

Overzicht experimentele shaker opstelling

Citation for published version (APA):

Jonge, de, T. W. G. (1992). *Overzicht experimentele shaker opstelling*. (DCT rapporten; Vol. 1992.041). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1992

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

OVERZICHT EXPERIMENTELE SHAKER
OPSTELLING

T.W.G. de Jonge

WFW 92.041

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Hydraulica	5
2.1	Controle lijst	5
2.2	Toepassingsgebied	6
3	Electronica	7
3.1	Besturing	7
3.1.1	Installation	7
3.1.2	Service	9
3.1.3	Operation	10
3.2	Meetapparatuur	11
3.2.1	Krachtopnemer	11
3.2.2	Verplaatsingsopnemer	13
3.2.3	Drukopnemer	14
3.2.4	Difa d_tac100	15
3.2.5	Nauwkeurigheden	15
4	Hardware	17
4.1	Landingsgestel	17
4.1.1	Gas regulatie	17
4.1.2	Olie regulatie	18
4.2	Bevestigingspunten landingsgestel	18
4.3	Modificatie van het landingsgestel	19
5	Experimenten	20
5.1	Vorbereidingen	20
5.2	Het innemen van data	21
5.3	Het verwerken van data	23
5.3.1	Huidige opzet, 92/03/16	23
A	Meetseries	25

Hoofdstuk 1

Inleiding

De shaker opstelling is opgezet in het kader van het promotie projekt van Bert Verbeek. Het projekt gebeurt in samenwerking met DAF Special Products en richt zich op het parameter schatten van niet-lineaire dynamische systemen in het algemeen en van een landingsgestel in het bijzonder. Voor het landingsgestel is een mathematisch model afgeleid dat geëxciteerd wordt door een periodiek ingangssignaal. Met behulp van een periodieke oplosser kan er nu een periodiek uitgangssignaal \hat{y} berekend worden. Voor het parameter schattingsproces is er, behalve deze berekende uitgang, ook nog een gemeten uitgang y nodig omdat de aanpassing van de parameters bepaald wordt door de verschilvector van deze twee signalen¹. De experimentele opstelling wordt dus gevormd door een landingsgestel en een periodieke excitator waarbij ten minste de excitatiekracht (ingangssignaal) en de verplaatsing (uitgangssignaal) gemeten moeten worden.

In deze "handleiding" is getracht een overzicht te geven van alle, tot nu toe, beschikbare informatie ten aanzien van de experimentele shaker opstelling zoals deze momenteel in het W.F.W-lab. gerealiseerd is. Het doel van deze inventarisatie is enerzijds het verschaffen van enig overzicht aan de personen die nu bij het projekt betrokken zijn en anderzijds het vastleggen van "know how" voor diegenen die zich in een later stadium met de opstelling zullen bezig houden. De lezer(es) zal zich wel moeten realiseren dat de inventarisatie altijd incompleet zal zijn en lang niet elke keer in een bepaalde behoefte zal kunnen voorzien. De praktijk heeft verder al geleerd dat handleidingen snel gedateerd zijn.

Ondanks dit alles is er naar een globaal overzicht gestreefd welke de volgende elementen bevat:

1. Hydraulica, bepalend voor het vermogen van het systeem.

¹Estimation of non-linear dynamical systems with application to landing gear, G. Verbeek, 1991

2. Electronica, gebruikt voor de besturing van het systeem en het verwerken van de gewenste meetsignalen.
3. Hardware, met name de positionering van het landingsgestel in het frame en de modificatie van het originele landingsgestel komen aan de orde.
4. Experimenten, waarbij de voorbereidingen, het uitvoeren en de verwerking van de experimenten puntsgewijs behandeld worden.

Hoofdstuk 2

Hydraulica

Het hydraulisch systeem of beter gezegd de oliepomp is bepalend voor het beschikbare vermogen van het totale systeem. Het huidige hydraulische systeem is opgebouwd uit:

oliepomp	MTS 507.01 (HPS)
hydraulische accu	MTS 288 (HSM)
actuator	MTS 244.12

2.1 Controle lijst

Aandachtspunten met betrekking tot het hydraulisch systeem zijn:

- bevat de pomp nog voldoende olie?
dit is te controleren m.b.v. de rode dop op het olie reservoir van de pomp, aan deze dop is een peilstok verbonden.
- zijn er lekkages?
- ontluchten van de actuator, m.b.v. ontluchtingsbouten in de toevoer kanalen.
- instellen van de maximaal toelaatbare olietemperatuur m.b.v. de rode wijzer op de olietemperatuur meter van de oliepomp ($\pm 50^{\circ} C$).
- slaat de pomp af als de ingestelde maximaal toelaatbare olietemperatuur overschreden wordt?
- werkt de temperatuurregeling met behulp van het koelwater?

N.B. ongeveer een half uur na het in werking stellen van de pomp moet de temperatuur constant zijn op $\pm 46^{\circ} C$.
de actuator moet tijdens het opwarmen aangestuurd worden door een periodiek signaal (± 25 mm, ± 1 Hz)

- is het oliefilter nog in orde? het gele filter lampje op de oliepomp begint meestal direkt na het in werking stellen van de pomp te branden, als het lampje nog niet uit is op het moment dat de olietemperatuur constant is geworden is het filter aan vervanging toe!

N.B. na vervanging de stand van de urenteller van de oliepomp noteren!!

- zijn de met stikstof gevulde accu's nog op de juiste druk?

de juiste drukken staan op de accu's vermeld en een controle set is verkrijgbaar in het vermoeingslab (W.hal) bij de heer Jonkers

tel: 3519 of

tel: 3517

2.2 Toepassingsgebied

Om een indruk te krijgen van de grenzen van het hydraulische systeem zijn er een aantal oriënterende metingen verricht waarbij de excitatie frequentie en de statische indrukking (u_s) van het landingsgestel afwisselend gevarieerd werden. Bij elke instelling werd vervolgens de maximaal haalbare dynamische verplaatsingsamplitude (u_d) bepaald met als criterium het "inzakken" van de oliedruk. Een overzicht van de resultaten is te zien in tabel 2.1.

u_s [mm]	frequentie [Hz]				
	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
14					10
17				22	
39			35		
79		80			
133	127				
179		75			
219			32		
229				20	
249					10

Tabel 2.1: Maximale dynamische verplaatsings amplitude, u_d [mm]

N.B. De relatieve vuldruk van het landingsgestel was 3.7bar

Hoofdstuk 3

Electronica

Het huidige elektronische systeem is opgebouwd uit:

krachtcel ladingsversterker	Kistler 5007
krachtcel	Kistler 9341A
LVDT in actuator	MTS 244.12
controller	MTS 406.11
drukcel ladingsversterker	Hottinger KWS 3073
drukcel	Hottinger P3M/100
afstandsbediening	Jos van Heck

3.1 Besturing

Voor het goed functioneren van de besturing moet de controller worden afgesteld en moeten een aantal zaken worden gecontroleerd aan de hand van de hoofdstukken 2, 3 en 4 van de manual behorende bij de controller.

