

**PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen  
(WGMB-2022)***14 september 2022*

<b>Onderwerp</b>	Vergadering PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)		
<b>Datum</b>	14 september 2022	<b>Plaats</b>	Inalfa Roof Systems, Venray
<b>Auteur</b>	Ronnie van Leeuwen	Tel. <b>06 28500912</b> e-mail: <b>ron.vanleeuwen@nl.thalesgroup.nl</b>	

# Werkgroep

# Mechanische Beproevingen

## Inalfa Roof Systems

CLIMATIZED  
MULTI-AXIAL SHAKER



**PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen  
(WGMB-2022)***14 september 2022***PRESENTIELIJST**

<b>Naam</b>	<b>Bedrijf</b>
Timo Jongkind	Philips Medical Systems
Gert Kragten	Gevasol
Thijs de Jong	Adimec
Patrick Achten	Jabil
Rob Grijpma	NLR
Rowie Berendsen	NLR
Boudewijn Jacobs	Signify
Bob Gaasbeek	ENMO
Catharinus Helfrich	Accell
Anthony Koot	Inalfa Roof Systems
Marc Coenen	Inalfa Roof Systems
Perry van Vegchel	Inalfa Roof Systems
Ronnie van Leeuwen	Thales Cryogenics

## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

### 1 Opening en mededelingen

Ronnie van Leeuwen opent de vergadering

### 2 Introductie / ervaringsuitwisseling

Anthony Koot (Inalfa Roof Systems): Samen met Perry is Anthony 1 van de teamleiders op het lab (sinds 1999 werkzaam bij Inalfa). Op het lab zijn 18 – 20 personen werkzaam. Het shakerteam bestaat uit 4 personen waaronder Marc Coenen. Het team houdt zich o.a. bezig met durability testen en squeak and rattle testen. Bij deze laatste test moet men bij het testobject aanwezig zijn. Men werkt nu met een standaard PSD profiel waarmee “universele” testen worden uitgevoerd voor projecten waarvoor men geen dedicated road data ter beschikking heeft.

Van klanten krijgt men vaak trilprofielen in het tijd domein. Men is aan het kijken of men diverse profielen in het tijd domein kan omzetten naar een overkoepelend signaal in het tijddomein; dit om algemeen onderzoek te kunnen uitvoeren. Dit is echter nog niet eenvoudig te realiseren omdat elk project en voertuig weer andere informatie heeft.

Met het omzetten van het tijddomein naar PSD gaat men schok informatie (“rijden over putdeksels”) missen.

Bob Gaasbeek stelt voor om ook met krachtsensoren te gaan werken, een methode die in de space industrie gebruikt wordt en dan vervolgens time domain replication toe te passen.

Catharinus Helfrich (Accell): Catharinus is hoofd van het testlab van Accell waar men mechanische en klimatologische testen uitvoert. Men test 29 categorieën fietsen met elk een eigen testprogramma. Er worden 9 verschillende testprogramma's gebruikt om levensduur te testen. Men voert ook geluittesten uit.

De opkomst van cargo bikes leidt tot andere dynamische profielen en andere faalmechanismen.

Men heeft de beschikking over een eigen shaker installatie (1D). Er worden veel metingen in het veld uitgevoerd, deze meetresultaten worden omgezet naar een PSD voor het uitvoeren van de testen in het lab.

Een persoon op de fiets maat onderdeel uit van het gehele systeem en zorgt ook voor andere krachtenverdeling; dit is iets waar men mee worstelt. Bij het testen van batterijen vindt men faalmechanismen waarbij de relatie met de praktijk soms lastig te vinden is (door o.a. persoon integratie).

Boudewijn Jacobs (Signify): Boudewijn maakt deel uit van de reliability council (10 – 15 personen) binnen Signify waar ook mechanische problemen worden besproken. Een belangrijk onderwerp nu is de mechanische belasting van straatverlichting. Een andere vorm van de behuizing levert ook een andere windbelasting op. Uit een Amerikaanse presentatie zijn de volgende conclusies gekomen:

- paalhoogte is zeer bepalend voor de trilniveaus (ook de constructie van het armature op de paal is zeer bepalend).
- huidige standaarden voor verlichting zijn niet up to date

Binnen Signify zijn er wereldwijd veel labs, men heeft geprobeerd om 1 standaard test te definiëren maar dat is niet gelukt.

## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

Bob Gaasbeek (ENMO): ENMO is toeleverancier van testapparatuur. Bob is applicatie engineer binnen ENMO. In het verleden heeft Bob veel automotive testen uitgevoerd.

Squeeque en rattle testen worden binnen de automotive steeds belangrijker vanwege geluidscomfort in de auto.

In de aerospace industrie is de trend naar kleine, commerciële, satellieten gaande. Dit heeft ook andere mechanische testeisen tot gevolg: grotere massa's (tot 500 kg) moeten soms tot 17 g rms getril worden. Hiervoor zijn grote electrodynamische shakers nodig. Voor grote systemen is aandacht nodig voor geleiding van de shaker.

Operational modal analysis is sterk in opkomst. Hiermee kan er een goede vergelijking gemaakt worden tussen de FEM analyse en de metingen / bevindingen tijdens een test. De analyse technieken worden steeds beter.

Thijs de Jong (Adimec): bij Adimec houdt men zich bezig met de ontwikkeling en productie van camera's. Thijs is 1 van de 3 reliability engineers en houdt zich ook bezig met reliability berekeningen volgens MILHDBK271 en FIDES (met gebruik van derating). Mechanische testen worden ook ingezet voor productie screening.

Timo Jongkind (Philips Medical Systems): Timo werkt op het Q lab maar voert per jaar slechts een beperkt aantal triltesten uit op de ED shaker. Op deze shaker worden voornamelijk testen op producten van maximaal 100 – 150 kg uitgevoerd volgens interne Philips normen.

Patrick Achten (Jabil): Patrick is lead engineer op het lab van Jabil waar klimatologische en mechanische testen uitgevoerd worden. De focus van het design validatie team ligt bij electronica, automotive en industrial application. Op de afdeling werken 12 personen. Testen worden uitgevoerd op eigen producten maar ook voor een groot gedeelte op producten van derden. De laatste tijd worden meer testen gevraagd op grotere systemen, soms moeten deze systemen tijdens de triltest ook operationeel zijn. Door o.a. elektrificatie is de veiligheid van het uitvoeren van testen een steeds belangrijker wordend thema. Ook zijn zwaardere en andere testprofielen zichtbaar. Men geeft nu ook de beschikking over een fatigue bank voor mechanische onderdelen gebruikt in medische applicaties (implantaten). Op het lab is men ook bezig met het testen van camera systemen voor bv landbouwvoertuigen. De camera's moeten ook functioneel beoordeeld worden tijdens de test. De mix van elektronica en mechanica is soms uitdagend. Specificaties eisen meer hogere frequenties maar tegelijkertijd ook grotere amplitudes.

Gert Kragten (Gevasol): Gert is nieuw binnen het PLOT. Gevasol houdt zich bezig met de vakgebieden fluid (kleppensystemen met elektronica aansturing) en motion (o.a. elektromotoren) en heeft vestigingen in o.a. Nederland, Zwitserland en Israël. Gert was production engineer en is sinds 2021 in ontwikkeling tot Reliability Engineer binnen Gevasol. In Nederland vindt vooral assemblage plaats. Doel van Gert is om binnen Gevasol de kennis over reliability samen te brengen en te combineren. Hij is bezig met de opzet van een lab waar men testdata kan genereren om durability eisen te kunnen aantonen. Dit lab is opgezet op de campus van Lely, 1 van de grootste klanten. Het moet een transparant lab worden waar ook klanten toegang hebben. Er worden slijtage testen (schakelen) uitgevoerd waarbij de kleppen ook functioneel getest worden. De specificatie van de levensduur wordt uitgedrukt in het aantal schakelingen dat een klep moet kunnen uitvoeren.

## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

Rob Grijpma en Rowie Brerendsen (NLR): bij het NLR heeft men de beschikking over 3 ED shakers, variërend van 2 kN tot 40 kN waarvan 1 in een clean room omgeving gebruikt kan worden. Alle shakers zijn 1D shakers. De laatste tijd worden veel ruimtevaart testen uitgevoerd. Rowie is nu 1,5 jaar aan het werk bij NLR waar in totaal 750 mensen werkzaam zijn. Producten die getest worden zijn ook zeer variërend: van veertjes tot ovens. Voor schoktesten wordt veel gebruik gemaakt van de SRS methode. Er is veel extern werk op het lab.

Perry van Vegchel (Inalfa Roof Systems): Perry is nu 20 jaar werkzaam bij Inalfa Roof Systems. Hij is verantwoordelijk voor de testprogramma's van nieuwe ontwikkelingen in de voorontwikkelingsfase.

Marc Coenen (Inalfa Roof Systems): Marc is van de test technici die triltesten uitvoeren op de 3 1-assige shakers en op de 6 DoF shaker. Men heeft de beschikking over 1 electrodynamische shaker maar die wordt weinig gebruikt.

Ronnie van Leeuwen (Thales Cryogenics): Ronnie is nu 26 jaar werkzaam op het testlab van Thales Cryogenics waar veelal testen voor externe klanten uitgevoerd worden (tril, schok en klimatologische testen). De laatste jaren is Thales Cryogenics druk bezig met space programma's, de trileisen zijn dan ook voor interne testen flink gewijzigd.

### 3 Terugblik vorige bijeenkomst(en)

De in het verleden behandelde thema's worden gepresenteerd.

## Behandelde thema's

#### 29 november 2007: IPS Packaging, Eindhoven

- Valtesten (verpakking)

#### 25 juni 2008: LMS, Leuven

- Shock Response Spectrum

#### 19 november 2008: Thales, Hengelo

- Shock Response Spectrum + sensoren

#### 22 april 2009: Thales Cryogenics, Eindhoven

- Metingen uit het veld omzetten naar testspecificaties

#### 24 november 2009: Sensata, Almelo

- Triltesten in combinatie met temperatuur

#### 22 april 2010: LMS + KU Leuven

- Multi-axiaal trillen

#### 7 december 2010: Reden BV

- Virtueel testen

#### 21 mei 2011: Barco

- Resonanties

#### •2 november 2011: Thales Hengelo

- Resonanties (2)

#### 24 mei 2012: Jabil

- Mixed mode testen

#### 27 maart 2013: Thales Cryogenics

- Versneld mechanisch testen

#### 9 april 2014: Thales Cryogenics

- Van velddata naar testdata (theorie)

#### 2 december 2014: TP Vison

- Van velddata naar testdata (praktijk)

#### 20 oktober 2015: Thales Cryogenics

- Shock Response Spectrum (op shaker)

#### 20 juni 2016: NLR

- Van velddata naar testdata  
(bespreking praktijkcase)

