

Jaarverslag 1991

NLR

Jaarverslag

1991



Stichting

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium

Bestuur van de Stichting Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium

Benoemd door:

J. van Houwelingen voorzitter	ministers van Verkeer en Waterstaat, van Defensie, van Economische Zaken en van Onderwijs en Wetenschappen
Ir. H.N. Wolleswinkel	minister van Verkeer en Waterstaat voor de Rijksluchtvaartdienst (RLD)
Ir. C. Wit	minister van Verkeer en Waterstaat voor de PTI
Gen.maj. drs. D. Altena	minister van Defensie voor de Koninklijke luchtmacht (KLu)
KTZ ir. K. Bakker	minister van Defensie voor de Koninklijke marine (KM)
Ir. J.J. Kooijman	minister van Economische Zaken
Dr. P.A.J. Tindemans	minister van Onderwijs en Wetenschappen
Ir. M. van der Veen	N.V. Koninklijke Nederlandse Vliegtuigenfabriek Fokker
Ir. K.H. Ledeboer	Koninklijke Luchtvaart Maatschappij N.V. (KLM)
Prof.ir. H. Wittenberg	Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Luchtvaart (KNVvL)
Ir. C.M.N. Belderbos	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO)
Drs. G.M.V. van Aardenne	Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR)
E.J. Gerritsen, Gen.maj. KLu b.d.	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartgeneeskundig Centrum (NLRGC)
Jhr.mr. J.W.E. Storm van 's Gravesande	Bestuur Stichting NLR

Directie van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium

Dr.ir. B.M. Spee	algemeen directeur
Prof.ir. F.J. Abbink	adjunct-directeur
J.A. Verberne, R.A	controller

Inhoudsopgave

1	Algemene beschouwingen	7
	1.1 Bestuur van de stichting	7
	1.2 Activiteiten van de stichting	10
	1.3 Financiële aangelegenheden van de stichting	12
	1.4 Achtergronden van het beleid: Europese samenwerking bij lucht- en ruimtevaartresearch	13
2	Organisatie en personeel van het laboratorium	15
3	Overzicht van de werkzaamheden	21
	3.1 Stroomingen	21
	3.2 Vliegtuigen	32
	3.3 Constructies en Materialen	44
	3.4 Ruimtevaart	49
	3.5 Toegepaste Informatica	54
	3.6 Technische diensten	63
	3.7 Algemene diensten	64
4	Capita selecta	66
	4.1 Onderzoek naar instabiele trillingen van moderne gevechtsvliegtuigen in transsonische vlucht	66
	4.2 Onderzoek naar toepassing van het Microwave Landing System	71
	4.3 Het dynamisch gedrag van ruimtevoertuigen met vloeistoffen aan boord	77
5	Externe en interne betrekkingen	83
6	Wetenschappelijke commissie NLR-NIVR	85
7	Internationale samenwerking	89
	7.1 Internationale samenwerking in AGARD-verband	89
	7.2 Internationale samenwerking in DNW-verband	91
	7.3 Internationale samenwerking in ETW-verband	93
	7.4 Internationale samenwerking in GARTEUR-verband	95
	7.5 Samenwerking met Indonesië	97
	Bijlagen	
	1 Publikaties	99
	2 Verklaring van een aantal van de gebruikte afkortingen	104

1.1 Bestuur van de Stichting

Vergaderingen

De reguliere vergaderingen werden gehouden op 21 maart, 4 juli, 9 oktober en 19 december 1991. De voorzitter van de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR en de directie woonden de vergaderingen bij, die driemaal in de NLR-vestiging Amsterdam en eenmaal in de NLR-vestiging Noordoostpolder werden gehouden.

Na afloop van de vergadering in de vestiging Noordoostpolder op 4 juli vond de jaarlijkse lunch met de leden van de ondernemingsraad van het NLR plaats. Op 26 augustus belegde het bestuur een extra vergadering die deels werd bijgewoond door de directeur-generaal van de Rijksluchtvaartdienst.

Samenstelling

Op 14 januari 1991 volgde KTZ ir. K. Bakker de KTZ ir. D. Sierp op. Gen.maj.ir. J. Hartog werd per 31 januari door gen.maj. drs. D. Altena opgevolgd. *Het bestuur is de heren Hartog en Sierp grote dank verschuldigd voor de wijze waarop zij zich voor het NLR hebben ingezet.*

Prof.dr.ir. O.H. Gerlach werd voor de periode 7 mei tot 1 oktober herbenoemd. Per die laatste datum werd hij als voorzitter van het bestuur opgevolgd door de heer J. van Houwelingen. *Elders in dit verslag wordt aandacht besteed aan het afscheid van professor Gerlach.*

In 1991 werden ir. H.N. Wolleswinkel en ir. M. van der Veen herbenoemd.

Bestuursoverleg

In 1991 vormden de toekomstige bestuurlijke structuur en het profiel respectievelijk de keuze van de nieuwe voorzitter een belangrijk onderwerp van gesprek. Op 26 augustus werd hierover door het bestuur met de directeur-generaal van de Rijksluchtvaartdienst (RLD) van gedachten gewisseld. Door de nieuwe voorzitter is eind 1991 een werkgroep geformeerd, die het bestuur medio 1992 zal adviseren omtrent de bestuurlijke structuur en de toekomstige verhoudingen met de overheid.

Voorts besteedde het bestuur veel aandacht aan een nadere onderbouwing van het verzoek aan de overheid tot uitbreiding van het eigen speurwerk. Nationale en internationale samenwerking vormde wederom een belangrijk aandachtspunt. De nationale samenwerking kreeg een extra impuls door het aangaan van een samenwerkingsovereenkomst met de faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de Technische Universiteit Delft (TUD) voor de gezamenlijke aanschaffing en het gezamenlijke gebruik van een nieuw laboratoriumvliegtuig. Dit vliegtuig is begin 1992 besteld en zal in 1993 worden afgeleverd. In 1993 zullen de technische onderhoudsdiensten voor de laboratoriumvliegtuigen van het NLR en de TUD worden samengevoegd. Het uitvoeren van onderzoek met dit gezamenlijke vliegtuig zal in nauwe samenwerking geschieden. Het ligt in het voornemen, ook op andere werkgebieden de samenwerking met de TUD te intensiveren.

Door de toetreding van Zweden tot GARTEUR en door het instellen van een informeel overlegplatform tussen de bestuurders van de Europese research-instellingen op het gebied van de lucht- en ruimtevaart kreeg de internationale samenwerking verder gestalte.

Voorts werd met NASA een overeenkomst gesloten voor gezamenlijk onderzoek op het gebied van de luchtverkeersleiding.

Met de zusterinstelling in Tsjechoslowakije, VZLU, werden contacten gelegd teneinde tot een – vooralsnog bescheiden – samenwerking te komen.

De nieuwe voorzitter van het bestuur, de heer J. van Houwelingen (rechts), naast de scheidende voorzitter, prof.dr.ir. O.H. Gerlach



In 1991 kon het NLR wederom een groot aantal opdrachten uit het buitenland verwerven. Van belang is, dat ook voor latere jaren uitzicht bestaat op continuering van die opdrachten. Daartoe zijn in 1991 enkele belangrijke stappen gezet. Door de EG werd besloten tot het opzetten van een tweejarig interimprogramma voor de stimulering van het Europese luchtvaartonderzoek in aansluiting op het 'Aeronautics'-project binnen het BRITE/EURAM-programma. Tijdens de ESA-ministerconferentie werd de besluitvorming over de grote Europese ruimtevaartprojecten nog een jaar opgeschort, maar wel werd besloten in de tussentijd de programma's te continueren.

In 1991 werd voorts besloten tot deelneming van Nederland aan de ontwikkeling van de NH90-helikopter. Het NLR neemt een belangrijk deel van de Nederlandse ontwikkelingswerkzaamheden voor zijn rekening.

Het samenwerkingsproject met Indonesië, ISARD, werd formeel afgesloten. Een interimprogramma van twee jaar, APERT (Aerospace Programme for Education, Research and Technology), ging eind 1991 van start.

Verheugend was, dat in 1991 het nationale Vliegtuig Technologie Programma (VTP) kon worden voortgezet. Deze opdrachten van het NIVR vormen een belangrijke schakel tussen het basisonderzoek bij het NLR en de ontwikkelingsactiviteiten bij de industrie. Met de resultaten van het VTP kan Fokker snel inspelen op nieuwe marktkansen.

In 1991 werd in het bestuur ook aandacht besteed aan het personeelsbeleid van het NLR. Dit betrof onder meer de omvang van het personeelsbestand en het aantal tijdelijke werknemers daarin.

Teneinde in de pensioenregeling de rechten van vrouwen gelijk te maken aan die van mannen, werd goedkeuring verleend aan het voorstel om bij het NLR een weduwnaarspensioen voor vrouwelijke werknemers in te voeren.

In 1991 werd goede voortgang gemaakt met de voorbereidingen voor de modernisering van de Hoge-snelheidswindtunnel (HST). Voorts werd de SX-3 supercomputer uitgebreid tot een snellere SX-3/22-configuratie.

Samenwerking

Het bestuur wil de grote opdrachtgevers, de leden van de Wetenschappelijke Commissie en de subcommissies, alsmede de NLR-Computercommissie (bestaande uit prof.dr.ir. A.J.W. Duijvestein en drs. R.J. Kuiper) dankzeggen voor de goede samenwerking en belangrijke adviezen.

In 1991 werd bekend dat de Centrale Accountants Dienst van het Ministerie van Financiën in het vervolg de controle van de NLR-jaarrekening niet meer zal kunnen uitvoeren. Afgesproken werd, dat de controle van de jaarrekening over 1992 aan een andere accountantsorganisatie zou worden opgedragen.

Het bestuur is de Centrale Accountants Dienst en de accountant, de heer W.N.M. Nuhn, zeer erkentelijk voor de goede banden die jarenlang tussen de CAD en het NLR hebben bestaan.

Door het bestuur werd besloten de firma Moret, Ernst & Young te vragen de controle op zich te nemen.

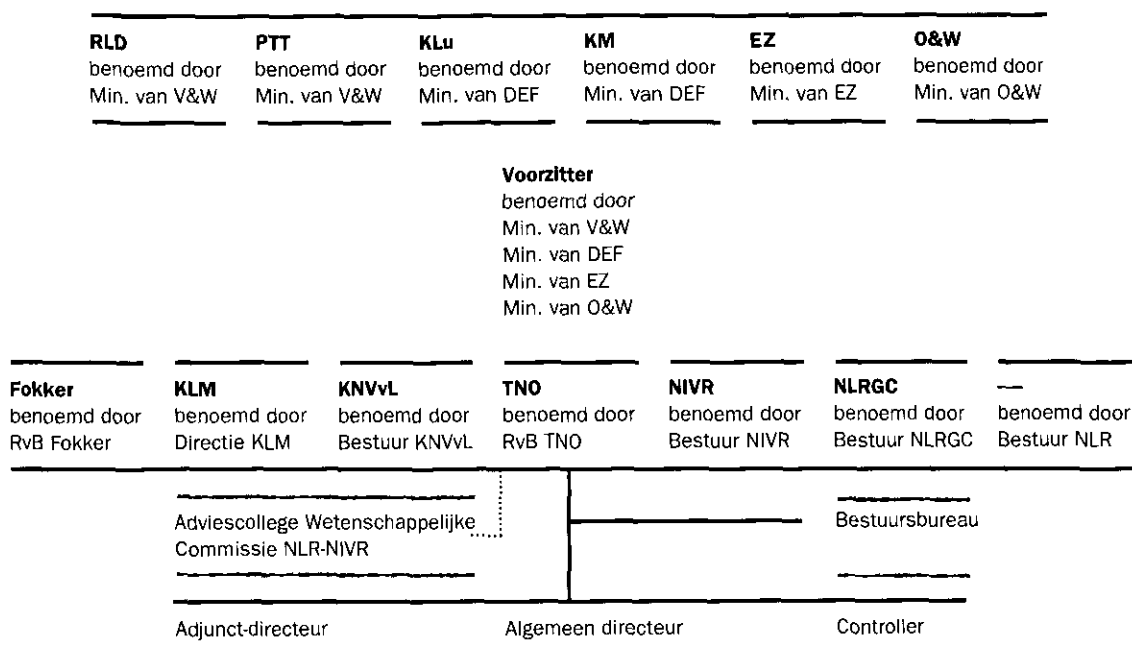
Bestuursbureau

Het bestuur werd bijgestaan door het Bestuursbureau. Bij dit bureau zijn de secretaris-penningmeester van het bestuur, drs. A. de Graaff, alsmede de staf-medewerkers de heren J.P. Klok en ir. L. Sombroek en mw. J.J.P. van den Berg werkzaam.

De heer Klok vervult tevens de functie van nationaal coördinator voor het ISARD/APERT-project (ondersteuning Indonesië).

De heer Sombroek vervult de functie van nationaal coördinator van de AGARD.

Bestuur Stichting NLR



Organisatieschema NLR-bestuur

Afscheid professor Gerlach

Op 1 oktober 1991 nam prof.dr.ir. O.H. Gerlach afscheid als voorzitter van de Stichting NLR. Deze functie heeft hij gedurende ruim 20 jaar met veel inzet en toewijding bekleed.

Professor Gerlach was de derde voorzitter van het bestuur sinds de oprichting van de Stichting in 1937. Het beleid van zijn voorgangers was er vooral op gericht, de plaats van het NLR in het nationale kader zeker te stellen. Het NLR speelt als nationaal researchinstituut een belangrijke rol in de totale keten die de universiteiten, de lucht- en ruimtevaartindustrie, de civiele en militaire gebruikers van vliegtuigen, en de overheid verbindt.

Professor Gerlach heeft gedurende zijn voorzitterschap het NLR vooral een eigen internationale plaats gegeven. Internationale samenwerking in het onderzoek heeft gedurende de afgelopen jaren een wezenlijke dimensie gekregen.

Als lid, en in de periode 1982 tot 1985 als voorzitter, van de National Delegates Board van de AGARD heeft hij ertoe bijgedragen, dat de AGARD het instrument is gebleven voor de transatlantische samenwerking op het gebied van lucht- en ruimtevaartonderzoek. Voorts heeft hij een belangrijke aanzet gegeven voor een programma voor wetenschappelijke ondersteuning van de Zuidelijke-flanklanden van de NAVO. Dankzij de initiatieven van professor Gerlach trad Nederland in 1977 toe tot GARTEUR, het Europese samenwerkingsverband tussen de landen met grote lucht- en ruimtevaartinstituten.

Vanuit de gedachte dat samenwerking de enige weg is om de technologie wezenlijk vooruit te brengen, heeft hij ook de contacten van de Technische Universiteiten, TNO en het NLRGC met het NLR verstevigd.

Gedurende zijn voorzittersperiode kreeg de samenwerking met Duitsland extra nadruk door de gezamenlijke bouw en exploitatie van de Duits-Nederlandse Windtunnel (DNW). Het is mede aan hem te danken, dat de DNW nog steeds een uitermate geslaagde vorm van samenwerking is, die tot voorbeeld kan dienen voor anderen, zoals de Europese Transsone Windtunnel (ETW).

Zijn deskundigheid en inzicht op het vakgebied Stabiliteit en Besturing heeft er mede toe geleid, dat bij het NLR de werkzaamheden voor de vliegtuiggebruikers meer nadruk kregen, naast die voor de industrie.

Als hoogleraar aan de TU-Delft en tevens voorzitter van het NLR-bestuur, bevorderde professor Gerlach de doorstroming van kennis en technologie van de



Professor Gerlach tijdens het Symposium in de vestiging Amsterdam ter gelegenheid van zijn afscheid

universiteit. Voorbeelden daarvan zijn de techniek van het instationair meten tijdens vliegproeven, de techniek van zeer geavanceerde vluchtnabootsers en het 'human factors'-onderzoek.

Op 4 oktober hebben velen, tijdens een symposium en een receptie, professor Gerlach dankgezegd voor de vele activiteiten, die hij ten behoeve van het NLR heeft ontplooid. Ook op deze plaats wil het bestuur professor Gerlach nogmaals dankzeggen.

Mede dankzij zijn inzet is het NLR thans een goed geoutilleerd laboratorium, dat op geselecteerde gebieden een sterke positie in de wereld inneemt.

1.2

Activiteiten van de stichting

Inleiding

Voor al door de Golfoorlog ondervond het luchtverkeer in de eerste maanden van 1991 een stagnatie. Daardoor werd een aanzienlijke aanslag gepleegd op de financiële positie van vele luchtvaartmaatschappijen, hetgeen onder meer tot uitdrukking kwam in het uitstellen en vertragen van bestellingen voor nieuwe vliegtuigen. Toch is de vliegtuigindustrie optimistisch omtrent de groeimogelijkheden van de civiele luchtvaart in de toekomst. Nieuwe vliegtuigtypen zijn in ontwikkeling genomen, hetgeen zowel voor het NLR als voor de DNW een aanzienlijk werkpakket betekent.

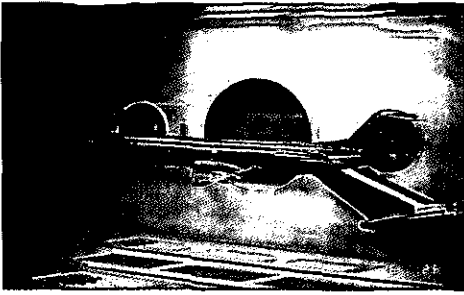
Door de ontspanning tussen Oost en West en de daardoor mogelijk geworden reductie van defensiebudgetten leek het erop, alsof ook onderzoeksinspanningen op het gebied van de defensietechnologie zouden afnemen. De Golfoorlog heeft echter aangetoond, dat – zeker bij een afnemende kwantiteit – de kwaliteit van het defensiematerieel nog aanzienlijk verbeterd moet worden. Vandaar dat het NLR ervan uitgaat, dat de inspanning van het laboratorium in die sector, onder meer in IEPG-verband, op niveau zal blijven.

Het milieu vormt een steeds belangrijker aandachtspunt voor het luchtvaart-onderzoek. Een belangrijk deel van het huidige onderzoek is gericht op de beperking van het brandstofgebruik van vliegtuigmotoren, hetgeen een vermindering van de uitstoot tot gevolg heeft. Die beperking kan worden bereikt door een grotere efficiency van het transportmiddel zelf (minder weerstand, minder gewicht), door een grotere efficiency bij de luchtverkeersregeling (kortere wacht-tijden) en door de ontwikkeling van efficiëntere motoren.

Een ander belangrijk facet is de geluidsbelasting op de grond van het civiele en militaire vliegverkeer. Door het NLR wordt veel onderzoek gedaan naar systemen en procedures die de geluidsbelasting van het vliegverkeer beperken.

Het NLR treedt op als onafhankelijk instituut ter ondersteuning van de overheid bij het vaststellen van normen, het opstellen van ruimtelijke-orderingsplannen en het uitvoeren van Milieu Effect Rapportages alsmede voor de controle op de naleving van eenmaal vastgestelde vluchtprocedures. Systemen die door het NLR daarvoor zijn ontwikkeld worden niet alleen in Nederland, maar ook elders in de wereld toegepast.

Door de toename van het luchtverkeer zal het congestieprobleem verder toenemen. Veel onderzoek – onder meer in opdracht van de Rijksluchtvaartdienst, de KLM, de NV Luchthaven Schiphol, de Europese Gemeenschappen en Eurocontrol – is er thans op gericht, het gebruik van het luchtruim te optimaliseren. Daartoe worden nieuwe procedures uitgewerkt, nieuwe landingssystemen ontwikkeld en geavanceerde luchtverkeersleidingsmethodieken uitgetest, die deels gebaseerd



Model van de Fokker 130 in de
Hoge-snelheidstunnel (HST)

zijn op satelliet-communicatie en -navigatie. Naar verwachting zal dit onderzoek in de komende jaren nog meer nadruk krijgen.

De ruimtevaartinspanning van het NLR is van beperkte omvang en is voornamelijk gericht op de ondersteuning van de Nederlandse industrie. Voorts is de verwerking van satellietbeelden een belangrijk onderwerp. Mogelijk krijgt de hierbij verkregen kennis een verder toepassingsgebied in het kader van de verificatie-activiteiten, die noodzakelijk zijn als gevolg van de overeenkomsten tot wapenreductie die tussen Oost en West zijn gesloten.

Binnenlandse opdrachten

De opdrachten van binnenlandse opdrachtgevers bedroegen in totaal f 61,8 miljoen. De opdrachten van het NIVR ad f 14,9 miljoen hadden betrekking op het Algemeen Research Programma, het RuimteTechnologie Programma, het Vliegtuig Technologie Programma en werkzaamheden voor Fokker-projecten. De werkzaamheden voor de Koninklijke luchtmacht en de Rijksluchtvaartdienst hadden een omvang van respectievelijk f 9,7 miljoen en f 5,6 miljoen. Van Fokker werden voor een bedrag van f 13,8 miljoen opdrachten ontvangen, die betrekking hebben op de huidige en toekomstige vliegtuigprojecten. De resterende opdrachten hadden betrekking op de ondersteuning van het ministerie van Defensie en van de DNW alsmede op vele kleinere opdrachten van overheidsdiensten en het bedrijfsleven.

Buitenlandse opdrachten

De opdrachten uit het buitenland bedroegen f 23,5 miljoen. De belangrijkste opdrachtgevers waren de ESA, de EG, IPTN, General Dynamics en Eurocontrol.

Eigen werkzaamheden

Het eigen speurwerk had een omvang van f 19,3 miljoen. Ook in 1991 is door het bestuur geconcludeerd, dat dit niveau te laag is om een goed fundament te leggen voor de toekomst. Gezien de noodzakelijke verdieping en verbreding van het werkpakket is intensivering van het eigen onderzoek noodzakelijk. De inspanningen voor de ontwikkeling van eigen apparatuur bedroegen f 18,1 miljoen. Een groot deel van de werkzaamheden had betrekking op de voorbereiding van de modernisering van de Hoge-snelheidswindtunnel (HST) en de uitbouw van de Vluchtnabootser van het NLR tot Nationale Simulatie Faciliteit (NSF).

Investerings

In 1991 werd voor een bedrag van f 15,4 miljoen betaald op investeringen. Daarnaast werd een bedrag van f 6,0 miljoen toegezegd via de CODEMA-regeling voor de ontwikkeling van de Nationale Simulatie Faciliteit. Door de Koninklijke luchtmacht werd – eveneens t.b.v. die faciliteit – een F-16 cockpit aangeschaft.

Goede voortgang werd geboekt met de modernisering van de HST. Medio mei 1992 zal de tunnel voor een periode van circa vijf maanden worden stilgelegd, teneinde de meetplaats en modelondersteuning te modificeren en een nieuw systeem voor gegevensvergaring te installeren. Voorts zullen in die periode verbeteringen worden aangebracht in de Centrale, waardoor de HST efficiënter zal kunnen worden bedreven en de Centrale milieuvriendelijker zal worden.

Personeelszaken

Het aantal personeelsleden van het laboratorium nam in het verslagjaar toe met 32 tot 817. Ultimo 1991 waren 55 medewerkers met een tijdelijk dienstverband in dienst.

In navolging van de overheid werd in 1991 een algemene loonronde toegekend van 3,4 %.

Vooruitzichten

De vooruitzichten op korte termijn voor het laboratorium en de DNW zijn gunstig.

Op wat langere termijn moet rekening worden gehouden met een lichte daling van de omzet, tenzij nieuwe vliegtuigontwikkelingsprojecten worden geëntameerd.

1.3

Financiële aangelegenheden van de stichting

In het kader van de algemene beschouwingen over de werkzaamheden in 1991 wordt in het onderstaande in het kort aandacht geschonken aan de financiële aangelegenheden van de Stichting NLR.

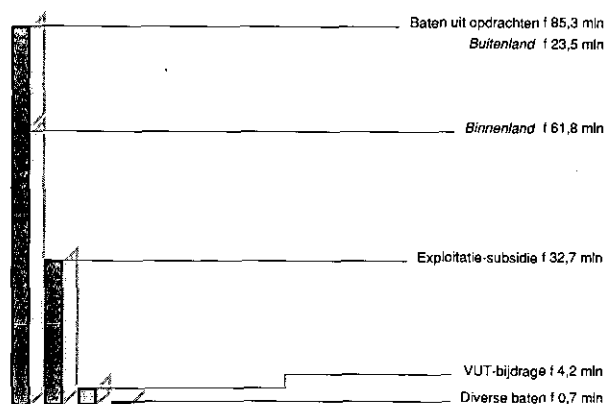
In de vergadering van 4 juli 1991 stelde het bestuur de financiële jaarstukken over 1990 vast.

De omzet in 1991 bedroeg f 122,9 miljoen, waarvan de verdeling in figuur 1 is weergegeven.

De kosten van de in eigen beheer uitgevoerde werkzaamheden die vooral worden gefinancierd uit het exploitatiesubsidie kunnen als volgt worden gespecificeerd:

- speurwerk	f 19,3 miljoen
- onderzoek en ontwikkeling met het oog op de uitrusting van het laboratorium	f 18,1 miljoen
- wetenschappelijke diensten aan derden	f 1,1 miljoen
	f 38,5 miljoen

Fig. 1 - Inkomsten in 1991



In 1991 werden voor een bedrag van f 7,9 miljoen investeringsverplichtingen aangegaan. Ultimo 1991 stond nog f 14,8 miljoen aan verplichtingen uit. In 1991 werd op investeringsverplichtingen uit 1991 en voorgaande jaren een bedrag van f 15,4 miljoen betaald. De aan opdrachtgevers doorberekende rente en afschrijving bedroeg f 3,7 miljoen.

In de vergadering van 19 december 1991 heeft het bestuur de herziene exploitatie- en kapitaalbegroting voor 1992 vastgesteld. Voorts werden in die vergadering de begrotingen voor 1993 en het meerjareninvesteringsplan behandeld.

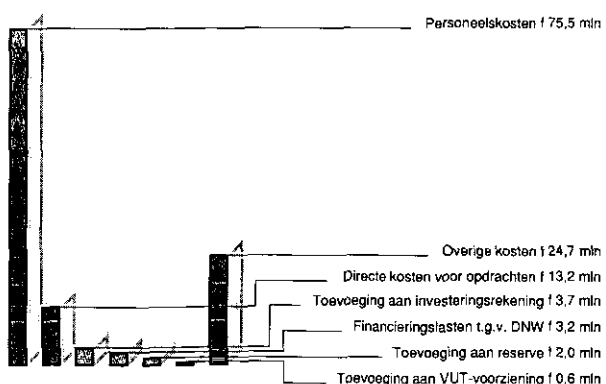


Fig. 2 - Uitgaven in 1991

1.4

Achtergronden van het beleid: Europese samenwerking bij lucht- en ruimtevaartresearch

Inleiding

In de jaarverslagen van de afgelopen jaren is reeds meermalen aandacht besteed aan *internationale samenwerking*. In dit hoofdstuk wordt aan dit onderwerp wederom aandacht besteed. Internationale samenwerking is voor het NLR namelijk niet alleen een belangrijk middel om de effectiviteit van het onderzoek te vergroten, maar ook een neven doelstelling om voeling te houden met ontwikkelingen in het buitenland.

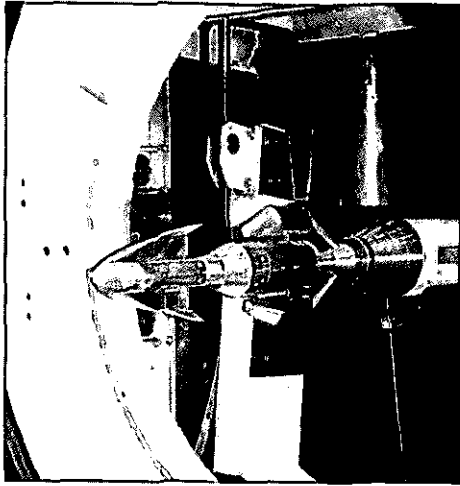
Gewijzigde omstandigheden

De afgelopen jaren hebben zich tal van veranderingen voorgedaan die consequenties hebben voor de Europese samenwerking. De belangrijkste gebeurtenis was ongetwijfeld de toenadering tussen Oost en West en de Duitse eenwording. Gevolgen hiervan zijn onder meer:

- Vermindering van de omvang van de defensie. Hoewel de kwantiteit van de defensie-inspanning zal worden gereduceerd, zal de kwaliteitsverbetering van defensie-materieel actueel blijven. Het NLR verwacht vrijwel geen consequenties te zullen ondervinden van de 'détente' in Europa. Sommige andere lucht- en ruimtevaartinstituten in Europa zijn echter in veel grotere mate dan het NLR afhankelijk van defensie-opdrachten. Aangezien bij die instituten die opdrachten op termijn in omvang zullen afnemen, moet rekening worden gehouden met een grotere concurrentie tussen de instituten voor het civiele onderzoek.
- Herstel van de contacten met vroegere Oostbloklanden. Hierdoor is het mogelijk Westerse luchtvaartprodukten in het voormalige Oostblok af te zetten. Voorts kunnen deze landen produkten in West-Europa verkopen of via *licenties componenten aan het Westen leveren*. Voorwaarde daarvoor is, dat die landen dezelfde technologische standaard benutten als in het Westen gebruikelijk is. Daartoe kunnen onder meer contacten tussen onderzoeksinstituten dienen. Het NLR heeft thans contacten gelegd met het luchtvaartinstituut VZLU in Tsjechoslowakije. In nauw overleg met de Nederlandse nationale belanghebbenden wordt gezien, of ook contacten met andere landen in het voormalige Oostblok kunnen worden gelegd.

Daarnaast kunnen de volgende tendensen worden genoemd:

- Verdergaande industriële samenwerking in Europa in de lucht- en ruimtevaartsector. Die samenwerking kent vormen van nationale fusies (MBB en Dornier) alsmede projectgebonden coöperatie (NH90, EFA-project) en structurele allianties (Eurocopter etc.). Door de vorming van consortia kan een vergaande industriële samenwerking, maar ook de samenwerking tussen de instituten worden gestimuleerd.
- Verdergaande eenwording van Europa door de activiteiten van de EG. Het Verenigd Europa zal naar verwachting ook meer aandacht besteden aan de versterking van de concurrentiepositie van de Europese industrie. Daartoe zal ook het onderzoek op het gebied van de luchtvaart worden versterkt. Mogelijk zal ook de militaire research, die thans nog in IEPG-verband wordt verricht, een nauwere relatie krijgen met het EG-onderzoek. Doordat de programma's 'top-down' vanuit Brussel worden opgezet, zal dit pre-competitieve onderzoek een welkome aanvulling vormen op het reeds jaren geleden in gang gezette samenwerkingsverband op het gebied van de lucht- en ruimtevaart door de grote onderzoeksinstituten die samenwerken in GARTEUR-verband.



Model van de Europese ruimtewereld
Hermes en de Ariane-5 draagraket in
de Supersonische tunnel (SST)

- Zich wijzigende economische verhoudingen in de wereld. Deze blijken uit afspraken in GATT-verband omtrent de mate van ondersteuning van de mondiale vliegtuigontwikkelingsinspanning en in zich wijzigende verhoudingen tussen Europa, de VS en Japan. De markt voor luchtvaartproducten in Zuid-Oost Azië was reeds een enorme groeisector. Steeds meer zullen landen in die regio ertoe overgaan, hun eigen vliegtuigindustrie op te bouwen respectievelijk uit te breiden. Het NLR heeft reeds lang goede contacten en een intensieve samenwerking opgebouwd met Indonesië. De contacten met Japan en China zullen ook in de komende tijd worden verstevigd.
- De door de ESA geleverde substantiële stimulans voor de Europese ruimtevaartactiviteiten. Ook in de komende decennia zal de ESA een belangrijke rol blijven vervullen.
De rol van Eurocontrol zal naar verwachting worden versterkt. Voor beide organisaties voert het NLR reeds jarenlang succesvol opdrachten uit.

Conclusies

Bovengeschetste ontwikkelingen vormen een nieuwe uitdaging voor het NLR. Immers, het NLR zal in de komende jaren onder meer geconfronteerd worden met een toenemende wens met buitenlandse instituten samen te werken, gestimuleerd door initiatieven van onder meer de industrie, de EG, de IEPG en Eurocontrol.

Anderzijds zal de concurrentie tussen de onderzoeksinstituten toenemen, tenzij die instituten tot onderlinge afspraken kunnen komen. De eerste stappen in die richting zijn overigens al gezet.

Daarbij blijft het van het grootste belang, dat het NLR kan blijven voldoen aan de eisen die de nationale belanghebbenden in de lucht- en ruimtevaartsector aan het NLR stellen. Voor de industrie, de vliegtuiggebruikers en de overheid is een eigen NLR onmisbaar. Als Nederland een toonaangevend luchtvaartland wil blijven en de vliegtuigindustrie een innoverend karakter wil behouden, is het noodzakelijk dat het NLR op vele gebieden een eigen deskundigheid in stand houdt en zo nodig opbouwt. Internationale samenwerking kan daarbij complementair zijn, maar kan nooit een substituut vormen voor eigen opbouw van kennis en onderzoeksapparatuur.

De uitgangspositie voor het NLR is, rekening houdend met de bovenstaande veranderingen, gunstig. Door concentratie op zowel activiteiten op het gebied van de ontwikkeling van vliegtuigen en ruimtevoertuigen als op het vliegtuiggebruik, is het NLR minder kwetsbaar voor conjuncturele invloeden. Door actieve participatie in Europees verband is het NLR goed ingebed in de Europese samenwerking. Door een van oudsher commerciële opstelling en handhaving van kwaliteit heeft het NLR een goede concurrentiepositie in Europa.

Voorwaarde voor het behouden van de vooraanstaande positie van het NLR is echter dat:

- de financiële ruimte voor het uitvoeren van voldoende eigen vernieuwend onderzoek en het investeren in moderne onderzoeksapparatuur geboden wordt;
- actief kan worden ingespeeld op nieuwe samenwerkingsmogelijkheden;
- een gecoördineerd nationaal optreden met de belangrijkste belanghebbenden zowel binnen de overheid als bij de vliegtuigindustrie en de vliegtuiggebruikers mogelijk blijft.

Organisatie

De dagelijkse leiding van het laboratorium werd gevoerd door de directie, bestaande uit:

Dr.ir. B.M. Spee	algemeen directeur
Prof.ir. F.J. Abbink	adjunct-directeur
J.A. Verberne r.a.	controller

Met de leiding van de hoofdafdelingen en dienstengroepen waren aan het einde van het verslagjaar belast:

Prof.ir. J.W. Slooff	leider hoofdafdeling Stromingen
Ir. J.T.M. van Doorn	leider hoofdafdeling Vliegtuigen
Dr.ir. G. Bartelds	leider hoofdafdeling Constructies en Materialen
Ir. C.A. Schmeitink	leider hoofdafdeling Ruimtevaart
Ir. W. Loeve	leider hoofdafdeling Informatica
Ir. G. Brink	leider Technische Diensten
Ir. W.F. Wessels	leider Algemene Diensten
J.A. Verberne r.a.	leider Administratieve Diensten
Ir. D.J. van den Hoek	algemeen bedrijfscoördinator

De directie, de leiders van de hoofdafdelingen en dienstengroepen en de algemeen bedrijfscoördinator vormen gezamenlijk het management team. Het secretariaat hiervan wordt gevoerd door mr. E. Folkers, directie-secretaris.

In 1991 vonden in de directiestaf de volgende mutaties plaats.
Met ingang van 1 januari werd ing. P. Kluit benoemd tot coördinator projecten vliegtuigontwikkeling (CPO).
Per 1 februari werd ir. J.A.J. van Engelen benoemd tot coördinator projecten vliegtuiggebruik (CPG) en tot coördinator eigen werk NLR (CEW).
Voorts werd per 1 mei 1991 drs. J.C. Venema benoemd tot coördinator projecten ruimtevaart (CPR).

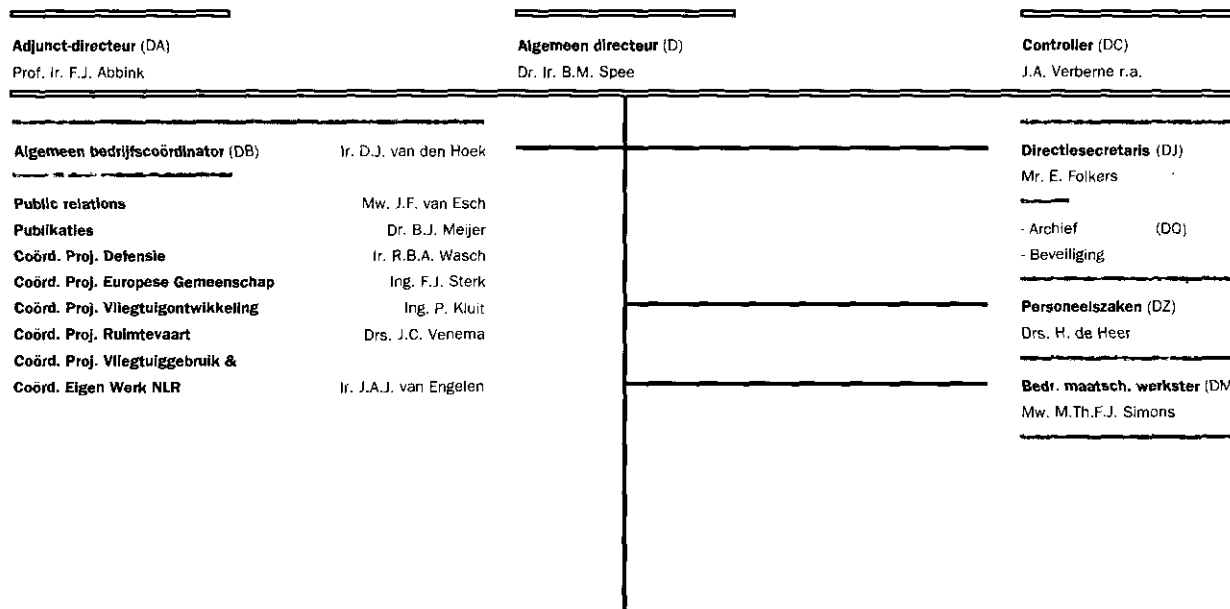
Per 1 juni 1991 werd ir. H.A. van Ingen Schenau benoemd tot chef van de afdeling Laboratoria en Thermisch Vacuum Onderzoek, een functie die voordien vervuld werd door ir. C.A. Schmeitink, leider van de hoofdafdeling Ruimtevaart.

Ultimo 1991 was het laboratorium georganiseerd volgens het schema op pagina 16.

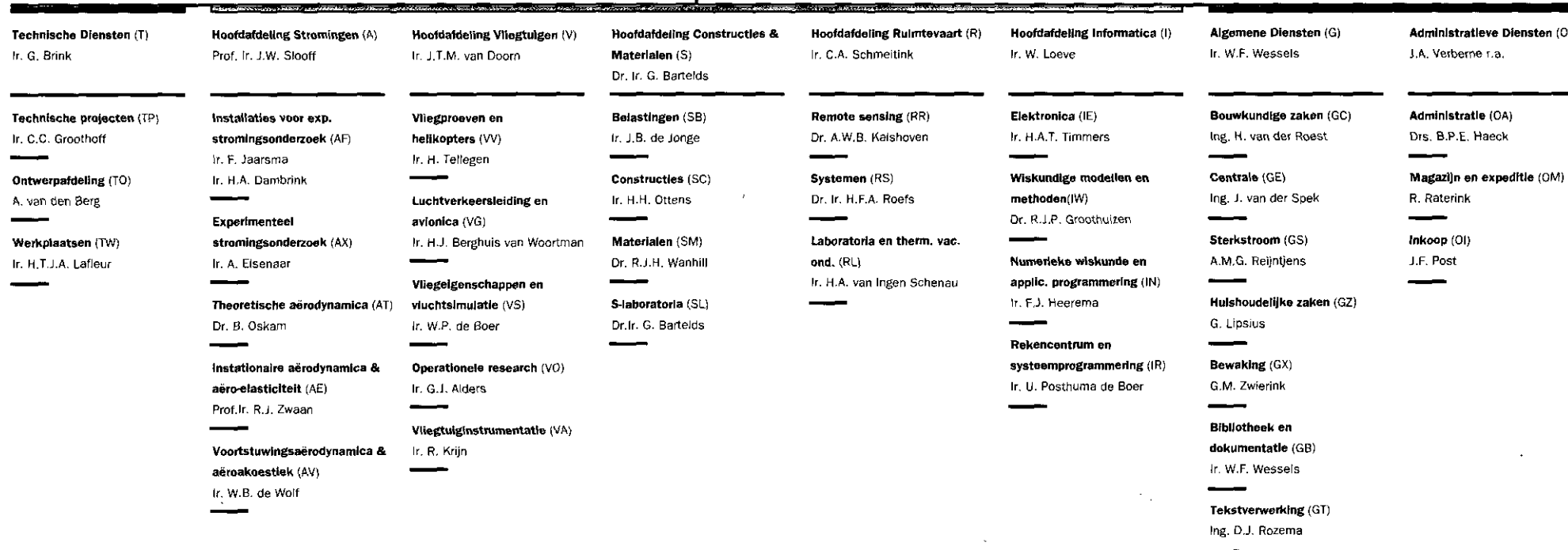
In het kader van de herstructurering van de hoofdafdelingen Stromingen is per 1 januari 1992 de afdeling Voortstuwingsaërodynamica en Aëro-akoestiek (AV) opgeheven. De groep Voortstuwings van de afdeling AV zal deel gaan uitmaken van de afdeling Experimenteel Stromingsonderzoek (AX). Het AV-laboratorium zal deel gaan uitmaken van de afdeling Installaties voor Experimenteel Stromingsonderzoek (AF). Door samenvoeging van de groep Experimentele Aëro-akoestiek van de afdeling AV en de groep Theoretische Aëro-akoestiek van de afdeling AE is een nieuwe afdeling Aëro-akoestiek (AK) gevormd. Met de leiding van de nieuwe afdeling AK is belast prof.ir. R.J. Zwaan, die tevens chef is van de afdeling Instationaire Aërodynamica en Aëro-elasticiteit (AE). Prof.ir. W.B. de Wolf, tot 1 januari 1992 chef van de afdeling AV, zal zijn functie van deeltijdhoogleraar bij de TU-Delft gaan combineren met werkzaamheden op het gebied van de voortstuwings binnen de afdeling Experimenteel Stromingsonderzoek (AX).

Pensionering en vervroegde uittreding

In 1991 ging één medewerker met pensioen. Zestien medewerkers maakten gebruik van de regeling voor vervroegde uittreding (VUT).



Organisatieschema van het labora-
torium



Jubilea

Eén medewerker vierde zijn veertigjarig jubileum, en zeventien medewerkers hun vijftiengjarig jubileum.

Assistentie wetenschappelijk onderwijs

Gedurende het verslagjaar waren de volgende NLR-medewerkers als deeltijd-hoogleraar verbonden aan de Technische Universiteit Delft: prof.ir. F.J. Abbink, prof.ir. J.W. Slooff en prof.ir. R.J. Zwaan; ingaande 1 september 1991 werd prof.ir. W.B. de Wolff benoemd tot deeltijdhoogleraar aan dezelfde universiteit. Voorts verzorgde ir. H.J. Berghuis van Woortman aan de Technische Universiteit Delft een aantal gastcolleges op het gebied van de luchtverkeersleiding. Prof.dr.ir. H.W.M. Hoeijmakers was als bijzonder hoogleraar vanwege de Stichting Physica verbonden aan de Technische Universiteit Eindhoven.

Personeelsbestand

De personeelsformatie ultimo 1991 wordt weergegeven in de tabel op p. 18, en de spreiding van het personeel over de vestigingen in onderstaande tabel.

Personeelsspreiding over de beide NLR-vestigingen op 31 december 1991
(tussen haakjes de cijfers op 31 december 1990)

Personeelscategorie	Amsterdam	Noordoostpolder	Totaal
Academici en daarmee gelijkgestelden	184 (172)	113 (107)	297 (279)
Hogere technici en daarmee gelijkgestelden	141 (132)	137 (126)	278 (258)
Overigen	125 (128)	117 (120)	242 (248)
totaal	450 (432)	367 (353)	817 (785)

Adviseurs van de directie

Prof.ir. D. Bosman, prof.dr.ir. J. Schijve, prof.dr. G.J. Olsder en prof.dr.ir. J.A. Mulder waren als adviseur van de directie aan het laboratorium verbonden.

Stichting Pensioenfonds

Het bestuur van de Stichting Pensioenfonds van de Stichting Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium onderging geen wijziging. Het was als volgt samengesteld:

Jhr.mr. J.W.E. Storm van 's Gravesande	voorzitter
J.A. Verberne R.A.	vice-voorzitter
Ing. J.H.A. te Boekhorst	secretaris
Ir. L.J.M. Joosten	penningmeester
Ing. A. Nederveen	lid

Ondernemingsraad

Aan het einde van het verslagjaar bestond de ondernemingsraad uit:
ir. A.L.C. van Dorp (voorzitter), ing. P.J. Sevenhuijsen (vice-voorzitter),
ir. A. Hoolhorst (secretaris), mevrouw C. Euwen-van Veen, de heer
A.E. van Hilten, de heer W.F. de Jong, mevrouw J.M. de Jongh, de heer
H. Keppel, de heer P. Koster, de heer J.H. Nassette, de heer P.W.H. Peteri,
drs. F.H.P. Spaan en de heer A. van Wijngaarden.