De verschillende hoofdstukken kunnen het best in omgekeerde volgorde doorlopen worden.

3.1.1 Installation

De beschrijvingen in de manual van de controller hebben voornamelijk betrekking op instellingen en aansluitingen aan de buitenkant van het apparaat. Aan de achterkant, in het vervolg afgekort door rp (rear panel), worden in het algemeen permanente instellingen en aansluitingen uitgevoerd. Dit in tegenstelling tot de voorkant, in het vervolg afgekort door fp (front panel), waar in het algemeen experiment afhankelijke instellingen worden gerealiseerd. De globale aansluitingen (receptoren) met betrekking tot de besturing van het systeem bevinden zich aan de achterkant van de controller en worden aangeduid met een bepaalde codering van het type: Jxxx.

§4.1 *Electrical power connections.*

Geïnstalleerd voor operatie op 220V net. In principe dus OK.

- §4.3 *Servo valve connections (manual fig.4.4).*
 Servo klep aansluiten op rear panel (rp) van de controller.
 Receptor J229.
- §4.3.3 *Dither frequency range modification.*
 Het dithersignaal wordt toegevoegd aan het sturingssignaal van de servo klep om "stick-slip" te voorkomen. De frequentie ligt tussen de 600-800 Hz.
 N.B. voor verandering van frequentie zie manual.
- §4.4.1 *XDRC1 connections (manual fig.4.7).*
 XDRC1 signaal aansluiten op de controller (rp)
 Receptor J232.
- §4.7 *Interlock, Integrator and 10 kHz synchronisation connections.*
 (manual fig.4.13)
 Interlock kabel aansluiten op de controller (rp)
 Receptor J301 A
 N.B. let op jumpers !!
- §4.10 *Checking controller operation.*
- §4.10.1 *Servo valve phasing.*
- verwijder de kabel van receptor J232 zodat de terugkoppellus onderbroken wordt.
 - zet de controller aan.
 - zet set point (front panel) op 500, als het goed is gaat er dan een signaal van 0 Volt naar de servo klep
 - voorzie de servo klep van **lage** olie druk.
 - draai set point richting 1000 (positief signaal). De actuator moet dan uitschuiven
 of in de uiterste stand blijven staan.
 - als dit niet zo is, set point terug zetten op 500 en de servovalve phase knop (rp)
 omschakelen. Probeer vervolgens of de actuator beweging nu wel overeenkomt met de gewenste richting.
 - olie druk verwijderen.
 - kabel weer verbinden met receptor J232.

§4.10.3.2 *Phasing for reactive transducers.*

- zet de controller aan en zet de feedback schakelaar (fp) op XDRC1.
- zet de cal factor range (rp) op 100-1100 (transducer afhankelijk) en de cal factor (fp) op 512 hetgeen **niet** overeen komt met de te verwachten instelling op grond van de meetbrief behorende bij de LVDT.

N.B. de cal factor is op deze waarde ingesteld omdat de volledige set point range dan zo goed mogelijk overeenkomt met de range van de actuator. De LVDT in de actuator is in deze stand geijkt.

- zet de XDRC1 zero knop (fp) op 500.
- schakel de panel meter op XDRC1 en regel de set point zodanig dat de meter op nul komt.
- voorzie de servo klep van **lage** olie druk.
- draai set point richting 1000. De actuator zou uit moeten schuiven.
- als dit niet het geval is:
 - olie druk verwijderen.
 - kabel bij receptor J232 (rp) los maken.
 - verwissel de kabels van de pinnen C en H.
 - kabel weer verbinden.
- laatste vier stappen herhalen.

3.1.2 Service

§3.4 *Servovalve balance.*

Een goede servo klep balans houdt in dat de hydraulische nul overeenkomt met de elektrische nul (op een normale werkteperatuur).

- stel in op verplaatsingsterugkoppeling.
- zet span (fp) op 000.
- zet de panel meter (fp) op ERROR en stel set point zodanig in dat de meter op nul komt.
- voorzie de servo klep van **hoge** olie druk.
- stel het programma (signaal generator) en de span zodanig in dat de actuator een signaal beschrijft van $\pm 25mm$ en $\pm 1Hz$. Wacht 30 minuten alvorens verder te gaan.
- sluit een voltmeter aan op de XDRC1 testjack (fp)
- draai span op 0.0
- draai gain (fp) van 0 naar 10 en terug en noteer de veranderingen in volts van de voltmeter.
- draai de VALVE potentiometer nu zodanig dat het uitgelezen voltage, zo goed als, onafhankelijk wordt van de gain instelling.
- laat gain in de hoogste stabiele positie staan en verwijder de olie druk.

§3.5 *AC transducer conditioner calibration (XDRC1).*

§3.5.1 *Preliminary cal factor adjustment.*

- zet cal factor range (rp) op stand 100-1100.
- zet cal factor (fp) op stand 512.

N.B. voor andere instelling zie manual.

§3.5.2 *C-bal adjustment.*

De C-bal potentiometer compenseert fase off-sets ten gevolge van de transducer kabel capaciteit. Om de transducer in een nul uitgangspositie te krijgen is een oscilloscoop nodig.

- verbind de verticale ingang van de scoop aan de XDRC1 AC testjack (fp).
- verbind de horizontale ingang van de scoop aan de zwarte testjack (aarde).
- zet de scoop op een horizontale tijdsbasis en verdraai de C-bal potentiometer zodanig dat de amplitude van het signaal op de scoop minimaal wordt.

§3.5.3 *Phase adjustment.*

De volgende procedure compenseert kleine fase verschuivingen die in transducers op kunnen treden.

- zet de FDBK SELECT op de te calibreren transducer.
- zet de panel meter op ERROR en regel set point zodanig dat de meter op nul komt.
- voorzie de servo klep van olie druk.
- zet set point op een waarde groter dan 750 of kleiner dan 250.
- verbind de verticale ingang van de scoop met de XDRC1 AC testjack (fp) en de horizontale ingang met de 10 KC jack (fp).
- stel de scoop zodanig in dat er een fase-plaatje zichtbaar wordt.
- verdraai de Phase potentiometer nu zodanig dat het ellipsvormige plaatje zoveel mogelijk op een lijn gaat lijken.

3.1.3 Operation

§2.1 *doorlezen in manual.*

§2.2 *Operating instructions.*

§2.2.1 *Using the panel meter.*

De panel meter bevindt zich op het front panel van de controller en wordt gebruikt voor het beschouwen van verschillende signalen.

Met behulp van een draaiknop kan gekozen worden uit een van de signalen:

- Error, verschil tussen het stuursignaal en het terugkoppelsignaal van de servo klep.
- XDRC1, transducer uitgang van de verplaatsings opnemer.
- XDRC2, wordt (tot nu toe) niet gebruikt.
- Valve, stuursignaal van de servo klep.
- Off, geen signaal.

