J. N. VAN GILS, C. DE JAGER, L. J. LANTWAARD,
A. SMIT EN J. VELDKAMP

RAKETLANCERINGEN IN SURINAME

Bij het onderzoek van de hoogste luchtlagen, dat sedert het Internationaal Geofysisch Jaar (1957–1958) op grote schaal is begonnen, behoort ook het meten van de windstructuur in de ionosfeer, dit is het geioniseerde gedeelte van de hoogste luchtlagen, dat zich hoofdzakelijk bevindt tussen 100 en 300 km boven het aardoppervlak. Er zijn allerlei verschijnselen die erop wijzen dat in de ionosfeer zeer krachtige winden voorkomen, met snelheden van meer dan 50 of 100 m/sec. Dit blijkt uit de vervorming van rooksporen zoals deze door vuurbollen worden geproduceerd. Foto's van dergelijke rooksporen laten een snelle vervorming zien, die bewijst dat deze sporen door de wind worden meegenomen. De grillige vervorming toont bovendien aan dat de windrichtingen en windkrachten op verschillende hoogten zeer verschillend zijn. Minder direct blijkt het bestaan van sterke winden in de hoogste luchtlagen ook uit het verschijnsel van de dagelijkse variatie van het aardmagnetisme. Het magneetveld van de aarde vertoont dagelijks een kleine regelmatige schommeling; in ons land draait het kompas iedere dag over een hoek van enkele minuten heen en weer. Deze dagelijkse variatie is te danken aan een ingewikkeld systeem van electrische stromen, die in de ionosfeer op een hoogte van meer dan 100 km boven de aardoppervlakte rondlopen. Het is zeer waarschijnlijk dat deze electrische stromen te danken zijn aan krachtige luchtstromingen in de ionosfeer; voor zover de geleidende lagen van de ionosfeer door deze windbewegingen worden meegenomen, geven zij door hun beweging in het magneetveld van de aarde aanleiding tot inductiestromen, die wij waarnemen in de kleine regelmatige variaties van het aardmagnetisme. De dagelijkse variatie van het aardmagnetisme levert zo langs indirecte weg een model van een wereldomspannend patroon van windbewegingen in de ionosfeer. Meer kan in dit verband over deze kwestie niet gezegd worden.

Er is nog een heel andere methode om de windbewegingen in de ionosfeer te bestuderen. Men kan van de aardoppervlakte af de ionosfeer sonderen door middel van radiosignalen. Radioseinen kunnen worden weerkaatst wanneer zij de ionosfeer treffen; wij kunnen zo de hoogte van de reflecterende niveau's meten. Let men gedurende zekere tijd op de intensiteit van de weerkaatste seinen, dan valt soms een periodieke versterking en verzwakking op, een *fading* die veroorzaakt wordt door periodieke fluctuaties in het reflecterend vermogen van de ionosfeer. Men zou de ionosfeer kunnen vergelijken met een spiegel waarvan het oppervlak hobbelig is. Bevindt zich boven het peilstation een hol gedeelte van de spiegel, dan wordt de echo sterker dan normaal, is het reflecterend deel van de spiegel daarentegen toevallig enigszins bol, dan verzwakt de intensiteit van het teruggekaatste signaal. Vangt men de seinen op in een rij van antennes, dan kan men soms zien dat de fading over de antennes heentrekt, doordat om zo te zeggen de ionosferische spiegel over de antennes van het peilstation heenschoof. Op deze manier kan men het voorbij schuiven van onregelmatigheden in de ionosfeer meten uit het langs de antennes trekken van de fading; men spreekt dan van driftmetingen, en men verwacht dat de drift van de onregelmatigheden in de ionisatie veroorzaakt wordt door horizontale windbewegingen. A priori kan

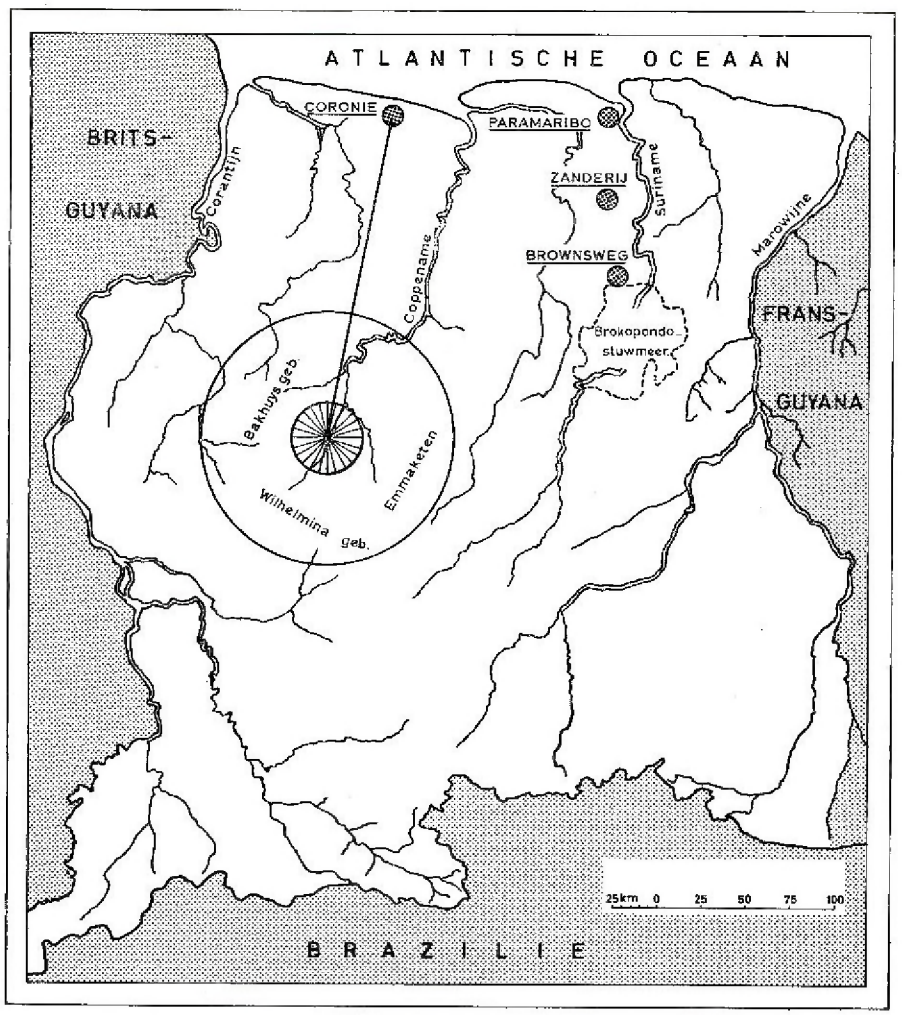
men er echter niet zeker van zijn dat *wind* en *drift* in de ionosfeer identiek zijn. Deze methode van driftmetingen wordt al enkele jaren lang op het K.N.M.I. toegepast, en sedert kort ook in Suriname.

Waarom juist in Suriname?

De ionosferische driftmetingen worden sedert begin 1965 zo nu en dan uitgevoerd in het peilstation van Paramaribo, dat daar sedert het Internationaal Geofysisch Jaar in bedrijf is. In 1957 is daar onder meer een ionosfeerpeilstation opgezet, dat na afloop van het Geofysisch Jaar door de Surinaamse Regering werd overgenomen, en dat sindsdien in een samenwerking met het K.N.M.I. in stand werd gehouden. Behalve verticale peilingen van de ionosfeer worden nu ook driftmetingen gedaan, volgens dezelfde methode die in Nederland wordt gevolgd. Het is zinvol dat een dergelijk onderzoek in een tropisch station gebeurt, want de windbewegingen in de tropische ionosfeer verschillen waarschijnlijk veel van die op gematigde breedte. Er zijn echter enkele complicaties. De onregelmatigheden in de ionisatie, die zich afspiegelen in de boven beschreven fading van de weerkaatste radiosignalen kunnen te danken zijn aan onregelmatigheden in de ioniserende straling, of misschien ook wel aan turbulente bewegingen van de ijle gassen in de ionosfeer. Het is mogelijk dat dergelijke onregelmatigheden niet gemiddeld genomen bolvormig zijn – of schijfvormig als zij in in een dunne laag voorkomen – maar dat zij door de invloed van het in de tropen vrijwel horizontaal gerichte aardmagneetveld uitgerekt zijn in noord-zuid richting. Als dit zo is, zouden de driftmetingen heel andere resultaten kunnen geven dan de waarneming van bijvoorbeeld meteoorsporen. De driftmetingen zouden sterk afhankelijk zijn van de richting die de onregelmatigheden hebben ten opzichte van de windrichting. Ook is het onzeker of de onregelmatigheden niet snel van vorm veranderen terwijl zij zich voortbewegen. Zo zijn er verschillende redenen om te betwijfelen of wind en drift in de ionosfeer in richting en sterkte samenvallen; vooral in de buurt van de evenaar zouden er wel eens grote verschillen voor de dag kunnen komen. De ionosferische driftmetingen zouden dus op een of andere manier moeten worden gecontroleerd.

