

ARGES – Experiment met energiezuinige lampen

*Prof. Dr. Ir. G.M.W. Kroesen
Technische Universiteit Eindhoven
Dr. Ir. J.P.B. Vreeburg en Ir. F.J.P. Wokke
Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)*

ARGES is een experiment van Philips en de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e). Het betreft onderzoek aan instabiliteiten in een nieuwe generatie plasmalampen die momenteel door Philips wordt ontwikkeld. Deze instabiliteiten zijn enerzijds te wijten aan convectieproblemen (zwaartekracht) en anderzijds aan elektromagnetische eigenschappen van het plasma. Om de laatstgenoemde oorzaak goed te kunnen onderzoeken, moet de eerstgenoemde worden uitgeschakeld. Daarvoor dient het experiment dus bij geringe zwaartekracht plaats te vinden en de DELTA missie biedt hiervoor een uitgelezen gelegenheid.

HID lampen

De plasmalampen die in dit experiment worden onderzocht behoren tot de zogenaamde *High Intensity Discharge* (HID) lampen. Dit zijn lampen met een hoge efficiëntie die grote hoeveelheden licht kunnen produceren uit een relatief kleine lamp. Ze worden gebruikt voor (openbare) verlichting zoals wegen, stadions, gevelverlichting, winkels en fabrieken, maar er wordt gezocht naar verdere toepassingen. In deze lampen wordt licht gegenereerd door een zeer heet gas (plasma), dat ontstaat door een elektrische stroom door het gas te sturen. Het type *Metal Halide* (MH) lampen van het ARGES experiment heeft veel betere kleureigenschappen dan de meer conventionele kwikdamplampen die de basis vormen van het ontwerp.

In een HID lamp wordt het plasma gemaakt door een vlamboog in een hittebestendig omhulsel, de zg. *burner*. Deze *burner* wordt bevestigd in een buitenballon van glas of kwarts, die gevuld kan zijn met een inert gas zoals stikstof, of vacuüm is. De *burner* is gevuld met argon, een paar milligram kwik en verschillende zouten. Op de samenstelling komt het aan. Zouten met gewilde eigenschappen leiden vaak tot een slanke, onstabiele vlamboog zodat andere zouten worden toegevoegd om stabiliteit te krijgen. Vanwege de hoge temperatuur van het plasma in de *burner* (4000-5000 °C in het midden, 900 °C aan de

wand), wordt licht gegenereerd door aangeslagen atomen en moleculen. Het meeste licht wordt geproduceerd door de atomen en moleculen van het zoutmengsel. Daarom kan door de keuze van het zoutmengsel de kleur van het lamplicht worden gecomponeerd. De experimenten tijdens DELTA zijn bedoeld om het begrip van twee verschijnselen die optreden in dit type HID lampen te vergroten. Deze verschijnselen zijn ontmenging en helische (schroevende) instabiliteit.

Ontmenging

Als een HID lamp in een verticale positie wordt toegepast – wat kan zijn voorgeschreven – ziet men vaak dat de kleur van het licht van de bovenkant van de *burner* anders is dan het licht van de onderkant van de *burner*. In combinatie met de reflector waarin de lamp gemonteerd is, kan dit een merkwaardig uitzijnde lichtverdeling opleveren op het te verlichten oppervlak. De oorzaak van dit ongewenste kleurverschil in de *burner* is dat de lichtuitzijdende stoffen geleidelijk ontmenging. Bij deze ontmenging speelt een veranderend chemisch evenwicht, diffusie en convectie een rol. Kwalitatief begrijpt men het mechanisme, maar kwantitatief is het verschil tussen theoretische modellen en de geobserveerde kleurverschillen vaak groot.

Helische instabiliteit

Een tweede verschijnsel dat vaak voorkomt bij HID lampen is de zogenaamde helische

instabiliteit. Hoewel deze instabiliteit op zichzelf geen schadelijke gevolgen voor het functioneren en de efficiëntie van de lamp hoeft te hebben, leidt het tot een instabiele lichtuitzending, d.w.z. flikkeren. Omdat dit flikkeren voor de meeste toepassingen niet acceptabel is, dient een beter begrip van dit verschijnsel te worden ontwikkeld en een manier om dit te voorkomen.

Bij de helische instabiliteit ziet men dat het centrale kanaal van het plasma begint weg te buigen van de centrale as en zelfs kan gaan ronddraaien om deze as, vergelijkbaar met het draaien van een springtouw. Hoewel nog niet alles duidelijk is over dit mechanisme, gaat men er van uit dat het verschijnsel wordt veroorzaakt door het magnetische veld dat wordt gegenereerd door de stroom die door het plasma stroomt. De resulterende elektromagnetische kracht (Lorentz kracht) probeert het plasma tegen de wand te drukken. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de ontmengingsgraad het optreden van instabiliteiten beïnvloedt. Door het proces te bestuderen in een omgeving waar geen natuurlijke convectie optreedt, dus waar geen zwaartekracht wordt ondervonden, is de modellering eenvoudiger en daarmee ook de evaluatie van de resultaten.

