

Biologische experimentenmodules van CCM

Ir H.P. Willemsen
CCM

Het bedrijf CCM is meer dan 20 jaren betrokken bij ruimtevaartprogramma's, waarbij vele kleinere modules voor biologisch onderzoek zijn vervaardigd. Ook voor DELTA heeft CCM in samenwerking met wetenschappers van de universiteiten van Utrecht, Amsterdam en Wageningen onderdelen vervaardigd, die kort zullen worden beschreven

Inleiding

Sinds 1982 ontwikkelt en produceert de ontwikkelingsfirma CCM (Centre for Concepts in Mechatronics) in Nuenen experimentele onderdelen (*units of modules*) voor het uitvoeren van biologische experimenten tijdens ruimtevluchten. Inmiddels zijn er 18 ruimtevluchten geweest, waarin units van CCM werden gebruikt. Acht spaceshuttle missies, vijf sondeerraket vluchten, vier vluchten met een Russische satelliet en een Soyuz missie. De eerste vlucht was de Spacelab D-1 missie van eind 1985 met Wubbo Ockels, de voorlaatste was de Belgische vlucht van Soyuz in oktober 2002 met Frank de Winne. Ook op de tragisch geëindigde STS-107 spaceshuttle missie, was een groot aantal CCM *plungerbox* modules aanwezig. Voor de nabije toekomst staan weer twee vluchten gepland. Dit zijn de DELTA missie met André Kuipers en de MASER-10 sondeerraket missie in maart 2005. In dit artikel zal worden ingegaan op de diverse aspecten van het ontwikkelen, produceren en kwalificeren van hardware voor biologische experimenten in ruimtevluchten, in het bijzonder voor de experimenten in DELTA.

Biologische experimenten in de DELTA missie

CCM levert de hardware voor vier biologische experimenten tijdens de DELTA missie, namelijk voor ACTIN, KAPPA, TUBUL en FLOW. Bij het ACTIN experiment van de Universiteit van Utrecht onderzoekt men het cytoskelet, een eiwitstructuur in dierlijke cellen, die reageert op het toedienen van een groeifactor. In gewichtloosheid is deze

reactie anders dan op aarde. Bij het KAPPA experiment van het AMC te Amsterdam worden bloedmonsters in gewichtloosheid blootgesteld aan bacteriën. Hierop volgt een reactie van het immuunsysteem. Dit systeem wordt verzwakt bij afwezigheid van zwaartekracht. Bij het TUBUL experiment van de Universiteit van Wageningen wordt bekeken wat de invloed is van de zwaartekracht op de vorming van de interne structuur in cellen van een tabaksplant. Deze structuur is van vitaal belang bij de groei en de ontwikkeling van de plant en wordt beïnvloed door gewichtloosheid. Het FLOW experiment van de Vrije Universiteit te Amsterdam gaat over botafbraak onder gewichtloze omstandigheden. De botgroei vermindert bij astronauten omdat het skelet niet wordt belast.

De *plungerbox* modules van CCM

De *plungerbox* module is een gesloten eenheid, waarin de experimentator zijn culturen of proefmonsters kan aanbrengen, samen met een aantal voorraadvloeistoffen. Deze worden dan op vooraf bepaalde tijdstippen automatisch naar het cultuurcompartiment gepompt en vervangen dan de daar aanwezige vloeistof. Elke unit heeft zes voorraadcompartimenten van elk één milliliter en één of twee cultuurcompartimenten, ook met elk één milliliter inhoud. Bij het eerste type unit kan de vloeistof in het cultuurcompartiment zes maal worden ververs. Bij twee cultuurcompartimenten kan elk compartiment verbonden zijn met drie voorraadcompartimenten, of het ene met vier en het andere met twee. De vloeistoffen in de voorraadcompartimenten worden naar het cultuurcompartiment gepompt door middel van een *plunger*,

die bewogen wordt door een voorgespannen veer. Deze veer wordt tegengehouden door een kunststof draad, die door middel van een elektrische gloeidraad kan worden doorgesmolten op commando van een elektronische besturingseenheid, waarin de gewenste tijdlijn is geprogrammeerd.

De inhoud van de diverse compartimenten wordt door de experimentator bepaald. Gewoonlijk worden de culturen in leven gehouden in kweekmedium, dat gedurende de vlucht een aantal malen ververscht wordt. Op het gewenste tijdstip worden de culturen chemisch gefixeerd, zodat ze achteraf in het laboratorium kunnen worden geanalyseerd. In bijgaande figuur is een opengewerkt model van een unit getekend, waarin te zien is hoe de vloeistoffen stromen en hoe de diverse compartimenten er ongeveer uit zien. De cultuurcompartimenten zijn bewust ondiep gehouden met een relatief groot oppervlak, dat afgedekt kan worden met een gas doorlaatbare folie. Dit type wordt vaak gebruikt, omdat veel culturen zuurstof en koolzuurgas moeten kunnen uitwisselen met de omgevingslucht.