Enige jaren geleden kwam de idee naar voren dat het wenselijk zou zijn deze kwestie te onderzoeken door middel van natriumsporen die door raketten in de ionosfeer zouden worden geproduceerd. Het bleek mogelijk dit experiment in Suriname uit te voeren. Na een lange voorbereiding kwam een overeenkomst met N.A.S.A. tot stand, werd de goedkeuring van de Surinaamse regering verkregen, en kon door de Nederlandse Organistie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek een subsidie worden toegekend.

De organisatie van een dergelijke onderneming maakt een uitgebreide samenwerking noodzakelijk. Om te beginnen werd een groep van vier personen (drie medewerkers van het Laboratorium voor Ruimte-onderzoek te Utrecht en een van het K.N.M.I. te De Bilt) voor een maand naar Wallops Island gezonden om daar door technici van N.A.S.A. te worden opgeleid tot raketdeskundigen. Niet minder voorbereiding kostte de organisatie van het voor de experimenten benodigde materiaal. De raketten (4 stuks Nike-Apache) met de bijbehorende ontstekers die door N.A.S.A. gratis beschikbaar werden gesteld, werden door de Koninklijke Nederlandse Marine van Yorktown (U.S.A.) naar Willemstad op Curacao vervoerd en van daar per vrachtboot naar Paramaribo. Tegelijk werd door N.A.S.A. een lanceringsinstallatie in bruikleen afgestaan. De neuskegels, waarin de natriumovens moesten worden gebouwd, gingen door de lucht naar Nederland, en vandaar naar Parijs, waar de Service d'Aéronomie van het Centre



Afb. 1. Kaart van Suriname. Het lanceerterrein in Coronie, en de waarnemingsplaatsen Paramaribo, Zanderij en Brownsweg. De rechte lijn is de horizontale projectie van de raketbaan; de kleine cirkel aan het einde hiervan is het doelgebied; de grote cirkel is het gebied waarbinnen met een kans van meer dan 95% de neuskegels zouden terecht komen.

d'Etudes Spatiales zorgde voor de vulling van de natriumcylinders en de bijbehorende ontsteking.

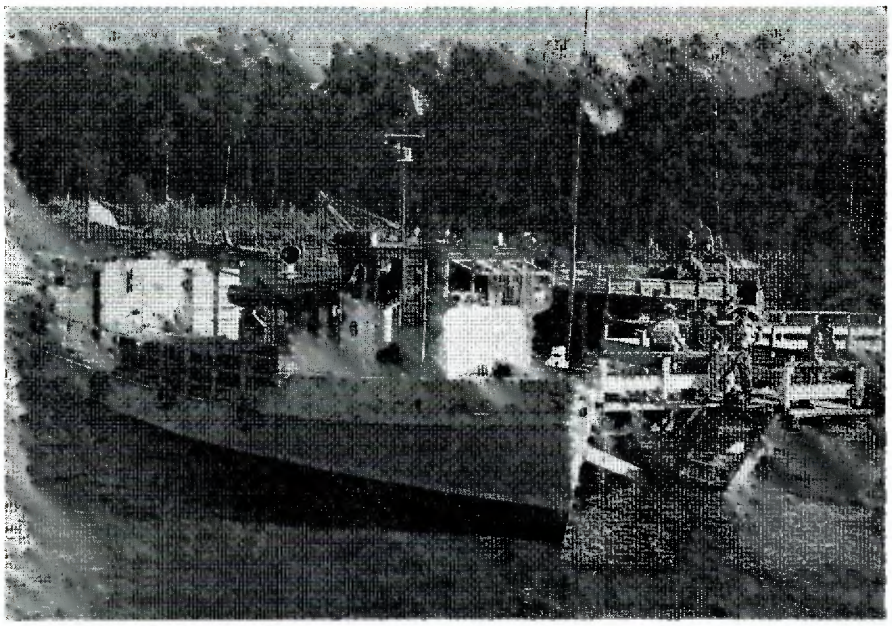
Intussen werd in Suriname een lanceerplatform aangelegd bij het vliegveld van Coronie. De Troepenmacht in Suriname zorgde voor de ontscheping van de raketonderdelen en de lanceerinstallatie en voor de opslag daarvan. De Troepenmacht bleek ook bereid te zorgen voor radioverbindingen tussen het lanceerterrein en de waarnemingsposten, waar op afstanden van 100 tot 200 km de natriumdamp die door de raketten zou worden uitgestoten, zou worden gefotografeerd. Het is duidelijk dat voor triangulatie van de natriumsporen gelijktijdige foto's uit minstens twee plaatsen noodzakelijk zijn; een betrouwbare onderlinge verbinding tussen de lanceerplaats en de waarnemers zou daarom een con-

ditio sine qua non zijn. Het was zeer verheugend dat de Troepenmacht niet alleen aanbood deze verbindingen tot stand te brengen, maar bovendien de raketten en alles wat er bij hoorde naar Coronie te transporteren, en daar gedurende enkele weken een speciaal detachement wilde legeren voor de bewaking van het vliegveld en voor hulp bij de behandeling van de raketten. Voor de nauwkeurige plaatsbepaling van de waarnemingsposten zorgden het Centraal Bureau Luchtkaartering en de Triangulatiedienst te Paramaribo. Zeer veel hulp werd ook ondervonden van verschillende afdelingen van het Surinaamse Ministerie van Openbare Werken en Verkeer, zoals de Meteorologische Dienst, die personeel en materieel beschikbaar stelde.

Met de autoriteiten in Suriname was afgesproken dat de raketten zouden worden afgevuurd in zuidelijke richting, zodat de onderdelen bij het neervallen terecht zouden komen in het onbewoonde binnenland. Precieser gezegd, het eerste lid (de Nike) zou neervallen in de uitgestrekte moerassen van Coronie, en het tweede lid (de Apache met neuskegel en natriumoven) zou na de reis door de ionosfeer neerslaan in het gebied tussen het Bakhuysgebergte en de Emmaketen, in het westelijk deel van Suriname dat onbewoond is (zie afb. 1). De foto's van het natriumspoor zouden worden gemaakt in drie waarnemingsposten: Paramaribo, Zanderij (het vliegveld van Suriname) en Brownsweg (een militair kampement). Deze plaatsen liggen ongeveer in één lijn van noord naar zuid, en de afstand tussen twee waarnemingsposten is telkens ongeveer 50 km. Van daar zou het natriumspoor, dat tussen 100 en 200 km hoogte boven Westelijk Suriname zou hangen, goed te fotograferen zijn, mits de bewolking geen spelbreker zou worden. Wat dit laatste betreft: volgens de klimatologie van Suriname zouden de maanden september en oktober, de droogste maanden van het jaar, het meest geschikt zijn voor deze experimenten.

Op 6 september vertrok het eerste deel van de expeditie per K.L.M. naar Paramaribo, en de volgende dag kwam meteen de organisatie van de Troepenmacht in actie. Enkele dagen later kwam ook een drietal Franse medewerkers van het Centre National d'Etudes Spatiales, en een viertal afgevaardigden van N.A.S.A. in Paramaribo aan. De Amerikanen hadden tot taak zo nodig adviezen en hulp te verschaffen; na de eerste lancering waren zij echter zo overtuigd geraakt van de deskundigheid van onze Nederlandse lanceerploeg, dat zij een verder verblijf niet meer noodzakelijk achtten. De Fransen bleven langer; zij hadden de opdracht foto's te maken van die gedeelten van het natriumspoor, die zouden wijzen op een zekere turbulentie in de ionosfeer; deze wervelingen zouden moeten blijken uit de onregelmatige vorm van de natriumsporen. Onze Franse vrienden hadden daartoe twee spiegeltelescopen naar Suriname gestuurd, en gevraagd hen te helpen bij het vinden van geschikte waarnemingsplaatsen en – wat ook heel belangrijk was – bij het leggen van goede radiotelefonische verbindingen tussen de waarnemingsposten.

De verdeling van de Nederlandse expeditieleden was als volgt. Op het lanceerterrein waren Ir. van Gils, Ir. Maseland en de heer Mulder (alle drie van het Laboratorium voor Ruimte-onderzoek te Utrecht) met Drs. Vesseur (K.N.M.I.) verantwoordelijk voor de montage van de raketten, voor de bepaling van de richting waarin deze moesten worden gelanceerd, en voor de veiligheidsmaatregelen, die bij de behandeling van dergelijke niet ongevaarlijke projectielen geboden zijn. In Paramaribo verbleven Prof. Veldkamp (K.N.M.I.) en Prof. De Jager (Directeur van de Sterrenwacht en van het Laboratorium voor Ruimteonderzoek te Utrecht); laatstgenoemde leidde de optische waarnemingen, daarin geholpen door personeel van de Meteorologische Dienst van Suriname en door Surinaamse vrijwilligers. De ionosferische driftmetingen, die tegelijk met het