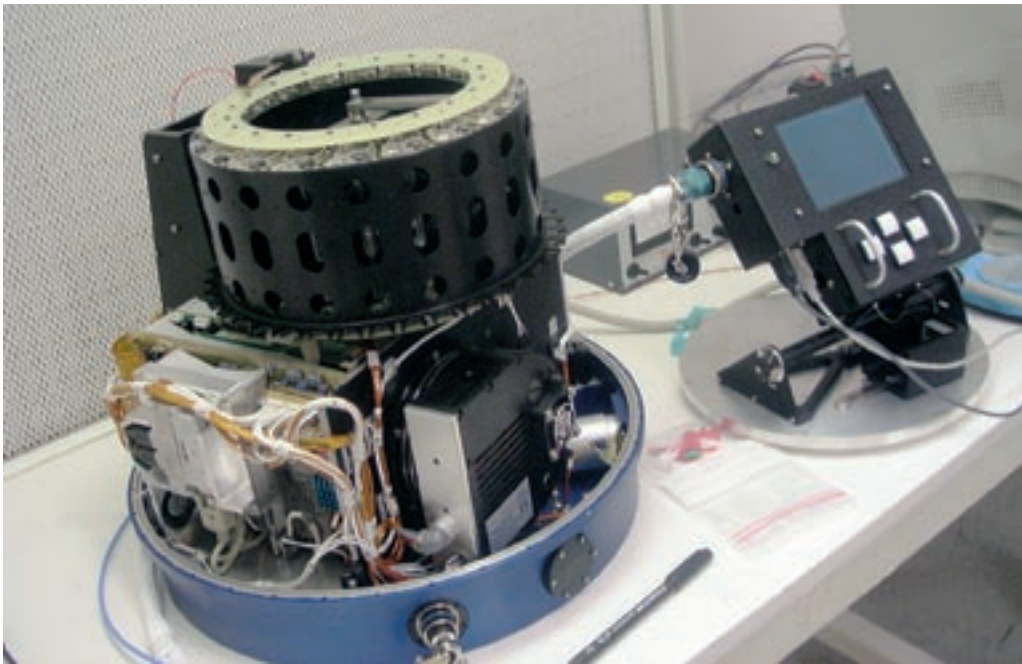
Meetopstelling

De belangrijkste doelen van het experiment zijn het bepalen van de kritieke factoren bij het optreden van helische instabiliteit en het karakteriseren van de ontmenging van de elementen van het plasma. De meetopstelling zoals gebruikt in het ISS bestaat uit een aluminium koepel met daarin de te onderzoeken lampen, een spectrometer en een camera. Er zijn twintig lampen gemonteerd in een carrousel, die gedraaid kan worden met een motortje. Van de twintig lampen zijn er dertien met een burner gemaakt van kwarts en zeven met een burner van PCA (PolyCristallijn Aluminium-oxide). De kwartslampen zijn bedoeld voor het bekijken van de radiale ontmenging en de PCA lampen vooral voor de helische instabiliteiten. Telkens wordt er een nieuwe lamp in de meetpositie gezet, waarna er metingen uitgevoerd kunnen worden.

Door voor iedere lamp in een aantal stappen het vermogen te verhogen, kan de invloed hiervan op de ontmenging en instabiliteiten bekeken worden. Voor het opmeten van de dichtheid van de diverse componenten in het plasma wordt gebruik gemaakt van een zelf ontwikkelde emissie spectrometer. Het is een bijzonder nauwkeurig instrument met



André Kuipers inspecteert de meetopstelling ARGES in MSG. [TU/e]



een oplossend vermogen van beter dan 0,02 nanometer. Dit wordt bereikt door het toepassen van een buigingsrooster dat zodanig is opgesteld dat een 38ste orde diffractiepiek wordt gebruikt. Het te onderzoeken spectrale gebied wordt ingeperkt door verschillende filters die in de stralingsbundel kunnen worden gebracht.

Om de helische instabiliteiten en de mate van ontmenging visueel te kunnen waarnemen is ook een camera aan de meetopstelling toegevoegd. Deze camera maakt filmpjes van de brandende lampen en kan goed registreren wanneer een lamp instabiel wordt. Daarnaast is het een handig hulpmiddel om te kijken of de lamp brandt. De meest geschikte camera voor deze doeleinden bleek een standaard Philips webcam te zijn (maar wel ontdaan van alle overbodige onderdelen).

De experimentele apparatuur wordt geïnstalleerd in de *Microgravity Science Glovebox* (MSG). De carousel met lampen is op een frame bevestigd dat ook de diagnostische apparatuur draagt. Het frame is weer gemonteerd op een bodemplaat. Deze bodemplaat heeft een dubbele functie. Hij verstevigt de constructie maar dient ook voor het afvoeren van de warmte naar het gekoelde bodemdeel van de MSG. De aluminium koepel omsluit het hele experiment en sluit dit luchtdicht af van de omgeving. Dit is nodig om absoluut zeker te zijn dat er geen schadelijke stoffen

in de atmosfeer van het ruimtestation kunnen komen. De lampen bevatten per slot van rekening een zeer kleine hoeveelheid kwik en een spoortje radioactief krypton. Dat is in de lamp weliswaar al tweevoudig opgesloten (door de burner en de buitenballon), maar de veiligheidsvoorschriften leggen een zogenaamde *triple containment* op.

Het experiment wordt door André Kuipers bediend via de *user interface* (HMI). Dit is een klein kastje dat met een kabel aan het experiment vastzit. Dat kastje heeft een stel knoppen voor de bediening en ook een klein videoschermje. Op dat schermje kan de astronaut zien of alles naar wens verloopt en de knoppen functioneren als bij een mobiele telefoon. Het experiment zal ongeveer twee dagen actief zijn. In die tijd zal André enige uren bij het experiment moeten blijven om te constateren dat een instabiliteit is opgetreden en om dan naar een volgende lamp te schakelen. De rest van de tijd functioneert het experiment autonoom. Gedurende elk van de omloopbanen van het ISS is er gedurende ongeveer een derde van de tijd een directe videolink tussen de MSG en het Erasmus controle centrum bij ESTEC in Noordwijk. Daar zullen dan de experimentatoren van TU/e en Philips de resultaten kunnen bekijken. Ze kunnen dan eventueel het experimenteerschema aanpassen via instructies aan André Kuipers, die via een radioverbinding worden overgebracht.