Tabel 1

NLR-personeelsformatie eind 1991 (tussen haakjes de cijfers van eind 1990)

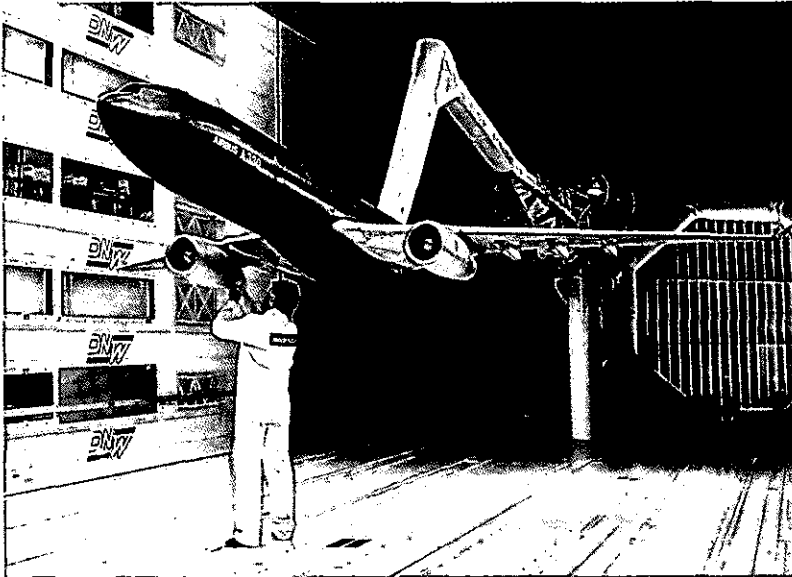
		Academici en daarmee gelijkgestelden	Hogere technici en daarmee gelijkgestelden	Overigen	Totaal
Directie		3 (3)	- (-)	- (-)	3 (3)
- Directiestaf		11 (10)	9 (8)	3 (1)	23 (19)
		14 (13)	9 (8)	3 (1)	26 (22)
Hoofdafdeling Stroomingen		3 (3)	1 (1)	3 (3)	7 (7)
- Installaties voor experimenteel stromingsonderzoek	AF	12 (12)	20 (17)	26 (24)	58 (53)
- Experimenteel stromingsonderzoek	AX	14 (13)	13 (13)	1 (1)	28 (27)
- Theoretische aërodynamica	AT	13 (12)	- (-)	- (-)	13 (12)
- Instationaire aërodynamica en aëro-elasticiteit	AE	9 (9)	2 (2)	1 (1)	12 (12)
- Voortstuwingsaërodynamica en aëro-akoestiek	AV	8 (7)	5 (3)	3 (4)	16 (14)
- DNW	AD	4 (4)	13 (10)	15 (17)	32 (31)
		63 (60)	54 (46)	49 (50)	166 (156)
Hoofdafdeling Vliegtuigen		2 (2)	1 (1)	1 (1)	4 (4)
- Vliegproeven en helikopters	VV	16 (16)	5 (5)	2 (2)	23 (23)
- Luchtverkeersleiding en avionica	VG	22 (18)	5 (4)	1 (1)	28 (23)
- Vliegeigenschappen en vluchtsimulatie	VS	13 (13)	10 (9)	2 (3)	25 (25)
- Operationele Research	VO	21 (18)	5 (6)	1 (1)	27 (25)
- Vliegtuiginstrumentatie	VA	14 (14)	31 (30)	8 (8)	53 (52)
		88 (81)	57 (55)	15 (16)	160 (152)
Hoofdafdeling Constructies en Materialen		1 (1)	- (-)	1 (1)	2 (2)
- Belastingen	SB	7 (6)	4 (4)	- (-)	11 (10)
- Constructies	SC	11 (9)	2 (1)	1 (1)	14 (11)
- Materialen	SM	6 (6)	4 (4)	- (-)	10 (10)
- S-Laboratoria	SL	- (-)	8 (7)	16 (14)	24 (21)
		25 (22)	18 (16)	18 (16)	61 (54)
Hoofdafdeling Ruimtevaart		2 (2)	- (-)	1 (1)	3 (4)
- Remote sensing	RR	5 (6)	4 (3)	- (-)	9 (9)
- Systemen	RS	13 (12)	- (-)	- (-)	13 (12)
- Laboratoria en thermisch vacuümonderzoek	RL	5 (4)	7 (7)	1 (1)	13 (12)
		25 (24)	11 (10)	2 (2)	38 (36)
Hoofdafdeling Informatica		2 (3)	- (-)	4 (4)	6 (7)
- Elektronica	IE	15 (16)	24 (23)	5 (6)	44 (45)
- Wiskundige modellen en methoden	IW	12 (11)	- (-)	- (-)	12 (11)
- Numerieke wiskunde en applicatieprogrammering	IN	22 (20)	24 (23)	2 (3)	48 (46)
- Rekencentrum en systeemprogrammering	IR	20 (18)	13 (13)	12 (11)	45 (42)
		71 (68)	61 (59)	23 (24)	155 (151)
Technische Diensten		1 (1)	- (-)	1 (1)	2 (2)
- Technische projecten	TP	4 (5)	5 (4)	2 (2)	11 (11)
- Ontwerpafdeling	TO	- (-)	13 (12)	1 (1)	14 (13)
- Werkplaatsen	TW	1 (1)	12 (12)	24 (25)	37 (38)
		6 (7)	30 (28)	28 (29)	64 (64)
Algemene Diensten		1 (1)	1 (1)	- (-)	2 (2)
- Bouwkundige zaken	GC	- (-)	2 (2)	1 (1)	3 (3)
- Centrale	GE	- (-)	3 (3)	10 (9)	13 (12)
- Sterkstroom	GS	- (-)	4 (3)	6 (7)	10 (10)
- Huishoudelijke zaken	GZ	- (-)	2 (1)	28 (31)	30 (32)
- Bewaking	GX	- (-)	- (-)	8 (8)	8 (8)
- Bibliotheek en documentatie	GB	2 (2)	1 (1)	6 (7)	9 (10)
- Tekstverwerking	GT	- (-)	3 (4)	29 (28)	32 (32)
		3 (3)	16 (15)	88 (91)	107 (109)
Administratieve Diensten		- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
- Administratie	OA	2 (1)	16 (15)	12 (14)	30 (30)
- Magazijn en expeditie	OM	- (-)	1 (1)	4 (4)	5 (5)
- Inkoop	OI	- (-)	5 (5)	- (1)	5 (6)
		2 (1)	22 (21)	16 (19)	40 (41)
Totaal Generaal		297 (279)	278 (258)	242 (248)	817 (785)

Personeelsvereniging

Het bestuur van de personeelsvereniging bestond aan het einde van het jaar uit: ir. J.A.J. van Engelen (voorzitter), mevrouw ing. K.M. van Wijk (secretaris), de heer C. Hartog (penningmeester), de heer A. van Essen, de heer H. Hoeksema en de heer Th.G. Roelofs.

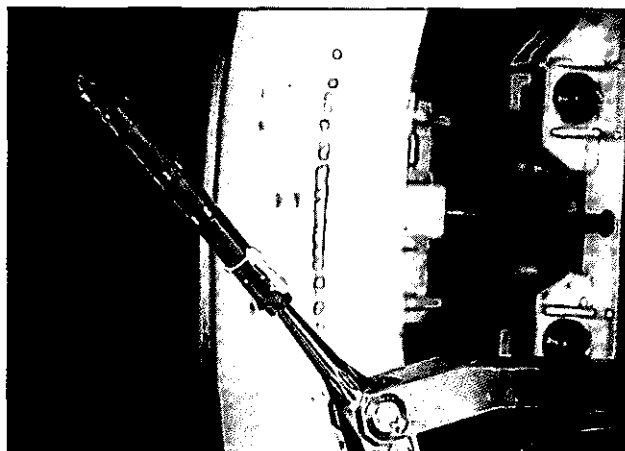
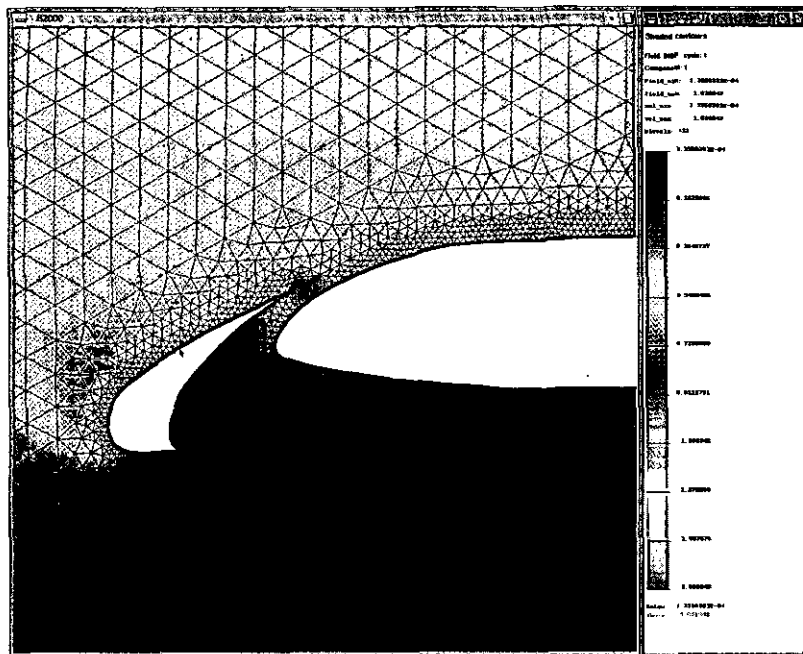
Activiteiten PF, OR en PV

Over de activiteiten van de Stichting Pensioenfonds (PF), de ondernemingsraad (OR) en de personeelsvereniging (PV) wordt verslag gedaan in het Sociaal Jaarverslag 1991 van het NLR.



Een model van de Airbus A330 met een spanwijdte van 5,7 m, voorzien van modelmotoren, in de DNW. Bij de DNW zijn medewerkers van het NLR en van de DLR gedetacheerd.

Machgetal-distributie in de stroming rond de neusklep van een profiel met uitgeslagen kleppen; oplossing van de Euler-vergelijkingen berekend met behulp van een ongestructureerd rekenrooster



Model van een booster van Ariane-5
in de Supersone windtunnel (SST)
voor aërodynamisch onderzoek
onder zeer grote invalshoeken

3.1 Stromingen

Evenals in de voorafgaande jaren was een groot deel van het onderzoek op het gebied van stromingen gericht op het ontwikkelen en verbeteren van theoretische en numerieke methoden voor het aërodynamisch ontwerpen van lucht- en ruimtevoertuigen. In de verschillende fasen van het aërodynamische ontwerpproces worden uiteenlopende eisen gesteld aan nauwkeurigheid, doorlooptijd en kosten van toepassing. Om deze reden wordt aandacht besteed aan methoden gebaseerd op verschillende stromingsmodellen die variëren tussen (eenvoudige) gelineariseerde potentiaaltheorie en (meer complexe) Reynolds-gemiddelde Navier-Stokes-vergelijkingen.

De inspanning is vooral gericht op het verbeteren en creëren van numerieke simulatiemogelijkheden voor complexe vliegtuigconfiguraties, met of zonder voortstuwingsinstallaties. Het realiseren van efficiënte methoden en programmatuur voor ruimtelijke netwerkgeneratie is daarbij van cruciaal belang.

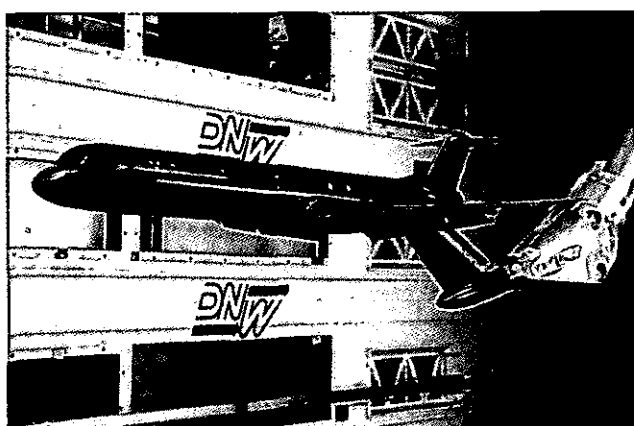
Voor het (beter) simuleren van viskeuze effecten wordt in toenemende mate aandacht besteed aan turbulentiemodellen. Hiertoe wordt zowel theoretisch als experimenteel onderzoek verricht.

Het toegepaste aërodynamische onderzoek is, in hoofdzaak, gericht op draagkrachtverhogende middelen en natuurlijke laminaire vleugelstroming.

Het aëro-akoestische onderzoek is vooral gericht op het geluid van propellers en compressorbladen en het optimaliseren van de akoestische bekleding van motorinlaten.

Het aëro-elastische onderzoek bevat als hoofdthema's het ontwikkelen van een nieuwe generatie programmatuur voor het simuleren van de transsone stroming om elastische vliegtuigconfiguraties en het onderzoek van 'Limit Cycle Oscillation' (LCO)-verschijnselen zoals die kunnen optreden bij moderne jachtvliegtuigen.

Evenals in voorgaande jaren werd theoretisch en experimenteel stromingsonderzoek uitgevoerd in opdracht van het Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR), Fokker, en andere binnenlandse en buitenlandse opdrachtgevers.



Model van de Fokker 130 in de
Duits-Nederlandse Windtunnel

Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van theoretische en numerieke methoden voor het aërodynamisch ontwerp van lucht- en ruimtevoertuigen

Methoden gebaseerd op de Euler-vergelijkingen

Er wordt reeds een aantal jaren gewerkt aan het ontwikkelen van een systeem van computerprogramma's voor de numerieke simulatie op basis van de Euler-vergelijkingen van de stroming om vliegtuigconfiguraties met voortstuwingsinstallaties. Het onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met Fokker en Alenia. In het verslagjaar was één van de doelstellingen het verbeteren van de doelmatigheid van de rekenprogramma's voor het genereren van multi-blok rekenroosters; dit omdat de aanmaak van zulke rekenroosters als te arbeidsintensief werd ervaren. Een eerste versie van de nieuwe rekenroostergenerator, die een aantal nieuwe functies bevat, kwam gereed. Deze versie werd door Fokker van een grafisch-interactieve bedieningsmogelijkheid voorzien.

In de Euler-methode worden propellers op een tijdsgemiddelde wijze, als een 'trekkende schijf' gemodelleerd. Hierbij zijn twee modellen mogelijk: het uitstroom- en het doorstroommodel. Implementatie en een eerste toepassing van het doorstroommodel heeft uitgewezen dat dit betere resultaten levert dan het uitstroommodel.

Voor het simuleren van uitlaatstralen van straalmotoren werden nieuwe programma-modules ontwikkeld.

In GARTEUR-verband (AD AG-15) zijn voor stationaire, supersonische aanstroomcondities berekeningen uitgevoerd aan het neus- en cockpitgedeelte van een generiek jachtvliegtuig ('fore body'), een stomp 're-entry'-lichaam, en een volledige 'missile'-configuratie. De verkregen resultaten werden vergeleken met die van andere deelnemers aan AG-15: BAe-Dynamics, DLR-Braunschweig, MBB, ONERA, AS-Missile Division, AS-Space Division, AS-Aircraft Division en MATRA. Een aantal van deze deelnemers aan AG-15 maakt gebruik van 'space-marching' Euler-methoden die alleen geschikt zijn voor puur supersonische stromingen. Anderen, waaronder het NLR, maken gebruik van een pseudo-tijdsafhankelijke oplosprocedure.

Methoden gebaseerd op de Reynolds-gemiddelde Navier-Stokes-vergelijkingen

Een begin werd gemaakt met het uitbreiden van de mogelijkheden van het simulatiesysteem op basis van de Euler-vergelijkingen, zodanig dat het effect van grenslagen wordt gemodelleerd op basis van de Reynolds-gemiddelde 'Thin-Layer' Navier-Stokes (TLNS)-vergelijkingen. Daarbij werd in het bijzonder aandacht besteed aan:

- het ontwikkelen van algoritmen voor het koppelen van rekenroosterblokken waarin òf de TLNS- òf de Eulervergelijkingen worden opgelost;
 - het ontwikkelen van voldoende snelle algoritmen voor de TLNS-vergelijkingen;
 - het genereren van rekenroosters voor TLNS-berekeningen in grenslaagblokken.
- Aan het einde van het verslagjaar werden de eerste testberekeningen (monoblok, laminaire stroming om een vleugel) uitgevoerd.

In GARTEUR-verband (AD AG-11) zijn oplossingen berekend van de Reynolds-gemiddelde Navier-Stokes-vergelijkingen voor tweedimensionale profielstromingen. De studie was erop gericht zogenaamde (reken)rooster-onafhankelijke oplossingen te genereren. Om deze reden werd door alle deelnemers hetzelfde turbulentiemodel (Baldwin-Lomax) toegepast. Vergelijking met de resultaten van andere deelnemers laat zien dat met de door het NLR toegepaste methode, die werd ontwikkeld in ISNaS-verband, goede resultaten zijn verkregen.

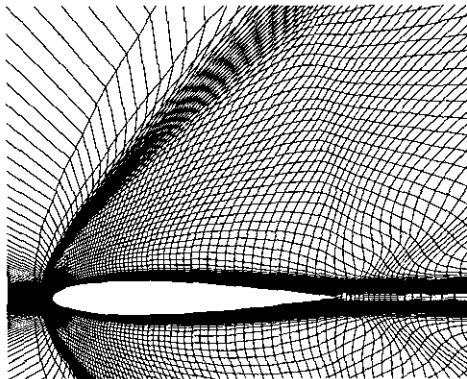
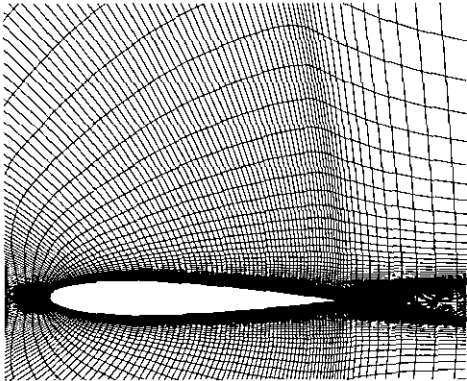
In sommige gevallen treden vrij grote verschillen op tussen berekening en experiment, met name bij sterke schokgolven en/of grote loslaatgebieden. Uit de roosteronafhankelijkheid van de oplossingen kon eenduidig worden vastgesteld

dat deze verschillen het gevolg zijn van tekortkomingen van het Baldwin-Lomax-turbulentiemodel.

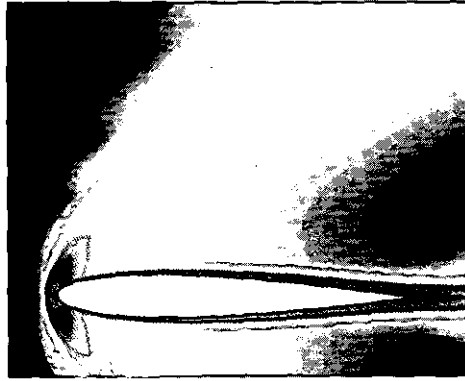
Eenzelfde conclusie kon worden getrokken uit soortgelijke berekeningen uitgevoerd in het kader van het BRITE/EURAM-project Euroval voor een profielstroming bij laag-subsonen aanstroming en grote invalshoek. In dit geval konden voor grote loslaatgebieden goede resultaten worden bereikt door in deze gebieden het Baldwin-Lomax-turbulentiemodel lokaal te vervangen door het zgn. 'back-flow'-model van Goldberg.

Om de numerieke doelmatigheid van Reynolds-gemiddelde Navier-Stokes-methoden in drie dimensies te verhogen werd een algoritme voor rekenrooster-adaptie ontwikkeld. Bij deze ontwikkeling, uitgevoerd in het kader van het BRITE/EURAM-project Euromesh, wordt gebruik gemaakt van een initieel rekenrooster en een daarop berekende stromingsoplossing. Vervolgens wordt een zodanig aangepast rekenrooster gegenereerd dat herberekening van de stroming daarop resulteert in een oplossing van de Navier-Stokes-vergelijkingen met grotere numerieke nauwkeurigheid. Het algoritme is gebaseerd op het numeriek oplossen van een stelsel elliptische partiële differentiaalvergelijkingen die zodanig zijn geformuleerd dat essentiële eigenschappen van het initiële rekenrooster niet verloren gaan, terwijl fouten veroorzaakt door discretisatie worden geminimaliseerd. De bruikbaarheid van het algoritme werd gedemonstreerd door toepassing op een C-type rekenrooster voor het oplossen van de Navier-Stokes-vergelijkingen voor een tweedimensionale transsonen profielstroming.

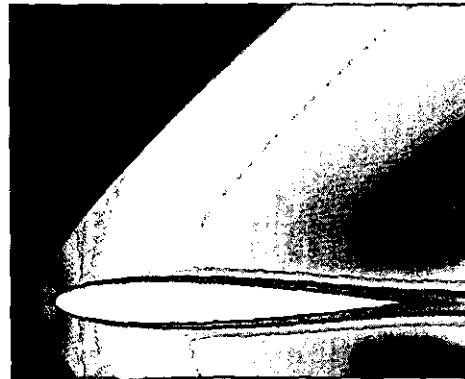
Initieel rekenrooster



Automatisch aangepast rekenrooster



Machgetal-distributie bij supersonen stroming ($M=2$); oplossing van de Reynolds-gemiddelde Navier-Stokes-vergelijkingen



Machgetal-distributie bij supersonen stroming ($M=2$) met hoger oplosend vermogen ter plaatse van de boeggolf

Methoden gebaseerd op interactie tussen rekenmodellen voor wrijvingsloze stroming en grenslagen

De volledige-potentiaalvergelijking vormt de basis van het computerprogramma MATRICS voor het uitvoeren van ontwerpberoeeningen van transsone, vleugel/romp-configuraties. De bijbehorende netwerkgenerator MATGRID is in samenwerking met het FFA (Zweden) ontwikkeld. Als voorbereiding op industrieel gebruik van de MATRICS/MATGRID-combinatie voor de bepaling van aërodynamische krachtencoëfficiënten werd voortgezet nauwkeurigheidsonderzoek uitgevoerd. Daarbij werd vooral aandacht besteed aan de invloed van de romp op de geïnduceerde weerstand en de schokgolfweerstand.

Om de trefzekerheid van vleugelontwerpberekeningen te vergroten werd verder gewerkt aan het koppelen van het MATRICS-programma aan een integraal-berekeningsmethode voor driedimensionale, turbulente grenslagen en zoggen. Het interactie-algoritme voor deze koppeling convergeert voor een aanliggende vleugelstroming.

Een aantal berekeningen werd uitgevoerd met het VISTRAFS-programma voor tweedimensionale, transsone profielstromingen. Dit programma is gebaseerd op quasi-simultane interactie tussen potentiaaltheorie en een differentiemethode voor het oplossen van de grenslaagvergelijkingen. Het doel van de berekeningen was een meer compleet inzicht te verkrijgen in de toepasbaarheid van het programma. De toepasbaarheid van het VISTRAFS-programma bleek beperkter te zijn dan die van een recentelijk verkregen rekenmethode (ISES), die gebaseerd is op het simultaan oplossen van de Euler-vergelijkingen en de integraalgrenslaag-vergelijkingen. Met de ISES-methode werden voor het berekenen van tweedimensionale profielstromingen goede resultaten bereikt.

Methoden gebaseerd op de gelineariseerde potentiaalvergelijking

De ontwikkeling van een nieuwe panelenmethode, die bedoeld is voor toepassing in de voorontwerpfase van vliegtuigen, werd voortgezet. De methode bevat onder andere nieuwe mogelijkheden voor het modelleren van propellers en schroefwind.

De berekening van de krachten en momenten op draagvlakken werd verbeterd. De draagkracht op een vliegtuigconfiguratie wordt nu, in analogie met de berekening van de (geïnduceerde) weerstand, berekend door toepassing van de impulsstelling op het stromingsveld. Ook werd de berekening van de draagkrachtverdeling in spanwijdterichting over een draagvlak verbeterd. Berekeningen voor een Fokker 50-configuratie met werkende propellers, uitgevoerd met de nieuwe versie van het programma waarin de verbeterde berekening van krachten en momenten is geïmplementeerd, leverden betere resultaten dan eerder uitgevoerde berekeningen.

De mogelijkheden om berekende resultaten te visualiseren werden verder uitgebreid, en de doelmatigheid van de visualisatieprocedure werd verbeterd.

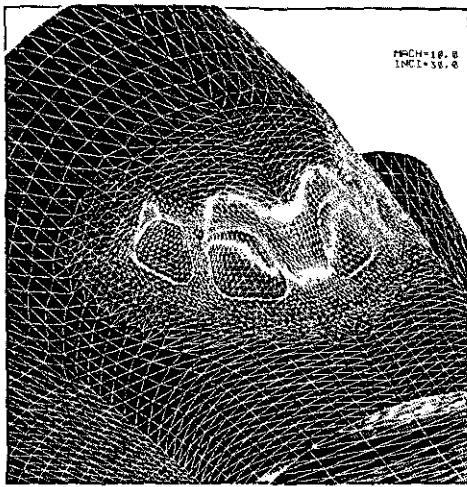
Methoden gebaseerd op de grenslaagvergelijkingen

Het computerprogramma BOLA werd op een aantal punten uitgebreid naar aanleiding van wensen van de industrie (Fokker).

Aërodynamische ontwerpmethoden

Het onderzoek naar ontwerpmethoden op basis van de potentiaaltheorie, waarmee vleugelvormen kunnen worden berekend die bij benadering een voorgeschreven drukverdeling hebben, werd voortgezet. Van het in ontwikkeling zijnde systeem WINGDES werd een tweede, verbeterde versie aan Fokker ter beschikking gesteld.

In het kader van het BRITE/EURAM-project 'Optimum Design' werd gewerkt aan de formulering van een algoritme voor het oplossen van een driedimensionaal 'multi-point'-vleugelontwerpprobleem. Bij de ontwikkeling van het 'multi-point'-algoritme worden twee alternatieven beschouwd; enerzijds wordt een kleinste-



Aërodynamische verhitting van het ruimtevoertuig Hermes bij Mach 10 en een invalshoek van 30°; oplossing van de Navier-Stokes-vergelijkingen berekend met behulp van een ongestructureerd rekenrooster

kwadratenmethode geanalyseerd, anderzijds worden de mogelijkheden van de toepassing van variatierekening voor het onderhavige probleem beoordeeld. Toepassingen van de 'multi-point'-algoritmen zijn vooralsnog gericht op tweedimensionale problemen.

Modellen van reële gassen

Voor het berekenen van hypersonische stromingen werd onderzoek verricht naar de wiskundige formulering van energietransport door straling, in samenwerking met Dassault Aviation.

De Navier-Stokes-vergelijkingen (laminair, met straling en chemische reacties in evenwicht) zijn door middel van een bij Dassault ontwikkeld rekenprogramma opgelost voor een tweetal verschillende configuraties van het ruimtevoertuig Hermes. De rekenresultaten voor een Mach-getal van 20 hebben aangetoond dat relatief beperkte variaties in de geometrie van Hermes kunnen leiden tot relatief grote veranderingen in de aërodynamische karakteristieken en de bijbehorende warmtebelasting. Voor een Mach-getal van 10 komen de berekende en bij het ONERA gemeten warmteoverdrachtscoëfficiënten goed overeen.

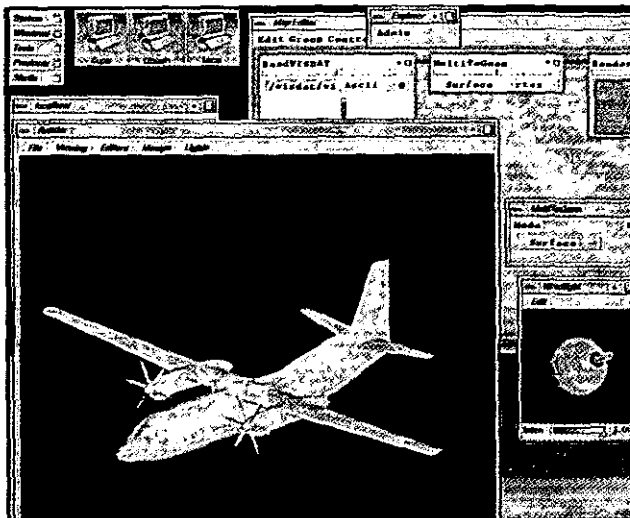
Methoden voor het berekenen van 'Radar Cross Sections'

De radarsignatuur ('Radar Cross Section', RCS) van vliegtuigen kan worden gemodelleerd door middel van technieken die grote overeenkomst vertonen met technieken voor stromingssimulatie.

Het NLR voert op dit gebied onderzoek uit in samenwerking met het Fysisch Elektronisch Laboratorium (FEL) van TNO, en MBB.

De door het NLR uitgevoerde werkzaamheden hebben o.a. betrekking op de numeriek wiskundige formulering van de 'Electric Field Integral Equations' (EFIE) en het uitvoeren van berekeningen aan testgevallen om de consistentie en de convergentie van oplossingen vast te stellen. Berekeningen aan driedimensionale motorinlaten hebben aangetoond dat de EFIE-methode goed toepasbaar is voor niet te hoge frequenties.

Tevens werd gewerkt aan de wiskundige formulering voor de berekening van radarsignalen van tweedimensionale objecten. Voor perfect geleidende objecten werden twee pilot-codes ontwikkeld voor respectievelijk transversaal magnetische en transversaal elektrische polarisatie. Voor beide polarisaties werden bevredigende resultaten verkregen. Deze tweedimensionale EFIE-methode vergt aanzienlijk minder rekentijd dan de overeenkomstige driedimensionale methode, waardoor het voor tweedimensionale objecten mogelijk wordt om ook bij hogere frequenties resultaten te verkrijgen.



Visualisatie van de Fokker 50-geometrie met behulp van het visualisatiepakket IRIS Explorer

Stromingsvisualisatie

Voor het visualiseren van twee- en driedimensionale stromingsberekeningen wordt gebruik gemaakt van het programma VISU3D. In de loop van het verslagjaar werd daarvoor een aantal krachtige 3D grafische werkstations van Silicon Graphics in gebruik genomen. Deze werkstations zijn voorzien van het wetenschappelijke visualisatiepakket IRIS Explorer. Verwacht wordt dat deze aanschaffing tot een aanzienlijke uitbreiding van de mogelijkheden voor stromingsvisualisatie zal leiden.

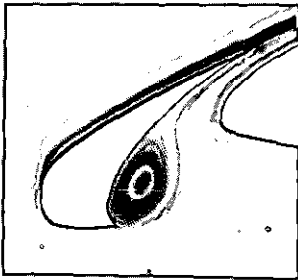
Onderzoek ten behoeve van turbulentiemodellering

Op het gebied van turbulentiemodellering wordt zowel experimenteel als theoretisch onderzoek verricht. Het experimentele onderzoek was geconcentreerd op de stroming in de grenslaag en het zog van een gepijlde vleugel. Dit onderzoek wordt in GARTEUR-verband (AD AG-07) uitgevoerd. Gedetailleerde grenslaagmetingen werden uitgevoerd met behulp van drukopnemers en gloeidraadprobes, voornamelijk aangebracht aan de zuigzijde van het model. Soortgelijke metingen, met dezelfde geometrie, werden bij ONERA-CERT (Toulouse) uitgevoerd. Onderlinge vergelijking van de meetgegevens toont in het algemeen een zeer goede overeenstemming.

Overleg werd gevoerd met de TU-Delft over het experimentele onderzoek nabij een profielachtterrand dat door de faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek, in samenwerking met het NLR, wordt uitgevoerd. Resultaten van dit experiment werden gebruikt voor de evaluatie van turbulentiemodellen. De bij het NLR ontwikkelde grenslaagmethode BOLA werd hiertoe aangepast.

Toegepast aërodynamisch onderzoek

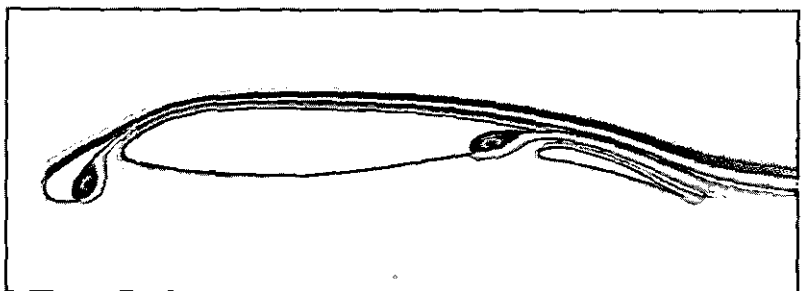
Verdeling van totale-drukverliezen in de stroming rond de neusklep, inclusief het gebied met stromingsloslating aan de binnenzijde van de klep; oplossing van de Euler-vergelijkingen



Draagkrachtverhogende middelen

In de afgelopen jaren zijn in het kader van GARTEUR (AD AG-08) uitgebreide metingen verricht aan een profiel met neus- en achterraandkleppen. De analyse van deze metingen werd voortgezet in het samenwerkingsverband GARTEUR (AD AG-13). De Nederlandse bijdrage richt zich vooral op een analyse van de Mach-effecten. Daartoe werden o.a. berekeningen uitgevoerd van de stroming rond de neusklep, inclusief het gebied met stromingsloslating aan de binnenzijde. De betreffende rekenmethode is gebaseerd op de Euler-vergelijkingen en maakt gebruik van ongestructureerde rekenroosters.

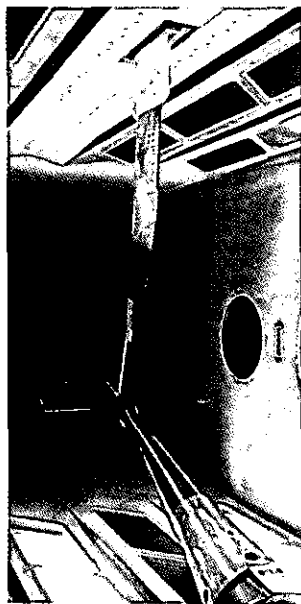
Door middel van 'pilot' programma's werd aangetoond dat de totale doorlooptijd van een aërodynamische berekening voor een profiel-configuratie met uitgeslagen kleppen met behulp van ongestructureerde netwerken gereduceerd kan worden tot één dag. Verder bleek de vectorisatie van rekenmethoden gebaseerd op ongestructureerde rekenroosters geen probleem op te leveren.



Verdeling van de totale-drukverliezen in de stroming rond een profiel met uitgeslagen kleppen; oplossing van de Euler-vergelijkingen

Natuurlijke laminaire stroming

In het kader van het BRITE/EURAM-project European Laminar Flow INvestigation (ELFIN) vonden vliegproeven plaats met een Fokker 100, waarvan een vleugel was voorzien van een geïnstrumenteerde mof waarlangs de stroming laminair is over de eerste 50 procent van de vleugelkooorde. De proeven zijn zeer succesvol verlopen. De assistentie van het NLR betrof vooral de zorg voor de vliegtuiginstrumentatie en aërodynamische ondersteuning bij de interpretatie van de meetresultaten. Tevens werden voor een aantal stromingscondities Euler-berekeningen uitgevoerd voor de vleugelsectie inclusief de instrumentatiebalk achter de vleugel van de Fokker 100. Het effect van de instrumentatiebalk op de statische druk achter de vleugel werd nauwkeurig bepaald door de berekeningen met en zonder balk uit te voeren.



Meting in de HST van de stroming boven een scherprandige delta-vleugel met behulp van een 5-gats-sonde

Stroming om scherprandige deltavleugels

In het kader van de IEPG (Independent European Programme Group) werd in het project TA-15 de toepasbaarheid van rekenmethoden gebaseerd op de Euler-vergelijkingen voor het simuleren van de stroming om scherprandige deltavleugels verder onderzocht. Voor de beschouwde deltavleugelconfiguratie werd onderzocht hoe de oplosmethode zich gedraagt als bij subsone aanstroming (Mach 0,5) de invalshoek wordt vergroot tot waarden boven 20° . Het blijkt dat er een kritieke invalshoek is waarbij de, in pseudo-tijd geformuleerde, numerieke oplosmethode niet meer convergeert naar een stationaire eindoplossing. De invloed van kunstmatige viscositeit, roosterfijnheid en -topologie op de kritieke invalshoek werd onderzocht.

De oplossing voor een invalshoek net onder de kritieke waarde werd onderzocht en vergeleken met oplossingen voor kleinere invalshoeken. Hieruit bleek dat de structuur van de voorrandwervel nabij de kritieke invalshoek verandert. Voor de vleugel/romp/staak-configuratie werden voor aanvullende stromingscondities in het (M, α) -vlak berekeningen uitgevoerd om een zo volledig scala van mogelijke (combinaties van) stromingsverschijnselen te onderzoeken. Hierbij werden tevens rekenresultaten vergeleken met resultaten van eerder in het kader van de IEPG uitgevoerde experimenten.

Het experimentele onderzoek werd voortgezet door het uitvoeren van experimenten in de HST, waarbij het stromingsveld boven en achter de scherprandige vleugel/romp-configuratie gemeten werd met een 5-gats sonde.

Helikopteraërodynamica

In het kader van het BRITE/EURAM-programma van de EG werd de deelneming voortgezet aan theoretisch onderzoek op het gebied van helikopterrotoren (project DACRO) en op dat van rotor/romp-interferentie (project SCIA).

In het project DACRO werd bijgedragen door de toepasbaarheid te onderzoeken van een berekeningsmethode voor de viskeuze, instationaire stroming om een rotorbladsectie bij een getal van Mach dat varieert onder invloed van de voorwaartse snelheid.

De deelneming aan het project SCIA werd voltooid met een eindrapport over de berekening van de invloed die de stroming om de romp uitoefent op de rotorbelasting.

Voortstuwingsaërodynamica

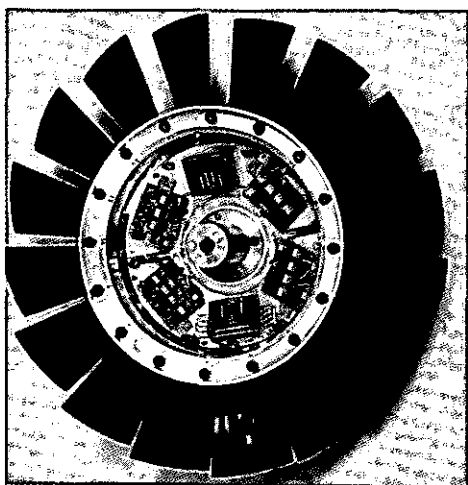
Een belangrijk deel van de inspanning op dit gebied is van theoretisch/numerieke aard en is hierboven beschreven onder het hoofd 'Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van theoretische en numerieke methoden'.

Het experimentele onderzoek richtte zich vooral op het opdoen van ervaring met technieken voor de simulatie van aangedreven propellers, door middel van participatie in windtunnelonderzoek uitgevoerd in de HST, de LST en de ILST (Indonesië).

Aëro-akoestiek

Deelgenomen werd aan de AD AG-12, 'Propeller Acoustics', van GARTEUR. Ieder van de acht deelnemers van deze groep zal akoestische berekeningen uitvoeren aan twee propellers, waarvan experimentele gegevens beschikbaar zijn. De bladdrukverdelingen die voor deze berekeningen benodigd zijn, werden door FFA, DLR en NLR berekend.

Rotorkrans met geïnstrumenteerd blad van een model gebruikt in de LST voor het bepalen van geluidstransmissie



De programmatuur voor de berekening van propellergeluid werd verbeterd waardoor de berekeningen aanzienlijk sneller verlopen, en werd uitgebreid met de berekening van de drukgradiënt voor de berekening van geluidsdiffractie om een romp. Tevens werd gewerkt aan de ontwikkeling van een methode voor het berekenen van het geluid van een propeller bij niet-axiale aanstroming. Begonnen werd met de ontwikkeling van programmatuur voor het berekenen van de aëro-akoestiek van geavanceerde propellers (propfans).

In het kader van het onderzoek naar de generatie van geluid in turbomachines werd in de LST een experiment uitgevoerd met een windtunnelmodel bestaande uit een doorstroombondel voorzien van een aangedreven rotorkrans en een statorkrans. De transmissie door de rotorkrans van het geluid, gegenereerd ter plaatse van de stator, werd gemeten met behulp van microfoons die aangebracht waren op een statorblad, op een rotorblad en in de inlaat van de gondel. De resultaten van het experiment zullen worden gebruikt voor de validatie van een rekenmodel voor de geluidstransmissie door een rotorkrans.

Ook werd een experiment uitgevoerd waarbij de structuur van het akoestische drukveld in de motorinlaat van de Fokker 100 tijdens de vlucht is vastgesteld. Op basis van deze structuur werd een studie uitgevoerd naar de verdere optimalisatie van de akoestische bekleding in de inlaat van de motor van de Fokker 100.

Het onderzoek naar de toepasbaarheid van meettechnieken voor het transport van trillingsenergie in constructies, relevant voor geluidsafstraling, werd afgerond.

Aëro-elasticiteit

De ontwikkeling van een 'pilot code' voor de gelijktijdige simulatie van de transsonische stroming om een elastisch vliegtuig en de statische en dynamische vervormingen daarvan werd voortgezet. De stroming wordt daarbij gemodelleerd volgens de volledige-potentiaalvergelijking. De geometrie-preprocessor en de netwerkgenerator kwamen gereed. Aan de aërodynamische oplosser werd verder gewerkt. Een begin werd gemaakt met de koppeling van de aërodynamische en elastomechanische delen van de 'pilot' code.

Het onderzoek van 'Limit Cycle Oscillations' (LCO) werd voortgezet met de voorbereiding en uitvoering van metingen in de HST aan een in trilling gebracht halfmodel van een vleugel met 'strakes'. Dit onderzoek beoogt de effecten van stromingsloslating op de instationaire luchtkrachten na te gaan, die bij gevechtsvliegtuigen kunnen leiden tot onaanvaardbaar hinderlijke trillingen. De metingen verliepen succesvol; resultaten werden verkregen voor ongeveer 900 combinaties van getal van Mach, invalshoek, wapenconfiguratie, frequentie en amplitude. De verwerking van de resultaten kwam grotendeels gereed.

Parallel aan bovengenoemd windtunnelonderzoek werd de ontwikkeling voortgezet van een methode waarmee de LCO van het vliegtuig tijdens stromingsloslating aan de vleugels kan worden berekend. Daarbij werd in afwachting van de resultaten van het windtunnelonderzoek gebruik gemaakt van gegevens uit eerder uitgevoerd stationair windtunnelonderzoek. Resultaten van berekeningen lieten een steeds betere kwalitatieve, en in sommige gevallen kwantitatieve overeenstemming met gegevens uit vliegproeven zien. (Zie ook hoofdstuk 4.1.)

Het aëro-elastisch gedrag van verkeersbruggen werd onderzocht door het uitvoeren van berekeningen en windtunnelmetingen ten behoeve van diverse opdrachten.

Onderzoek samenhangend met het meten in windtunnels

Aan de nauwkeurigheid van windtunnelmetingen worden steeds hogere eisen gesteld. Om deze reden wordt voortdurend gezocht naar mogelijkheden voor het verminderen van wand- en staakinvloed en voor het verbeteren van correctiemethoden daarvoor.

Het onderzoek op dit gebied is tevens van belang voor de Duits-Nederlandse Windtunnel DNW, en wordt waar mogelijk afgestemd op de behoeften van de DNW in het kader van de 'Research Support DNW'. Deze 'Research Support DNW' wordt door het NLR in samenwerking met DLR geleverd.

Staakinvloed

Een analyse werd uitgevoerd van de invloed van de modelondersteuning op het weerstandsgedrag van een verkeersvliegtuig-configuratie gemeten in de HST. Een overzicht van dit onderzoek op het gebied van staakinvloed werd vastgelegd en gepresenteerd tijdens een bij de DNW gehouden DGLR-colloquium in mei 1991. Voor de berekening van de staakinvloed in de DNW werd door het NLR programmatuur en rekentijd beschikbaar gesteld.

Wandinvloed

Het onderzoek op het gebied van (spleet)wandinvloed in het transsone snelheidsgebied met behulp van het Transsone WandInvloed Generator (TWIG)-model werd voortgezet. Daartoe werden 'interferentie-vrije' metingen in de HST uitgevoerd.

Een begin werd gemaakt met de analyse van de verschillen in de resultaten van metingen in de HST en in de DNW aan een 1:20 schaalmodel van een verkeersvliegtuig.