#### 10 november 2016: Thales Cryogenics

- Modaal analyse

#### 9 november 2017: Thales Cryogenics

- Faalmechanismes mechanische testen

#### 24 april 2018: ENMO

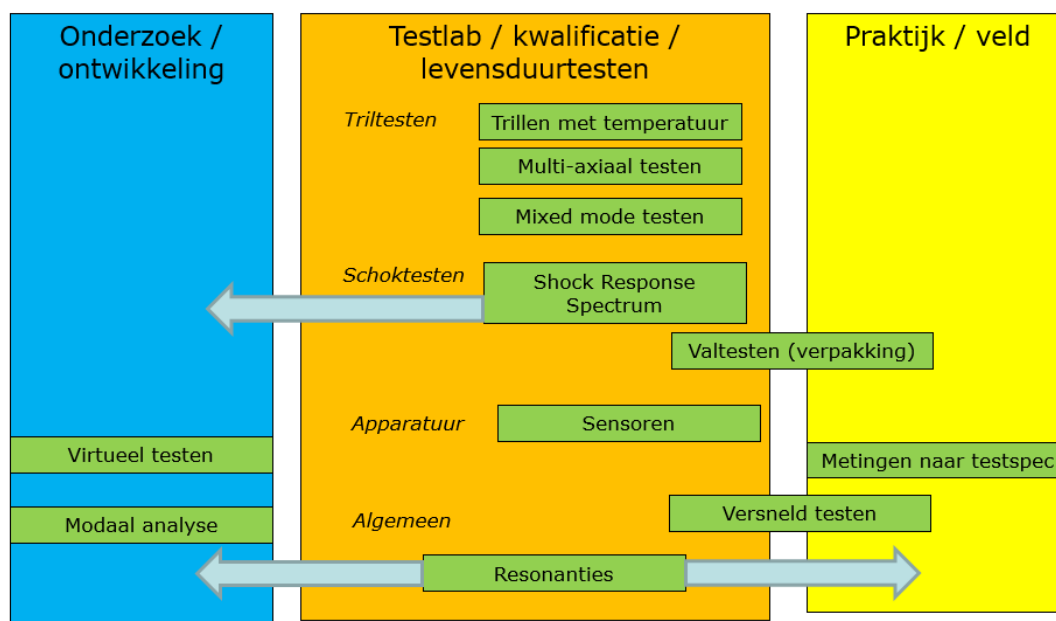
- Modaal analyse

#### 18 april 2019: IPS Technology

- Mechanische testen bij verpakkingen / E commerce

## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022



De laatste keer dat PLOT aanwezig is geweest op een TAB Mechanical Testing meeting van het CEEES was in september 2019 in Basel. In onderstaande sheet staan een aantal zaken die daar besproken zijn:

## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

### CEES TAB Mechanical Testing, 18-09-2019

- Verdere ontwikkeling van DEF STAN 00.035 waarin o.a. de limieten van versneld testen behandeld worden
- IEC 62131-7 en -8 voor propellor aircraft en helicopters
- De IEC 60068 serie is bezig met een norm over Time History Replication: van gemeten data naar test specificatie
- De IEC 60068 komt in november met een norm voor multi-axis vibration
- IEC 60721-3 stationary location: er komt een onderscheid tussen omgevingscondities en test condities
- Binnen CEES wordt nagedacht over het opzetten van een Round Robin voor triltesten. Gedacht wordt aan het rondsturen van een staaf / balk waar de resonantie van bepaald moet worden.



8



#### 4 Introductie 3D triltesten

Evolutie in triltesten

- Sinus: 1 frequentie
- Sinus: sweep
- Random
- Sinus en random met temperatuur

Controle software    Hardware

- Multiaxiaal i.p.v 1 as

↓  
PRAKTIJK

# PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

## Toepassingen

- Aardbeving simulatie
- Automotive
- Ruimtevaart
- .....



## Normen

MIL STD 810H  
Method 527  
Multi Exciter  
Test (MET)

*"initial version of MET method"  
Feedback from MET user  
community is encouraged*