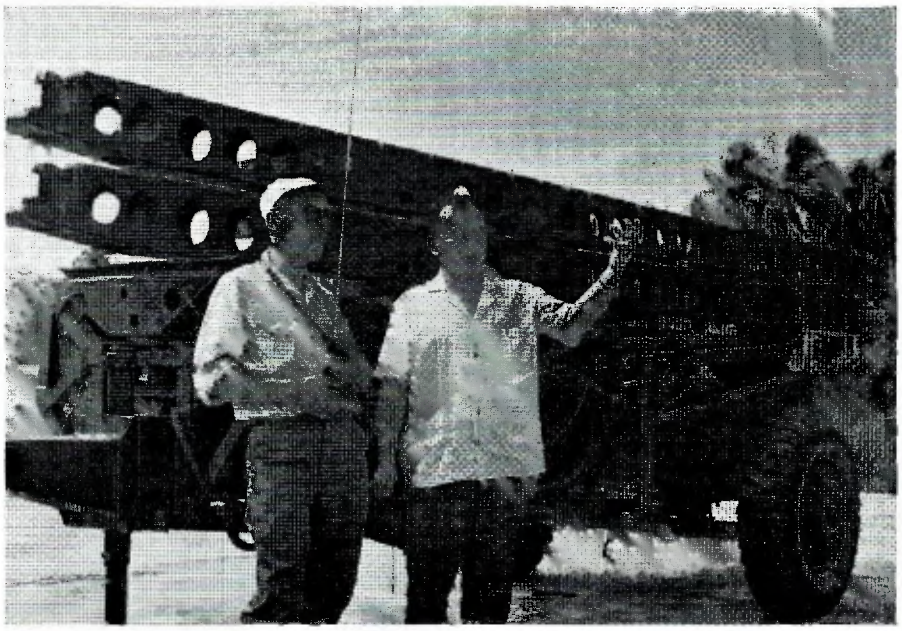


Afb. 2. De commandoboot „Maurits" van de Troepenmacht in Suriname vervoerde de raketgedeelten van Paramaribo naar de monding van de Coppename. Lossing vond plaats aan de steiger te Jenny; van daar zorgden vrachtauto's voor het transport naar Coronie.

fotograferen van de natriumsporen werden uitgevoerd, waren toevertrouwd aan een deskundige van de Surinaamse Lands Telegraaf- en Telefoondienst. De waarnemingspost te Zanderij werd bemand door de heer Lantwaard (Laboratorium voor Ruimte-onderzoek), bijgestaan door Mej. Burger en de heer Sevensma (beiden studenten in de astronomie te Utrecht). De derde waarnemingspost, Brownsweg, was ingericht door de heren van der Laan (Laboratorium voor Ruimte-onderzoek) en Smit (student in de astronomie).

Het Lanceerterrein te Coronie

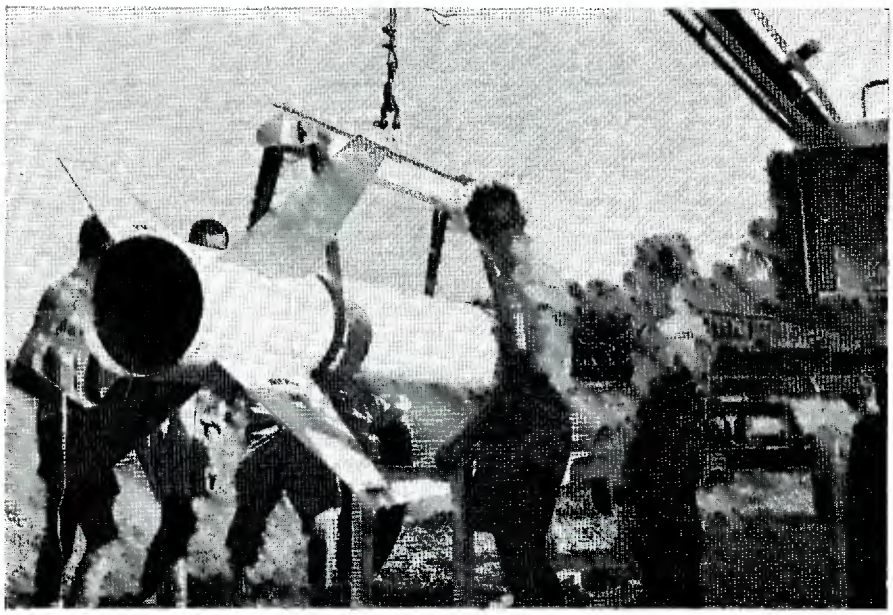
Op 7 en 8 september werden de lanceerinstallatie, de raketten en al het overige benodigde materiaal getransporteerd van Paramaribo naar het vliegveld te Coronie. Aangezien de weg van Paramaribo naar Coronie niet geschikt was voor een rakettransport werden de raketten per schip vervoerd naar Jenny (een plaats aan de monding van de Coppename-rivier) en daar overgeladen op trucks (afb. 2). Het resterende gedeelte van de weg was speciaal hiervoor geëgaliseerd door z.g. schrapers. Het transport, dat was georganiseerd en uitgevoerd door de TRIS (Troepenmacht in Suriname), werd op het laatste trajekt begeleid door Surinaamse politie, brandweer en ambulance, terwijl de weg voor ander verkeer gesloten was.
Ter bewaking van het lanceerterrein en voor algemene diensten had de troepenmacht een detachement van ongeveer 60 man gestationeerd in Totness bij het vliegveld. Dit detachement had eerder op het terrein grote legertenten opgesteld. Twee tenten waren bedoeld voor de opslag van raketten, resp. ontstekers en neuskegels, terwijl een derde tent gebruikt zou worden voor het monteren van



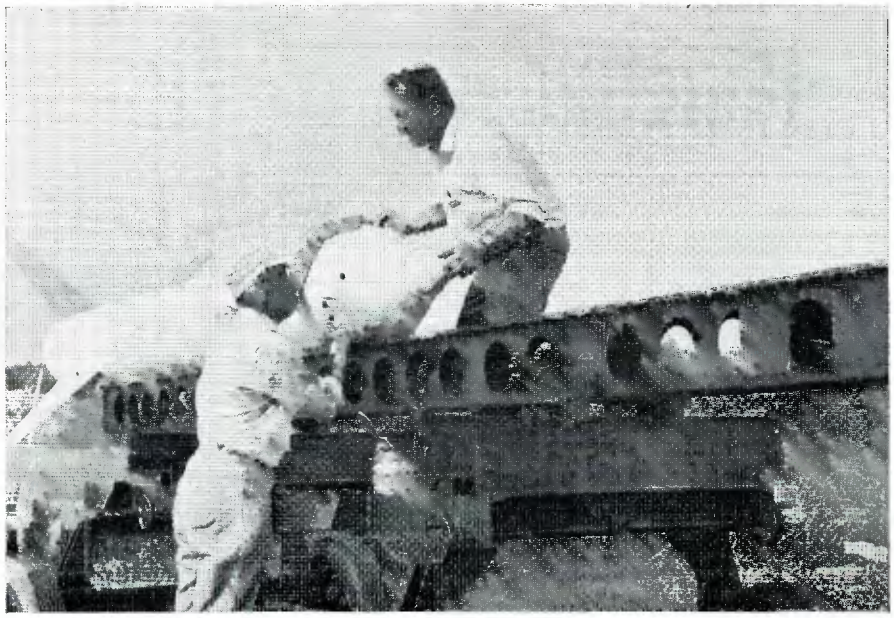
Afb. 3. Ir. Van Gils en Ir. Maseland bij het vervoer van de lanceerinstallatie.

de raketten; daar was ook ons materiaal opgeslagen. Op een der hoeken van het vliegveld was het lanceerplatform gemaakt. Dit was een vierkant platform van gewapend beton met zijden van 15 m en een dikte van 20 cm. Het vliegveldgebouwtje aan de rand van het veld werd ingericht als lanceercommandopost. Hier werd het afvuurpaneel opgesteld. In de onmiddellijke nabijheid van dit gebouwtje bevond zich een 15 kW generator, die bedoeld was om de ontstekerstroom te leveren. Een tweede generator was nabij het platform geplaatst voor de voeding van de elevatiemotor van de lanceerrail.
Uit veiligheidsoverwegingen waren voor de tenten, platform en commandogebouwtje onderlinge afstanden van meer dan 80 m aangehouden. Voor de veiligheid van de bevolking tijdens de montage en de lanceringen waren uitgebreide veiligheidsmaatregelen gepland, in samenwerking met de Districtscommissaris van Coronie, de heer Sanches; uiteraard waren hierbij evenzeer de Inspecteur van Politie en de Detachementscommandant betrokken. Vanaf een half uur voor de lancering tot een half uur erna was een gebied rondom het lanceerplatform met een straal van 600 m onveilig verklaard, terwijl de polders en kostgrondjes ten zuiden van het veld d.w.z. onder de baan van de raket, geëvacueerd waren. Voor de afzetting van deze gebieden werd gezorgd door manschappen van de Troepenmacht en plaatselijke politie. Het begin en einde van deze gevarenperiode werd aangekondigd door een signaal van de sirene in Totness. Ook op het terrein zelf waren afzettingen gemaakt, zodat tijdens de montageperiode de bezoekers (autoriteiten, pers enz.) op een veilige afstand konden worden gehouden. Tijdens de lanceerperiode werden bovendien brandweer en ambulance gereedgehouden.
De richting en de elevatie van de lanceerrail werden ingesteld aan de hand van gegevens over windsterkte en richting, verkregen door windmeters en ballonnen; zodoende konden de elementen voor de gewenste baan en de inslagplaatsen

