvr.nl)  
ISSN 1382-2446

### Copyright © 2023 NVR

Alle rechten voorbehouden. Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen, foto's en illustraties uit Ruimtevaart is alleen toegestaan na overleg met en akkoord van de redactie, en met bronvermelding. De NVR noch de drukker kan aansprakelijk gesteld worden voor de juistheid van de informatie in dit blad of voor eventuele zet- of drukfouten.

### Kopij

Indien u een bijdrage aan het blad wilt leveren of suggesties wilt geven, neem dan contact op met de redactie via [redactie@ruimtevaart-nvr.nl](mailto:redactie@ruimtevaart-nvr.nl). De redactie behoudt zich het recht voor om ingezonden stukken in te korten of niet te plaatsen.

### Vormgeving en opmaak

Esger Brunner/NNV

### Drukker

Bariet Ten Brink, Meppel

## Ukrainian space industry – challenges and prospects

The status and future of space in the beleaguered country.

4



## HDES generates life-saving product from space technology

ESA BIC Noordwijk alumna HDES is turning cool gas generators originally designed for space applications into life-saving medical equipment.

8



## The New Lunar Landers

The Moon has lots of robotic visitors lately, but not all arrive safely.

12



## cosine, al 25 jaar een begrip in de ontwikkeling van ruimtevaartinstrumenten

Interview met Marco Beijersbergen van cosine, een ruimtevaartbedrijf dat (optische) meetinstrumenten ontwikkeld.

18



## Gaganyaan, een in nevelen gehuld project

Waarom wordt er zo geheimzinnig gedaan over het Indiase bemande ruimtevaartprogramma?

24



## ESA's Hera project

Investigating the binary asteroid hit by NASA's DART mission.

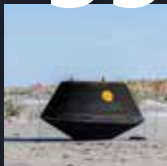
28



## OSIRIS-REx

De NASA missie die het meeste planetoïdemateriaal tot nu toe naar de aarde bracht.

35



## Laatste man op de maan

De vaste column van Piet Smolders.

38



## Ruimtevaartkroniek

Alle lanceringen en belangrijke ruimtevaartgebeurtenissen tussen 16 juni 2023 en 31 augustus 2023.

40





# Ukrainian space industry – challenges and prospects

Volodymyr Mikheev, Deputy Head of the State Space Agency of Ukraine

Ukraine's heroic fight against the treacherous full-scale military invasion of the Russian federation has been going on for more than five hundred days. 24 February 2022 has certainly changed life of every Ukrainian and the whole country. Tens of thousands of killed and injured Ukrainians, millions of refugees, destroyed businesses and whole cities, a transport blockade – these are the current circumstances we live in as well as in which the Ukrainian economy and each of its sectors operate. We share in this article how the Ukrainian space industry is functioning during this extremely challenging period, and our plans for a peaceful future.

At the outset, the space industry has traditionally been a very promising, scientific, high-tech, modern, expensive and, of course, interesting and attracting field of activity, which has always involved specialists who are truly dedicated to this area. Modern Ukraine happened to inherit strong basic science schools, research institutes and testing facilities, a huge and powerful production complex, as well as large engineering and labour teams involved in various rocket engineering and space research projects.

During the first years of Ukraine's independence, many scientific developments and practical works faced great challenges. They were primarily related to the conversion from the production and testing of strategic ballistic missiles with nuclear warheads to a non-military space business. Nevertheless, we managed to preserve the industry's potential, reorient it to new needs and find our place in international cooperation that always was very competitive.

Due to its unique competence in rocket

and space technology, high quality products and in-depth scientific research, the Ukrainian space industry has realised its potential in a number of international launch service projects. The most prominent of these are Sea Launch, Land Launch and Dnipro. These projects were implemented within the framework of historically close cooperation with the leading states in the field of peaceful use and exploration of outer space. They enabled the establishment and development of commercial relations with many Western space companies. After the termination of space cooperation with Russia, an obvious consequence of the temporary occupation of the Autonomous Republic of Crimea and the City of Sevastopol in 2014, we have only strengthened international cooperation with other states, mainly with European and North American countries.

The Ukrainian space industry is developing in a sustainable manner, providing equal conditions and opportunities to both state and private enterprises, which have approximately equal shares in the

overall range of space projects and activities. The main areas of competence traditionally include the design and manufacture of launch vehicles, their preparation and launch, the design and manufacture of space and onboard equipment, spacecraft control, orbital services, receiving and processing information from spacecraft, control of space objects as well as scientific space research.

24 February 2022 has certainly caused major changes to all previous plans for the development of the industry. That's why we had to focus on more urgent and pragmatic goals for a while – firstly, ensuring the safety of personnel and, secondly, continuing uninterrupted operations.

Some of the companies suffer from the attacks of Russian cruise or ballistic missiles. Others, particularly those in Kharkiv, also sustain significant damage from artillery fire and air strikes. But we managed to fulfil our most important priority – to save our people's lives – not only because it is difficult to find a replacement for the highly skilled personnel that the space industry needs, but because we strongly



Left: the signing of the Joint Declaration between SSAU and NASA, April 2023. Right: Volodymyr Mikheev, Deputy Head, State Space Agency of Ukraine.

value all and each human life. **Overall, Ukrainian companies have continued their work in all areas of activity, including the implementation of relevant international treaties and foreign economic agreements.**

For instance, after the beginning of the full-scale Russian invasion, the American company Northrop Grumman conducted two successful launches of the Antares rocket. The first stage of the rocket was designed and manufactured by the Ukrainian state enterprises Pivdennyi Machine-Building Plant and Pivdenne Design Office in cooperation with a number of other Ukrainian companies that were also involved in the preparations for the launch of the rocket.

Despite the ongoing military actions, all deliveries and works were carried out by the Ukrainian side on time and according to the required standards. As a result of the Russian blockade of the Black Sea, we had to change the transport route for the first stage of the rocket from Dnipro, Ukraine, where it is manufactured. Whereas previously this product, which is over twenty metres long and almost four metres in diameter, had been shipped from the Ukrainian port of Mykolaiv to the United States, for the recent launches it had to be transported by road to a European port.

Unfortunately, on 2 August 2023, the last Antares launch took place in the former 230 configuration. In the future, Northrop Grumman plans to produce the rocket in the 300 configuration, replacing the Ukrainian first stage by another technical solution and abandoning Russian engines, thereby fully relying on American suppliers.

In addition, after 24 February 2022, two launches of the European Vega-C rocket took place, for which Ukrainian companies supply the fourth stage main engine

and some carbon components. Ukrainian companies are currently working on engines for the next launches, scheduled for 2024.

An example of successful international joint projects in the space sector is the ongoing work with the Canadian company Maritime Launch Services Inc (MLS), which is building a space launch site in the province of Nova Scotia. The Ukrainian state enterprises Pivdennyi Machine-Building Plant and Pivdenne Design Office are the main designers and manufacturers of the MLS launch vehicle. They are working to create a proven, low-risk launch vehicle capable of delivering payloads weighing 3,350 to 5,000 kg to various low Earth orbits, including polar and sun-synchronous orbits. Cyclone-4M is a two-stage monoblock medium-class rocket for commercial space launches. Its unique and reliable design is based on the proven technical solutions of the Pivdenne State Design Office used in many other space rocket systems.

We believe that this project is very promising both for Canada, which will gain the ability to conduct space launches (an important competence for a space

power), and for Ukraine, which needs to maintain and further develop its competence in the design and manufacture of launch vehicles.

I would like to highlight **the outstanding successes of young Ukrainian scientists in space exploration.** For example, during the IAC2022 in Paris last September, the MLS and Nanorack companies announced an initiative, supported by the Canadian Space Agency, to launch 16 CubeSats created by Ukrainian student teams into orbit during the first launch of the Cyclone-4M rocket.

Despite the war, Ukrainian universities are continuing their satellite programmes. In particular, undergraduate and PhD students of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (KPI) created the PolyITAN-HP-30 nanosatellite, which was launched into orbit by a SpaceX Falcon 9 rocket on 3 January 2023. The purpose of the dual-mode CubeSat is to conduct an experiment to study the efficiency of heat pipes of different designs as the main element of spacecraft thermal stabilisation systems. The launch of PolyITAN-HP-30 became possible due to the support of

## Antares

Antares is a two-stage rocket with an optional third stage, manufactured by Northrop Grumman, capable of launching payloads up to 8000 kg into low Earth orbit. The launch vehicle is primarily used to support a contract with NASA under the Commercial Resupply Services programme. Since 2013, 18 launches have taken place, 17 of which were successful.

## Vega

Vega is a disposable launch system operated by Arianespace and developed jointly by the Italian Space Agency and the European Space Agency. Vega is designed to launch small payloads into low Earth orbit. Development began in 1998 and the first launch took place on 13 February 2012 from the Space Launch Centre in Guiana. A total of 22 launches have taken place, of which 19 have been successful.



LV VEGA launches.

our partners, notably Delft University of Technology.

As of today, KPI is implementing its own satellite programme, which includes the development of a number of nano- and micro-satellites. Some of these could be launched as early as the beginning of next year.

The launch of the Falcon 9 rocket on 3 January this year also carried into orbit EOS Data Analytics' EOS SAT-1 optical satellite for agricultural land monitoring. The satellite was built by Dragonfly Aerospace, a Ukrainian-South African space optics and satellite manufacturer, and is equipped with two high-precision DragonEye cameras.

It is worth mentioning the National Youth Aerospace Education Center in Dnipro, Ukraine, an institution aimed at promoting theoretical knowledge and relevant practical skills in space activities among young people. After the beginning of the full-scale war, the Center did not stop its work and continues to operate actively.

Despite the war, space law is becoming increasingly relevant in Ukraine. In particular, in Dnipro, the "space capital" of Ukraine, one of the leading educational institutions, namely Oles Honchar Dnipro National University, has introduced a compulsory course entitled "Legal Regulation of the Protection, Use and Commercialisation of Outer Space". The innovation of this discipline is that it is studied not only at the Faculty of Law, but also by students of technical specialities. This allows future space engineers to look at technical issues from the perspective of the legal aspects of space activity regulations.

Also at the end of 2022, a team of authors-scientists from Dnipro published a textbook entitled "General Theory of Space Law". I strongly believe that the number of scientific researches would have been even higher if not for the difficult circumstances of the war – in particular, man-made blackouts and missile attacks by the aggressor state.

**We have ambitious plans for international cooperation,** which remains an integral part of the space industry development. One of our top priorities is to become a member of the European Space Agency (ESA). Over the past year, we have initiated a promising bilateral dialogue, identified and detailed potential cooperation projects, and continue to work on the relevant financial aspects.

ESA has already offered the State Space Agency of Ukraine a joint internship programme for young Ukrainian scientists. We are currently finalising the selection of candidates and it is possible that by the time this interview is published, the winners will already be working on their research projects at ESA centres.

We are certainly continuing to work in many areas with the purpose of progressively joining the components of the EU Space Programme, some of which we have been working on for a long time. In particular, within the framework of the Copernicus programme, agreements

# JOIN OUR TEAM

cosine |

Looking for a new challenge in an innovative high tech space company?  
Apply for one of our available positions or send us an open application  
to join our highly skilled and international team!



🌐 cosine.nl ☎ +31 71 528 4962

advertentie

were signed with the European Commission and ESA in 2018 and 2019 respectively. As part of their implementation, in December 2019 the State Space Agency of Ukraine (SSAU) created the main data access point of the Copernicus Regional Mirror Site based on the National Space Facilities Control and Testing Centre. At the same time, images of the territory of Ukraine received by the Sentinel spacecraft were made freely available.

In the field of satellite navigation, we are also continuing the relevant negotiation process to prepare a draft agreement between Ukraine and the EU on the extension of the European Geostationary Navigation Overlay System (EGNOS) to the territory of Ukraine.

I believe that under the current circumstances, SSAU is engaged in a successful dialogue with the European Commission to deepen its participation in the above-mentioned components of the EU Space Programme and to join others.

We recognise the importance of develo-

ping cooperation with European countries. Our key partners are currently the Polish Space Agency, the Italian Space Agency and the Portuguese Space Agency. Recently, we have intensified the dialogue on deepening our partnership with the Slovak Space Office. We believe that Ukrainian-Dutch cooperation in the space sector also has significant prospects.

NASA is another important partner of SSAU. This April, SSAU and NASA signed a joint statement on cooperation in the field of peaceful space, which provides for the development of cooperation primarily through the Artemis programme. SSAU and the National Academy of Sciences of Ukraine have a number of proposals for projects to explore Moon and Mars. We are looking forward to the support of NASA and other international partners in this area.

We are already thinking about new plans and ideas, because the development and recovery of the state after Ukraine's victory in the war against the aggressor

will affect all spheres of life – the space industry, environmental renovation and many others. We incorporate the relevant approaches into special laws and key programme documents for the development of the space industry.

We remain ready to deepen cooperation in the scientific, technical and industrial fields. We are convinced that the space sector of Ukraine will maintain its investment attractiveness by preserving competencies, developing science, engaging young people and deepening relevant international cooperation with key partners.

In conclusion, our principal values mean to continue all activities we do for the benefit of humanity, for peace rather than war, for the triumph of technological progress rather than devastating destruction, and ultimately for the preservation and improvement of human life and prosperity.



# HDES generates life-saving product from space technology

Corneel Bogaert, SBIC Noordwijk & NL Space Campus

Applications of space in healthcare are nothing short of revolutionary. From monitoring the spread of diseases with satellites to conducting experiments in microgravity for the development of new medical technologies. HDES (High Density Energy Systems) is well aware of the potential of space to innovate the medical sector. Since 2018, the company develops cool gas generators for space and terrestrial applications, further advancing this technology during incubation at ESA BIC Noordwijk. With its proposal for a lightweight oxygen supply for general practitioners, HDES won the technology transfer competition of the ESA Technology Broker NL in December 2022 and is now ready to go-to-market.

## Nitrogen gas generators for satellite propulsion

The cool gas generator is a gas storage technology that was originally developed for space applications by TNO (the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research). The technology consists of a casing with a solid block inside that can be decomposed into gas upon activation of a small igniter. When activated, gas is released which can be used for propulsion and inflation of space structures, as well as for the manoeuvring of small satellites.

Cool gas generators were used on multiple space missions. In 2009, the Cool Gas Generator Experiment was launched on board ESA's Proba-2 satellite. The initial experiment, consisting of four cool gas generators each producing 40 litres of nitrogen gas, aimed to demonstrate the

technology in space. Three gas generators were fired in 2011, 2012 and 2016, all with success. Since 2018, the experiment has been managed by HDES – data is collected weekly and regular reports are published. In 2021 the remaining generator in this experimental propulsion system was then assigned to be used for Collision Avoidance Manoeuvres by ESA. It is now an operational part of Proba-2 and will be used to manoeuvre the satellite out of the way when a piece of debris comes too close. This use makes the cool gas generator mission critical equipment.

## Oxygen and carbon dioxide gas generators for terrestrial applications

Following confirmation that nitrogen gas generators could be used in space,

the HDES team began investigating other gases for the generators. The aim was to apply this technology to help to save lives on Earth. In 2019, HDES joined the incubation programme at ESA BIC Noordwijk and set up a pilot production facility for the development of carbon dioxide and oxygen cool gas generators. Compared to their nitrogen counterpart, both types of generators are cheaper to produce and non-toxic.

Since graduating from ESA BIC in 2021 and following the production of numerous prototypes, HDES progressed and made good advances in the field. The carbon dioxide generators can be used for safety applications, such as inflatable life jackets – that still need to work years after their initial production – or to activate the landing gear of an aircraft in case of emergency. In recent years,





## About HDES

High Density Energy Systems (HDES) Service & Engineering is a Dutch engineering and technology development company that designs, develops and manufactures cool gas generators for space, rescue and safety applications, and terrestrial projects. With headquarters in Noordwijk, HDES is an alumnus of the ESA Business Incubation Centre Noordwijk and a technical partner of SBIC Noordwijk providing technical support to current ESA BIC startups. [www.hdes.nl](http://www.hdes.nl)

Top left: Berry Sanders of HDES explains the Oxygen Cool Gas Generator business case to students of the Erasmus University of Rotterdam. [Corneel Bogaert] Top right: students at work on the oxygen generator business case. [Corneel Bogaert] Middle left: prototypes of the EVE Oxygen Generator. [Corneel Bogaert] Middle right: the HDES team in front of the SBIC building, from left to right: Sigurd Ravnar, Toby Sap, Berry Sanders, Els Veenhoven and Armanda Hogedoorn. [Corneel Bogaert] Bottom left: for a second year in a row, the ESA Technology Broker NL is organising a technology transfer competition to generate new ideas for successfully applying space technology on Earth.

HDES conducted a successful product development of a space carbon dioxide cool gas generator (together with partners Bradford Engineering and TNO) as part of the SBIR programme of the Netherlands Space Office. It now means the carbon dioxide cool gas generators are space-qualified, which provides a safer and non-toxic option for space applications such as for inflatable structures. For the oxygen cool gas generators, the

company is working on the development of emergency oxygen supplies for aircraft and ambulances, as well as military applications. To ensure easy use by patients and professionals of this application, HDES collaborated with Lencon to design a suitable housing which keeps the outside part of the generator cool enough to be held by hand. These developments formed the basis for a prototype of an oxygen cool gas generator for

general practitioners, which turned into an award-winning idea.

### Oxygen generator for doctors – innovative, life-saving application

At the end of 2022, the ESA Technology Broker NL – jointly operated by SBIC Noordwijk and NL Space Campus – held a technology transfer competition for ideas on how space technologies can be

## Tech-transfer

“Going to the market with a radical new product can be challenging. In high-tech niche markets, like space, customers are willing to pay for the special features of the product. In these markets, products have a premium price and volumes are low while customers are prepared to pay for the development or at least contribute to it. Then once a product is proven in these niches, we enter other markets where larger numbers can be produced with lower prices. This step-by-step approach reduces risk and limits the investment needed for each step.” – CEO Berry Sanders explaining the company’s approach to technology transfer.



Left: Proba-2 satellite assembly, the four cool gas generators are visible at the centre. [ESA]  
Right: Prototype of the EVE Oxygen Generator. [HDES]



used in applications to solve real-world problems. HDES came out on top with a proposal of an easy-to-use and light-weight oxygen supply for general practitioners and doctors working in the field. Currently, most general practitioners do not carry oxygen supplies because existing systems are too bulky and are either pressurised or need external electrical power. Being much smaller and lighter than conventional gas storage systems, the oxygen cool gas generators produced by HDES might change that. The generators are easy to carry around and produce oxygen at room temperature, ready to be breathed directly by the patient. Furthermore, cool gas generators have proven to work after a long time without any maintenance. Their reliability and unique design makes them well suited for rescue and safety systems.

### First prize of the ESA Technology Transfer Competition

The project really took off with the

selection of HDES as the winner of the ESA Technology Transfer competition by ESA and the Dutch ESA Technology Broker NL. With about 12,000 general practitioners in the Netherlands, and a possibility for expansion into Europe and beyond, the market looks promising. One of those potential users was part of the proposal. In the run-up to the competition, HDES teamed up with general practitioner Ferry Janssen about the current needs and key requirements for oxygen supply kits. Starting from the user needs paid off because the team went home with the first prize. With the prize money the team conducted further market research, defined the product in more detail and improved the business plan.

This year, the ESA Technology Broker NL organised another technology transfer competition. With a specific theme “Space for Energy” the idea contest challenged energy experts, space enthusiasts and entrepreneurs from the Neth-

erlands to reshape the energy industry with space technology. The winners will be announced during the NL Space Campus Network & Drinks event on 30 November 2023 at SBIC Noordwijk.

### Promoting the use of space technology

HDES still has its base at SBIC Noordwijk and continues to be active in the space business hub. The team – consisting of co-founder and general manager Berry Sanders, system engineer and co-initiator Armanda Hogedoorn and engineers Sigurd Ravnan, Els Veenhoven and Toby Sap – makes regular use of the fab lab and workshop at SBIC and are regulars at every community event. In 2022, the company became an SBIC technical partner, providing support to startups currently taking part in the ESA BIC programme in the Netherlands.

The HDES team also likes to support the next generation of space engineers. The SBIC community regularly welcomes visits from different educational programmes. This year, students from the Delft University of Technology and the Erasmus University in Rotterdam worked on the market research and business case for the oxygen generator.

“As a proud SBIC technical and community partner, we are happy to promote the use of space technology. By taking part in student orientation programmes for students, we aim to give them an idea of responsible entrepreneurship,” comments Berry Sanders. “For us, these assignments are great to get an independent assessment of the work that we have been doing. Working with space technology and turning it into a life-saving product makes us all aware of the wider impact of the space sector.”

More information about the ESA Technology Broker NL is available on:

[www.sbicnoordwijk.nl/esa-technology-broker-nl](http://www.sbicnoordwijk.nl/esa-technology-broker-nl).

