Op weg naar de grenzen van het zonnestelsel

Marco van der List

Iedereen geboren na 1930 zal met grote waarschijnlijkheid tijdens zijn of haar basisschooljaren hebben geleerd dat er negen planeten rond de zon draaien. In 1930 werd namelijk de planeet Pluto ontdekt door de in 1997 overleden Amerikaanse astronoom Clyde Tombaugh. Pluto is tot op de dag van vandaag als enige planeet nog niet van dichtbij door een ruimtesonde onder de loep genomen. Daar gaat nu verandering in komen met de lancering van de New Horizons missie. Maar is Pluto eigenlijk wel een planeet?

Marco van der List (1975) is afgestudeerd als werktuigbouwkundig ingenieur en is werkzaam als projectleider bij het in Heerle (Noord-Brabant) gevestigde Bradford Engineering B.V. Daar is hij verantwoordelijk voor de ontwikkeling en uitvoering van diverse, technologisch innovatieve, projecten gerelateerd aan satelliet standregeling en voortstuwing. Bovendien heeft hij deelgenomen aan diverse design studies voor planetaire landingsystemen. In 2003 volgde hij het *Summer Session Programme* van de *International Space University* (ISU) in Straatsburg.
Naast zijn professionele activiteiten is Marco redactielid van het tijdschrift 'Ruimtevaart' van de Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart (NVR) en publiceert hij periodiek de digitale nieuwsbrief 'Bericht uit de ruimte' op www.vanderlist.nl.

Vanaf de zon gerekend komt men eerst vier aardachtige planeten tegen met een vast, rotsachtig oppervlak. Onze eigen thuisplaneet is hiervan het grootste exemplaar. Op grotere afstanden tot de zon bevinden zich de vier gasreuzen, welke veel groter zijn dan de aardachtige planeten en met een enorm diepe dampkring die met toenemende diepte steeds dichter wordt. Deze gasreuzen, met hun uitgebreide manenfamilies en ringensystemen, hebben wel wat weg van minizonnestelsels op zich.
Tussen de aardachtige planeten en de gasreuzen, tussen de banen van Mars en Jupiter om meer precies te zijn, bevindt zich de planetoïdengordel. Kleine rotsachtige hemellichamen, die overblijfselen zijn van wat waarschijnlijk nooit tot een planeet heeft kunnen samenklonteren door het sterke zwaartekrachtveld van Jupiter.
Verder worden de binnenste regionen van het zonnestelsel frequent bezocht door kometen, kleine ijsachtige hemellichamen die een enorme staart kunnen ontwikkelen als het ijs verdampt in de nabijheid van de zon. Deze kometen worden geacht te komen uit de zogenaamde Oortwolk die zich ver voorbij de baan van Neptunus bevindt, op afstanden tussen 1000 en 100 000 AE (AE, 1 Astronomische Eenheid is gelijk aan de gemiddelde afstand tussen de aarde en de zon en is gelijk aan 149,6 miljoen km). In de jaren vijftig kwam men tot het inzicht dat de kortperiodieke kometen beter verklaard kunnen worden door een gordel die dichter bij het zonnestelsel ligt, tussen Neptunus en de Oortwolk in. Deze gordel is, naar zijn uit Nederland afkomstige bedenker, de Kuipergordel genoemd.

Toen de New Horizons eind 2005 op Cape Canaveral in Florida in gereedheid werd gebracht voor de lancering, werd de ontdekking bekend gemaakt van twee nieuwe manen van Pluto. Hoewel met 60 en 200 km kleiner dan Charon, is dit wellicht een voorbode van de vele ontdekkingen die nog zullen volgen.