Exciter#	CONTENTS	Page
1.	SCOPE	1
1.1	PURPOSE	1
1.2	APPLICATION	1
1.2.1	GENERAL DISCUSSION	1
1.2.2	TERMINOLOGY	1
1.3	REFERENCES	2
2.	INSTALLING CLEARANCE	3
2.1	INSTALLING THE TEST METHOD	3
2.1.1	EFFECTS OF THE TEST ENVIRONMENT	3
2.1.2	INDICENCE AND/OR OTHER INTERFERENCE	3
2.2	SELECTING A PROCEDURE	4
2.3	PROCEDURE RELATED CONSIDERATIONS	4
2.3.1	DEFINING THE LEVELS AND CONDITIONS	4
2.3.2	LABORATORY TEST FACILITY	4
2.3.3	CONTROLLED TEST ENVIRONMENT	4
2.3.4	GENERAL	4
2.3.4.1	LABORATORY TEST FACILITY	4
2.3.4.2	TEST FACILITY	4
3.	INFORMATION REQUIRED	7
3.1	PRELIM	7
3.2	SHOCK TEST	8
3.3	ROAD TEST	8
4.	TEST PROCEDURE	8
4.1	TEST FACILITY	8
4.2	CONTROL	8
4.2.1	CALIBRATION	8
4.2.2	TOLERANCES	8
4.3	TEST OPERATION	9
4.3.1	INTERUPTION DUE TO LABORATORY EQUIPMENT MALFUNCTION	9
4.3.2	INTERUPTION DUE TO TEST FACILITY FAILURE	9
4.3.3	INTERUPTION DUE TO A SIGNIFICANT EVENT	9
4.3.4	INTERUPTION DUE TO EXCEEDING TEST TOLERANCES	10
4.4	TEST METHOD	10
4.4.1	IDENTIFICATION	10
4.4.2	PLACING OPERATOR	11
4.4.3	SETUP ANALYSIS	11
4.5	TEST FACILITY	11
4.5.1	PREPARATION FOR TEST	11
4.5.1.1	PRELIMINARY TEST	11
4.5.1.2	PRELIM SHOCK/SHAKE CHUCKING	11
4.5.2	PROCEDURE	11

## SESA

- Single Exciter / Single Axis

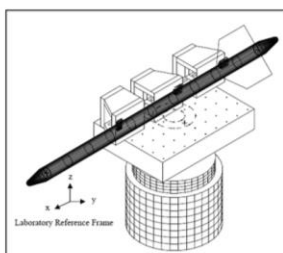


Figure 527-1. SESA - Single exciter vertical axis test setup.



# PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

MESA

- Multi Exciter / Single Axis

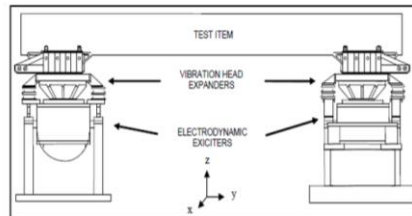


Figure 527-2. MESA - Two exciter test setup

MEMA

- Multi Exciter / Multi Axis

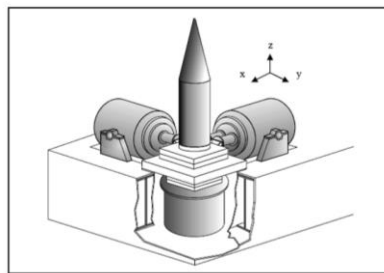


Figure 527-3. MEMA - Tri-axial exciter test setup (Translational Degrees-of-Freedom).

## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022) 14 september 2022

Voor de IEC60068 serie is een procedure in voorbereiding voor de Multi-exciter en Multi-axis testen.

**TC 104** Environmental conditions, classification and methods of test

Scope **Structure** Projects / Publications Documents Votes Meetings Collaboration Platform

Subcommittee(s) and/or Working Group(s) > [TC 104/PT 60068-2-86](#) en fr

**PT 60068-2-86 Project Leader & Members**

Project Leader	National Committee
Mr David Peter Richards	GB
Member	National Committee
Mr Christian Dindorf	DE
Mr Zhaojie Guan	CN
Mr Christian Haack	DE
Mr Chunyang Ji	CN
Mr Shoji Kakihara	JP
Mr Tomoya Ozaki	JP
Mr Benedikt Plaumann	DE
Mr David Peter Richards	GB
Mr Brian E. Tyler	GB
Mr He Xie	CN

**Title & Task**

### PT 60068-2-86

**PT 60068-2-86 Environmental testing – Part 2-86: Tests-Test Fx: Multi-Exciter and Multi-Axis Shock and Vibration Testing**

This part of IEC 60068 demonstrates the adequacy of specimens to resist dynamic loads without unacceptable degradation of its functional and/or structural integrity when subjected to the specified random vibration and shock test requirements adopting the use of multi exciter and/or multi-axis stimulation. The test procedure has significant similarity to the general-purpose vibration test procedures of IEC 60068-2-54: Random and IEC 60068-2-6: Sine and encompasses the same range of vibration excitation types. The laboratory test environment may be derived from field measurements on material or may be based on an analytically generated specification.