*The author is the contact for the ESA Technology Broker for the Netherlands, managed by SBIC Noordwijk and NL Space Campus. The brokerage service aims to exploit synergies between space and non-space industries. The objective is to further increase the return on investment in space, and stimulate cross-sector collaboration.*



EARTH



HUMAN



(S)TECH



DAT/AI



EXTRA-ORDINARY

LET YOUR  
CRAZY IDEAS  
ROAR

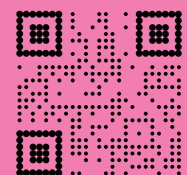


JOIN

MOON  
SHOTS

# CALLING ALL STUDENT PIONEERS

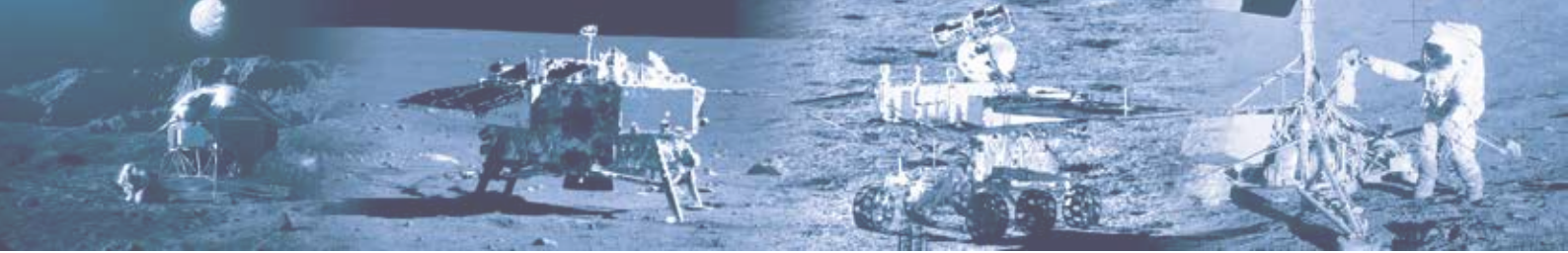
SUBMIT YOUR CRAZIEST IDEA AND  
JOIN 100 REAL ASTRONAUTS ON THE  
JOURNEY OF A LIFETIME >>>> CHECK >>>>



MOONSHOTS



MOONSHOTS24.NL



# The New Lunar Landers

Berry Sanders, Michel van Pelt, Marco van der List

After having been left in relative peace for more than 40 years since 1976, interspersed only with a number of lunar orbiter crashes and a single Chinese landing in 2013, the Moon's surface is getting a lot of robotic visitors lately. Not all arrive intact; automatic lunar landing does not seem any easier than it was in the 1960s and 1970s.

## Landing on the Moon, why is it still so hard?

With the recent failure of Russia's Luna 25, the question begs: why is it still hard to land on the Moon when we did it regularly already 50 years ago? When we look at the statistics, especially those of the USA are impressive. They started off badly with the attempts to rough-land instruments on the Moon with Ranger 3 to 5 that failed (after which this package was deleted from the subsequent Ranger missions), but then they had five soft landing successes from seven missions in the Surveyor programme. If we count in Apollo (six successes out of seven attempts) we get to 11 successes out of 17 attempts (65% success rate). Taking only the unmanned missions we get to 5 successes out of 10 attempts (50%).

When we look at the more recent tries, from 2013, we see that of the nine missions, only four were successful; 44%.

There are several explanations for this seemingly bad success rate. First of all, in the 1960s and '70s, all attempts were undertaken by only two nations, the USA and the Soviet Union. They learned from each failure and gradually improved their success rate. The nine lunar landing missions of the last ten years were however developed by five individual countries: China, Israel, Japan, India and Russia. Of these, only China and India have performed more than a single such mission (Japan's

two attempts were by two different organisations), so the recent learning curve in each country has developed far less in terms of number of missions than in the USA and Soviet Union decades ago.

Another explanation is the very different landing sequences and associated technologies. In the 1960s and '70s, even "advanced" spacecraft were much simpler than today, and the mission aims were much more modest; soft landing in itself, never mind the exact location, was already a huge challenge. The electronics were nearly exclusively analogue, with timers and logic circuits with PID controllers programmed into the hardware. After launch, there was little possibility to change anything, except the timer start.

In contrast, nearly all modern landers attempt precision landings, with elaborate real-time scanning of the target area to find the best landing spot. They use sophisticated software which is fed by numerous sensors like inertial guidance units, high-resolution cameras and lidars.

## American Surveyors and Soviet Luna's

Landing accuracy of the early lunar landings was poor; NASA's Surveyors for example had an accuracy of 20 km, so any landing within 20 km of the aiming point was good. This was also





3

1. [2 Successes, 11 Failures] After a string of launch and mission failures, the Soviet Union soft-landed a ball-shaped Luna lander on the Moon in 1966, the first nation ever to do so. Shown here is a full-scale model of this Luna 9. [Memorial Museum of Cosmonautics]

2. [3 Failures] Scale model of the Ranger Block II design used for the Ranger 3 to 5 missions. The ball on top of the spacecraft is the lander inside a balsawood impact-limiter that was to break the fall of the "rough landing" or "soft impact". [NASA/JPL-Caltech]

3. [5 Successes, 2 Failures] The Surveyor programme was pretty successful. The landing place of Surveyor 3 was the target of Apollo 12; the astronauts managed to set their Lunar Module (seen in the distance) down less than 20 meters away, a feat no uncrewed lander could manage at the time. This picture shows Pete Conrad inspecting the Surveyor. [NASA]

4. [2 Successes, 1 Failure] After a first attempt that ended early with a launch failure, the Soviets landed two radio-controlled rovers on the Moon, Lunokhod 1 in 1970 and Lunokhod 2 in 1973. Shown here is a full-scale model of this type of rover. [Memorial Museum of Cosmonautics]



4

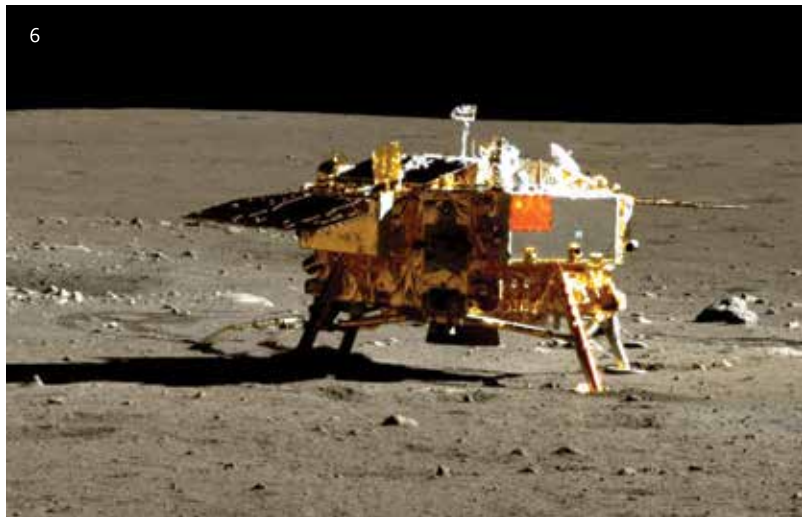
5. [3 Successes, 8 Failures] Despite a cancelled manned Moon landing programme and a string of launch and other failures typical of the time, the Soviet Union got hold of lunar samples through a number of automatic sample return missions, of which Luna 16 was the first success in 1970. Shown here is a full-scale model of the spacecraft. The similar Luna 24 in 1976 became the last lunar lander till 2013. [Memorial Museum of Cosmonautics]

6. [Success] In December 2013 China set its first lander on the lunar surface, the Chang'e 3 (lunar goddess). It carried a small rover, named Yùtù (jade rabbit), that drove some 100 meters before malfunctioning, possibly due to a collision with a lunar rock. This also marked the first lunar landing attempt since the Soviet Luna-24 sample return mission in 1976. [CNSA]

7. [Success] The second Chinese lander, Chang'e 4, came down on the far side of the Moon in January 2019, the first lander ever to do this. [CNSA]



5



6



7

the main reason all attempts were made on 'Mares', the smoother but arguably less interesting parts of the Moon.

The Soviet landers had to work with at best similar electronics as the Surveyors. The first digital soviet computers of the Argon series (-11S, -330 and 350) flew on the Zond and N-1 missions and there is no indication that any digital electronics flew on the Luna soft landers of the first (Luna 9 and 13) and second generation (Luna 15 to Luna 24). Therefore their landing accuracy was probably not better than that of the Surveyors. For example, the Luna 24 was aimed at exactly the same spot as the ill-fated Luna 23, which toppled over after landing, and it landed roughly 2 km away. Then we have to realise that the Luna probes first went into an orbit around the moon, before committing a landing, which in principle allows for more accuracy than the direct landing approach of the Surveyors.

Furthermore, the sensors of that time were also much simpler and had a lower accuracy than today. The Surveyors used star trackers and gyroscopes for attitude sensing, and two different radar altimeters for measuring the height above the lunar surface. There was an accelerometer, but this was only used to switch the engine off during course corrections. During the landing the gyroscopes kept the spacecraft stable while the

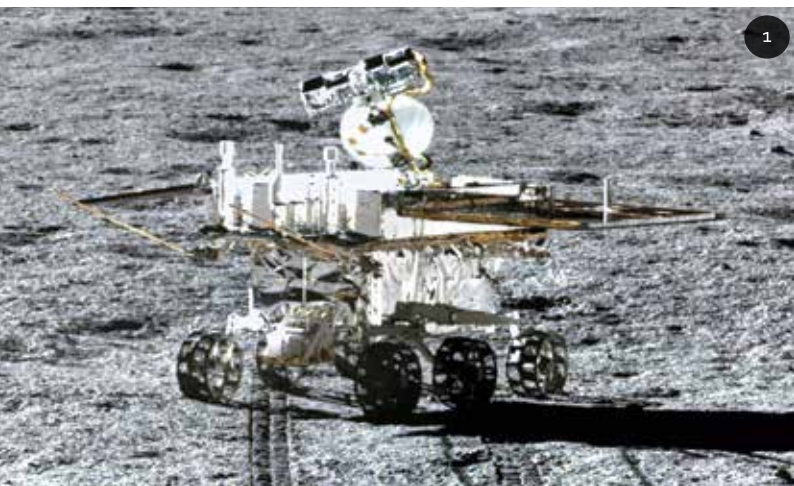
altimeters measured the remaining distance to the surface. An analogue control circuit then compared the measured velocity with the desired one at that altitude and varied the thrust of the small engines accordingly. At an altitude of three meters the engines were stopped and the landing legs cushioned the soft impact.

### Apollo

The Apollo missions did make very precise landings and were very successful. All six landing attempts were successful, with only the mission of Apollo 13 failing before a landing attempt could even be made. At the time of Apollo there was a, for those times, sophisticated computer on board and the United States sent their top and best trained test pilots to perform the landings. The human-in-the-loop had enormous advantages. The Apollo astronauts were able to judge the terrain, recognize features to navigate and knew their complete state vector (attitude, position and velocities in and around all axis) at all times. Furthermore, they were trained to deal with nearly any emergency, and in contrast to the pre-programmed automated landers, could improvise (as dramatically made clear during Apollo 11, where Neil Armstrong could fly the lander away from a landing area he discovered to be full of large boulders). In this way, the landing precision and success rate of Apollo Lunar Landers was far higher than any technology could reach around 1970.

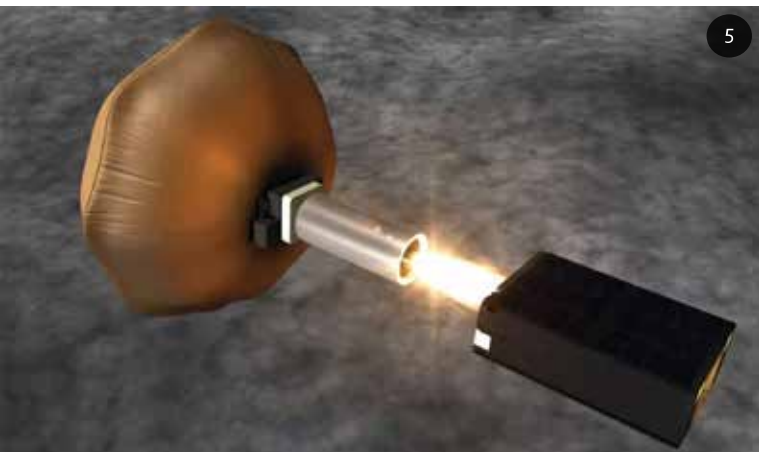
### Present day landers

Present day landers try to make precision landing just like the Apollo astronauts did, but now without humans in the loop.





4



5



6



7

1. Also Chang'e 4 carried a rover, Yütü-2. At the time of writing, this rover is still operational. In order to maintain communications with both lander and rover, China had placed a dedicated communications satellite in the Earth-Moon L2 point. [CNSA]

2. **[Failed]** Beresheet (Hebrew for "In the beginning"; from the Book of Genesis) was Israel's first attempt at a lunar landing. During the descent to the lunar surface in April 2019 the lander's gyroscopes unfortunately failed, causing the main engine to shut down and the lander to crash on the Moon. Depicted here is a full-scale model. [TaBaZzz via Wikipedia]

3. **[Failed]** India attempted to become the fourth nation to land on the Moon, after the Soviet-Union, the US and much more recently China, in September 2019. The Vikram lander (named after an Indian physicist) of the Chandrayaan-2 (Sanskrit for 'Lunar Vehicle') mission deviated from its landing trajectory due to a software issue, and crashed. Shown here is Vikram mounted on its orbiter during assembly. [ISRO]

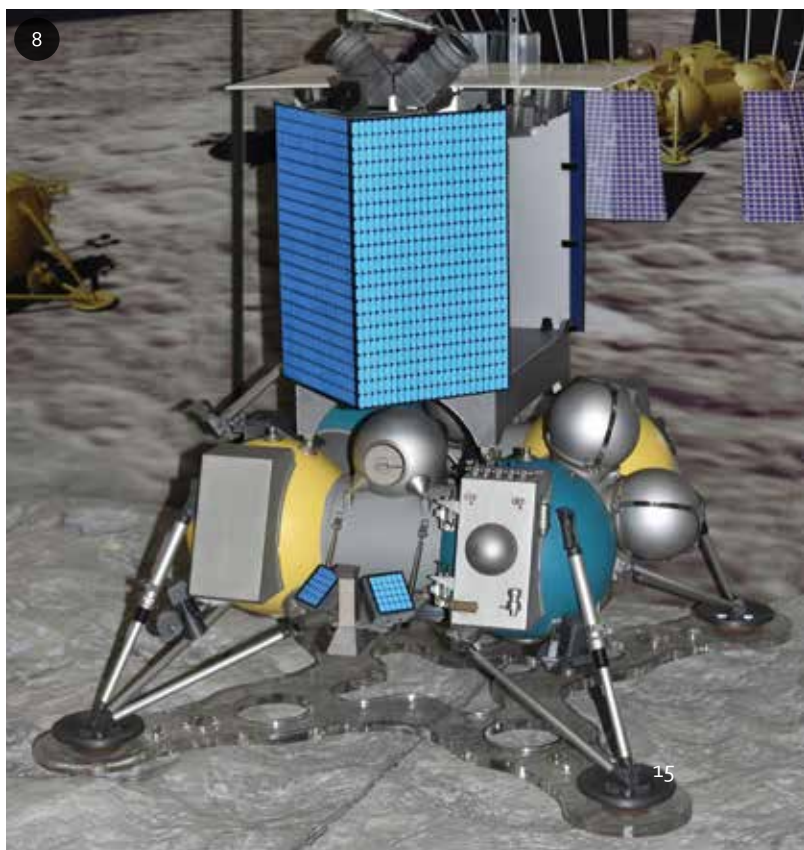
4. **[Success]** China landed on the lunar surface and in the headlines again in December 2020. Chang'e 5 not only touched down successfully, but was the first since 1976 to send back lunar samples to the Earth. This mission did not carry a rover. [CNSA]

5. **[Failed]** OMOTENASHI (Outstanding MOOn exploration TEchnologies demonstrated by NAno Semi-Hard Impactor) was a 13 kg CubeSat of the Japanese space agency that was to deliver a very small, semi-hard lander to the Moon using a solid propellant motor. After launch in November 2022 contact with the probe was unstable and it did not enter lunar orbit. This artistic impression depicts the lander separating from the CubeSat carrier. [JAXA]

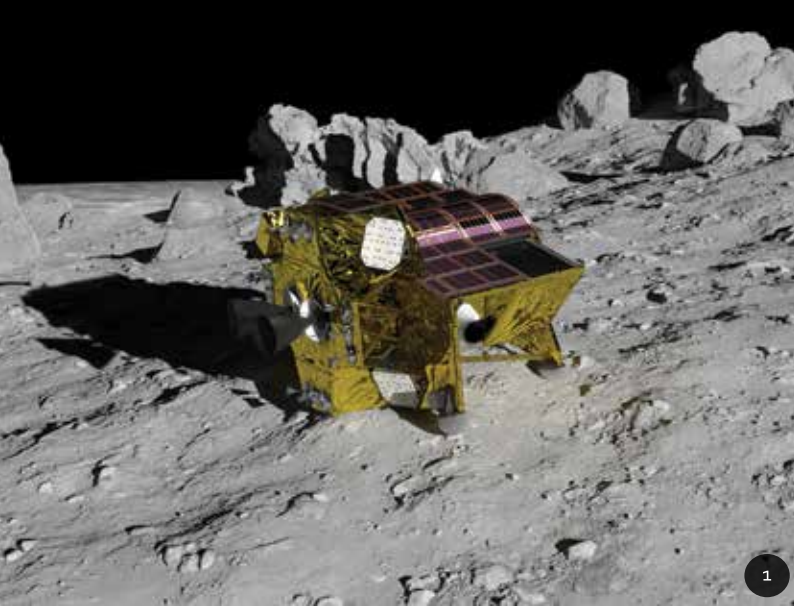
6. **[Failed]** Japan's second attempt at a lunar landing was the Hakuto-R (white rabbit – Reboot) M1, a private initiative by the ispace company. During descent in April this year the onboard computer misinterpreted radar altimeter data, causing the lander to hover 5 km above the surface till its propellant ran out, and it subsequently crashed. [ispace]

7. **[Success]** Having learned from the Chandrayaan-2 attempt, in August India successfully set its Chandrayaan-3 Vikram lander down at the south pole of the Moon. The Pragyan (Sanskrit for 'wisdom') rover later made this picture of the lander. [ISRO]

8 **[Failed]** Attempting to re-start its series of lunar missions since the Luna-24 lander of 1976, Russia tried to put Luna-25 down near the lunar south pole in August this year. According to the press release, the lander "ceased to exist as a result of a collision with the surface of the Moon" due to a failed orbit lowering manoeuvre. Shown here is the mock-up presented at the Le Bourget airshow in 2015. [NPO Lavochkin]



8



1

They have an array of sensors and navigation systems that allow to measure their state vector at any time and powerful digital computers to run sophisticated guidance and control algorithms. They use camera's and terrain recognition software to find the best place to land. With this, the landing becomes much more complex than the relatively simple analogue electronics of 50 years ago could handle. Of course, the benefits of all these sensors and computer power are clear, but it also means that there are more potential failure modes.

Furthermore, testing every detail of these complex systems is a time consuming and costly business, a luxury many of the smaller missions just cannot afford. Large space organisations such as those of China and India can also afford to send another landing mission when the first one fails. This explains why their success rate is higher than those of the smaller and often private missions. When we look at the failures, it is clear that software that mis-interprets data from sensors or cannot work with false or contradicting sensor data is often a major factor. Extensive testing can reveal unknown failure modes, and faults can be corrected, but this takes time, infrastructure and money.

Overall, the conclusion about the viability of automated lunar landings is positive: there is no fundamental problem. Landers are now far more sophisticated and are doing much more precise and sophisticated missions than 50 years ago. Yes, the newcomers have their learning curves (and some old ones too), but the learning curve is steeper than in the nineteen sixties and within two or three tries space organisations get it right.