Pluto, vreemde eend in de bijt

Uit telescoopobservaties, kort na de ontdekking, bleek al snel dat Pluto helemaal niet zo groot was als bijvoorbeeld Uranus en Neptunus en dus geen gasreus kon zijn. In eerste instantie schatte men de doorsnede van de planeet op 6000 km, maar naarmate de instrumenten beter werden, bleek telkens weer dat Pluto kleiner was dan eerst gedacht werd. Begin jaren negentig was de diameter van de planeet afgenomen tot minder dan 2500 km, wat kleiner is dan Mercurius of zelfs onze maan.
Nog vreemder was het gesteld met de baan die Pluto volgt bij haar 248 jaar durende rondgang rondom de zon. Gemiddeld staat de planeet 6 miljard km van de zon en is dus verder weg gelegen dan Neptunus met haar 4,5 miljard km. De baan van Pluto is echter zo sterk elliptisch dat de afstand tot de zon varieert tussen 4,4 en 7,4 miljard km en zelfs de baan van Neptunus kruist. Tussen 1979 en 1999 stond Pluto dan ook dichter bij de zon dan Neptunus. Tot slot staat de baan 17° scheef ten opzichte van het vlak waarin de acht andere planeten ronddraaien.
Pluto werd dan ook kort na de ontdekking geclassificeerd als een anomalie. De planeet liet zich in geen bestaande categorie onderbrengen. Een mogelijke theorie om het bestaan van Pluto

te verklaren, was dat deze een ontsnapte maan van Neptunus zou zijn. Een theorie die gestaafd leek te worden door het feit dat de grootste maan van Neptunus, Triton, een zogenaamde retrograde baan heeft; de maan draait precies in tegenovergestelde richting rond de planeet als de andere manen of de aswenteling van de planeet. Het leek waarschijnlijk dat een gebeurtenis de baan van de manen danig verstoord had en daarbij Pluto uit het Neptunus systeem had geworpen.

Ook deze theorie was geen lang leven beschoren. In 1978 werd ontdekt dat Pluto een eigen maan had, welke de naam Charon kreeg. Rond 1990 was er een periode waarbij Pluto en Charon herhaaldelijk voor elkaar langs passeerden en astronomen konden toen de doorsnede van Charon bepalen op 1200 kilometer. Dat is opmerkelijk groot als men bedenkt dat Pluto zelf een doorsnede bleek te hebben van 2320 kilometer. Sterker nog, er is in ons zonnestelsel geen planeet die een maan heeft die relatief zo groot is. De planeet en haar maan mogen dan ook met recht een dubbelplaneet genoemd worden. De afstand tussen Pluto en Charon bedraagt 19 640 kilometer. Eens in de 6,4 dagen wentelen de twee hemellichamen om elkaar. Dat is gelijk aan zowel de rotatieperiode van Pluto als van Charon, zodat ze altijd met hetzelfde halfrond naar elkaar gericht zijn.