Broad band random vibration and shocks may be used to identify accumulated stress effects and the resulting mechanical weakness and degradation in the specified performance. This information, in conjunction with the relevant specification, may be used to assess the acceptability of specimens.

This standard is applicable to specimens which may be subjected to vibration of a stochastic nature resulting from transportation and/or operational environments, for example in aircraft, space vehicles and land vehicles. It is primarily intended for unpackaged specimens, and for items in their transportation container when the latter may be considered as part of the specimen itself. However, if the item is packaged then the item itself is referred to as a product and the item and its packaging together are referred to as a test specimen. This standard may be used in conjunction with IEC 60068-2-47:2005, for testing packaged products.

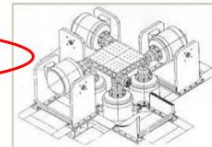
If the specimens are subjected to vibration of a combination of random and deterministic nature resulting from transportation or real-life environments, for example in aircraft, space vehicles and for items in their transportation container, testing with pure random or in a single axis at a time may not be enough. See IEC 60068-3-8:2004 for estimating the dynamic vibration environment of the specimen and based on that, selecting the appropriate test method.

Although primarily intended for electrotechnical specimens, this standard is

### Potential Applications Considered by IEC 60068-2-86 (2)

#### Reliability Growth

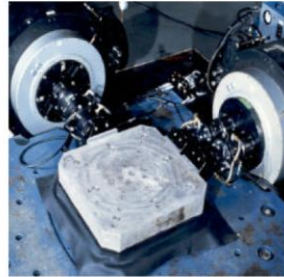
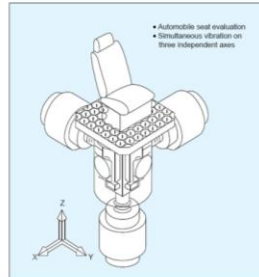
- Multi-axis testing has been perceived as having advantage for reliability growth testing of certain types of electro-technical equipment.
- Multi-axis excitation can produce within the specimen different responses from single axis and can exercise different potential failure and degradations modes.
- The test severities used for reliability growth testing are generally exaggerated (viz. greater than those likely to be experienced in-service) and applied at the fixing points of the specimen.
- The use of generic test severities may be necessary. Nevertheless, the dynamic responses within the specimen may not necessarily represent conditions which actually occur during the specimen life cycle.
- Failures identified by such test should always be the subject of a reliability failure assessment, to ensure they could realistically occur during the equipment's life cycle.



## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

### Apparatuur

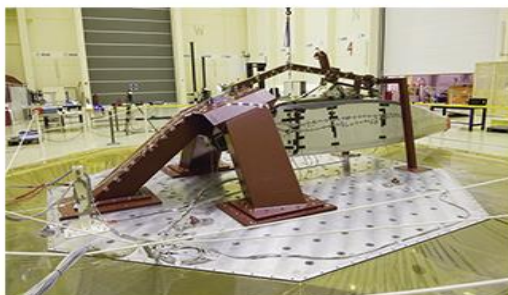
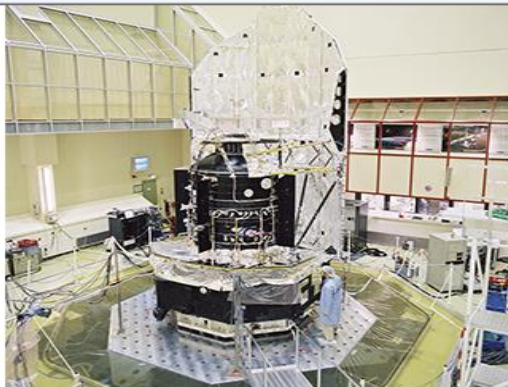


### Hydra bij ESTEC

The HYDRA Multi-axis Shaker is the most powerful of all shakers in the ESTEC Test Centre. HYDRA is an hydraulic shaker with a 6 degree of freedom control system that allows testing all axes with one setup and allows excitation in multiple directions and frequencies. The maximum payload tested is 23 tons.