Technische outillage voor stromingsonderzoek

Bij de inspanningen gericht op het verbeteren van de uitrusting voor experimenteel stromingsonderzoek stond centraal de eerste fase van de modernisering van de HST.

Andere onderwerpen waaraan aandacht werd besteed betroffen:

- de staakopstelling voor de LST;
- de ontwikkeling van een nieuwe generatie nauwkeurige balansen;
- gegevensverwerking;
- kwaliteitszorg.

Modernisering HST

Aanmaak en installatie van de gewijzigde meetplaats en de nieuwe modelondersteuning is uitbesteed bij de firma Genius Holding. Het detailontwerp en het tekenwerk kwamen vrijwel gereed. Met de fabricage van de onderdelen werd begonnen. In verband met de volle orderportefeuille voor de HST werd overleg gevoerd over mogelijkheden voor versnelling van het demontage- en montageproces, teneinde de stilligperiode van de HST te bekorten.

Het detailontwerp van de systemen voor de regeling en besturing van de tunnel en de modelondersteuning kwam grotendeels gereed.

Aan het ingenieursbureau DSMA in Toronto werd opdracht verstrekt voor het leveren van grote delen van het softwarepakket voor tunnel- en modelbesturing. Met de aanmaak van de nieuwe bedieningslessenaar werd begonnen.

Voor het bepalen van de optimale spleetwandconfiguratie van de nieuwe meetplaats werd onderzoek uitgevoerd met het Transsone WandInvloed Generator (TWIG) model in PHST en HST.

Aan de firma Eckard werd opgedragen een voorstudie uit te voeren voor een verbeterde regeling van de centrale voor energievoorziening, zodanig dat de produktiviteit en efficiency van de HST worden vergroot en de belasting van het milieu door de centrale wordt verminderd.

Lage-snelheidswindtunnels

Voor gebruik bij de LST werd nieuwe apparatuur aangeschaft voor het meten van gasconcentraties. Daarmee werd een aanzienlijke verbetering van meet-snelheid en meetbereik verkregen.

Daarnaast werd een verkenning uitgevoerd van nieuwe meettechnieken voor het zichtbaar maken van grenslaagomslag en stromingsrichting.

De ontwikkeling van een staakopstelling voor de LST werd voortgezet, deze zal naar verwachting in 1992 worden gerealiseerd.

Voor de modeltunnel (PLST) werd een nieuwe universele meetplaats ontworpen; met de aanmaak ervan werd begonnen.

Hoge-snelheidswindtunnels

In de HST werd een proef genomen met de toepassing van de laser-lichtschermmethode voor het zichtbaar maken van wervels boven een delta-vleugel. De resultaten daarvan waren positief, zodat begonnen werd met de bouw van een traverseermechanisme voor het zichtbaar maken van de stroming om trillende c.q. bewegende modellen.

Het persluchtsysteem voor de aandrijving van modelmotoren werd uitgebreid met een nieuw drukregelsysteem.

Algemene apparatuur ten behoeve van windtunnelmetingen

Een door het NLR ontwikkelde zes-componentenbalans, voor nauwkeurige weerstandmetingen in de HST, bleek na een aantal proefmetingen en reproductie-ijsingen aan de gestelde eisen te voldoen. Met de aanmaak van een tweede exemplaar werd begonnen. Tevens werd begonnen met een studie gericht op het concipiëren, ontwerpen en aanmaken van een familie van balansen. Een belangrijk onderdeel van deze studie is onderzoek naar alternatieven voor de thans gebruikte verbinding tussen het model en de balans.

Aan de nauwkeurigheidseisen bij halfmodel-metingen, met name bij toepassing van motorsimulatie, kan met de bestaande halfmodel-balansen niet geheel worden voldaan. Het onderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van een nieuwe halfmodel-balans voor de HST werd daarom voortgezet, onder andere met de beproeving van een nieuw type krachtmeetelement.

In de SST werd met het oog op toekomstige aëro-akoestische metingen een vergelijkend onderzoek uitgevoerd naar de bruikbaarheid van miniatuur-drukopnemers. Het doel daarvan is het realiseren van kostenbesparing, het verminderen van de afhankelijkheid van leveranciers en het evalueren van de haalbare nauwkeurigheid.

Het ontwerp van een conditioneringseenheid voor nauwkeurige hoek-opnemers, onder meer te gebruiken in modelondersteuning, werd voltooid. Een prototype werd vervaardigd.

Omdat opdrachtgevers steeds meer gebruik maken van video-opnamen bij de windtunnelmetingen werd een aantal componenten van het videosysteem van de HST vervangen en werd een systeem voor ondertiteling aangeschaft waarmee meetgegevens, zoals Mach-getal, modelstand e.d., 'on line' in het beeld kunnen worden aangebracht.

In voorgaande jaren is een sonde-traverseermechisme ontwikkeld. Dit werd voor het eerst in geautomatiseerde uitvoering toegepast. Daartoe was het mechanisme uitgerust met een 5-gats buis, die een vooraf bepaald netwerk van punten boven een delta-vleugel doorliep. Op deze wijze kon de wervelstroming rond een delta-vleugel in de HST worden gemeten.

Gegevensverwerking van windtunnelmetingen

Het data-verwerkingssysteem voor windtunnelmetingen werd verbeterd en uitgebreid.

De plotsystemen werden vervangen en het aantal werkstations werd uitgebreid. De dataverwerkings- en datavergaringssystemen in de vestiging Amsterdam werden onderling verbonden door middel van een Local Area Network (LAN). Programmatuur voor het 'on line' corrigeren van meetresultaten voor wandinvloed (tweedimensionaal) werd geïmplementeerd, evenals programmatuur voor het lokaal verwerken van balansijkingen. Verder werd een beheersstructuur voor de datavergaringssystemen opgezet die geautomatiseerde software-bewaking mogelijk maakt.

Laboratorium voor Aëro-akoestiek en motorsimulatie

Apparatuur voor motorsimulatie

In de IJkfaciliteit voor 'Turbo-Powered engine Simulators' (TPS'en), die worden gebruikt bij aërodynamisch onderzoek in windtunnels aan modellen van civiele vliegtuigen, werd een aantal verbeteringen uitgevoerd waardoor de kwaliteit van de ijkingen is verbeterd.

Voor zowel het gebruik als het iken van TPS-simulators dient met minimale reactiekrachten lucht met hoge druk te worden toegevoerd. In 1991 werd voor dit doel in de IJkfaciliteit een 80-bar RALD-systeem (Reactie-Arme Lucht Doorvoer) gerealiseerd. Tevens werden eigenschappen van een nieuw systeem (PSI-8400) voor het meten en registreren van drukken geëvalueerd.

Apparatuur voor aëro-akoestisch onderzoek

Voor het onderzoek aan geluidsabsorberende bekleding voor motorinlaten, zgn. 'liners', wordt sinds kort gebruik gemaakt van apparatuur voor Fourier-analyse van Hewlett-Packard en LMS. Het aanpassen van bestaande software en het ontwikkelen van nieuwe software voor deze systemen werd voor een belangrijk deel voltooid.

Voor het meten van geluidsdrukken op roterende bladen, zoals propellers en compressorbladen, wordt gebruik gemaakt van speciale microfoontechnieken.

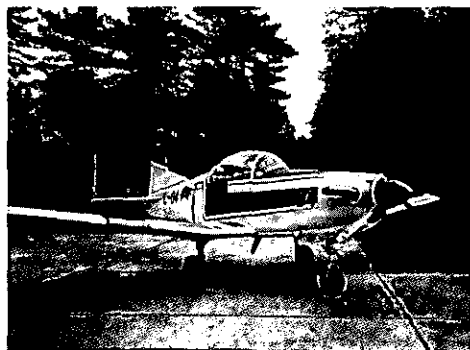
Apparatuur voor aëro-elastisch onderzoek

Het recentelijk aangeschafte 64-kanaals Fourieranalysesysteem werd met succes ingezet bij het eerdergenoemde onderzoek van 'Limit Cycle Oscillations'. Speciale programmatuur werd ontwikkeld om naast de wisselcomponenten van de excitatie- en responsiesignalen ook de tijdgemiddelde stationaire componenten te meten. Verder werd ten behoeve van het LCO-onderzoek een apparaat ontwikkeld dat het mogelijk maakt het hydraulisch excitatiesysteem te besturen met het Fourieranalysesysteem.

Kwaliteitszorg bij windtunnelmetingen

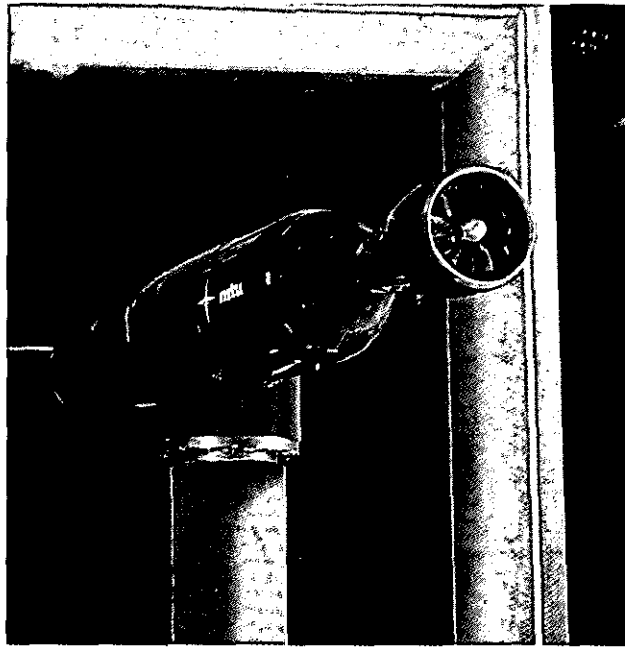
In het kader van het opzetten van een systeem voor kwaliteitsborging bij windtunnelmetingen wordt gewerkt aan het realiseren van kwaliteitshandboeken, procedures en werkvoorschriften voor de grote onderzoekinstallaties. Kwaliteitshandboeken voor de HST en de LST kwamen in concept gereed.

In opdracht van de Koninklijke
luchtmacht werd een geluidsanalyse
gemaakt van de Pilatus PC-7 Turbo-
Trainer



Van de procedures en werkvoorschriften die vastgelegd moeten worden is een inventarisatie gemaakt. Voor het 'Modellenbeheer' werd begonnen met het opstellen van de procedures en werkvoorschriften.

De beschrijving van procedures voor het ijken van modelmotoren en voor het onderzoek van geluidsabsorberende bekleding voor motorinlaten kwam in concept gereed.



Aero-akoestisch onderzoek in de DNW aan een model met een diameter van 40 cm van een contraroterende propfan (CRISP) van Deutsche Aerospace

3.2 Vliegtuigen

Het onderzoek betreft zowel vliegtuigontwikkeling als vliegtuiggebruik. Kennis en ervaring die op het ene gebied wordt opgedaan, komt vaak ten goede aan het andere gebied.

Een belangrijke activiteit op het gebied van de vliegtuigontwikkeling is het verlenen van assistentie bij vliegproeven met Fokker-vliegtuigen. De introductie van nieuwe systemen, additionele wensen van de luchtvaartmaatschappijen en verbeteringen aan de basisvliegtuigen leiden tot vliegproevenprogramma's die op diverse plaatsen in de wereld moeten worden uitgevoerd.

In nauwe samenwerking met Fokker is een begin gemaakt met de ontwikkeling van een nieuwe generatie apparatuur voor vliegproeven.

Vliegproeven (met NLR-apparatuur) worden ook uitgevoerd voor de Koninklijke luchtmacht en de Koninklijke marine.

Verdere activiteiten op het gebied van de vliegtuigontwikkeling concentreren zich op ontwerpmethoden van moderne computergesteunde besturingssystemen ('fly-by-wire'), de ontwikkeling van de moderne cockpit en de rol van de vlieger.

Het onderzoek naar optimale samenwerking tussen de mens en de (geautomatiseerde) systemen, het 'human factors'-onderzoek, vormt een werkgebied van het NLR dat zich snel uitbreidt.

Geluidhinder is een factor van belang bij de ruimtelijke ordening van het dichtbevolkte Nederland. Daarnaast, en naar de emissies van vliegtuigmotoren in de atmosfeer wordt door het NLR onderzoek verricht.

Reeds lange tijd wordt assistentie verleend aan de Rijksluchtvaartdienst (RLD) en aan Eurocontrol op het gebied van de luchtverkeersleiding. Het betreft onder meer het bepalen en voorspellen van de positie van vliegtuigen uit radargegevens ('trackers'), het evalueren van radars en verkeersleidingssystemen, het ontwikkelen van nieuwe functies die de verkeersleider kunnen helpen bij zijn taak en het assisteren van de RLD in internationale panels.

Met Eurocontrol in een voortrekkersrol en met steun van de Europese Gemeenschappen wordt gewerkt aan een stroomlijning van het Europese verkeersleidingssysteem. Daarbij wordt uitgegaan van een vergaande integratie van het vliegtuig- en het grondstelsel, die via een 'data link' met elkaar zijn verbonden. Door Eurocontrol is het initiatief genomen tot het PHARE-project (Project for Harmonized Air traffic management Research in Eurocontrol), waarin (voorlopig) de research-capaciteit van Frankrijk, Duitsland, Engeland en Nederland zijn gebundeld. Het NLR richt binnen PHARE zijn aandacht vooral op de integratie van de mens en de apparatuur, zowel in het vliegtuig als op de grond. Afstemming met de Amerikaanse Federal Aviation Administration (FAA) wordt nagestreefd.

Het NLR verricht veel onderzoek met de Vluchtnabootser en het Metro II-laboratoriumvliegtuig naar mogelijkheden van het Microwave Landing System, de toekomstige vervanger van het huidige Instrument Landing System. In opdracht van zowel de RLD als de FAA worden vragen op dit gebied door middel van simulaties en vliegproeven beantwoord.

Het NLR ondersteunt met zijn technische kennis op het gebied van vliegtuigen, vliegtuigsystemen, wapensystemen, vliegtuigoperaties en 'human factors' de Koninklijke luchtmacht bij de analyse, evaluatie en aanpassing van trainingsprogramma's, instructie en onderwijs, en bij ongevalsonderzoek.

In verband met de Nederlandse deelname in de ontwikkeling van de NAVO-helikopter NH90, worden ontwikkelingswerkzaamheden uitgevoerd in nauwe samenwerking met Fokker en DAF.

Het NLR assisteert gebruikers van helikopters (KLM, KLu, KM) bij specifieke problemen, zoals het bepalen van veilige vliegprocedures in bijzondere omstandigheden.

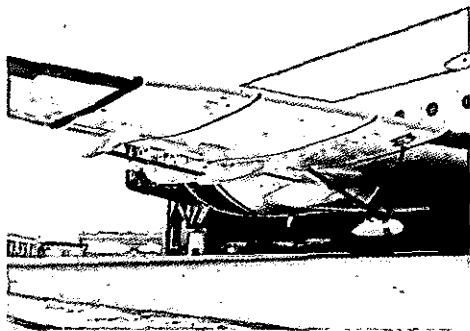
De ontwikkelingen van de onderzoekinstallaties ART (Avionics Research Testbed), RFS (Research Flight Simulator) en NARSIM (NLR ATC Research Simulator); die door middel van 'data links' zullen worden gekoppeld, worden ten behoeve van het onderzoek naar het geïntegreerde luchtvervoerssysteem van de toekomst nauw op elkaar afgestemd.

Vliegtuigontwikkeling

Vliegproeven en vliegproefinstrumentatie

Evaluatie en certificatie van de Fokker 50 en Fokker 100

De vliegproeven met de Fokker 50 en de Fokker 100, waarbij het Meet-, Registratie- en Verwerkingssysteem (MRVS) wordt gebruikt, werden voortgezet in verband met verdergaande ontwikkeling en nieuwe klanteneisen.



De vleugel, voorzien van een geïnstrumenteerde mof, van een prototype van de Fokker 100 voor onderzoek van laminaire stroming. Achter de vleugelmof is een instrumentatiebalk bevestigd, en op de romp en onder de vleugel is een infrarood-camera gemonteerd.

Een NLR-team verzorgde tijdens deze vliegproeven de bediening van het NLR-gedeelte van de MRVS-instrumentatie aan boord van de vliegtuigen. Door het NLR werd voorts gewerkt aan kalibraties, onderhoud van hardware en software, wijziging van bestaande meetsystemen, administratie en documentatie van de meetsystemen en de verwerking van meetgegevens.

Fokker 50

Diverse beproevingen werden uitgevoerd met betrekking tot de KNS 660 autopilot, de Electronic Engine Control en het Traffic Collision Avoidance System. Voorts werden proeven uitgevoerd voor het meten van antenne-diagrammen en werden voorbereidingen getroffen voor de instrumentatie voor de nieuwe P&W 127-motor. Vanaf het vliegveld Gardermoen bij Oslo vonden ontziingsvliegproeven plaats.

Het onderzoek naar ijsafzetting in de motorinlaat van de Fokker 50 werd voortgezet. Hiertoe werd een videocamera in de motorinlaat van een operationeel vliegtuig van een luchtvaartmaatschappij ingebouwd, waarmee onder ijscondities opnamen werden gemaakt.

De twee door het NLR voor de Fokker 50 ontwikkelde Production Flight Test meetsystemen (PFT) werden ingezet bij de eindtest van de serievliegtuigen en voor kleinere, speciale beproevingen met serievliegtuigen.

Fokker 100

Vliegproeven met de Fokker 100 betroffen het Automatic Flight Control and Augmentation System (AFCAS) en het Flight Management System (FMS). Een omvangrijk programma van baanprestatie metingen werd uitgevoerd in Granada (Spanje) in verband met de certificatie van een verhoogd maximum startgewicht. Het NLR verzorgde hierbij de nauwkeurige bepaling van de vliegbaan en het vastleggen van de meteo-gegevens. Hiertoe was ook een NLR-grondploeg aanwezig.

Met één van de eerste Fokker 100's van American Airlines werd een aantal starts en landingen uitgevoerd voor geluidsmetingen op het vliegveld van Orange County (Californië, USA). De assistentie van het NLR hierbij betrof het bepalen van de vliegbaan met behulp van een klein meetsysteem.

De twee door het NLR voor de Fokker 100 ontwikkelde Production Flight Test (PFT)-meetsystemen werden bij vrijwel alle testvluchten met de Fokker 100-serievliegtuigen ingezet. Een derde PFT-systeem werd afgeleverd.

European Laminar Flow INvestigation (ELFIN)

Als subcontractor van Fokker verzorgde het NLR de meetinstrumentatie voor de vliegproeven t.b.v. het ELFIN-project, dat in een samenwerkingsverband van vele vliegtuigfabrikanten, onderzoeksinstituten en universiteiten wordt uitgevoerd als onderdeel van het BRITE/EURAM-programma van de EG. De vliegproeven vonden plaats met één van de Fokker 100-prototypen, waarvan een vleugel was voorzien van een mof die was ontworpen voor het handhaven van een laminaire stroming over een groot deel van de vleugelkooord. Aan de mof waren eerder metingen uitgevoerd in een windtunnel.

Bij vliegproeven werden op honderden plaatsen drukken gemeten. Een tweede meet- en registratiesysteem verzorgde het vastleggen van de hoogfrequente meetgegevens van de 'hot-film' anemometers.

Een drietal meetvluchten werd met succes uitgevoerd. De meetgegevens werden bij het NLR bewerkt en vervolgens ter beschikking gesteld van de deelnemers aan het ELFIN-project.

MRVS-90

Begonnen werd met een project met de naam MRVS-90, dat de modernisering beoogt van het huidige Meet-, Registratie-, en Verwerkingssysteem in verband met door Fokker aangekondigde nieuwe vliegtuigprogramma's. In nauwe samenwerking met Fokker werden functionele specificaties opgesteld en werd een haalbaarheidsstudie uitgevoerd. Op basis hiervan werd begonnen met het opstellen van een projectdefinitie. Hierbij richt men zich op een vliegproevenprogramma van een Fokker 100-variant, waarmee in de tweede helft van 1993 zal worden begonnen.

Ondersteuning bij militaire vliegproeven

Het NLR assisteert de Koninklijke luchtmacht bij diverse vliegproevenprogramma's.

In opdracht van Hollandse Signaal Apparaten B.V. werd meetinstrumentatie geleverd voor proeven met een helikopter.

Beproevingen-, meet- en analysetechnieken voor onderzoek in de vlucht

De resultaten van AGARD-Werkgroep 18, 'Rotorcraft System Identification' werden gepresenteerd in de 'AGARD Lecture Series, No. 178' in München, Rome en Washington. Aan deze lezingencyclus werd door een NLR-medewerker bijgedragen.

Op basis van het NAVSTAR Global Positioning System (GPS) wordt een nauwkeurig baanbepalingssysteem voor gebruik bij vliegproeven ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de fase-informatie van de signalen van de GPS-satellieten, zodat een grotere nauwkeurigheid mogelijk wordt dan GPS in zijn standaardvorm biedt. Zowel op de grond als in de lucht werden enige oriënterende proeven uitgevoerd, vooral gericht op de selectie van de GPS-ontvangers met het oog op de dynamica van de vliegtuigbeweging.

De mogelijke toepassing van laser-Doppler-anemometrie bij aërodynamische metingen werd experimenteel onderzocht tijdens een proefvlucht met een laboratoriumvliegtuig. De resultaten geven aanleiding het onderzoek voort te zetten.

Vliegeigenschappen

Op voorstel van de GARTEUR Exploratory Group FM EG-10 is in april 1991 de Action Group FM AG-04, 'Low-Speed Lateral/Directional Handling Qualities Design Guidelines', opgericht. Deze Action Group heeft de voorbereidende werkzaamheden verricht voor het in GARTEUR-verband uit te voeren vluchtnabootseronderzoek naar laterale en directionele besturingseigenschappen van vliegtuigen voorzien van moderne, geavanceerde laterale/directionele (lat/dir) besturingssystemen. De werkzaamheden van FM AG-04 bestonden uit:

- het uitvoeren van een literatuurstudie naar criteria voor lat/dir-besturingseigenschappen en ontwerptechnieken voor lat/dir-besturingssystemen;
- het ontwerpen van enkele nieuwe, geavanceerde lat/dir-besturingssystemen voor handbestuurde civiele vliegtuigen;
- het verbeteren en aanpassen van het door FM AG-01 ontworpen Head-Up Display en Autothrottle;
- het opstellen van een voorlopig testplan voor de met de Vluchtnabootser uit te voeren experimenten;
- het opstellen van de Terms of Reference voor de Fasen II t/m IV voor een nieuw op te richten Action Group.

De Action Group heeft, na een bespreking met de industrie, deze Fase I-activiteiten in december 1991 afgesloten.

Ontwikkeling van mathematische modellen van vliegtuigen

In samenwerking met de faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TU-Delft (TUD-L&R) is verder gewerkt aan de bepaling van het aërodynamisch model van het Metro II-laboratoriumvliegtuig. Een voorlopig laatste serie meetvluchten werd uitgevoerd, waarbij de nadruk lag op het nauwkeurig meten van de trekkracht van de motoren. Nagenoeg alle metingen zijn inmiddels verwerkt, en de stabiliteits- en besturingseigenschappen zijn bepaald. Met de analyse van de resultaten werd een begin gemaakt. Daarbij worden de resultaten van verschillende meetseries onderling en met berekende coëfficiënten en afgeleiden vergeleken, en wordt de invloed van de motorwerking geanalyseerd.

Besturingssystemen

Geavanceerde stuurautomaten

In opdracht van het NIVR wordt een onderzoek van geavanceerde stuurautomaten uitgevoerd dat zich zowel op ontwerpconcepten als op ontwerpmethoden richt.

Als voorbeeld van het gebruik van de ontwerpmethode 'H-oneindig/mu-synthese' werd een besturingssysteem voor de langs- en de dwarsbesturing van een tweemotorig straalverkeersvliegtuig ontworpen, dat robuust is met betrekking tot aanzienlijke variaties van vliegsnelheid, hoogte, gewicht en zwaartepuntsligging. Het besturingsconcept dat aan dit besturingssysteem ten grondslag ligt, heeft de vorm van een volgsysteem voor snelheids-, baanhoek- en koershoekcommando's. Het systeem is voor automatische besturing te gebruiken in samenwerking met een '4D-NAV' navigatiesysteem. Door een geschikte koppeling met de stuurorganen en een aanpassing van het Primary Flight Display aan het besturingsconcept is het systeem eveneens te gebruiken voor handbesturing in een '4D-NAV' omgeving.



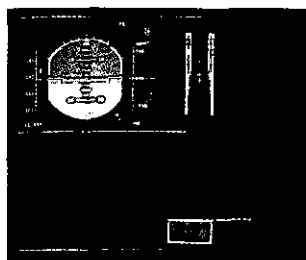
Opstelling voor onderzoek van Take Off Performance Monitors (TOPMs)

TOPM (Take-Off Performance Monitor)

In opdracht van het NIVR werd onderzoek verricht naar een Take-Off Performance Monitor (TOPM)-systeem. Dit systeem zal vliegers zodanig moeten informeren omtrent het verloop van de start, dat zij ingeval van een storing sneller de juiste beslissing kunnen nemen de start af te breken dan wel voort te zetten. Drie verschillende concepten met bijbehorende displays zijn ontwikkeld, van een concept waarin alleen het verschil tussen actuele en nominale prestaties weergegeven wordt (Type I) tot en met een concept waarin voorspellingen gedaan worden over de mogelijkheid de start af te breken dan wel voort te zetten (Type III). Met behulp van een grafisch werkstation (IRIS) werd een eenvoudige simulatie-opzet gemaakt. Hiermee wordt een studie uitgevoerd waarin de drie verschillende TOPM-typen onderling en met de huidige situatie (geen TOPM) vergeleken worden.

Windshear

In het kader van een Windshear Masterplan, gesteund door het NIVR, de RLD, de KLM en het KNMI, werd op diverse terreinen onderzoek verricht. Door de KLM geleverde gegevens, afkomstig van een Aircraft Condition Monitoring System (ACMS) in een Boeing 737, werden geanalyseerd op de aanwezigheid van 'windshear warnings'. Met behulp van aangepaste programmatuur voor data-processing, Kalmanfiltering en windshear-modelidentificatie werd in één geval een 'downburst'-achtige windshear geïdentificeerd. Een haalbaarheidsstudie werd verricht naar de mogelijkheid atmosferische turbulentiekenmerken te verkrijgen uit de ACMS-data. De ontwikkelingen op het gebied van 'forward-looking' windshear detectie en 'windshear guidance and control' werden gevolgd.



Beeld van een TOPM nagebootst op een grafisch werkstation

De GARTEUR Flight Mechanics Action Group FM AG-05, 'Flight in Windshear Conditions', begon met haar werkzaamheden. Onderzoek zal worden gedaan naar

diverse aspecten van 'forward-looking' windshear detectie. Een haalbaarheidsstudie werd verricht naar de mogelijkheid gevallen van windshear (numeriek) te simuleren op meteorologische grondslag m.b.v. het zogeheten TASS-model van NASA.

Human Factors

De rol van de mens is in toenemende mate bepalend voor het rendement en de veiligheid van systemen in de luchtvaart.

In opdracht van het NIVR werd begonnen met de standaardisatie van methoden en technieken voor het meten en evalueren van de werkbelasting, met name in moderne cockpits. In opdracht van de Koninklijke luchtmacht werd een begin gemaakt met het ontwikkelen van analysemethoden teneinde de werkbelasting afhankelijk van missietypen in kaart te kunnen brengen. Tevens werd een Workload Assessment demonstrator for Pilots (WASP) in ontwikkeling genomen. In opdracht van de RLD werd gewerkt aan een eisenpakket voor vormgeving en functionaliteit van toekomstige consoles voor de verkeersleiding.

In het kader van het Europese programma FANSTIC (Future ATC, New Systems and Technologies in Cockpit) werd samen met Fokker gewerkt aan een ontwerp voor een 'human centered' display voor communicatie met behulp van een data link. Dit display is speciaal bedoeld voor het veilig en overzichtelijk uitvoeren van onderhandelingen over gewijzigde vluchtplannen.

Een onderzoek werd verricht naar de informatiewaarde van het al dan niet bewegen van gashandles in vliegtuigen met een automatische voortstuwingsregeling.

In samenwerking met de US Federal Aviation Administration (FAA) en de Rijksluchtvaartdienst (RLD) werd begonnen met een vergelijkende studie naar verschillende implementaties van een data link met betrekking tot het mens/machine-interface.

Gewerkt werd aan de ontwikkeling van een 'eye tracking'-systeem gebaseerd op geavanceerde beeldverwerkingstechnieken.

Toepassing van spraak

Het Instituut voor Zintuigfysiologie (IZF) van TNO voert in samenwerking met het NLR een onderzoek uit naar de toepassingsmogelijkheden van spraak voor bedieningsdoeleinden in cockpits van gevechtsvliegtuigen.

Vliegtuiggebruik

Laboratoriumvliegtuigen

Beechcraft Queen Air 80

Met het Queen Air-laboratoriumvliegtuig werden vliegproeven uitgevoerd met betrekking tot het gebruik van GPS voor nauwkeurige navigatie zoals nodig is voor aardobservatievluchten.

Voorts werden metingen verricht met CAESAR (CCD Airborne Experimental Scanner for Applications in Remote Sensing), en werden inleidende proeven uitgevoerd voor het gebruik van Laser Doppler Anemometrie (LDA) en een data link.

Tevens werden vliegproeven uitgevoerd voor het tweedejaars-practicum van studenten van de faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TU-Delft.

Fairchild Metro II

Een serie meetvluchten werd uitgevoerd ter bepaling van de vliegeigenschappen van de Metro II.

Metingen werden uitgevoerd met CAESAR, onder andere boven het Zwarte Woud. De beproeving van PHARS (Phased Array Research System) werd voortgezet.

Tevens werden twee series meetvluchten uitgevoerd boven het zeegebied voor de Noorse kust.

Een grote serie vluchten werd uitgevoerd voor de operationele beproeving van GPS gecombineerd met andere navigatie-systemen.

Voorts werden twee MLS-meetvluchten uitgevoerd op de Londense luchthaven Heathrow.

Milieubelasting door vliegtuiggebruik

Berekening van de geluidsbelasting

Voor de grote civiele luchtvaartterreinen, de vliegvelden voor de kleine luchtvaart en enkele militaire luchtvaartterreinen werd de geluidsbelasting voor de actuele situatie berekend, voor het merendeel in opdracht van de Rijksluchtdienst en het Ministerie van Defensie.

In opdracht van de Gemeente Rotterdam werd een groot aantal berekeningen van de geluidsbelasting uitgevoerd voor een mogelijke nieuwe luchthaven aan de noordrand van Rotterdam; de resultaten zijn gebruikt voor een Milieu Effect Rapportage. Voorts werd voor een groot aantal andere luchtvaartterreinen de geluidsbelasting bepaald voor situaties in de toekomst.

Meting en controle

In opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer werd het beheer verzorgd van de geluidmeetnetten in de nabijheid van de vliegbases Geilenkirchen en Brüggen. De NV Luchthaven Schiphol werd geassisteerd bij het ontwerp en de realisatie van een geluidmeetnet rond de luchthaven Schiphol.

Berekening luchtverontreiniging

In opdracht van de Rijksluchtdienst werd onderzoek uitgevoerd naar de emissie van uitlaatgassen door motoren van diverse vliegtuigtypen tijdens verschillende stadia van de vlucht.

Luchtverkeersleiding

Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van de luchtverkeersleiding wordt al vele jaren uitgevoerd voor de RLD en Eurocontrol, en nu ook in toenemende mate binnen programma's van de EG, veelal in samenwerking met Europese industrieën en researchinstituten. Het werkgebied heeft betrekking op een groot deel van de totale Air Traffic Management-keten, en betreft vliegtuigmodellen, radarmodellen, 'surveillance', simulatie en automatisering van Air Traffic Control, de 'controller working position', Aeronautical Telecommunications Network, 'data link' en 'human factors'.

Experimenteel Flight Management Systeem (EFMS)

In het kader van het 'Programme for Harmonized Air traffic management Research in Eurocontrol' (PHARE) wordt deelgenomen aan de EFMS Development Group. Naast Eurocontrol zelf participeren instituten uit Duitsland, Engeland, Frankrijk en Nederland. De bijdrage van het NLR spitst zich toe op de digitale data link en op een Primary Access Terminal (PAT) voor de interactie van de vlieger met het EFMS. De systeemintegratie zal bij het Defence Research Agency in Bedford (UK) plaatsvinden. De ontwerpfase van het EFMS-project is inmiddels afgesloten, en met de realisatiefase is een begin gemaakt. Door het NLR werd een emulatie van een PAT ontwikkeld voor laboratoriumtoepassingen en aan de deelnemende instituten beschikbaar gesteld. Voor het toekomstig gebruik van het EFMS in het Metro II-laboratoriumvliegtuig is een aërodynamisch model van dat vliegtuig opgesteld.

Data link

In opdracht van Eurocontrol werden specificaties opgesteld voor een experimentele 'data link' tussen het vliegtuig en luchtverkeersleidingssystemen op de grond in het kader van de ontwikkeling van een Experimenteel Flight Management Systeem (EFMS).

Ondersteuning van RLD/Eurocontrol

Het werk in opdracht van Eurocontrol met betrekking tot het PHARE Aircraft Model Interface (PAMI) voor vliegtuigmodellen werd voltooid; Eurocontrol zal nog een aanvullende opdracht verstrekken voor de introductie van PAMI.

Met NASA Ames werd een overeenkomst gesloten voor gezamenlijk onderzoek met het door Ames ontwikkelde CTAS Traffic Advisory System voor de Nederlandse ATM-situatie. Twee werkstations werden aangeschaft voor het installeren van de CTAS-software naast de NARSIM-faciliteit. Inmiddels is een promovendus van de TU-Delft samen met een NLR-medewerker bezig de omgeving van Schiphol in te passen in CTAS, met het doel een toepasbaarheidsonderzoek te kunnen uitvoeren met betrekking tot het Nederlandse luchtruim. Later zullen aspecten van het mens/machine-interface en 'human factors' worden onderzocht.

De werkzaamheden in opdracht van de RLD voor het opstellen van specificaties voor een nieuw luchtverkeersleidingssysteem werden afgerond. Het onderzoek met de NLR ATC Research Simulator (NARSIM) met betrekking tot de wijze van presentatie en de invoermedia werd voortgezet.

De specificatie van een voor de verkeersleiders ontwikkelde methode voor planningsconflictdetectie kwam gereed, evenals de specificatie van de op NARSIM geïmplementeerde 'Short Term Conflict Alert'-functie (STCA).

De door het NLR ontwikkelde JUMPDIF Tracker werd door de RLD gebruikt voor het definiëren van prestatiegetallen voor de nieuwe ARTAS Tracker/Server van Eurocontrol. Het NLR werkt samen met Thomson-CSF bij het uitbrengen van een offerte voor het ARTAS-systeem.

De verbetering van het rekenprogramma MURATREC (Multi-Radar Trajectory Reconstitution) met Mode-of-Flight baanreconstructie werd gereedgemaakt voor acceptatiebeproeving door Eurocontrol. Voorbereidingen werden getroffen voor de beproeving van het tracker-kwaliteitsmeetsysteem TRAQUME met 'live' radar data.

Vorbereidingen werden getroffen voor het presenteren op NARSIM Displays van 'real time' RADNET-data afkomstig van de radarinstallaties van de RLD in Leerdam, De Kooy en Schiphol.

In opdracht van de RLD werd deelgenomen aan de werkzaamheden van een aantal internationale organisaties. Een medewerker van het NLR is namens de RLD 'Panel member' van het 'SSR Improvement and Collision Avoidance Systems (SICAS)-Panel' van de ICAO. Deelgenomen werd aan de werkzaamheden in het programma EASIE (Enhanced Air Traffic Management and Mode S Implementation In Europe) van Eurocontrol, dat de implementatie van SSR mode S, inclusief mogelijkheden voor een data link tussen vliegtuigen en grondsystemen binnen Europa, voorbereidt.

Op verzoek van Eurocontrol werd deelgenomen aan vergaderingen van de Vertical Separation Studies Group (VSSG). De activiteiten van de VSSG richten zich, na het beschikbaar komen van de geëvalueerde resultaten van de diverse datacollecties, op de feitelijke implementatie van het tot 1000 voet verlaagde verticale separatieminimum boven Flight Level 290. Naast het onderzoek op het

gebied van de verkeersleidingsprocedures werd vooral gewerkt aan het voorbereiden van de 'Altimetry Specifications' voor de fabrikanten van avionica en van het installeren van 'Monitoring Sites' waarmee de autoriteiten de in de praktijk optredende verticale deviaties van de vliegtuigen kunnen bewaken.

Door het NLR werd begonnen met de ontwikkeling van een prototype van een onafhankelijke hoogtemonitor, een Dual-synchronised Autonomous Monitoring System (DAMS). Deze maakt gebruik van primaire (scheeps)radars. Voorts werden digitale simulatiestudies uitgevoerd naar de effectiviteit van hoogtebewaking, dat wil zeggen de risicoverlaging door detectie en eliminatie van grote systematische hoogtefouten, bij verschillende waarden van diverse systeemparameters zoals het percentage van het verkeer dat bewaakt is en de nauwkeurigheid van de hoogtemonitors.

Start- en landingshulpmiddelen

MLS (Microwave Landing System)

Met het Metro II-laboratoriumvliegtuig werden vliegproeven uitgevoerd op London Heathrow Airport als vervolg op de MLS-vliegproeven uitgevoerd in 1990. Het doel van de proeven was het onderzoeken van de operationele mogelijkheden van 'computed centre line approaches' en het demonstreren van enkele met MLS toe te passen interceptieprocedures. Deze nieuwe procedures hebben als potentiële voordelen de mogelijke reductie van de geluidsbelasting op de grond en de reductie van het noodzakelijke radiotelefonie-verkeer tussen de luchtverkeersleiding en het vliegtuig.

Tevens werden twee verschillende berekenings-implementaties getest, waarvan één in een commercieel verkrijgbare MLS-ontvanger.

De onderzoekingen werden uitgevoerd in opdracht van de Rijksluchtvaartdienst, de Britse Civil Aviation Authority, het Britse Ministry of Defence, de US Federal Aviation Administration en de Duitse Bundesanstalt für FlugSicherheit. Gebruik werd gemaakt van Canadese apparatuur. De reacties van de deelnemende vliegers waren zeer positief.

In een gezamenlijke opdracht van de RLD en de FAA werd een onderzoek met de vluchtnabootser voltooid, waarbij vier gekromde naderingspaden en twee MLS-vertrekprocedures werden geëvalueerd.

De scenario's waren gebaseerd op situaties van bestaande vliegvelden: John F. Kennedy International en La Guardia bij New York, en Schiphol.

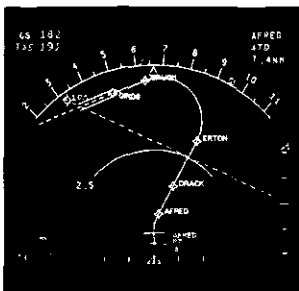
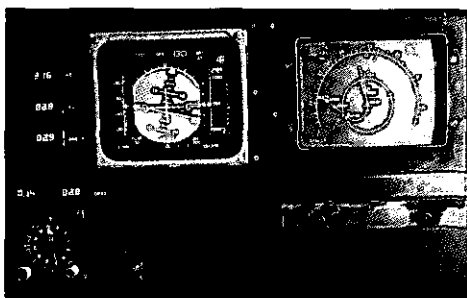
Dit onderzoek werd verricht om meer inzicht te verkrijgen in:

- het vermogen van de bemanning om verborgen storingen op te sporen en erop te reageren;
- de vliegerprestaties en -acceptatie ingeval van het optreden van storingen in navigatie- en geleidingshulpmiddelen;
- de vliegerprestaties in het geval dat een complexe (gekromde) naderingsvlucht moet worden gevolgd met één uitgevallen motor.

Ten behoeve van dit onderzoek werd de Vluchtnabootser geprogrammeerd met de vlieg- en besturingseigenschappen van een groot verkeersvliegtuig (Boeing 747-200). De resultaten van dit onderzoek worden onder meer gebruikt om de ICAO (International Civil Aviation Organization) en de RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) van informatie te voorzien omtrent de gebruiksmogelijkheden van MLS.

Het NLR neemt actief deel in een comité van RTCA dat tot taak heeft een document op te stellen, waarin de minimumeisen voor MLS-boord-navigatie-apparatuur worden vastgelegd.

Primary Flight Display en navigatiedisplay die zijn gebruikt bij onderzoek naar het Microwave Landing System met de Vluchtnabootser



Navigatiedisplay voor onderzoek van het Microwave Landing System met de Vluchtnabootser



Mock-up van de NH90, de NAVO-helikopter voor de jaren 90

Ongevallenonderzoek

Ter ondersteuning van de Koninklijke luchtmacht bij het onderzoek van vliegtuigongevallen wordt een 'Accident Investigation Manual' opgesteld. In het 'Manual' worden ervaringen van zowel KLu- als NLR-specialisten vastgelegd in de vorm van procedures en technieken, met als doel een verbeterde efficiëntie van het ongevallenonderzoek.

Technisch onderzoek werd uitgevoerd in verband met een aantal ongevallen die in 1991 plaatsvonden.

Training

Ondersteuning werd verleend aan de Koninklijke luchtmacht tijdens de oefeningen RED FLAG, TACPOL en INTERPOL, onderdelen van de Integrated Combat Training (ICT). Deze ondersteuning omvatte het geven van assistentie bij de organisatie en voorbereiding van de oefeningen, het geven van briefings en het evalueren van de gevlogene missies. Ook verzorgde het NLR de analyse van de resultaten van de oefeningen en de eindrapportage.

Medewerkers van het NLR verzorgden de colleges Technische Systeem-Integratie voor de Koninklijke Militaire Academie (KMA).

Voor de studierichting Operatiën van de KMA werd een practicum 'Militaire Luchtoperaties' gegeven bij het NLR.

Helikopters

Een bijdrage werd geleverd aan de studie 'Helicopter rotor/fuselage interactional aerodynamics' van BRITE/EURAM.

Deelgenomen werd aan de werkzaamheden van de 'Helicopter Group of Responsables' van GARTEUR. Bijdragen werden geleverd in GARTEUR HC EG-10, 'Helicopter Performance Modelling', HC EG-12, 'Helicopter Vibration Prediction and Methodology', HC EG-13, 'The Quiet Helicopter', en HC AG-06, 'Mathematical Modelling for the Prediction of Helicopter Flying Qualities'.

Voortgegaan werd met de ontwikkeling van een mathematisch helikoptermodel ten behoeve van de Vluchtnabootser. Voor het realiseren van de helikopter-vluchtnabootser zal zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van elementen van de bestaande vluchtnabootser van het NLR.

Assistentie werd verleend aan de RLD in de Helicopter Airworthiness Study Group (HASG) bij het opstellen van JAR 27 en 29.

In samenwerking met Fokker en DAF Special Products werd deelgenomen aan de werkzaamheden ter voorbereiding van de 'Design and Development'-fase van het NH90-project voor een NATO-helikopter voor de jaren '90. Het NLR leverde bijdragen in diverse technische voorstudies van dit Europese samenwerkingsproject. In opdracht van de Koninklijke marine werd ondersteuning verleend aan het Projectbureau voor het NH90-project.

In opdracht van KLM Helikopters werd verder gewerkt aan een studie van de Sikorsky S-76B-helikopter in geval van motorstoring.

Ter ondersteuning van de besluitvorming van de Koninklijke luchtmacht en Koninklijke landmacht bij de mogelijke aanschaffing van transporthelikopters werd medewerking verleend bij het voorbereiden van de uit te voeren evaluaties. Ten behoeve van de KLu werd een bijdrage geleverd in de evaluatie van 'Search and Rescue'-helikopters.

Voorts werden werkzaamheden verricht met betrekking tot helikopter/schip-operaties en het ontwerpen van een tweetal scheepsklassen voor de Koninklijke marine.

Outillage

Nieuw laboratoriumvliegtuig

De besprekingen met de faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TU-Delft over het gezamenlijk aanschaffen en exploiteren van een nieuw laboratoriumvliegtuig werden afgerond. Het koopcontract voor een Cessna Citation II werd goedgekeurd door het bestuur van het NLR en het College van Bestuur van de TU-Delft. Tevens werd een overeenkomst gesloten over de samenwerking op het gebied van het onderhoud van dit vliegtuig en de integratie van de vliegtuigonderhoudsdiensten van het NLR en de TU-Delft. Inmiddels is een Cessna Citation II besteld.

Het DELTA-project

Het zgn. DELTA-project betreft de onderlinge afstemming van de verdere ontwikkelingen van de Research Flight Simulator (RFS), het Metro II-laboratoriumvliegtuig als Avionics Research Testbed (ART) en de NLR Air Traffic Control Research Simulator (NARSIM). Deze installaties zullen worden ingezet bij nationale en internationale onderzoeksprogramma's waaronder het Programme for Harmonized Air Traffic Management Research in Eurocontrol (PHARE) en bij opdrachten van de FAA.