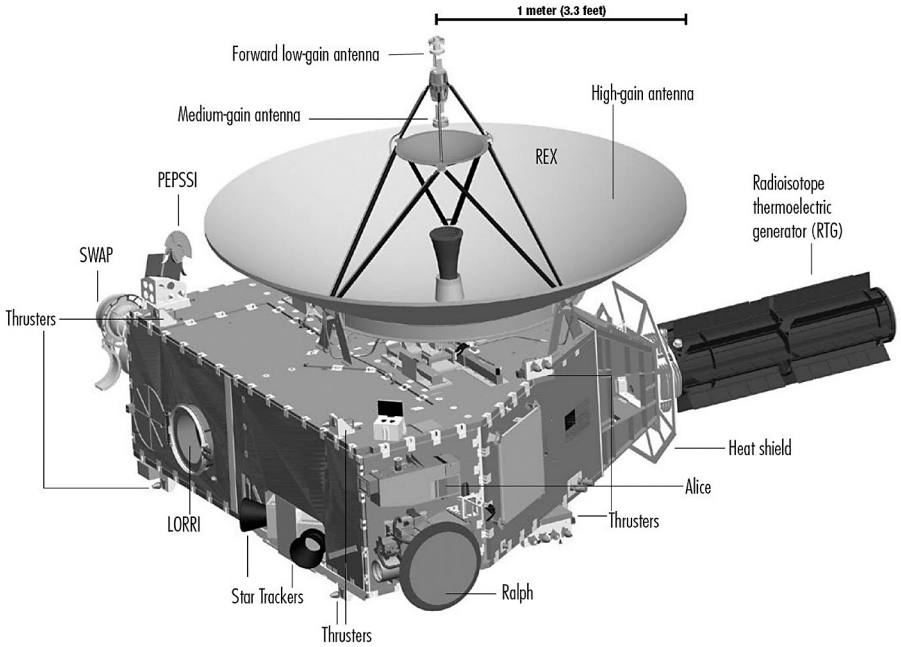
Koude, dynamische werelden

In augustus 1989 voltooide de Voyager 2 met de passage van Neptunus haar grote tour van het zonnestelsel. Ondanks de grote afstand tot de zon en de lage temperaturen bleken Neptunus en haar manen veel dynamischer te zijn dan verwacht werd. Vooral Triton was een verrassing. Er bleek zelfs een vorm van actief vulkanisme voor te komen, maar waar op aarde gesmolten gesteenten een grote rol spelen, was hier de hoofdrol weggelegd voor stikstof. Bij de heersende lage temperaturen van –218°C treden faseovergangen van stikstof op. Het smeltpunt van stikstofijs ligt namelijk bij –210°C en het kookpunt bij –196°C. De Voyager 2 trof dan ook op Triton geisers aan die stikstof spuwden, tot zelfs enkele kilometers boven het oppervlak van de maan. De uitstoot verspreidde zich vervolgens honderden kilometers door de zeer dunne atmosfeer van de maan. Na de aarde en de Jupitermaan Io was nu actief vulkanisme vastgesteld op een derde hemellichaam en op een plaats die zo koud was dat niemand er op gerekend had.

In datzelfde jaar werd ontdekt dat Pluto over een atmosfeer beschikt. Hoewel dikker dan de dampkring van Triton, is de oppervlaktedruk slechts 1/7500ste van die op aarde. Uit spectroscopische waarnemingen bleek dat de atmosfeer stikstof, koolstofmonoxide en methaan bevat en juist deze samenstelling kan interessante fenomenen tot gevolg hebben. De temperatuur van Pluto varieert als gevolg van de sterk elliptische baan van de planeet tussen de –233 en –213°C. In 1989 bereikte Pluto haar kortste afstand tot de zon in 248 jaren en was het dus met ongeveer –213°C volop zomer.

De smeltpunten van typisch op Pluto voorkomende stoffen zoals stikstof (-210°C), koolstofmonoxide (-205°C) en methaan (-183°C) liggen allemaal in dit temperatuurbereik. Het blijkt dan dat stikstof en koolstofmonoxide gemakkelijk kunnen verdampen en een dampkring kunnen vormen. De mogelijke faseovergangen zijn zodanig dat het zelfs stikstof of koolstofmonoxide zou kunnen regenen of sneeuwen. Als we dit vergelijken met de aarde, waar alleen water als regen of sneeuw kan voorkomen, geeft Pluto de mogelijkheid voor het bestuderen van de interactie tussen de verschillende gassen met een soortgelijke neiging om neerslag te vormen. De atmosfeer van Pluto is echter geen permanent fenomeen. De planeet verwijdert zich nu langzaam van de zon totdat in 2114 de grootste afstand bereikt wordt op 7,4 miljard km. Al lang daarvoor zal de atmosfeer verdwenen zijn om geheel bevroren op het oppervlak van Pluto te liggen.

In 1992 kwam een andere, grote doorbraak in het onderzoek naar de buitengebieden van ons zonnestelsel. Astronomen hadden op het Mauna Kea Observatorium in Hawaï een object buiten de baan van Neptunus ont-

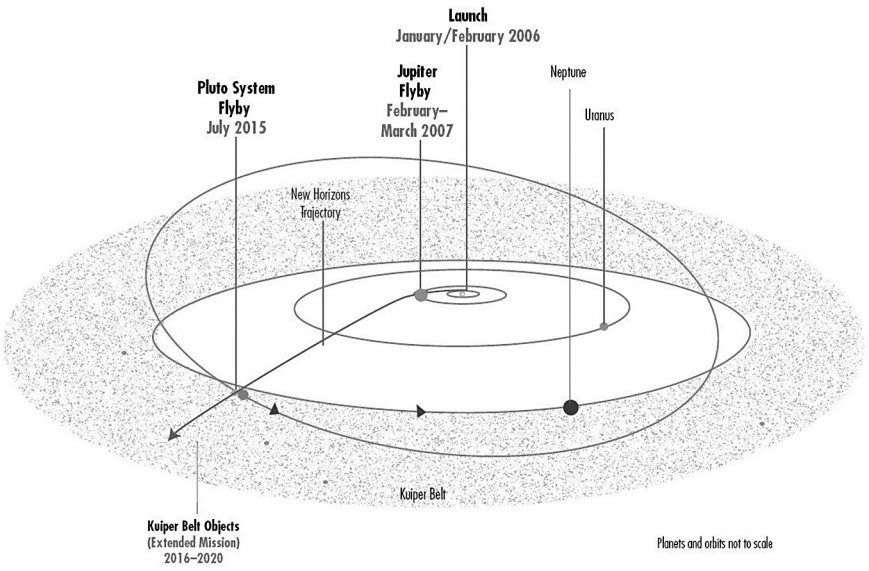


Tekening van New Horizons met de belangrijkste instrumenten. De isolatiedekens zijn niet weergegeven in deze afbeelding). [NASA/APL]

dekt. Het hemellichaam, onpoëtisch 1992QB1 genoemd, had een doorsnede van 320 km en draaide eens in 296 jaren rond de zon. Hiermee was het eerste exemplaar van de Kuipergordel gevonden; althans dat dacht men. In de daaropvolgende jaren zijn er steeds meer Kuipergordel objecten gevonden. Op het moment van schrijven zijn er meer dan duizend objecten bekend.
In 2003 en 2005 werden enkele hemellichamen ontdekt in de Kuipergordel die bijna zo groot als Pluto zijn of zelfs mogelijk nog iets groter, en sommigen hebben zelf een of meerdere manen. Het object 2003UB313 zou mogelijk 3000 km in doorsnede zijn. Omdat 2003UB313 nu ongeveer op het verste punt (14,5 miljard km) van de zon bevindt in haar 560 jaren durende omloop, is de doorsnede niet direct te meten.
Dit geeft natuurlijk stof om de classificatie van Pluto als planeet te heroverwegen. De meeste sterrenkundigen noemen Pluto gewoon de negende planeet, maar melden er gelijk bij dat deze overweging om historische redenen is ingegeven. In werkelijkheid is het Pluto-Charon systeem een van de grootste exemplaren van de Kuipergordel.

Het plan voor een missie krijgt vorm

Helaas voerden de banen van de twee Voyager sondes niet langs Pluto en de verkenning van de verre planeet zou dus moeten blijven liggen totdat een volgende missie kon plaatsvinden. Met alle nieuwe ontdekkingen in de Kuipergordel begon de NASA aan het einde van de twintigste eeuw met het daadwerkelijk plannen van die missie. Na het bestuderen van diverse concepten, variërend van de zware vlaggenschepen van het planeetonderzoek zoals de Galileo en Cassini missies, tot miniatuursondes van enkele kilogrammen, viel de uiteindelijke keuze op een middenklasse ruimtevaartuig. De Pluto Kuiper Express zou ongeveer



De route die New Horizons zal volgen door het zonnestelsel op weg naar Pluto en de Kuipergordel. [NASA/APL]

15 jaren na de lancering een passage van de planeet en haar maan uitvoeren. Helaas bleek al snel dat de ontwikkeling, bouw en lancering van zelfs deze bescheiden sonde, meer dan 800 miljoen dollar zou gaan kosten. NASA schrapte het project dan ook in 2000.

Deze beslissing viel om begrijpelijke redenen niet in goede aarde bij de wetenschappers en wat daarop volgde was uniek voor de ruimtevaart. In plaats van zelf een missiescenario te ontwikkelen, vroeg NASA in 2001 om voorstellen van de industrie en instituten voor een missie naar Pluto die aan de volgende eisen zou moeten voldoen: een passage van het Pluto-Charon systeem voor 2020, de mogelijkheid om vervolgens langs minimaal een ander hemellichaam in de Kuipergordel te vliegen, en dit alles voor minder dan 500 miljoen dollar.

In november 2001 selecteerde NASA het team van het *Southwest Research Institute* (SRI) en het *Applied Physics Laboratory* (APL) van de *Johns Hopkins University* met hun concept getiteld New Horizons. In hun voorstel hadden SRI en APL gekozen voor het gebruik van zoveel mogelijk bestaande systemen en concepten om de ontwikkelingstijd, -kosten en -risico te verminderen.

New Horizons ten voeten uit

De unieke eisen van een missie naar de buitenste regionen van het zonnestelsel resulteren in een unieke set technische eisen die aan de sonde gesteld worden. De sonde heeft een massa bij lancering van 478 kg, inclusief brandstof. New Horizons is net als de Pioneer-10 en –11 en de twee Voyagers uitgerust met een grote schotelantenne. Deze antenne, met een doorsnede van 2,1 m, verzorgt de transmissie van de gegevens naar de verre aarde. Ondanks alle geavanceerde technieken die zijn toegepast en de 70 m ontvangstschotels van het *Deep Space Network* op aarde, zal tijdens de Plutopassage door de enorme afstand de transmissiesnelheid maar tussen 600 en 1200 bits/s liggen. Dit is langzamer dan de eerste generatie computermodems die eind jaren tachtig werden geïntroduceerd.