Elk experiment is weer anders. De *plungerbox* modules worden aangepast aan de wensen van de biologen. Er wordt rekening gehouden met de behuizing, waarin de modules worden ondergebracht met het besturingssysteem. In de DELTA vlucht worden de modules in zogenaamde type 1-E containers ondergebracht. Dit zijn kleine doosjes (20 x 40 x 80 mm inwendig), waarin precies één unit past. Elke unit is voorzien van eigen besturingselektronica. Voor de experimenten ACTIN en KAPPA wordt een *plungerbox module* gebruikt die bestaat uit twee gesloten cultuurcompartimenten, die elk verbonden zijn met drie voorraadcompartimenten. Boven op de module bevindt zich de besturingselektronica, die verbonden wordt met de connector van de type 1-E container. Zodra het systeem op spanning komt, gaat de tijdlijn lopen en worden de plungers geactiveerd op de door de experimentator gewenste tijdstippen. Het ACTIN experiment duurt zeven uren, terwijl KAPPA slechts een half uur duurt.

De celculturen van het TUBUL experiment hebben gasuitwisseling met de omgevings-

Als onderdeel van zijn ruimtevlucht zal André Kuipers een uitgebreid pakket van groen-deels Nederlandse wetenschappelijke en technologische experimenten uitvoeren. Deze missie wordt mogelijk gemaakt door de ministeries van EZ en OC&W. Hier krijgt André, tijdens de persconferentie op 5 december 2003, de felicitaties van minister van der Hoeven. [ESA]



lucht nodig om te kunnen groeien, omdat de tijdsduur van dit experiment veel langer is (zes dagen) dan van de andere experimenten. Daarom zijn de cultuurcompartimenten van deze units voorzien van een gas doorlatend membraan. CCM heeft speciaal voor TUBUL een activator unit gebouwd, waarop twee type 1 containers van TUBUL kunnen worden gemonteerd. De astronaut kan op een vroeg tijdstip na de lancering de experimenten in deze units starten. Voor het FLOW experiment worden units met twee cultuurcompartimenten gebruikt. Het cultuurcompartiment werd aangepast vanwege de gewenste doorstroomsnelheid van het medium. In elk compartiment werd een NO-sensor ingebouwd. Deze meet continu de concentratie van stikstof oxide in de vloeistof. Dit is een belangrijk gegeven voor de biologen. De elektronica is anders dan bij de standaard units. Hierin zit namelijk ook een uitneembaar geheugenkaartje waarop alle experimentgegevens komen. Dit kaartje wordt later op aarde geanalyseerd.

De KUBIK faciliteit

De bovenvermelde kleinere biologische containers worden in de grote (36,6 cm) KUBIK faciliteit geplaatst, die ook voor de juiste temperatuurregeling zorgt. Er zijn twee van deze incubators gebouwd, waarvan er één voorzien is van een interne structuur met een 1-g centrifuge. Hierin kunnen 24 type 1-E containers geplaatst worden, in drie groepen: 8 stuks op de centrifuge en 2 x 8 stuks als microzwaartekracht experiment. In de andere incubator worden containers alleen op temperatuur gehouden. De astronaut moet op de gewenste tijdstippen deze incubators instellen op de juiste temperatuur en de experiment containers erin aanbrengen en na afloop van het experiment er weer uitnemen.

De aanmaak van de units, testen en assistentie van de gebruikers

CCM heeft samen met de wetenschappers diverse proefmodellen ontwikkeld alvorens de vluchtwaardige modules te maken. Er zijn



André Kuipers beproeft modules die zijn vervaardigd door CCM en die in de KUBIK faciliteit worden geplaatst. [CCM]

handbediende plungerbox modules gemaakt, die ook bij de DELTA missie worden gebruikt om gelijktijdig met het vluchtexperiment een grond controle-experiment in uit te voeren. Daarnaast zijn zogenaamde dummy units gebouwd die werden gebruikt voor systeemtesten met de KUBIK en voor de training van de astronauten. CCM was ook betrokken bij een groot aantal tests, waaronder triltesten met de vluchthardware gevuld met biologische materialen en diverse testen om de veiligheidseisen aan te tonen. Ten slotte zal CCM wetenschappers en ESA assisteren voor, tijdens en na de missie. Als de plungerbox modules door de biologen zijn gevuld met biologisch materiaal, worden deze door CCM geïnspecteerd en ingebouwd in de type 1-E containers en elektrisch doorgemeten, voordat ze worden afgeleverd voor de vlucht. Na afloop van de missie worden de units ook weer door CCM uitgebouwd en gecontroleerd, voordat ze overhandigd worden aan de biologen.