AAI (Avionics-ATC Integratie)

Ter voorbereiding van de deelname in PHARE werd begonnen met een project voor Avionics-ATC Integratie. Hierbij worden systemen in de Research Flight Simulator (RFS) en het Metro II-laboratoriumvliegtuig gekoppeld aan de NLR ATC Research Simulator (NARSIM) op zodanige wijze dat data kunnen worden uitgewisseld. Met deze koppeling kunnen de identificatie en de positie van de RFS en het laboratoriumvliegtuig worden doorgegeven aan NARSIM. Bovendien zal de infrastructuur voor het uitwisselen van berichten (meteo-informatie, trajectoriegegevens) tussen het Experimenteel Flight Management Systeem (EFMS) en het ATC-systeem worden gerealiseerd. De verbinding tussen de RFS en NARSIM bestaat uit een twee-weg spraaklijn voor het radioverkeer en een RS 232-datalijn voor het verzenden van radargegevens. Tussen het laboratoriumvliegtuig en de grond werd een VHF dataverbinding gerealiseerd.

NARSIM (NLR ATC Research Simulator)

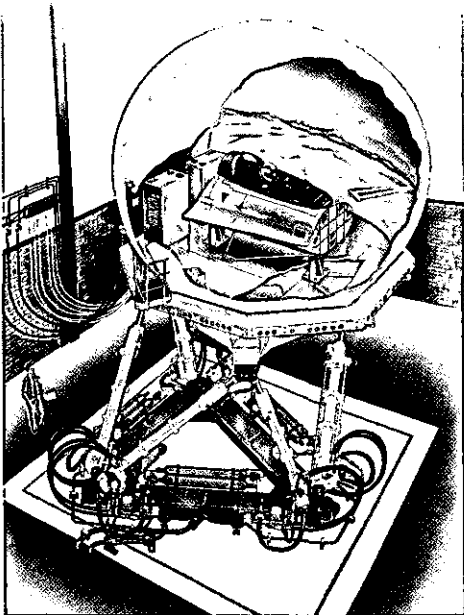
Bij NARSIM werden twee nieuwe schijfeenheden en een 'back-up'-eenheid geïnstalleerd. De opbouw van de software werd voortgezet.

ART (Avionics Research Testbed)

Ingrijpende wijzigingen zijn nodig om de cockpit van het Metro II-laboratoriumvliegtuig om te bouwen tot Avionics Research Testbed. Het Flight Mode Panel werd verder verbeterd en voltooid. Er werd een test uitgevoerd met VHF-apparatuur voor het onderhouden van een experimentele digitale dataverbinding tussen het vliegtuig en de grond. Zend- en ontvangst-apparatuur werden aangeschaft. Voorbereidingen werden getroffen voor het installeren van het EFIS-navigatiedisplay in het instrumentenpaneel.

NSF (Nationale Simulatie Faciliteit)

In opdracht van de CODEMA (Commissie Ontwikkeling DEFensie MAterieel) werd een Pre-feasibility studie uitgevoerd voor de ontwikkeling en exploitatie van de Nationale Simulatie Faciliteit (NSF). Het resultaat van deze studie was een voorstel voor de ontwikkeling van een NSF, waarmee zowel 'High-Performance



'Artist's View' van de Nationale Simulatie Faciliteit met de cockpit van een F-16

Fighter'-vliegtuigen als transportvliegtuigen en helikopters gesimuleerd kunnen worden, en eventueel ook aardgebonden voertuigen. Aangezien de omvang van het project en de financiële consequenties de CODEMA-regeling te boven gingen, werd na overleg besloten om als eerste fase een zgn. 'Basic Nationale Simulatie Faciliteit' te ontwikkelen voor simulatie van de F-16. In latere fasen kan de installatie verder worden uitgebreid met mogelijkheden voor laagvliegen, 'Mission-rehearsal', helikopter- en voertuigsimulatie. In november 1991 werd dit voorstel door de CODEMA goedgekeurd, waarna een begin werd gemaakt met de realisering van de 'Basic NSF', welke medio 1994 voltooid moet zijn.

Het bewegende platform van het bewegingsmechanisme met zes graden van vrijheid, dat de basis vormt voor de NSF, werd voorzien van een 'maintenance catwalk' met railing, en bevestigingsbokken om de huidige eenpersoonsstuurhut te kunnen monteren. Het Flight Simulator Interface System (FSIS) is bij de fabrikant beproefd en vervolgens naar het NLR getransporteerd, waar inmiddels met de koppeling aan de computer begonnen is.

Helikoptersimulatie

Een begin werd gemaakt met de validatie van het helikoptersimulatiemodel voor de Vluchtnabootser. Simulatieresultaten en resultaten van vliegproeven stemmen over het algemeen overeen.

Gewerkt werd aan een methode waarmee het zeer rekenintensieve helikoptermodel in 'real-time' kan worden berekend, waardoor binnenkort simulaties met 'pilot-in-the-loop' tot de mogelijkheden gaan behoren.

Voorzieningen voor vliegproeven en voor verwerking van vliegproefgegevens

Een in eigen beheer ontwikkelde 5-gaten-probe voor het richtingsafhankelijk meten van luchtsnelheden met een hogere frequentie-inhoud kwam gereed voor beproeving.

Voor het uitvoeren van metingen tijdens helikopter/schip-kwalificatieproeven werd een nieuw pakket ontwikkeld voor het registreren en verwerken van de meetgegevens afkomstig van het schip. Met de ontwikkeling van een nieuw helikoptermeetsysteem werd begonnen.

De programmatuur voor de verwerking van vluchtgegevens op het Data Verwerking's Station Vliegproeven (DVSV) is omgezet naar het nieuwe 32-bits besturings-systeem van de MODCOMP 32/85 computer en in gebruik genomen.

Begonnen werd met een onderzoek naar de eisen aan en mogelijke opzet van een vernieuwd DVSV.

Ijk- en beproevingsapparatuur

De jaarlijkse controle door de Nederlandse Kalibratie Organisatie (NKO) van de drukkalinbratie-opstelling is gunstig verlopen. Deelgenomen werd aan de technische commissies voor 'Temperatuur- en Vochtmeting' en 'Drukmeting' van het NKO.

Het kwaliteitshandboek voor de NKO-erkenning van het Kalibratielaboratorium van de afdeling Vliegtuiginstrumentatie werd voltooid.

De procedures voor het testen van elektrische filters werden verbeterd en opnieuw beschreven. Een nieuwe versie van de programmatuur voor druklijken kwam gereed.

Voor interne en externe opdrachtgevers (vooral Fokker) werden vele kalibraties verricht.

3.3 Constructies en Materialen

Algemene opmerkingen

De werkzaamheden op het gebied van constructies en materialen werden gekenmerkt door het Vliegtuig Technologie Programma (VTP). Met de ondersteuning van Fokker bij projecten op het gebied van de toepassing van composieten en gemengde laminaten en op het gebied van de beheersing van het cabinegeluid werd goede voortgang gemaakt.

De uitbreiding van de omvang van het Algemene Research Programma van het NIVR werd gebruikt voor het versnellen van enkele lopende onderzoeken op het gebied van composieten en optimalisatie van constructies. Ook werden nieuwe projecten voorbereid, gericht op de verbetering van methoden voor het bepalen van de schadegevoeligheid ('damage tolerance') van zowel metalen constructies als composiet-constructies.

De internationale samenwerking bij het onderzoek op het gebied van constructies en materialen kreeg nieuwe impulsen door een verzoek van de Amerikaanse Federal Aviation Administration (FAA) tot deelname aan het Aging Aircraft Research Program; inmiddels is begonnen met het uitvoeren van een eerste, tweejarig deelprogramma.

De uitvoering van projecten in GARTEUR-verband en in het kader van BRITE/EURAM, Joule en COST verliep veelal trager dan was gepland, als gevolg van tijdrovende coördinatie van de deelnemers. De opgedane ervaring werd gebruikt bij het voorbereiden van voorstellen voor deelname in nieuwe Europese samenwerkingsprogramma's.

Belastingen op vliegtuigen

Het onderzoek naar de invloed van het in rekening brengen van het meerdimensionale karakter van turbulentie op berekende remousbelastingen werd afgesloten. Voor het geval van een passagiersvliegtuig ter grootte van de Fokker 100 bleek een tweedimensionale modellering tot drie à acht procent lagere belastingen te leiden dan een eendimensionale modellering.

Begonnen werd met de ontwikkeling van een procedure waarmee het remouspatroon dat voor een bepaalde vliegtuigbelasting het meest kritiek is, direct uit 'Power Spectral Density'-gegevens kan worden afgeleid.

In opdracht van het NIVR werden eerder verzamelde vluchtmeetgegevens van de Fokker 100 uitgewerkt ter bepaling van operationele staartbelastingen. Als onderdeel van een onderzoek in opdracht van de RLD en de FAA naar de veiligheid van oudere vliegtuigen werd assistentie verleend bij het opstellen van een vluchtmeetprogramma voor 'commuter'-vliegtuigen in de Verenigde Staten.

Het levensduurbewakingsprogramma ten behoeve van de onderhoudsplanning voor F-16-vliegtuigen van de Koninklijke luchtmacht werd voortgezet. De éénkanaals-recorders worden geleidelijk vervangen door vierkanaals-recorders. Hiermee kunnen, naar keuze, naast de rek op één van de hoofdspanten ook andere vluchtparameters, zoals verticale versnelling, hoogte en snelheid worden geregistreerd. Dergelijke registraties zullen onder meer worden gebruikt bij een onderzoek naar de mogelijkheid de levensduur van de vliegtuigen gunstig te beïnvloeden door aanpassing van het operationele gebruik.

In overleg met een groot aantal buitenlandse industrieën en onderzoeksinstellingen werd een ontwerp van een referentie-belastingsvolgorde voor vliegtuigonderstellen voorbereid.

Dynamisch gedrag van constructies

Het onderzoek naar methoden voor het aanpassen van rekenmodellen voor de dynamische analyse van constructies op basis van gemeten modale parameters betrof vooral de relatieve invloed van verschillende aanpassingen en de mogelijkheid tot optimalisatie. De bereikte optima blijken, zoals verwacht, af te hangen van de gehanteerde optimaliteitscriteria maar overigens vrij indifferent te zijn.

In het kader van het Vliegtuig Technologie Programma werd begonnen met de ontwikkeling van methoden voor de analyse van geluidstransmissie door rompschaalconstructies, zowel voor de classificatie van verschillende constructievormen als voor het betrouwbaar ontwerpen.

Om de definitie van *damping* in materialen voor schaalconstructies te verbeteren wordt getracht temperatuurveranderingen ten gevolge van energiedissipatie te meten in gelaagd plaatmateriaal met vezelversterkte polymeerlagen (GLARE) met behulp van de thermo-elasticiteitsmethode.

Sterkte en stijfheid van constructies

In opdracht van het NIVR wordt onderzocht op welke wijze optimaliseringsmethoden kunnen worden toegepast bij het ontwerp van constructies. Daarbij wordt aandacht besteed aan zowel optimalisering van constructie-elementen in de eindfase van het ontwerpen als globale optimalisering in de voorontwerpfase.

Een rekenprogramma voor de optimalisatie naar gewicht van op druk belaste prismatische panelen, PANOPT, werd in overleg met Engineering van Fokker Aircraft gespecificeerd en gebruiksgereed gemaakt.

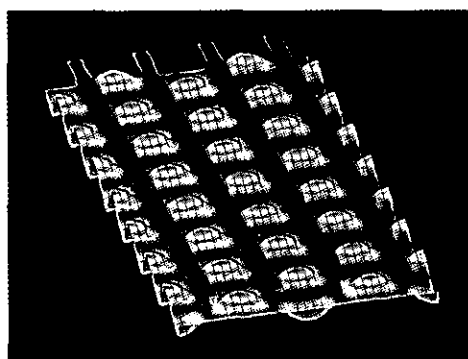
In samenwerking met de faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TU-Delft wordt onderzocht of het rekening houden met sterkte en stijfheid een belangrijke invloed heeft op de vliegtuigconfiguratie bij het voorontwerp. Daartoe wordt het voorontwerppakket ADAS van de TU voorzien van een constructiemodule gebaseerd op het eindige-elementenprogramma B2000, die bij het NLR is ontwikkeld.

In GARTEUR-verband (SM AG-13, *Structural Optimization*) wordt geïnventariseerd hoe optimalisatie op detailniveau geïntegreerd kan worden met optimalisatie op globaal niveau (multi-level optimalisatie).

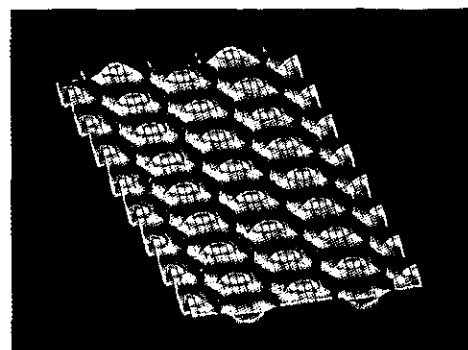
In opdracht van het NIVR wordt nagegaan hoe de stijfheid van composietpanelen wordt beïnvloed door kortgolfige plooien die onder drukbelasting kunnen ontstaan. Tijdens proeven onder drukbelasting en afschuifbelasting werd het vervormingsgedrag tot bezwijken waargenomen. Er was goede overeenstemming met het begin van het ontstaan van plooien dat was voorspeld met behulp van het rekenprogramma PANOPT; voor het nauwkeurig schatten van de bezwijkbelasting zal de rekenmethode moeten worden uitgebreid met bezwijkcriteria.

In het kader van het Vliegtuig Technologie Programma van het NIVR wordt nauw samengewerkt met Fokker bij het ontwikkelen van ontwerpmethoden voor de primaire vleugel- of staartvlakconstructie waarin composieten worden toegepast. Het NLR ontwikkelt en evalueert constructie-concepten voor huidpanelen, liggers en verbindingen tussen huidpanelen en verstijvers of ribben, en het ontwikkelt ontwerpmethoden hiervoor.

Eveneens in samenwerking met Fokker wordt een inventarisatie gemaakt van de beschikbare kennis en van concepten op het gebied van crashbestendige composietconstructies voor helikopters. De energie-opname per kilogram constructiemassa blijkt aanzienlijk hoger te kunnen zijn dan bij metalen constructies, mits voorzieningen worden getroffen voor een tijdig inzetten van het



Gewichtsoptimalisatie. Een composietpaneel dat zodanig is gedimensioneerd dat pas bij een voorgeschreven belasting plooing optreedt (foto boven). Door variatie van verstijver- en huidplaat-afmetingen werd een paneel ontworpen dat bij een 25 procent lager gewicht dezelfde plooielasting draagt, waarbij ook de verstijvers vervormen (foto onder).





Een liggerproefstuk waarin door middel van constructieve triggers zeer hoge pieken in de bezwijkbelasting worden vermeden, wat belangrijk is bij 'crash'-landingen van helikopters. Liggers met

golfvormige lijfplaten bestaande uit koolstof- en aramide-vezelversterkte epoxy blijken een aanzienlijk groter specifiek energieopnemend vermogen te hebben dan traditionele metalen constructies.

lokaal bezwijken. Het doel van het samenwerkingsproject is de ontwikkeling van een betrouwbare ontwerpmethode.

Schadegevoeligheid en scheurgroei

Veel aandacht wordt besteed aan de schadegevoeligheid van composieten. Aangezien fabricagedefecten en lokale beschadigingen in de praktijk niet geheel vermeden kunnen worden en de invloed van defecten op de statische sterkte aanzienlijk kan zijn, is schadegevoeligheid een belangrijke overweging bij ontwerpkeuzen.

Hoewel de ontwikkeling van steeds taaiere materiaalsystemen met een betere bestendigheid tegen schadevorming voortgaat, blijft het noodzakelijk schade te kunnen vaststellen en classificeren. Naast werkzaamheden ter verbetering van bestaande inspectiemethoden werden verkennende studies uitgevoerd op het gebied van nieuwe methoden: in samenwerking met AKZO worden de mogelijkheden van schadegevoelige coatings onderzocht.

Als onderdeel van het VTP-project 'torsie-box' werden reststerkteproeven uitgevoerd op laminaten van het thermoplastische composietmateriaal IM7/APC-2. De reststerkte van dit materiaal na inslag bij lage snelheden bleek groter te zijn dan die van traditionele thermohardende materialen, terwijl de druksterkte van dikke laminaten met geboorde gaten lager was.

De schadegevoeligheid van metalen constructies werd onderzocht in verband met het gebruik van oudere vliegtuigen. In overleg met Fokker werden lapnaadproefstukken met een breedte van ruim 50 cm gekozen voor beproeving onder twee-assige belasting. Het doel is het ontstaan van scheuren bij nagelgaten verder te bestuderen mede ter ondersteuning van modelvorming voor 'multi-site damage' (MSD). Met de RLD en de FAA werd overeenstemming bereikt over een tweejarig onderzoekprogramma dat moet leiden tot aanbevelingen over MSD-bestendige verbindingen en over reparaties in geval van lapnaadscheuren.

Het NIVR-onderzoek naar de voorspelbaarheid van scheurgroei in verstijfde plaatconstructies werd beëindigd. De verschillen tussen waargenomen en voorspeld scheurgroeigedrag rechtvaardigen de, inmiddels begonnen, verdere ontwikkeling van scheurgroeimodellen. Zowel het scheuropeningsgedrag als de effectieve spanningsintensiteit worden beïnvloed door de moeilijk te kwantificeren plasticiteit in verstijvers en lijmverbindingen en door lokale loslating.

Ondanks de superieure vermoeilingsweerstand van het gemengde laminaat ARALL, bestaande uit dunne aluminiumplaten en aramide-versterkte epoxylagen, is een methode voor het voorspellen van de resterende sterkte bij aanwezigheid van gaten of plaatscheuren in ARALL nodig. In het kader van een NIVR-opdracht is aan beide aspecten gewerkt. De reststerkte van constructiedetails waar bij de uitloop van metaallagen scheuren ontstaan, werd proefondervindelijk onderzocht. Voor de spannings- en vervormingstoestand bij gatranden werden berekeningen met eindige-elementenmodellen uitgevoerd.

In het kader van het eigen speurwerkprogramma werd onderzoek uitgevoerd naar de scheurgroei in metalen constructies bij zeer kleine scheurlengten.

In het kader van het project TA31 van de IEPG werd begonnen aan het ontwikkelen van 'life cycle concepts' voor onderdelen van gasturbines. Beoogd wordt een kwantitatieve beoordeling van de schadegevoeligheid mogelijk te maken door het bestuderen van de groei van kleine scheuren onder invloed van

belastingwisselingen die karakteristiek zijn voor turbiniewielen, in combinatie met kruipverschijnselen. Het doel van dit IEPG-onderzoek, waarbij ook motorfabrikanten zijn betrokken, is het evalueren van de bestaande mogelijkheden tot levensduurvoorspelling en van de ontwerpmethoden die zich het best lenen voor toepassing van levensduurbeheersing.

In het kader van het BRITE/EURAM-programma ACOUFAT (Acoustic fatigue and related damage tolerance of composites) werd het ontstaan van scheuren in ARALL-proefstukken bestudeerd onder gesimuleerde akoestische excitatie.

De opstelling waarmee de 'damage tolerance'-beproeving van de Fokker 100-staartconstructie wordt uitgevoerd, werd omgebouwd. Met de opstelling kunnen nu ook de belastingen worden gesimuleerd die bij het gebruik van straalomkeerders optreden. Begonnen werd met de tweede fase van het vermoeiingsprogramma, waarin vooral de schadetolerantie van de bevestiging van het stabilo aan het kielvlak wordt onderzocht.

Karakterisering van materiaalgedrag

De evaluatie van aluminium-lithiumlegeringen met betrekking tot breuktaaiheid, vermoeiingsscheurgroei en (spannings)corrosie-eigenschappen werd afgesloten. De onderzochte nieuwe generatie van schadetolerante legeringen blijkt de conventionele aluminiumlegering 2024-T3 niet zonder meer te kunnen vervangen.

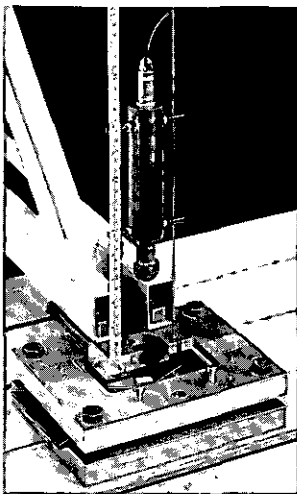
Een soortgelijke evaluatie van de nieuwe, goed vervormbare aluminiumlegering 6013 bracht aan het licht dat, ondanks een vergelijkbare vermoeiingsweerstand, de inferieure corrosieweerstand toepassingen zonder plaatleerlaag in de weg staat.

Gemengde laminaten met glasvezelversterkte tussenlagen in twee richtingen worden speciaal ontwikkeld met het oog op toepassing in rompconstructies. Ter beoordeling van het vermoeiingsgedrag onder twee-assige belasting werden geklonken rompnaadproefstukken vergeleken met soortgelijke proefstukken van ARALL en van het gangbare 2024-materiaal. Het toegepaste vermoeiingsspectrum bevatte behalve de twee-assige cabinedrukcycli ook eenassige belastingen die boven en onder in de romp optreden als gevolg van rompbuiging bij remousbelasting.

Bij composieten met een thermoplastische matrix zijn de mechanische eigenschappen bij kamertemperatuur onder meer afhankelijk van de graad van kristalliniteit die werd bereikt tijdens het aanmaken of vervormen; de afkoelsnelheid is daarbij een maatgevende factor. Gebleken is dat de kristalliniteit, zoals bepaald met behulp van 'differential scanning calorimetry', afneemt bij afkoelsnelheden groter dan 30°C per minuut. De invloed op breuktaaiheid en afschuifsterkte wordt nader onderzocht.

Ter ondersteuning van fabricage-onderzoek bij Fokker in het kader van het VTP werden de effecten onderzocht van veroudering van thermohardend composietmateriaal als gevolg van langdurige niet-gekoelde opslag tijdens fabricage. Ook werd onderzocht welke mate van vóóruitharding kan worden toegepast om het hanteren van onderdelen te vergemakkelijken.

Ten behoeve van de instandhouding van het F-16-vliegtuig werd in opdracht van de KLu vergelijkend onderzoek verricht naar de flexibiliteit, de hechting en de corrosiewerende werking van verfsystemen.



Geïstrumenteerd valgewicht voor onderzoek naar de gevoeligheid voor inslag schade van composieten.

Technische outillage op het gebied van Constructies en Materialen

Mechanische beproeving

De ontwikkeling van een opstelling voor de beproeving van romppanelen werd voortgezet met de ontwikkeling van een systeem van belastingsinleiding waarmee de verstoring van de gewenste belasting sterk wordt verminderd.

Voor het onderzoek van inslag schade in composieten werd een geïstrumenteerd valgewicht vervaardigd. In de beproevingsopstelling kunnen complete composietpanelen worden blootgesteld aan lokale inslag waarbij krachtverloop en energieopname nauwkeurig worden vastgesteld.

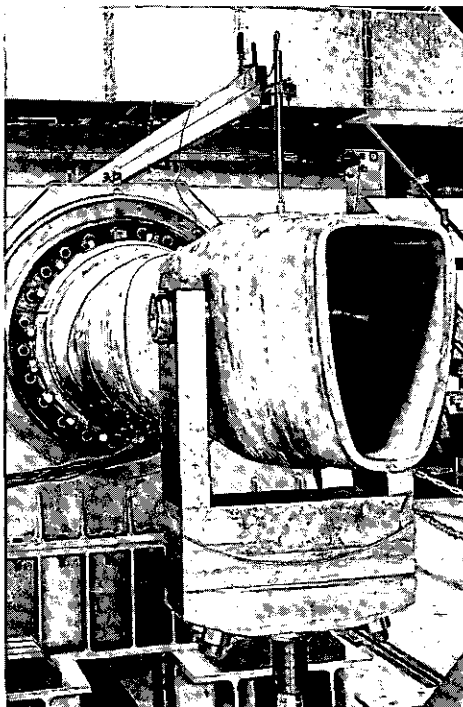
Voor de sturing van vermoeiingsproeven werd een intelligente functiegenerator ontwikkeld, gebruikmakend van een snelle PC en standaard apparatuur voor data-acquisitie en besturing. Voor de registratie van de op het proefstuk aangebrachte belastingsvolgorde werd een spectrumregistratieapparaat ontwikkeld.

Materiaalonderzoek

Het nieuwe transmissie-elektronenmicroscop werd voorzien van een verbinding met apparatuur voor energiedispersieve analyse. Voor de analyse van microscopbeelden werd een digitaal systeem voor beeldanalyse aangeschaft. Het zal ook worden gebruikt voor beeldmeting bij experimenteel vervormingsonderzoek.

Kwaliteitszorg en kalibratie

Het kwaliteitssysteem voor onderzoek van constructies en materialen werd verder ontwikkeld. Als onderdeel van het systeem van NLR-kwaliteitshandboeken werd het 'Quality Manual – Structures and Materials Division' in de eerste versie uitgegeven. Begonnen werd met het opstellen van werkvoorschriften. De procedures voor acquisitie, verwerking en presentatie van kalibratiegegevens werden geautomatiseerd. Ten behoeve van kalibraties op locatie werd de programmatuur geïnstalleerd op een draagbare computer.



De bladvoet van een 300 kW turbine met een rotordiameter van 26 m, die werd onderworpen aan een vermoeiingsbelastingsproef om de levensduur van de voorgespannen pen-in-gatverbinding te controleren. De bladvoetconstructie, inclusief de bevestiging aan de naaf, is een kritiek element van een windturbine-constructie.

3.4

Ruimtevaart

Inleiding

De werkzaamheden op het gebied van de ruimtevaart werden in 1991 bepaald door een beperkt aantal projecten. Voor de SAX-satelliet werd gewerkt aan de ontwikkeling van twee TSA-testsystemen (Test and Simulation Assemblies) en werden voorbereidingen getroffen voor de in 1992 uit te voeren tests met de standregelsoftware voor SAX.

Begonnen werd met de opbouw van het twee-fasenexperiment TPX dat in 1993 tijdens een vlucht met een Space Shuttle zal worden uitgevoerd.

Voorts werd in zeer korte tijd het Wet Satellite Model (WSM) gebouwd, dat inmiddels op 9 april 1992 met een sonderingsraket (MASER-5) is gelanceerd.

Vooruitlopend op de activiteiten voor het ruimtestation Columbus werd onderzoek verricht naar (semi)automatische onderzoeksmethoden met behulp van telescience, automatisering en robotica. Voor dit doel werd het ontwerp- en simulatiepakket ROBCAD aangeschaft.

Het nieuwe beeldbewerkingsstation RESEDA werd in gebruik genomen, waarvoor in samenwerking met de Nederlandse industrie de eerste fase van een nieuwe 'user interface' werd ontwikkeld. Het ontvangststation voor ERS-1 SAR Fast-Delivery data, radargegevens afkomstig van de European Remote Sensing Satellite, werd eveneens in gebruik genomen.

SAX, SAX-TSA, ISO

In opdracht van het NIVR en van Fokker Space & Systems (FSS) werkt het NLR mee aan de ontwikkeling van de Italiaans-Nederlandse Röntgensatelliet SAX. FSS is de onderaannemer voor het standregelsysteem (AOCS) van deze satelliet. Het NLR draagt hieraan bij door:

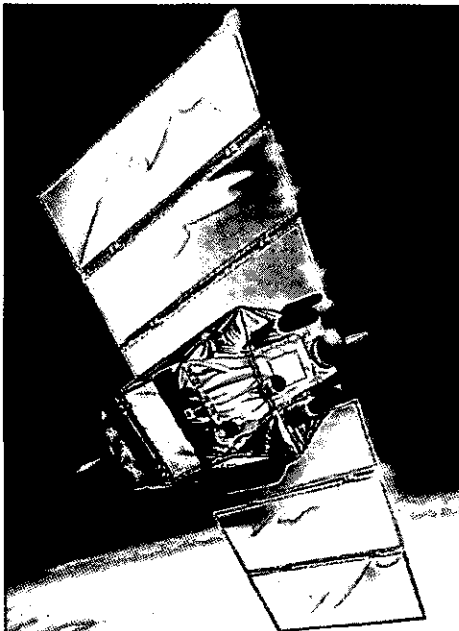
- de ontwikkeling van de applicatie-software voor het standregelsysteem;
- het integreren en testen van de software in een functioneel model van de AOCS-boordcomputer (FUMO), nadat hierin de 'basic' software is geïntegreerd;
- de ontwikkeling van de 'Test and Simulation Assembly' (TSA) voor deze tests.

De applicatiesoftware voor de AOCS bestaat uit twee delen: de Basic Attitude Control modules en de Extended Attitude Control modules. De eerste groep modules betreft de primaire standregelfuncties die nodig zijn voor de veiligheid van de satelliet, de tweede groep betreft de standregeling tijdens de waarnemingen. Bij het definiëren van de gebruikerseisen van beide delen werd ondersteuning verleend aan FSS. Het detailontwerp van de software-architectuur kwam gereed, en met het programmeren werd begonnen.

De 'Test and Simulation Assembly' (TSA) bestaat uit een z.g. 'Front End' bij de satelliet en een testcomputer, onderling verbonden via een Ethernet-verbinding. In de testcomputer worden de satellietbewegingen berekend die het gevolg zijn van de commando's die door de AOCS-boordcomputer aan de actuatoren worden gegeven. De resulterende gesimuleerde sensorsignalen worden via het 'Front End' teruggezonden naar de boordcomputer. De werking van de verschillende sensoren en actuatoren wordt door software modules gesimuleerd. In een later stadium van de ontwikkeling kunnen deze modules door de 'echte' hardware-componenten worden vervangen.

De SAX-TSA werd voorzien van een voorlopige versie van de satellietsimulator SATSIM van FSS. Als testcomputer fungeert de computer van het laboratorium voor satellietbesturing. Door de invoering van een nieuw communicatieprotocol moest een ingrijpende modificatie worden uitgevoerd aan het ontwerp voor het 'Front-End'.

Het functionele model van de AOCS-boordcomputer (FUMO) is begin 1992 geleverd. De beproeving van de applicatiesoftware zal naar verwachting tot begin



De Italiaans-Nederlandse
Röntgensatelliet SAX

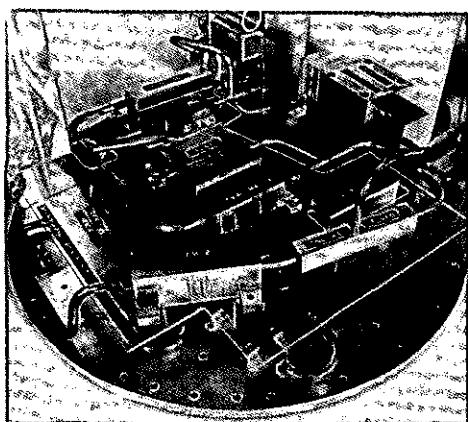
1993 duren. De beschrijving van de standregelsscenario's (het operationele gebruik) en de daaruit afgeleide procedures voor deze tests kwamen voor een deel gereed.

Ten behoeve van de integratie van het standregelsysteem in de satelliet zal een vrijwel identieke TSA worden geïnstalleerd bij de Italiaanse firma Alenia. In een directe opdracht van Alenia wordt de SAX-TSA software aangepast aan het testsysteem van Alenia. Deze werkzaamheden zullen in de loop van 1992 worden voltooid.

Aan de software van de eerder ontwikkelde TSA voor de ISO (Infrared Astronomical Observatory) van ESA werden naar aanleiding van gebruikerservaringen bij FSS enkele modificaties aangebracht.

Twee-fasenexperiment

In het kader van ESA's In-orbit Technology Demonstration Programme wordt een experiment met een twee-fasensysteem voor warmtetransport voorbereid dat zal worden uitgevoerd in een z.g. 'Get Away Special', een kleine container die zal meevliegen met een Space Shuttle vlucht. Het betreft een gezamenlijk experiment van het NLR (hoofdaannemer), SABCA, Bradford Engineering, FSS en Stork. Het experiment betreft een met ammonia gevuld gesloten systeem waarmee warmte, die wordt opgenomen door verdamping en afgestaan door condensatie, over grote afstanden kan worden getransporteerd. De vloeistof wordt door capillaire werking getransporteerd, en het systeem heeft geen bewegende delen. Tijdens de vlucht moet de goede werking worden aangetoond van de door SABCA en Dornier ontwikkelde capillaire pomp, de door het NLR ontwikkelde sensor voor het meten van de damp/vloeistof-verhouding en de condensor ontworpen door FSS. Tot de taken van het NLR behoren de thermische modellering, de missieplanning, het elektronica-ontwerp, de software, de systeemtests en de projectleiding. De ontwerpfase werd afgesloten en met de vervaardiging van de componenten werd begonnen. De proef zal naar verwachting in april 1993 worden uitgevoerd.



Mock-up van het experiment met een twee-fasensysteem voor warmtetransport in de Space Shuttle

De door het NLR ontwikkelde sensor voor het meten van de damp/vloeistof-verhouding (kwaliteit) van een twee-fasenstrooming zal worden gefabriceerd door de firma Bradford Engineering (BE). Prototypes van de sensor werden in opdracht van het NLR door het NLR getest.

Voor Dornier werden de resultaten geëvalueerd van proeven met een mechanisch gepompt twee-fasensysteem. De regeling hiervoor was in 1990 door het NLR ontworpen met behulp van Matrix, een ontwerpprogramma voor regelsystemen. Theorie en praktijk bleken goed overeen te komen.

WSM en STOF

Het NLR onderzoekt de mogelijkheden van een eenvoudig 'strapdown'-systeem van lineaire versnellingsmeters voor het meten van bewegingen van kleine satellieten bij micro-zwaartekracht. Uit de gemeten versnellingen kunnen met behulp van de Euler-vergelijkingen de inwendige krachten en momenten worden berekend. Een prototype van deze 'ballistometer' is beproefd in het door het NLR ontworpen Wet Satellite Model (WSM), een kleine, gedeeltelijk met vloeistof gevulde cilinder welke inmiddels op 9 april 1992 met de MASER-5 sondeerraket is gelanceerd (zie ook de Capita Selecta). Gedurende de vrije val van ongeveer zeven minuten werden de krachten en momenten die door de vloeistof in de tank worden uitgeoefend door middel van een telemetrie-systeem naar het grondstation doorgegeven. Het model zelf ging bij de terugkeer in de dampkring verloren. De bouw van de WSM werd in samenwerking met FSS grotendeels in 1991 voltooid, en met de beproeving van het systeem werd begonnen, onder meer tijdens proeven in parabolische vluchten met een Caravelle-vliegtuig.

Inmiddels heeft de ESA belangstelling getoond voor de bouw van de grotere 'Slosh Test Orbital Facility' (STOF) die op hetzelfde principe berust en die gelanceerd zou kunnen worden vanaf een platform in de Space Shuttle.

Micro-zwaartekrachttechnologie

In opdracht van het NIVR werden methoden onderzocht voor optische diagnostiek van het kristallisatieproces van proteïnen in een vloeistofdruppel, dit in verband met de ontwikkeling van een Multi-Sample Protein Crystallization Facility (MPCF) door Comprimo B.V., met FSS, Centrum voor Constructie en Mechanica (CCM), ICT en NLR als subcontractanten. In verband hiermee is een voorstel ingediend voor een proef in één van de Columbus 'Precursor'-vluchten. Op uitnodiging van Dornier is, in opdracht van het NIVR, een haalbaarheidsstudie uitgevoerd voor een optisch analyse-instrument voor het Project BioRob (Bioscreening with Robotics) van de ESA voor de Spacelab-E1 vlucht of eventueel voor één van de 'Precursor'-vluchten.

In 1991 werd door ESA het startsein gegeven voor fase A van de studie van het Fluid Science Laboratory (FSL) in het Columbus Attached Laboratory. Het NLR bestudeert in opdracht van Alenia, samen met FSS, een aantal specifieke activiteiten voor dit FSL, met name de diagnostiek en de mogelijkheden voor automatisering en tele-operatie.

Ondersteuning gebruikers Columbus

In opdracht van de ESA werd de deelname aan de definitie-studie voor een 'User Support Organisation' (USO) voortgezet. De USO heeft tot doel toekomstige gebruikers van Columbus te ondersteunen, zowel tijdens de voorbereiding als tijdens de uitvoering van hun onderzoek of activiteit. Specifieke onderwerpen van de studie waren 'payload operations', opleiding en training van bemanning, gebruikers en ondersteunend personeel, en onderzoek naar alternatieve payload-mogelijkheden. Tevens werd onderzoek verricht naar de ondersteuning van gebruikers van de voorgestelde Columbus 'Precursor'-vluchten. Het betreft twee vluchten met Spacelab en twee met het Eureka-platform, bedoeld als 'voorlopers' voor de latere vluchten met Columbus.

In opdracht van het NIVR werd, na een enquête onder Nederlandse onderzoeksgroepen, een eerste User Requirements Document opgesteld voor een toekomstig Dutch Users Centre (DUC). In samenwerking met SRON werd een Micro-g gebruikersgroep werd opgericht.

Ruimte-robotica

De ESA-studie naar de vereiste training van de piloten van de toekomstige ruimtewinkel Hermès werd afgesloten met het vaststellen en specificeren van de faciliteiten die hiervoor nodig zijn. De studie is uitgevoerd in samenwerking met de Belgische firma's SABENA Technics (hoofdaannemer) en FABRICOM, en HCS.

De ontwikkeling van een prototype-simulator die de dynamica van flexibele ruimtemanipulators, zoals de Hermes-arm HERA, beschrijft, werd in opdracht van het NIVR voortgezet. Deze simulator is gebaseerd op een recursief dynamica-algoritme van het zogenaamde orde-N type. De simulator kwam nagenoeg gereed, en met de validatie is een begin gemaakt.

In samenwerking met FSS, SPE en ICT werd in opdracht van het NIVR de eerste fase uitgevoerd van de studie 'Automation and Robotics for Microgravity Applications DEMonstrator' (ARMADE). Het betreft de ontwikkeling van technologie voor interne automatisering en robotica ten behoeve van microzwaartekracht-faciliteiten. De activiteiten van het NLR in deze studie betroffen o.m. een analyse van mogelijke vloeistoffysische experimenten en een onderzoek naar de synthese

van applicaties. De resultaten van de eerste fase werden vastgelegd in een Facility Requirements Document.

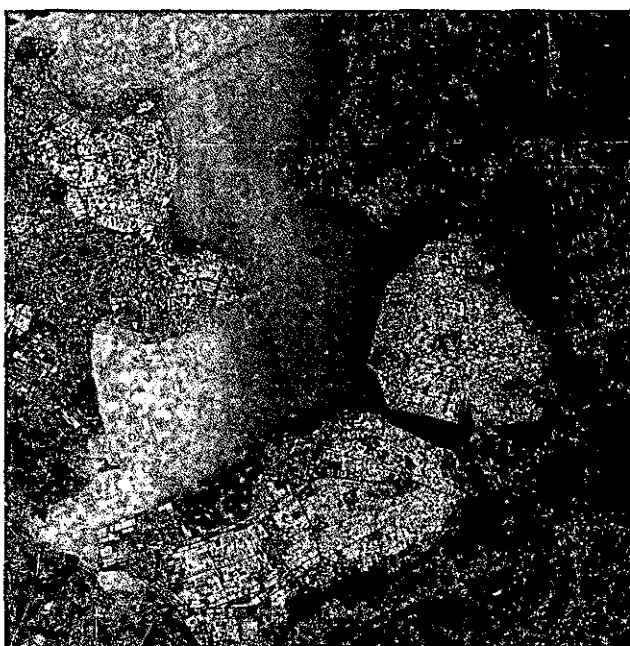
Ook werd in opdracht van het NIVR een onderzoek uitgevoerd naar automatisering van faciliteiten voor experimenten, met de nadruk op het gebruik van beeldverwerking. De opstelling TelePODI werd gebruikt om verschillende vormen van 'lokale intelligentie' te demonstreren.

In het kader van het eigen speurwerk werd in overleg met de ESA onderzoek verricht naar de ontwikkeling van hiërarchische regelconcepten voor de besturing en regeling van complexe geautomatiseerde systemen zoals die worden voorzien binnen de toekomstige Europese in-orbit infrastructuur. De nadruk ligt daarbij op automatisering en robotbesturing ten behoeve van (semi-)autonome en op afstand bestuurde experimenten.

Het ligt in de bedoeling binnen afzienbare tijd te komen tot een robotica-laboratorium waarin de uitkomsten van de diverse studies experimenteel kunnen worden geverifieerd. In dit kader werd het CAD/CAE-softwarepakket ROBCAD aangeschaft waarmee robotcomponenten geometrisch kunnen worden gemodelleerd en bewegingen kunnen worden gesimuleerd.

Remote Sensing

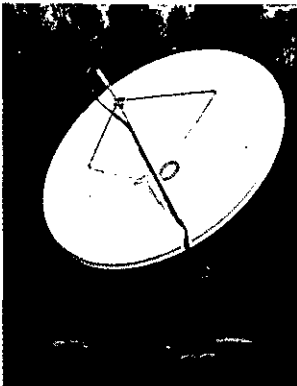
Het NLR is officieel aangewezen als het nationale centrum voor de ontvangst en verspreiding van 'SAR Fast Delivery' (FD)-gegevens (SAR: Synthetic Aperture Radar) van de ERS-1, de European Remote Sensing satelliet. Kenmerkend voor deze gegevens is, dat ze binnen drie uur na de opname door de ERS-1 beschikbaar zijn voor de gebruikers. De meetgegevens worden in eerste instantie verwerkt door de grondstations in Kiruna (Zweden) en Fucino (Italië) en dan via de Eutelsat-2 SMS satellietverbinding naar de nationale centra verzonden. De ontvangstantenne werd in het verslagjaar bij het NLR in de Noordoostpolder geïnstalleerd. De gegevensverwerking vindt plaats met het RESEDA-systeem. Procedures werden ontwikkeld voor de verwerking van de beelden van ERS-1 en die van het 'Phased Array Research System' (PHARS) waarmee het Metro II-laboratoriumvliegtuig kan worden uitgerust, en tevens voor het genereren van beelden met lage resolutie die als 'quick-look' kunnen dienen.



Radarbeeld van Flevoland
samengesteld uit opnamen van de
ERS-1 op 25, 28 en 31 oktober
respectievelijk weergegeven in rood,
groen en blauw

Teneinde ook ruwe SAR-data van de ERS-1 en van PHARS bij het NLR te kunnen verwerken werd in opdracht van het NIVR onderzocht in hoeverre commercieel verkrijgbare software hiervoor als basis kan worden gebruikt. Radargegevens kunnen onder meer een belangrijke rol spelen bij het bewaken van de toestand van bossen. In het kader van het eigen speurwerk werd begonnen met een studie naar de meest effectieve systemen en algoritmen hiervoor.

In opdracht van de BCRS werd in samenwerking met de Landbouw Universiteit Wageningen en de wereldvoedselorganisatie FAO een haalbaarheidsstudie uitgevoerd van een systeem voor de bewaking van bos-arealen met behulp van technieken voor aardobservatie, zowel nationaal als mondiaal, onder meer voor het bewaken van ontbossing en bebossing. In de studie wordt voorgesteld eerst een pilot-faciliteit te bouwen waarmee radar- en optische gegevens tot standaard uitvoerproducten verwerkt kunnen worden.



De bij het NLR geïnstalleerde
antenne voor de ontvangst van SAR
Fast Delivery gegevens van de ERS-1
satelliet

Met de optische sensor CAESAR werden in opdracht van het Joint Research Centre (JRC) van de EG meetvluchten uitgevoerd boven een testgebied bij Freiburg. De vluchten maken deel uit van de campagne EARSEC van het JRC, waarin gedurende een aantal jaren gegevens worden verzameld van diverse testgebieden met verschillende airborne sensorsystemen, dit om de effectiviteit van de verschillende sensoren te kunnen vergelijken. In opdracht van de BCRS werden tevens z.g. 'ondervluchten' voor de ERS-1 uitgevoerd boven het testgebied in de Flevopolder, tijdens meetvluchten met het polarimetrische SAR-systeem van het JPL.

Het NLR trad ook dit jaar voor de ESA en Eurimage op als National Point of Contact (NPOC) voor de verspreiding van satellietgegevens afkomstig van Landsat-satellieten. Voor de Franse onderneming SPOT-Image werden de beelden van SPOT binnen Nederland verspreid.

Voor de BCRS en voor diverse overheids- en gemeentelijke instellingen vond onderzoek plaats op het beeldbewerkingsstation RESEDA. Onder meer werd voor de Provincie Noord-Holland een classificatie uitgevoerd van alle bollenvelden, met het oog op de daarmee samenhangende problemen als bemesting en waterhuishouding.