Ook de energievoorziening vormt een grote uitdaging. Zo is de toepassing van zonnepanelen vanwege de grote afstand tot de zon niet mogelijk. Net als bij eerdere sondes die naar Jupiter en verder weg gezonden werden, hebben de ontwerpers gekozen voor een radio-isotoop elektrische generator. Hierin wordt de warmte die vrijkomt bij

het radioactief verval van plutonium-238 direct in elektrische energie omgezet. De generator van New Horizons zal ten tijde van de lancering ongeveer 240 watt vermogen leveren. Omdat het verval van een isotoop een exponentiele terugval kent, neemt het geproduceerde vermogen elk jaar met een paar watt af. De aanwezigheid van plutonium tijdens een lancering zal net als bij voorgaande missies weer de nodige aandacht van de media en milieubeschermers krijgen. Dit ondanks het feit dat voldoende maatregelen zijn genomen om te voorkomen dat het plutonium in het milieu terecht kan komen, zelfs in het geval van een onverhoopte, mislukte lancering.

Om weerstand te bieden aan de extreem lage temperaturen waaraan de sonde onderworpen zal worden ter hoogte van Pluto (typisch -220°C), is het toestel ontworpen als een grote thermosfles. Zoveel mogelijk instrumenten en apparatuur zijn in een driehoekige gesloten structuur ter grootte van een pianovleugel ondergebracht. Deze gehele sonde, met uitzondering van de antenne en instrumentopeningen, is omgeven met in meerdere lagen goudkleurige isolatiedekens. De warmte die gedissipeerd wordt door de elektronica en de restwarmte van de radio-isotoop generator zorgen ervoor dat de temperatuur in de thermosfles tussen de +10 en +30°C blijft.

De belangrijkste elementen van New Horizons zijn natuurlijk de wetenschappelijke instrumenten. Het hoofdinstrument is een visuele en infrarood camera genaamd RALPH die opnames kan maken met een resolutie van ongeveer 250 m ten tijde van de kortste afstand tot de planeet. LORRI is een optische telescoop die alleen in visuele golflengten waarneemt en waarmee detailopnamen van geselecteerde gebieden met een resolutie van 50 m gemaakt kunnen worden. De LORRI zal ook gebruikt worden voor observaties als New Horizons nog maanden van Pluto verwijderd is.

Naast de optische apparatuur is de sonde ook nog uitgerust met een zonnewindmeter (SWAP), een spectrometer voor de detectie van energetische deeltjes (PEPSSI) en een door studenten gebouwde stofdetector. Deze stofdetector zal continu gebruikt worden omdat er nog niet eerder soortgelijke instrumenten voorbij de baan van Uranus gevlogen hebben. Door de unieke gelegenheid die de New Horizons missie biedt, krijgen de studenten de gelegenheid om een nog niet eerder onderzocht terrein te betreden.
Het laatste instrument is de sonde zelf. Na de kortste passage zal New Horizons achter de planeet en haar maan doorvliegen. De hoofdantenne is uitgerust om te kunnen bepalen hoe een vanaf de aarde uitgezonden radiosignaal door de atmosfeer afgebogen en beïnvloed wordt.

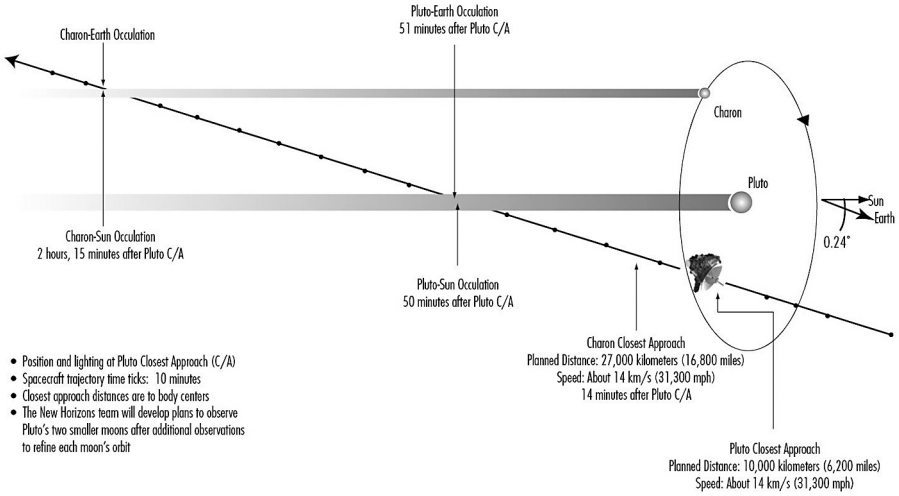
De New Horizons wordt op de derde trap geplaatst, waarna de neuskap om de combinatie gemonteerd zal worden. [NASA/KSC]