2

1. The third Japanese mission attempting to land on the Moon, the Smart Lander for Investigating Moon (SLIM), was just launched at the time of writing. The lander is carrying a hopping rover and should land early next year. Shown here is an artist impression of the spacecraft after landing. [JAXA]

2. The US is to re-enter the lunar lander business again soon too, with the launch of the Intuitive Machines 1 (IM-1) mission aiming to place a lander called Nova-C on the rim of crater Malapert A near the south pole of the Moon, as shown in this artist impression. The commercially built lander will carry five NASA payloads as well as commercial cargo. [Intuitive Machines]

3. Another US commercial mission selected through NASA's Commercial Lunar Payload Services (CLPS) initiative and slated for launch in the very near future is Peregrine Mission 1. It is planned to touch down on the lunar surface on Sinus Viscositatis (the 'Bay of Stickiness'). [Astrobotic Technology]

4. It may take some time before Europe joins the lunar lander community. ESA is developing Argonaut, a versatile lunar lander designed for a series of missions with many payload options – from cargo and infrastructure delivery to scientific operations, rovers and power stations. Five missions are foreseen for the 2030's. Shown here is screenshot of a Virtual Reality simulation, in which an Argonaut lander delivers cargo to lunar astronauts. [ESA]

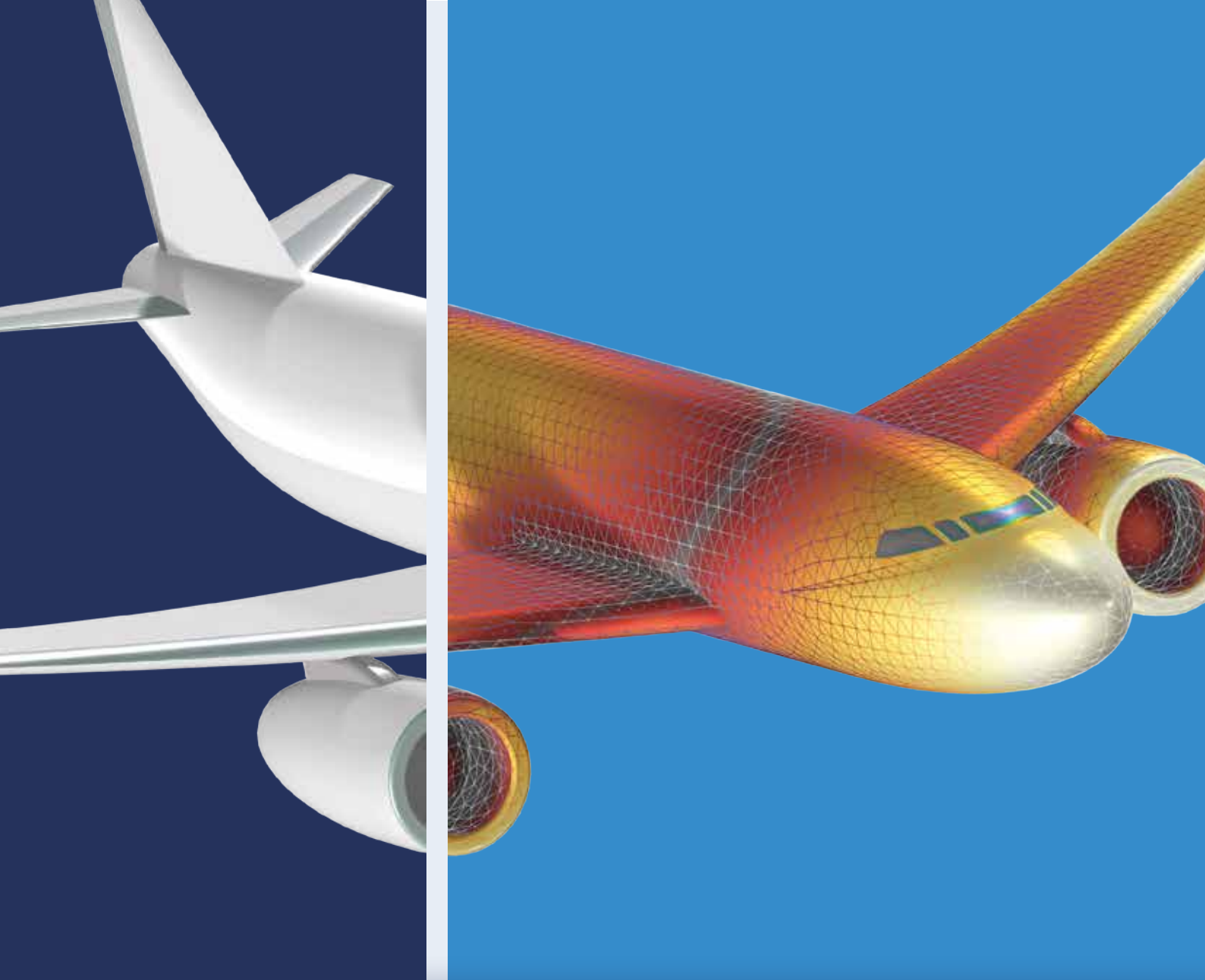


3



4





# Neem de leiding in Aerospace & Defense

met COMSOL Multiphysics®

Multifysische simulatiesoftware voedt de innovatie van ruimtevaart- en defensieproducten die veiligheid en hoge prestaties leveren. Door modellen te bouwen die de echte wereld nauwkeurig weergeven, kunnen ingenieurs hun ontwerpen sneller ontwikkelen, testen en verifiëren.

» [comsol.com/feature/aerospace-defense](https://comsol.com/feature/aerospace-defense)



# cosine, al 25 jaar een begrip in de ontwikkeling van ruimtevaartinstrumenten

## Interview met algemeen directeur Marco Beijersbergen

Pieter van Beekhuizen en Peter van Diepen

Dit jaar bestaat het ruimtevaartbedrijf cosine in Sassenheim 25 jaar. Wat begon als een éénmansbedrijf groeide gestaag uit tot een bedrijf met 50 medewerkers. cosine is gespecialiseerd in de ontwikkeling van optische meetinstrumenten en uniek in het röntgengebied.

**H**et is een regenachtige middag. Het interview met algemeen directeur Marco Beijersbergen vindt plaats in het kantoor van cosine in Sassenheim, vlakbij ESA/ESTEC in Noordwijk. Opvallend in het kantoor is dat de wanden van de ruimtes van glas zijn, transparant, tekenend voor de cultuur van het bedrijf, waar contact tussen de medewerkers en het delen van kennis een belangrijke rol spelen.

### Geschiedenis

*Neem ons mee naar de periode voorafgaande aan het begin van het bedrijf cosine.*

"Ik heb natuurkunde gestudeerd in Leiden en ben daarna gepromoveerd in de optica. Ik wilde daarna graag aan de slag met het oplossen van concrete problemen. Op een dag kwam ik zo'n papiertje tegen met daaraan strookjes met daarop een telefoonnummer. Een bedrijf was op zoek naar iemand die voor ESA een computermodel wilde maken voor een röntgenspiegel. Ik werd aangenomen en heb toen een aantal jaren als contractor op

ESTEC gewerkt. In die functie heb ik veel rondgevoerd door Europa om bedrijven te helpen met het ontwikkelen van allerlei technieken. Ik kwam er al snel achter dat hiervoor een goede samenwerking tussen publieke wetenschappers en bedrijven heel belangrijk is. Na een paar jaar kreeg ik het idee om dat met een eigen bedrijf te gaan doen. Bij ESA kunnen ook bedrijven ontwikkelopdrachten binnenhalen en als je het goed doet krijg je vervolgoopdrachten. Dat gebeurde in mijn geval. Dat was het begin van het bedrijf cosine."

*Bij welke satellieten van ESA ben je in het begin betrokken geweest?*

"Ik ben begonnen met de XMM-Newton-missie in 1996. XMM-Newton is een satelliet van ESA voor röntgenastronomie die in 1999 werd gelanceerd. De satelliet is overigens nog steeds in gebruik. Mijn opdracht was om een computermodel te bouwen voor de röntgenspiegels van de satelliet. Zo moesten de metingen in de ruimte vertaald worden naar data op de grond. We kwamen een probleem tegen met het röntgenlicht dat onder een kleine hoek door de spiegel heen ging, wat

ervoor zorgde dat er licht op de detector kwam dat je er liever niet op wil hebben. Ik heb de oplossingen voor dit probleem doorgerekend."

"Ook was ik in die tijd betrokken bij een andere satelliet, BeppoSax. Dat was een Italiaans-Nederlandse satelliet voor röntgensterrenkunde. De satelliet werd in 1996 gelanceerd en heeft tot 2002 gefunctioneerd. Daar was ook een computermodel nodig voor de röntgenspiegels, dat ik heb ontwikkeld."

"De eerste grote opdracht van ESA aan cosine was om een idee uit te proberen en door te rekenen voor de spiegels van de satelliet Athena, voor onderzoek in het röntgengebied. Het bedrijf Medio Lario heeft de spiegels gemaakt voor XMM-Newton. Om hiermee Athena te maken bleek te lastig. We hebben daarom een techniek ontwikkeld om de spiegel op te bouwen uit modules. De siliciumplaten die in de halfgeleiderindustrie gebruikt worden bleken geschikt als basis. Ze worden van een coating voorzien en nauwkeurig in de benodigde vorm gebogen om ze geschikt te maken voor het afbeelden van röntgenstraling. De techniek die toen ontwikkeld



Links: het hoofdkwartier van cosine in Sassenheim. [cosine] Rechts: de glazen wanden in het hoofdkantoor van cosine. [cosine]

werd heet nu Silicon Pore Optics (SPO). We hebben het samen met ESA ontwikkeld en gepatenteerd. De techniek wordt ook voor andere gebieden dan in de ruimtevaart geschikt gemaakt, zoals medische toepassingen en materiaalanalyse."

"We hebben in de loop van de tijd gewerkt aan veel missies van ESA, waaronder Rosetta, BepiColombo, Exomars, Mars Express, Venus Express en LISA. Later kwamen daar aardobservatiemissies bij zoals Tropomi, PhiSat-1 en FSSCat, en planetaire missies zoals Hayabusa-2 van JAXA, en HERA van ESA."

#### **Waar stond jullie eerste kantoor?**

"Het eerste jaar deed ik veel on-site werk op ESTEC. Toen er meerdere medewerkers bij kwamen hebben we in 2001 ruimte gehuurd op het Bio-Science Park in Leiden. Daarna is het gestaag gaan groeien. In het begin hadden we een eenvoudig laboratorium met daarin een cleanroomtent met een optische tafel. De tent was nodig om het testen en monteren van de spiegels op een zo'n schoon mogelijke manier te doen. Later kregen we de kans om een cleanroom over te nemen van het Academische Bedrijvencentrum".

#### **Hadden jullie in de beginperiode last van de zogenaamde "valley of death", waarin een beginnend bedrijf al veel kosten heeft maar nog geen geld verdient?**

"Al in het begin van het bedrijf hebben we ons laten leiden door de klanten. Je stelt je dan eigenlijk op als dienstverlener. Dat is anders dan wanneer je als bedrijf je eigen producten ontwikkelt en daarmee de markt op gaat. Het voordeel van onze strategie is dat je dan niet in de valley of death komt, omdat je altijd een afnemer van je producten hebt; de klant. In het begin hadden we niet veel competitie. We hebben toen veel verschillende opdrach-

ten gekregen, niet alleen van ESA. Van begin af aan investeren we fors in nieuwe mensen, opleiding en de ontwikkeling van nieuwe technieken. In de beginperiode hadden we vijf à zes mensen. Dat betekent dat je dan één à twee projecten tegelijkertijd kunt doen. Er valt dan wel een groot gat als je een van de projecten afrondt. We moesten daarom wel uitbreiden. Ieder jaar groeiden we gestaag met zo'n twee nieuwe medewerkers."

#### **Kun je iets vertellen over de ups en downs van het bedrijf?**

"Ik vind het altijd moeilijk om afscheid te nemen van goede mensen in het bedrijf. Mensen die besluiten om elders aan de slag te gaan. Al kan en wil je ze natuurlijk niet tegen houden. Een ander probleem wat we tegen komen in de praktijk is dat projecten worden uitgesteld met een jaar en in sommige gevallen zelfs met twee jaar. Dit hebben we met name met de ontwikkeling van nieuwe technologieën." "Eén van onze hoogtepunten beleefden met de technologieën die we ontwikkeld hebben voor Deep Space. Toen Hayabusa-2 na vier jaar aankwam bij de asteroïde Ryugu hebben wij de eerste beelden van de MASCOT lander gezien. In eerste instantie was er teleurstelling, een aantal instrumenten werkten niet omdat de landingsmodule op de verkeerde zijde lag. Dankzij onze sensoren is het gelukt de module te draaien. Het heeft wel zo'n 48 uur geduurd voor we wisten dat het gelukt was. Omdat het zo lang duurde kreeg het project niet zo veel aandacht, maar voor ons bedrijf was het een triomf."

#### **Hoe het verder ging**

#### **Wat zijn jullie belangrijkste klanten en hoe komen jullie in contact met hen?**

"ESA is onze grootste klant. We doen

veel projecten voor ESA in nauwe samenwerking met Europese partners en overheden. Daardoor kunnen we ook meedenken over de programma's van ESA. Door deze projecten zijn er veel bedrijven die zelf contact opnemen met ons, maar we gaan ook veel naar internationale conferenties om in contact te komen met bedrijven en instellingen. Op conferenties ontmoet je veel mensen en kun je in gesprek gaan over wat ons bedrijf te bieden heeft. Binnen de Nederlandse ruimtevaart kennen we denk ik alles en iedereen. We proberen aan te sluiten bij wat er in Nederland gebeurt en leggen onze ideeën op tafel. Ook dat levert natuurlijk veel contacten op."

"Tegenwoordig is het ook belangrijk dat je je verhaal naar buiten brengt via social media. We hebben daar inmiddels een communication officer voor in dienst genomen. Vooral voor de niet-ruimtevaartprojecten is dat een goede manier om onze activiteiten bij een breed publiek onder de aandacht te brengen."

"cosine ondersteunt ook initiatieven om de publieke wetenschap, bedrijven en andere maatschappelijke partijen beter te laten samenwerken. Zo ben ik boegbeeld van de route Meten en Detecteren van de Nationale Wetenschapsagenda (NWA). De NWA financiert wetenschappelijk onderzoek, bestudeert maatschappelijke vraagstukken en laat zien hoe wetenschap werkt. De Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijke Organisatie (NWO) voert het onderzoekprogramma van de NWA uit. cosine doet hier aan mee om oplossingen te vinden voor concrete vragen van klanten. Voor projecten op grotere schaal werken we samen met andere bedrijven en instellingen. Wij zijn vooral goed in het snel ontwikkelen van een werkende oplossing voor een concreet probleem."



*Uit het Nationale Groeifonds gaat een gedeelte naar de ruimtevaart. Hoe kijkt u naar de verdeling van dit fonds?*

[Met het Nationale Groeifonds (NG) investeert het kabinet tussen 2021 en 2025 20 miljard euro in projecten die zorgen voor duurzame economische groei voor de lange termijn. Er zijn inmiddels twee rondes geweest waarin een gedeelte van het fonds is verdeeld. Red.] "Natuurlijk is het belangrijk dat daar ruimtevaartprojecten in voorkomen, maar ruimtevaart vind ik geen doel op zich. De ruimtevaart moet met oplossingen komen die voor de maatschappij van belang zijn. cosine ziet zichzelf daarbij meer als leverancier voor projecten binnen het NG. De moeilijkheid is dat de ruimtevaart nog niet echt commercieel is. De manier waarop de ruimtevaartmarkt werkt, met name in Europa, maakt het lastig om te investeren."



*In de ruimtevaart wordt gesproken over dual-use goederen; civiel-defensie. Zien jullie toepassingen voor defensiedoeleinden?*

"Je ziet in de praktijk dat civiele en defensietoepassingen elkaar overlappen, met name als het gaat om veiligheid. Dat zie je bijvoorbeeld in de aardobservatie. Defensie maakt tegenwoordig steeds meer gebruik van civiele infrastructuur. De data die via civiele projecten wordt verkregen wordt steeds interessanter voor defensie. Als het om veiligheid gaat binnen defensie dan werken wij daar graag aan mee. Daar kunnen we bijvoorbeeld onze hyperspectraalcamera voor inzetten. Deze camera's verzamelen beelden van een gebied in maar liefst vijftig verschillende golflengtes. Deze data bevat ook veel relevante informatie voor defensie."

"Het beheer van water is de komende jaren een belangrijk issue waar cosine zich op zal richten. Dit speelt ook zeker voor veiligheid en dus voor defensie. Als wij dit in de toekomst oppakken zullen we daar een team op zetten, maar we willen altijd de kennis die we daarmee opdoen elders in het bedrijf kunnen gebruiken."



Boven: cosine heeft 1.000m<sup>2</sup> aan cleanroom en high-tech montageruimtes. [cosine] Midden: artistieke impressie van de nog steeds actieve XMM-Newton röntgen-ruimtetelescoop. [ESA/D. Ducros] Onder: artistieke impressie van MASCOT op het oppervlak van asteroïde Ryugu. [JAXA]

De kracht van cosine is juist om nieuwe meettechnieken in te zetten in domeinen waar deze nog niet gebruikt worden.”

### *Bij het ontwikkelen van kennis heb je het over verzamelen en verwerken van data. Kun je wat vertellen over deze twee processen?*

“Bij het verzamelen van data moet je je in eerste instantie altijd afvragen wat je wilt weten en wat je daarvoor nodig hebt. Bijvoorbeeld welke satellieten wil je inzetten voor het verzamelen van de data. Een enkele grote satelliet vliegt niet vaak over. Dus als je snel iets wil opsporen, een milieudelict of een bosbrand, kun je die daar niet voor inzetten. Je zult gebruik moeten maken van meerdere satellieten. Het voordeel van kleine satellieten is dat je er binnen het beschikbare budget meerdere van kunt inzetten. Hierdoor zijn er veel vaker waarnemingen mogelijk. Je kunt de instrumenten die op een kleine satelliet passen ook goed gebruiken op een zogenaamde high-altitude pseudo-satellite of HAPS, die lange tijd boven een vaste plaats kan rondvliegen. Echter, dit is kostbaar en werkt maar voor een klein gebied. Dat dient dus een ander doel dan een satelliet die altijd in een baan om de aarde zit. Verder moet je nadenken over welke optische instrumenten je wil gebruiken, met welke golflengtes, om te zorgen dat er zoveel mogelijk informatie die je zoekt in de data zit.”

“Een belangrijk probleem van kleine satellieten is dat ze de grote hoeveelheden data die onze instrumenten verzamelen niet gemakkelijk naar de aarde krijgen verstuurd. Daarom hebben we een manier van data-analyse en -verwerking ontwikkeld die aan boord van de satelliet gebeurt. Voor het uitlezen van de beelden gebruiken we chips waarvan je de elektronica kunt instellen, een zogeheten FPGA. Voor het analyseren van de beelden hebben onze instrumenten een CPU en een grafische processor aan boord vergelijkbaar met een laptop. Sommige van onze instrumenten hebben ook een chip aan boord die kunstmatige intelligentie kan toepassen op de beelden. De rest van de analyse van de data gebeurt dan op de grond”.

### *Kun je iets vertellen over jullie omzet en de verhouding commercieel/institutioneel?*

“Onze omzet bedraagt ruim 10 miljoen euro per jaar. Daarvan wordt ongeveer

70% gegenereerd uit ESA-projecten en 30% uit overige projecten. De ruimtevaart heeft zich snel ontwikkeld in de afgelopen jaren. Naast de ruimtevaart krijgen we ook opdrachten uit andere sectoren, al is dit naar verhouding minder geworden. Ongeveer 30% van onze projecten is voor aardobservatie en 10% voor verkenningmissies. Het overige, zo'n 60%, zijn projecten voor wetenschappelijke missies. Je kunt zeggen dat zo'n 80% van de projecten institutioneel is, de overige 20% is commercieel. Ruimtevaart is nog altijd zeer institutioneel, overheden zijn belangrijke klanten voor ons.”

### *ESA/ESTEC heeft veel faciliteiten. Maken jullie daar gebruik van?*

“We maken af en toe gebruik van de faciliteiten van ESA. Wij bouwen geen satellieten maar instrumenten. Over het algemeen zijn er minder faciliteiten voor de bouw van instrumenten. Voor de kleine instrumenten hebben we de meeste faciliteiten in huis. Voor de röntgenoptieken maken we gebruik van de bundellijn die we met ESA hebben opgebouwd op de synchrotron in Berlijn. Daar hebben we een eigen team voor de ontwikkeling van de spiegels van Athena. Het is uniek dat ESTEC zo dicht in de buurt is van ons kantoor. We ontmoeten elkaar regelmatig en denken met elkaar mee om samen oplossingen te zoeken voor vraagstukken. ESA is erg bereid om partners te helpen en kennis over ruimtevaart, satellieten, instrumenten en optica te delen.”

### *Wat zijn jullie faciliteiten om instrumenten zelf te bouwen?*

“Er wordt binnen ons bedrijf veel gebouwd en in elkaar gezet. We laten de onderdelen voor onze instrumenten zo veel mogelijk door andere bedrijven produceren. Het in elkaar zetten, programmeren, testen en kalibreren doen we in huis. We hebben hiervoor zogenaamde AIT/AIV [Assembly, Integration and Testing/Validation, Red.] faciliteiten in huis. Je moet dan denken aan vacuümtanks, lasers, optische meetopstellingen, spectrometers, radiometers en interferometers. De bouw van de röntgenspiegels is hierop een uitzondering, hiervoor maken we wel veel zelf. We maken daarvoor gebruik van spiegelplaatjes uit de halfgeleiderindustrie, die we op maat laten maken. Wij hebben cleanrooms met daarin de apparatuur om het oppervlak te bewerken,

er een röntgencoating op aan te brengen, ze in de juiste vorm te buigen en samen te bouwen tot een stevig geheel en ze nauwkeurig en schoon te snijden. Voor al deze stappen hebben we machines in huis, veelal de enige ter wereld.”