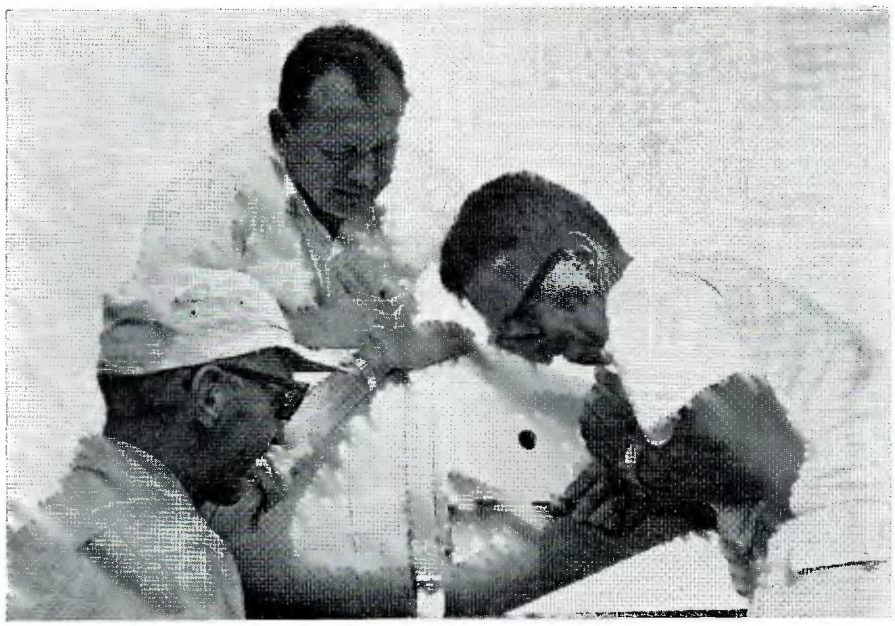
Afb. 4. Transport van de Nike-raket op het lanceerterrein te Coronie. Lanceerploeg en leden van de Troepenmacht maneuvreren het 1000 kg zware gevaarte.



Afb. 5. De Nike wordt van de montagebank getild om op de transportwagen te worden bevestigd.



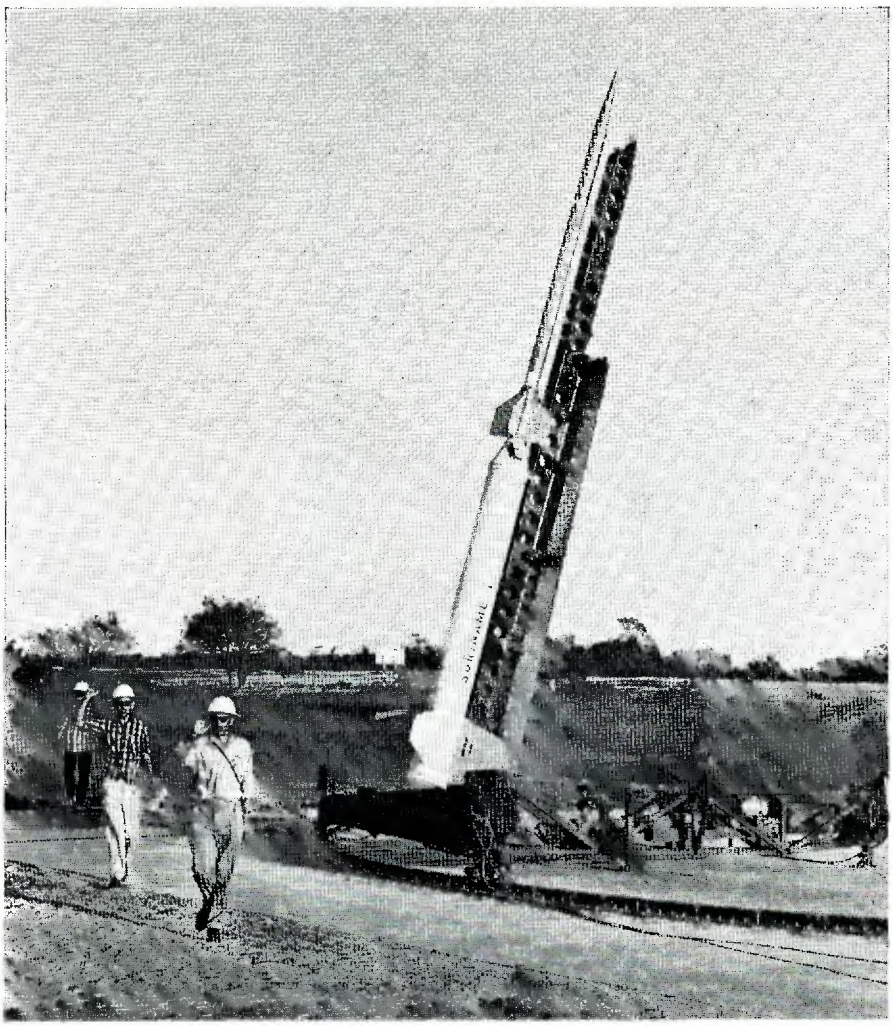
Afb. 6. Montage van de Nike op de lanceerrail. Vooraan het koppelstuk waarop de Apache met de natriumoven moet worden geschoven.



Afb. 7. Van links naar rechts: Ir. Van Gils, Ir. Maseland, de heer J. Mulder, bezig met het monteren van het koppelstuk tussen de Nike en de Apache.

Afb. 8. Drs. Vesseur met de neuskegel van de Apache.

van de raketdelen berekend worden. De Luchtvaartdienst werd op de hoogte gebracht van de lanceertijden, zodat vliegtuigen in het betreffende luchtruim geweerd konden worden.
Het monteren en testen van de complete raket nam gemiddeld twee dagen in beslag. Zowel het eerste als het tweede deel van de raket (Nike resp. Apache) waren in onderdelen afgeleverd. Een nauwkeurig werk was het monteren van de vinnen op het Nike-lichaam (afb. 4 en 5). Deze vinnen moesten onder een bepaalde hoek met de raket-as ingesteld worden; dit was van belang voor het verkrijgen van de gewenste rotatiesnelheid.
Een der eerste werkzaamheden was het overspuiten van de raketten en het aanbrengen van de namen Suriname I tot en met IV. Vervolgens werden van de aan de beurt zijnde raket de vinnen en ontsteker in het Apache-gedeelte gemonteerd, waarna de raketdelen, op een door N.A.S.A. geleverde transportwagen, naar het platform gereden werden (afb. 6). Op de lanceerinstallatie werd de raket startklaar gemaakt door het monteren van de ontsteker van de eerste trap en de neuskegel. Het laatste dat werd gedaan, was het scherpstellen van de natriumoven in de neuskegel. Een half uur voor het lanceren werd de lanceerrail in elevatie gezet, terwijl ook de lanceerrichting werd ingesteld. De 8,5 m lange en 1200 kg zware raket was nu geheel gereed (zie afb. 9).



Afb. 9. De Nike-Apache combinatie gereed voor lancering.

Inmiddels werd door de verbindingsdienst van de Troepenmacht contact onderhouden met de waarnemingsposten Paramaribo, Zanderij en Brownsweg. Als de weersomstandigheden op deze posten redelijk waren, werd te Paramaribo de toestemming tot lancering gegeven. Nadat ook een tijdsein was gegeven, werd met het aftellen begonnen. Hierna volgden diverse testen, zoals de meting van de weerstand der ontstekers, van de kabels en van de generator. Op het tijdstip 0 werd op de knop gedrukt, waardoor de eerste trap ontbrandde. Met een enorme vuurflits en donderend lawaai schoot de raket snel omhoog. De eerste trap (1000 kg) brandde $3\frac{1}{2}$ seconden en was daarna op een hoogte van 1,7 km gekomen. Hier voltrok zich de scheiding van de twee trappen. De eerste trap kwam na 1,5 minuut binnen 5 km neer, de tweede trap onstak 20 seconden na de lancering en brandde 7 seconden, bereikte een hoogte van ongeveer 200 km en viel na 8 minuten op een afstand van 200 km in het Bakhuysgebergte

Afb. 10. Brownsweg: één van de camera-opstellingen met de heren Van der Laan en Smit.

neer. Een minuut na de lancering ontbrandde ook de natriumcanister, de raket was dan al 80 km hoog. Door de rode rookpluim van het natriumspoor was de raket dan 5 minuten lang in zijn paraboolbaan te volgen.
De eerste twee lanceringen (op 18 en 21 september) geschiedden 's avonds na zonsondergang, terwijl de laatste twee (op 23 en 27 september) 's ochtends voor zonsopgang plaats vonden. Oorspronkelijk was de vierde lancering op 25 september gepland, maar deze moest wegens de bewolking boven de waarnemingsposten uitgesteld worden. De vierde lancering was merkwaardig, omdat een half uur voor de lancering de radioverbindingen uitvielen. Via de telefoon met Paramaribo werden toen op het laatste moment de stopwatches gelijk gesteld, waarna pas op 30 seconden vóór de lancering met het aftellen werd begonnen!
Van de zijde van Surinaamse autoriteiten en pers werd steeds veel belangstelling ondervonden. Bij de tweede lancering werd ten behoeve van het publiek voor een geluidsinstallatie gezorgd, zodat men het aftellen kon volgen. De onontbeerlijke hulp, die wij vaak nodig hadden tijdens het inrichten van het lanceerterrein en ook daarna, werd steeds enthousiast door Districtsbestuur en Troepenmacht verleend, terwijl ook de plaatselijke bevolking zich zeer bereidwillig en meelevend toonde.