The HYDRA shaker can be used for sine, transient or random testing in the frequency range from 0.1Hz to 100Hz with acceleration levels from 0.02 g up to 5 g. A state-of-the-art control system is available with up to 16 available channels for vibration input control and automatic test article response limiting. More acceleration measurement channels can be recorded by a mobile data handling system with up to 512 measurement channels.

Bron: website ESA ESTEC



The main parameters of the HYDRA shaker are listed below:

<b>Maximum static force:</b>	
• Vertical	2520kN
• Horizontal	1260kN
Maximum displacement in sine	140mm p.p.
Maximum velocity	0.8m/s
Maximum acceleration	5 g
Minimum controllable level	0.02 g
Frequency bandwidth	0.1-100Hz
Maximum load	>23000kg
Maximum overturning moment	1300kNm
Mass of moving assembly	22500 kg
Empty facility first resonance	60Hz
<b>Test article interface:</b>	
• Table outer dimensions	5.5m x 5.5m
• Hole pattern	320mm x 320mm
• Hole dimensions	M20

[Go to detailed facility description](#)

## **PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)**

14 september 2022

### **5 Presentatie Inalfa Roof Systems**

Perry geeft een introductie over Inalfa Roof Systems.

Er worden veel eisen gesteld aan de daken die bij Inalfa ontwikkeld en geproduceerd worden op het gebied van interieur, exterieur, veiligheid en environmentals.

De complexiteit van het product zorgt voor een uitdagend testprogramma. Trillen in combinatie met temperatuurwisselingen wordt veel gevraagd (soms zelfs nog met toevoeging van zand!).

Bij Inalfa is recent een 6 DOF shaker geïnstalleerd. Anthony vertelt over de eisen, de installatie en de eerste testresultaten.

Klanten eisen dat er in meerdere assen getrild wordt en soms moeten de trillingen tegelijk in 3 assen aangeboden worden om de correlatie met de de trillingen in de praktijk beter te kunnen maken. Tevens kan men door de trillingen in 3 assen tegelijk aan te bieden testtijd besparen. 90% van de testspecificaties is afkomstig van metingen in de praktijk (metingen van wegdeksignalen).

Er bestaat de keuze tussen een hydraulische shaker of een electrodynamische shaker. Bij Inalfa is gekozen voor een hydraulische shaker met een payload van 250 kg; de seismische massa onder de shaker is 90 ton.

Het systeem bestaat uit:

- 6 DOF shaker HST van Moog
- Klimaatkamer van Airtest
- HPU van Hydac

Doordat met intern dit systeem heeft staan is outsourcing van deze testen niet meer nodig.

De bolt joints tussen de cilinders en de triltafel zijn zeer bepalend voor de kwaliteit van de aangeboden trillingen.

De road data zijn meer geschikt voor een 6 DOF systeem (in vergelijking met trillen in 1 verticale Z-as). De verschillen in testresultaten tussen trillen in 3 richtingen tegelijk en 3 richtingen afzonderlijk zijn nog niet duidelijk, er is hiervoor nog geen onderzoek gedaan.

Typische tijdsduren voor de triltesten zijn 60 tot 200 a 300 uur.

## PLOT-werkgroep Mechanische Beproevingen (WGMB-2022)

14 september 2022

### 6 Demo test laboratorium en 3D shaker

Na de presentatie is er een rondleiding in het laboratorium van Inalfa waar ondermeer de zout nevel installatie, de regen kamer, diverse klimaatkamers en natuurlijk de 3D shaker in de klimaatkamer getoond werden. Met veel belangstelling is de imposante shaker aan het werk gezien. Ook een blik op de seismische massa was indrukwekkend.

#### CLIMATIZED MULTI-AXIAL SHAKER