Profiel van de missie

New Horizons werd op 19 januari 2006 gelanceerd met een Atlas V draagraket en de sonde zal in februari/maart 2007 de planeet Jupiter passeren, net buiten de baan van de maan Callisto. Tijdens deze *gravity assist* wordt extra snelheid verkregen zodat Pluto op 14 juli 2015 wordt bereikt.

Gedurende het grootste deel van de reis naar Pluto zal New Horizons zich in een soort slaapmodus bevinden waarbij alleen benodigde systemen operationeel zijn en de sonde een peilsignaal naar de aarde zendt om te laten weten dat aan boord alles in orde is. Het toestel zal dan spingestabiliseerd zijn en met de hoofdantenne in de richting van de aarde wijzen. Ongeveer vijftig dagen per jaar wordt het hele toestel geactiveerd om alle instrumenten te testen en te kalibreren. Ook worden gedurende deze periodes de eventueel benodigde koerscorrecties uitgevoerd. Tijdens de Jupiterpassage kan deze periode gebruikt worden om alle instrumenten te testen en extra wetenschappelijke gegevens over de grootste planeet van ons zonnestelsel en haar uitgebreide manenfamilie te vergaren.

Na meer dan vijf miljard km te hebben afgelegd, zal ongeveer vijf maanden voor de Plutopassage de observatiefase aanvangen. Tien weken voor de passage zullen de foto's een betere resolutie hebben dan de beste die gemaakt zijn door de Hubble ruimtetelescoop, terwijl vier weken voor de passage dagelijkse gedetailleerde studies van Pluto en Charon gemaakt zullen worden.
De drukste periode van de tien jaren durende missie beslaat slechts een enkele dag. Van 12 uur voor de dichtste nadering tot 12 uur erna zal New Horizons al haar instrumenten op het Pluto-Charon systeem richten. De kortste afstand tot de planeet zal ongeveer 10 000 km bedragen. Tot vijf maanden daarna zal de sonde nog regelmatig terugkijken op het tweetal hemellichamen, omdat in tegenlicht de ruwheid van het oppervlak en eventuele mist die in de dunne dampkring van Pluto voorkomt, beter waar te nemen zijn.
Als New Horizons in juli 2015 Pluto passeert bevindt de planeet zich op 4,9 miljard km van de zon (32 maal de afstand aarde-zon). Op deze afstand doet een radiosignaal er 4 uur en 25 minuten over om de aarde te bereiken.



De geometrie van de passage van New Horizons door het Pluto-Charon systeem. Elk puntje op de baan is tien minuten. [NASA/APL]

Al in haar neuskap verpakt, arriveert New Horizons op Lanceercomplex 41 op Cape Canaveral om geïnstalleerd te worden op de gereedstaande Atlas V raket. [NASA/KSC]

Voorbij Pluto

Na de passage dringt New Horizons steeds dieper de Kuipergordel in, letterlijk het onbekende tegemoet. Afhankelijk van de hoeveelheid resterende brandstof, en budget voor het vluchtleidingsteam op aarde, kan de sonde nog een of twee objecten in deze gordel passeren. De selectie van een definitief doel hoeft pas kort voor de Plutopassage genomen te worden. Men onderzoekt momenteel de aanwezigheid van mogelijk geschikte hemellichamen die zich nabij de route van New Horizons zullen bevinden. Dit tot op een afstand van 55 AE, omdat dit het maximale bereik is van de antenne. Uiteindelijk zal de sonde het zonnestelsel verlaten en de interstellaire ruimte bereiken. Tegen die tijd zal de radio-isotoop generator echter al lang uitgeput zijn en de sonde zal stilzwijgend haar weg vervolgen.