§2.2.5 *Error detector adjustment.*

- §2.2.5.1 *Error detector adjustment for static or low-frequency applications.*
- selecteer het Error signaal op de panel meter (fp).
 - verdraai set point zodanig dat de panel meter, zo goed als, nul wordt en noteer de set point stand.
 - als de Error indicator (fp) aan is druk dan op reset (fp). De indicator zou nu uit moeten gaan.
 - verdraai set point vijf schaaldelen in elke richting.
 - als de Error indicator niet is gaan branden moet de ED potentiometer (fp) tegen de klok in gedraaid worden totdat de indicator oplicht.
 - als de Error indicator wel is gaan branden moet de ED potentiometer (fp) met de klok mee gedraaid worden totdat de indicator uitgezet kan worden met behulp van de reset knop (voer hierna de voorgaande stap uit).
 - zet set point terug in de stand van punt twee en druk op reset.

§2.2.6 *Basic 406.11 limit detector adjustment.*
Met behulp van een schakelaar (fp) kan er een limiet detectie of een interlock (system shut down) ingeschakeld worden. Hierbij kan er een keuze gemaakt worden uit:

- Off.
- XDRC1.
- XDRC2.

De bijbehorende limiet waarden kunnen ingesteld worden met behulp van twee potentiometers (fp).

§2.2.7 *Basic 406.11 gain ,rate and stability adjustments.*

De gain en rate zijn bepalend voor de performance van de regelkring. Bij een ideale instelling zou het stuursignaal precies gevolgd worden ofwel het teruggekoppelde is, op een fase verschuiving na, gelijk aan het stuursignaal.

Het is erg uitvoerig om deze procedure te beschrijven zie daarvoor de manual §2.2.7.

3.2 Meetapparatuur

De experimentele opstelling bevat een aantal meetinstrumenten in combinatie met een aantal meetversterkers. Deze combinaties zijn allemaal op een bepaalde manier "geijkt" om zodoende tot de juiste schaal factoren te komen van spanning naar bijbehorende mechanische eenheid.

3.2.1 Krachtopnemer

Controle van de krachtcel in combinatie met de ladingsversterker.

KRACHTCEL

Model : KISTLER 9341A

SN 456479

Meetbereik : ± 30 kN

Gevoeligheid : -4.07 pC/N (in geval van druk)
Lineariteit : 0.3 % FSO (meetbrief)
Max.abs.fout : 90 N

LADINGSVERSTERKER

Model : KISTLER 5007
Instelling : tijdsconstante = long (quasi statische meting)
opnemer gevoel. = 4.07 pC/Unit (afblijven!!)
schaal = 1...11
= 5000 Units/V

MEETAPPARATUUR

VERMOEIINGSLAB W.hal
Dhr.P. Jonkers tel: 3519 (3517)

LOADCELL

Model : MTS 661.22
Range : 50 kN

CONTROLLER

Model : MTS 458.20
Instelling : 10 Volt = 50 kN

VOLTMETERS

Model : Fluke 8012A
Nauwkeurigh.: 0.01 Volt

Model : Fluke 202/8110A
Nauwkeurigh.: 0.001 Volt

METINGEN

Er zijn twee series meetpunten uitgevoerd. De belasting werd in 5 stappen opgevoerd van 0.0 N (geen meetpunt) tot 25kN en vervolgens werd er op dezelfde manier ontlast.

N.B. Er zijn twee verschillende voltmeters gebruikt.

DATA VAN DE MEETPUNTEN

zie tabel A.1 appendix A

POLYNOOM BEPAALD MET KLEINSTE KWADR. METHODE

Kracht = Constante + 5047.1*Volt [N]
 $S^2_{y|x}$ = 1173.2

VOORSPELBAARHEIDSINTERVAL 95 %

max.abs.fout : ± 80 [N]

N.B. Dit komt redelijk overeen met de berekende fout op basis van de meetbrief

PLOT VAN DE GEFITTE LIJN

File C:\USER\TWG\KLAD\CALIBRA\FORCECEL\FIT.MET

Zie figuur B.1 appendix B

3.2.2 Verplaatsingsopnemer

Kalibrering van de LVDT in combinatie met de controller.

LVDT

Model : 0220-0001

Meetbereik : ± 0.127 m

Lineariteit : 0.060 % FS (meetbrief)

Max.abs.fout : $0.0762e-3$ m

Gevoeligheid : 0.101 VAC/Inch/Volt Input

Getest met : 3.0076 VAC RMS Input

: 9.981 kHz

Getest door : V.Osborn op 11-jan-1990

N.B. Ingebouwd in een MTS-actuator van het type 244.12, serie 0110899.

CONTROLLER

Model : MTS 406.11

Instelling : cal factor range = 100-1100 mV/V

: cal factor = 512 (afblijven!!)

MEETAPPARATUUR

VOLTMETER

Model : Philips PM 2517 X multimeter

Nauwkeurigh.: AC /0.5 % reading /0.1 % range

Meetstand : VAC RMS

Meetpunt : XDRC1-signaal AC aansluiting frontpanel controller.

SCHUIFMAAT

Model : ?

Range : 250 mm

Nauwkeurigh.: 0.02 mm

Meetpunt : Verplaatsing actuator piston

DATA VAN DE MEETPUNTEN

zie tabel A.2 appendix A

POLYNOOM BEPAALD MET KLEINSTE KWADR. METHODE

Verplaatsing = Constante + 0.014153*Volt [mm]

$$S_{y/x}^2 = 3.92e-8$$

VOORSPELBAARHEIDSINTERVAL 95 %

max.abs.fout : $\pm 5.5e-4$ [m]

N.B. Dit is bijna een factor 10 groter dan berekend op basis van de meetbrief maar wel kleiner dan de absolute fout van het signaalverwerkingspakket.

PLOT VAN DE GEFITTE LIJN

file C:\USER\TWG\KLAD\CALIBRA\LVDT\FIT.MET

Zie figuur B.2 appendix B

3.2.3 Drukopnemer

Kalibrering van de drukopnemer in combinatie met de controller.

DRUKOPNEMER

Merk : Hottinger

Gevoeligheid : 2.0 mV/V volle schaal

Lineariteit : 0.2 % FS (HBM-folder)

Meetbereik : 0.0 - 100.0 bar NENN-druk

Max.abs.fout : 0.2 bar

DIGITAL ANZEIGER

Model : Hottinger DA23

Instelling : anzeige-anpassung = 10000

MESS VERSTÄRKER

Model : Hottinger KWS 3073

Instelling : messbereich = 1

: Ub = 5 [V]

: R.fein = 4.69

: R-abgleich grob = 0

: brucke = voll

MEETAPPARATUUR

VOLTMETER

Model : Philips PM 2517 X multimeter

Nauwkeurigh.: AC /0.5 % reading /0.1 % range

Meetstand : VAC

Meetpunt : meetuitgang Bu 10

DATA VAN DE MEETPUNTEN

zie tabel A.3 appendix A

POLYNOOM BEPAALD MET KLEINSTE KWADR. METHODE

Druk = $0.0007 + 9.9997 \cdot \text{Volt}$ [bar]

$S_{y|x}^2 = 6.168e-6$

VOORSPELBAARHEIDSINTERVAL 95 %

max.abs.fout : $\pm 7.3e-3$ [bar]

N.B. Dit is een faktor 20 kleiner!! dan berekend op basis van de HBM-folder

PLOT VAN DE GEFITTE LIJN

file C:\USER\TWG\KLAD\CALIBRA\PRESSURE\FIT2.MET

Zie figuur B.3 appendix B

3.2.4 Difa d_tac100

Range, alle kanalen : pp 32 Volt

Residuele off-set : ± 0.1 % FS (difa §11)

Max. fout off-set

Kracht (CHN1) : $5047.1 \cdot 16e-3 = 80.8$ N

Verplaatsing (CHN2) : $14.153e-3 \cdot 16e-3 = 0.23e-3$ m

Druk (CHN3) : $10.0000 \cdot 16e-3 = 0.16$ bar

Lineariteit 16 bits : 0.5 LSB (difa §11)

Max. fout niet lin.