In het kader van het eigen speurwerk werd onder meer onderzoek verricht naar de classificatie van wolken in remote sensing beelden, naar de geometrische correctie van beelden van de satelliet SPOT met behulp van een digitaal hoogtemodel, en naar de atmosferische correctie van beelden van CAESAR.

Overig onderzoek

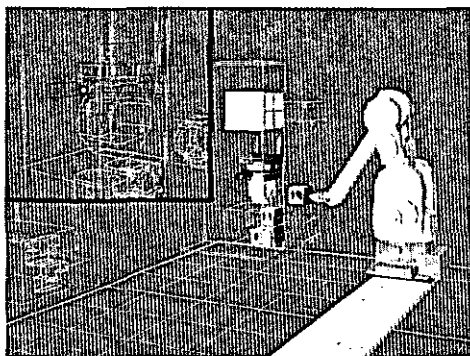
In samenwerking met het Nederlandse HDTV (High Definition TV)-platform werd voor de ESA een studie verricht naar de mogelijke inzet van de satelliet Olympus en van beschikbare HDTV-apparatuur voor pre-operationele HDTV-televisieuitzendingen. In dit kader werd, mede in opdracht van het NIVR, ook een overzicht gemaakt van de rol die hoge-resolutie video zou kunnen spelen bij het uitvoeren van telescience-experimenten in microzwaartekrachtomstandigheden.

Voor het 'Very High Position Accuracy' project van de ESA, voor de nauwkeurige standregeling van satellieten, werden metingen verricht van de ruis in het uitvoersignaal van een aantal geselecteerde gyroscopen.

Technische outillage voor ruimtevaartonderzoek

De werkzaamheden aan de ammoniak-testopstelling voor onderzoek aan componenten voor thermische twee-fasenregelkringen betroffen voornamelijk de bedrijfsvoering van het systeem en de meting van het debiet.

Onderzoek werd verricht naar de toepassing van een diodelaser voor coherente



Beeld van het PODI-systeem geïntegreerd in een laboratoriumrek van het ruimtestation Columbus op een grafisch werkstation van het CAD/CAE-systeem voor automatisering en robotica in de ruimte

verlichting van het meetveld voor het Programmeerbare Optisch Diagnostisch Instrument (PODI).

Ten behoeve van het onderzoek naar automatisering en robotica werden het CAD/CAE-softwarepakket ROBCAD en een SUN-werkstation aangeschaft. Als opvolger van het RESEDA-systeem werd in 1990 een SUN 4/490 werkstation en beeldbewerkingssoftware van de International Imaging Systems geïnstalleerd. Het eerste deel van de gebruikersinterface werd, in samenwerking met ICT en gedeeltelijk in opdracht van het NIVR, ontwikkeld en geïnstalleerd, zodat het systeem begin 1992 in gebruik kon worden genomen.

De software voor de verwerking van remote sensing data opgenomen vanuit vliegtuigen (Opti-PARES) werd gemodificeerd in verband met de kalibratie van CAESAR. De beschrijving van de programmatuur kwam gereed.

De VAX 11/750-computer voor onderzoek van satellietbesturing werd vervangen door de tien maal snellere VAX-4000/200. De vereiste aanpassingen van de netwerkprogrammatuur, het programma Matrix_x en de CORAL-66 compiler voor het ETOL-teststelsel kwamen gereed.

3.5 Toegepaste informatica

Belangrijke ontwikkelingen in 1991 op het gebied van de toegepaste informatica vonden plaats in de projecten waarin op nationaal en internationaal niveau wordt samengewerkt.

Het operationeel maken van het missievoorbereidingssysteem MSS/C leidde tot omvangrijke activiteiten op het gebied van het ontwerpen en de realisering van de programmatuur en de gebruikersinteractie.

Voor de Italiaans-Nederlandse wetenschappelijke röntgensatelliet SAX werd de on-board software verder ontwikkeld.

Tijdens de testvluchten van het TRIANGLE-project bleek het door het NLR ontworpen geïntegreerde navigatiesysteem succesvol te zijn.

In het kader van het IEPG-project TA-10 werd een studie naar 'multi-sensor data fusion' uitgevoerd.

De samenwerking in het ISNaS-project leidde tot de erkenning van NLR, WL, TUD en UT als expertisecentrum voor stromingssimulaties.

De NEC SX-2 supercomputer werd vrijwel zonder verlies van produktietijd vervangen door de veel krachtiger SX-3.

Open systemen

Onderzocht werd op welke wijze de besturing van programmatuur in ISNaS, het informatiesysteem voor stromingssimulatie op basis van de Navier-Stokes-vergelijkingen, kan worden voorzien van een grafisch user-interface. Hierbij moet het mogelijk zijn dat programmatuur op verschillende computers 'samenwerkt', bijv. een rekenproces op de supercomputer en een user-interface op een werkstation.

Met de Universiteit Twente werd verder gewerkt aan de ontwikkeling van een '3D multiblock flow solver', die in eerste instantie gericht is op de stroming rond meervoudige 2D-vleugelprofielen. Van de vier hoofdmethoden waaruit deze 'solver' bestaat, nl. topologie-extractie uit een 3D multi-block grid (EXTTOP), definitie van stromingsvergelijkingen (DEFEQS), definitie van parameters (DEFVAR), en oplossen van stromingsvergelijkingen (SOLEQS), zijn de eerste

twee methoden gereedgekomen, terwijl de derde en de vierde methode ver gevorderd zijn. Bij het ontwerp van de programmatuur werd de structuur van de *toepassing gehandhaafd. Daartoe werd eerst de wiskunde in dezelfde structuur* gepresenteerd. Zo worden de desbetreffende delen van de programmatuur direct interpreteerbaar voor gebruikers en wiskundigen. De verwachting is dat nieuwe en verbeterde inzichten van gebruikers en wiskundigen hierdoor op efficiënte wijze in de programmatuur kunnen worden verwerkt. *Het ISNaS-concept werd toegepast op een systeem voor de simulatie van stromingen rond 2D-vliegtuigprofielen.*

Met behulp van ISMuS, het NLR-systeem ter ondersteuning van de ontwikkeling van simulatiemodellen voor multibody-systemen, werden diverse simulatie-activiteiten uitgevoerd.

Uit simulaties bleek, dat de door het NLR ontwikkelde methode voor digitale simulatie van dynamische systemen die door een combinatie van differentiaal-vergelijkingen en algebraïsche vergelijkingen worden beschreven, toepasbaar is voor de simulatie van insertie- en extractie-operaties uitgevoerd door een robotarm met flexibele gewrichten. Dit soort operaties speelt een essentiële rol bij de Hermes Robot Arm (HERA). De ontwikkeling van algoritmen voor het besturen van dergelijke dynamische systemen werd voortgezet.

Reeds beschikbare methoden voor de simulatie van satellieten met vloeistof aan boord zijn ondergebracht in ISMuS. Hiertoe is het generieke continu-wiskundige model van zo'n satelliet vastgelegd. Doeleinden zijn de ontwikkeling van nieuwe besturings- en simulatiemethoden en de voorbereiding en evaluatie van fysische experimenten (zie ook hoofdstuk 4.3).

Ten behoeve van de automatisering van de HST werden algoritmen gedefinieerd voor de bepaling van de baan van de staak, inclusief botsingsdetectie, en voor de besturing van de tunnel (druk, temperatuur, getal van Mach). Deze algoritmen zullen met digitale simulatiestudies geëvalueerd worden.

Wiskundige technieken

Voor de dynamische analyse van zonnepanelen werd de koppeling tussen randelementenmethode en eindige-elementenmethode onderzocht. Een bij het NLR ontwikkelde methode bleek betere resultaten te geven dan de klassieke methode.

Een onderzoek naar toepassingen van schattingstheorie in de lucht- en ruimtevaart leidde tot een academische promotie aan de Technische Universiteit Delft.

Een algoritme dat was ontwikkeld met behulp van schattingstheorie, voor het combineren van gegevens uit diverse soorten 'smart' navigatiesystemen, werd door middel van simulatiestudies geschikt gemaakt voor 'real-time' implementatie.

Hulpmiddelen

Het systeem EPIDAS werd gebruikt voor de analyse van de resultaten van berekeningen en van metingen in windtunnels. De Record Handler Interface Manager (RHIM) werd toegepast in systemen voor stromingssimulatie.

Voor interactieve toepassingen werd het dialoog-managementsysteem COLAS ingezet. Een nieuwe versie kwam beschikbaar op de Cyber 962, de VAX en een Apollo-werkstation. Een UNIX-versie werd geïnstalleerd op de SX-3, de CD4680 en een Silicon Graphics werkstation.

Ten behoeve van de definitie van methoden voor het methodenbestandssysteem MEBAS werd de syntax ontwikkeld van een definitietaal (DEFMEF). Met deze

definitietaal is het mogelijk met geautomatiseerde hulpmiddelen het ontwerp en de realisatie van methoden te ondersteunen. Een prototype van deze definitietaal werd ontwikkeld.

De ontwikkeling van een algemeen visualisatiepakket EUROVIS werd voortgezet, binnen GARTEUR (AD AG-16) en in het kader van het BRITE/EURAM-project EASNet. Samen met BAe, CIRA, DLR, DRA en ONERA werd gewerkt aan de verdere definitie van de eisen en het conceptueel ontwerp. Een 'Particle Tracer' werd ontwikkeld om de ontwikkelingswijzen van de deelnemers op elkaar af te stemmen.

Voor het pakket PROMISE voor het simuleren van 'event driven'-processen werd het technisch ontwerp voor een nieuw 'postprocessing'-gedeelte afgerond. Dit ontwerp werd gericht op EDIPAS, maar kan ook voor andere pakketten worden gebruikt.

Kennissystemen

In het kader van het IEPG-project TA-10 'Advanced Information Processing for Multi-sensor Data fusion' werd een architectuur ontwikkeld voor het representeren van en redeneren met kennis van verschillende soorten sensorsystemen in relatie tot een groep van militaire toepassingen.

Het NLR richt zich op de onderwerpen 'sensor management' en 'situation assessment', vanuit een 'command & control'-optiek. Gewerkt werd aan het modelleren van eigenschappen van sensorsystemen en aan representatie van kennis als onderdeel van de algemene architectuur. De partners Thomson-CSF en FIAR richten zich op de signaal-productie en -verwerking.

Op verzoek van het Ministerie van Defensie en de Koninklijke luchtmacht wordt assistentie verleend bij het definiëren van een 'Crew Assistant'-project in het kader van EUCLID (European Cooperation for the Long Term in Defence). Het NLR assisteert bij het organiseren van drie workshops en bij het opstellen van een voorlopige projectbeschrijving.

Systeemintegratie

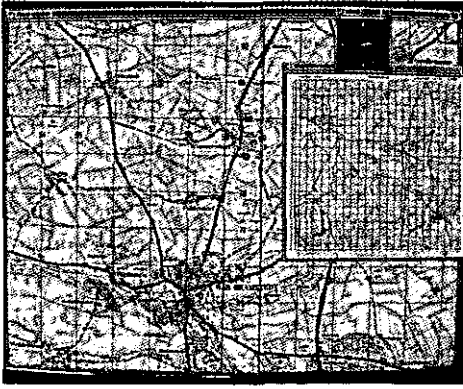
Het in opdracht van de RLD samengebouwde radarevaluatiesysteem RASS-P werd geïnstalleerd bij de RLD en gebruiksklaar gemaakt. Tijdens het operationele gebruik werden op verzoek van de RLD aanpassingen doorgevoerd. Deze hebben betrekking op de gelijktijdige 'real-time' invoer van data van verschillende radars in verschillende 'formats'. Hiermee is het bijvoorbeeld mogelijk gelijktijdig primaire radardata en secundaire radardata van verschillende datalijnen in te lezen, en te combineren in een dataset in het Madrec-format voor verdere analyse.



De rasterscan-faciliteit van MSS/C

In opdracht van General Dynamics werd gewerkt aan het geschikt maken voor operationeel gebruik van de programmatuur van het MSS/C-systeem, een grondstelsel waarmee missies van gevechtsvliegtuigen, in dit geval de F-16, worden voorbereid. Het uitgangspunt van het MSS/C-systeem wordt gevormd door het CAMPAL-systeem, dat in de jaren '80 door de KLu en het NLR werd ontwikkeld tot een semi-operationeel stelsel. De bijdrage van het NLR aan MSS/C bestaat uit het beschikbaar maken van de programmatuur voor de missievoorbereidingsfunctie, rekening houdend met nieuwe gebruikerseisen, op een militaire versie van een krachtig grafisch werkstation. De programmatuur wordt geschikt gemaakt voor het UNIX-besturingssysteem. Voor de grafische gebruikersinteractie worden X-Windows en OSF/Motif toegepast. Het ontwerpen van de gebruikersinteractie vindt plaats met behulp van UIMX.

Tevens werd een werkstation opgebouwd waarmee de voor de missievoorbereiding benodigde informatie wordt verzameld en geschikt gemaakt voor operationeel gebruik. Deze informatie omvat digitale geografische kaarten, verkregen door



Beeld geproduceerd met de
rasterscan-faciliteit van MSS/C

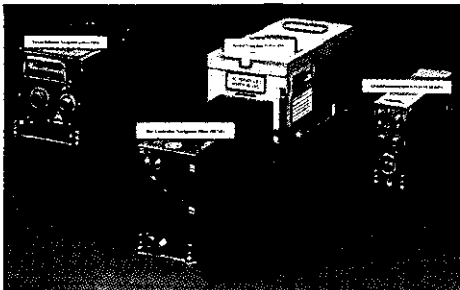
middel van een rasterscan-proces en digitale gegevens over terreinkenmerken, zoals bijvoorbeeld de terreinhoogte in discrete punten.

In opdracht van Fokker Space & Systems werd gewerkt aan de applicatie-software voor de standregeling van de Italiaans-Nederlandse wetenschappelijke röntgensatelliet SAX. Hierbij werd samengewerkt met de Italiaanse firma Alenia Spazio. Hoofdeis aan het standregelsysteem, dat in software moet worden gerealiseerd, is dat de satelliet gedurende zeer lange tijd uiterst nauwkeurig op een vast doel gericht moet kunnen worden gehouden. Ook moet onder alle omstandigheden kunnen worden gegarandeerd dat het hoofdinstrument niet wordt blootgesteld aan directe straling van zonlicht. Gewerkt werd aan de vaststelling van de gebruikerseisen, de detaillering van het ontwerp en de implementatie van de software.

Elektronische systemen voor luchtvaarttoepassingen

Het BRITE/EURAM-project IMAGES (Integrated Modular Avionics General Executive Software) werd afgesloten. Dit project werd uitgevoerd door een internationaal consortium, en beoogt het specificeren van besturingssoftware voor Integrated Modular Avionics (IMA). De taken van het NLR betreffen het opstellen van een overzicht van beschikbare bedrijfssystemen en het bepalen van de functionele eisen voor I/O- en interrupt-afhandeling. Geen van de onderzochte besturingssystemen bleek zonder meer geschikt te zijn voor toepassing in IMA-systemen, maar combinaties zullen de gewenste functionaliteit wel kunnen bieden. Een beschrijving werd opgesteld van een aantal concepten voor I/O, met een overzicht van de essentiële en gewenste interrupts.

Het BRITE/EURAM-project ODT (Optical Data Transmission) werd eveneens afgesloten. Dit door een internationaal consortium uitgevoerde project beoogt het opstellen en evalueren van optische datatransmissiesystemen voor toekomstige civiele avionische systemen. Het NLR had drie deeltaken: onderzoek van datasysteem-topologieën, vergelijking van protocollen voor databussystemen, en beoordeling en selectie van systeemarchitecturen. De eerste twee taken werden in 1990 afgerond, de derde in 1991. Als onderdeel van de derde taak heeft het NLR een studie uitgevoerd met behulp van de simulatie-omgeving PROMISE. In deze studie werden de prestaties van CSMA/CD en Tokenbus voor een specifieke avionica-configuratie onderzocht.



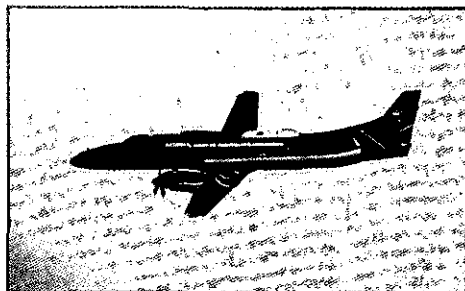
Elektronica van drie navigatie-
sensoren gebruikt in het TRIANGLE-
project en de daarbij ontwikkelde
Bus Controller Navigation Filter

In het kader van een Nationaal Technologie Programma (NTP) heeft het NLR, in opdracht van het ministerie van Defensie, de opdracht gekregen een geïntegreerd navigatiesysteem te ontwerpen dat gegevens betreft van drie navigatiesensoren t.w.:

- een Terrain Reference Navigation System (TRN);
- een Inertial Navigation System (INS);
- een Global Positioning System (GPS).

In dit project, waarvan de naam TRIANGLE is afgeleid van TRN, INS and GPS Locationer, worden de gegevens van deze drie sensoren met behulp van een speciaal voor dit doel ontwikkeld integratie-algoritme gecombineerd.

De gebruikte navigatiesensoren TRN, INS en GPS werden, geïntegreerd, toegepast als zgn. 'smart sensors'. Een 'smart' sensor bestaat uit de eigenlijke navigatiesensor en een Kalman-filter. Het Kalman-filter berekent uit de 'ruwe' meetwaarden van de sensor een toestandsvector met o.a. positie- en snelheidsinformatie en covariantiegegevens. Deze covariantiegegevens zijn een maat voor de nauwkeurigheid van de positie- en snelheidsgegevens. In de Kalmanfilters van het TRN-systeem en de GPS-ontvanger worden tevens de gegevens van de INS geïntegreerd. INS-gegevens zijn voor zowel het TRN als de GPS-ontvanger noodzakelijk om optimaal te kunnen werken. De 'smart sensor output' van de TRN/INS- en de GPS/INS-combinatie wordt geïntegreerd in het Navigatie Filter (NF). Voor de uitwisseling



Proefvlucht tijdens het TRIANGLE-project met het Metro II-laboratoriumvliegtuig voorzien van speciale antennes

van data tussen de navigatiesensoren en het Navigatie Filter wordt gebruik gemaakt van de MIL-STD-1553B bus.

Voor de 'real-time'-evaluatie van het integratie-algoritme op de grond werd gebruik gemaakt van een voor dit doel ontworpen 'real-time' Avionica Test Faciliteit (ATF). De evaluatie vond plaats met het Navigatie Filter geïmplementeerd in de vliegwaardige computer die later gebruikt werd tijdens de testvluchten. Vervolgens werd het integratie-algoritme geëvalueerd tijdens testvluchten met het Metro II-laboratoriumvliegtuig. Om de nauwkeurigheid van het geïntegreerde systeem in absolute zin te kunnen evalueren werd gebruik gemaakt van een zeer nauwkeurig, onafhankelijk positie-referentiesysteem. Tijdens de testvluchten werd de werking van de TRN- en GPS-navigatiesensoren gedegradeerd, om tevens de robuustheid van het geïntegreerde systeem te kunnen evalueren. Voor het TRN-systeem betekende dit dat het gekozen testvluchtgebied gedeeltelijk uit vlak terrein bestond. Met betrekking tot de GPS-ontvanger betekende dit dat er op de grond een 'GPS jammer' (stoorzender) opgesteld werd. De robuustheid van het geïntegreerde navigatiesysteem bleek duidelijk als het GPS 'gejammed' was of als de TRN-navigatie-oplossing slecht was t.g.v. het vliegen over vlak terrein. De geïntegreerde navigatie-oplossing was tijdens de gedegradede condities vele malen nauwkeuriger dan de individuele navigatie-oplossingen van de sensoren.

Uit de resultaten van het TRIANGLE-project blijkt dat de ontwikkelde algoritmen en de gekozen implementatiemethode correct zijn. Het geïntegreerde navigatiesysteem heeft een hoge nauwkeurigheid en vooral een grote robuustheid.

Ten behoeve van Defensie was een NLR-medewerker de Nederlandse vertegenwoordiger in de NATO NAVSTAR Technical Support Group en tevens voorzitter van deze 'Group'.

Ten behoeve van de Koninklijke marine heeft het NLR een zogenaamde adaptieve antenne ontwikkeld voor gebruik met NAVSTAR GPS-ontvangers. Speciale maatregelen werden genomen om de antenne bestand te laten zijn tegen de sterke elektromagnetische velden op een fregat. Het onderdrukken van stoorsignalen geschiedt automatisch, zonder dat informatie over positie en stand van het voertuig nodig is. Het systeem is gereed, het is gedocumenteerd en het is getest in de NLR 'Anechoic Chamber'. Zodra een fregat beschikbaar is zal de beproeving aan boord plaatsvinden.

Van Eurocontrol werd een vervolgoopdracht ontvangen tot het implementeren in de Data Link Processor Unit (DLPU) van door de Universiteit van Braunschweig ontwikkelde applicatiesoftware, waarbij een certificaat van luchtwaardigheid vereist is, gebaseerd op RTCA-document DO-178A. Met de werkzaamheden werd een begin gemaakt.

Elektronische systemen voor ruimtevaarttoepassingen

Van ESOC werd een studieopdracht ontvangen voor het project MERID (METEOSAT Real Time Image Dissemination), als vervolg op de ontwikkeling van het METEODIS-demonstratiesysteem voor het comprimeren en decomprimeren en voor het versleutelen en ontsleutelen van METEOSAT-weergegevens. In deze studie nemen MATRA-Espace (Frankrijk), VCS (Duitsland) en ITC, BSO en NLR (Nederland) deel. Het NLR heeft de projectleiding. Het doel van deze studie is het definiëren van een geoptimaliseerd disseminatiesysteem voor METEOSAT- en afgeleide data, en het realiseren van een demonstratiesysteem. De definitiefase werd afgesloten.

In opdracht van EUMETSAT werd een studie verricht naar het versleutelen van

METEOSAT-data en het transport van de sleutels via het METEOSAT-disseminatiekanaal.

In het kader van het CIS (Cells In Space)-project van ESA werd het CIS-3-systeem, in samenwerking met FSS, gerealiseerd en getest. Het systeem is inmiddels op 9 april 1992 gelanceerd met behulp van een sondeerraket. In CIS-3 wordt de temperatuur van een experiment geregeld door een Thermal Interface Plate (TIP), waarop de experiment-modulen gemonteerd zijn. Bij deze TIP wordt de temperatuur geregeld door Peltier-elementen onder besturing van een centrale controller/regelaar. Begonnen werd met de ontwikkeling van een Smart Thermal Interface Plate (STIP), die autonoom, maar ook als onderdeel van een computerfaciliteit de temperatuurregeling van experiment-modulen kan verzorgen.

Signaalconditionering

Van de Europese Transsone Windtunnel (ETW) werd een opdracht ontvangen voor de levering van de signaalconditioneringsapparatuur van het data-acquisitiesysteem voor de ETW. Deze apparatuur wordt ontworpen door het NLR op basis van de eerder voor de windtunnels van het NLR ontwikkelde apparatuur, en zal worden vervaardigd door de firma Van Rietschoten en Houwens.

Multimedia documentation file system

Bij ESTEC vond de integratie en evaluatie plaats van het door NLR en CAT Benelux ontwikkelde 'multimedia documentation file system'. Het doel van een elektronisch documentatiesysteem als onderdeel van het Crew Workstation aan boord van het ruimtestation COLUMBUS is het vervangen van de immense hoeveelheid documentatie op papier, met als resultaat onder meer een betere toegankelijkheid. Behalve tekst, bevat deze documentatie database ook foto's en videobeelden, en is er een interface naar een speech synthesizer.

Grondstations

In opdracht van de Voedsel- en Landbouw Organisatie (FAO) van de Verenigde Naties werd het ARTEMIS-systeem uitgebreid met een optische schijfeenheid. Bovendien werd de database uitgebreid, werd de verwerking van METEOSAT-beelden verder geautomatiseerd, en werd de uitvoer van deelkaarten aangepast voor externe gebruikers in Afrika. Zowel de systeemwijzigingen en uitbreidingen van de installatie als de aanpassingen van de opstelling van de apparatuur werden bij de FAO te Rome uitgevoerd. Voor intern gebruik van het ARTEMIS-systeem bij de FAO werd een op PC's gebaseerd netwerk aangelegd.

Voor het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan ARTEMIS op afstand vanuit het NLR, en voor het geven van adviezen, werden zowel in het ARTEMIS-systeem als in het Remote Sensing Centre van de FAO de daartoe benodigde voorzieningen aangebracht.

In de vestiging Noordoostpolder werd een antennesysteem met ontvanger geïnstalleerd voor de ontvangst van METEOSAT-data. Dit systeem dient ter ondersteuning van de NLR-activiteiten op het gebied van METEOSAT en meer algemeen op het gebied van beeldverwerking.

Omgevingscondities

In het kader van de werkzaamheden binnen de HIRF-werkgroep (High Intensity Radiated Fields), EUROCAE WG33, werden de resultaten van het Elektromagnetisch Omgevingsmodel van Nederland gerapporteerd. De resultaten zullen samen met die van andere landen (Duitsland, Zweden, Engeland, Frankrijk, de Verenigde Staten) verwerkt worden in de omgevingseisen te stellen aan avionische apparatuur voor civiele vliegtuigen, zoals geformuleerd in RTCA-DO160. Na civiele vliegtuigen krijgen civiele helikopters de aandacht.

Wederom werd meegewerkt aan een cursus in het kader van het Postacademisch Onderwijs in de Technische wetenschappen (PATO) over technieken op het gebied van de Elektro-Magnetische Interferentie (EMI). Voor een groot aantal opdrachtgevers (militair/civiel, nationaal/internationaal, lucht/ruimtevaart) werden metingen verricht in de EMI-faciliteit van het NLR teneinde het niveau van door elektronische apparatuur gegenereerde storing te bepalen of de gevoeligheid van apparatuur voor elektromagnetische straling vast te stellen. In de trilfaciliteit werden, eveneens in opdracht, metingen aan apparatuur uitgevoerd ten behoeve van evaluatie en certificatie van deze apparatuur.

PHARUS

De definitiefase van de ontwikkeling van de Nederlandse polarimetrische 'PHased ARray Universal SAR' (PHARUS) werd succesvol afgesloten. Het project PHARUS wordt uitgevoerd in een samenwerkingsverband van het Fysisch Elektronisch Laboratorium TNO, de faculteit der Elektrotechniek van de TU-Delft (vakgroep Telecommunicatie en Tele-observatie Technologie) en het NLR, onder beheer van het NIVR. Het project wordt gefinancierd door de deelnemers, het Ministerie van Defensie en de Beleids Commissie Remote Sensing (BCRS).

Het NLR heeft bijgedragen aan een studie naar de invloed van vliegtuigbewegingen op het te vormen radarbeeld en naar methoden voor het compenseren van de optredende verstoringen. Een proefsysteem, PHased Array Research System (PHARS), werd gerealiseerd en tijdens de vlucht beproefd. Hiervan heeft het NLR de hoge-snelheidsdigitalisering (87,5 MHz) ontwikkeld, en de apparatuur en programmatuur voor de precisie-baanbepaling van de antenne. Voor de registratie wordt gebruik gemaakt van het bestaande digitale High Bit Rate (HBR)-systeem voor aardobservatiemetingen met het Metro II-laboratoriumvliegtuig. Dit PHARS proefsysteem is zo succesvol gebleken dat het ingezet gaat worden voor actuele metingen en als zodanig is overgedragen aan de landelijke instrumenten-'pool' van de BCRS.

Begonnen werd met de realisatiefase van het project PHARUS, het ontwikkelen en bouwen van een vliegende volledig polarimetrische Synthetische Apertuur Radar. Het plan is PHARUS medio 1994 gereed te hebben voor het uitvoeren van de eerste proefvluchten.



Radarbeeld van de sluizen van IJmuiden en omgeving, gemaakt met behulp van het PHARS-proefsysteem

DUTSCAT

DUTSCAT (Delft University of Technology SCATterometer) is een in 1984 door de TU-Delft ontwikkelde meetradar voor aardobservatie vanuit vliegtuigen, waarmee semi-simultaan bij zes radarfrequenties gemeten kan worden. In tegenstelling tot PHARS en PHARUS is DUTSCAT geen beeldvormend systeem. De metingen geven gedetailleerde informatie over de radarreflectie-coëfficiënten

van het aangestraalde terrein, wateroppervlak of gewas voor de zes radar-frequenties.

Gebruikmakend van de in het PHARUS-project opgedane ervaringen en ontwikkelde bouwstenen, werd de digitaliseringselectronica van DUTSCAT in opdracht van de BCRS gemoderniseerd. De meetnauwkeurigheid werd hierdoor verbeterd en het oplossend vermogen verdubbeld.

Multisensorsystemen

In het kader van het Europese samenwerkingsverband IEPG (Independent European Programme Group) werd van het CTP (Cooperative Technology Programme) TA10, 'Advanced Information processing for Multisensory Systems' de fase A uitgevoerd. Het doel van dit programma is het onderzoek naar methoden voor de integratie van informatie afkomstig van meerdere typen sensoren over eenzelfde object, gebruik makend van geavanceerde symboolverwerkingstechnieken.

Het onderzoek omvat twee fasen: fase A, de feasibility fase, en fase B, de realisatie van een 'real time'-demonstrator. Fase A omvatte:

- de selectie van een applicatie;
- de selectie van een sensorcombinatie;
- de identificatie van kritische architectuur en AI (Artificial Intelligence) gerelateerde elementen;
- het opstellen van een werkplan voor Fase B.

Fase A werd uitgevoerd in een samenwerkingsverband met Italië (FIAR) en Frankrijk (Thomson CSF). De bijdrage van het NLR was gericht op de selectie van een sensorcombinatie, data-fusie en de architectuurdefinitie.

Netwerken

In het kader van het BRITE/EURAM-project 'European Aeronautical Supercomputing Network' (EASNet) werd gewerkt aan de beveiliging, aan de implementatie van het netwerk, en aan demonstratieprojecten. Voor de beveiliging werd samen met ONERA (de projectleider) en Aerospatiale gewerkt aan de invulling van het door het NLR opgestelde raamwerk.

De werkzaamheden aan een van de 'demonstrators' van het project, visualisatie, betroffen de nadere invulling van eisen en het architectuurontwerp. De implementatie van de verbinding tussen ONERA (Parijs) en NLR (Amsterdam) kon door de hoge kosten en door installatieproblemen bij de PTT's niet worden gerealiseerd.

In het kader van het Europese RACE-programma werd een opvolger van het EASNet-project gedefinieerd. In dit in december goedgekeurde project (PAGEIN) ligt de nadruk op het multimedia-gebruik en wordt in eerste instantie gestreefd naar een verbinding ONERA (Parijs) - Universiteit Stuttgart. Het NLR is verantwoordelijk voor het werkpakket visualisatie en werkt mee aan de netwerkaspecten.

Computernetwerk

Nadat in 1990 de basis was gelegd voor een grote uitbreiding van de centrale computerfaciliteiten, werd deze in 1991 gerealiseerd. Het betrof:

- verdubbeling van de capaciteit van de Cyber 962-31, door uitbreiding tot een Cyber 962-32;
- vervanging van de SX-2 door een SX-3/12, in december uitgebreid tot een SX-3/22;
- aanschaffing van een UNIX mainframe waarvan de capaciteit vergelijkbaar is met die van de Cyber 962;
- vervanging van Hyperchannel door FDDI voor datatransport met hoge snelheid tussen de centrale computers;
- aansluiting van het NLR-netwerk op de internationale infrastructuur voor datacommunicatie met een 2 Mbps-verbinding.

Deze uitbreiding leverde een aanzienlijke capaciteitsvergroting. Belangrijker is, dat hiermee een grote stap is gezet op de weg naar verdere standaardisering van besturingssystemen en datacommunicatie. Gebruikers van het NLR-netwerk kunnen nu probleemloos data uitwisselen tussen verschillende systemen binnen het netwerk. Tevens zijn op alle drie niveau's (werkstation, mainframe, supercomputer) systemen beschikbaar die op dezelfde wijze communiceren met de gebruikers, zodat een gebruiker van een werkstation zijn 'job' in het algemeen op eenvoudige wijze op een UNIX-mainframe of supercomputer kan overzetten.

Deze nieuwe infrastructuur biedt tevens de mogelijkheid tot het gebruik van X-terminals, waarmee een flexibele toegang tot het netwerk mogelijk is, met relatief goedkope apparatuur. Men kan bijvoorbeeld gelijktijdig toegang hebben tot verschillende systemen van het netwerk. Het is mogelijk gedistribueerde applicaties te ontwikkelen, waarin visualisatie, databasebeheer en dataprocessing parallel plaatsvinden op de systemen die hiervoor het best geschikt zijn. De gebruiker hoeft hierbij niet te weten op welke wijze zijn werk wordt gedistribueerd over het netwerk (client-server applicaties). Teneinde met de realisering van deze mogelijkheden te kunnen beginnen werd een zestal grafische werkstations, waaronder twee met zeer uitgebreide grafische mogelijkheden, en een aantal X-terminals aangeschaft.

Tevens is een begin gemaakt met de aanschaffing van software, zoals Explorer en Ezview, die het maken en gebruiken van gedistribueerde applicaties ondersteunt.

Automatisering van de ontwikkeling van elektronica

De eerste fase van het NICE-project (NLR Infrastructuur voor Computer aided Engineering van Elektronica) werd gerealiseerd. In beide vestigingen zijn daartoe lokale netwerken geïnstalleerd (op basis van de standaard 'Ethernet'). Een softwarepakket (Viewlogic) voor het ondersteunen van elektronica-engineering werd geselecteerd, aangeschaft en geïnstalleerd op de werkstations en de lokale netwerkservers. De krachtige lokale netwerkservers hebben tot taak: centrale opslag van de ontwerp-informatie, het verzorgen van de communicatie tussen de beide vestigingen via het computernetwerk van het NLR, en (ten behoeve van het beheer) centrale opslag van de gebruikerssoftware en computerdatabase. Teneinde de responstijd voor de ontwikkelaars te verbeteren werd het UNIX/VME-systeem voor de ontwikkeling van software voor 'real-time embedded' systemen aanzienlijk uitgebreid.

Automatisering van metingen en tests

Routinematige ijkingen worden geautomatiseerd uitgevoerd. Een concept voor de tweede generatie van het Automatisch Kalibratie Systeem (AKS) werd opgesteld. Met de realisatie ervan werd begonnen.

In het kader van het beheer van de Kalibratiefaciliteit en het onderhouden van de erkenning door de Nederlandse Kalibratie Organisatie werden voor het herleidbaar houden van de werkstandaarden de benodigde activiteiten verricht en de hiervoor vereiste meetprocedures op peil gehouden.

Ten behoeve van het testen van het 'real-time'-gedrag van (geïntegreerde) avionica werd een technisch concept opgesteld voor een Avionica Test Faciliteit (ATF), gebaseerd op een SUN-SPARC en communicatie met de avionica op basis van MIL-STD 1553.

Kwaliteitszorg en bedrijfszekerheid

Er werd verder gewerkt aan de voor het vervaardigen van informatiesystemen benodigde procedures en voorschriften en aan het informeren van NLR-medewerkers over de basisprincipes die hieraan ten grondslag liggen. Overleg werd gevoerd met BSO in verband met mogelijke certificatie van het kwaliteitssysteem met betrekking tot het vervaardigen van informatiesystemen.

De erkenning van de NKO voor het Kalibratielaboratorium voor Elektromagnetische grootheden werd wederom verlengd.

Het concept van het kwaliteitshandboek van het Kalibratielaboratorium werd besproken met de NKO.

Een concept werd opgesteld van het kwaliteitshandboek van de EMI-meetfaciliteit.

3.6 De Technische Diensten

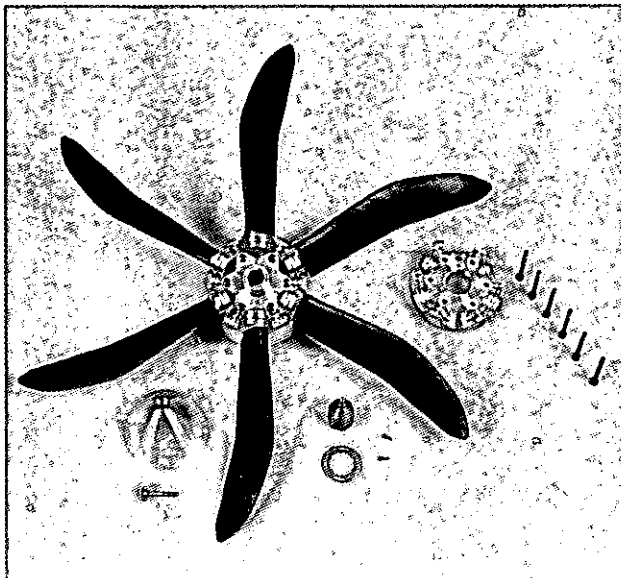
Het construeren en fabriceren van windtunnelmodellen voor opdrachtgevers in binnen- en buitenland legt in toenemende mate beslag op de beschikbare capaciteit. Veel andersoortige werkzaamheden werden daarom uitbesteed. Het aandeel dat CAD/CAM-technieken leveren in het ontwerp- en fabricageproces vertoont een duidelijke groei. De vraag naar modelpropellerbladen van koolstofvezel-composiet neemt toe.

Veel aandacht wordt besteed aan kwaliteitsborging van de modelfabricage.

In de nabije toekomst is er bij de windtunnels behoefte aan nieuwe rekstrookbalansen. Om hierin te kunnen voorzien worden onder andere ontwerpprocedures voor zes-componentenbalansen verbeterd en versneld.

Vooruitlopend op het gereedkomen van de ETW worden technieken ontwikkeld voor het maken van cryogene windtunnelmodellen.

Van de vele overige projecten waaraan technische assistentie werd verleend kunnen worden genoemd: de voorbereiding van de modernisering van de HST, en het ontwerpen van een modulair windtunnelmodel voor onderzoek in de windtunnel van motor/vliegtuig-configuraties in het kader van het BRITE/EURAM-project GEMINI.



Door het NLR ontwikkelde
modelpropeller van koolstof-
composiet

3.7 De Algemene Diensten

Tekstverwerking

De modernisering van de tekstverwerkingsapparatuur voor het produceren van rapporten, brieven en andere documenten werd voltooid. In beide vestigingen beschikt de afdeling Tekstverwerking daardoor over PC-netwerken, die onderling zijn verbonden via het NLR-computernetwerk. Met het koppelen van PC's van secretaresses aan de PC-netwerken werd een begin gemaakt. Over de huidige en voorziene toepassingen vond regelmatig overleg plaats in de Projectgroep Document Processing, waarin alle hoofdafdelingen en dienstengroepen zijn vertegenwoordigd, en waarin allerlei aspecten van kantoorautomatisering worden besproken.

Gebouwen en technische installaties

Een groot aantal verbeteringen werd uitgevoerd aan de huisvesting en de infrastructuur rond de technische installaties in beide vestigingen.

In Amsterdam werd begonnen met de renovatie van de hoofdingang. De voor-gevel werd gereinigd en geschilderd, en de entreehal werd gerestaureerd. Getracht werd het specifieke architectonische karakter zo goed mogelijk te handhaven, maar de entree toch een meer eigentijds aanzien te geven. Aansluitend worden de vergaderzaal en bestuurskamer in dezelfde geest gerenoveerd. Eind 1991 was de uitbreiding van het semi-permanente gebouw langs de waterkant (het zogenaamde Plan C) vrijwel gereed.

In de vestiging Noordoostpolder werd, wegens de capaciteitsuitbreiding van de NEC SX-3 supercomputer, de koudwaterinstallatie voor de koeling van deze computer uitgebreid, en de elektriciteitsvoorziening gewijzigd.

De airconditioning van de ruimte van de Bohle/GE numeriek bestuurd freesmachine werd vernieuwd.

In toenemende mate werd gewerkt aan de aanleg van datanetwerken van uiteenlopende aard.

Voor de huisvesting van de hoofdafdeling Constructies en Materialen werden diverse bouwkundige werkzaamheden uitgevoerd, waaronder het vernieuwen van de dakbedekking van de laagbouw, een interne verbouwing ten behoeve van de vriescel en diverse aanpassingen van de ventilatie en verwarming ten behoeve van de branderinstallatie. De werkplaats en het bedrijfsbureau in het T-gebouw werden voorzien van isolerende beglazing.

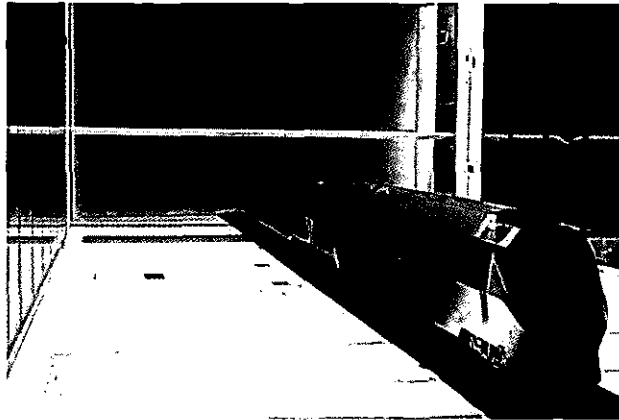
Bij het T-gebouw werd een kleine kantoorunit geplaatst.

Bij het R-gebouw werd een fundering voor een schotelantenne gebouwd.

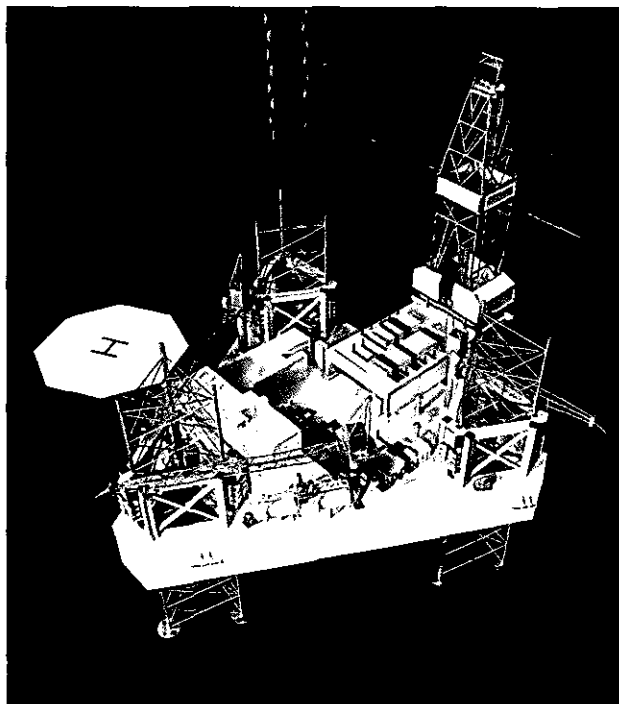
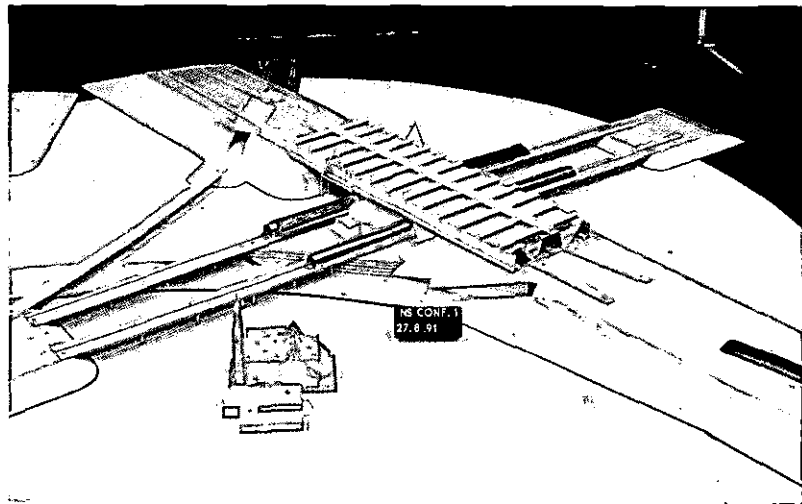
De verbetering van de toegangscontrole bij de ingang aan de Voorsterweg werd voltooid door het plaatsen van een schuifpoort en diverse elektronische voorzieningen.

Het windtunnelcircuit van de LST werd geschilderd.