Ervaringen in het kamp Brownsweg

Op maandag 13 september werd een begin gemaakt met de inrichting van de waarnemingsposten. De benodigde materialen bleken na inspectie nog volkomen intact. Zelfs de instrumenten die moesten worden vervoerd naar de verst in het binnenland gelegen post Brownsweg vertoonden geen spoor van beschadiging.
Dinsdag 14 september reed een legerjeep de waarnemers Van der Laan en Smit naar Brownsweg. Reeds eerder waren de posten in Zanderij op het dak van de

aankomsthal van het vliegveld, en in Paramaribo op het dak van het Centraal Ziekenhuis, geïnstalleerd. Een kuilige geasfalteerde weg van Paramaribo tot Zanderij ging over in een „wasbord"-achtige weg die na enkele kilometers veranderde in een roodbruine bauxietweg. Bedekt met een dikke rode stoflaag arriveerden wij ongeveer drie uur na het vertrek uit Paramaribo in het militaire kampement in Brownsweg.
Nog dezelfde middag werden de instrumenten opgesteld. Het waarnemingsmateriaal bestond uit een zwaar statief, voorzien van twee camera's. De beide camera's waren van een electrisch drijfwerk voorzien. Met behulp van drukknoppen konden de sluiters worden geopend en gesloten (zie afb. 10).
Tegen de avond waren de eerste voorbereidende werkzaamheden verricht. Onder een beschermend muskietennet genoten wij onze eerste nachtrust, temidden van de junglegeluiden.
15 september vond de eerste oefening plaats. Een ongunstige bewolking en moeilijkheden met de verbindingen zouden een eventuele lancering onmogelijk hebben gemaakt. De oefening ging echter door en werd een volledig succes.
Zaterdagavond 18 september kon de eerste lancering worden uitgevoerd. Alles liep volgens schema. Om half zeven stond iedereen klaar om zich van zijn taak te kwijten. Vijf vrijwilligers (soldaten) door ons geïnstrueerd, hielpen met respectievelijk de tijdsbepaling, het aflezen van de schaalverdelingen en het noteren van de gegevens. Op het tijdstip van de lancering werd de bandrecorder, met het volledige waarnemingsprogramma, in werking gesteld. Dit hulpmiddel zou moeten dienen als de verbinding met de centrale post, die het zelfde programma uitzond, zou uitvallen. Het spoor dat de natriumoven achter zich liet werd vanuit Brownsweg, evenals vanuit de andere posten, duidelijk waargenomen. Na 1 minuut werd begonnen met de opnamenreeks. Iedere minuut werden drie opnamen gemaakt met belichtingstijden van resp. 5, 10, en 30 seconden. De camera's werkten uitstekend. Iedereen werkte onder hoogspanning. Na ongeveer 15 minuten werd het programma afgebroken; het spoor was te flauw geworden om de opnamen te continueren.
De eerste geslaagde lancering was een volledig succes geworden. Mensen noch instrumenten hadden gefaald en de atmosferische omstandigheden waren van buitengewoon goede aard geweest.
Ook de volgende lanceringen, waarvan er een 's avonds en twee in de ochtend plaatsvonden, verliepen naar wens, mede dankzij de buitengewone medewerking van de militairen die op onze post assisteerden, en de goede weersomstandigheden.

De waarnemingspost te Paramaribo

Wij zullen trachten de lezers een idee te geven van het verloop der gebeurtenissen te Parimaribo tijdens een avondwaarneming.
Enkele uren voor de lancering zijn de waarnemers op het dak van het nieuwe Hospitaal aanwezig om de camera's klaar te maken. Twee telegrafisten van de Troepenmacht stellen hun radioapparatuur op en zoeken verbinding met de collega's in Zanderij en Brownsweg, en ook met het lanceerterrein in Coronie. Met regelmatige tussenpozen roept men elkaar op en vertelt hoe de toestand van de bewolking is. Tegen de tijd dat de lancering verwacht kan worden, wordt het bepaald druk bij de waarnemingspost. Allerlei autoriteiten komen belangstellend toekijken. De zon gaat nu snel onder, en het aftellen begint. Gelukkig is de westelijke helft van de hemel, waar het natriumspoor zal verschijnen, vrij van wolken. Prof. De Jager geeft zijn laatste instructies, en de helpers staan

klaar, ieder voor de taak die hem is opgedragen. Wij horen hoe op het lanceerterrein de laatste seconden worden weggeteld. Daar horen wij het getal nul, in Coronie moet de raket nu omhoog schieten. De bandrecorder met het programma van commando's begint te draaien en iedereen kijkt vol spanning naar de westelijke horizon. Na 20 seconden van haast ondragelijke spanning zien wij opeens, al vrij ver boven de horizon, een fel gloeiend puntje dat met grote snelheid naar boven beweegt; het is de tweede trap van de raket, de Apache, die de natriumoven tot in de ionosfeer moet brengen. De eerste trap, de Nike, is door de grote afstand (150 km) niet te zien geweest. Een hele tijd gebeurt er dan weer niets, wij beginnen al te twijfelen of de lancering wel is gelukt. De gespannen stilte wordt slechts onderbroken door de commandostem van de draaiende bandrecorder. Plotseling roept iemand: „Daar heb je het spoor". Heel hoog, op 80 km boven het aardoppervlak en bijna 200 km van ons verwijderd, is de natriumoven gaan werken. Wij zien het gloeiende puntje waaruit een straal natriumdamp te voorschijn komt. Steeds hoger gaat het, totdat de Apache het hoogste punt van zijn paraboolbaan heeft bereikt, en dan naar beneden valt, in de richting van het Bakhuysgebergte, ver weg in het onbewoonde Surinaamse binnenland. Prachtig is nu het roze natriumspoor te zien tegen de intussen geheel donker geworden hemel. Treffend is het contrast tussen de dunnere gedeelten van het spoor in de lagere ionosfeer, en de veel dikkere top, op een hoogte van ongeveer 200 km. Het is ook zonder meer duidelijk dat de winden in de ionosfeer op sommige hoogten buitengewoon sterk zijn, zodat na een kwartier de oorspronkelijke paraboolvorm volkomen vervormd is. Ondertussen klikken op de commando's van de bandrecorder de sluiters open en dicht, en de motoren draaien de filmrollen door de camera's. De helpers noteren precies volgens het program azimuth en elevatie van de fotografische apparatuur. Zo gaat het een half uur lang voort, totdat door de diffusie de natriumdamp zo lichtzwak is geworden, dat het fotograferen beter kan worden gestaakt.

De ochtendlanceringen, uitgevoerd in het half uur vóór zonsopkomst, waren moeilijker en ook riskanter. Dit kwam vooral door de tegen de ochtend vaak snel opkomende bewolking. De waarnemers, die in deze gevallen al om vier uur in de nacht op hun post moesten zijn, zagen meestal eerst een fluweelzwarte hemel bezaaid met sterren, ideaal voor de lancering. Maar een uurtje voor zonsopkomst kwamen zo nu en dan grote wolkenbanken uit de richting van de zee opzetten. Het werd dan erg spannend of op het moment van de lancering de westelijke hemel het fotograferen mogelijk zou maken of niet. Het station Zanderij, meer landinwaarts gelegen dan Paramaribo, had bovendien veel last van ochtendmist tegen zonsopkomst.

De tweede ochtendlancering, tevens de vierde en laatste van de hele serie, is daardoor om zo te zeggen een dubbeltje op zijn kant geworden. Behalve de voorbijtrekkende wolkenbanken stelden de radioverbindingen de zenuwen van de waarnemers op de proef. Een toevallig erg diepe inzinking in het reflecterend vermogen van de ionosfeer deed op het kritieke moment de radioverbindingen volkomen uitvallen. Gelukkig kon op het allerlaatste ogenblik een lijnverbinding tussen Paramaribo en Coronie tot stand worden gebracht, zodat het moment van de lancering kon worden vastgesteld. De waarnemers in Brownsweg hadden ondanks het ontbreken van radiocontact toch gezorgd klaar te zijn. Toen zij, tot hun verbazing, eensklaps de bekende natriumwolk onaangekondigd aan de hemel zagen verschijnen, konden zij meteen met fotograferen beginnen. Ondanks alle tegenslagen was deze laatste lancering gered, en konden goede fotoserie's worden gemaakt.

Er was een tweede reden waarom een ochtendwaarneming zoveel moeilijker

was dan het fotograferen tijdens een avondlancering. De snel helderder wordende hemel deed al binnen een kwartier het natriumspoor verbleken. Na een avondlancering werd daarentegen de hemel steeds donkerder zodat het spoor zeer lang te volgen was, ook al vervaagde alles tenslotte door de diffusie van de natriumdamp.