Kracht (CHN1) : $5047.1 \cdot 0.5e-3 = 2.5$ N

Verplaatsing (CHN2) : $14.153e-3 \cdot 0.5e-3 = 0.007e-3$ m

Druk (CHN3) : $10.0000 \cdot 0.5e-3 = 0.005e-3$ bar

3.2.5 Nauwkeurigheden

In de voorafgaande subparagrafen zijn er voor elk meetsignaal drie verschillende nauwkeurigheden afgeleid op basis van; de technische gegevens van de fabrikanten, uitgevoerde meetseries en resolutie van het signaalverwerkingspakket. De uiteindelijke nauwkeurigheid, voor elk afzonderlijk meetsignaal, wordt dus bepaald door de grootste van deze drie.

Voor het **krachtsignaal** is dit ± 90 [N], berekend op basis van gegevens van de fabrikant. Het **verplaatsingssignaal** kan bepaald worden met een nauwkeurigheid van $\pm 0.55e-3$ [m], berekend op basis van een uitgevoerde meetserie en een 95 % voorspelbaarheidsinterval. Het **druksignaal** komt volgens de fabrikant op een nauwkeurigheid van ± 0.2 [bar] maar op grond van de uitgevoerde meetserie ($\pm 7.3e-3$ [bar]) is er reden om aan te nemen dat

de nauwkeurigheid groter is. De nauwkeurigheid wordt in dat geval bepaald door het signaalverwerkingspakket en bedraagt ± 0.16 [bar].

Hoofdstuk 4

Hardware

4.1 Landingsgestel

Het landingsgestel is tijdens de experimenten gevuld met olie en stikstofgas hetgeen in de praktijk ook het geval is. De olie is verantwoordelijk voor de hydraulische demping en het gas voor de niet-lineaire veerwerking van het landingsgestel. Het kan echter voorkomen dat er olie of gas verloren gaat ten gevolge van lekkages of dat het gas volledig verwijderd moet worden in verband met transport. Er zal daarom puntsgewijs een aantal handelingen besproken worden met betrekking tot de gas-en olievulling van het landingsgestel.

4.1.1 Gas regulatie

- Draai de kraan aan de lage drukzijde van het reduceerventiel van de stikstoffles dicht.
- Draai nu met een speciale sleutel aan de hoge drukzijde van het reduceerventiel de kraan open.
- Regel met de membraamschroef (onder aan het reduceerventiel) de gewenste druk aan de lage drukzijde. Bij voorkeur dezelfde druk als op dat moment heerst in het landingsgestel.
- Verbind het reduceerventiel met behulp van een gasslang aan het landingsgestel. N.B. Eerst het reduceerventiel!
- Draai de kraan aan de lage drukzijde van het reduceerventiel open en stel met behulp van de membraamschroef de gewenste interne druk van de landingsgestel in. Druk controleren aan de hand van de drukopnemer en niet aan de hand van de manometer!
- Als de gewenste druk bereikt is kraan aan de lage drukzijde weer dicht draaien, slang verwijderen (Eerst aan de kant van het landingsgestel!!) en vervolgens de kraan aan de hoge drukzijde dicht draaien.

Type gas: Hoekloos S-70-H

4.1.2 Olie regulatie

Voor het (na)vullen van olie moet de gasoverdruk verwijderd worden!

- Verwijder de drukopnemer en het hulpstuk waar deze is ingeschroefd.
- Laat het landingsgestel in verticale positie hangen.
- Schroef een verloopstukje met olievulslang boven aan het landingsgestel.
- Druk het landingsgestel helemaal in en hang vervolgens de slang in een oliereservoir. N.B. voor volledige verversing moet er zo'n 1.8 liter olie in het reservoir zitten.
- Trek het landingsgestel nu **langzaam** uit zodat de olie wordt aangezogen.
- Even laten rusten zodat de luchtbellen op kunnen komen.
- Langzaam indrukken vervolgens weer uit trekken en een nacht zo laten hangen.
- Langzaam **helemaal** indrukken, slang verwijderen en de drukopnemer weer monteren.

Type olie: Castrolaero 5540 B.

4.2 Bevestigingspunten landingsgestel

Het landingsgestel is in het frame gemonteerd met behulp van drie bevestigingspunten. De bovenste twee worden bevestigd tussen twee aluminium blokken met daarin bronzen lagerbussen. De beide blokken zijn zodanig in het frame bevestigd dat het landingsgestel verticaal hangt en nog slechts om één as kan roteren namelijk de horizontale as in het vlak van het frame. Het derde bevestigingspunt wordt normaal gebruikt voor het fixeren van een bepaalde stand van het landingsgestel namelijk in- of uitgekapt. In het geval van de experimentele opstelling is er, in eerste instantie, slechts één stand gewenst namelijk in één lijn met de actuator om eventuele dwarskrachten te vermijden. Er moet namelijk zo veel mogelijk gestreefd worden naar een 1-dimensionale opstelling omdat het gebruikte landingsgestel-model slechts in één dimensie is gemodelleerd. In principe zou deze derde verbinding dus star kunnen zijn. Het probleem is echter dat het feitelijke landingsgestel een speling vertoont ten opzichte van de behuizing van ongeveer 1 mm. De bewegingsvrijheid van het derde bevestigingspunt, in de richting evenwijdig aan de indrukking van het landingsgestel, is gelijk aan deze speling. Wanneer er dus een starre verbinding wordt gelegd werkt deze als een soort bladveer hetgeen de resultaten van de experimenten nadelig beïnvloed. Er is daarom gekozen voor een soort swingarm constructie waarbij de lengte van de arm zo groot mogelijk gekozen wordt. Bij montage wordt er voor gezorgd dat het landingsgestel en de actuator in één lijn staan op het moment dat de speling er helemaal "uitgedrukt" is.

De aluminium blokken zijn gefabriceerd door de C.T.D.