### *De ruimtevaartagenda wordt nu gemaakt. Komen jullie wensen voor in deze agenda?*

“We denken dat in de langetermijnagenda precies die issues komen te staan die wij belangrijk vinden voor de ruimtevaart. Maar het zal denk ik minder concreet zijn dan wij zouden willen. Er zijn een aantal grote maatschappelijke uitdagingen zoals het klimaatprobleem, calamiteiten zoals branden en overstromingen en milieuverontreiniging. Ruimtevaart kan een belangrijke bijdrage leveren aan het zichtbaar maken en oplossen van deze problemen. Het is daarom belangrijk dat er serieuze ambitie is en er duidelijke keuzes gemaakt worden in de activiteiten die uit de ruimtevaartagenda voortkomen. De Nederlandse ruimtevaart hoort echt tot de top in de wereld, onder andere op het gebied van aardobservatie. Dat geldt niet alleen voor de wetenschap, maar ook voor technologie, producten en diensten. Daarom moeten we zoveel mogelijk gebruik maken van Nederlandse ruimtevaartbedrijven, instituten en andere bedrijven om deze maatschappelijke problemen op te lossen. Niet alleen door onderzoek te doen en data te verzamelen, maar ook door producten en diensten aan de rest van de wereld te leveren.”

### *In de ruimtevaart in Nederland wordt ongeveer 40% besteed aan bestaande projecten en 60% aan nieuwe projecten. Is dat volgens jou een goede verdelingsleutel?*

“Ik zou graag zoveel mogelijk aan nieuwe projecten willen besteden. ESA maakt het mogelijk dat bedrijven met deze projecten unieke nieuwe producten en diensten ontwikkelen. De ESA middelen voor nieuwe projecten worden volgens mij goed besteed. ESA is uiterst succesvol in het lanceren en in werking houden van missies. Zo werd XMM-Newton gepland voor tien jaar, maar hij werkt na 24 jaar nog steeds. Onze hyperspectrale camera HyperScout is een hele ander type missie dan de traditionele ESA-missies. Sinds kort is HyperScout gevalideerd als “third



party" dataleverancier voor het Copernicus Land and Marine Environment Services programma, en vormt daarmee dus onderdeel van de bestaande infrastructuur." [Het HyperScout 2 instrument op de PhiSat-1 nanosatellietmissie heeft hardware voor kunstmatige intelligentie aan boord. Hiermee werd de eerste opname uit de ruimte met behulp van Kunstmatige Intelligentie gemaakt. Red.]

#### ***Hoe is jullie samenwerking met kennisinstututen als SRON en NWO?***

"Röntgenastronomie is bij SRON één van de belangrijkste activiteiten. We werken op dat gebied veel met ze samen. Bijvoorbeeld in het Athena-project wordt er samengewerkt. SRON zit meer aan de wetenschappelijke kant, wij aan de industriële kant. Het werk van SRON en cosine is bij Athena sterk afgebakend en we helpen elkaar daar waar nodig is. SRON helpt ons met het modelleren van de spiegelmodules en wij helpen SRON met nieuwe optische concepten en ontwerpen. We werken hierbij samen in een programma voor grote infrastructuur van NWO."

#### **Athena**

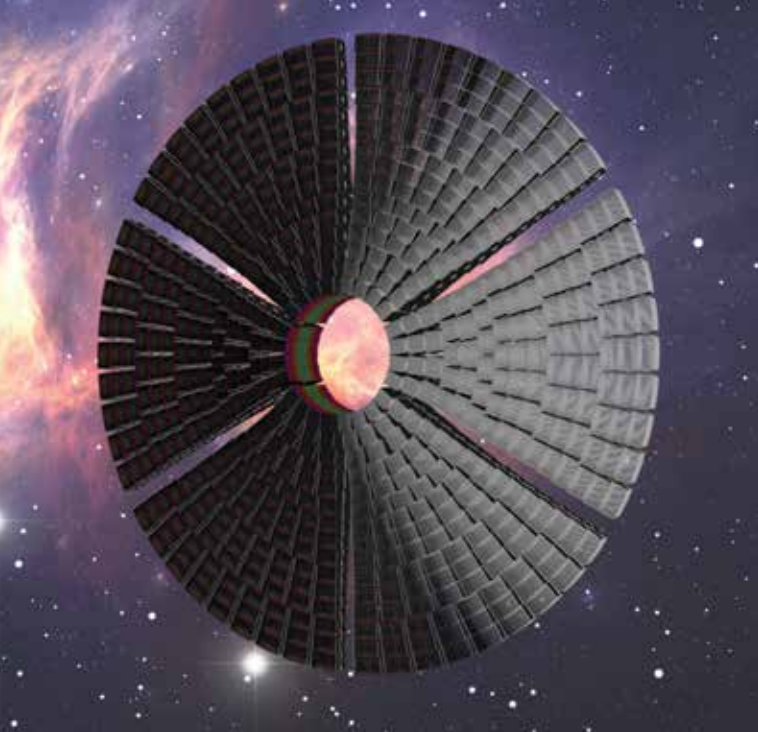
#### ***Athena is een groot project. Wat is de bijdrage van cosine en met welke partijen werken jullie samen?***

"We zijn vanaf dag één betrokken geweest bij dit project. In het begin moet je je afvragen welke wetenschap je wilt bedrijven met dit project en hoe je dat wil gaan doen. Zo moet je je afvragen hoe de satelliet gebouwd moet worden, in welke baan om de aarde hij gebracht moet worden, welke instrumenten er op de satelliet moeten komen, wat de kosten van de satelliet zullen worden en wat voor instrumenten en spiegels je nodig hebt en kan maken."

"Wij bouwen de spiegelmodules voor Athena. Wij hebben daarvoor een laboratorium gebouwd en technologie ontwikkeld. Voor het project Athena hebben we een nieuw bedrijfspan in



Boven: de HyperScout M camera. [cosine] Midden: T-Scout, een multi-spectrale thermische infraroodcamera, door cosine ontwikkeld voor remote sensing. [cosine] Onder: de Silicone Pore Optics ontwikkeld door cosine en ESA voor het Athena project. [ESA/cosine]



Links: de röntgen-spiegellens van Athena zal worden opgebouwd uit Silicon Pore Optics modules. [cosine] Rechts: artistieke impressie van de toekomstige Athena röntgen-ruimtetelescoop. [ESA]

gebruik moeten nemen, met verschillende cleanrooms en machines. We hebben speciale machines gebouwd om de spiegels te produceren. De spiegel voor Athena wordt opgebouwd uit 100.000 spiegelplaatjes. Al die spiegelplaatjes moeten van een coating worden voorzien die uit meerdere heel nauwkeurige laagjes bestaat, waar we de machines voor in huis hebben. Als de plaatjes gecoat zijn worden ze samengebouwd tot 1.000 modules. Iedere module vormt een deel van de uiteindelijke spiegel. Een module bestaat uit een stevig blok met daarin vier stapeltjes van spiegelplaatjes. Als de modules klaar zijn moeten ze opgebouwd worden tot de uiteindelijke spiegel."

"We zijn voortdurend bezig met het verbeteren van het proces. De ruimtelijke resolutie van de spiegel is nu tien boogseconde, maar die willen we zo dicht mogelijk bij vijf boogseconde krijgen."

"Op dit moment hebben we een team van twintig medewerkers voor de ontwikkeling en voorbereiding van de productie van de spiegelmodules. Omdat de satelliet pas na 2035 wordt gelanceerd kijkt het team ook naar eventuele verbeteringen in het proces."

#### **Wanneer is jullie werk klaar voor Athena?**

"Ik verwacht dat ongeveer drie jaar voor de lancering, mogelijk dus in 2032, ons werk voor Athena er grotendeels op zit. De spiegelmodules moeten vervolgens geïntegreerd worden in een zogenaamde optische bank, een rond frame waar de modules in vastgezet worden. Deze moet

nog worden gebouwd en getest. Het frame moet aan allerlei eisen voldoen. Het wordt tijdens de lancering aan allerlei vibraties en schokken blootgesteld, zowel akoestisch als via de ophanging in de satelliet. Hoe het frame zich hieronder houdt wordt nog onderzocht. Het plaatsen van de modules in het frame zal door anderen worden gedaan."

#### **Toekomst**

##### **Kunnen jullie aan goed gekwalificeerd personeel komen?**

"Dit gaat goed, maar het hangt er wel vanaf wat voor kandidaten we zoeken. Wij hebben wetenschappelijke specialisten nodig met ervaring in techniek en technici met wetenschappelijke ervaring of interesse. Ruimtevaart is voor veel net afgestudeerden of gepromoveerden toch wel een droom. Die droom kunnen ze bij ons waarmaken. Het voordeel van cosine is dat we veel projecten hebben waarvan de producten binnen een jaar al in de ruimte vliegen. Stel je voor dat je net bent afgestudeerd en na een jaar al iets in de ruimte hebt vliegen. Dat is voor veel mensen die in de ruimtevaart willen werken erg aantrekkelijk. Wat ons bedrijf ook aantrekkelijk maakt is dat we veel samenwerken met ESA. Het is lastig om binnen ESA een functie te vinden. Een functie binnen een bedrijf als cosine waar je veel met ESA samenwerkt is evengoed aantrekkelijk."

"Het is lastiger om mensen binnen te halen voor ondersteunende en commerciële functies. Dat komt omdat we als klein be-

drijf in een complexe internationale omgeving werken. Ze moeten naast kennis over hun eigen vakgebied ook kennis van een high-tech wereld als de ruimtevaart hebben. En die mensen zijn lastig te vinden."

##### **Waar staat cosine over tien jaar?**

"Als we net zo groeien als in de afgelopen 25 jaar, zo'n twee medewerkers per jaar, dan komen we over tien jaar uit op een totaal aantal van zo'n 70 medewerkers. Groeien we exponentieel, zo'n 5% per jaar, dan komen we uit op een totaal van zo'n 80-90 medewerkers. Harder groeien willen we eigenlijk niet, dat past niet bij onze cultuur. Als we enkele honderden medewerkers zouden hebben zouden we denk ik niet de ontwikkelingskracht kunnen houden die we nu hebben. Er zou minder contact tussen de medewerkers en afdelingen zijn en daardoor ook minder kennis gedeeld worden met elkaar."

"Als we over tien jaar groter zijn dan nu dan voorzie ik wel dat de afdelingen van het bedrijf meer zelfstandig opereren. Zo zullen de afdelingen voor aardobservatie, voor (exotische) optica en de afdeling voor de ontwikkeling van oplossingen voor andere sectoren dan de ruimtevaart eigen mensen hebben die meer hun eigen weg gaan. De uitdaging is om dan nog altijd (extreem) innovatief te blijven. Voor mij zal het hopelijk betekenen dat ik minder hoeft te managen omdat de afdelingen zichzelf managen. Belangrijk binnen de cosine cultuur is dat onze aandacht voornamelijk uitgaat naar de inhoud en minder naar geld verdienen. Ik zie onze toekomst met vertrouwen tegemoet."



# Gaganyaan, een in nevelen gehuld project

Bert Vis

Terwijl India nog steeds apetrots is op de landing van Chandrayaan-3 op de maan, dat overal in de pers breed wordt uitgemeten, gaat men binnen ISRO (Indian Space Research Organisation) door met de voorbereidingen van een eigen bemand programma: Gaganyaan. Maar daar waar ISRO over de landing en de activiteiten van de maanlander al vóór de lancering een constante stroom van informatie vrijgaf, is daar bij Gaganyaan geen sprake van. Sterker, alles gebeurt zo in het geheim dat het doet denken aan de Sovjet-Unie in de jaren '60 en '70, of aan de Chinezen. En misschien zijn de Chinezen over het algemeen nog wel scheutiger met informatie gebleken dan ISRO tot op heden!

## Astronauten

Een vrij essentieel onderdeel van bemande ruimtevaart is uiteraard het hebben van astronauten. En hoewel in de Indiase media bekend werd gemaakt dat de selectie eind 2019 was afgerond en dat er vanuit de luchtmacht vier testpiloten waren geselecteerd om te trainen voor de eerste bemande vlucht (vluchten?) werd daar verder niets over bekend gemaakt, behalve dat alle vier een elf maanden durende algemene opleiding voor ruimtevaarder zouden gaan volgen in het Gagarin Cosmonaut Training Center in Sterrenstadje nabij Moskou. Die opleiding begon in januari 2020 en is met succes afgerond, maar foto's van hun opleiding, noch namen of biografische gegevens zijn vrijgegeven. Nochtans was er een bron die schrijver dezes, op voorwaarde van absolute anonimiteit, de primeur van de namen wilde geven. Het gaat om:

- Group Captain Prasanth Balakrishnan Nair (1976);

- Wing Commander Ajit Krishnan (1982);
- Wing Commander Angad Pratap (1982);
- Wing Commander Shubhanshu Shukla (1985).

Ook wanneer je op deze namen zoekt op internet is er behalve summiere informatie met betrekking tot hun activiteiten binnen de Indiase luchtmacht niets over hen te vinden, en zeker geen verwijzing naar een mogelijke carrière als astronaut.

Verzoeken aan ISRO Public Relations om informatie over de vier, en over hun training, blijven tot op heden onbeantwoord, iets dat toch wel bijzonder is: uiteindelijk bestaat die afdeling toch om media en geïnteresseerden van informatie te voorzien. En zelfs als men dat om wat voor reden dan ook niet wil, dan zou er toch op zijn minst een briefje af moeten hebben gekund dat er geen info beschikbaar was om op te sturen. Maar niets van dat alles: alleen totale stilte.

## Training

Na de basisopleiding keerden de vier astronauten terug naar India om daar hun training voor de eerste vlucht op te pakken. Al in oktober 2008 hadden nieuwsmedia gemeld dat ISRO op een terrein van zo'n 16 hectare een trainingscentrum gingen bouwen, "bij de internationale luchthaven, 40 kilometer ten noorden van Bengaluru" (vroeger Bangalore). En daar begon de onduidelijkheid al. Nadat ISRO directeur G Madhavan Nair had aangegeven dat er om het trainingscentrum op te zetten nog zo'n 40 hectare extra nodig zou zijn, verklaarde hij: "*After looking at various aspects, we decided on Bengaluru. Already, we have an Aviation Medicine Institute here. This Institute has been contributing significantly in this (training astronaut) area.*"

Het Institute of Aerospace Medicine (IAM) bevond zich echter in het zuiden van de stad, bij de andere luchthaven. En in de loop der jaren werd het wel steeds duidelijker dat het trainingscentrum vrij-





Linksboven: het terrein in Challakere waar het nieuwe trainingscentrum voor astronauten moet verrijzen. [The Hindu] Rechts: hetzelfde terrein, gezien vanuit de ruimte: boven in december 2014, onder in mei 2023. Het terrein is bouwrijp gemaakt, maar met de bouw van het trainingscentrum zelf is nog niet begonnen. [Google Earth] Linksonder: in maart 2022 werd in Bengaluru het HSFC in gebruik genomen. [ISRO]

wel zeker daar gepland was, zoals later in dit artikel zal blijken.

Nair vertelde nog dat het nieuwe centrum alle voorzieningen zou hebben om astronauten te trainen: noodgevallen, hoe te overleven in gewichtloze omstandigheden, en hoe om te gaan met zaken als straling en een lang verblijf in de ruimte. De plannen waren kennelijk behoorlijk ambitieus. Binnen het trainingscentrum zouden ook "enkele centrifuges" komen om astronauten voor te bereiden op acceleratie tijdens lanceringen, en een groot zwembad voor trainingen in gewichtloosheid.

Hoeveel tijd men voor het bouwen van het trainingscentrum had voorzien is niet duidelijk, maar pas in november 2021 rapporteerden media in India dat het centrum zijn voltooiing naderde, en mogelijk in december zou worden geopend. Er werd echter meteen bij gezegd dat een groter en meer geavanceerd trainingscentrum op termijn zou worden geopend in Challakere, een stad

op zo'n 200 kilometer ten noorden van Bengaluru.

De oprichting van dat centrum was al aangekondigd in januari 2020, maar daar was meteen bij gezegd dat de bouw twee tot drie jaar zou kunnen gaan duren en dat het waarschijnlijk niet gereed zou zijn vóór de eerste bemande vlucht van Gaganyaan. Die vlucht stond op dat moment nog in de planning voor 2022, maar de corona-pandemie gooide wat dat betreft roet in het eten.

In kranten werden een foto van de geplande locatie (op het vliegveld) in Challakere gepubliceerd die vrij eenvoudig kon worden teruggevonden op Google Earth. Hierdoor kon de bouw worden gemonitord, maar op het moment van schrijven is er nog niets van het nieuwe trainingscentrum te zien. Alleen het terrein zelf is geëgaliseerd en verhard.

Intussen was het centrum in Bengaluru geopend, echter niet in december 2021 maar pas in maart 2022. In kranten werd gemeld dat het zich bevond op een terrein

dat hoorde bij URSAC (U.R. Rao Satellite Centre), in de buurt van het Institute of Aerospace Medicine en ISRO's Satellite Integration & Testing Establishment. Omdat alle drie deze centra zich op zeer korte afstand bevinden van de zuidelijke luchthaven van Bengaluru lijkt het wel zeker dat de eerder aangehaalde berichten uit 2008 gewoon onjuist waren.

Het "ISRO Human Space Flight Center" (HSFC), zoals het was gedoopt, was de plek waar de Gaganyaan astronauten in ieder geval tot nader order zouden worden voorbereid op ruimtevluchten. Er zouden drie simulatoren aanwezig zijn, zo verklaarde HSFC directeur S Unnikrishnan Nair aan de Times of India: *"The first ones are virtual reality simulators that are being bought commercially. Here the crew will have various displays to learn from and these will be mounted on a desktop. From vehicle parameters to missions and support, everything will be on one desktop. The second simulator will simulate various interactions with the machine and so on.*



Linksboven: bij de opening van het HSFC werd ook een nieuwe Gaganyaan mockup voor het eerst getoond. [ISRO] Linksmidden: de enige foto van het trainingscentrum in Bengaluru die is gepubliceerd op de ISRO website. [ISRO] Linksonder: artistiek concept van een Gaganyaan simulator. [ISRO] Rechtsboven en -midden): van 8 tot 10 augustus 2023 werden tests uitgevoerd met het Gaganyaan parachutesysteem. [ISRO] Rechtsonder: berging van de boilerplate cabine die op 18 december 2014 werd gelanceerd. [Indian Coast Guard]

*And then comes the actual-crew-module simulator with all the internal settings. The last one will be built gradually."*

Hij voegde er aan toe dat het opleidingsprogramma voor de astronauten gereed was. Ook de beoordelingscommissies waren inmiddels gevormd. Onder de leden daarvan bevonden zich oud-ISRO managers, maar ook Indiaas eerste ruimtevaarder, Rakesh Sharma, en diens reserve Ravish Malhotra.

Nair zei ook nog dat er nog geen besluit was genomen wat er met het centrum in Bengaluru zou gaan gebeuren wanneer

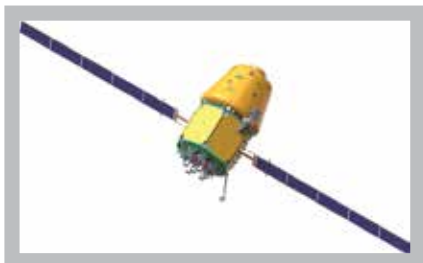
het nieuwe, in Challakere, eenmaal in gebruik is genomen. Maar daar werd direct aan toegevoegd dat dat nog wel enige tijd zou duren, iets dat zoals gezegd wel werd bevestigd door satellietopnamen van de locatie. Nair benadrukte: *"Right now, we are focusing exclusively on Gaganyaan training."*

In maart 2023 meldde de Times of India nog dat ISRO plannen had om naast de twee reeds in gebruik zijnde simulatoren er nog twee aan te schaffen. Deze nieuwe, een 'static mockup simulator', en een 'dynamic training simulator' zoals ze wer-

den omschreven, moeten de astronauten verder voorbereiden op hun vlucht met Gaganyaan. Op dit moment is het echter nog steeds onduidelijk wanneer deze zou moeten gaan plaatsvinden.

Interessant, maar ook wel opmerkelijk, is dat de bovenstaande informatie over het Gaganyaan trainingscentrum geheel is gebaseerd op berichten in de Indiase media. Zoals al gezegd blijven verzoeken om informatie aan ISRO onbeantwoord, en op hun website is naast één kleine foto van het HSFC alleen het volgende te vinden:

Links: artistiek concept van het Gaganyaan ruimteschip. [ISRO] Midden: test van het Crew Escape System, op 5 juli 2018. [ISRO] Rechts: na de test daalt de Gaganyaan cabine aan parachutes voor een landing in de Golf van Bengalen. [ISRO]



*"Astronaut Training Facility established in Bengaluru caters to Classroom training, Physical Fitness training, Simulator training and Flight suit training. Training modules cover academic courses, Gaganyaan Flight Systems, Micro-gravity familiarization through Parabolic Flights, Aero-medical training, Recovery & Survival training, mastering of Flight Procedures and training on Crew Training Simulators. Aero medical training, Periodical flying practice and Yoga are also included as part of the training."*

In maart 2023 werd gemeld dat de astronauten het eerste van drie trainingssemesters succesvol hadden afgerond. Daarin hadden ze onder andere 218 lessen over 40 onderwerpen gevolgd, en 75 fysieke training sessies, drie werkbezoeken, twee medische evaluaties en twee examens afgelegd.



ISRO claimt dat het ruimtepak voor de Indiase astronauten (links) door ISRO zelf is ontwikkeld. Het lijkt echter wel opvallend veel op de Russische Sokol KV-2 (rechts). [ISRO, respectievelijk Science Museum Group]

## Gaganyaan

Hoe staat het nu met Gaganyaan zelf? De eerste, veel te optimistische plannen voorzagen in een eerste onbemande lancering in 2013 of 2014, met een eerste bemande vlucht in 2014 of 2015. In 2020 was dat laatste al opgeschoven naar 2022, maar op dit moment is nog niet eens duidelijk wanneer de eerste onbemande testvlucht gepland staat. Optimistische berichten spraken van het derde kwartaal 2023, maar dat is alweer vertraagd tot 2024. Een bemande vlucht vóór 2025 lijkt dan ook uiterst onwaarschijnlijk.

Toch werden er wel enkele kleine stappen gezet in de ontwikkeling: op 18 december 2014 werd een suborbitale test uitgevoerd met een boilerplate model die eindigde met een landing in zee. In

juli 2018 volgde een test van het Crew Escape System (CES). Daarbij werd 20 seconden nadat het CES in werking was gesteld, op een hoogte van ongeveer 2900 meter de noodraket losgekoppeld, waarna de cabine aan twee parachutes in zee terecht kwam. Deze parachutes waren met hun doorsnede van 31 meter elk de grootste die ooit in India waren gemaakt.

In augustus 2023 werd een test uitgevoerd met het parachute-systeem. Daarbij werd drie keer met succes met behulp van een raketslee de parachute getest die bij de terugkeer in de atmosfeer de hoofdparachutes moet lostrekken.

Volgens de meest recente plannen zijn er

voor 2024 twee onbemande testvluchten gepland, en zou de eerste bemande vlucht eind 2024 moeten plaatsvinden. Deze zou ongeveer een week moeten duren. Concrete data en inhoudelijke plannen betreffende die drie vluchten zijn echter nog steeds niet bekend. Zo is het bijvoorbeeld nog onduidelijk of op deze vlucht één astronaut zal vliegen, of dat alle drie de beschikbare stoelen bezet zullen zijn.

Wanneer de mist rond het Gaganyaan programma optrekt is op dit moment nog net zo in nevelen gehuld als Gaganyaan en de Indiase astronauten zelf. Het waarom van al die geheimzinnigheid is zo mogelijk nog mysterieuzer.



# ESA's Hera project

## Return to the DART "crime scene"

Michel van Pelt (ESA ESTEC)

66 million years ago a gigantic asteroid came down near what is today the Yucatan peninsula in Mexico. It resulted in a crater 180 km wide and 20 km deep, a gigantic tsunami, a rain of burning rock, gigantic fires and so much dust in the global atmosphere that hardly any sunlight reached the ground for months. It meant the end of the dinosaurs. Today we have some ideas on how we could protect ourselves against large asteroid impacts, ideas that need testing. NASA sent its DART spacecraft on a kamikaze mission against a binary asteroid, hitting it spot-on 26 September last year. In October next year, ESA will send the Hera mission to have a detailed look at the after-effects of DART's impact, giving us more information on how effective such 'asteroid deflection' methods are and whether they could save us from the dinosaurs' fate.

### Dangerous Asteroids

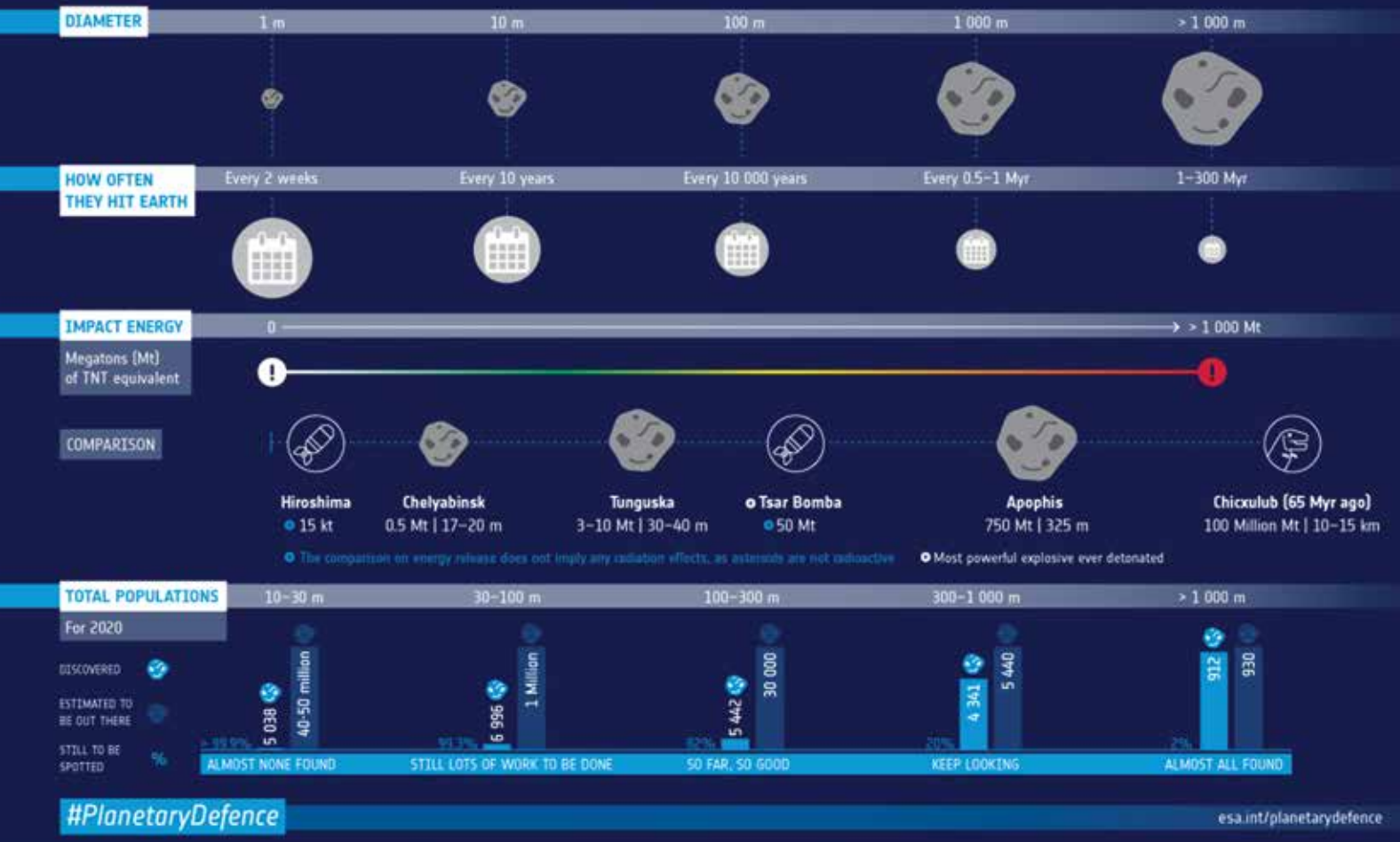
Based on our knowledge of the sizes and numbers of asteroids, and the Earth's geological record of past impacts, we know that the impact of 66 million years ago was a very unlikely event. But the smaller the asteroids, the higher their numbers and hence the larger the risk of an impact. The really small ones will burn up in the atmosphere before they can do any damage on the ground, while the really large ones are few, likely all identified by now, extremely unlikely to hit the Earth, and anyway very difficult to deflect due to their enormous mass. The ones we should worry about most are those in between. In 1908 an iron meteorite of between 100 and 200 meters in diameter hit the remote area of Tunguska in Siberia, flattening the forest in a circle up to 40 km around the impact point. It packed an impact energy equivalent to that of 3 to 10 megatons of TNT, or a fairly large sized atomic bomb (the most power-

ful nuclear weapon ever tested was the 50 megatons Tsar Bomba). The 18 meter meteorite that flew over Chelyabinsk in 2013 fortunately did not land in a city either, but the shockwave of its 'air burst' at tens of kilometres altitude broke thousands of windows, injuring hundreds of people. The energy of that explosion has been estimated to be up to 0.5 megatons, considerably more than the atomic bomb that was dropped on Hiroshima during W.W.II. A Chelyabinsk sized asteroid hit has a statistical chance of happening once or twice per century; a Tunguska event is expected to occur only once every few thousand years. Chances of occurrence for asteroid impacts are thus relatively low, but the effects can be devastating; imagine the Tunguska meteorite not landing in Siberia but in the middle of Paris, destroying buildings in a circle tens of kilometres wide. As a result, the risk is not insignificant.



The logo of the Hera mission, schematically depicting the spacecraft, its two CubeSats and Dimorphos with the DART impact crater. [ESA]

In the 1998 movie Armageddon, a very large asteroid heading for Earth is taken care of by planting a nuclear bomb on its surface and blasting it into pieces. In reality this may not be of much help; the result would be thousands of smaller impacts over a wider area instead of a single large impact at one location, thus anyway



The risk asteroids pose as a function of their size. [ESA]

causing death and destruction across the globe. The best means of defence against dangerous asteroids is to know their orbits, identify when they intersect that of Earth at a dangerous moment (when the Earth happens to be at the location of the orbital cross point), then deflect them well before this moment arrives. Early deflection, changing the asteroid's orbit by a fraction well before it reaches the Earth, takes less energy than a late deflection that requires a more substantial change in orbit to miss the Earth. Hence planetary defence requires both searching for potentially dangerous asteroids in the solar system with telescopes in space and on the ground, and the development of deflection techniques. The collaborative effort of NASA's DART and ESA's Hera missions concerns the latter.

### AIDA

Both NASA's *Double Asteroid Redirection Test* (DART) and ESA's Hera mission are part of a collaborative programme named AIDA, for *Asteroid Impact and Deflection Assessment*. The main purpose of AIDA is to support the demonstration and

validation of the technology needed to deflect a hazardous asteroid by means of a kinetic impactor, as well as to improve our understanding of the impact process and the momentum transfer to the target asteroid. AIDA's target is not a single asteroid but rather a compact binary system, consisting of the ~160 meter Dimorphos "moon" orbiting an 800 by 150 meter asteroid called Didymos at about 1.1 km distance.

Hitting an asteroid moon in such a binary system, rather than a single asteroid, has great advantage for an asteroid deflection test. The orbit of a single asteroid would need to be tracked for years, over many orbits around the Sun, to be able to determine exactly how effectively a spacecraft impact has changed its orbit. In contrast, Dimorphos orbits Didymos in just under 12 hours: even a small change in this orbital period would thus be apparent within just half a day, or at least within days, after several orbits. For this particular asteroid system observations of the "moon's" orbital period is greatly helped by the fact that Dimorphos circles the larger Didymos in a plane close to

the ecliptic. As a result, seen from Earth the two asteroids mutually eclipse and occult each other twice every 12-hour orbit, something that is observable with moderate-size telescopes.

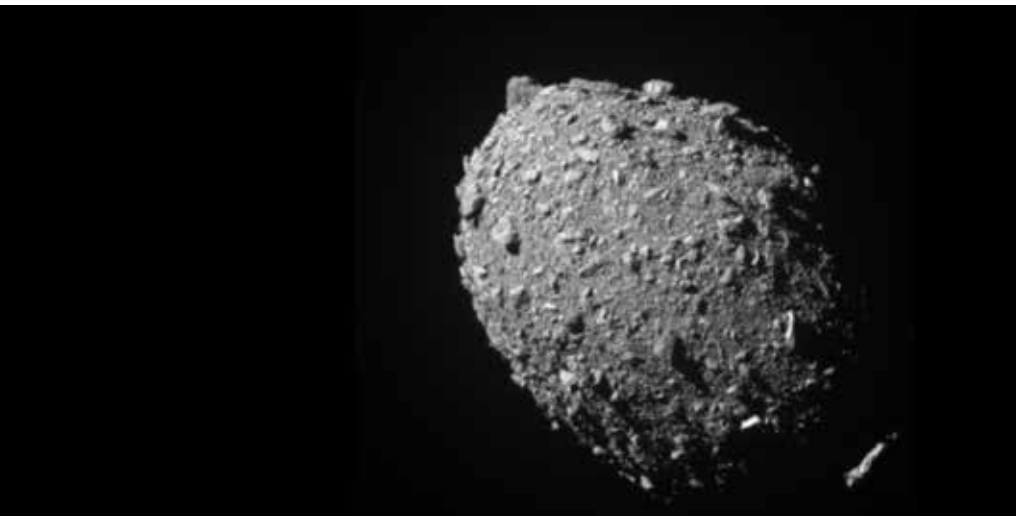
The first mission in the AIDA endeavour was DART, which launched in November 2021 and reached the Didymos-Dimorphos asteroid system about a year later. With a spacecraft mass of 610 kg and a velocity of 22,000 km/h relative to the asteroid, the impact packed a lot of energy. How much this would affect Dimorphos and its orbit was not exactly known beforehand; the mission was a test after all. In the best case the asteroid moon would turn out to be hard rock, with DART's impact transferring a lot of its kinetic energy to Dimorphos. If much asteroid material would spew out of the crater, this would increase the effect due to the action-is-reaction principle (in effect, the crater would act like a gigantic rocket nozzle). In the worst case Dimorphos could turn out to be a pile of rubble, loosely held together by gravity, with DART's impact having little effect on it. Pre-impact modelling of the expected



effect, using data of telescope observations of the asteroid system and knowledge about other asteroids from past space missions such as NEAR, Rosetta, Hayabusa2 and OSIRIS-Rex, expectations were that DART's hit would be sufficient to change Dimorphos' orbital period by at least 73 seconds.

The actual result was far more spectacular. The small *Light Italian CubeSat for Imaging of Asteroids* (LICIACube) that flew alongside DART on impact registered enormous amounts of material spewing out of Dimorphos, as did various ground-based and space telescopes. Observations from Earth quickly showed that Dimorphos' 12-hour orbit was shortened by a spectacular 32 minutes!

While DART has proven the viability of asteroid deflecting using a kinetic deflector, much about the impact remains to be investigated (DART was obviously destroyed, and LICIACube could not slow down and hence only had a brief look at the impact and its aftermath during the CubeSat's short fly-by). What is the shape and depth of the impact crater? How much asteroid material has been ejected, what material does Dimorphos consist of and how representative is it for other asteroids? In the next step of AIDA, ESA's Hera mission will therefore rendezvous with the DART mission target in late December 2026 and characterise it in great detail. At the time of writing Hera is being tested at ESA ESTEC in Noordwijk, the Netherlands, and readied for a launch in October 2024 with a SpaceX Falcon 9 rocket (this due to the availability of an Ariane 64 not being guaranteed due to delays in its development, while Hera has a very tight launch window). Hera will be accompanied by two CubeSats, and together they will provide significant insights into the asteroid system through measurements of the asteroid surfaces and radar sounding of the asteroid interior, allowing the testing and improvements of asteroid science and planetary protection models. Together with DART,



Top: the DART spacecraft in the cleanroom at APL. [NASA/Johns Hopkins APL/Ed Whitman] Middle: asteroid moonlet Dimorphos as seen by the DART spacecraft, just 11 seconds before impact. [NASA/JOHNS HOPKINS APL] Bottom: the 160-m diameter Dimorphos asteroid "moon" compared to Rome's Colosseum. [ESA-Science Office]



Top: this sequence of pictures of DART impacting Dimorphos was taken by LICIACube. Also Didymos can be seen. [ASI/NASA] Bottom: also the Hubble Space Telescope and the James Webb Space Telescope clearly saw the flash of the DART impact. [NASA, ESA, CSA, Jian-Yang Li (PSI), Cristina Thomas (Northern Arizona University), Ian Wong (NASA-GSFC)]

## Hera Objectives

The mission objectives related to the deflection demonstration are:

- Measure the mass of Dimorphos to fully determine the momentum transfer efficiency from DART impact;
- Investigate in detail the crater produced by DART to improve our understanding of the cratering process and the mechanisms by which the crater formation drives the momentum transfer efficiency;
- Observe subtle dynamical effects (e.g., libration imparted by the impact, orbital and spin excitation of Dimorphos) that are difficult to detect for remote observers;
- Characterise the surface and interior of Dimorphos, which have great influence on the impact response, to allow scaling of the momentum transfer efficiency to different asteroids.

Hera's science objectives:

- Perform the first comprehensive characterisation of a binary near-Earth asteroid (NEA), including for the first time its internal properties, allowing a precise comparison with theoretical models and assessment of the binary NEA production mechanism;
- Constrain the surface structure and regolith mobility on both Didymos and Dimorphos, thereby allowing a first insight into how material properties may affect asteroid satellite formation;
- Allow, for the first time, the measurement of the detailed surface and subsurface properties of an asteroid crater formed

in an impact experiment at an impact speed ( $\approx 6 \text{ km s}^{-1}$ ) that is close to the average speed of inter-asteroid collisions;

- Provide a remarkable opportunity to study the surface geophysics of two objects of different size and surface gravity, which probably formed from the same material;
- Obtain the first in situ measurements of the properties of an asteroid, Dimorphos, whose size ( $\approx 16 \text{ m}$  diameter) is at the frontier between gravity- and strength-dominated structures;
- Characterise a crater formed with known energy on a body  $160 \text{ m}$  in diameter for the first time, allowing us to verify whether strength or gravity is the most influential parameter in crater production on such a small asteroid;
- Observe for native and post-DART surface activity and particle ejection events;
- Investigate the crater formed by the DART impact for the potential identification of fresh unweathered material on a silicate asteroid to understand possible space-weathering processes;
- Test the conclusion that the crater produced by the Small Carry-on Impactor of the Japanese space mission Hayabusa2 on the top-shaped asteroid (162173) Ryugu formed in the gravity regime, by comparing to results of the DART impact onto Dimorphos;
- Investigate an asteroid, Didymos, whose spin period of 2.26 hr may place it at the limit of structural stability.



Hera with one of its two solar wings added, during the test campaign at the ESTEC Test Centre. [ESA-SJM Photography]

Hera will thus provide a crucial element in the global effort to avert future asteroid impacts, and at the same time provide world-leading planetary science.

### History of Hera

The Hera mission design has a long history, and it was originally not coupled with DART. ESA's first formal asteroid deflection technique test mission was the Don Quijote study of the early 2000s, a concept that was originally conceived by Prof. Andrea Milani from the University of Pisa in Italy. It involved two spacecraft, one serving as impactor, the other serving as an orbiter of the target asteroid to measure the impact outcome. Unfortunately, because no budget or programme was associated with this project at ESA (it not being a pure science mission, while being overly large and expensive for a

technology test mission), the idea was abandoned, until discussions between US and European scientists and agencies in the early 2010s. The result of that was that NASA and ESA agreed to work on two independent but related missions, to perform a kinetic impactor deflection test along the lines of the Don Quijote concept in the form of the eventual AIDA programme. As part of this, NASA developed its DART mission.

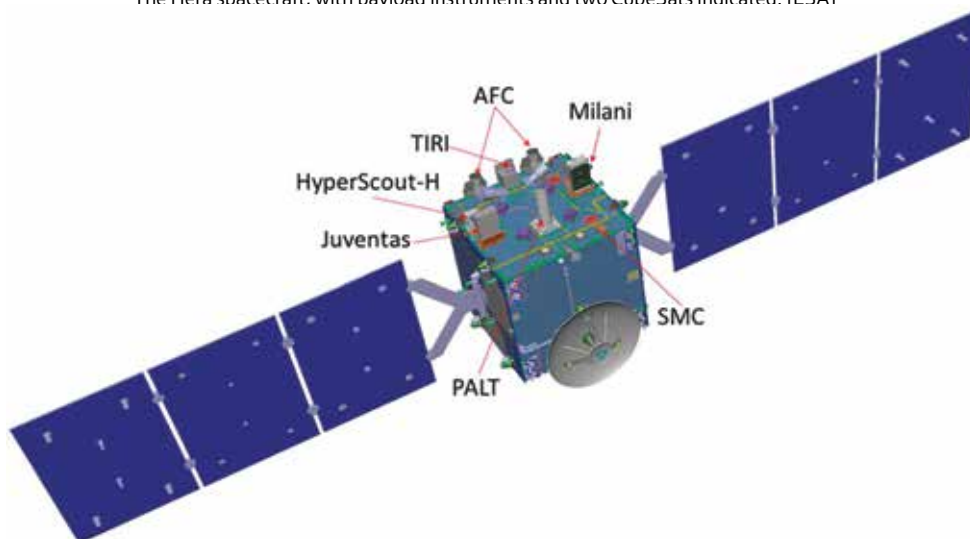
On ESA's side, AIM, for Asteroid Impact Mission, saw various iterations until 2016. AIM was supposed to reach Didymos before DART's impact, which would have enabled it to directly observe the impact and the immediate and later aftermath. It would also have made it possible for the ESA spacecraft to map and characterise Didymos in detail both before and after the DART impact. Unfortunately also

AIM did not receive enough funding at ESA's Ministerial Council in 2016, with the mission losing the opportunity to arrive on site before DART (as development of DART was on track for impacting Dimorphos in 2022, without approval in 2016 there was insufficient time left to develop and launch AIM).

Once again the ESA mission was re-designed, re-planned and further optimised, morphing into the Hera mission (named after the Greek goddess of marriage) that was approved by the ESA Ministerial Council in 2019. This was helped by the fact that in the meantime the mission had a "home" that was neither in Science nor in Technology Development: ESA's new Space Situational Awareness programme that is currently supported by 19 of ESA's 22 member states.

Even though Hera will arrive at the Didymos asteroid system well after DART, the main objectives of the AIM mission can still be achieved (noting that the direct observation of the impact was done by the LICIAcube satellite launched together with DART). Hera will still perform the first rendezvous with a binary asteroid system and will make a full characterisation of Dimorphos.

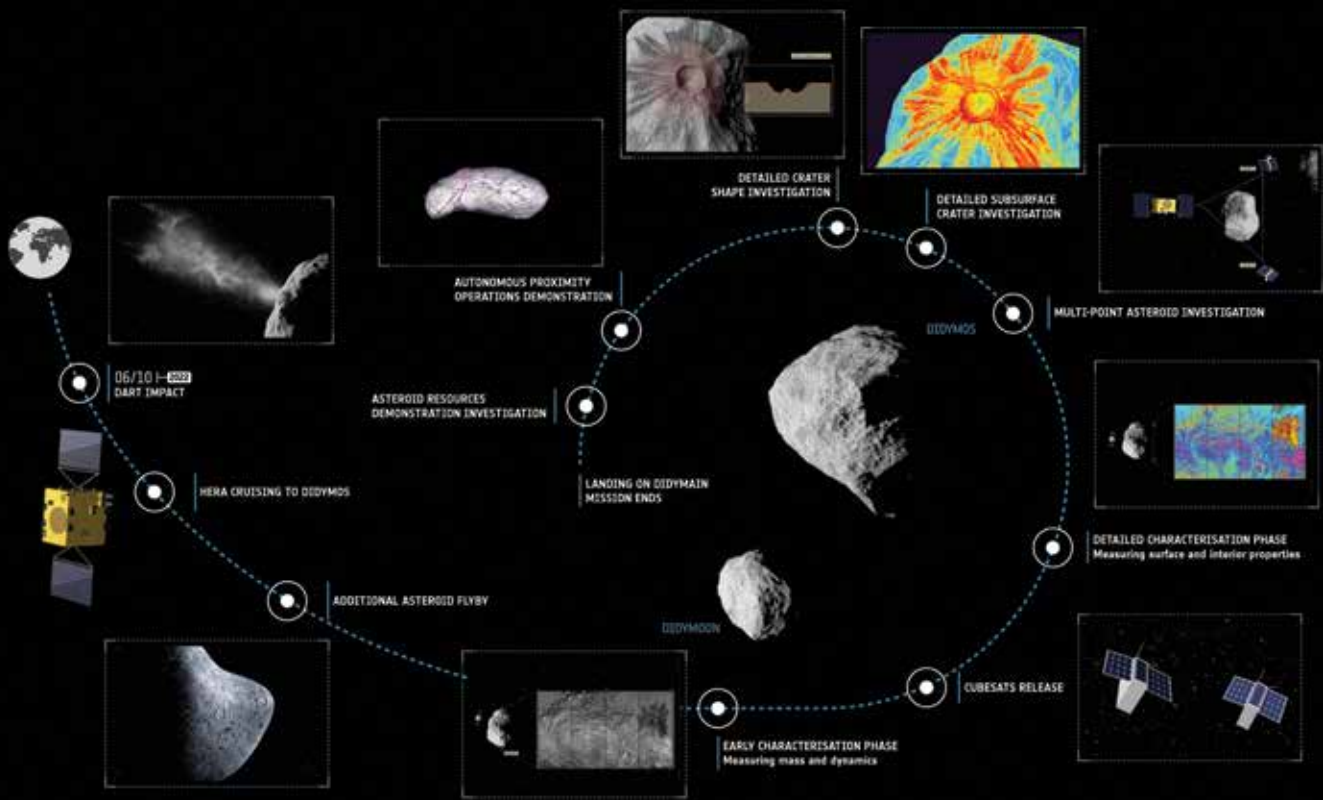
The Hera spacecraft, with payload instruments and two CubeSats indicated. (ESA)



### Hera Objectives

Hera is the first mission designed to rendezvous and characterise a binary asteroid, and also the first to investigate a very recently formed crater caused by





Hera's mission timeline; within the project, Didymos is often referred to as "DidyMain" and the smaller Dimorphos as "DidyMoon". [ESA]

a deflection experiment. Hera mission objectives cover both those related to DART's asteroid deflection test as well as those of a more fundamental scientific nature. The objectives related to the deflection demonstration cover the investigation of how and how much the DART impact has affected Dimorphos and its orbit around Didymos, with the goal to fully understand the dynamics and efficiency of deflection of this type of asteroid through impact momentum transfer. Hera's asteroid science objectives involve, amongst others, mapping of the surface and interior of a binary asteroid, finding out how stable the structure of the spinning Didymos is, and the measurement of an asteroid crater formed at an impact speed representative to that of inter-asteroid collisions (greatly helped by the fact that we know exactly the impact conditions, such as the mass, velocity, size and trajectory of DART). The (in terms of geophysics) fresh impact crater enables us to directly observe the asteroid's ancient subsurface, resulting in new information about the origin of meteorites and space-weathering effects in the inner solar system.

### Spacecraft

The Hera spacecraft is developed and built for (and with) ESA by an industrial consortium led by OHB System AG. With a total launch mass of about 1280 kg, it is a small-to-medium-size planetary

spacecraft. Its main structure is based on a central tube and adapter cone, and power comes from 13 m<sup>2</sup> of solar panels. The spacecraft is three-axis stabilised, using four reaction wheels, gyros, star trackers, sun sensors, as well as the Asteroid Framing Cameras (AFC) that are formally part of the payload Instruments. In addition, the Planetary Altimeter (PALT) will be employed for attitude guidance. A fixed high-gain antenna and two low-gain antennas facilitate communications with ground stations in X-band, with an additional S-band intersatellite link for communications between Hera and its CubeSats up to a maximum range of 60 km. Hera's bi-propellant chemical propulsion subsystem will provide a delta-V of ≈1300 m/s, using 16 thrusters for orbit control and six more for reaction control.

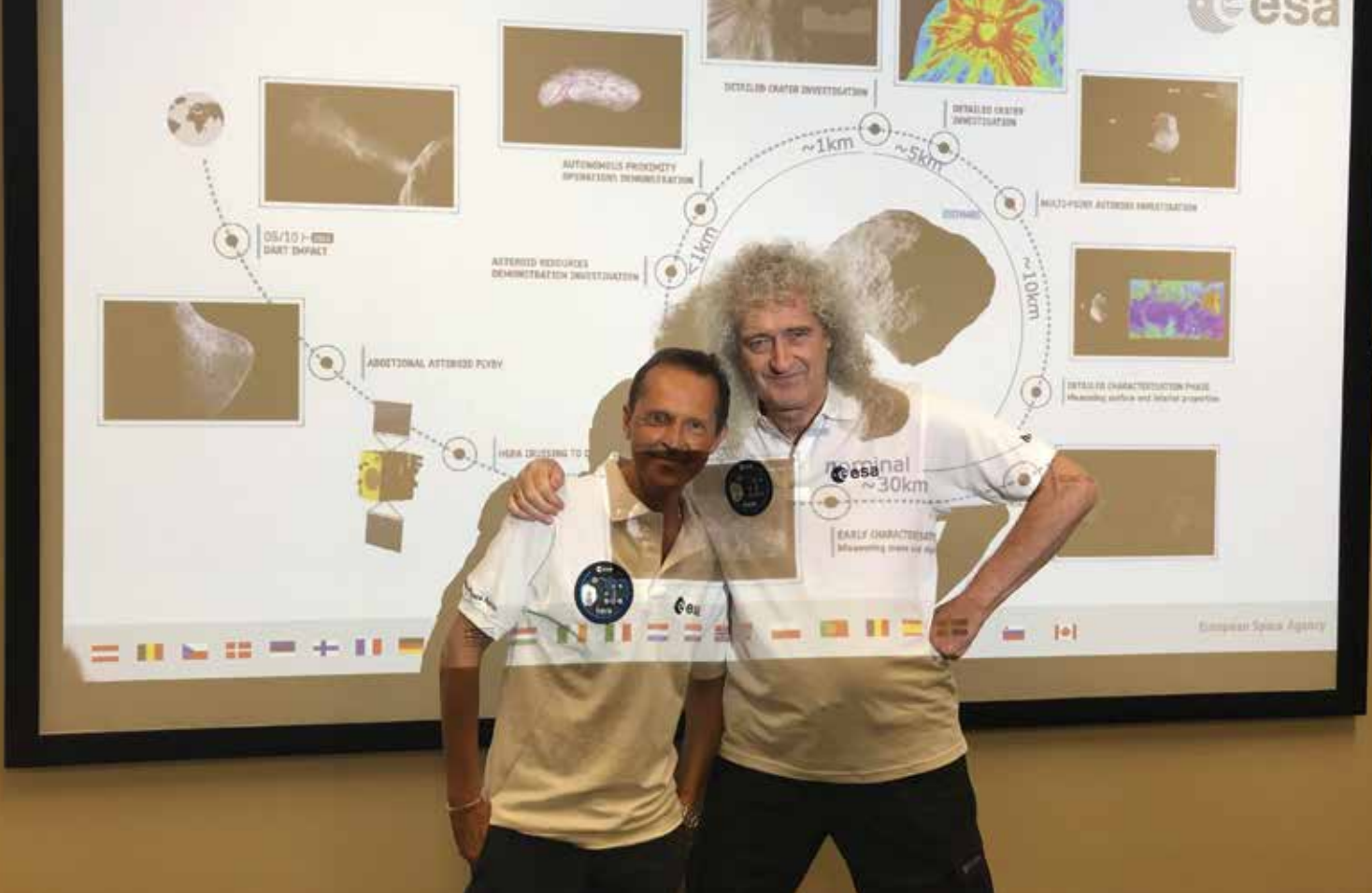
To fulfil its mission objectives, Hera will fly a small but comprehensive suite of instruments consisting of the already mentioned two Asteroid Framing Cameras (one as back-up), a Spectral Imager (Hyperscout-H), a microLIDAR (PALT), a thermal Infrared Imager (TIRI), and two CubeSats that each carry instruments of their own. Hera's communication system for talking to Earth and with the CubeSats will also be used as a Radio Science Experiment; the Doppler shift and time-delay information in the signals will give information about the relative velocities of the spacecraft and hence will help de-

termine the binary system's mass, gravity field, rotational state and orbits.

### Mission

Hera will launch in October 2024, with the launch window opening on the 8th and closing on the 25th (backup launch opportunities do exist in 2025 and 2026, with for both cases an arrival at Didymos late 2030 or early 2031). After swinging by Mars and its moon Deimos in March 2025, Hera will arrive at its destination in December 2026 and go into orbit around the Didymos system (after five propulsive orbital manoeuvres) late January or early February 2027. From then on, Hera will do its work, and slowly edge closer, through a number of phases.

In the *Early Characterisation Phase* of six weeks, Hera will orbit at a distance of 20 to 30 km from the asteroids, and measure the global shape and mass/gravity, as well as thermal and dynamical properties, of both asteroids. Next is the *Payload Deployment Phase* of two weeks, during which Hera remains in the same orbit but will release two CubeSats that will then approach Dimorphos independently. These nanosatellites, named Milani and Juventas, will remain in contact with Hera and enhance its scientific coverage. Juventas has a low-frequency monostatic radar that will be able to look into the asteroid's interior, as well as a gravimeter that will measure the gravity field of the asteroids. Milani carries a near-infrared imager and a micro-thermogravimeter.



Queen guitarist and astrophysicist Brian May (right) is a great supporter of the Hera mission; here he is sporting the Hera polo shirt together with mission scientist Patrick Michel (left). [ESA]

In the *Detailed Characterisation Phase* of four weeks, the distance to the asteroids is gradually reduced down to 8 km. While the previous phases will be flown under direct supervision of Hera's mission control on Earth, the closer distances of this phase require at least partly autonomous attitude guidance. This due to the too-long-time delays in communication between Earth and the spacecraft and the uncertainties in the complex gravity field of the binary asteroid system. The Detailed Characterisation Phase is used for meter-scale mapping of the asteroids and determination of thermal, spectral, and interior properties. It will also be used for combined, multipoint measurements with Hera and its two CubeSats, providing a multi-dimensional view of the asteroids. In the *Close Observation Phase* (six weeks), things are getting very exciting. Now Hera will close in to the asteroids to distance of only 4 km, requiring full autonomous attitude guidance. The PALT laser instrument, which both maps the asteroid surface and provides measurements of Hera's altitude and velocity with respect to the asteroids, will start to be used for navigation. This phase, with a total of 12 close fly-bys, will be used for a high-resolution look at a large part of Dimorphos, including the DART impact crater.

With this last phase all the Hera mission requirements will be met, so if afterwards the spacecraft is lost the mission is still a full success. Nevertheless, a subsequent *Experimental Phase* of six weeks is planned, in which innovative navigation techniques will enable Hera to fly over Didymos and Dimorphos at altitudes down to 1 km or less. Fully autonomous attitude and trajectory guidance will be demonstrated, requiring a combination of tracking (by then) known features on the asteroid surface and distance measurements with PALT. Measurements of the morphological, spectral, and thermal properties of Dimorphos at selected targets can then be made at decimetre level resolution, with the targets definitely including the DART impact crater. The mission is planned to end with the two CubeSats landing on Dimorphos, and Hera landing on the larger Didymos, providing high-resolution data of a very small part of that asteroid in the process.

### Legacy

Past space missions have shown us that asteroids exhibit an extraordinary diversity in terms of geophysical and compositional properties, and that each asteroid has unique characteristics. Through Hera, and the combination of

its data with those from previous and other future asteroid missions, we will better understand how asteroids are formed and the various processes they undergo over time. Dimorphos will be one of the smallest asteroids ever visited by a spacecraft, providing us with data on geophysics under extremely low-gravity conditions.

The scientific legacy of the Hera mission will extend far beyond the core objectives related to planetary defence; the mission will greatly enhance our understanding of the asteroid population and, by extension, the population of planetesimals that came together to form the planets, including Earth. Hera will thus help us understand how to protect us from dangerous asteroids in the future, as well as teach us much about the solar system. The dinosaurs did not have a space programme, but we can employ science and technology to learn about the solar system and to protect our Earth.

The mission's progress can be followed on [www.esa.int/Space\\_Safety/Hera](http://www.esa.int/Space_Safety/Hera).

*The author was involved in AIM as Team Lead for related Concurrent Design Facility study sessions, and provides cost engineering support to Hera. He also regularly acts as an ESA spokesperson for the project.*



# OSIRIS-REx

## De eerste planetoïde-monsters in Amerika

Lars Pepermans

**N**a een lange reis van bijna zeven jaar en een afstand van 3,2 miljard kilometer, landde in september een kleine sonde met een buitengewone lading van ongeveer 250 gram buitenaards materiaal in de staat Utah. Deze kleine capsule maakte deel uit van de groot-schalige OSIRIS-REx-missie, waarvan de naam staat voor “*Origins Spectral Interpretation Resources Identification Security Regolith Explorer*”. De missie omvatte vier ambitieuze wetenschappelijke doelen:

- Het terughalen van een substantieel monster van een koolstofrijke

planetoïde om de geschiedenis en samenstelling van dergelijk materiaal te onderzoeken;

- Het gedetailleerd in kaart brengen van de chemie en mineralen op het oppervlak van de koolstofhoudende planetoïde;
- Het vastleggen van gedetailleerde gegevens over de textuur en geochemie van de planetoïde;
- Het meten van het Yarkovsky-effect op een potentiële dreiging van een planetoïde voor de aarde.

Op 8 september 2016 werd deze missie vanuit Florida gelanceerd met behulp

van een ULA Atlas V-raket in de 411-configuratie. De 2110 kilogram wegende satelliet reisde naar planetoïde 101955 Bennu. OSIRIS-REx is de derde planetaire verkenner die geselecteerd werd binnen het New Frontiers-programma van NASA. Andere opvallende missies in dit programma omvatten New Horizons en Juno.

Ondanks dat de missie pas onlangs landde, arriveerde deze reeds in december 2018 bij Bennu. Tijdens de vlucht passeerde OSIRIS-REx de aarde in 2017, waarna hij koers zette naar Bennu. Gedurende deze reis werd het MapCam-instrument

De capsule met de parachute er nog aan vast. [NASA/Keegan Barber]



## Planetoïden, kometen en meteoren

**Planetoïden:** planetoïden zijn kleine, rotsachtige of metalen objecten die zich bevinden in een baan rond de zon, meestal in de planetoïdengordel tussen de banen van Mars en Jupiter. Ze worden soms ook wel "asteroïden" genoemd. Planetoïden variëren in grootte van enkele meters tot honderden kilometers in diameter en kunnen verschillende samenstellingen hebben. Ze zijn overblijfselen uit de vroege vorming van ons zonnestelsel.

**Kometen:** kometen zijn ijsachtige hemellichamen die ook in een baan rond de zon bewegen. Ze bestaan voornamelijk uit waterijs, stof en bevroren gassen. Kometen hebben vaak een heldere, verlichte kern (de "nucleus") en een staart die kan worden waargenomen wanneer de komeet de buurt van de zon nadert. De hitte van de zon doet het ijs sublimeren (rechtstreeks van ijs naar gas gaan), wat leidt tot het vrijkomen van gas en stof, wat de staart vormt.

**Meteoriten:** meteoriten zijn de lichtverschijnselen die optreden wanneer kleine deeltjes, meestal stof of kleine rotsfragmenten, de aardse atmosfeer binnendringen en daar op hoge snelheid verbranden als gevolg van wrijving met de lucht. Dit wordt vaak "vallende sterren" genoemd, hoewel het eigenlijk geen sterren zijn. Als een meteoriet erin slaagt de aardse atmosfeer te doorstaan en op het aardoppervlak landt, wordt het overblijfsel ervan een "meteoriet" genoemd.

## Bennu

Bennu is fascinerend om verschillende redenen. Ten eerste is Bennu een koolstofrijke planetoïde, wat betekent dat het belangrijke informatie bevat over de oorsprong van ons zonnestelsel en de herkomst van organische moleculen en water, wat relevant is voor het begrip van het ontstaan van leven op aarde.

Daarnaast is Bennu een 'potentieel gevaarlijke' planetoïde vanwege zijn baan dicht bij de aarde, waardoor het bestuderen ervan cruciaal is voor het begrijpen van impact-risico's. Door het meten van het Yarkovsky-effect (het effect van warmteuitstraling op de rotatie van objecten in de ruimte) kon de missie ook inzicht bieden in de baandynamica van planetoïden.

Bennu is interessant vanwege zijn potentiële bijdrage aan het begrip van de oorsprong van het zonnestelsel, impactrisico's en de aard van koolstofhoudende planetoïden, waarover de OSIRIS-REx-missie dus belangrijke gegevens heeft verzameld.

ingezet om te speuren naar nieuwe *Near Earth Objects* (NEO's), hoewel het helaas geen nieuwe NEO's detecteerde. Toch bleek deze operatie zeer belangrijk voor het testen van de benodigde instrumenten voor toekomstige activiteiten in de nabijheid van Bennu. Dezelfde instrumenten werden later in de vlucht ook getest door middel van het observeren van de Jupiter-manen Callisto, Io en Ganymede.