De organisatie van de waarnemingen en de resultaten

Voor het fotograferen van het natriumspoor werden 6 stuks K-24 luchtkaarteringcamera's gebruikt. Het veld van deze camera's is 40 × 40 graden; de lens is een Kodak Aero-Ektar F/2,5 met een brandpuntsafstand van 17,8 cm en is voorzien van een Kodak 23A filter, dat het rood-gele natriumlicht doorlaat. De film, Kodak TRI-X in rollen van 54 ft, wordt electrisch getransporteerd. Elke waarnemingspost beschikte over 2 camera's, die waren bevestigd aan een Contraves-statief (uit de dump) met verlichte schalen voor aflezing van azimuth en hoogte, op 3 boogminuten nauwkeurig in te stellen door grote handwielen (zie foto 10).
Om met behulp van triangulatie de verplaatsing van een punt van het spoor te bepalen zijn in principe twee camera's nodig, die elk uit een verschillende richting het spoor simultaan fotograferen. Daar er drie posten gepland waren, kon één post dus als reserve dienen of uitvallen als er bewolking was. Elke post beschikte bovendien over één reserve camera. Bewolking kwam nogal eens voor; het weigeren van een der camera's is gelukkig niet voorgekomen.
Het simultaan fotograferen geschiedde met behulp van batterij-bandrecorders, waarop van te voren het gehele fotoprogramma was ingesproken. Alle posten stonden met elkaar in verbinding door radio-zendapparatuur van de Troepenmacht in Suriname. Eén post zond vanaf het uur T (de lanceertijd) het programma uit, zodat alle waarnemers gelijktijdig de sluiters van hun camera's konden bedienen. Alle posten beschikten over eigen bandrecorders, die ook op het uur T werden gestart, zodat bij uitvallen van de radioverbindingen op deze bandrecorders verder gewerkt kon worden. Op de band waren ook secondetekens met een lange minutenpip van tevoren opgenomen, zodat de afwijking van de bandsnelheid met de werkelijke tijd kon worden vergeleken met behulp van een op het uur T gestart stophorloge.
Er werden per minuut telkens 3 opnamen gemaakt met een belichtingstijd van respectievelijk 5, 10 en 30 sec, steeds met 5 seconden tussenpauze. Gedurende de eerste minuut werden geen opnamen gemaakt daar de natriumoven pas 1 minuut na de start ontbrandde. Gedurende deze minuut waren allerlei aanwijzingen op de band gesproken, zoals „filters plaatsen" en „stofkap verwijderen" enz., als geheugensteuntje.
Op 7 september kwamen in het expeditiehuis te Paramaribo alle betrokkenen bijeen en werd uit de grote groep aanwezigen een „petit-comité" gevormd ter bespreking van de waarnemingsposten.
Hierin zaten de hoofden van dienst van de Verbindingsdienst van de Troepenmacht, de Landmeetkundige Dienst, de Lands Telefoon- en Telegraafdienst en de Luchtkaarteringsdienst.
Aan de heren werd het volgende verlanglijstje voorgelegd van eisen waaraan een ideale waarnemingspost moest voldoen:

1. vrij uitzicht tot de horizon.
2. geen last van strooilicht.
3. geen last van inzwaaiende koplampen.

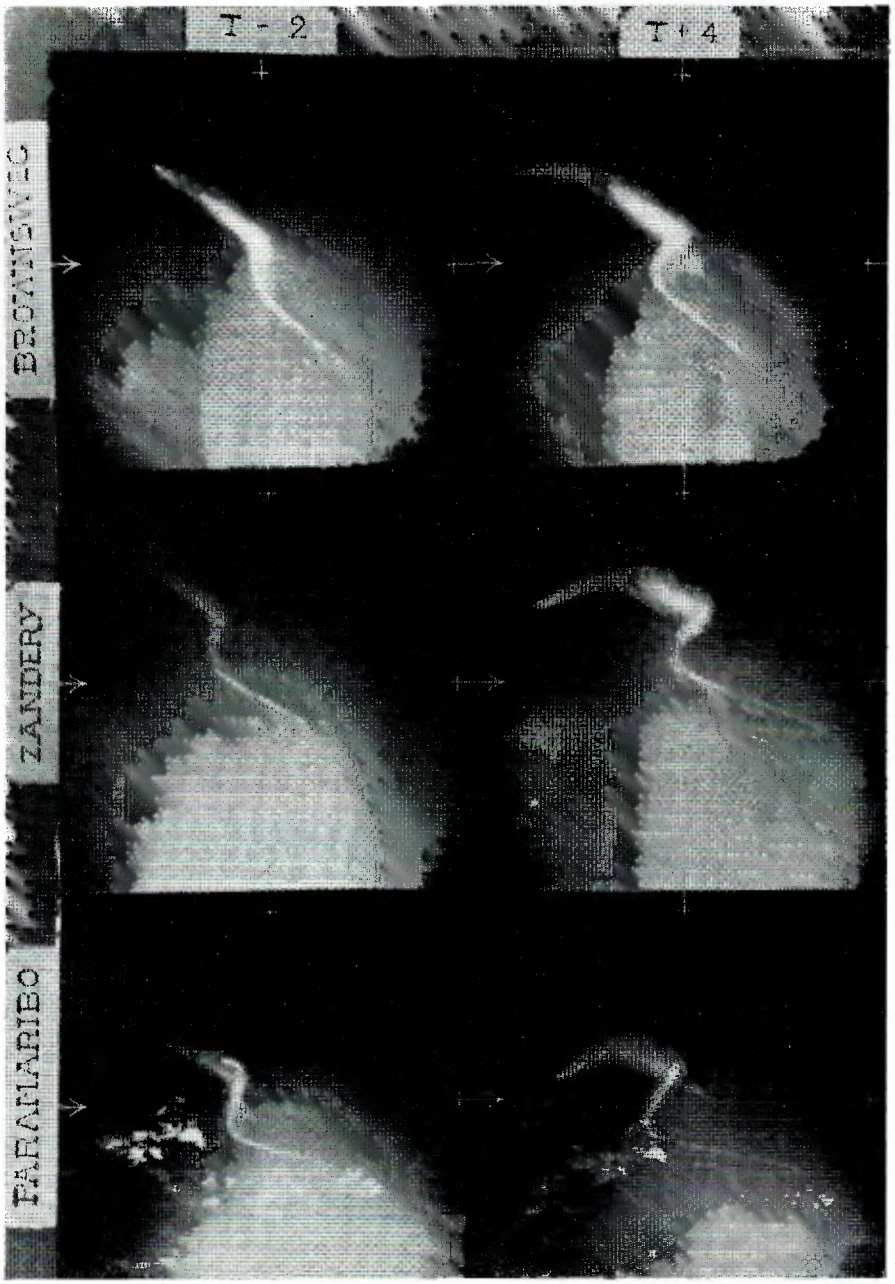
Afb. 11. De verbindingsdienst op het dak van het stationsgebouw te Zanderij. Aan de microfoon Kpt. Baert, hoofd van de Verbindingsdienst. Op de achtergrond Cand. Sevensma met het apparaat voor het meten van de temperatuur van de natriumwolk.

Afb. 12. Een van de opnamen van het spoor na de tweede avondlancering. Het eerst gevormde deel van het spoor (rechts onder) toont duidelijk twee turbulente gebieden. Linksonder op de foto de planeet Venus.

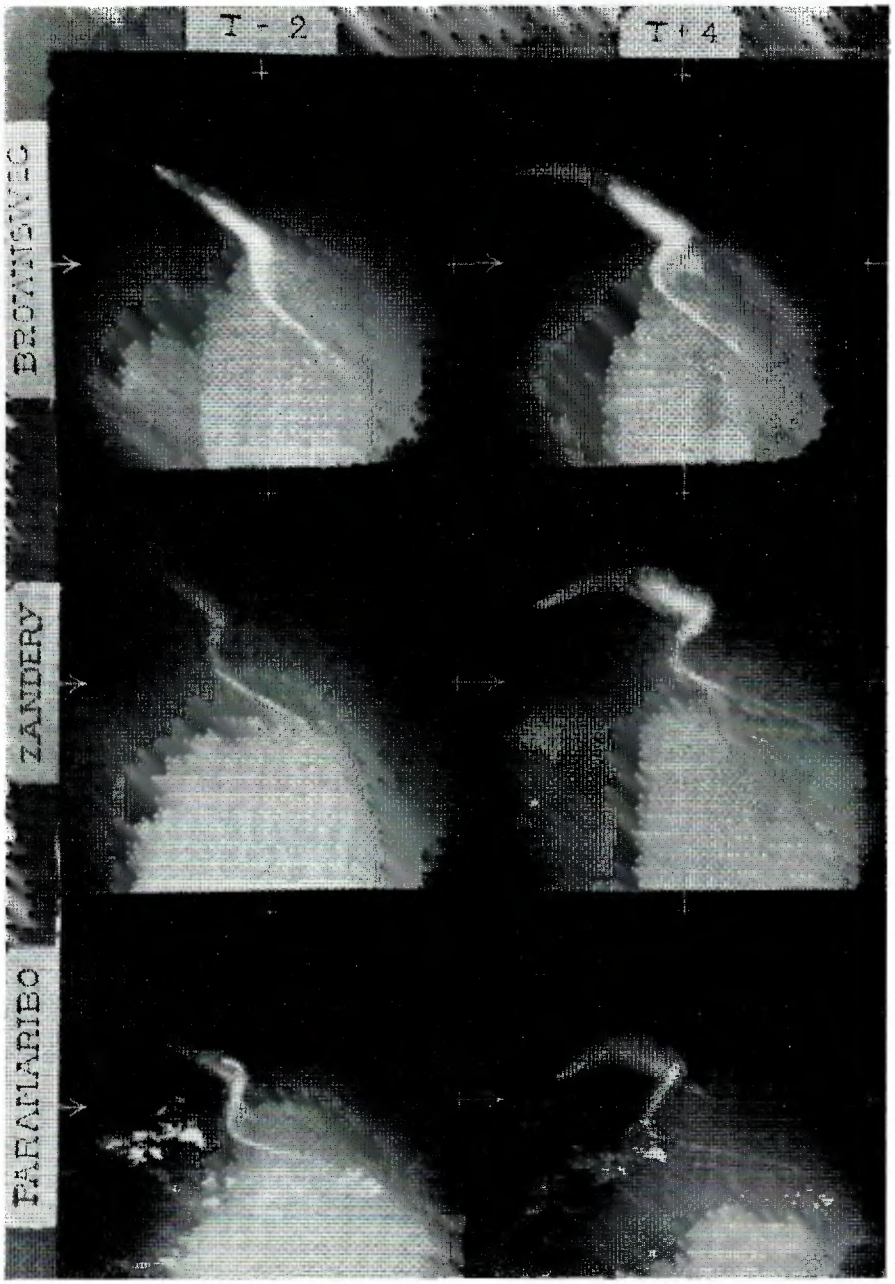
4. geen last van grondmist.
5. vaste ondergrond.
6. op of nabij een triangulatiepunt van de Landmeetkundige Dienst.
7. nabij een telefooncentrale.
8. uitzicht op richtpunt voor azimuth-bepaling
9. ontoegankelijk voor onbevoegden.
10. oppervlakte minstens 6×6 m^2.
11. donkere kamer in de nabijheid.
12. koelruimte in de nabijheid.
13 droge opslagplaats in de nabijheid.
14. hooggeplaatste antennes.