Contactpersoon: dhr. Ketelaars

De swingarm is gefabriceerd door de Technische Dienst in het W.F.W.-lab

Contactpersoon: dhr. v. Gils

4.3 Modificatie van het landingsgestel

Zoals reeds eerder is opgemerkt is het uitgangsmodel van het landingsgestel 1-dimensionaal en zal er daarom in de experimentele set-up zoveel mogelijk getracht worden om een 1-dimensionale opstelling te realiseren danwel te benaderen. Belangrijk is dus dat de excitatie en de verplaatsing in dezelfde richting liggen. Ofwel het punt waar de excitatie aangrijpt moet op de hartlijn van de zuiger van het landingsgestel liggen. Om dit te bewerkstelligen is er een hulpstuk gefabriceerd omdat de as van het landingsgestel, waar normaal gesproken het neuswiel op bevestigd wordt, niet op de hartlijn ligt van de zuiger van het landingsgestel, zie figuur B.4 appendix B. Met behulp van dit hulpstuk wordt er ook voor gezorgd dat de excitatie in één lijn wordt doorgeleid en niet via de ophangarm hetgeen buigende momenten voorkomt. Het hulpstuk bestaat uit twee delen in verband met de montage en is gefabriceerd door de C.T.D.

Contactpersoon: dhr. Ketelaars

In het inwendige van het landingsgestel zijn ook nog twee modificaties aangebracht om te realiseren dat de hydraulische demping slagonafhankelijk is, dit in tegenstelling tot de praktijk. In de terugstroomkamer is de zogenaamde "recoil-valve" ofwel terugstroomklep verwijderd en van de "metering-pin" zijn de sleuven, waar de olie door stroomt, op constante diepte gefreest over de hele slaglengte.

Hoofdstuk 5

Experimenten

In een bepaald projekt neemt het uitvoeren van de definitieve experimenten in het algemeen slechts een klein gedeelte van de totale projecttijd in beslag. Dit in tegenstelling tot andere onderdelen zoals het realiseren van de opstelling zelf, het vertrouwd raken met alle randapparatuur en de evaluatie van de resultaten welke meestal het grootste gedeelte van de totale projecttijd opeisen. Het uitvoeren van de experimenten is echter een essentieel onderdeel van een projekt en zeker zo belangrijk als de rest van de genoemde projektonderdelen. Een opsomming van bepaalde aandachtspunten is daarom zeker op zijn plaats enerzijds om de reproduceerbaarheid te waarborgen en anderzijds om eventuele foute acties tijdens het uitvoeren van de experimenten te kunnen achterhalen. Alles wat fout gaat tijdens de metingen kan niet meer door de software hersteld worden!!

5.1 Voorbereidingen

Op het moment dat de opstelling helemaal klaar is kan er gestart worden met de experimenten. Echter voordat er gemeten kan worden moeten er nog een aantal handelingen uitgevoerd worden.

- Oliepeil controleren.
- Waterkraan voor koeling open draaien.
- Controller output op nul instellen (i.v.m. eventuele grote verplaatsingen).
- Afstandsbediening controleren.
 - bypass = off
 - high/low = low
 - servo = off
- Zet de oliepomp aan op hochdruck.

- Afstandsbediening
 - servo = on
 - high/low = high
- Controller span en setpoint zodanig regelen dat de actuator een verplaatsing van ± 30 mm beschrijft met een frequentie van 1 à 2 Hz.
- Voorzie alle randapparatuur ook van spanning in verband met opwarmen.
- Noteer alle vaste instellingen van de apparatuur (reproduceerbaarheid).
- Na ongeveer 30 minuten heeft de olie een temperatuur van $\pm 46^\circ C$ bereikt en begint de koeling te werken.
- Laat het landingsgestel helemaal uitschuiven (ook servo = off), controleer de **relatieve** interne gasdruk en corrigeer deze indien nodig.
N.B. Voor het verkrijgen van de absolute druk moet de relatieve druk gesommeerd worden met de buitenluchtdruk (± 1.0 bar).

Er kan nu gestart worden met de metingen.

5.2 Het innemen van data

Voor het innemen van de meetdata wordt gebruik gemaakt van een d_tac100 kaart van de firma DIFA, Breda. Voor de precieze werking van d_tac100 wordt verwezen naar de desbetreffende handleiding. Het is wel aan te raden om vooraf een aantal dingen in te stellen zoals:

- Project definiëren (Difa-handleiding §6.4), het is dan mogelijk om een set experimenten onder één bepaalde naam op te slaan.
- Calibratie tabellen (§6.1) zodat de meetkanalen een zo klein mogelijke elektronische off-set vertonen.
- Units (§6.2) waar de juiste fysische eenheden en calibratiefactoren per kanaal ingesteld kunnen worden.
N.B. Deze instellingen kunnen per project worden opgeslagen.
- Display (§6.2) waar onder andere de labels per kanaal ingesteld kunnen worden.
N.B. Deze instellingen kunnen per project worden opgeslagen.

De te verrichten handelingen direct voor, tijdens en direct na een meting zullen nu puntsgewijs besproken worden.

- Start difa op en roep het gewenste project aan.

- Stuur het landingsgestel verplaatsing teruggekoppeld aan met een laagfrequent (0.1 Hz) sinusvormig signaal zodanig dat het landingsgestel bij elk onderste dode punt van de verplaatsing net door de speling heen getrokken wordt.
- Stel de acquisitie (difa §6.2) nu zodanig in dat er ongeveer vier perioden in het meetvenster komen en start de meting. Met behulp van deze meting kan het verplaatsingsnulpunt bepaald worden op het moment dat de speling net is ingedrukt ofwel het moment dat de gasveer begint te werken.
- Landingsgestel volledig uit laten schuiven (servo = off) en check of de verbindingspin tussen het landingsgestel en de krachtcel met de hand bewogen kan worden als de moer een paar slagen los wordt gedraaid hetgeen een controle is dat het landingsgestel op dat moment **niet** belast wordt.
- Zet de ladingsversterker van de krachtopnemer in de reset stand, voer een korte meting uit om de off-set van de kracht af te schatten en controleer of de gemeten waarde binnen de maximaal haalbare nauwkeurigheid valt ($\pm 80N$). Noteer de gemeten gemiddelde waarde.
- Check de calibratie met behulp van de calibratieknop. Noteer de druk zoals deze is af te lezen van het display van de drukopnemer ladingsversterker.
- Draai de moer van de verbindingspin weer vast.
- Zet de ladingsversterker in de operate stand en begin direkt met meten omdat de krachtopnemer slechts quasi statisch is (max. 20 minuten meten). In figuur B.5 appendix B zijn twee metingen weergegeven die direkt achter elkaar verricht zijn. Op het moment dat de ladingsversterker van de krachtcel in de operate stand is gezet is de eerste meting gestart. In het begin van de eerste meting is er aan het landingsgestel een statische indrukking opgelegd die de rest van de twee metingen constant verondersteld wordt. In de tweede meting is duidelijk te zien dat er na een totale meettijd van ± 16 min. een verloop op treedt in het krachtsignaal. Er wordt nu aangenomen dat het maximale absolute krachtverloop gelijk mag zijn aan de maximale absolute meetnauwkeurigheid ofwel 90 [N]. Het gemiddelde van de statische kracht wordt bepaald uit de eerste meting (verwaarloosbaar krachtverloop) en bedraagt ± 6651 [N]. Het krachtminimum (6597 [N]) van de tweede meting ligt dus binnen de gestelde grenzen. De bovengrens wordt echter wel overschreden, namelijk na een **totale** meettijd van bijna 20 minuten. De gemeten kracht bedraagt dan 6740 [N].
- Noteer bij elke meting de instellingen van de span-en de setpointknop van de controller (reproduceerbaarheid).
- Nadat de meting voltooid is data save onder projektnaam indien gewenst.