Model, schaal 1:10, van dubbeldeks Interregiomaterieel dat de NS over enkele jaren in gebruik neemt. Aan dit model werden in de LST krachten en drukken gemeten, en werd het drukveld rondom de kop onderzocht



Model van het nieuwe NS-station Duivendrecht en een naburig kerkgebouw in de LST, voor het bepalen van de verandering van de windbelasting op het dak van de kerk veroorzaakt door het station



Model van een offshore platform in de LST voor meting van de krachten en drukken veroorzaakt door de wind

4.1 Onderzoek naar instabiele trillingen van moderne gevechtsvliegtuigen in transone vlucht

Inleiding

Moderne typen gevechtsvliegtuigen, zoals de door General Dynamics gebouwde F-16, bezitten een grote wendbaarheid. Daardoor kunnen instabiele trillingen van de vliegtuigconstructie optreden, die behoren tot de zogenaamde flutterverschijnselen. Flutter is een trilling van de vliegtuigconstructie, waarbij vleugels of staartvlakken betrokken zijn, die onder de invloed van luchtkrachten aangroeit, en daardoor onstabiel is. In het ergste geval van flutter is het gevolg dat de constructie bezwijkt. Bij de hier besproken vorm van flutter groeit de trilling na het bereiken van een bepaald niveau niet verder aan. De constructie bezwijkt niet, maar de vlieger wordt in zijn taakuitvoering gehinderd. Zo neemt bijvoorbeeld de nauwkeurigheid af waarmee raketten op hun doel kunnen worden gericht en gericht kunnen worden gehouden. Dit type flutter treedt meestal op bij Machgetallen tussen 0,8 en 1,1 en bij invalshoeken kleiner dan 10 graden. Uit stationair windtunnelonderzoek is bekend dat onder deze omstandigheden een uiterst gecompliceerde stroming kan optreden, met schokgolven en omvangrijke loslatingsgebieden langs de vleugelachterrand.

In het Engels worden deze trillingen aangeduid met Limit Cycle Oscillations, afgekort LCO. Het optreden van LCO kan worden afgeleid uit het signaal van een versnellingsopnemer in het vliegtuig. Figuur 1 toont het verloop van de versnelling die is gemeten aan de voorkant van de lanceerrail aan de rechter vleugeltip van een F-16 gedurende een 'wind-up turn' (een horizontale spiraalvlucht waarbij de invalshoek steeds toeneemt).

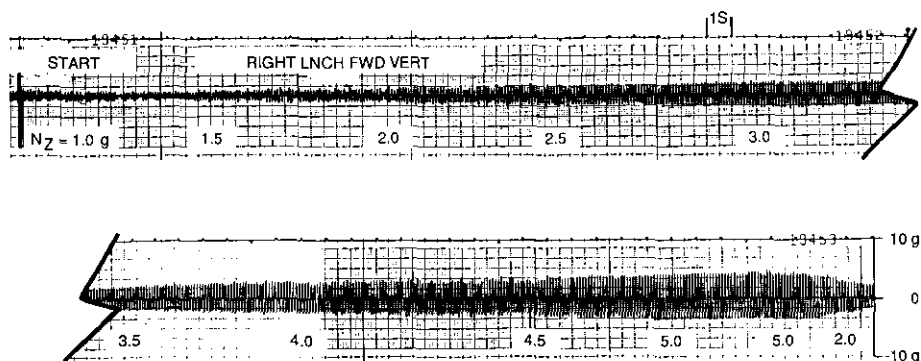


Fig. 1 – Registratie van een versnellings signaal gedurende een 'wind-up turn' van een F-16 bij Mach 0,9 op een hoogte van 5000 voet

Bij een belastingsfactor (verhouding tussen vliegtuigdraagkracht en vliegtuiggewicht) $n_z=5$ blijkt een versnellingswisseling met een amplitude van bijna 4 g te zijn opgetreden. Naar schatting moet de vlieger daarbij een zijdelingse versnellingswisseling met een amplitude van ongeveer 0,5 g hebben gevoeld. Deze combinatie van belastingsfactor en versnelling hebben, zoals blijkt uit de registratie, de vlieger doen besluiten de manoeuvre snel af te breken.

Het NLR voert in opdracht van General Dynamics (GD) theoretisch en experimenteel onderzoek uit naar het optreden van LCO. Een deel van dit onderzoek wordt gefinancierd door de Amerikaanse luchtmacht (USAF) en een ander deel door het Nederlandse Ministerie van Defensie. De projectbegeleiding wordt verzorgd door het NIVR. In het verleden heeft het NLR ervaring opgedaan met het meten van luchtkrachten op trillende windtunnelmodellen, bij onderzoek dat eveneens gedeeltelijk door de USAF werd gefinancierd.

Thans wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een rekenmethode voor het voorspellen van LCO. Daarnaast worden windtunnelproeven uitgevoerd met een vleugelmodel dat in transsone stroming wordt gebracht in trillende stroming, om inzicht te krijgen in het karakter van de stroming en de optredende belastingen, en om een databestand te verkrijgen waarmee rekenmethoden kunnen worden gevalideerd.

Rekenmethode voor het voorspellen van LCO

Om LCO door middel van berekeningen te kunnen voorspellen heeft het NLR een semi-empirische methode ontwikkeld die gebruik maakt van in de windtunnel gemeten luchtkrachten. De methode gaat ervan uit dat elke trillingsbeweging van de constructie kan worden beschreven als de som van een beperkt aantal natuurlijke trillingsbewegingen (z.g. eigentrillingen) van de constructie en de trillingsbewegingen van het vliegtuig als star geheel. Doordat de luchtkrachten in de berekening worden opgenomen, raken deze trillingsbewegingen onderling gekoppeld. De methode houdt in dat voor elke trillingsbeweging een bewegingsvergelijking wordt opgesteld, en dat vervolgens alle vergelijkingen simultaan worden opgelost. Zo wordt een numerieke simulatie

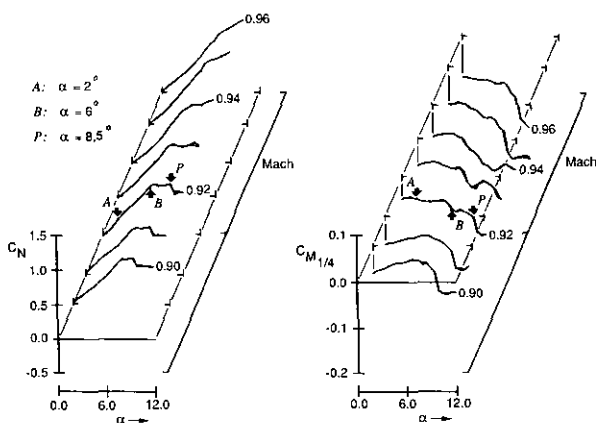


Fig. 2 – Stationaire draagkrachtcoëfficiënten (links) en momentcoëfficiënten in de vleugelsectie bij de tip als functie van de invalshoek bij een reeks van Mach-getallen

Figuur 2 toont het gemeten verloop van de draagkracht- en de momentcoëfficiënt in een vleugeldoorsnede dicht bij de tip als functie van de invalshoek voor enkele waarden van het getal van Mach. Tevens zijn de stromingsparameters aangegeven waarbij in de berekeningen LCO bleek op te treden. Het grillige verloop van de coëfficiënten is het gevolg van stromingsloslating aan de vleugelachterrاند.

Figuur 3 toont een berekend versnellings-sig-naal tijdens het optreden van LCO voor dezelfde vliegtuigconfiguratie waarvan meetresultaten in figuur 2 worden getoond, t.w. twee raketten onder elke vleugel en een lanceerrail aan de tip. Het sig-naal is de versnelling ter plaatse van de voorkant van de rechter lanceerrail. De berekening werd gemaakt voor een constante invalshoek van 6 graden,

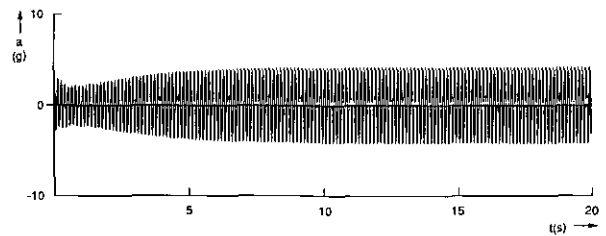


Fig. 3 – Berekend versnellings-sig-naal tijdens LCO

overeenkomende met de waarde waarbij het verloop van de draagkrachtcoëfficiënt en dat van de momentcoëfficiënt een knik vertoont (punt B in figuur 2). In totaal werden 17 eigentrillingen in rekening gebracht (alle symmetrische en antisymmetrische eigentrillingen beneden 15 Hz) alsmede zes 'starre' trillingsbewegingen. Duidelijk blijkt dat, na het aanstoten van een der eigentrillingen, LCO gaat optreden met een versnellingsamplitude van bijna 4 g, van dezelfde aard en sterkte als in de registratie van figuur 1. Uit een analyse bleek dat deze LCO voornamelijk werd veroorzaakt door de aërodynamische koppeling van twee eigentrillingen, waarvan de trillingsvormen voor de vleugel worden getoond in figuur 4.

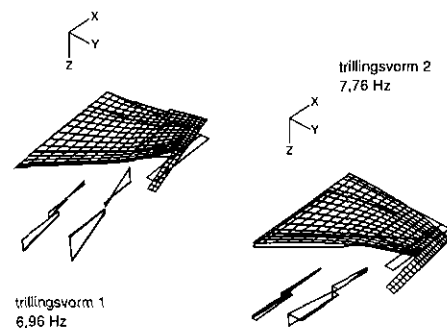


Fig. 4 – Eerste twee trillingsvormen met bijbehorende eigenfrequenties

Uit de vergelijking met metingen in de vlucht is gebleken dat de berekeningsmethode in staat is LCO kwalitatief goed te voorspellen, d.w.z. voor de juiste wapenconfiguratie en intervallen van het getal van Mach en de invalshoek. Dit geldt ondanks het feit dat de berekeningen waren gebaseerd op stationaire aërodynamische gegevens, omdat de instationaire gegevens nog niet beschikbaar waren. Dit resultaat wijst erop dat de methode mogelijk al in het ontwerpstadium van het vliegtuig kan worden gebruikt om een indruk te krijgen van potentiële LCO-problemen.

Windtunnelonderzoek

Het windtunnelonderzoek heeft vooral betrekking op het instationaire karakter van de luchtkrachten op en de stroming om het trillende vleugelmodel. Dit instationaire karakter ontstaat doordat de stroming tijdens het trillen van de vleugel enige tijd nodig heeft om mee te veranderen met de variaties van de invalshoek, die door de trillingen worden opgewekt. De luchtkrachten kunnen worden gesplitst in een "reële" component die in fase is met de uitwijking, en een "imaginaire" component die in fase is met de snelheid van de trilling. De reële component kan worden opgevat als positieve of negatieve aerodynamische stijfheid, de imaginaire component als positieve of negatieve demping.

Voor het onderzoek van LCO is vooral van belang het type stroming waarin aan de vleugelachterrand stromingsloslating optreedt die door een schok wordt opgewekt. Gedurende het trillen van de vleugel treden daarbij enerzijds variaties op in schoksterkte en intensiteit van de loslating, anderzijds ook de bovengenoemde traagheid van de stroming in het volgen van de invalshoekvariaties. Deze effecten hebben grote invloed op de reële en imaginaire componenten van de instationaire luchtkrachten. Beide componenten werden dan ook in het windtunnelonderzoek gemeten.

wapenconfiguraties konden worden gerepresenteerd door combinaties van raketten op twee posities onder de vleugel en aan de vleugeltip. In figuur 5 worden enkele details van de modelopstelling getoond. In figuur 5 is te zien dat de gehele modelopstelling aan de metalen "ruit" in de zijwand van de meetplaats was bevestigd. Door deze ruit te verdraaien kon de gemiddelde invalshoek van het vleugelmodel worden verstoeld tot een maximum van 10 graden.

Het vleugeldeel van het model werd door een hydraulische excitator via de vleugelbalans in trilling gebracht om een as loodrecht op de zijwand van de tunnel. De romp was aan de ruit bevestigd en stond dus stil. De zo ontstane trillingsvorm kan representatief worden geacht voor enige voor LCO belangrijke trillingsvormen. De maximale frequentie was 110 Hz en de maximale trillingsamplitude 1,5 graad. Voorrand- en achterrandklep van de vleugel konden beide in verschillende standen worden ingesteld.

Het model, de ondersteuning en delen van de aandrijving werden door het NLR ontworpen en vervaardigd. Het model was gemaakt van dural, de bewapening van vezelversterkte kunststof. Figuur 6 laat het model gemonteerd in de HST zien, met dezelfde wapenconfiguratie als in figuur 5.

De instrumentatie bestond uit een drie-componenten-balans voor de vleugel, drukopnemers verdeeld over vier secties in koordrichting en twee in spanwijdterichting, vijf-componenten-balansen voor de bewapening, versnellingsopnemers, een verplaatsingsopnemer voor het meten van de trillingsamplitude van de excitator, en thermistors voor temperatuurbepaling (zie figuur 5).

Ontwerp en aanmaak van de modelopstelling waren gecompliceerd vanwege moeilijk verenigbare eisen: het model en de balansen moesten voldoende sterk en stijf zijn om de grote aerodynamische belasting en traagheidsbelasting te kunnen opnemen en daarbij niet onnodig veel te vervormen, maar tegelijkertijd moesten ze licht zijn om de benodigde aandrijfkraft te beperken en de traagheidsbelasting klein te doen zijn ten opzichte van de te meten aerodynamische belasting. Om een starre vleugel te kunnen nabootsen werd er naar gestreefd dat de laagste eigenfrequentie boven 90 Hz zou komen te liggen. Deze eigenfrequentie werd in het geval van volledige bewapening 72,6 Hz, en zonder bewapening 99,9 Hz.

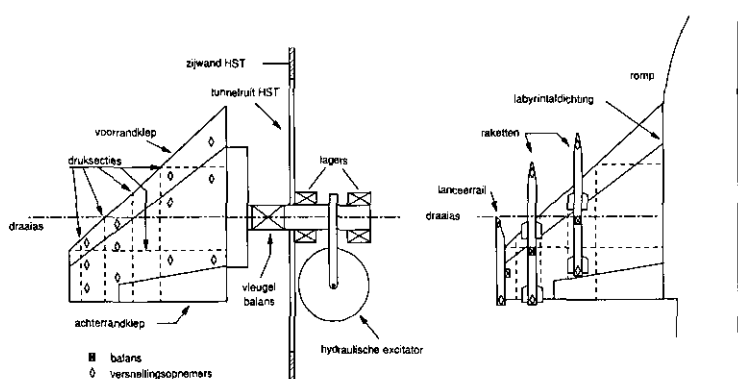


Fig. 5 - Schema van de opstelling van het LCO-model in de HST, vleugel (links), en volledig model (rechts)

Modelopstelling

De metingen werden uitgevoerd in de HST aan een halfmodel van een vleugel en een gestileerde romp inclusief een "strake" (een "strake" is een scherpe voortzetting langs de romp van de vleugelvoorrand). Verschillende

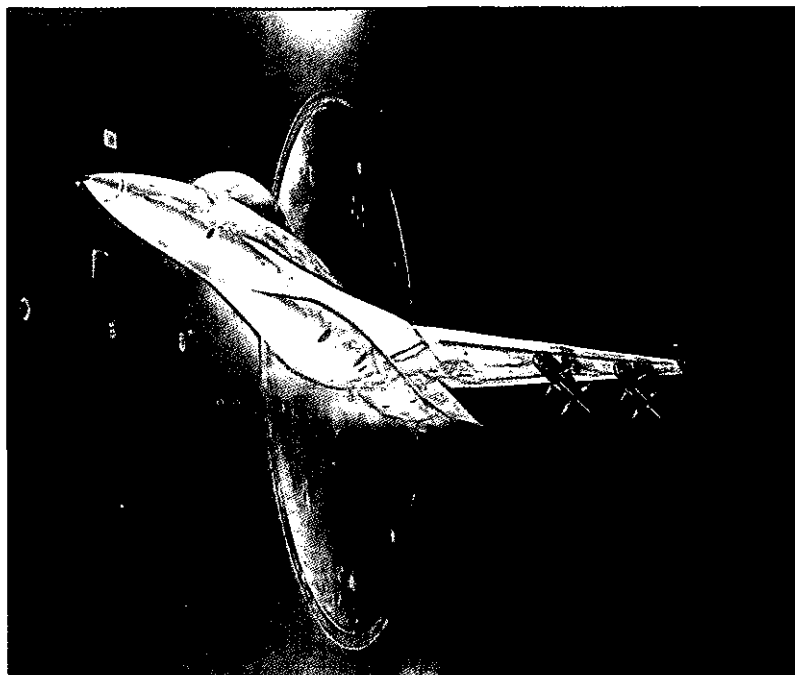


Fig. 6 – Het LCO-model in de HST

Voorbereidend onderzoek

Voorafgaand aan het windtunnelonderzoek was in een speciale meetopstelling het trillingsgedrag van het model uitvoerig nagegaan. De resultaten hiervan waren nodig voor het bepalen van het aandeel van de traagheidsbelasting in de balanssignalen die daarna in de windtunnel werden gemeten. De resultaten werden tevens gebruikt bij het uitvoeren van flutterberekeningen (met sterk geschematiseerde berekende instationaire luchtkrachten) voor het model.

De berekeningen gaven geen flutterproblemen aan voor de kleinere getallen van Mach en kleine invalshoeken. Door het ontbreken van betrouwbare aërodynamische gegevens tijdens LCO boden de resultaten van de flutterberekeningen voor die omstandigheden echter onvoldoende zekerheid. Daarom werd de modelopstelling voorzien van een beveiligingsregeling die de excitor van het model uitschakelde wanneer de som of het verschil van bepaalde versnellingssignalen, gemeten aan de lanceerrail aan de vleugeltip en in het vleugeltipgebied, een vooraf ingestelde drempelwaarde zou overschrijden.

Datavergaring en dataverwerking

De in totaal 123 meetsignalen werden in twee groepen vergaard met behulp van het 64-kanaals dynamische meetsysteem PHARAO (Processor for HARmonic and RAndom Oscillations) dat in 1990 in gebruik was genomen. Na de gegevensverwerking werden de gemiddelden en tijdafhankelijke delen opgeslagen op een optische schijf. Daarna konden door middel van een Fouriertransformatie met een HP9000/370 computer de "reële" en "imaginaire" harmonische compo-

nenten (tot en met de 8^e) worden bepaald, en konden de temperatuurcorrecties en de correcties voor de traagheidsbelasting worden uitgevoerd.

De windtunnelmetingen leverden een zeer grote hoeveelheid meetgegevens op door het grote aantal, ongeveer 900, gebruikte combinaties van stromingsparameters en modelconfiguraties. Elke combinatie vergde een meettijd van ongeveer een halve minuut.

Bij de grootste getallen van Mach en de grootste invalshoeken bleken de modelconfiguraties met bewapening spontaan LCO te vertonen. Dit vormde echter geen bedreiging voor het model, doordat de beveiligingsregeling tijdig werd geactiveerd. Het meetprogramma werd er niet wezenlijk door beperkt.

Resultaten

De verwerking van de meetresultaten was aan het einde van 1991 nog in volle gang. Van de voorlopige resultaten wordt in figuur 7 een voorbeeld gegeven. Hierin zijn, voor excitatiefrequenties van 6 en 40 Hz, gradiënten van draagkracht- en momentcoëfficiënt aangegeven (alleen de bijdrage van de vleugelbovenzijde) in de doorsnede dicht bij de tip. De modelconfiguratie is dezelfde als in de figuren 5 en 6. De invalshoekvariëties zijn voor de beide frequenties verschillend.

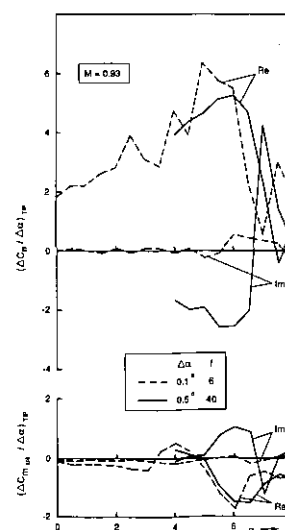


Fig. 7 – Instationaire draagkrachtcoëfficiënten (boven) en momentcoëfficiënten in de vleugelsectie bij de tip als functie van de invalshoek bij excitatiefrequenties van 6 Hz en 40 Hz

De invloed van de frequentie is vooral in de imaginaire delen duidelijk zichtbaar. Bij grotere invalshoeken treden in beide coëfficiënten opvallende veranderingen op, die het gevolg zijn van loslatingsverschijnselen in de stroming aan de vleugelachterrand. Deze veranderingen zijn evenwel goed te correleren met het verloop van de stationaire draagkracht- en momentcoëfficiënt in figuur 2.

Vervolgonderzoek

Het verdere onderzoek van de voorspellingsmethode voor LCO zal zich richten op de ontwikkeling van een rekenmethode waarmee instationaire luchtkrachten zo effectief mogelijk kunnen worden berekend, op basis van de gemeten waarden. Vervolgens zal worden nagegaan of het gebruik van deze instationaire luchtkrachten inderdaad tot een verbetering van de voorspellingen leidt.

Daarnaast zal een experimenteel onderzoek worden verricht in de HST aan het z.g. "simple strake"-model, dat bestaat uit het vleugeldeel dat is gebruikt in het beschreven LCO-onderzoek, gemonteerd op een vleugelbinnendeel voorzien van een "strake", zodanig dat beide delen als één geheel in trilling worden gebracht. Dit halfmodel heeft dezelfde vleugelgeometrie als het heelmodel dat in 1986 tijdens instationaire metingen in de LST werd onderzocht. Het doel van het geplande onderzoek in de HST is het verkrijgen van inzicht in de fysica van instationaire stroming die sterk wordt beheerst door de wervelvlakken die van de strake en de vleugelvoorrand afkomen. Dit type stroming komt voor tijdens manoeuvres van het vliegtuig. Het onderzoek zal tevens gegevens opleveren voor een databestand ten behoeve van het valideren van rekenmethoden. Een belangrijk aspect van het onderzoek is het zichtbaar maken van de stroming met behulp van een laserlichtvlaktechniek.

4.2

Onderzoek naar toepassing van het Microwave Landing System

Het NLR voert voor nationale en internationale opdrachtgevers onderzoek uit op het gebied van het nieuwe Microwave Landing System (MLS), dat rond de eeuwwisseling het thans gebruikte Instrument Landing System (ILS) zal gaan vervangen. Doordat het MLS in een ander frequentiegebied werkt dan het ILS, zijn bij het MLS meer kanalen beschikbaar en is het MLS veel minder gevoelig voor storingen door reflecties van obstakels en voor interferentie van FM-radiozenders. Daarnaast biedt het MLS meer gebruiksmogelijkheden, doordat vliegtuigen niet zoals bij het ILS alleen in een nauwe bundel in het verlengde van de landingsbaan, maar in een breed gebied daaromheen geleidingssignalen kunnen ontvangen. Het NLR heeft naast de benodigde avionica vooral de ruimere gebruiksmogelijkheden van het MLS onderzocht, zowel met de Vluchtnabootser als met het Metro II-laboratoriumvliegtuig. Van nieuwe vliegprocedures zijn de operationele beperkingen onderzocht, in verband met operationele limieten van vliegtuigen en acceptatie door vliegers

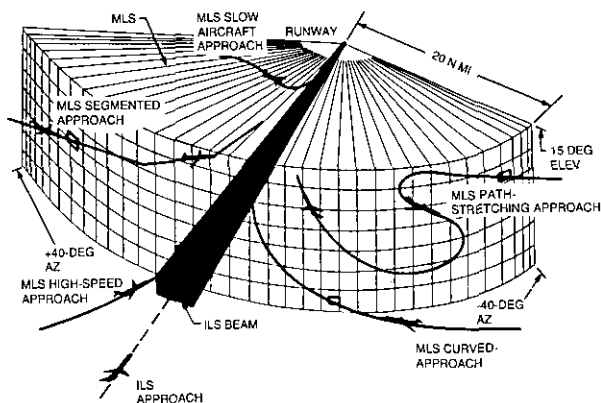


Fig. 1 – Het grote bereik van MLS maakt nieuwe naderingsprocedures mogelijk

Inleiding

Sinds het midden van de jaren '40 zijn landingsbanen van luchthavens overal ter wereld uitgerust met het Instrument Landing System (ILS), het door de ICAO (International Civil Aviation Organization) erkende standaard hulpmiddel voor nadering en landing bij slecht zicht. Gedurende meer dan 40 jaar heeft het ILS zijn nut bewezen.

Hoewel in de loop der tijd verbeteringen aan de ILS-installaties zijn aangebracht om de prestaties en de betrouwbaarheid te vergroten, begon het in de jaren '60 duidelijk te worden, dat het ILS in de toekomst om verschillende redenen niet aan de eisen van het steeds groeiende vliegverkeer zou kunnen voldoen. In de eerste plaats vormt in sommige delen van de wereld, waar verschillende luchthavens relatief dicht bij elkaar gelegen zijn, het maximaal beschikbare aantal van 40 kanalen een hinderpaal voor het voorzien van meer landingsbanen van een ILS-installatie. In de tweede plaats blijkt de toename van het aantal FM-radiozenders (en de daardoor grotere interferentie) te leiden tot een vermindering van de kwaliteit van het ILS-signaal bij verschillende bestaande installaties. Bovendien zullen FM-radiozenders vanaf 1998 met grotere vermogens mogen uitzenden bij frequenties dichtbij de voor ILS gereserveerde frequenties, zodat de interferentie naar verwachting verder zal toenemen. In de derde plaats is het bij sommige landingsbanen niet mogelijk ILS-installaties te plaatsen vanwege de toestand van het terrein voor de landingsbaan of vanwege nabijgelegen bebouwing.

Ten slotte vormt het feit dat de vliegtuigen voor de landing al op meer dan 7 n.m. (n.m. staat voor nautical mile of zeemijl; 1 n.m. is 1,85 km) van de landingsbaan door de luchtverkeersleider naar de rechte naderingsbaan geleid moeten worden een beperking van de gebruiksmogelijkheden van het luchtruim.

Deze beperkingen van het ILS hebben het zoeken naar een beter precisielandingshulpmiddel gestimuleerd. Rond 1970 waren vijftig verschillende systemen in beschouwing genomen, waarvan de meeste gebruik maakten van microgolfttechniek. De ICAO besloot dat het ILS wereldwijd zou worden opgevolgd door een uniform systeem, en koos in 1978 voor het systeem dat door de Verenigde Staten en Australië was voorgesteld. In 1985 werd besloten dat het ILS tot 1 januari 1998 de ICAO-standaard zou blijven. Daarna zou het MLS het primaire landingshulpmiddel voor de burgerluchtvaart worden. De bestaande ILS-installaties zullen beschikbaar blijven tot dezelfde service kan worden geboden door MLS-installaties.

MLS

Tijdens de ontwikkeling van het MLS is veel aandacht besteed aan flexibiliteit en eenvoudig onderhoud. De grondapparatuur bestaat in de basisvorm uit een azimutzender, op dezelfde plaats als het koerslijnbaken (de 'localizer') van het ILS, en een elevatiezender op de

plaats van de glijpad ('glide slope')-antenne van het ILS. De azimuth-antenne van het MLS is, afhankelijk van het ontwerp, slechts 2 tot 5 meter breed, terwijl het koerslijnbaken van ILS een antenne van 15 tot 50 meter breed heeft. De hoogte van een azimuth-antenne is ongeveer 3 meter. De hoogte van elevatie-antennes ligt tussen 2 en 4,5 meter, wat aanzienlijk kleiner is dan die van een ILS-glijpadantenne. In plaats van aanvliegbakens ('locators') is het MLS voorzien van precisie-afstandsmeetapparatuur (DME/P), waarvan de antenne dicht bij de azimuth-antenne staat.

Met zijn bereik van 40 graden links tot 40 graden rechts van de hartlijn van de landingsbaan, eventueel uit te breiden tot 60 graden naar links en naar rechts, en van 0,9 tot 15 graden boven het horizontale vlak, beslaat het MLS een veel groter gebied dan het ILS, dat slechts proportionele geleidingssignalen levert in een gebied van 5 graden horizontaal bij 1,5 graad verticaal (zie figuur 1). Bovendien heeft het MLS een supplementaire azimuthzender, die gebruikt kan worden voor geleiding bij afgebroken naderingen en bij vertrekprocedures.

Het MLS werkt volgens het Time Reference Scanning Beam-principe dat is geschetst in figuur 2. De azimuth- en de elevatiezender produceren beide een nauwe bundel die heen en weer, respectievelijk op en neer beweegt over het totale bereik. De positie van het vliegtuig binnen dit bereik wordt zowel lateraal als verticaal afgeleid uit het tijdsverschil tussen de momenten waarop de respectievelijke bundels de antenne van het vliegtuig heengaand en teruggaand raken.

De afstand van het vliegtuig tot de landingsbaan wordt verkregen uit de precisieafstandsmeet-apparatuur DME/P.

Omdat het MLS werkt bij microgolf-frequenties, worden de geleidingssignalen vrijwel niet

beïnvloed door obstakels, terrein- of weersomstandigheden of door radiozenders. Het MLS vormt ook een oplossing voor een tekort aan kanalen van het ILS, doordat 200 kanalen, tussen 5031 en 5091 MHz, aan het MLS zijn toegewezen.

Ten slotte maakt het grote bereik van het MLS nieuwe aanvliegbanen mogelijk, naast de bij het ILS gebruikte rechtlijnige naderingen.

Onderzoek met de Vluchtnabootser

In 1977 begon het NLR met onderzoeken met de Vluchtnabootser naar operationele voordelen van het MLS voor grote verkeersvliegtuigen ('wide-body transport aircraft'), gedeeltelijk in opdracht van de Rijksluchtvaartdienst (RLD).

Resultaten van deze onderzoeken werden ingebracht in het overleg binnen de ICAO via het AWOP (All Weather Operations Panel) en het OCP (Obstacle Clearance Panel). De FAA en de RLD besloten vervolgens tot samenwerking bij het MLS-onderzoek, die inhield: wederzijdse consultatie bij het voorbereiden van de onderzoeksplannen, deelname van vliegers in het onderzoeksprogramma en uitwisseling van onderzoeksresultaten. In 1989 ontving het NLR een opdracht van de FAA voor onderzoek naar gekromde naderingen met grote verkeersvliegtuigen, en in 1990 een opdracht van de FAA voor onderzoek naar geavanceerde MLS-procedures.

Er werden in totaal drie onderwerpen onderzocht: gekromde naderingen, de interceptie van naderingsbanen en vertrekprocedures.

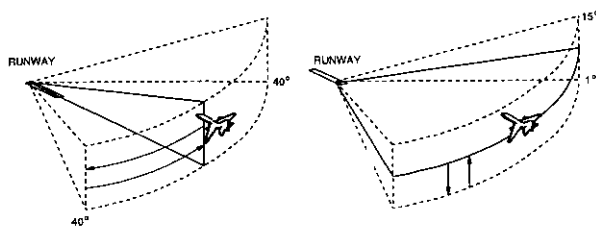


Fig. 2 - Het Time Referenced Scanning Beam-principe

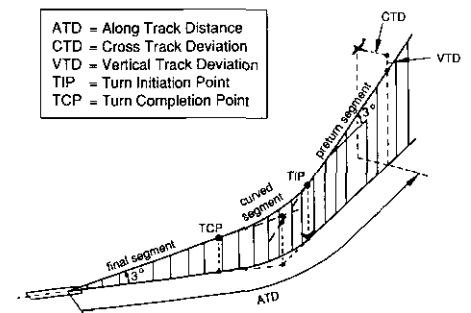


Fig. 3 - Schematische weergave van een gekromde nadering

Gekromde naderingen

Figuur 3 geeft schematisch een gekromde nadering weer, die bestaat uit twee rechte

segmenten verbonden door een cirkelboog. Drie variabelen geven de positie van het vliegtuig aan ten opzichte van de baan: de afstand langs de baan (ATD, Along Track Distance), de dwarsafwijking (CTD, Cross Track Deviation) en de verticale afwijking (VTD, Vertical Track Deviation). De variabelen CTD en VTD kunnen worden omgezet in de vorm van de gebruikelijke koerslijn- en glijpadafwijkingen. Essentieel voor de geleiding is dat geleidingssignalen beschikbaar zijn gedurende de gehele nadering, zowel in dwarsrichting als verticaal. De nadering is dan equivalent aan een ILS-nadering met een gedeeltelijk gekromde koerslijn.

De straal van het gekromde segment bepaalt samen met de grondsnelheid de dwarshelling van het vliegtuig. Voor een Boeing 747 geldt dat het gekromde segment een straal heeft van $1\frac{1}{4}$ à $1\frac{1}{2}$ n.m., bij een nominale dwarshelling van 15 graden en naderingssnelheid tussen 150 en 165 knopen (n.m./hr). Een dwars-helling van 15 graden geeft een verkleining van de overtreksnelheidsmarge met minder dan 2%. Wanneer het vliegtuig zich op het gekromde segment bevindt, wordt een 'bias' opgeteld bij de bestaande regelsignalen voor laterale besturing van het stuurcommando-systeem (Flight Director) en de stuurautomaat. In sommige gevallen kunnen gekromde naderingsprocedures zo worden ontworpen dat de vliegtuigen zowel obstakels als geluids- gevoelige gebieden vermijden.

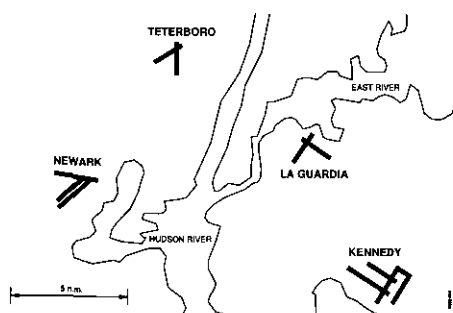


Fig. 4 – De omgeving van New York met vier luchthavens

De mogelijkheid luchtruimbepalingen te verminderen door toepassing van het MLS kan worden geïllustreerd met de situatie rond New York, waar vier luchthavens: John F. Kennedy International Airport, La Guardia, Newark en Teterboro dicht bij elkaar liggen (zie figuur 4). Wanneer baan 22 van Newark en baan 13 van La Guardia in gebruik zijn voor landingen, wordt de capaciteit van deze luchthavens sterk beperkt, omdat de naderingspaden elkaar

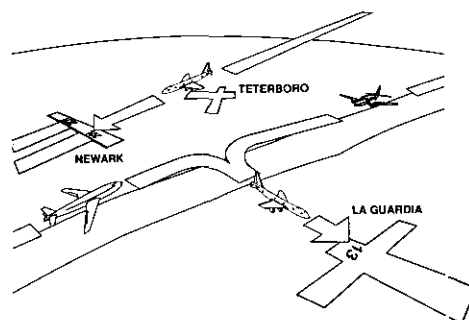


Fig. 5 – Door gekromde naderingen naar La Guardia wordt de conflictsituatie tussen naderingen naar Newark en naar La Guardia opgeheven

Bij John F. Kennedy International worden bij goed zicht gekromde naderingen uitgevoerd naar de landingsbanen 13L en 13R, en bedraagt de capaciteit 65 vliegbewegingen per uur. Bij slecht zicht kunnen alleen rechte ILS-naderingen naar één landingsbaan gevlogen worden, zodat de capaciteit vermindert tot 48 vliegbewegingen per uur. Met gekromde MLS-naderingen zou het mogelijk worden de capaciteit bij slecht zicht op te voeren tot 65 vliegbewegingen per uur.

De interceptie van naderingsbanen

Een van de bij het NLR uitgevoerde onderzoeken betrof de mogelijkheid het MLS toe te passen bij de interceptie van de naderingsbaan. In de huidige situatie worden vliegtuigen door de luchtverkeersleiders naar de naderingsbanen geleid door radarkoers-geleiding ('radar vectoring'). Daarbij geven de luchtverkeersleiders, op basis van de op hun radarscherm getoonde posities van deze vliegtuigen, de vliegers instructies betreffende koers, hoogte en snelheid.

Figuur 6 toont de principes van vier interceptieprocedures die met behulp van de Vluchtnabootser zijn onderzocht. De *procedurele interceptie* (links boven) wordt uitgevoerd door naar een imaginair baken op de naderingsbaan te vliegen, dat op een afstand van 8 n.m. vóór de landingsbaandrempel ligt. Deze procedure is

bedoeld voor gevallen waarin de radar of radio zijn uitgevallen of anderszins niet beschikbaar zijn, en die kan worden beschouwd als de MLS-versie van de huidige ILS-eindnadering. Deze procedure is met het Metro II-laboratorium-vliegtuig beproefd onder andere op het vliegveld Manchester in Groot-Brittannië. De *minimum brandstof/tijd procedure* (rechts boven), verschilt alleen van de eerstgenoemde procedure doordat het rechtlijnige deel van de eindnadering slechts ongeveer 3 n.m. lang is. De *'present track'-interceptie* (links onder) wordt uitgevoerd door na de radarkoersgeleiding de gevlogen baan te vervolgen tot de eindnaderingsbaan bereikt is. Deze procedure kan gebruikt worden bij druk vliegverkeer. Ook deze procedure is met de Metro II getest, bij de vliegvelden Cardiff en Heathrow.

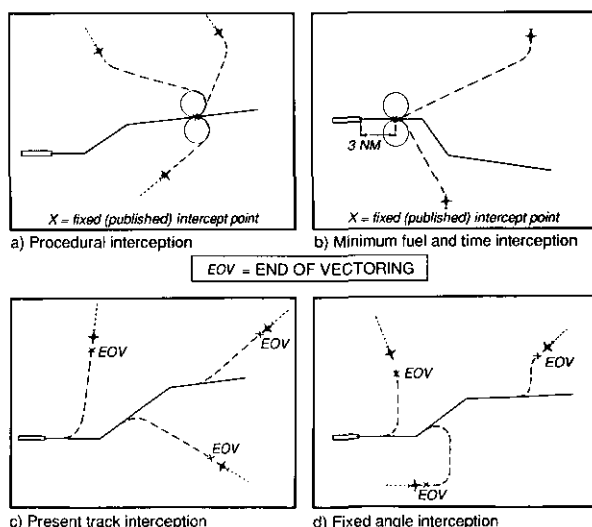


Fig. 6 – Principes van voorgestelde MLS-interceptieprocedures

De *'fixed angle'-interceptie* (rechts onder) wordt uitgevoerd door na de radarkoersgeleiding onder een hoek van 90 graden met de eindnaderingsbaan te draaien. De eerste twee procedures kunnen worden beschouwd als 'own navigation'-procedures, terwijl de derde en vierde bedoeld zijn om de luchtverkeersleider bij de radarkoersgeleiding te steunen. De algoritmen die voor deze procedures zijn ontwikkeld, leveren trajectoriën bestaande uit rechte segmenten en cirkelbogen.

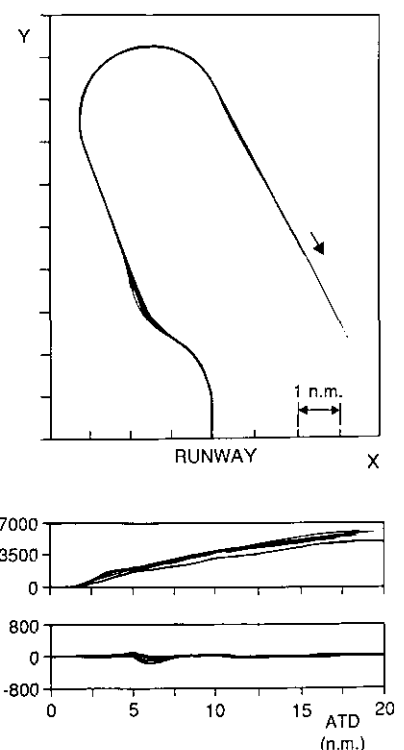
Deze MLS-interceptieprocedures kunnen worden geïntegreerd in toekomstige lucht-

verkeersleidingssystemen. De taak van de verkeersleider kan erdoor worden verlicht en er kan brandstof worden bespaard. De eerste drie van deze procedures zijn opgenomen in Annex 10 van ICAO en in de Minimum Operational Standards for Airborne MLS Area Navigation Equipment van de RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics).

Vertrekprocedures

Een van de onderzochte mogelijkheden die het MLS biedt, is de geleiding van het vliegtuig bij vertrek volgens de bestaande Standard Instrument Departures. In de praktijk blijken grote afwijkingen van deze vertrekprocedures voor te komen, doordat weinig of geen bruikbare hulpmiddelen beschikbaar zijn. Met behulp van azimuth- en DME/P-signalen van een MLS zou laterale geleiding gegeven kunnen worden, zodat de voorgeschreven vertrekprocedures nauwkeuriger kunnen worden gevolgd. Dit zou bijvoorbeeld nuttig kunnen zijn bij de vertrekprocedure van baan 25 van de luchthaven Vail in Colorado (USA). Indien de positiebepaling, de navigatienauwkeurigheid en de integriteit van het navigatiesysteem daar in overeenstemming kunnen worden gebracht met

Fig. 7 – Acht gesimuleerde MLS-vertrekbanen, van baan 01L van Schiphol



de plaatselijke geografische omstandigheden, zou de betalende lading van vliegtuigen die van daar vertrekken, kunnen toenemen. Figuur 7 toont resultaten van acht gesimuleerde MLS-vertrekprocedures, gemaakt tijdens een haalbaarheidsstudie met een gesimuleerde Boeing 747 voor verschillende startgewichten en bij verschillende windsnelheden. Het betreft een speciale vertrekprocedure voor baan 01L van Schiphol. Er treden slechts geringe afwijkingen op, van minder dan 200 meter. Ter vergelijking toont figuur 8 de registraties van een tiental werkelijk met een Boeing 747 gevlogen vertrekbanen waarbij van de bestaande hulpmiddelen gebruik werd gemaakt. Deze registraties werden gemaakt met het vliegbaanbewakingssysteem FANOMOS. De maximale onderlinge afstand tussen de gemeten vertrekbanen bedroeg ongeveer 1200 meter.

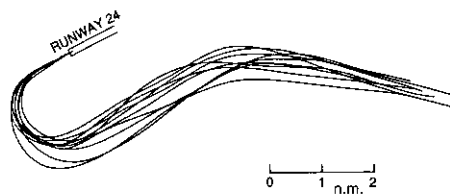


Fig. 8 – Tien met FANOMOS geregistreerde vertrekbanen van Boeing 747-vliegtuigen van baan 24 van Schiphol

MLS-vliegproeven met het Metro II-laboratoriumvliegtuig

Met het Metro II-laboratoriumvliegtuig zijn vliegproeven uitgevoerd bij de vliegvelden Londen Gatwick, Cardiff, Manchester en Londen Heathrow, waar MLS-grondinstallaties beschikbaar waren.

Bij Londen Gatwick werden landingen uitgevoerd op baan 26L, terwijl de MLS-installatie was geplaatst bij baan 26R, die evenwijdig met baan 26L op een afstand van ongeveer 200 meter ligt. Daarbij werden in totaal 72 naderingen gevlogen, waarbij de vliegers een MLS-procedurele interceptie van de verlengde baanhartlijn uitvoerden op verschillende afstanden van de baandrempel.

Bij Cardiff werden twee interceptieprocedures getest, de 'present track interception' en de 'procedural interception'. Met deze procedures is het mogelijk de duur van het radiocontact

tussen het vliegtuig en de luchtverkeersleiding te verminderen. Bovendien werden glijpadhoeken van 4 en 6 graden beproefd, naast de gebruikelijke hoek van 3 graden. Het vliegtuig was voorzien van een MLS-ontvanger, en een microcomputer voor het berekenen van de vereiste geleidingssignalen. Deze signalen werden getoond op een programmeerbaar EFIS (Electronic Flight Instrument System) van Honeywell Sperry in de lay-out van conventionele navigatie-instrumenten.

Tijdens de vliegproeven bij Londen Heathrow werd de nauwkeurigheid gevalideerd van geleidingssignalen berekend uit de signalen van een MLS-installatie van een baan die evenwijdig aan de gebruikte landingsbaan lag, nu op een zeer grote afstand van 1415 m van elkaar (zie Fig. 9). De vliegers oordeelden dat deze berekende MLS-geleiding tenminste even goed was als de geleiding door het ILS van de gebruikte landingsbaan.

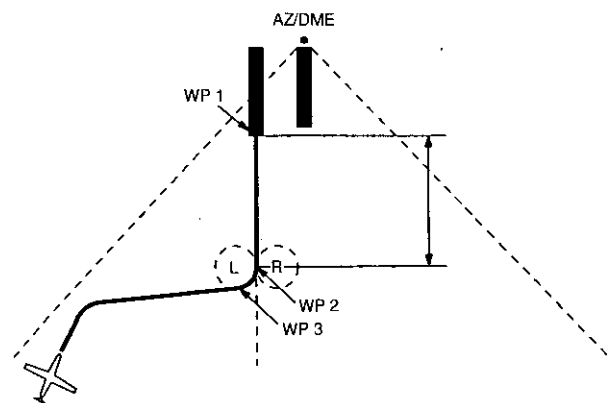


Fig. 9 – Naderingsschema beproefd met het Metro II-laboratoriumvliegtuig

Evaluatie van gekromde naderingen met grote verkeersvliegtuigen

Het NLR heeft in opdracht van de FAA een onderzoek met de Vluchtnabootser uitgevoerd ter evaluatie van gekromde naderingen met een gesimuleerde Boeing 747. Dit onderzoek had tot doel tegenover de ATA (Air Transport Association) de haalbaarheid aan te tonen van het vliegen van gekromde naderingen met grote verkeersvliegtuigen. Het onderzoek was gericht op drie aspecten. Het eerste betrof de vliegbaarheid van gekromde naderingen en de stabiliteit van het vliegtuig tijdens de nadering

onder slecht-zichtomstandigheden. Daarnaast werden gegevens verzameld over de prestaties van de vliegers en de operationele acceptatie van met de hand, met behulp van het stuurcommandosysteem, gevlogen naderingen. Ten slotte werd de minimumlengte van het laatste rechte segment bepaald.

De resultaten bestonden zowel uit objectieve gegevens over de nauwkeurigheid waarmee de naderingspaden worden gevolgd als uit subjectieve gegevens afgeleid uit door de vliegers ingevulde vragenlijsten.

Figuur 10 toont de geregistreerde banen van 40 gesimuleerde naderingen voor een van de vijf onderzochte naderingsbanen. De bocht was 90 graden en het laatste rechte segment van de baan had een lengte van 1½ n.m. De nauwkeurigheid waarmee de gekromde naderingen werden gevlogen bleek even groot te zijn als die waarmee rechte naderingen worden uitgevoerd. Weliswaar namen de afwijkingen in de gekromde gedeelten enigszins toe, maar op het laatste rechte segment verminderden ze weer tot waarden die optreden bij rechte naderingen.

Uit de subjectieve resultaten van de twintig deelnemende vliegers bleek dat de beoordelingen van de eerste vliegers niet verschilden van die van de tweede vliegers. Veertig procent van de vliegers accepteerde een lengte van 1½ n.m. voor de lengte van het laatste rechte segment, 60 procent accepteerde 2 n.m. en allen waren tevreden met 3 n.m.

Deze resultaten hebben betrekking op slecht-zichtnaderingen ('Category II conditions'). Uit de commentaren van de vliegers bleek dat bij beter zicht kortere lengten van het laatste rechte segment acceptabel zijn.

Het onderzoek met de Vluchtnabootser en dat met het Metro II-laboratoriumvliegtuig heeft bevestigd dat het MLS meer gebruiksmogelijkheden biedt dan het ILS. Het MLS biedt luchthavens de mogelijkheid procedures voor nadering en landing en voor vertrek vast te stellen die zijn afgestemd op plaatselijke omstandigheden en die ook bij slecht zicht nauwkeurig kunnen worden gevolgd. Wanneer landingsbanen en vliegtuigen in de toekomst op grote schaal met MLS zullen zijn uitgerust, kan het luchtruim efficiënter worden benut.

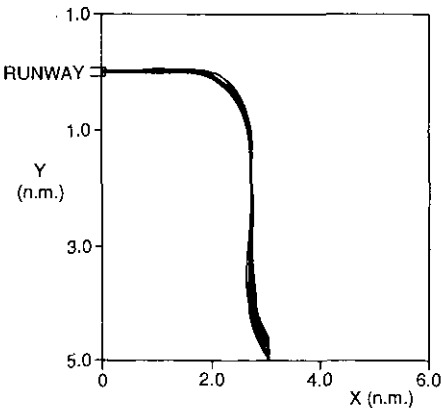


Fig. 10 – De geregistreerde banen van 40 gesimuleerde naderingen

4.3

Het dynamisch gedrag van ruimtevoertuigen met vloeistoffen aan boord

Micro-zwaartekracht

Er is geen methode bekend waarmee de zwaartekracht kan worden uitgeschakeld. Echter, het gewicht van voorwerpen ten gevolge van de versnelling van de zwaartekracht, kan wel worden opgeheven. In een omgeving waarin het gewicht tot vrijwel nul is verminderd (bij 'micro-zwaartekracht' ofwel 'micro-g') kunnen bijzondere proeven en experimenten worden uitgevoerd.

Er zijn diverse methoden bekend om een 'gewichtloze' toestand te benaderen. De eenvoudigste is een gewone val. Problemen hierbij zijn de zeer korte duur (bijv. 1 seconde) en de invloed van de luchtwrijving. Veel geavanceerder maar ook kostbaarder is het om een vrije val te laten plaats vinden in een vacuümbuis in een zogenaamde valtoeren. Dergelijke torens zijn reeds jaren in gebruik, bijvoorbeeld in Bremen, waar experimenten worden uitgevoerd tijdens een vrije val over 110 meter, gedurende 4 à 5 seconden.

Een andere mogelijkheid is het uitvoeren van een parabolische vlucht met een vliegtuig (foto 1) of met een sondeerraket (foto 2). Met een vliegtuig is een gewichtloze periode van 10 tot 40 seconden haalbaar, met een sondeerraket een van 15 minuten of meer. Met het Metro II-laboratoriumvliegtuig van het NLR worden al sinds vele jaren dergelijke vluchten uitgevoerd.

Een welhaast ideale mogelijkheid wordt uiteraard geboden door een vlucht met een satelliet of een ruimtestation. De duur van de 'vrije val' is hierbij nagenoeg ongelimiteerd. De kosten zijn echter hoog en het experimenteren is complex.

Het Wet Satellite Model (WSM)-experiment

Sinds vele jaren wordt door het NLR onderzoek uitgevoerd op het gebied van micro-zwaartekracht, in het bijzonder naar het gedrag van vloeistoffen. Het NLR heeft computerprogramma's voor numerieke simulatie ontwikkeld en experimenten in Spacelab 1 en Spacelab D1 uitgevoerd.

Het doel van het WSM-experiment is het onderzoeken van het dynamische gedrag van een schaalmodel van een werkelijke satelliet met een

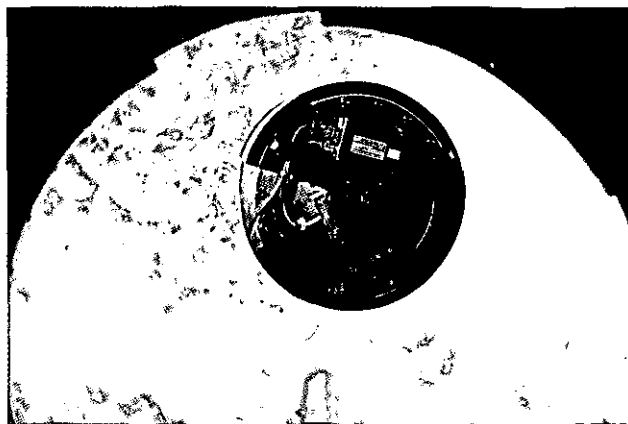


Foto 2 – De WSM tijdens de parabolische vlucht met de MASER 5-sondeerraket, gefotografeerd vanuit de rest van de payload kort nadat de WSM was afgestoten

(grote) hoeveelheid vloeistof aan boord. De besturing van zo'n satelliet is gecompliceerd doordat de bewegingen van satelliet en vloeistof gekoppeld zijn, en doordat het dynamische gedrag van de vloeistof niet goed bekend is. Soortgelijke problemen doen zich voor bij aardse voertuigen zoals schepen met vloeibare lading en tankauto's.

Voor de uitvoering van het WSM-experiment wordt een kleine satelliet, met een diameter van 34 cm, een hoogte van 36 cm en een massa van circa 20 kg, met een sondeerraket gelanceerd. De snelheid bij de lancering is niet voldoende om de WSM in een baan om de aarde te brengen. Er wordt een parabolische vlucht uitgevoerd met een maximale hoogte van ongeveer 315 km, waarbij gedurende circa 7 minuten een gewichtloze toestand bestaat. Tijdens deze periode voert de kleine satelliet met de daarin aanwezige vloeistof een beweging uit vanuit een bekende begintoestand. De meetgegevens worden via een telemetriesysteem naar een ontvangststation op aarde gezonden. De naam van deze kleine satelliet is Ejectable Ballistometer (EB), afgeleid van het instrument waarmee zijn bewegingen worden gemeten. Een tweede, minstens even belangrijke, doelstelling van het WSM-project is het ontwikkelen van een meetmethode en een instrument voor het



Foto 1 – De WSM tijdens een parabolische vlucht met het Metro II-laboratoriumvliegtuig

bepalen van de lineaire versnellingen en rotatieversnellingen. Deze ballistometer (foto 3) is een speciaal samenstel van lineaire versnellingsmeters. Voor deze bij het NLR ontwikkelde ballistometer is door Fokker een octrooi-aanvraag ingediend.

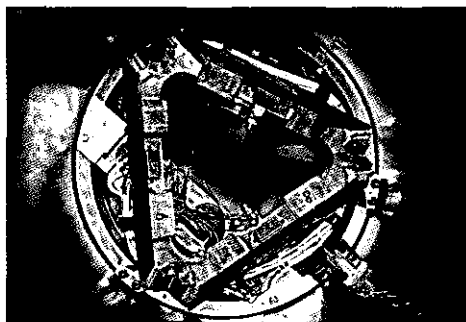


Foto 3 – De ballistometer, ingebouwd in de verder nog lege EB. Een van de drie druksensoren is te zien rechtsonder op de tankwand

Ontwerp en voorbereiding van het experiment

De resultaten van het WSM-experiment zijn nodig voor de validatie van modellen voor het berekenen van het gedrag van ruimtevoertuigen met vloeistof aan boord. De rekenmodellen

kunnen worden gevalideerd met de bewegingen van de EB wanneer deze voldoende eenvoudig zijn. Voor de vorm van de vloeistoftank is daarom een nauwe ruimte tussen twee concentrische cilinders gekozen, waarbinnen de vloeistofstroming kan worden beschreven door slechts twee snelheidscomponenten, omdat de component loodrecht op het cilinderoppervlak verwaarloosbaar is.

Bij het begin van de vrije val is de EB bewegingloos, gestabiliseerd door een sneldraaiend vliegwiel, met alle vloeistof aan een uiteinde van de tank. Door plotseling afremmen van het vliegwiel krijgt de EB een rotatiesnelheid om de symmetrie-as van de tank.

De traagheidseigenschappen van de EB zijn zo gekozen dat de EB een zogenaamde nutatiebeweging gaat uitvoeren, waarna de rotatie tenslotte plaatsvindt om een as die loodrecht staat op de symmetrie-as. Dit verloop van de beweging van de EB is bevestigd door numerieke simulaties.

De vlucht van de sondeerraket MASER-5

De sondeerraket MASER-5 bestaat uit een tweetraps Terrier/Black Brant vastebrandstofraket en de 'payload', met een totale lengte van 15,5 m. De payload had een lengte van 5,9 m en een gewicht van 464 kg. Tijdens de lancering was de maximale versnelling circa 13 g. De eerste trap was binnen zes seconden uitgebrand, en de tweede trap na 44 seconden. Toen was een hoogte bereikt van 45 km. Na 60 seconden werd de payload losgemaakt van de tweede trap, op 78 km hoogte.

De EB werd na 72 seconden door een ejectiemechanisme afgestoten, op een hoogte van 100 km. De maximale hoogte, 312 km, werd 289 seconden na de lancering bereikt. Hierna begon de terugval naar de aarde. Voor de EB duurde de totale 'micro-g'-periode 7 minuten en 5 seconden. De gehele vluchtduur was ongeveer 9,5 minuut. De payload kwam aan een parachute in Noorwegen naar beneden, en werd met behulp van een helikopter geborgen. De payload was twee uur na de lancering terug op de lanceerbasis.

De MASER-5 werd gelanceerd vanaf de lanceerbasis ESRANGE nabij Kiruna in het uiterste noorden van Zweden op 9 april 1992 (foto 4). Naast WSM bevonden zich nog zes zogenaamde experiment modules aan boord: nog twee Nederlandse (CIS-3, gebouwd door FSS, het NLR en het Centrum voor Constructie en Mechatronica (CCM), en MAIS, gebouwd door FSS en CCM), twee Zweedse (gebouwd door de Swedish Space Corporation en SAAB)

Foto 4 – De lancering van de MASER-5



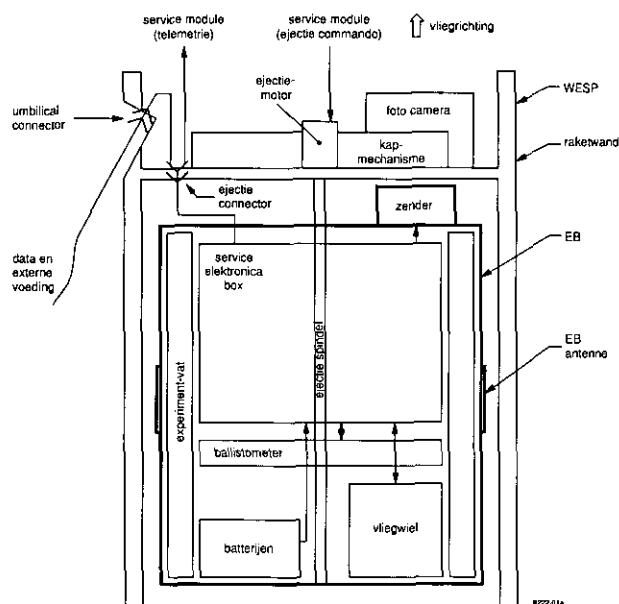
en twee Japanse (gebouwd door Hitachi en IHI). In een van de Zweedse modules werd een experiment van de Rijksuniversiteit Groningen uitgevoerd.

Voor het eerst werd tijdens een vlucht met een MASER een deel van de payload afgestoten. De EB heeft geen parachute-systeem, en valt na de vlucht te pletter op de aarde. De EB heeft daarom een eigen telemetriesysteem. Mogelijk kunnen, als interessant bijproduct, de aërodynamische krachten en momenten op de EB bij terugkeer in de dampkring worden gemeten. Mocht de EB worden teruggevonden, dan zal hij te zijner tijd worden tentoongesteld in het Bedrijfsmuseum van het NLR.

De opbouw van de WSM

De hoofdonderdelen van de WSM zijn het Wet Satellite Platform (WESP), de Ejectable

Fig. 1 – Doorsnede van het Wet Satellite Model



Ballistometer (EB) en de grondapparatuur (zie figuur 1).

Het Wet Satellite Platform (foto 5) bestaat uit een gedeelte van de raketwand (52 cm hoog), een ejectie-mechanisme en een automatische fotocamera. Bij de ejectie kapt een, door een explosie aangedreven mes, de spankabel van het ophangmechanisme. Vervolgens ejecteert een door een motor aangedreven spindel de EB volgens een nauwkeurig ontworpen versnellingsprofiel, dat ervoor zorgt dat de vloeistof zich 'boven' in het vat verzamelt. De eindsnelheid van de EB ten opzichte van de rest van de payload is ongeveer 0,3 m/s. Een fotocamera

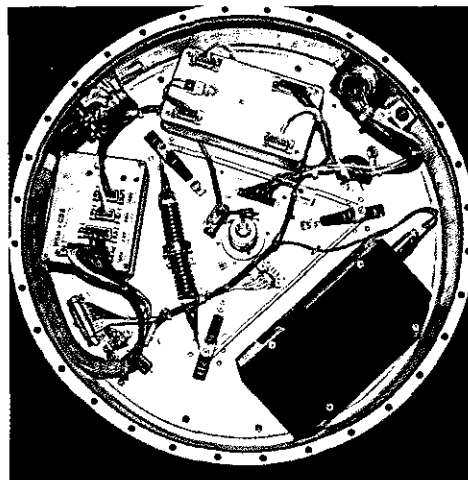


Foto 5 – Bovenaanzicht van de WESP. Te onderscheiden zijn het klem- en kapmechanisme (driehoek en veer), de motor van het ejectiemechanisme (midden), de fotocamera (rechtsonder) en de twee elektronicadozen

registreert het eerste deel van de vrije vlucht van de EB met 36 foto's in 70 seconden (foto 2). Het gewicht van de WESP is ongeveer 23 kg. De Ejectable Ballistometer bestaat uit het experiment-vat half gevuld met water onder waterdampdruk, de ballistometer, de drie druksensoren, de 15 temperatuursensoren, de elektronica, de vluchtsoftware, het vliegwiel, twee batterij-pakketten, de zender en de antenne. Het gewicht van de EB is 21,4 kg, waarvan 2,7 kg water.

De grondapparatuur bestaat uit een WSM-

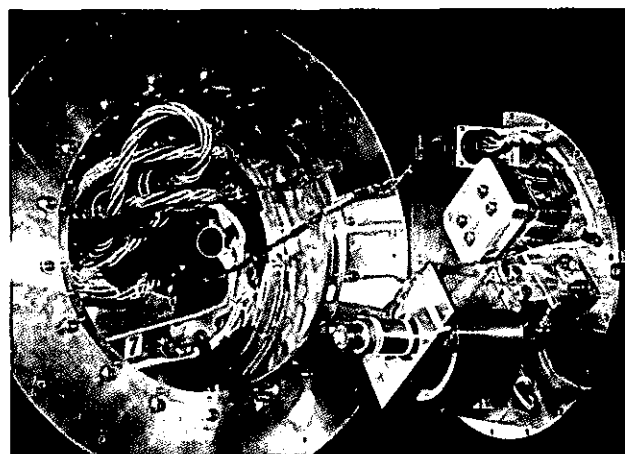
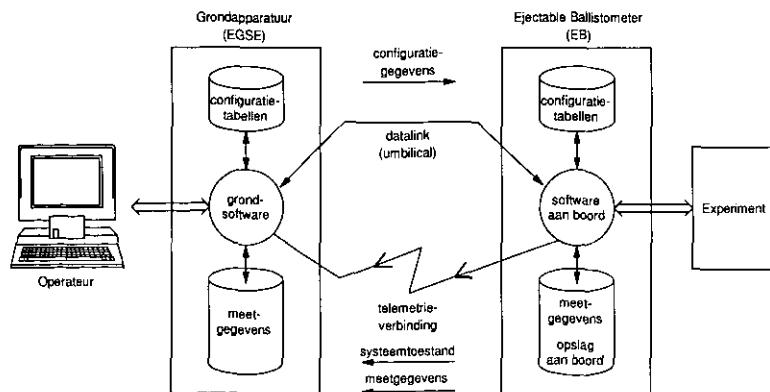


Foto 6 – De geopende onderzijde van de EB, met op de voorgrond het vliegwiel en een van de twee batterijpakketten

computer, een telemetriecomputer, een interface-kast met voeding en commandering en de 'grond'-software.

Fig. 2 – Het meet- en regelsysteem van de Ejectable Ballistometer



De ballistometer

Dit instrument kan worden beschouwd als het 'evenwichtsorgaan' van de EB. Evenals dit bij het menselijk evenwichtsorgaan het geval is worden lineaire versnellingen en hoekversnellingen gemeten met een aantal éénassige versnellingsmeters. Afgezien van meetfouten kan een willekeurige beweging worden gereconstrueerd uit de meetwaarden. Een instrument met een vergelijkbare functie maar in een ander toepassingsgebied is een traagheidsplatform, daarbij worden hoekverdraaiingen echter bepaald door gyroscoopmetingen.

De ballistometer is samengesteld uit negen micro-versnellingsmeters van zeer kleine afmetingen, die zijn uitgevoerd als een elektronische chip. De uitvoering in de EB is bijzonder omdat de configuratie anders is dan bij de traditionele uitvoeringen, die onder verschillende benamingen worden gebruikt voor biomechanische studies en voor registratie van zeer snelle bewegingen (botsingen). De toepassing in de EB is mogelijk door het gebruik van een nieuwe sensor met een grote gevoeligheid die speciaal is ontwikkeld voor gebruik onder micro-zwaartekrachtomstandigheden.

De constructie van de ballistometer is te zien op foto 3. De benen van de driehoekige structuur zijn ca. 20 cm lang. Versnellingsmeters zijn zichtbaar op de hoekpunten en midden op elk been. Tijdens de kalibratie zijn de asrichting

en de plaats van het 'seismische punt' van elke versnellingsmeter nauwkeurig bepaald. Deze gegevens zijn gecontroleerd met behulp van de metingen die zijn verricht tijdens de bekende beweging van de lege EB in vrije val.

De elektronica van de WSM

De WSM-EB bevat een door een micro-processor bestuurd meet- en regelsysteem, de 'Service Electronics Box' (SEB). De SEB bevat alle elektronica die nodig is om de EB zelfstandig te besturen en de verzamelde meetwaarden voor de gebruikers beschikbaar te maken (foto 7).

Het elektronische systeem van de WSM bestaat naast de SEB aan boord van de EB uit een 'Electrical Ground Support Equipment' (EGSE) deel. De verbinding tussen beide delen bestaat uit een directe data-link via een flexibele draad of een telemetrie-verbinding (figuur 2).

Wanneer na de lancering van de MASER-5 de directe data-link niet meer beschikbaar is, worden de gemeten gegevens via de telemetrie-verbinding naar het grondstation gezonden. Wanneer de EB nog deel uitmaakt van de payload, wordt de algemene telemetrie-zender van de MASER-5 gebruikt. Nadat de EB is afgestoten, wordt overgeschakeld op een eigen telemetrie-zender van de EB.

De hardware van de SEB is opgebouwd rond een eenvoudige 8-bits 'multiplex' bus. Hierop zijn acht kaarten met elektronica aangesloten die onder andere de conditionering en meting van 32 analoge signalen met een resolutie van 14 bits en zes discrete waarden verzorgen. Het regelen van de snelheid van het vliegwiel samen met de bijbehorende rem wordt direct vanuit de hardware gedaan om een voldoende snelle regeling te verkrijgen. Het telemetrie-systeem bestaat uit een data-formatteer-eenheid en een zender met een vermogen van 2,5 Watt. Alle verdere functionaliteit van het systeem wordt door de software verzorgd. Het besturingsconcept van de SEB is gebaseerd op een tweetal tabellen die het gedrag van de software aan boord bepalen. Hiermee wordt een flexibel configureerbaar systeem

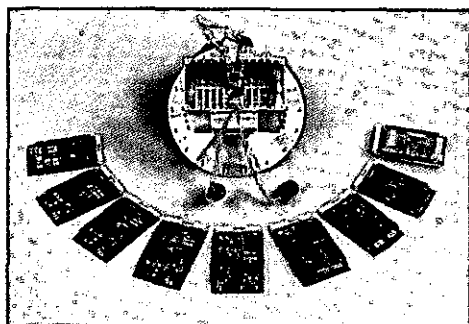


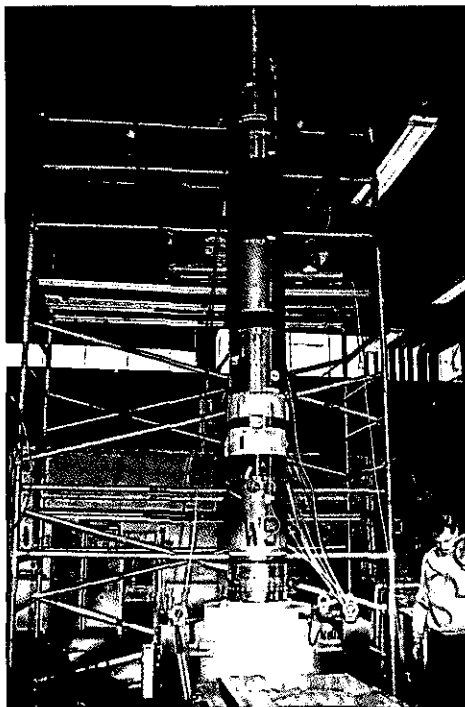
Foto 7 – De aan boord gebruikte elektronica

verkregen, dat zelfs in late fases van de lanceercampagne eenvoudig kan worden aangepast. De tabellen worden op de Personal Computer van het EGSE aangemaakt en geverifieerd, en kunnen daarna via de data-link naar de SEB verstuurd worden. Voor de WSM worden verschillende tabellen gebruikt voor de kalibratiemetingen, de parabolische vluchten met de Metro II en die met de MASER-5.

Tests en kalibraties

Een uitvoerig beproevings- en kalibratieprogramma is gedefinieerd en uitgevoerd. Met name de ballistometerkalibraties op de lucht-gelagerde servo-tafel van de hoofdafdeling Ruimtevaart hebben veel aandacht gevestigd. De onontkoombare 1-g omgeving maakte deze kalibraties extra moeilijk. Zeer waardevol (maar ook enerverend en spectaculair) waren daarom de vrije-valtests en de parabolische vluchten met de Metro II (foto 1), doordat hierbij de micro-g-omstandigheden gedurende korte tijd redelijk goed konden worden nagebootst. Zeer nauwkeurig werd de positie van het zwaartepunt bepaald, tot op 0,1 à 0,2 mm, en het traagheidsmoment werd om tien assen gemeten, met een nauwkeurigheid van 0,1%.

Foto 8 – Trillingsproeven uitgevoerd op de complete payload in Stockholm



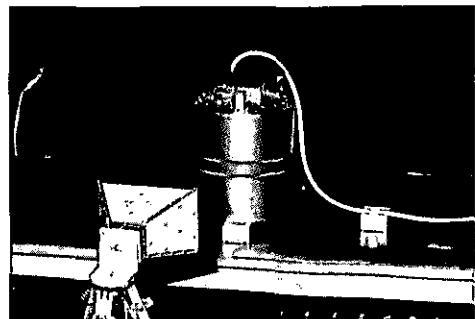
Het impulsmoment van het vliegwiel werd gemeten door het remkoppel te meten en numeriek te integreren. Triltests werden uitgevoerd op de EB bij TNO in Delft, op WSM-niveau bij Fokker op Schiphol en tenslotte op payload-niveau bij de Swedish Space

Corporation in Stockholm (foto 8). Onverwacht hebben de triltests voor veel hoofdbrekens gezorgd doordat aanvankelijk enkele versnellingsmeters sneuvelden. Dit probleem werd opgelost door de constructie van de ballistometer te verstijven en te verzwaren en de ballistometer verend op te hangen. Ook werden Electro-Magnetische Interferentie (EMI)-tests aan de EB uitgevoerd bij het NLR (foto 9) en werd de elektronica voor data-acquisitie uitvoerig gekalibreerd.

Projectgegevens

Tijdens de realisatie van het Wet Satellite Model (WSM) in opdracht van het Europese Ruimtevaart Agentschap ESA, was het NLR verantwoordelijk voor de samenbouw en beproeving van de Ejectable Ballistometer (EB), en leverde het NLR het experiment, de instrumentatie, elektronica en bekabeling. Fokker Space & Systems (FSS) maakte de mechanische constructie, het vliegwiel en de batterij-pakketten voor de EB, en was verantwoordelijk voor de integratie van de EB en het Wet Satellite Platform (WESP) tot WSM. De Swedisch Space Corporation leverde de raketwand, het mechanisme waarmee de EB wordt gescheiden van de raket, de fotocamera en het telemetriesysteem.

Foto 9 – Electro-Magnetische Interferentie-tests aan de EB, uitgevoerd bij het NLR



Het WSM-onderzoek werd financieel gesteund door het SRON ('experiment'), het NIVR ('ballistometrie'), alsmede door het NLR zelf, uit het budget voor eigen speurwerk.

Toekomstige ontwikkelingen

Er is een groeiende belangstelling voor de ontwikkeling van kleine goedkope experimenteerfaciliteiten in de ruimte, die met een korte doorlooptijd te realiseren zijn. Ten behoeve van het onderzoek naar het dynamische gedrag van satellieten, en om de ballistometrie verder te ontwikkelen, is door het NLR voorgesteld, de WSM-Ejectable Ballistometer verder te ontwikkelen tot een kleine satelliet, de zgn. Sloss Test Orbital Facility (STOF), die in een baan om de aarde kan worden gebracht. De STOF zal worden gelanceerd met de Amerikaanse Shuttle of de ARIANE-draagruket.

De eerste versie van de STOF-faciliteit (gebaseerd op de mechanische en elektrische systemen ontworpen voor het WSM-project) zal worden gerealiseerd in het kader van ESA's In-Orbit Technologie Demonstratie Programma. Daarbij heeft het NLR ook belangstelling om de STOF rechtstreeks vanuit de laboratoria in de Noordoostpolder te besturen, en de experiment-data te vergaren. Dit kan mede nuttig zijn als voorbereiding op een Dutch Utilisation Centre voor het begeleiden vanaf de aarde van micro-zwaartekrachtsonderzoek in het ruimtestation Columbus.

Een groot aantal bezoekers uit binnen- en buitenland werd ontvangen in een of in beide vestigingen van het laboratorium. Er werd deelgenomen aan binnen- en buitenlandse airshows en diverse andere evenementen.

Verscheidene excursies werden georganiseerd.

Voor het personeel werden nieuwjaarsbijeenkomsten gehouden in beide vestigingen.

Binnenlandse bezoekers

- Burgemeester drs. M.A.J. Knip en enkele wethouders van de gemeente Noordoostpolder, die de vestiging Noordoostpolder bezochten;
- Ir. E.B. van Erp-Taalman Kip, directeur van het Prins Maurits Laboratorium van TNO;
- De directie van de NV Luchthaven Schiphol, die belangstelling toonde voor onze activiteiten op het gebied van MLS, voor FANOMOS en voor de Vluchtnabootser;
- Mr. baron B.J.M. van Voorst tot Voorst, staatssecretaris van Defensie;
- Mr. J.W. Weck, directeur-generaal van de Rijksluchtvaartdienst;
- Ir. A.J. de Wijkersloot de Weerdestijn, van het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen.

Buitenlandse bezoekers

- Mr. K.W. Kim en mr. C.W. Lee van het Koreaanse Agency for Defense Development;
- Een Zweedse delegatie, op bezoek bij het Ministerie van Defensie;
- Mr. Z. Pernica, directeur van het Tsjechische Aeronautical Research and Test Institute;
- Dr. G.F. Masters, general director van het Institute for Aerospace Studies te Toronto, Canada;
- Dr. Masaaki Yanagihara, van het National Aerospace Laboratory te Tokyo, die tevens een voordracht bij het NLR hield;
- Mr. R.G. Gillespie, Assistant Deputy Minister of Materiel van het Canadese Ministerie van Defensie;
- Mr. D.J. Mabey, Canadian Counsellor Defence Research and Development van de Canadian High Commission te Londen;
- De heer G. van de Merwe, van het CSRR Aerotec Instituut te Pretoria, Zuid-Afrika;
- De heer D. Marquis, directeur van Shape Technical Center, in gezelschap van vier medewerkers, te weten de heren J. Meinard, G. Gronde, P. Huth en J. Rodero;
- Prof. O. Diran, van Lapan (Indonesian National Aeronautics and Space Institute);
- Mr. J.N. Olhensen, van de firma Evans and Sutherland.

Excursies

- Leden van de Studievereniging "Interactief" van de Universiteit Twente;
- Leden van de Studievereniging Technische Natuurkunde "Johannes Diederik van der Waals" van de TU-Eindhoven;
- De Luchtmachtstafschool van de Koninklijke luchtmacht;
- De ElectroTechnische Vereniging van de Hogeschool Haarlem;
- Studenten van de Studievereniging "Christiaan Huygens" en de VLIS (Vereniging Leidse Instrumentmakers School), die veel belangstelling hadden voor onze Technische Diensten;
- Leden van de NAA (Noord Atlantische Assemblée), die in Nederland bijeen waren voor een voorjaarszitting;



President Soeharto van Indonesië bij de stand van het NLR op de tentoonstelling 'Ristek'

- Personeelsleden van Astrom (Stichting Astronomisch Onderzoek in Nederland), Dwingelo;
- Buitenlandse Studenten die in Nederland verbleven voor het Euroavia Congres in Delft;
- Leerlingen van de Technische Opleidingen binnen de Koninklijke marine;
- Leden van de Nederlandse Ingenieurs Vereniging NIRIA;
- Directieleden van Teesside International Airport, in verband met het MLS-onderzoek en de ATC-simulator NARSIM;
- Stafleden van de Rijksluchtvaartdienst werkzaam in Den Haag.

Tentoonstellingen



De staatssecretaris van Defensie, mr. baron B.J.M. van Voorst tot Voorst, toont belangstelling voor de Video Live Aircraft Stinger Trainer bij de ITEC

- Tijdens een studiedag "Decision Support Systems and Artificial Intelligence" toonde het NLR zijn activiteiten op dat gebied door middel van foto's.
- Ter ondersteuning van een presentatie tijdens het Symposium "Luchtvaart-lawaai" in de Jaarbeurs te Utrecht, was het NLR met een tentoonstelling vertegenwoordigd.
- Op "Aeronautics Day", te Brussel, waar de Europese lucht- en ruimtevaartinstituten zich presenteerden, toonde het NLR door middel van foto-panelen EG-projecten waaraan het deelneemt.
- In het MECC (Maastricht Exhibition and Congress Centre) te Maastricht werd op 15, 16 en 17 april 1991 de ITEC (International Training Equipment Conference and Exhibition) gehouden, waar het NLR, binnen de stand van het NISP (Nederlands Industrieel Simulatie Platform) zijn kunnen toonde op het gebied van simulatie.
- Bij het MLS Progress Forum, gehouden in de RAI, toonde het NLR zijn bijdragen aan het MLS-onderzoek.
- Het NLR was met het Fairchild Metro II-laboratoriumvliegtuig vertegenwoordigd op de Air Tattoo te Fairford, Engeland.
- Naast Fokker exposeerde het NLR in Jakarta tijdens de tentoonstelling 'Ristek'. Ook DAF Special Products en UCN leverden een bijdrage. Het NLR mocht zich verheugen in bezoeken van President Soeharto en minister Habibie van Indonesië.
- Tijdens de Open Dagen van de Koninklijke luchtmacht, gehouden op de vliegbasis Twente, was ook het NLR vertegenwoordigd.
- Binnen NAG (Netherlands Aerospace Group)-verband was het NLR aanwezig op de Paris Airshow op Le Bourget.
- Ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van de TPD (Technisch Fysische Dienst TNO/TU) te Delft vond in de aula van de TU-Delft een symposium plaats ondersteund door een expositie waar het NLR het remote sensing instrument CAESAR presenteerde.

Presentatie van CAESAR bij de expositie ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van de TPD



Overige evenementen

Nieuwjaarsreceptie voor het personeel in de vestiging Noordoostpolder



- Het jaar 1991 begon met de gebruikelijke nieuwjaarsrecepties voor het personeel in de vestigingen Amsterdam en de Noordoostpolder.
- In de vestiging Amsterdam vond de overdracht plaats van het trainingssysteem VLAST aan de KLu;
- De afdeling Operationele Research organiseerde bij het NLR in Amsterdam een Symposium voor ca. 40 vliegers van de Koninklijke luchtmacht;
- De Stichting Ruimteonderzoek Nederland (SRON) en het NLR organiseerden in de vestiging Noordoostpolder een DUC (Dutch Utilization Centre) gebruikersdag, om de activiteiten van het DUC te introduceren;
- NEC organiseerde bij het NLR te Amsterdam de "Academic Workshop on Supercomputing";
- Na ruim twintig jaar legde prof.dr.ir. O.H. Gerlach zijn functie als voorzitter van het bestuur van het NLR neer. Ter gelegenheid van zijn afscheid werden op 4 oktober een symposium en een feestelijke lunch bij het NLR gehouden.

Inleiding

- De Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR bracht in 1991 adviezen uit over:
- de resultaten van de door het NLR in 1990 uitgevoerde werkzaamheden in het kader van 'Eigen Speurwerk en Apparatuur-ontwikkeling NLR';
 - het 'Concept-Werkplan voor 1992';
 - de resultaten van de door het NLR in 1990 uitgevoerde werkzaamheden in het kader van het 'Algemene Research Programma met het oog op de vliegtuigontwikkeling in de nabije toekomst' (ARP) van het NIVR;
 - de NLR-rapporten die de Wetenschappelijke Commissie werden aangeboden ter beoordeling op hun geschiktheid als wetenschappelijke publikatie;
 - de onderwerpen die in 1991 of 1992 in aanmerking kwamen, dan wel komen, voor een opdracht van het NIVR in het kader van het ARP.

Verder werd, op verzoek van het Bestuur van het NLR, een notitie opgesteld met als titel 'Notitie van de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR inzake de omvang van het Eigen Speurwerk van het NLR'. Hierin worden de aspecten die van invloed zijn op de gewenste omvang van het Eigen Speurwerk nader belicht, alsmede worden conclusies getrokken over de huidige omvang van het Eigen Speurwerk.

Het bestuur van het NLR is de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR zeer erkentelijk voor de terzake uitgebrachte adviezen.

Samenstelling

De samenstelling van de Wetenschappelijke Commissie en die van de Subcommissies was aan het einde van het verslagjaar als volgt:

Wetenschappelijke Commissie

Prof.dr.ir. P.J. Zandbergen, voorzitter
 Prof.ir. C.J. Hoogendoorn
 Prof.ir. P. Jongenburger
 Prof.dr. T. de Jong
 Prof.dr.ir. J.A. Steketee
 Ir. P.G. Vermeulen, secretaris

Subcommissie voor Aërodynamica

Prof.dr.ir. J.A. Steketee, voorzitter
 Prof.dr.ir. P.G. Bakker
 Dr.ir. R. Coene
 Prof.dr.ir. J.L. van Ingen
 Prof.ir. E. Obert
 Prof.ir. E. Torenbeek
 Ir. N. Voogt
 Prof.dr.ir. P. Wesseling
 Prof.dr.ir. L. van Wijngaarden

Subcommissie voor Ruimtevaarttechniek

Prof.ir. H. Wittenberg, voorzitter
Dr. B. Baud
Prof.dr.ir. J.A.M. Bleeker
Ir. P.Ph. van den Broek
Dr.ir. N.J.J. Bunnik
Prof.dr. W. de Graaff
Ir. J.P. Groen
Prof.dr.ir. L.P. Ligthart
Prof.ir. N.J. Mulder
Prof.ir. K.F. Wakker

Subcommissie voor Sterkte en Materialen

Prof.dr.ir. J.F. Besseling, voorzitter
Prof.dr. Joh. Arbocz
Ir. F. Holwerda
Prof.dr.ir. Th. de Jong
Prof.ir. P. Jongenburger
Dr. P.V. Kandachar
Ir. A.N. Kraan
Prof.dr. A. Rothwell
Prof.dr.ir. J. Schijve
Prof.dr.ir. H. Tijdeman
Prof.dr. J.H. de Wit

Subcommissie voor Toegepaste Wiskunde en Informatica

Prof.dr.ir. P. Wesseling, voorzitter
Prof.ir. D. Bosman
Drs. P.J.W. ten Hagen
Prof.dr.ir. G.Y. Nieuwland
Prof.dr. G.J. Otsder
Prof.dr.ir. J. Schalkwijk
Prof.dr.ir. C.R. Traas

Subcommissie voor Vliegeigenschappen en Vliegtuiggebruik

Prof. J.H.D. Blom, voorzitter
KTZSD Ir. K. Bakker
Ir. H. Benedictus
Ir. W.G. de Boer
J. Hofstra
Ir. R.J.A.W. Hosman
Ir. H.J. Kamphuis
Prof.ir. E. Obert
Lt.Kol.Vl. b.d. A.P. Okkerman
Ir. P. van Otterloo
Ir. C.H. Reede
Ir. H. Tigchelaar

Tot slot van deze informatie over de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR, volgt het letterlijk citaat van de slotbeschouwing uit het jaarverslag 1991 van de Wetenschappelijke Commissie:

'Evenals in voorgaande jaren werd aan de Wetenschappelijke Commissie in 1991 een groot aantal rapporten voorgelegd en beoordeeld op hun geschiktheid voor publikatie. Gezien het positieve oordeel hierover, kan worden geconcludeerd dat het NLR het afgelopen jaar op adequate wijze het onderzoek op lucht- en ruimtevaartgebied heeft uitgevoerd. Het is tevens verheugend dat het aantal

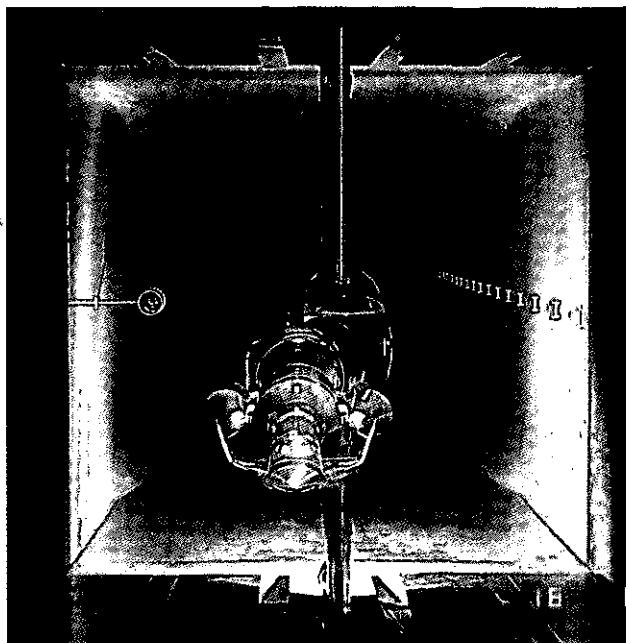
publicaties weer stijgend is, waarbij het relatief grote aantal proceedings van bijgewoonde conferenties aangeeft dat het NLR op het internationale vlak actief is.

De Wetenschappelijke Commissie heeft haar instemming betuigd met het voor 1992 opgestelde werkplan. De commissie heeft hierbij reeds bij herhaling gewezen op het teruglopen van de omvang van het Eigen Speurwerk. Dit Speurwerk stelt een researchinstelling in staat ook op de langere termijn een leidende rol te blijven spelen op het nationale en internationale vlak. Toch lijkt het erop dat ook in 1992 niet alle voorgenomen werkzaamheden in het kader van het Eigen Speurwerk uitgevoerd zullen kunnen worden. Dit wordt mede veroorzaakt door een verdringing van deze werkzaamheden door een groot opdrachtevolumen. Dit legt een extra druk op het Speurwerk, waardoor te weinig aandacht kan worden besteed aan grensverleggend onderzoek. De Commissie heeft in 1991 nogmaals haar bezorgdheid geuit over het teruglopen van de meer fundamentele werkzaamheden middels een notitie inzake de omvang van het Eigen Speurwerk.

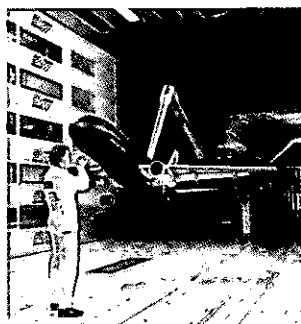
De positie van het NLR, in nationaal en internationaal verband, wordt enerzijds bepaald door voldoende mogelijkheden voor het bestuderen van fundamentele aspecten van de lucht- en ruimtevaart, anderzijds door het exploiteren van geavanceerde onderzoeksfaciliteiten. Ten aanzien van het verbeteren en verder uitbouwen van de faciliteiten voert het NLR een voortvarend beleid, met als belangrijkste voorbeelden de modernisering van de HST en de overgang van de NEC SX-2 naar de SX-3, en het realiseren van de geheel nieuwe Nationale Simulatie Faciliteit. Dit is een verheugende ontwikkeling, met de kanttekening dat deze installaties, naast een groot beslag op de beschikbare investeringsmiddelen, eveneens een niet onaanzienlijk deel van de exploitatiesubsidie vragen.

Het NLR is op relatief grote schaal betrokken geweest bij de uitvoering van werkzaamheden in de 'Pilot Fase' van het EG 'Aeronautics' Programma. Gezien het belang van de aansluiting in Europees verband, hoopt de Commissie dat het NLR in staat zal zijn ook in de 'Intermediate' fase van dit programma een goede inspanning te leveren.'

Model van de draagraket Ariane 5 met het Europese ruimtevoertuig Hermes in de HST



Model op schaal 1 : 7,25 van de DAA 92, een Duits/Italiaans/Frans vliegtuig dat wordt ontwikkeld door Deutsche Aerospace, Alenia en Aerospatiale, in de DNW



7.1 Internationale samenwerking in AGARD-verband

Algemeen

AGARD is een adviesgroep van de Noord Atlantische Verdragsorganisatie (NAVO), waarbij AGARD de afkorting is voor Advisory Group for Aerospace Research and Development.

De doelstelling van AGARD is autoriteiten op het gebied van lucht- en ruimtevaart uit de wereld van wetenschap, research en technologie uit de NAVO-landen bij elkaar te brengen, teneinde te komen tot het:

- uitwisselen van wetenschappelijke en technische informatie;
- bevorderen van samenwerking tussen de lidstaten op het gebied van Research and Development (R en D) in de lucht- en ruimtevaart;
- adviseren van de lidstaten omtrent gebruik en inzet van hun R en D capaciteiten;
- adviseren van de lidstaten bij het versterken van hun wetenschappelijk en technisch potentieel;
- geven van wetenschappelijke en technische adviezen aan het Militair Comité van de NAVO;
- stimuleren van vooruitgang in de R en D op het terrein van de luchtvaart- en ruimtevaarttechnologie.

Op deze wijze hoopt men op indirecte wijze bij te dragen aan de versterking van het defensieve potentieel van de NAVO-landen.

Realisatie doelstelling

Om de doelstelling te realiseren zijn in de AGARD-organisatie negen Panels werkzaam, waarbij elk Panel een deel van het spectrum van de luchtvaart- en ruimtevaarttechnologie bestrijkt. Deze Panels zijn te beschouwen als het wetenschappelijke hart van de organisatie.

Daarnaast bevindt zich in Parijs het hoofdkwartier. Dit hoofdkwartier is onder meer verantwoordelijk voor coördinerende werkzaamheden, het opstellen en bewaken van budgetten, het verzorgen van de publikaties en het organiseren van speciale activiteiten.

Onder auspiciën van de genoemde negen Panels, dan wel voor wat betreft bijzondere activiteiten onder auspiciën van het hoofdkwartier, werden de volgende evenementen georganiseerd:

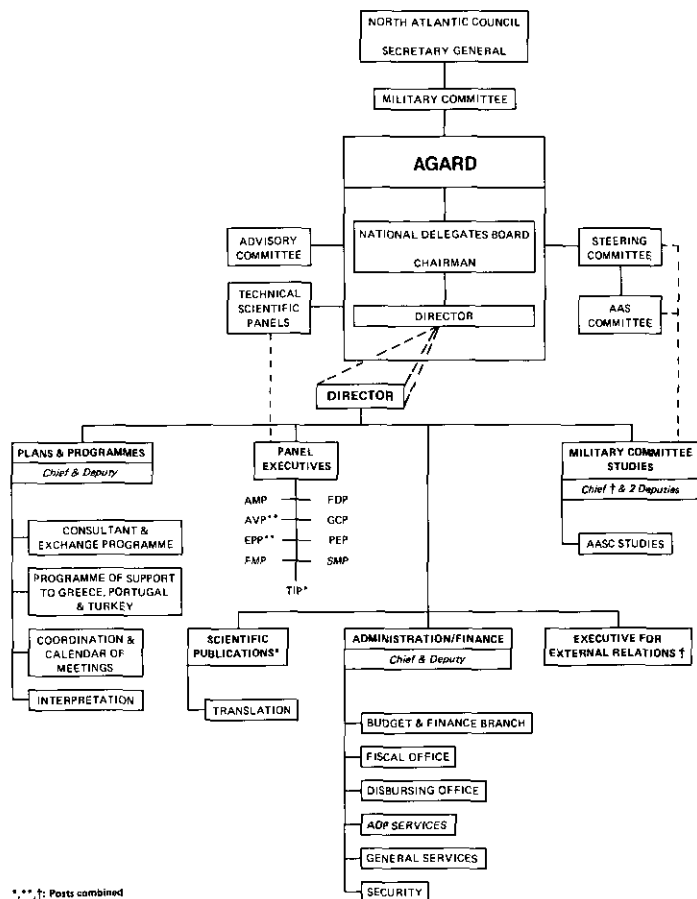
- symposia
- congressen
- panel-vergaderingen
- lezingen series
- korte cursussen
- consultant missies
- uitwisselingsprogramma's
- uitgifte van publikaties

waarmede uitvoering aan de doelstelling wordt gegeven.

Organisatie

Het organisatieschema op pagina 90 geeft een indruk van de organisatie van AGARD.

Het beleidsbepalende orgaan van deze organisatie is de 'National Delegates Board'. In deze raad hebben per land maximaal drie vertegenwoordigers zitting. Ieder land heeft één stem. Deze Nationaal Gedelegeerden vergaderen tweemaal per jaar, waarbij de voorjaarsvergadering altijd in Parijs plaatsvindt en de najaarsvergadering in de hoofdstad van één der overige NAVO-landen. De AGARD-staf in Parijs is verantwoordelijk voor de dagelijkse gang van zaken.



In de loop van 1991 zijn verkozen, voor een periode van drie jaar, dr. J.B. Scott-Wilson (UK) als voorzitter van de National Delegates Board en dr. A.J. Wennerstrom (USA) als directeur AGARD in Parijs.

Deelname van Nederland in AGARD

De Nederlandse deelname in AGARD bestaat uit twee Nationaal Gedelegeerden (prof.dr.ir. O.H. Gerlach tot 1 oktober 1991, de heer J. van Houwelingen na 1 oktober, en dr.ir. B.M. Spee), één Nationaal Coördinator (ir. L. Sombroek) en 24 Panellleden. Van deze 24 panellleden zijn 10 panellleden medewerker bij het NLR.

Te verwachten is dat begin 1992 gen.maj. drs. D. Altena, directeur Materieel KLu, eveneens zal worden benoemd tot Nationaal Gedelegeerde.

Technisch programma

Panelvergaderingen/Symposia, Lecture Series en Speciale cursussen

Panelvergaderingen/Symposia - 14, waarvan 1 in Nederland is georganiseerd
Lecture Series - 7, waarvan elke Lecture Series in drie verschillende landen wordt gegeven.

In Nederland is één Lecture Series georganiseerd.

Speciale Cursussen - 1, georganiseerd in drie verschillende landen

Support programmes

Vanwege de relatieve technische achterstand in de zgn. Southern flank countries, gevormd door Portugal, Griekenland en Turkije, financiert AGARD speciale ondersteuning voor deze drie landen. In aantallen programma's betrof dit:

Griekenland - 17
Portugal - 23
Turkije - 19

Daarnaast hebben 58 panellleden uit de drie genoemde landen op kosten van AGARD kunnen deelnemen aan panelvergaderingen.

Consultants programme

In totaal zijn er 96 Consultants Missions uitgevoerd.

Studies t.b.v. het Militaire Comité van de NAVO

Als Aerospace Applications Study t.b.v. het Militaire Comité is in opdracht genomen:

AAS-35 - Potential of reconnaissance, surveillance and target acquisition equipment to be employed in the post-CFE environment, including verification, warning and threat analysis.

7.2

Internationale samenwerking in DNW-verband

In de 'Stichting Duits-Nederlandse Windtunnel/Stiftung Deutsch Niederländischer Windkanal' werken de Stichting NLR en de Duitse Vereniging DLR (Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt) samen ter zake van de exploitatie van de grote lage-snelheidstunnel DNW op het terrein van de NLR-vestiging Noordoostpolder.

Samenstelling bestuur

In de verslagperiode vond een wijziging in de samenstelling van het bestuur plaats, daar prof.dr.ir. O.H. Gerlach in het bestuur werd opgevolgd door de heer J. van Houwelingen.

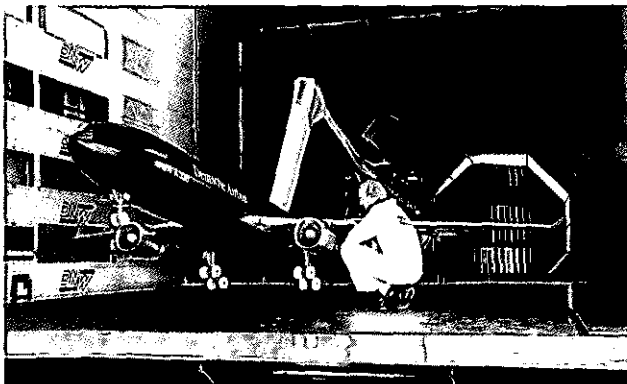
Ultimo 1991 waren de bestuursleden (benoemd door het NLR):

J. van Houwelingen	(NLR), voorzitter
Dr.ir. B.M. Spee	(NLR)
Ir. H.N. Wolleswinkel	(V&W)
Drs. G.M.V. van Aardenne	(NIVR)

De bestuursleden benoemd door DLR, waren:

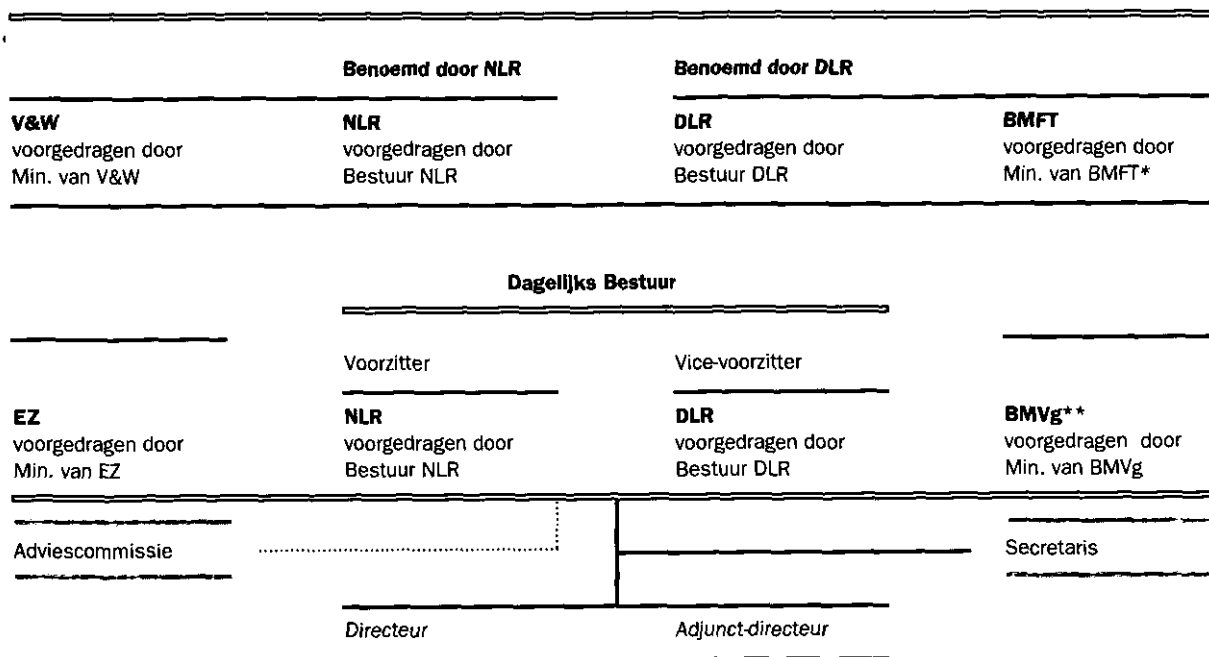
Dr.rer.publ. J. Blum	(DLR), vice-voorzitter
Dr.-Ing. O. Lawaczeck	(DLR)
Dr.-Ing. H. Hertrich	(BMFT)
Dipl.-Ing. K.H. Heilmann	(BMVg)

Als secretaris van het DNW-bestuur fungeerde Dipl.Kfm. K. Hamacher.



Model van de Airbus A330 voorzien van 'Turbine Powered Simulator'-modelmotoren, boven de bewegende vloer van de DNW

Bestuur DNW



* BMFT: Bundesministerium für Forschung und Technologie

** BMVg: Bundesministerium für Verteidigung

Organisatieschema van de Stichting
Duits-Nederlandse Windtunnel (DNW)

Vergaderingen van het bestuur

Het bestuur vergaderde tweemaal in het verslagjaar. Het Dagelijks Bestuur kwam driemaal bijeen.

Adviescommissie

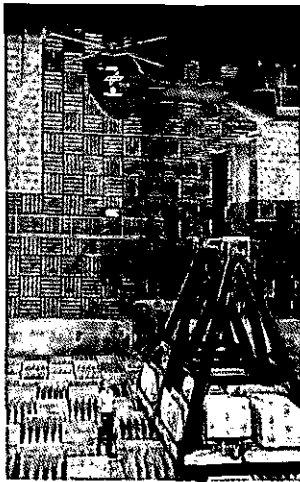
Overeenkomstig de Statuten van de Stichting DNW werd het bestuur bijgestaan door een Adviescommissie. De samenstelling van de Adviescommissie was aan het einde van de verslagperiode als volgt:

Dr. Ing. B. Sträter	(Dornier), voorzitter
Dipl.-Ing. O. Friedrich	(MBB)
Prof. Dr.-Ing. U. Ganzer	(MBB)
Prof. dr. ir. J. L. van Ingen	(TU-Delft)
Prof. ir. E. Obert	(Fokker)
Dipl.-Ing. J. Röder	(Airbus)
Prof. ir. J. W. Slooff	(NLR)
Prof. Dr.-Ing. F. Thomas	(DLR)
Ir. M. van der Veen	(Fokker)

Ir. J. C. A. van Ditshuizen trad op als secretaris.



Een complete vrachtwagen-combinatie op het daarvoor ontwikkelde Truck Platform in de DNW



Aero-akoestisch onderzoek aan een model van een helikopterrotor in de open meetplaats van de DNW

Directie

De directie van de DNW bestaat uit:
Prof.Dr.-Ing. H.U. Meier
Ir. A.H. Runge

Activiteiten

In 1991 liep de omvang van de opdrachten enigszins terug ten opzichte van 1990, als gevolg van vertraging bij enkele vliegtuig- en helikopterprogramma's. De totale bezetting bedroeg 154 shifts. Het aandeel voor de automobiellindustrie steeg tot 50 shifts, onder andere door het gebruik van de rollende vloer bij metingen aan personenauto's en van een nieuwe ondersteuning in de 9.5 x 9.5 m² meetplaats voor vrachtwagencombinaties.

Voor de luchtvaartindustrie werden onder andere metingen uitgevoerd aan modellen van Airbus (Super Air Transport, A321, A330, A340), CASA (Eurofighter), Deutsche Airbus (DAA 92) en Fokker (Fokker 130). De metingen voor Airbus Industrie werden uitgevoerd in opdracht van Deutsche Airbus en Aerospatiale, waarbij met name de werking van motoren in grondnabijheid door middel van modelmotoren en de rollende vloer werden gesimuleerd. Tevens werd voor Deutsche Airbus en Dassault Aviation een model van de Hermès op zijn landingseigenschappen onderzocht. Behalve metingen aan vliegtuigmodellen werd in opdracht van MTU een aëroakoestisch onderzoek aan een modelmotor van een contraroterende 'ducted propfan' (CRISP) uitgevoerd, waarbij de nieuwe motorondersteuning werd ingezet.



Onderzoek in de DNW van de landingseigenschappen van het ruimtevoertuig Hermes

7.3

Internationale samenwerking in ETW-verband

In januari 1978 ondertekenden de regeringen van Frankrijk, Nederland, het Verenigd Koninkrijk en de Bondsrepubliek Duitsland een Memorandum van Overeenstemming betreffende het voorlopige ontwerp voor een Europese Transsone Windtunnel. Ultimo 1984 werd overeengekomen dat de ETW zou worden gevestigd in Duitsland (Köln-Porz).

Ter regeling van de onderlinge verhouding tussen de Staat en het NLR ter zake van de uitvoering van het ETW-project werd op 21 april 1988 een overeenkomst tussen de Staat der Nederlanden en de Stichting NLR ondertekend.

In de ETW GmbH neemt de Stichting NLR voor 7% deel. Het NLR en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat zijn vertegenwoordigd in de Raad van Toezicht (Supervisory Board) van de ETW GmbH.

Samenstelling Supervisory Board ETW

De Supervisory Board ETW was per ultimo 1991 als volgt samengesteld:

Frankrijk

IGA G. Dorey	(ONERA)
IGA A. Dubresson	(DGAC)
IGA J. Cheret	(DRET/SDCE)

Bondsrepubliek Duitsland

Dr.-Ing. H. Hertrich	(BMFT)
Dr.rer.publ. J. Blum	(DLR)
Dr.-Ing. O. Lawaczeck	(DLR)

Verenigd Koninkrijk

Dr. G.T. Coleman	(DTI)
R.E. Jones	(DRA)

Nederland

Ir. H.N. Wolleswinkel	(V&W)
J. van Houwelingen	(NLR)
Dr.ir. B.M. Spee	(NLR)

Als voorzitter van de Board fungeerde IGA G. Dorey (Frankrijk); secretaris was de heer U. Walter. Het roulerende voorzitterschap gaat per 1 januari 1992 over naar dr. G.T. Coleman (UK), terwijl dr.ir. B.M. Spee in 1992 als plaatsvervangend voorzitter zal optreden.

Mr. E. Folkers (voorzitter) en drs. A. de Graaff hadden zitting in een adviescommissie (Advisory Committee 2) belast met het uitbrengen van adviezen aan de Supervisory Board met betrekking tot juridische, financiële en administratieve aangelegenheden. Voorts werd dit adviescollege betrokken bij de voorbereiding van de exploitatiefase van de ETW.

Vergaderingen van de Supervisory Board ETW

De Board vergaderde viermaal in 1991.

Directie

De directie van de ETW was ultimo 1991 als volgt samengesteld:

Mr. G.L. Harris (UK)	Director General
Ir. X. Bouis (Fr)	Director Technical
Ir. G. Offringa (NL)	Director Engineering
Dr. A. Freytag (Du)	Director Finance and Administration

Activiteiten

Per 31 december 1991 bedroeg de voortgang van de bouwfase van het project 79,9%. Wordt hierbij eveneens de inbedrijfstelling en kalibratie betrokken dan bedraagt de totale voortgang 71,2%. De verwachting is dat de bouwfase binnen de geplande periode zal worden voltooid.

Ook het verloop van de bouwkosten geeft aan dat deze naar verwachting binnen het geraamde budget zullen blijven. Per december 1991 is voor 76,9% van het totale bouwbudget aanbesteed.

Teneinde de exploitatiefase voor te bereiden is uit de leden van de Supervisory Board een comité gevormd dat belast is met de opstelling van een business-plan. Dit comité wordt genoemd het 'ETW Supervisory Board Committee on the ETW Business Plan (SBC 1)'. De leden van het SBC 1 zijn:

IGA G. Dorey	(ONERA)
Dr.rer.publ. J. Blum	(DLR)
Dr. G.T. Coleman	(DTI)
Dr.ir. B.M. Spee	(NLR)

De voorzitter van de ETW Supervisory Board is eveneens voorzitter van SBC 1. Het SBC 1 vergaderde éénmaal in 1991. Mr. E. Folkers (NLR) trad op als secretaris van het SBC 1.



De ETW in aanbouw, vanuit de lucht
gefotografeerd op 22 januari 1992
(foto: ETW GmbH (foto lab DLR))

7.4

Internationale samenwerking in GARTEUR-verband

De 'Group for Aeronautical Research and Technology in Europe' (GARTEUR) werd in 1973 opgericht door vertegenwoordigers van de ministeries die in Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk verantwoordelijk zijn voor onderzoek op het gebied van de luchtvaart.

Nederland trad in 1977 tot GARTEUR toe. Het doel van GARTEUR is, gezien tegen de achtergrond van de behoeften van de Europese luchtvaartindustrie, versterking van de samenwerking inzake onderzoek en technologie op het gebied van de luchtvaart tussen de landen in Europa die beschikken over grote installaties voor experimenteel onderzoek en over door de overheid gefinancierde onderzoeksprogramma's op dit terrein.

Binnen GARTEUR wordt in zgn. Action Groups gewerkt aan een groot aantal samenwerkingsprogramma's op het terrein van basisonderzoek van de research-instituten en industrieën van de deelnemende landen. Financiering van de werkzaamheden geschiedt op nationale basis.

Organisatie

Het organogram op pagina 97 geeft een overzicht van de organisatie; de drie te onderscheiden niveaus zijn Council/Executive Committee, Groups of Responsables en de Action Groups.

Samenstelling van de GARTEUR-Council en het Executive Committee

Ultimo 1991 was de samenstelling als volgt:

Frankrijk

ICA J. Bouchet	(DRET)
IGA M. Benichou	(ONERA)
ICA J.M. Duc	(ONERA)*
ICA Y. Gleizes	(STPA)
ICA E. Lisack	(DGAC/DPAC)

Bondsrepubliek Duitsland

Dr.ing. H. Hertrich	(BMFT)
Dr. K.O. Pfeiffer	(DLR)*
Prof.dr. F. Thomas	(DLR)

Verenigd Koninkrijk

R.E. Jones	(DRA)
P.G. Wilby	(DRA)*
Dr. G.T. Coleman	(DTI)

Nederland

J. van Houwelingen	(NLR)
Prof.ir. F.J. Abbink	(NLR)*
Ir. L. Sombroek	(NLR)

*) lid van het 'Executive Committee' van GARTEUR

Als secretaris trad op dr. A.C. Ham (Verenigd Koninkrijk, DRA).

Gedurende 1991 vervulde R.E. Jones het voorzitterschap van de Council, terwijl P.G. Wilby de voorzitter was van het Executive Committee.

In 1992 zullen deze twee voorzitterfuncties door Duitsland worden vervuld.

Verdere Nederlandse vertegenwoordiging in GARTEUR

In alle Groups of Responsables is Nederland vertegenwoordigd door medewerkers van het NLR.

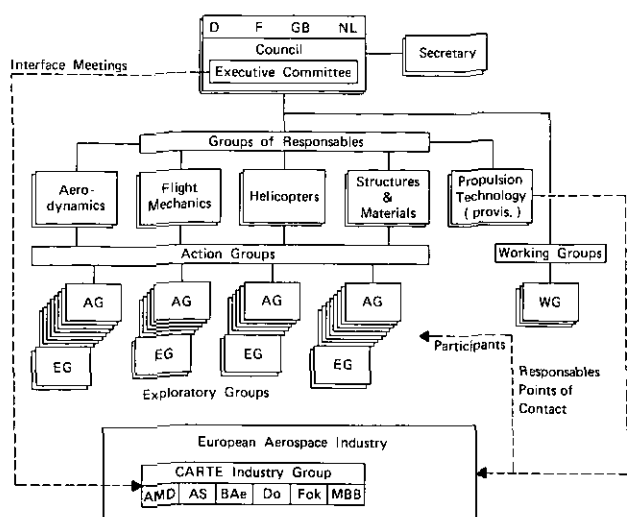
In 1991 waren 17 Action Groups werkzaam. In 16 daarvan namen medewerkers van het NLR deel aan de onderzoekwerkzaamheden. Daarnaast participeerden ook medewerkers van Fokker en de TUD in een aantal Action Groups (alle ressorterende onder de Groups of Responsables for Structures and Materials).

Bijzonderheden

Tijdens de jaarlijkse Councilvergadering (oktober 1991, Farnborough) werd onder meer besloten dat Zweden lid kon worden van GARTEUR. Een daartoe in gang gezette procedure werd vóór het eind van 1991 afgerond.

Wat betreft de deelname van Spanje aan GARTEUR, werd door de Council besloten dat participatie van INTA in de Action Groups zal worden gestimuleerd. Echter, vanwege de beperkte mogelijkheden van INTA, waardoor slechts een deel van de onderzoeksterreinen kan worden bestreken, wordt een lidmaatschap van GARTEUR nog niet opportuun geacht.

Tot op heden heeft Italië (CIRA) niet de wens te kennen gegeven om lid te worden van GARTEUR.



7.5 Samenwerking met Indonesië

Historie

Sedert 1980 werkt het NLR samen met Indonesië bij het tot stand brengen van een aërodynamisch laboratorium (LAGG) in Serpong, nabij Jakarta, ter ondersteuning van de zich snel ontwikkelende Indonesische vliegtuigindustrie. Het eerste onderdeel, een lage-snelheidswindtunnel (ILST: Indonesian Low Speed Tunnel) is inmiddels met ondersteuning van het NLR gerealiseerd en is sedert medio 1987 operationeel. Het NLR werd tot de samenwerking in staat gesteld door middel van door de Nederlandse overheid ter beschikking gestelde fondsen, onder meer vanwege de ontwikkelingshulp.

Het Technical Assistance Project TTA-79 werd op 1 oktober 1987, na een verlenging met negen maanden, succesvol afgesloten. In aansluiting op het oorspronkelijke project werd op bovengenoemde datum een begin gemaakt met het vervolgproject TTA-79, fase 2, 'Integrated Support for Aeronautical Research and Development' (ISARD). De doelstelling gedurende de tweede fase was voortzetting van de Nederlandse begeleiding bij de ILST-operaties en bij gebruik van de bij het Institute of Technology Bandung (ITB) inmiddels aanwezige laboratoriumuitrusting.

Beëindiging ISARD

Op 30 september 1991 werd ISARD beëindigd, met uitzondering van een klein aantal gespecificeerde activiteiten, welke nog tussen 1 oktober 1991 en 1 april 1993 zullen worden uitgevoerd.

Projectresultaten

Gedurende de laatste fase van ISARD werd er naar gestreefd alle geplande activiteiten vóór 1 oktober 1991 en binnen de gestelde financiële limieten uit te voeren. Door verschillende omstandigheden bleek dit niet geheel mogelijk, doch over het geheel genomen werd een zeer goed eindresultaat bereikt.

Ondersteuning ILST-operaties

Voornamelijk ten gevolge van de zeer hoge tunnelbezetting ten behoeve van het N 250-project moest de planning worden aangepast, teneinde de beschikbare financiële middelen geheel te kunnen benutten.

Ondersteuning ITB

Ook hier moest het activiteitenplan worden aangepast, waardoor op 1 oktober 1991 nog een aanmerkelijk deel van de beschikbare fondsen niet was besteed. Teneinde het totaalplan toch te kunnen realiseren werd toestemming ontvangen van de minister voor Ontwikkelingssamenwerking, de ISARD-samenwerking op budgettair neutrale basis voort te zetten tot uiterlijk april 1993.

Jaarlijkse plenaire vergadering (PPM)

Op 11 december 1991 vond te Bandung de afsluitende plenaire ISARD-vergadering plaats. Na een in zeer positieve sfeer verlopen vergadering werd door prof.dr.ir. H. Djojodihardjo, de Indonesische voorzitter, geconcludeerd dat, dankzij TTA-79:

- Indonesië met de ILST één van de beste windtunnels ter wereld in operatie heeft;
- bij de beëindiging van het project vele in Nederland getrainde Indonesische experts een waardevolle bijdrage leveren aan de Indonesische vliegtuigontwikkeling, zoals de ontwikkeling van de N 250;
- de bilaterale samenwerking op lucht- en ruimtevaartgebied zich zodanig heeft ontwikkeld, dat voortzetting ervan in de toekomst voor beide landen voordelig zal zijn.

Voortzetting van de samenwerking (APERT)

In aansluiting op TTA-79 is op 11 december een vervolgsamenwerking overeengekomen met de Indonesische 'counterparts', aan Nederlandse zijde gericht op de volgende doelstellingen:

1. Op de korte termijn: voortzetten van een zo volledig mogelijk ondersteunings- en samenwerkingsprogramma, primair uit te voeren door de driehoek Fokker, TUD en NLR, teneinde de uitstekende contacten gelegd tijdens de voorafgaande periode te bestendigen.
2. Op de lange termijn:
 - a. de overdracht van een zodanig pakket aan kennis en ervaring, dat in de komende decennia een samenwerking kan worden ontwikkeld op het terrein van lucht- en ruimtevaartonderwijs, research en technologie, op basis van een gelijkwaardig deelnemerschap;
 - b. het scheppen van goede mogelijkheden voor vergaande samenwerking tussen de vliegtuigindustrieën in beide landen (met name Fokker en IPTN), eveneens op basis van gelijkwaardigheid.

Getracht wordt de bovengenoemde doelstellingen te realiseren door:

1. het uitvoeren van een overbruggingsprogramma, genaamd Aerospace Programme for Education, Research and Technology (APERT), in 1992/93;
2. tegelijkertijd voorbereidingen te treffen voor een langdurige vervolgsamenwerking, tenminste tien jaren, zo mogelijk aanvangend 1 januari 1994.

De resultaten van de besprekingen op 11 december 1991 werden door de Nederlandse delegatie, die onder leiding stond van de heer J. van Houwelingen, na afloop besproken met minister B.J. Habibie.

Verdere opdrachten

In het raamwerk van de op 30 juni 1988 tussen het NLR en IPTN gesloten overeenkomst werd door het NLR een groot aantal opdrachten ontvangen van IPTN en werden enkele nieuwe contracten afgesloten.

Externe afstemming Indonesië-beleid

Ook dit jaar vond weer coördinerend overleg plaats met vertegenwoordigers van Fokker, TU-Delft en Hogeschool Haarlem met betrekking tot de activiteiten in Indonesië. Voorts werd aandacht besteed aan de coördinatie van de Nederlandse deelname aan de Research and Technology Exhibition 1991 te Jakarta (RISTEK '91), welke plaatsvond van 20 – 26 mei.

1 Publikaties

In het verslagjaar zijn 492 rapporten verschenen, met inbegrip van niet voor publikatie bestemde rapporten, ijkings- en keurings-rapporten. De onderstaande rapporten werden vrijgegeven voor publikatie.

TP 89060 U

Mathematical physics aspects of simulations based on the Navier-Stokes equations
Brandsma, F.J.

TP 89076 U

Equivalent flexibility modelling for the recursive simulation of flexible robot manipulator dynamics
Woerkom, P.Th.L.M. van

TP 89295 U

How to reason with uncertain knowledge
(Paper presented at the "IPMU-Conference", Paris, France, June 1990)
Roos, N.

TP 89299 U

Preference logic: a logic for reasoning with inconsistent knowledge
Roos, N.

TP 89387 U

Final report on a simulator study into low speed longitudinal handling qualities of active control technology transport aircraft
Boer, W.P. de, Engelen, J.A.J. van, Yuyinh, H.T., Nicholas, O.P., Schafrank, D.

TP 89418 U

Modelling dynamical systems with equality state-space constraints
Dam, A.A. ten

TP 89419 U

Numerical solution of dynamical systems with equality state-space constraints
Dam, A.A. ten

TP 90028 U

Quasi-recursive dynamics equations for spacecraft-based flexible robotic manipulators
Woerkom, P.Th.L.M. van

TP 90029 U

Numerical simulation of vortical flow over a delta wing at subsonic and transonic speeds
(Paper presented at the 17th ICAS Congress, Stockholm, Sweden, 9-14 September 1990)
Hoeijmakers, H.W.M., Jacobs, J.M.J.W., Berg, J.I. van den

TP 90060 U

Numerical evaluation of an efficient Roe Scheme and Chemical reacting Nozzle flows in thermal equilibrium
Spekreijse, S.P., Venis, A.C.J.

TP 90062 U

Wave drag determination in the transonic full-potential flow code matrices
Vooren, J. van der, Wees, A.J. van der

TP 90087 U

Investigation of a semi-empirical method to predict limit cycle oscillations of modern fighter aircraft
(Paper presented at the AGARD Specialists Meeting "Aircraft Dynamics Loads due to Flow Separation", Sorrento, Italy, 1-6 April 1990)
Meijer, J.J., Zwaan, R.J.

TP 90093 U

Measurements on directional reflectance and acquisition of stereo information by CAESAR
(Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Society Symposium, Washington (DC), USA, 21-24 May 1990)
Looyen, W.J., Verhoef, W., Clevers, J.C.P.W., Lamers, J.T., Boerma, J.

TP 90094 U

Vermogensstroommetingen aan een trillende staaf nader geanalyseerd
Wal, H.M.M. van der

TP 90099 U

Numerical Evaluation of an efficient Roe-type Flux-difference scheme for thermo-chemical nonequilibrium nozzle flows
Venis, A.C.J., Spekreijse, S.P.

TP 90107 U

Fatigue crack growth in damage tolerant Al-Li sheet alloys
(Paper presented at the International Conference on Advanced Aluminium and Magnesium Alloys, Amsterdam, 20-22 June 1990)
 Wanhill, R.J.H.

TP 90109 U

In flight pressure distribution measurements; instrumentation, data handling and comparison with windtunnel data
 Kannemans, H, Volkers, D.F.

TP 90112 U

A solution for the problem of load introduction in biaxial fatigue tests
(Published in "Strain", November 1991)
 Jong, G.J. de

TP 90115 U

Development of nonlinear real-time helicopter simulation using a blade element method
(Paper presented at the Royal Aeronautical Society Conference on Progress in Helicopter & V/STOL Aircraft Simulation, London, UK, 1-2 May 1990)
 Brouwer, W., Meerwijk, L.

TP 90119 U

DME-derived positions compared with MLS- and ILS-derived positions
 Hoozeboom, P.J.

TP 90129 U

Some longitudinal handling qualities design guidelines for active control technology transport aircraft
 Boer, W.P. de, Engelen, J.A.J. van, Huynh, H.T., Nicholas, O.P., Schafranek, D.

TP 90134 U

Boundary conditions for Euler equations at internal block faces of multi-block domains using local grid refinement
(Paper presented at the AIAA 21st Fluid Dynamics, Plasmadynamics and Lasers Conference, Seattle, USA, 18-20 June 1990)
 Kassies, A., Tognaccini, R.

TP 90138 U

Effect of cooling rate on corrosion properties of high strength aluminium alloys under atmospheric conditions
 Schra, L., Hart, W.G.J. 't

TP 90144 U

Development and validation of a characteristic boundary condition for a cell-centered Euler method
(Paper presented at the 17th ICAS Congress, Stockholm, Sweden, 9-14 September 1990)
 Berg, J.I. van den, Boerstool, J.W.

TP 90145 U

The windtunnel as a tool for laminar flow research
 Elsenaar, A.

TP 90147 U

NARSIM, a real-time simulator for air traffic control research
(Included in the "Blauwboek" published at the occasion of the 9th lustrum of the Society of aerospace students "Leonardo da Vinci" of the Delft University of Technology)
 Braven, W. den

TP 90155 U

Test loops for two-phase thermal management system components
 Delil, A.A.M., Heemskerk, J.F.

TP 90159 U

Response of helicopters to gusts
 Noback, R.

TP 90163 U

Potential applications of laser doppler anemometry for in-flight measurements
 Jentink, H.W.

TP 90168 U

De plaats van de wiskundige bij de ontwikkeling van digitale simulatiesystemen
(Rapport gepresenteerd bij de beroeps-voorlichting in het kader van het Mathematisch Congres aan de Katholieke Universiteit Nijmegen, 20 april 1990)
 Wees, A.J. van der, Berg, J.I. van den

TP 90172 U

Crack resistance, fracture toughness and instability in damage tolerant Al-Li alloys
(Paper presented at the ASTM Symposium on Cyclic Deformation, Fracture and Nondestructive Evaluation of Advanced Materials, San Antonio, USA, November 1990)
 Wanhill, R.J.H., Schra, L., 't Hart, W.G.J.

TP 90174 U

A simple and low-cost system to measure delay times in pneumatic systems

Storm van Leeuwen, S.

TP 90178 U

Exploratory flexural power flow measurements on a bar

(Paper presented at the 3rd International Congress on Intensity Techniques, Senlis, France, August 27–29, 1990)

Wal, H.M.M. van der

TP 90184 U

Turbulence modelling: survey of activities in Belgium and the Netherlands, an appraisal of the status and a view on the prospects

(Paper presented at the AGARD Fluid Dynamics Panel Technical Status Review on "Appraisal of the suitability of turbulence models in flow calculations", Friedrichshafen, Germany, 26 April 1990)

Berg, B. van den

TP 90192 U

Toepassing van kennissystemen voor diagnose van vliegtuigsystemen

Donker, J.C., Piers, M.A.

TP 90196 U

On the optimization of windshear warning and guidance systems

(Paper presented at the 17th ICAS Congress, Stockholm, Sweden, 9–14 September 1990)

Soesman, J.L.

TP 90199 U

Telescience experiments using the Prototype Optical Diagnostic Instrument (PODI)

Kuijpers, E.A.

TP 90223 U

Experimental validation of a lined duct acoustic model

Rademaker, E.R.

TP 90228 U

Transputer-based embedded system for Meteosat image data compression

Versteeg, M.H.J.B., Hogendoorn, R.A., Monkel, A.

TP 90243 U

Informatie-extractie uit multispectrale beelden m.b.v. stralings-interactiemodel Verhoef, W.

TP 90255 U

Flow gradient corrections on hot-wire measurements using a single x-wire

(Paper presented at the 12th Symposium on Turbulence, Rolla, Missouri, USA, September 1990)

Gooden, J.H.M., Lent, M. van

TP 90262 U

Modelling and real-time simulation of the HERMES robot arm HERA

Dieleman, P., Couwenberg, M.J.H., Laan F. van der (FSS)

TP 90267 U

DSC measurements on experimental TGDDM/DOS resin systems: The influence of variations in resin composition and catalyst content

Hoeven, W. van der

TP 90272 U

Outdoor corrosion testing of aluminium-lithium alloys

Schra, L., Hart, W.G.J. 't, Boogers J.A.M.

TP 90282 U

Dynamics motion simulation of the Hermes robot arm subjected to constraints

Couwenberg, M.J.H., Dam, A.A. ten

TP 90284 U

Linear recursive formulation of flexible multi-body space system dynamics

Woerkom, P.Th.L.M. van

TP 90286 U

S-76B certification for vertical take-off and landing operations from confined areas

(Paper presented at the 16th European Rotorcraft Forum, Glasgow, UK, 18–21 September 1990)

Stevens, J.M.G.F., Vodegel, H.J.G.C.

TP 90305 U

LAH-main rotor test at the DNW

(Paper presented at the 16th European Rotorcraft Forum, Glasgow, UK, September 18–21, 1990)

Nunen, J.W.G. van, Hermans, C., Langer, H.J.

TP 90307 U

Improvement of separations of practice bombs from a multiple bomb adapter
(Paper presented at the 8th Aircraft/Stores Compatibility Symposium, Fort Walton Beach, Florida, USA, 23–25 October 1990)
Rijzebol, K.R.

TP 90327 U

Data handling in telescience experiments using the prototype optical diagnostic instrument (PODI)
(Paper presented at the 41st International Astronautical Congress, Dresden, Germany, October 1990)
Kuijpers, E.A. and Bonn, R.

TP 90334 U

Hyperbolic grid generation with BEM source terms
(Paper presented at the IABEM-90 Symposium, Rome, Italy, 15–18 October 1990)
Hounjet, M.H.L.

TP 90336 U

Short cracks and durability analysis of the Fokker 100 wing/fuselage structure
(Paper presented at the International Conference on Short Cracks, Sheffield, UK, December 1990)
Wanhill, R.J.H., Schra, L.

TP 90340 U

Comparison of solutions of various Euler Solvers and one Navier-Stokes solver for the flow about a sharp-edged cropped Delta wing
Williams, B.R., Kordulla, W., Borst, M., Hoeijmakers, H.W.M.

TP 90348 U

De faculteit en haar computer, leefden ze lang en was iemand gelukkig?
(Voordracht gehouden tijdens het in gebruik stellen van de computer bij de faculteit Bedrijfskunde van de Rijksuniversiteit Groningen, 2 november 1990)
Loeve, W.

TP 90368 U

Analysis of an Euler-equation method applied to leading-edge vortex flow
Berg, J.I. van den, Hoeijmakers, H.W.M., Jacobs, J.M.J.W.

TP 90370 U

A semi-empirical approach to predict transonic limit cycle oscillation characteristics of fighter aircraft
(Paper presented at the 8th Aircraft/Stores Compatibility Symposium, Fort Walton Beach, Florida, USA, 23–25 October 1990)
Meijer, J.J., Cunningham Jr., A.M., Zwaan, R.J.

TP 90387 U

Software development using a method base system
(Paper presented at the Conference "CAPE Nederland '91", Rotterdam, 26 February 1991)
Jong, S. de

TP 91001 U

Het informaticabeleid ten aanzien van elektronische technologie - De NLR-infrastructuur voor CAE van elektronica
Mathijssen, R.W., Aartman, L.J., Manders, P.J.H.M., Slot, H.

TP 91011 U

Interlaminar stress analysis at the skin/stiffener interface of a grid-stiffened composite panel
(Paper presented at the 16th International Conference on Composite Structures (ICCS-6), Paisley College of Technology, Paisley, UK, 9–11 September 1991)
Wiggenraad, J.F.M., Bauld Jr., N.R.

TP 91050 U

Rekenprogramma's voor het ontwerpen en dimensioneren van vezelversterkte kunststoffen
(Voordracht gehouden tijdens de themadag "Ontwerpen en Construeren met composieten", Microcentrum West, Delft, 19 juni 1990)
Olthoff, J.

TP 91061 U

Hyperbolic grid generation control by panel methods
(Paper presented at the Third International Conference on Numerical Grid Generation Fluid Dynamics and related fields, Barcelona, Spain, 3–7 July 1991)
Hounjet, M.H.L.

TP 91062 U

European studies to investigate the
feasibility of using 1000 ft vertical separation
minima above FL290 - Part I: Overview of
Organisation, Techniques employed and
conclusions

(Published in "Journal of Navigation")

Have, J.M. ten, Cox, M.E., Forrester, D.A.

TP 91070 U

Gebruiksbevaking bij de Marine
Luchtvaartdienst

(Gepubliceerd in "Het Marineblad")

Have, A.A. ten

2 Verklaring van een aantal van de gebruikte afkortingen

AGARD	Advisory Group for Aerospace Research and Development (NAVO)
AIAA	American Institute of Aeronautics and Astronautics
APERT	Aerospace Programme for Education, Research and Technology
ARA	Aircraft Research Association
ARALL	ARAmide Aluminium Laminate
ATC	Air Traffic Control
BCRS	Beleidscommissie Remote Sensing
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMVg	Bundesministerium für Verteidigung
BRITE	Basic Research in Industrial Technologies for Europe
CAD	Computer-Aided Design
CAE	Computer-Aided Engineering
CAESAR	CCD Airborne Experimental Scanner for Applications in Remote Sensing
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CARTE	Collaboration on Aeronautical Research and Technology in Europe
CCD	Charge-Coupled Device
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CIRA	Centro Italiano Ricerche Aerospaziale
CODEMA	Commissie Ontwikkeling Defensiematerieel
COST	Cooperation européenne dans le domaine de la recherche scientifique technique
DLR	Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt
DNW	Duits-Nederlandse Windtunnel
DRA	Defence Research Agency
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
EDIPAS	Engineering Data Interactive Presentation and Analysis System
EG	Europese Gemeenschappen
EFIS	Electronic Flight Instrument System
EMI	Elektro-Magnetische Interferentie
ERS	European Remote-Sensing Satellite
ESA	European Space Agency
ESOC	European Space Operations Centre
ESPRIT	European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology
ESTEC	European Space Research and Technology Centre
ETW	Europese Transsone Windtunnel
EURAM	European Research on Advanced Materials
Eurocontrol	European Organization for the Safety of Air Navigation
EZ	Ministerie van Economische Zaken
FAA	Federal Aviation Administration
FAO	Food and Agriculture Organization
FEL	Fysisch Elektronisch Laboratorium (TNO)
FFA	Aeronautical Research Institute of Sweden
FSS	Fokker Space & Systems
GARTEUR	Group for Aeronautical Research and Technology in Europe

GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GPS	Global Positioning System
HSA	Hollandse Signaalapparaten B.V.
HSFP	Hera Simulation Facility Pilot
HST	Hoge-Snelheids Tunnel
ICAO	International Civil Aviation Organization
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IEPG	Independent European Programme Group
ILST	Indonesische Lage-Snelheids Tunnel
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (Spanje)
IPTN	Nusantara Aircraft Industries (Bandung)
ISARD	Integrated Support for Aeronautical Research and Development
ITB	Institut Teknologi Bandung (Indonesië)
IZF	Instituut voor Zintuigfysiologie (TNO)
JAR	Joint Airworthiness Regulations
KLM	Koninklijke Luchtvaart Maatschappij N.V.
KLu	Koninklijke luchtmacht
KM	Koninklijke marine
KMA	Koninklijke Militaire Academie
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
KNVvL	Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Luchtvaart
LAGG	Aero-Gas Dynamics and Vibration Laboratory
LAMF/ETSIA	Laboratorio de Aerodinamica de la Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Aeronauticos (Madrid)
LST	Lage-Snelheids Tunnel
MBB	Messerschmitt-Bölkow-Blohm
MLS	Microwave Landing System
MRVS	Meet-, Registratie- en Verwerkingssysteem
NAG	Netherlands Aerospace Group
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAVO	Noord-Atlantische VerdragsOrganisatie
NAVSEP	Panel of Experts on Navigation and Separation (Eurocontrol)
NAVSTAR	Navigation System with Time and Ranging
NIVR	Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart
NKO	Nederlandse Kalibratie Organisatie
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
NLRGC	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartgeneeskundig Centrum
NOP	Noordoostpolder
NPOC	National Point of Contact
NRT	NIVR Ruimtetehnologieprogramma
NSM	Niet-Stationaire Meetmethode
NSF	Nationale Simulatie Faciliteit
NVLS	N.V. Luchthaven Schiphol
ONERA	Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales
O&W	Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen
PETW	Pilottunnel ETW
PUSPIPTEK	Nationaal Centrum voor Research, Wetenschap en Technologie (Indonesië)

RAE	Royal Aerospace Establishment
RESEDA	Remote-Sensing Data verwerkingssysteem
RLD	Rijksluchtvaartdienst
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
SICAS	SSR Improvement and Collision Avoidance System
SIGNAAL	Hollandse Signaalapparaten B.V.
SLAR	Side-Looking Airborne Radar
SPOT	Système Probatoire Observation Terrestre
SRON	Stichting Ruimte Onderzoek Nederland
SSR	Secondary Surveillance Radar
SST	Supersone Snelheids Tunnel
TDCK	Wetenschappelijk en Technisch Documentatie- en Informatie centrum voor de Krijgsmacht
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TPD	Technisch Fysische Dienst TNO-TU
TPS	Turbine-Powered Simulation
TTA	Technological/Technical Assistance
TUD/LR	TU-Delft, faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek
USAF	United States Air Force
UT	Universiteit Twente
V&W	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
VKI	Von Kármán Institute of Fluid Dynamics
WL	Waterloopkundig Laboratorium