Bij aankomst bij Bennu plaatste de sonde zichzelf in een baan op een hoogte van slechts 1,75 kilometer, een opmerkelijk lage hoogte in vergelijking met eerdere missies zoals Rosetta bij komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko, waar een hoogte van 7 kilometer werd behaald (tot aan de landing van Rosetta zelf aan het eind van haar missie). In deze baan voerde de sonde 505 dagen lang gedetailleerde observaties en wetenschappelijke studies uit.

Het verzamelen van het monster van (doel was minimaal 60 gram) gebeurde op 20 oktober 2020 vanaf de zogenaamde Nightingale-landingsplaats. Hoewel het geen traditionele landing was, verliep de 'touch-and-go'-procedure soepel en duurde slechts enkele seconden. Voorafgaand aan deze beslissende manoeuvre werden twee oefenlandingen uitgevoerd op 15 april en 11 augustus 2020, waarbij

Close-up van de capsule na landing. De brandsporen van de atmosferische re-entry zijn duidelijk zichtbaar. [NASA/Keegan Barber]



## Niet de eerste keer

Ondanks dat dit de eerste keer is dat NASA een monster terughaald van een planetoïde heeft JAXA dit twee keer eerder gedaan met hun Hayabusa missies. Deze twee missies bezochten 25143 Itokawa en 162173 Ryugu in respectievelijk 2012 en 2020. Hayabusa bracht minder dan 1 gram naar de aarde, Hayabusa2 5.4 gram; beduidend minder dan de ~250 gram die OSIRIS-REx opgeleverd heeft.

OSIRIS-Rex Benu respectievelijk tot op 65 en 40 meter naderde. Deze geslaagde oefeningen bevestigden het vermogen van de sonde om een complexe landing uit te voeren. Om schade aan de zonnepanelen door opgewaaid zand en rotsen te voorkomen, werden deze zorgvuldig in een 'Y'-vorm gevouwen, wat tevens extra ruimte bood tussen het oppervlak en de vitale onderdelen. Tijdens het kortstondige contact met Benu werd stikstof gebruikt om kleine deeltjes in de robotarm-collector te stuwen.

Op 7 april 2021 voltooide OSIRIS-REx zijn laatste fly-by van Benu en begon aan zijn terugreis naar de aarde. Hier aangekomen op 24 september 2023 omstreeks 08:42 MDT, scheidde de terugkeercapsule zich af van de hoofdsatelliet en dook minder dan tien minuten later met een snelheid van ongeveer 12,4 kilometer per seconde de aardse atmosfeer in. Vervolgens werd eerst de zogenaamde *drogue parachute*, met een diameter van ongeveer 3 meter, op een hoogte van 6,8 kilometer uitgeworpen, gevolgd door de hoofdparachute met een diameter van 6,8 meter op een hoogte van 1,3 kilometer. Dankzij dit geavanceerd tweetraps-parachutesysteem landde de capsule veilig in de uitgestrekte woestijn van Utah.

Met het waardevolle monster terug op aarde, is de missie nog lang niet ten einde. De missie is nu omgedoopt tot OSIRIS-APEX en onderweg naar de planetoïde 99942 Apophis, waar ze doorgaat met het uitvoeren van fascinerend wetenschappelijk onderzoek.



Boven: de capsule wordt na de landing weggedragen voor vervoer naar het laboratorium waar de capsule geopend zal worden. [NASA/Keegan Barber] Onder: foto gemaakt tijdens de 'touch-and-go' landing op Benu, vlak voor het nemen van een monster. [NASA/Goddard/University of Arizona]

## Laatste man op de maan

Piet Smolders

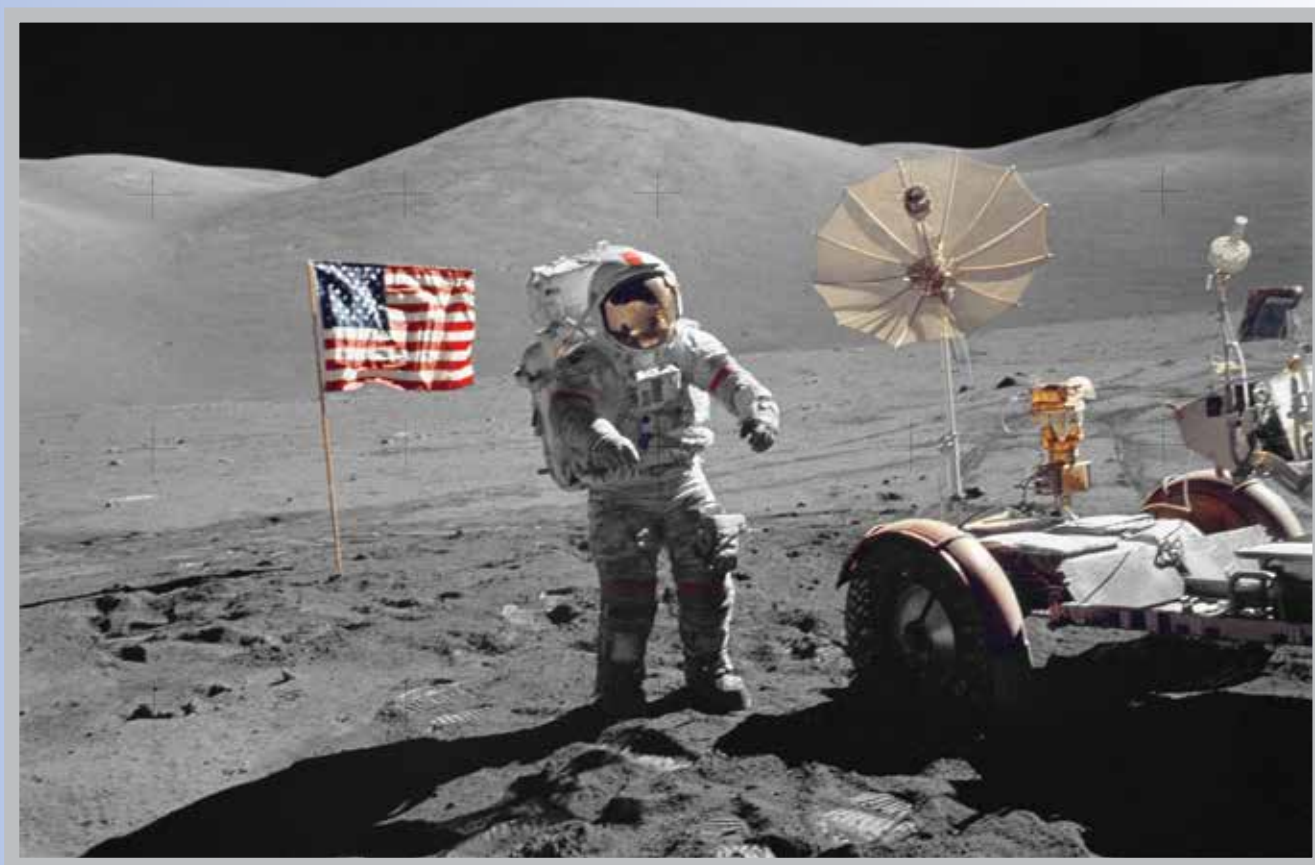
'Amerikanen op de maan' heette mijn boek dat verscheen op de dag dat de bemanning van Apollo 11 terugkeerde op aarde: 24 juli 1969. Het was zeker het eerste boek in Nederland over de eerste bemande maanlanding. Zou een titel als 'Mensen op de maan' niet beter geweest zijn?

Mijn eerste verhaal stond in de jeugdtribune van de Nieuwe Eindhovense Krant op zaterdag 6 april 1958. In 1961, direct na de vlucht van Joeri Gagarin, werd ik medewerker van De Tijd/Maasbode, toen nog een dagblad. De ruimtevaart was toen vooral Russisch! Het was een uitdaging zoveel mogelijk te weten te komen van die zwijgzame Russen die hun

vluchten nooit tevoren aankondigden. In datzelfde jaar moest ik in militaire dienst, kreeg een officiersopleiding en was geselecteerd om met mijn peloton zware mortieren naar Nieuw Guinea te gaan. Maar "dankzij" een val op de hindernisbaan werd ik behandeld wegens rugproblemen en naar de Militaire Inlichtingendienst in Nunspeet gestuurd. Daar kon ik mijn rudimentaire kennis van het Russisch verbeteren. Ik nam abonnementen op de Pravda, de Izvjestia en de Kransnaja Zvezda (het legerblad Rode Ster), maakte in 1965 mijn eerste reis naar de Sovjet Unie en begon aan een boek getiteld 'Russen in de ruimte'. Ik vond in Kluwer een degelijke uitgever. Begin 1968 vroeg directeur

Arie Kornet van Kluwer mij: "Piet, wie komt er het eerst op de maan?" Ik zei: "Ik denk de Amerikanen." "Maar dan moeten we eerst een boek over die Amerikanen hebben!" riep Kornet. Dus voorlopig geen Russen in de ruimte, maar Amerikanen op de maan. Zo kwam die titel tot stand.

Ik bleef het Apollo programma op de voet volgen en verhalen schrijven. Maar tegelijk groeide mijn verlangen een Apollo lancering zelf mee te maken. Uiteindelijk werd dat de allerlaatste gelegenheid: Apollo 17, in december 1972. Ik was erbij toen Eugene Cernan, Harrison Schmitt en Ron Evans naar de maan vertrokken. Het was de allereerste nachtlancering in het Apollo programma, op 7 December



Eugene Cernan (1934-2017) op de maan in December 1972. [NASA]

om 0.33 h plaatselijke tijd, dus een half uurtje na middernacht. Iets eerder had iemand achter mij op de perstribune gevraagd: "Waarom vertrekken ze eigenlijk 's nachts?" Het antwoord kwam met een Vlaams accent: "Allez, als ge naar de maan wilt, zult ge toch 's nachts moeten vertrekken!"

Kort voor de lancering verplaatste ik me met mijn 6x6 spiegelreflexcamera naar het grasveld vlak bij de grote countdown klok. Daar maakte ik kennis met een Amerikaanse handdoekenfabrikant die iets meer apparatuur had dan ik: een 6x6 camera, een 16 mm filmcamera, een kleinbeeldcamera met kleur-negatieffilm en een kleinbeeldcamera voor dia's. Al die apparaten stonden op afzonderlijke statieven en waren, zo vertelde hij trots, met elkaar verbonden, zodat hij op het moment suprême maar op één knop hoefde te drukken.

Het was een prachtig tafereel. De hemel was pikzwart en bezaaid met sterren. Vijf kilometer verderop baadde de bijna doorzichtige Saturnus-5 als een ballerina in het licht van de schijnwerpers.

Apocalyptisch kleurde de lucht rond de startplaats oranje en slokte de sterren op toen de raket zich geruisloos verhief. Vijftien seconden lang geen geluid. Maar toen kwam het aanrollen: langzaam aanzwellend en alles doordringend tot de VIP tribune en de perstribune op hun grondvesten schudden – net als de grasmat onder onze voeten. De laatste reis naar de maan was begonnen. En Apollo 17 werd een groot succes, zoals wij allemaal weten. Gene Cernan, Jack Schmitt en Ron Evans sloten het Apollo-tijdperk af op het vliegdekschip USS Ticonderoga op 19 december 1972.

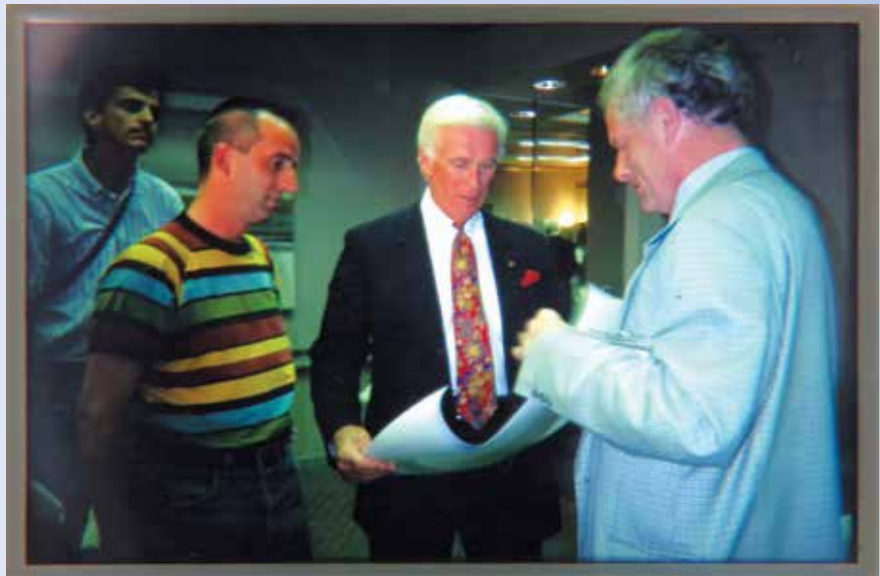
Pas twintig jaar later ontmoette ik Eugene Cernan "in the flesh"! Dat was op een congres van Planetarium-medewerkers van 24 tot 28 juni 1992. Ik was toen sinds 1987 hoofd van het Artis Planetarium. Kort daarvoor hadden wij een nieuw programma gemaakt waarin een fraai 360-graden maanpanorama werd getoond. Dat was het panorama van Taurus-Littrow, het Apollo 17 landingsgebied, geschoten met de Hasselblad 6x6 camera van Cernan. Het bestond uit twaalf beelden, die door onze technicus Mark Spoelstra naadloos in de computer aan elkaar waren geplakt. De reis naar Amerika maakte ik met medewerker Adrie van Warmenhoven, tegenwoordig directeur van het Eise

Eisinga Planetarium in Franeker. Mark had een speciale versie gemaakt, waarop een onbezoedeld landschap was te zien, dus zonder astronauten, maanlander en maanauto. In die tijd was dat nog een heel bijzondere prestatie! Die lange rol namen wij mee naar Salt Lake City waar het Congres plaatsvond. En daar overhandigden wij die rol aan een verraste Eugene Cernan. We hadden een gezellig informeel gesprek en natuurlijk hadden spraken we ook over de indrukwekkende nachtstart die hij zelf niet had gezien. En ik vertelde hem ook over de man die met mij samen naar de lancering keek met zijn indrukwekkende batterij camera's: Toen de nacht weer kristalhelder was teruggekeerd en

de machtige Saturnus-5 als een ster tussen de sterren was verdwenen keek ik naar mijn buurman met zijn hypermoderne apparaten. Op zijn wangen glinsterden een paar tranen. Hij keek beteuterd: "Ik ben vergeten op de knop te drukken."

Laatste woorden van Eugene Cernan op de maan:

"As we leave the moon at Taurus-Littrow, we leave as we came and God willing we shall return with peace and hope for all mankind."



Boven: Eugene Cernan met de schrijver en planetarium medewerker Adrie Warmenhoven in Salt Lake City, 1992. [Collectie Smolders] Onder: De eerste en de laatste Apollo astronaut op de maan. Eugene Cernan: "Neil Armstrong was probably one of the most human guys I've ever known in my life." [NASA]

*Deze kroniek beschrijft de belangrijkste gebeurtenissen in de ruimtevaart die hebben plaatsgevonden tussen 16 juni 2023 en 31 augustus 2023. Tevens zijn alle lanceringen vermeld waarbij een of meerdere satellieten in een baan om de Aarde of op weg naar verder in de ruimte gelegen bestemmingen zijn gebracht.*

*Alle in deze kroniek vermelde tijden zijn in UTC (Coordinated Universal Time).*

## 18 juni 2023

De Electron raket voert voor het eerst een suborbitale vlucht uit in wat Rocket Lab een Hypersonic Accelerator Suborbital Test Electron (HASTE) missie noemt en vertrekt vanaf Wallops aan de oostkust van de VS met een experimentele lading van het Amerikaanse Ministerie van Defensie. Verdere details worden niet bekend gemaakt.

## 18 juni 2023 | 22:21 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Satria-1** • COSPAR: 2023-086A  
Indonesische commerciële geostationaire communicatiesatelliet met een massa van 4,6 ton, gebouwd door Thales Alenia.

## 20 juni 2023 | 03:18 uur

Draagraket: Chang Zheng-6 • Lanceerplaats: Taiyuan

- **Shiyan-25** • COSPAR: 2023-087A  
Chinese experimentele aardobservatiesatelliet. In een uitzonderlijke lage zonsynchrone baan (306 x 321 km 96,6°).

## 22 juni 2023 | 07:19 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Vandenberg • Landing eerste trap: Ponton in de Grote Oceaan

- **Starlink G5-7-1 t/m G5-7-47** • COSPAR: 2023-088  
47 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

## 22 juni 2023 | 09:18 uur

Draagraket: Delta-4 Heavy • Lanceerplaats: Canaveral



Op 19 juni passeert BepiColombo voor de derde maal Mercurius op een hoogte van 236 km. Op 5 december 2025 moet de Europese sonde in een baan om de planeet komen. [ESA]

- **USA-345** • COSPAR: 2023-089A  
Amerikaanse militaire geostationaire elektronische af luistersatelliet.

## 22 juni 2023

Petelin en Prokopyev maken een 6,5 uur durende ruimtewandeling vanuit de Poisk luchtsluis. Ze installeren enkele nieuwe experimenten op de buitenzijde van de Zvezda woonmodule.

## 23 juni 2023 | 15:35 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G5-12-1 t/m G5-12-56** • COSPAR: 2023-090  
56 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

## 27 juni 2023 | 11:34 uur

Draagraket: Soyuz-2.1b • Lanceerplaats: Vostochniy

- **Meteor M2-3** • COSPAR: 2023-091A  
Russische civiele meteorologische satelliet. In een zonsynchrone 816 x 909 km x 98,8° baan.
- **Zorkiy-2M, Svyatobor-1, VIZARD-Meteo, SITRO-AIS-5 t/m -12, CubeSX-HSE-3, Stratosat-TK-1, Akhmat-1, Rassvet-1-1 t/m -3, PHI-DEMO, A-SEANSAT-PG1, CubeBel-2, ArcCube-1, Monitor-2 t/m -4, Nanozond-1, UmKA-1, KuzGTU-1, ReshUCube-2, Sirius-SINP-3U, Polytech-Universe-3, UTMN-2, CSTP-1.1 & -1.2, Avion-Kaluga-650, Yarilo-3 & -4, Khors-1 & -2, Norbi-2, Impul's-1, SAMSAT-ION & SATURN** • COSPAR: 2023-091  
42 nanosatellieten.

## 29 juni 2023

Virgin Galactic voert haar eerste commerciële suborbitale ruimtevlucht uit. Het ruimteveer bereikt een maximale hoogte van 85,1 km voordat zij als een zweefvliegtuig terugkeert naar Spaceport America in New Mexico. Aan boord zijn, naast de piloten Mike Masucci en Nicola Pecile, de passagiers Walter Villadei, Angelo Landolfi en Panateone Carlucci die namens de Italiaanse lucht-



De Chang Zheng-6 wordt van haar trailer (rechts) overeind gezet op het lanceerplatform voor haar lancering op 20 juni. [CCTV]





*Voor de op-een-na-laatste keer wordt eind juni een Delta-4 Heavy gelanceerd. De vlucht vanaf Cape Canaveral brengt een Amerikaanse elektronische af luister-satelliet naar een geostationaire baan. [ULA]*



Een blik in de passagierscabine van Unity tijdens de eerste commerciële suborbitale vlucht van Virgin Galactic. [Virgin Galactic]

macht enkele experimenten uitvoeren. Virgin Orbit medewerker Colin Bennett was ook aan boord om de vlucht te begeleiden en te evalueren.

### 29 juni 2023


Het vrachtschip Dragon CRS-28 wordt losgekoppeld van de zenit poort van de Harmony module van het ISS. Een dag later landt de capsule in de Atlantische Oceaan voor de kust van Florida.

### 1 juli 2023 | 15:12 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Euclid** • COSPAR: 2023-092A

Europese infrarood-ruimtetelescoop voor de studie van donkere materie en donkere energie door nauwkeurig de expansie van het Universum te meten. De 2160 kg zware satelliet beschikt over een telescoop met een 1,2 meter spiegel, en zal vanuit het Lagrangepunt-2 op 1,5 miljoen km van de Aarde haar waarnemingen verrichten.

 Bradford Space heeft de zonnensensoren en een set versnelingssensoren voor Euclid geleverd.

### 5 juli 2023 | 22:00 uur

Draagraket: Ariane-5ECA • Lanceerplaats: Kourou


Dit is de 117<sup>de</sup> en laatste vlucht van de Ariane-5.

- **Heinrich Hertz** • COSPAR: 2023-093A

Duitse experimentele geostationaire communicatiesatelliet gebouwd door OHB in opdracht van het DLR.

- **Syracuse-4B** • COSPAR: 2023-093B

Franse militaire geostationaire communicatiesatelliet.

 Airbus NL en APP hebben respectievelijk het motorframe en de ontstekers van de eerste trap van de Ariane-5 gebouwd. Bradford Space heeft het xenon feed-systeem voor de ionenmotoren van Heinrich Hertz geleverd.