Al redenerend kwamen de plaatsen voor de volgende posten vanzelf naar voren:

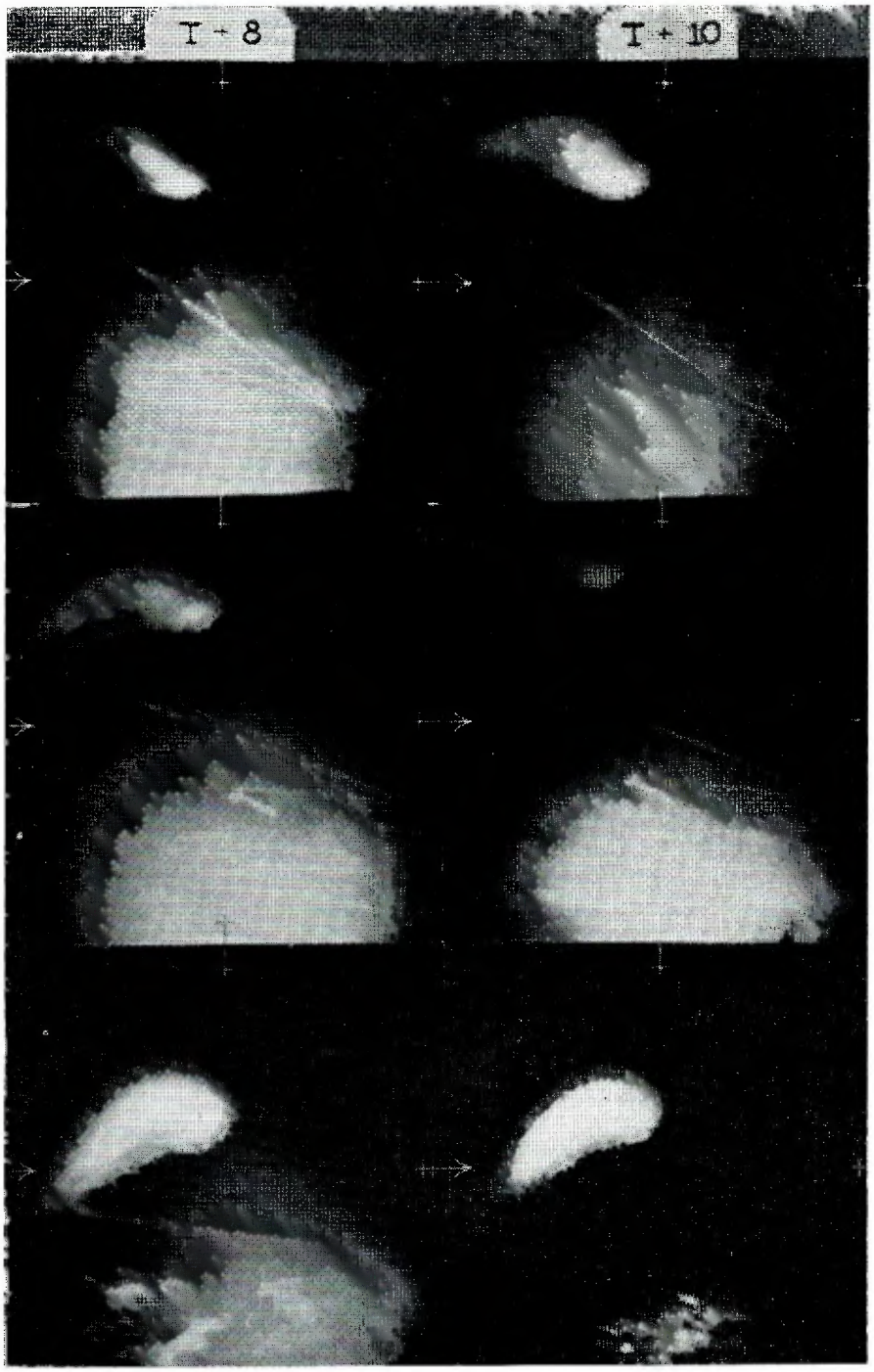
1. Het dak van het nieuwe ziekenhuis te Paramaribo, dat uitgezonderd de punten 11 en 12 verder voldeed aan alle eisen.
2. Het dak van het stationsgebouw op het vliegveld Zanderij, dat aan alle punten voldeed behalve bij één ochtendlancering, toen alles daar potdicht in de mist zat (de andere posten hadden die morgen een heldere hemel).
3. Het militaire kamp Brownsweg, dat in het oerwoud op een heuvel is gelegen en alleen op punt 11 verstek liet gaan.



Afb. 13. Deze samengestelde foto toont in de vier vertikale kolommen steeds drie opnamen die op hetzelfde ogenblik werden gemaakt, respectievelijk 2, 4, 8 en 10 minuten na het ogenblik T van de lancering. De opnamen in de bovenste rij zijn gemaakt in Brownsweg, de andere in Zanderij en Paramaribo. Het verschil in zicht uit de drie stations is duidelijk, evenals de snelle vervorming van het onderste deel van het spoor. Het schijfvormige lichtschijnsel achter het natriumspoor wordt veroorzaakt door de avondschemering (door de reproduktie is het contrast sterk overdreven). De opnamen in Paramaribo werden enigszins door wolken gestoord.



Afb. 13. Deze samengestelde foto toont in de vier vertikale kolommen steeds drie opnamen die op hetzelfde ogenblik werden gemaakt, respectievelijk 2, 4, 8 en 10 minuten na het ogenblik T van de lancering. De opnamen in de bovenste rij zijn gemaakt in Brownsweg, de andere in Zanderij en Paramaribo. Het verschil in zicht uit de drie stations is duidelijk, evenals de snelle vervorming van het onderste deel van het spoor. Het schijfvormige lichtschijnsel achter het natriumspoor wordt veroorzaakt door de avondschemering (door de reproduktie is het contrast sterk overdreven). De opnamen in Paramaribo werden enigszins door wolken gestoord.


T + 8
T + 10

tiental minuten te ver was uitgerekt om in zijn geheel gefotografeerd te worden. Dit bleek in het bijzonder het geval voor Paramaribo, waar het spoor geheel van zijn zijkant gezien werd: de windrichting was blijkbaar in eerste instantie noordwestelijk. De waarnemers in Zanderij en Brownsweg, die het spoor perspectivisch verkort zagen, hadden er minder last van (zie afb. 13).

Toen kwamen de ochtendlanceringen. Aanstonds was het opvallend te zien hoe veel minder dit spoor verwaaide. Reeds toen kregen wij het gevoel dat er wellicht een systematisch verschil zou bestaan tussen de ionosferische windsnelheden gedurende de avond en die welke des morgens heersen. Natuurlijk zijn vier lanceringen te weinig om op grond daarvan een wet te baseren; het verschijnsel is echter te opvallend om geheel toevallig genoemd te kunnen worden. Hopelijk zullen de ionosferische driftmetingen ons kunnen leren of er een regelmatig gedrag van de wind in de loop van een etmaal bestaat, en of de opvallende verschillen tussen avond en ochtend dagelijks terugkerende verschijnselen zijn.

Dat de lanceringen uitsluitend werden uitgevoerd na zonsondergang of voor zonsopkomst, hangt samen met het gebruik van het natrium. De natriumdamp zendt nl. alleen licht uit als hij door het zonlicht wordt beschenen. Om dit zwakke resonantielicht te kunnen fotograferen moet tegelijkertijd de hemel donker zijn. Vandaar het feit dat de experimenten alleen konden plaats hebben in het half uur vóór zonsopkomst of na het ondergaan van de zon, wanneer de ionosfeer nog door de zonnestraling werd bereikt terwijl het aardoppervlak al in het duister gehuld was. Het zou natuurlijk zeer gewenst zijn de ionosferische wind ook te bestuderen midden op de dag en gedurende de nacht. Wat dit laatste betreft, heeft men elders al proeven genomen met zelflichtende gassen, die dus ook in het holst van de nacht zichtbare sporen kunnen geven, maar het gebruik daarvan is vanwege het zeer explosief karakter en de giftigheid ervan een riskante onderneming, die niet geschikt lijkt voor een groep beginners.