5.3 Het verwerken van data

Voor het verwerken van de experimenten moet de meetdata vanuit difa geëxporteerd worden (difa §6.4) waarbij er vantevoren een data structuur bepaald wordt welke consequent gevolgd dient te worden omdat anders het overzicht verloren gaat.

De geëxporteerde data (ascii) moet in het algemeen nog omgezet worden naar een bepaald formaat (bin) dat leesbaar is door de te gebruiken programmatuur. Vervolgens zal er in de meeste gevallen ook nog een datareductie uitgevoerd moeten worden om zodoende precies één periode van de periodieke in-en output uit te snijden hetgeen essentieel is voor het door Bert Verbeek ontwikkelde parameter schattingsprogramma. De overgebleven set meetgegevens is in principe geschikt om toe te voegen aan het parameter schattingsprogramma.

5.3.1 Huidige opzet, 92/03/16

Data transformatie

programma : difapcml (executable)
input : input.dat, file met daarin de te transformeren data sets welke voorzien zijn van een standaard naamgeving: yymmddxx.txt De experimentnamen moeten onder elkaar staan en op elke nieuwe regel vooraan beginnen in verband met inlezen.
output : gettransformeerde files yymmddxx.mat

Data reductie

programma : datred1.m (matlab m-file)
input : difa.mat, er moet dus een nieuwe naam gegeven worden aan het experiment: yymmddxx.mat hetgeen slechts mogelijk is bij een bepaalde directory structuur.
output : exp.pep, bruikbaar voor de matlab-versie van het schattingsprogramma.
programma : fdatred.m (matlab m-file)
input : difa.mat
output : iforce.mat, bruikbaar voor de fortran-versie van het schattingsprogramma.

Directory structuur

standaard path : c:\twg\ml (pc)
user/twg/ml (silicon graphics)
Onder deze directory bevinden zich de systeem directories.
systeem dir. : nlleolx, waarbij x staat voor een bepaalde modellering. Onder deze directory bevinden zich de experiment directories, schattings directories en de zogenaamde u-files ofwel model-files.
experiment dir. : yymmddx0, corresponderend met een bepaalde experimentele set-up. De file; yymmddx0.mat, wordt hier onder gebracht en krijgt een andere naam namelijk; difa.mat.

schattings dir. : yymmddxx, corresponderend met een bepaalde schattings set-up uitgevoerd op experiment x (letter a-z). Voor elke schattings set-up is er een andere unieke directory door variatie van de tweede x (cijfer 0-9). Onder deze directory bevinden zich de i-file(s), de gereduceerde experimentele data; exp.pep en een file met output variabelen afhankelijk van de gebruikte programma-versie.

Appendix A

Meetseries

Meting	Spanning [V]	Kracht [N]
1.1	0.00e+00	0.0000e+00
1.2	9.90e-01	5.0000e+03
1.3	1.98e+00	1.0010e+04
1.4	2.97e+00	1.5020e+04
1.5	3.96e+00	2.0000e+04
1.6	4.96e+00	2.5000e+04
2.1	0.000e+00	0.0000e+00
2.2	9.810e-01	4.9950e+03
2.3	9.870e-01	5.0300e+03
2.4	9.930e-01	5.0000e+03
2.5	1.967e+00	9.9900e+03
2.6	1.973e+00	1.0020e+04
2.7	1.984e+00	1.0010e+04
2.8	2.956e+00	1.4990e+04
2.9	2.959e+00	1.5000e+04
2.10	2.971e+00	1.5000e+04
2.11	3.949e+00	2.0000e+04
2.12	3.950e+00	1.9995e+04
2.13	3.964e+00	2.0000e+04
2.14	4.947e+00	2.5015e+04
2.15	4.958e+00	2.5000e+04

Tabel A.1: Twee meetseries, uitgevoerd aan de krachtcel versterker combinatie

Meting	Spanning [V]	Verplaatsing [m]
1	-9.987e+00	3.972e-02
2	-7.957e+00	6.864e-02
3	-5.960e+00	9.706e-02
4	-3.948e+00	1.2560e-01
5	-1.930e+00	1.5432e-01
6	6.300e-02	1.8238e-01
7	2.096e+00	2.1100e-01
8	4.097e+00	2.3922e-01
9	6.092e+00	2.6734e-01

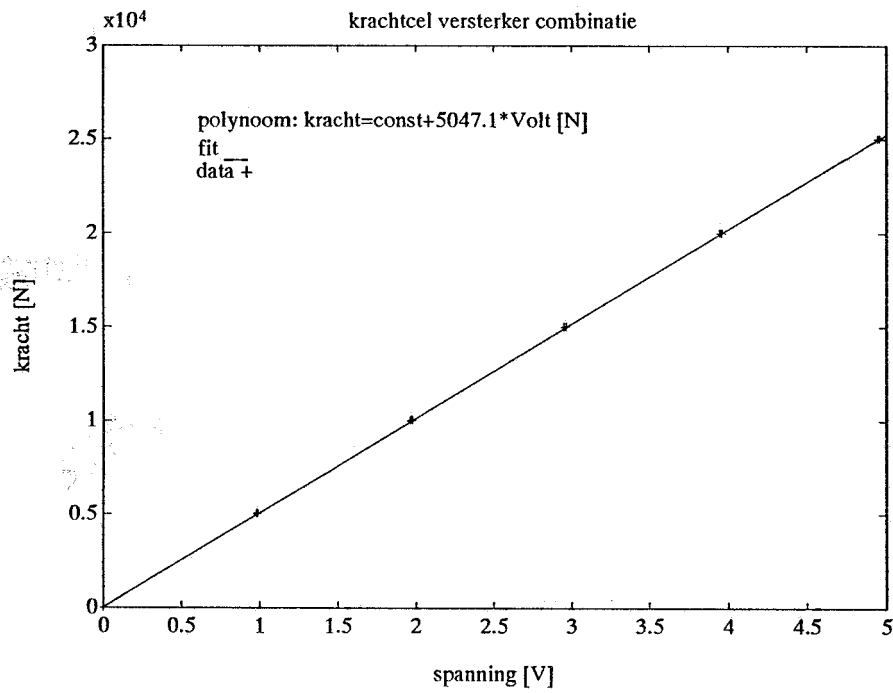
Tabel A.2: Meetserie, uitgevoerd aan de LVDT controller combinatie