### 7 juli 2023 | 19:29 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Vandenberg • Landing eerste trap: Ponton in de Grote Oceaan

- **Starlink G5-13-1 t/m G5-13-48** • COSPAR: 2023-094  
48 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

### 9 juli 2023 | 11:00 uur

Draagraket: Chang Zheng-2C • Lanceerplaats: Jiuquan

- **WHJSW** • COSPAR: 2023-095A

Chinese experimentele communicatiesatelliet. In een 1095x1116 km x 86,5° zonsynchrone baan.

### 10 juli 2023 | 03:58 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G6-5-1 t/m G6-5-22** • COSPAR: 2023-096

22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

### 12 juli 2023 | 01:00 uur

Draagraket: Zhuque-2 • Lanceerplaats: Jiuquan

Tweede proefvlucht en eerste geslaagde lancering van deze door het Chinese Landspace ontwikkelde raket. Tevens de eerste raket ter wereld die op louter vloeibare methaan en zuurstof een satelliet in een baan om de Aarde brengt.

- **Massa simulator** • COSPAR: 2023-097A



De Europese ruimtetelescoop Euclid in de cleanroom tijdens de laatste voorbereidingen voor de lancering. [ESA]



Voor het laatst vertrekt een Ariane-5 richting de ruimte. Tijdens deze 117<sup>de</sup> vlucht worden twee communicatiesatellieten in een geostationaire overgangsbanaan afgeleverd. [ESA/CNES/Arianespace]

Inerte satelliet simulator. In een zonsynchrone baan (431 x 461 km x 97,3°).

#### 14 juli 2023 | 09:05 uur

Draagruket: LVM-3 • Lanceerplaats: Satish Dhawan

- **Chandrayaan-3** • COSPAR: 2023-098A  
Indiase Maan sonde. Dit zal na de mislukte landing van Chandrayaan-2 in september 2019, India's tweede poging worden om een sonde een zachte landing op de Maan te laten maken. Chandrayaan-3 bestaat uit een voortstuwingsmodule, een lander en een kleine rover. De sonde wordt door de draagraket in een geostationaire overgangsbanaan (139 x 36.307 km x 21,3°) afgeleverd, en de voortstuwingsmodule begint de baan geleidelijk te verhogen.

#### 16 juli 2023 | 03:50 uur

Draagruket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G5-15-1 t/m G5-15-54** • COSPAR: 2023-099  
54 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

#### 18 juli 2023 | 01:27 uur

Draagruket: Electron • Lanceerplaats: Mahia • Landing eerste trap: Parachute in de Grote Oceaan

- **Telesat LEO-3** • COSPAR: 2023-100A  
Experimentele Canadese communicatiesatelliet (30 kg).

- **Starling-1 t/m -4 & Lemur 2-169 & -170** • COSPAR: 2023-100  
Zes nanosatellieten.

#### 20 juli 2023 | 03:20 uur

Draagruket: Kuaizhou-1A • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Tianmu 1-07 t/m 1-10** • COSPAR: 2023-101A t/m -D  
Vier Chinese commerciële meteorologische satellieten van Xi-yong Microelectronics Park.

#### 20 juli 2023 | 04:09 uur

Draagruket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Vandenberg • Landing eerste trap: Ponton in de Grote Oceaan

- **Starlink G6-15-1 t/m G6-15-15** • COSPAR: 2023-102  
15 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

#### 20 juli 2023

Taikonauten Jing en Zhu installeren tijdens een 8 uur durende ruimtewandeling camera's op het Tiangong ruimtestation.

#### 21 juli 2023

Door een abusief foutief commando, draait de Voyager-2 haar hoofdantenne twee graden weg van de Aarde. Hierdoor is geen communicatie van en naar de in 1977 gelanceerde sonde mogelijk. De Voyager is geprogrammeerd om op 15 oktober haar antenne weer automatisch op de Aarde te richten. Voyager-2 is momenteel op



Het Chinese Landspace slaagt erin 's werelds eerste lancering met een draagraket op methaan en zuurstof uit te voeren. De Zhuque-2 brengt een massasimulator in een omloopbaan. [Landspace]

19,9 miljard km van de Aarde en een radiosignaal heeft bijna 18,5 uur nodig om deze afstand te overbruggen.

#### 22 juli 2023 | 05:07 uur

Draagraket: Gushenxing-1 • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Qiankun-1** • COSPAR: 2023-103A  
Chinese experimentele aardobservatiesatelliet (200kg). In een zonsynchrone baan (485x502 km 96,6°).
- **Xingshidai-16** • COSPAR: 2023-103B  
Chinese nanosatelliet.

#### 23 juli 2023 | 02:50 uur

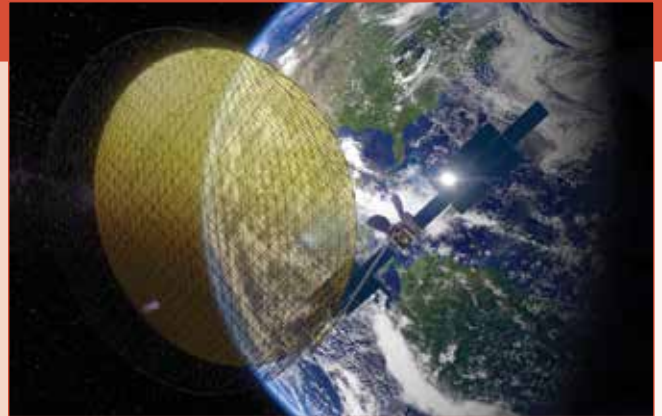
Draagraket: Chang Zheng-2D • Lanceerplaats: Taiyuan

- **Sixiang-1 t/m -3** • COSPAR: 2023-104A t/m -C  
Drie Chinese commerciële aardobservatiesatellieten van Sixiang Aishu Keji YG. In een 488x504 km x 97,4° zonsynchrone baan.
- **Lingxi-03** • COSPAR: 2023-104D  
Chinese experimentele communicatiesatelliet van Galaxy Space (Yinhe Hangtian).

#### 24 juli 2023 | 00:50 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G6-6-1 t/m G6-6-22** • COSPAR: 2023-105  
22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.



Viasat maakt bekend dat problemen met het ontplooiën van de hoofd-antenne verhinderen de op 1 mei gelanceerde Viasat-3.1 in gebruik te nemen. De satelliet is verzekerd voor 420 miljoen dollar, maar zou 700 miljoen hebben gekost om te bouwen. [Viasat]

#### 26 juli 2023 | 20:02 uur

- Draagraket: **Chang Zheng-2D** • Lanceerplaats: Xichang
- Yaogan 36-05-01 t/m 03 • COSPAR: 2023-106A t/m -C  
Drie Chinese militaire elektronische afluistersatellieten.

#### 28 juli 2023 | 04:01 uur

- Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: **Ponton in de Atlantische Oceaan**
- Starlink G6-7-1 t/m G6-7-22 • COSPAR: 2023-107  
22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

#### 28 juli 2023

De in 2018 gelanceerde Europese windsatelliet Aeolus keert volgens plan gecontroleerd terug in de atmosfeer en verbrandt boven Antarctica.

#### 29 juli 2023 | 03:04 uur

Draagraket: Falcon Heavy • Lanceerplaats: Kennedy Space Center • Landing side boosters: Canaveral

De Core Stage wordt volgens plan niet geborgen.

- **Jupiter-3** • COSPAR: 2023-108A  
Amerikaanse geostationaire commerciële communicatiesatelliet, ook wel bekend onder de naam Echostar-24. Met een gewicht van 9200 kg is deze door Maxar gebouwde kunstmaan de zwaarste geostationaire satelliet tot nu toe gelanceerd.

#### 30 juli 2023 | 01:01 uur

Draagraket: PSLV-CA • Lanceerplaats: Satish Dhawan

- **DS-SAR** • COSPAR: 2023-109A  
Singaporese civiele aardobservatiesatelliet, gebouwd door het Israëlische IAI.
- **NuLion, Galassia-2, ORB-12, SCOOB-II, ARCADE & VELOX-AM** • COSPAR: 2023-109  
Zes nanosatellieten.

#### 2 augustus 2023 | 00:31 uur

Draagraket: Antares-230+ • Lanceerplaats: Wallops

Laatste vlucht van deze variant van de Antares raket, waarvan de eerste trap en motoren in de Oekraïne worden gebouwd. Over enkele jaren zal een nieuwe Antares versie geïntroduceerd worden met een in de VS geproduceerde eerste trap.



De Indiase maanlander Chandrayaan-3 in de cleanroom. De lander is bovenop een voortstuwingsmodule geplaatst die het geheel eerst in een baan om de Maan zal brengen. [ISRO]



De PSLV-raket vertrekt met de Indiase sonde Chandrayaan-3 richting de Maan. [ISRO]

- **Cygnus CRS-19** • COSPAR: 2023-110A  
Amerikaans onbemand vrachtschip met voorraden voor het ISS. Het toestel is S.S. Laurel Clark genoemd, naar de astronoute die in 2003 bij het Columbia ongeluk omkwam.

### 3 augustus 2023 | 03:47 uur

Draagraket: Chang Zheng-4C • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Fengyun-3F** • COSPAR: 2023-111A  
Chinese civiele meteorologische satelliet. In een zonsynchrone baan (806 x 810 km x 98,8°).

### 3 augustus | 05:00 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Galaxy-37** • COSPAR: 2023-112A  
Amerikaanse commerciële geostationaire communicatiesatelliet van Intelsat met een massa van 5063 kg. Gebouwd door Maxar.

### 4 augustus 2023

De Cygnus CRS-19 arriveert bij het ISS en wordt door de robotarm van het station opgepikt en aan de nadir poort van Unity vastgemaakt.

### 4 augustus 2023

NASA ontvangt weer een radiosignaal van de Voyager-2 nadat

drie dagen eerder een zeer sterk radiosignaal is verstuurd met de opdracht voor de sonde haar hoofdantenne weer op de Aarde te richten.

### 5 augustus 2023

De sonde Chandrayaan-3 wordt in een baan om de Maan gebracht (170 x 4313 km).

### 7 augustus 2023 | 02:41 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G6-8-1 t/m G6-8-22** • COSPAR: 2023-113  
22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

### 7 augustus 2023 | 13:19 uur

Draagraket: Soyuz-2.1b • Lanceerplaats: Plesetsk

- **Cosmos-2569** • COSPAR: 2023-114A  
Russische militaire navigatiesatelliet. Dit is het eerste exemplaar van de vernieuwde generatie GLONASS-K2 satellieten.

### 8 augustus 2023 | 03:57 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Vandenberg • Landing eerste trap: Ponton in de Grote Oceaan

- **Starlink G6-20-1 t/m G6-20-15** • COSPAR: 2023-115  
15 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.



Rocket Lab bergt een eerste trap uit de Grote Oceaan na de lancering van de Electron raket op 18 juli. [Rocket Lab]

### 8 augustus 2023 | 22:43 uur

Draagraket: Chang Zheng-2C • Lanceerplaats: Tiayuan

- **Huanjing Jinzai-2F** • COSPAR: 2023-116A  
Chinese civiele aardobservatiesatelliet met een radarinstrument.

### 9 augustus 2023

Prokopyev en Petelin maken een 7 uur durende ruimtewandeling vanuit de Russische luchtsluis Poisk van het ISS. Ze bevestigen een aantal thermische dekens op de Rassvett module waar eerst de radiator en de experimentenluchtsluis voor Nauka tijdelijk ondergebracht waren.

### 10 augustus 2023 | 04:03 uur

Draagraket: Ceres-1 • Lanceerplaats: Taiyuan

- **Xiguang 1-01, Xi'an Hangtou-06, -88, -104 & -122, Diwei Zhineng Yingji-1 & Xingchi-1B** • COSPAR: 2023-117  
Zeven Chinese commerciële aardobservatiesatellieten.

### 10 augustus 2023

SpaceShipTwo Unity maakt haar tweede commerciële suborbitale vlucht. Naast piloten Frederick Sturckow, Kelly Latimer en Virgin Galactic medewerker Beth Moses, zijn er drie betalende toeristen: Jon Goodwin, Keisha Schahaff en Anastatia Mayers. De vlucht bereikt een apogeum van 88,5 km.

### 10 augustus 2023 | 23:10 uur

Draagraket: Soyuz-2.1b • Lanceerplaats: Vostochniy

- **Luna-25** • COSPAR: 2023-118A  
Russische Maanlander. Dit is de eerste Russische Maanmissie sinds de Luna-24 in 1976 bodemonsters uit Mare Crisium ophaalde.

De Luna-25 wordt in een parkeerbaan om de Aarde geplaatst (267x280 km x 51,7°) alvorens de rakettrap Fregat wordt ontstoken om de Luna op weg naar de Maan te sturen.

### 11 augustus 2023 | 05:17 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G6-9-1 t/m G6-9-22** • COSPAR: 2023-119  
22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

### 12 augustus 2023 | 17:26 uur

Draagraket: Chang Zheng-3B • Lanceerplaats: Xichang



De Russische Maanlander Luna-25 tijdens de laatste voorbereidingen op de lanceerbasis Vostochniy. [Roscosmos]

- **Ludi Tance-4A** • COSPAR: 2023-120A  
Chinese civiele geostationaire aardobservatiesatelliet.

### 14 augustus 2023 | 05:32 uur

Draagraket: Kuaizhou-1A • Lanceerplaats: Xichang

- **Jiaotong-6 t/m -10** • COSPAR: 2023-121A t/m -E  
Vijf Chinese commerciële communicatiesatellieten voor IoT toepassingen. In een 693x704 km x 45° baan.

### 16 augustus 2023

Luna-25 wordt met succes in een baan om de Maan gebracht.

### 17 augustus 2023 | 03:36 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

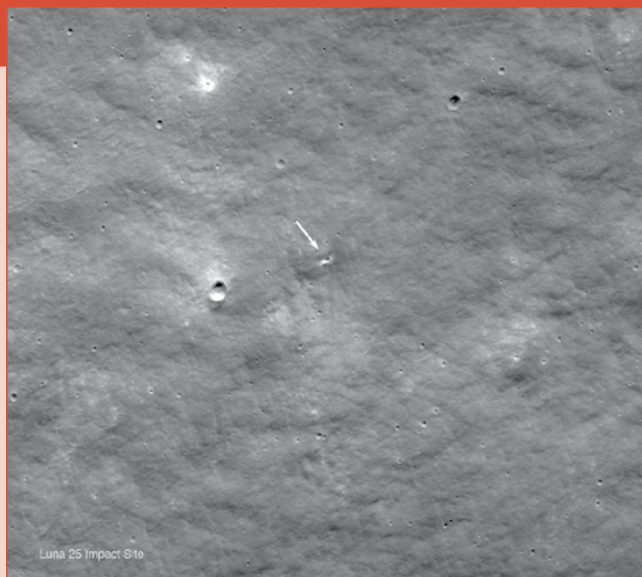
- **Starlink G6-10-1 t/m G6-10-22** • COSPAR: 2023-122  
22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

### 19 augustus 2023

De Luna-25 voert een manoeuvre uit om haar cirkelvormige baan op 100 km hoogte boven de Maan te wijzigen naar een elliptische pre-landingsomloop met het periselenium op 18 km. Helaas werkt de motor iets te lang, waardoor het periselenium onder het oppervlak komt en de sonde dus neerstort op de Maan.



De Chandrayaan-3 lander Vikram op het oppervlak van de Maan, gefotografeerd door de kleine rover Pragyan. [ISRO]



Op 24 augustus legt de Lunar Reconnaissance Orbiter de 10-meter grote inslagkrater vast die de Luna-25 heeft achtergelaten. [NASA/Goddard/Arizona State University]

### 20 augustus 2023 | 17:45 uur

Draagraket: Chang Zheng-4C • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Gaofen 12-04** • COSPAR: 2023-123A  
Chinese civiele aardobservatiesatelliet.

### 20 augustus 2023

De Progress MS-22 wordt losgekoppeld van de achterzijde van de Zvezda woonmodule. Enkele uren later (het is dan al 21 augustus) verlaat het vrachtschip haar baan en verbrandt in de atmosfeer boven de Grote Oceaan.

### 22 augustus 2023 | 03:36 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G6-10-1 t/m G6-10-22** • COSPAR: 2023-124  
22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

### 23 augustus 2023 | 01:08 uur

Draagraket: Soyuz-2.1a • Lanceerplaats: Baykonur

- **Progress MS-24** • COSPAR: 2023-125A  
Russisch onbemand vrachtschip met voorraden voor het ISS. Een dag later koppelt het toestel aan de achterzijde van de Zvezda woonmodule.

### 23 augustus 2023

Chandrayaan-3 maakt een zachte landing op de Maan. De sonde komt neer nabij het geplande punt, tussen de kraters Manzinus C en Simpelius N (69,4° Zuid en 32,3° Oost). India is hiermee, na de Sovjet-Unie, de VS en China, het vierde land dat met succes een zachte Maanlanding uitvoert. Chandrayaan-3 maakt de meest zuidelijke landing tot nu toe, maar is nog steeds meer dan 600 km verwijderd van de selenografische zuidpool van de Maan.

### 23 augustus 2023 | 18:50 uur

Draagraket: Chollima-1 • Lanceerplaats: Sohae

De lancering mislukt als de derde trap faalt. De raket en nuttige lading vallen in de Grote Oceaan.

- **Manligyeong-1 F2** • COSPAR: Geen, mislukt.  
Noord-Koreaanse militaire spionagesatelliet.

### 23 augustus 2023 | 23:45 uur

Draagraket: Electron • Lanceerplaats: Mahia

Voor het eerst vliegt een motor van de eerste trap voor de tweede maal; één van de negen Rutherford motoren heeft al eerder gevlogen, tijdens een Electron lancering in mei 2022.

- **Capella-11** • COSPAR: 2023-126A  
Amerikaanse commerciële aardobservatiesatelliet (165 kg) met een SAR-radarinstrument.

### 25 augustus 2023 | 04:59 uur

Draagraket: Gushenxing-1 • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Jilin-1 Kuanfu-02A** • COSPAR: 2023-0127A  
Chinese commerciële aardobservatiesatelliet (230 kg).

### 26 augustus 2023 | 07:27 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Kennedy Space Center • Landing eerste trap: Canaveral

- **Endurance SpaceX Crew-7** • COSPAR: 2023-128A  
Amerikaans bemand ruimteschip met aan boord Jasmin Moghbeli (VS), Andreas Mogensen (Denemarken), Satoshi Furukawa (Japan) en Konstantin Borisov (Rusland). Een dag later koppelt de Endurance aan de IDA-3 nadirpoort van de Harmony module van het ISS.

### 27 augustus 2023 | 01:05 uur

Draagraket: Falcon-9 • Lanceerplaats: Canaveral • Landing eerste trap: Ponton in de Atlantische Oceaan

- **Starlink G6-11-1 t/m G6-11-22** • COSPAR: 2023-129  
22 Amerikaanse commerciële communicatiesatellieten.

### 31 augustus 2023 | 07:36 uur

Draagraket: Chang Zheng-2D • Lanceerplaats: Xichang

- **Yaogan-39-01A t/m -C** • COSPAR: 2023-130A  
Drie Chinese militaire spionagesatellieten.

De Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart (NVR) werd in 1951 opgericht met als doel belangstellenden te informeren over ruimteonderzoek en ruimtetechniek en hen met elkaar in contact te brengen. Nog altijd geldt:

*De NVR stelt zich tot doel de kennis van en de belangstelling voor de ruimtevaart te bevorderen in de ruimste zin.*

De NVR richt zich zowel op professioneel bij de ruimtevaart betrokkenen, studenten bij ruimtevaart-gerelateerde studierichtingen als ook op andere belangstellenden, en biedt haar leden en stakeholders een platform voor informatie, communicatie en activiteiten. De NVR representeert haar leden en streeft na een gerespecteerde partij te zijn in discussies over ruimtevaart met betrekking tot beleid, onderzoek, onderwijs en industrie, zowel in Nederlands kader als in internationaal verband. De NVR is daarom aangesloten bij de International Astronautical Federation. Ook gaat de NVR strategische allianties aan met zusterverenigingen en andere belanghebbenden. Leden van de NVR ontvangen regelmatig een Nieuwsbrief en mailings waarin georganiseerde activiteiten worden aangekondigd zoals lezingen en symposia. Alle leden ontvangen ook het blad "Ruimtevaart". Hierin wordt hoofdzakelijk achtergrondinformatie gegeven over lopende en toekomstige ruimtevaartprojecten en over ontwikkelingen in ruimteonderzoek en ruimtetechnologie. Zo veel mogelijk wordt aandacht geschonken aan de Nederlandse inbreng daarbij. Het merendeel van de auteurs in "Ruimtevaart" is betrokken bij Nederlandse ruimtevaartactiviteiten als wetenschapper, technicus of gebruiker. Het lidmaatschap kost voor individuele leden € 35,00 per jaar. Voor individueel lidmaatschap en bedrijfslidmaatschap: zie website.