Een ander probleem was dat van de turbulentie in de tropische ionosfeer. Reeds verscheidene malen was door onderzoekers uit verschillende landen gezocht naar het al dan niet voorkomen van turbulente bewegingen in de hoge tropische ionosfeer. Bekend was, dat zowel op hogere als op lagere geografische breedte een turbulentie *niet* voorkomt in gebieden boven ongeveer 100 km: in deze gebieden is weliswaar een sterke wind aanwezig, maar de wervelingen op kleinere schaal, die men samenvat onder de naam turbulentie, schijnen hier niet in voor te komen. De vrij scherpe overgangszone op ongeveer 100 km hoogte, die de scheiding vormt tussen het gebied met turbulente bewegingen eronder en het gebied zonder turbulentie erboven, wordt wel aangeduid met de naam „turbopauze".

Verscheidene onderzoekers hebben in het verleden beweerd dat turbulentie niet voor zou komen in de *tropische* ionosfeer. Eén van de doeleinden van de Franse waarnemers, die de campagne in Suriname meemaakten, was dit probleem nader te onderzoeken.

De waarnemingen gemaakt na de tweede lancering hebben aangetoond dat deze turbulentie wel degelijk aanwezig is (zie afb. 12), maar ze is toch wel zwakker dan wij gewend zijn op hogere geografische breedte.

Een zeer opvallend verschijnsel, duidelijk zichtbaar in de waarnemingen van de tweede avondlancering, is dat er kennelijk twee verschillende lagen voorkomen met turbulente bewegingen; deze zijn gescheiden door een gebied waar de turbulentie ontbreekt en waar het spoor glad is. Toen wij deze waarneming deden, meenden wij dat dit verschijnsel nog niet eerder was waargenomen en dachten wij iets geheel nieuws ontdekt te hebben. Naderhand is ons gebleken dat ook in de loop van 1965 een soortgelijk verschijnsel waargenomen is door Franse ex-

perimentatoren die een natriumspoor boven de Sahara hadden gelanceerd. Ook hier bleek dat in het gebied onder de turbopauze zich geen homogene turbulente laag hoeft te bevinden, maar dat de gebieden met turbulente bewegingen afgewisseld kunnen zijn door lagen waar turbulentie geheel en al ontbreekt. De verklaring van dit nieuwe verschijnsel moet waarschijnlijk gezocht worden in de zeer grote windscheringen die hier voorkomen. Wat de verklaring ook uiteindelijk zal blijken te zijn, in ieder geval is het duidelijk dat wij hier een eigenaardig en vrij nieuw verschijnsel op het spoor zijn dat de theoretici nog wel de nodige problemen zal opleveren.
Tenslotte de vraag: hoe staat het met de vergelijking tussen de ionosferische driftmetingen en de vervorming van de natriumsporen? Het zal nog een hele tijd duren voordat een nauwkeurige vergelijking mogelijk is. Inmiddels zijn de driftregistreringen, die in het ionosfeerpeilstation van Paramaribo door de goede zorgen van de heer Tjin Pit Joen van de Lands Telegraaf- en Telefoondienst werden verkregen, uitgewerkt voor de twee avondlanceringen. Het is alvast gebleken dat in grote lijnen de overheersende driftrichting ruwweg overeenstemt met de windbeweging die op de hoogte van het reflectieniveau van de gebruikte radiosignalen uit de gemaakte foto's van de natriumsporen kan worden afgelezen. Wij krijgen echter de indruk, dat de driftregistreringen die dus het voorbijtrekken van onregelmatigheden door de ionosfeer afbeelden, zijn samengesteld uit chaotische bewegingen (te danken aan de turbulentie?) gecombineerd met een gelijkmatige windbeweging. De driftregistreringen, die veel gemakkelijker en vooral ook veel goedkoper zijn uit te voeren dan de windmetingen met behulp van raketten, zouden dus alleen in hun gemiddelde waarden, gemiddeld over langere tijd, met de werkelijk in de ionosfeer heersende wind te identificeren zijn. Maar al deze bespiegelingen zijn nog voorlopig; de nadere uitwerking van zowel de driftregistreringen alsook van de foto's moet nog gebeuren.

Er is een ander resultaat van de expeditie naar Suriname dat waard is genoemd te worden. Dit resultaat heeft geen betrekking op de windbewegingen in de tropische ionosfeer, maar is het volgende: voor het eerst in de geschiedenis van de Nederlandse wetenschap zijn Nederlandse onderzoekers er in geslaagd sonderingsraketten met succes te lanceren naar grote hoogten. Onze raketcampagne is een volledig succes geworden. Dit betekent dat Nederlanders thans de techniek van het lanceren van sonderingsraketten onder de knie hebben, en dit betekent veel voor de toekomst van het nog zo jonge Nederlandse ruimteonderzoek!
Daarnaast zou dit verslag niet volledig zijn wanneer wij zouden vergeten de prachtige samenwerking te memoreren die van het begin tot het einde geheerst heeft tussen de leden van de groep. Het was een plezier om met deze expeditieleden samen te werken en om te zien hoe ieder zich tot het uiterste inspande om het werk tot een goed en succesvol einde te brengen. Vooral de lanceerploeg die op het vliegveld van Coronie in de blakerende hitte van de Surinaamse zomer eerst de zware lanceerinstallatie moest opstellen en later de raketonderdelen moest behandelen, heeft daar wekenlang van de vroege morgen tot de late avond (en voor de ochtendlanceringen ook nog des nachts) moeten werken. Maar ook de waarnemersteams hebben gezorgd voor een feilloos werken van hun apparatuur.
Daarnaast moet stellig genoemd worden de grote medewerking van de Nederlandse Ambassades te Washington en te Parijs bij de voorbereidende besprekingen, en zeer in het bijzonder de indrukwekkende en uiterst hartelijke samenwerking en hulp die wij hebben ondervonden van autoriteiten en burgers van Suriname.Gedurende de korte tijd dat wij ons in dit mooie land bevonden, hebben wij vele vrienden gemaakt en hebben wij geleerd respect te hebben voor de ener-

gieke wijze waarop getracht wordt dit jonge land met zijn talloze problemen tot verdere ontwikkeling te brengen. Het zou onjuist zijn om bepaalde instanties hier te noemen; wij zouden daarmee anderen onrecht aandoen. Niettemin voelen wij ons gedrongen ook hier nog onze dank uit te spreken jegens onze vriend J. Emanuels, hoofd van de meteorologische dienst van Suriname.
En daarnaast dienen wij een meer dan formeel dankwoord uit te spreken jegens de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek die niet alleen het geld ter beschikking heeft gesteld voor het uitvoeren van de hier beschreven waarnemingen, maar die ook, in de persoon van de administrateur, de heer J. Otker, al het mogelijke heeft gedaan om de expeditie soepel en succesvol te doen verlopen.

K O R T E B E R I C H T E N

DE BAAN VAN 1959 IX = 1959 J (MRKOS)

De tiende komeet van het jaar 1959 werd op 3 december ontdekt door A. Mrkos, in Tsjechoslovakije. In de loop van de daaropvolgende maanden werden tientallen posities van de komeet gemeten; de laatste observatie geschiedde op 26 september 1960 door E. Roemer te Flagstaff.
Onlangs heeft G. Van Biesbroeck 64 van deze metingen gebruikt om de baan van de komeet opnieuw, en met grote nauwkeurigheid, te berekenen. Zijn resultaten zijn gepubliceerd in het *Astronomical Journal* van april 1966. Het blijkt dat de baan geen parabool is, maar een zeer langgerekte ellips:

perihelium-afstand: $q = 1{,}2533892$ astron. eenh.
excentriciteit: $e = 0{,}9998016$

Hieruit kunnen we afleiden:

halve grote as van de baan: $a = q/(1 + e) = 6317$ a.e.
aphelium-afstand $= a\,(1 + e) = 12634$ a.e.

Het perihelium van de baan ligt ongeveer halfweg tussen de banen van de Aarde en Mars, terwijl het aphelium 420 maal zo ver van de zon verwijderd is als Neptunus!
Tenslotte vinden we, met behulp van de derde wet van Kepler, dat de omlooptijd ongeveer 5021 eeuwen bedraagt.
De komeet passeerde op 13 november 1959 door het perihelium. De baanhelling bedraagt 19°, 6.

J. MEEUS

TENTOONSTELLING „RUIMTE EN TIJD"

Op zaterdag 15 oktober 1966 is deze tentoonstelling van 19.30 tot 21.30 uur toegankelijk in het Instituut voor Nijverheid en Techniek Rozengracht 224 te Amsterdam. Hierbij zijn Astronomie, Meteorologie en Ruimteonderzoek vertegenwoordigd.
De openingstijden hierna worden via de pers bekend gemaakt.
Men ziet een werkende ontvanger voor wolkenfoto's vanuit Satellieten, een werkend model van een Nederlandse Satelliet, een meteoorfotografieopstelling, meteorieten, foto's, vele kijkers, enz.

Tentoonstellingscommissie
Amsterdamse Weer en Sterrekundige Kring
TJ. E. DE VRIES