Meting	Spanning [V]	Druk [bar]
1	3.841e-01	3.840e+00
2	4.167e-01	4.170e+00
3	4.372e-01	4.370e+00
4	5.094e-01	5.100e+00
5	5.618e-01	5.620e+00
6	7.163e-01	7.160e+00
7	7.771e-01	7.770e+00
8	1.037e+00	1.037e+01
9	1.152e+00	1.152e+01
10	1.774e+00	1.774e+01
11	1.932e+00	1.932e+01
12	3.807e+00	3.807e+01

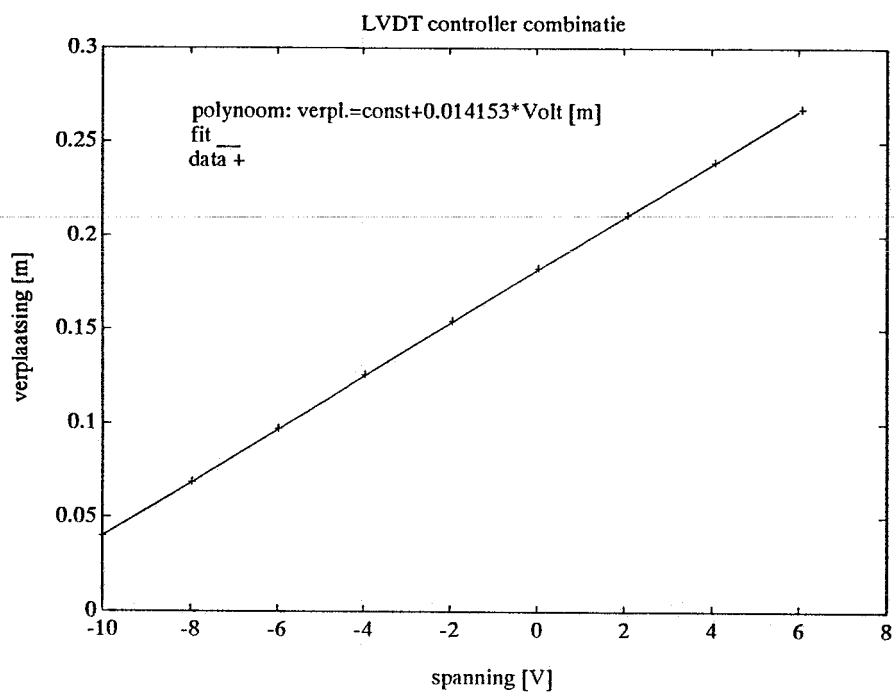
Tabel A.3: Meetserie, uitgevoerd aan de drukopnemer versterker combinatie

Appendix B

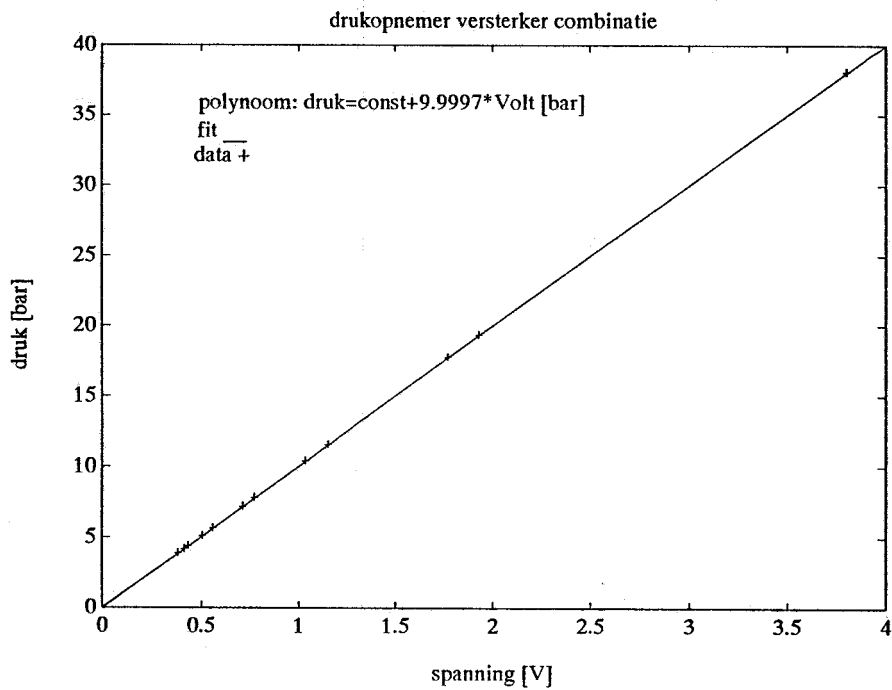
Figuren



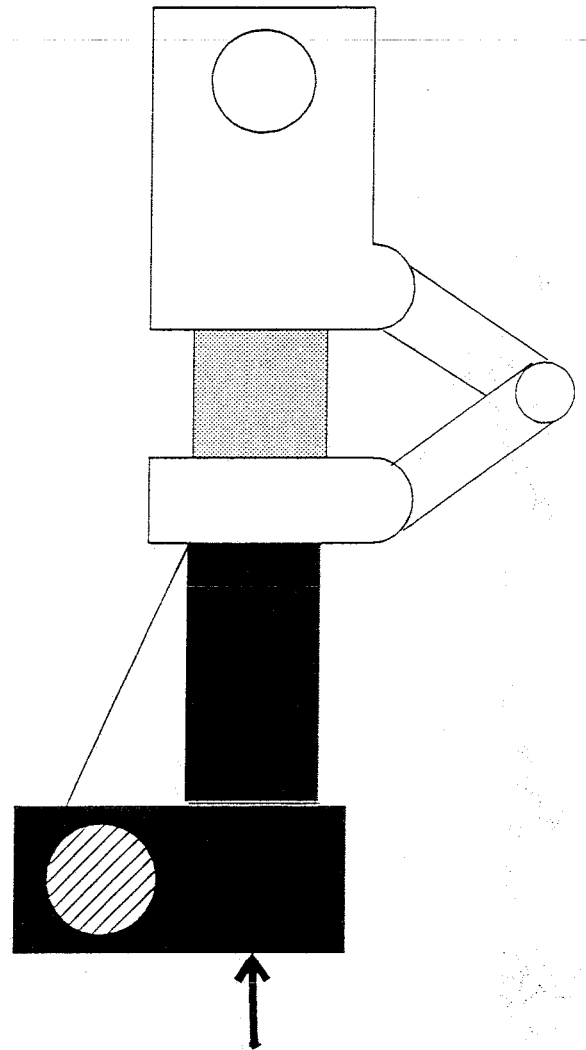
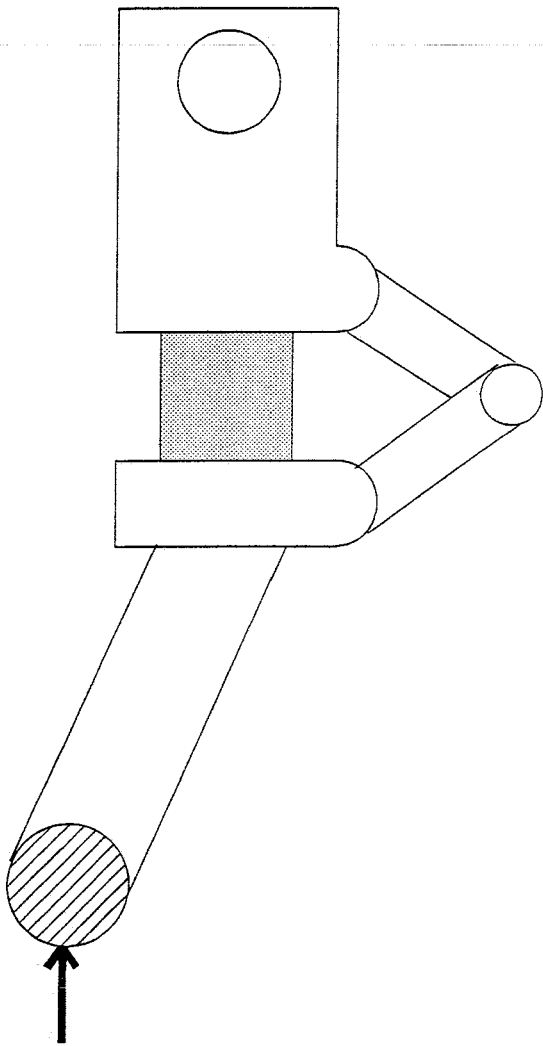
Figuur B.1:



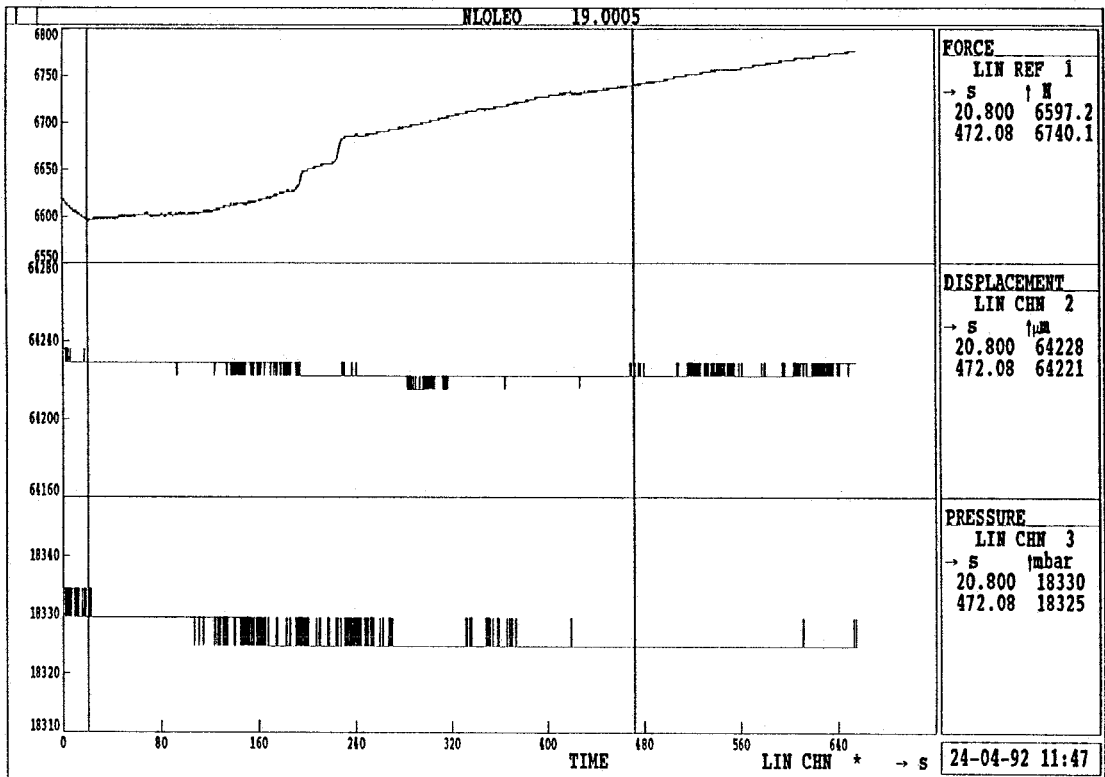
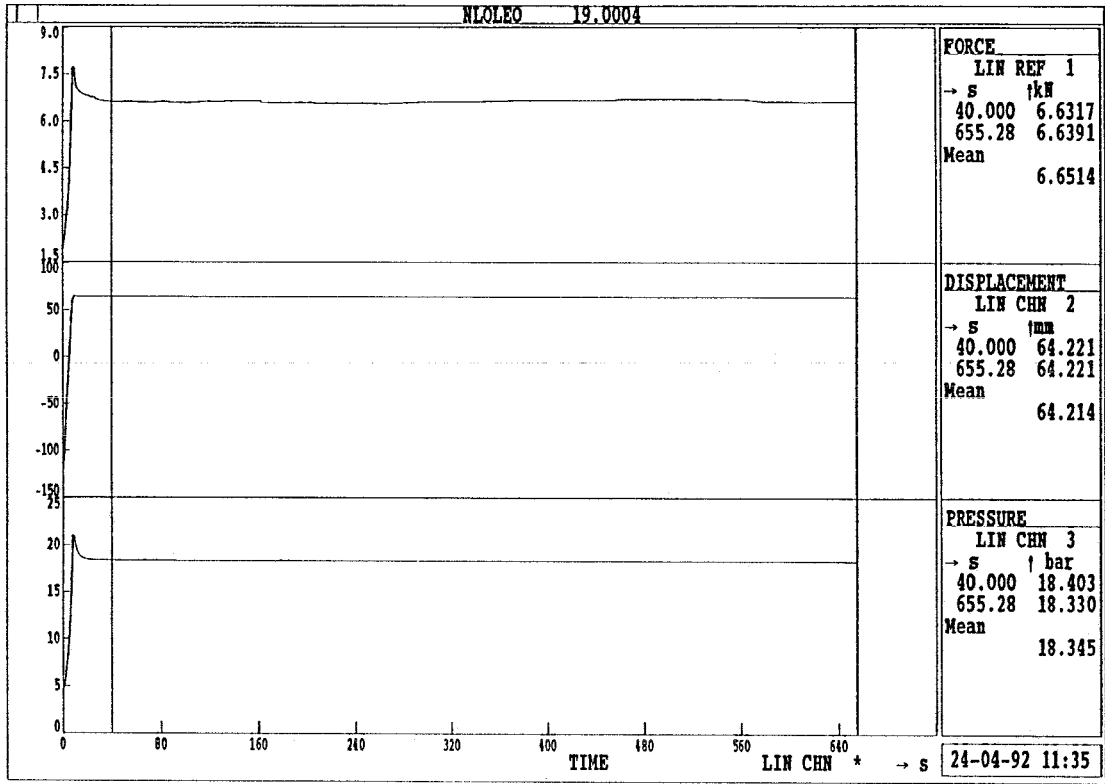
Figuur B.2:



Figuur B.3:



Figuur B.4:



Figur B.5: