



# Echte lumens

Herleidbare metrologie als basis  
voor betrouwbare LED metingen

Marijn van Veghel

VSL Themadag Optica  
18 oktober 2012



# Inhoud

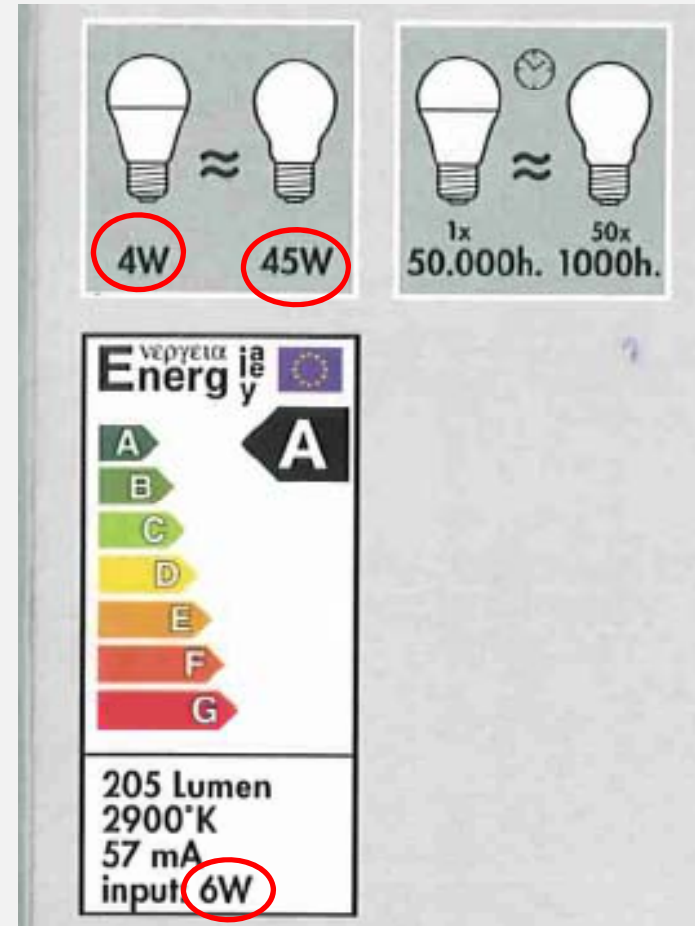
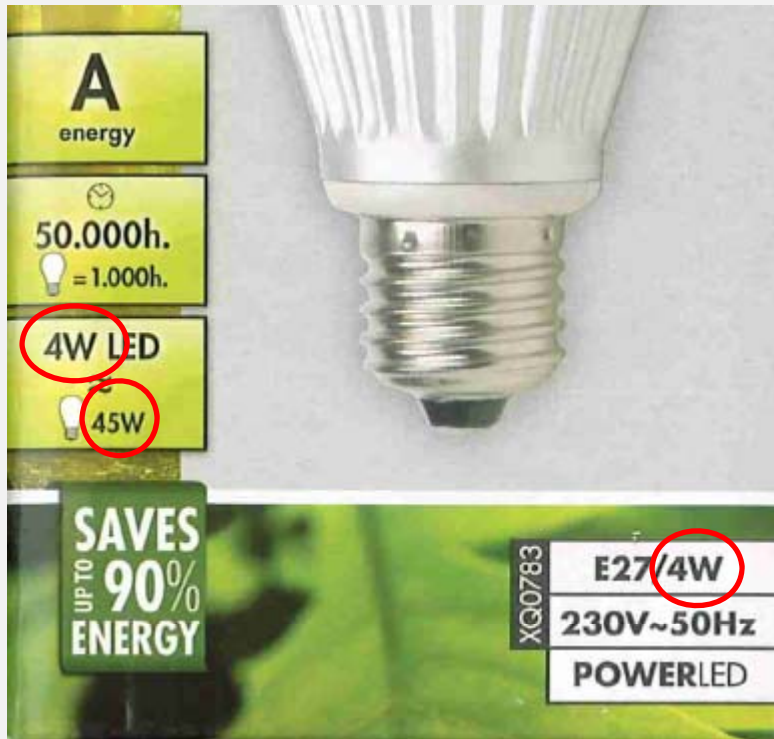
- Goed meten: herleidbaarheid
- LED metrologie
- EMRP project Metrology for SSL
- Tot besluit



# Inhoud

- **Goed meten: herleidbaarheid**
- LED metrologie
- EMRP project Metrology for SSL
- Tot besluit

# Is dit heldere taal?



# Dit is heldere taal!

**Grootheid:** goed gedefinieerd, specifiek, universele betekenis, goede correlatie met kwaliteitsaspect

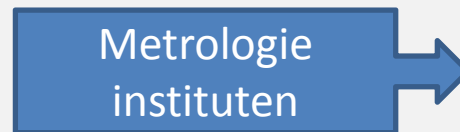
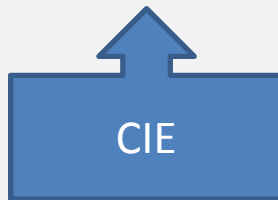
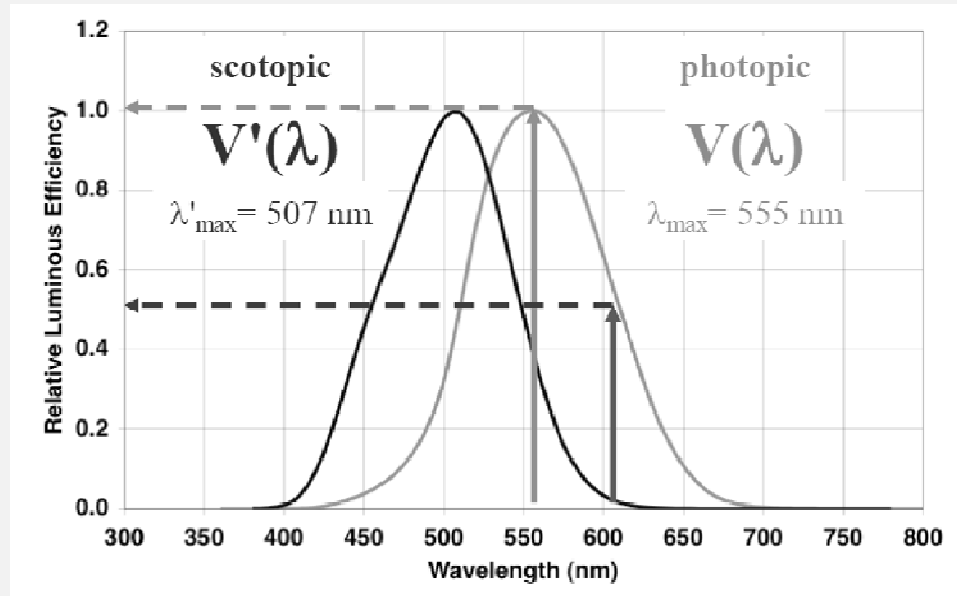
**Eenheid:** horend bij grootheid, onderdeel van SI

Total luminous flux =  $(200 \pm 2)$  lm

**Meetwaarde:** onafhankelijk van meetmethode, vergelijkbaar, met bekende **onzekerheid**

**→ Herleidbaarheid**

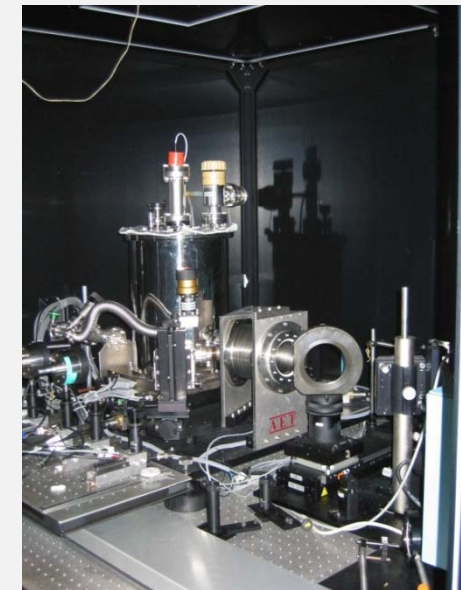
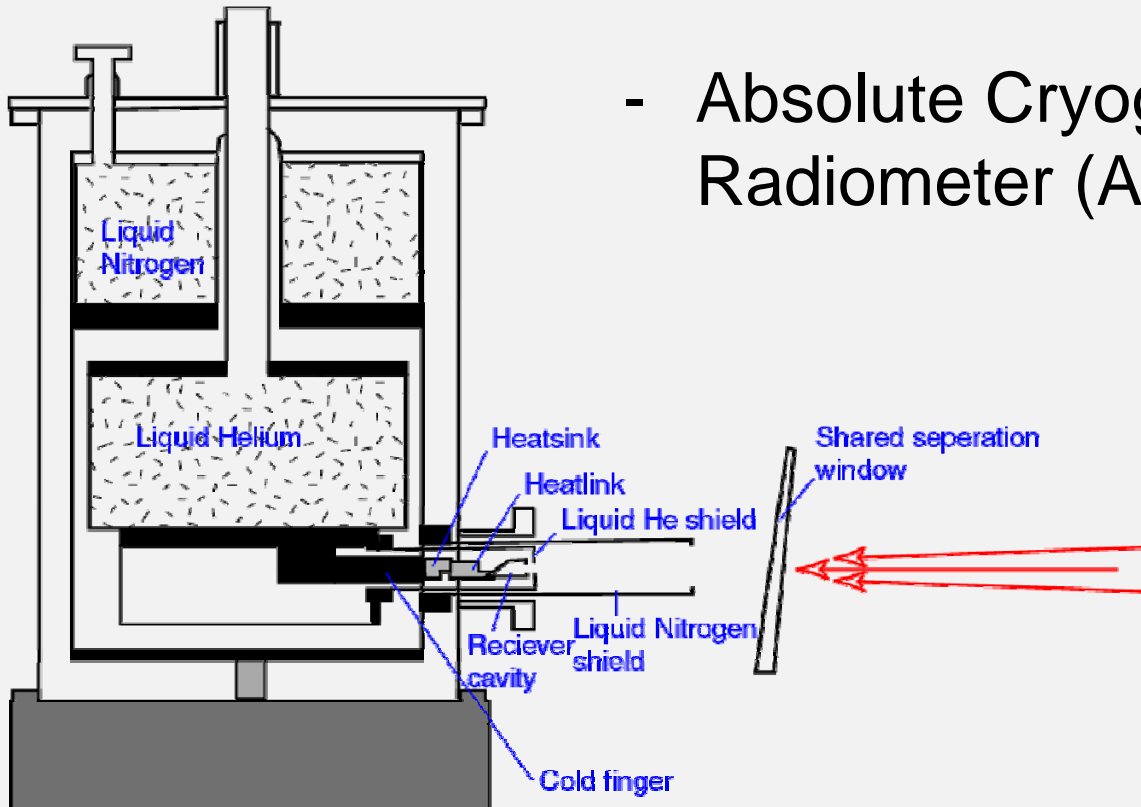
# SI basiseenheid van fotometrie



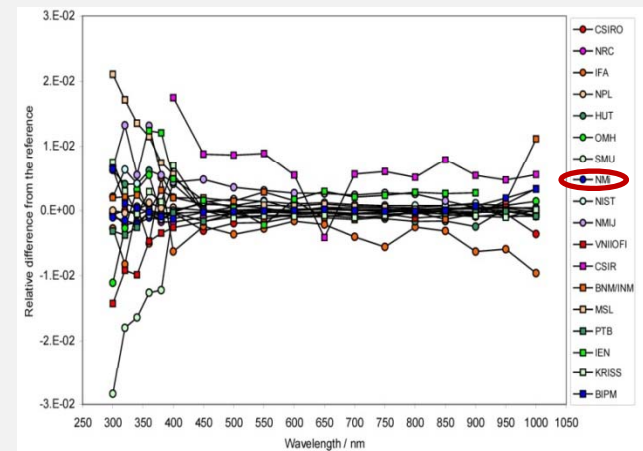
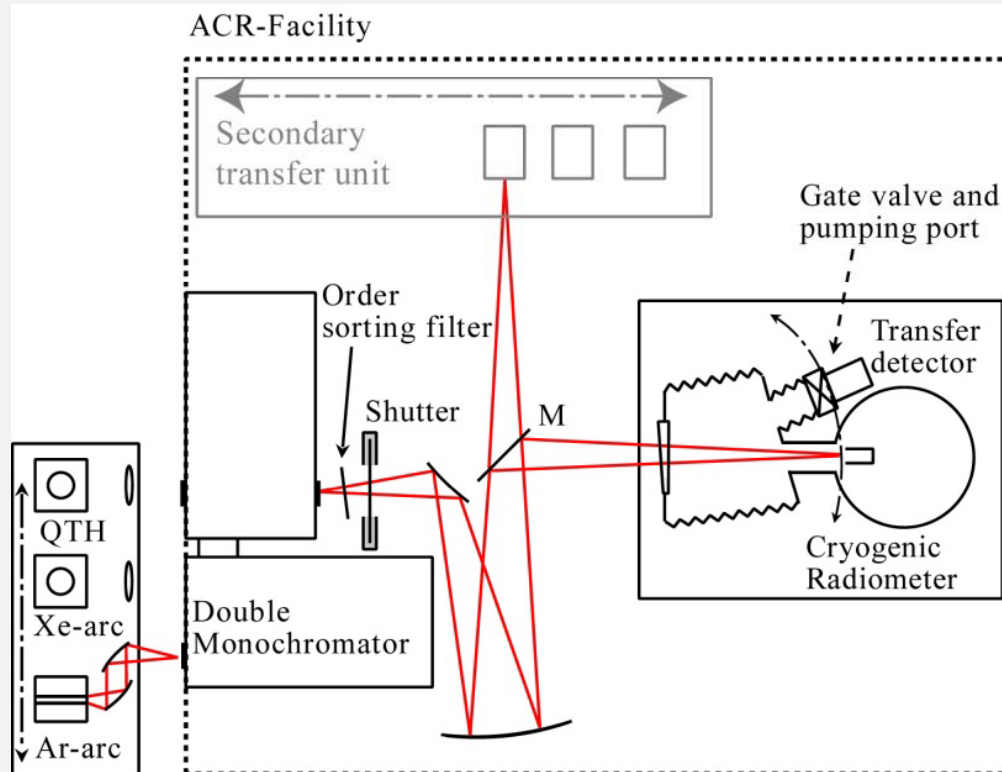
**Candela (cd):** the luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of frequency  $540 \times 10^{12}$  hertz and that has a radiant intensity in that direction of  $(1/683)$  watt per steradian

# Realisatie van de eenheid

- Absolute Cryogene Radiometer (ACR)



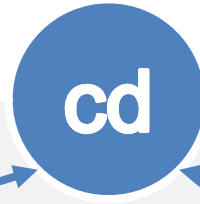
# Kalibratie detectoren



- Golflengte bereik: 190 nm – 20  $\mu\text{m}$



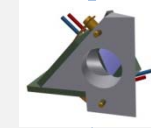
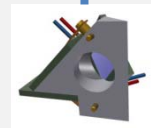
# Herleidbaarheid



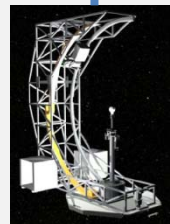
Primaire standaard



Transfer detector



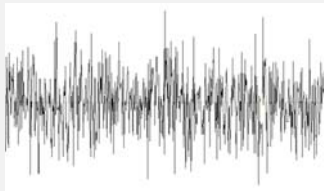
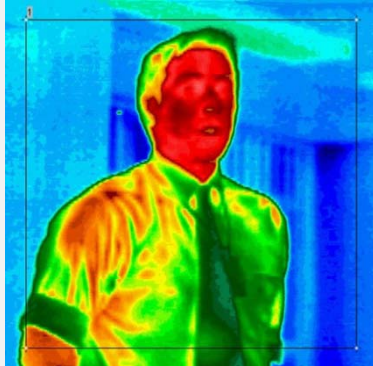
Fotometer in goniometer



Lamp



# Onzekerheid



- Elke stap in herleidbaarheidsketen introduceert **meetfouten**
- Voor bekende meetfouten kan worden gecorrigeerd; voor onbekende niet
- Gevolg: **meetonzekerheid**
  
- Herleidbaarheid vereist **specificatie van de onzekerheid** voor elke stap

# Het belang van accreditatie



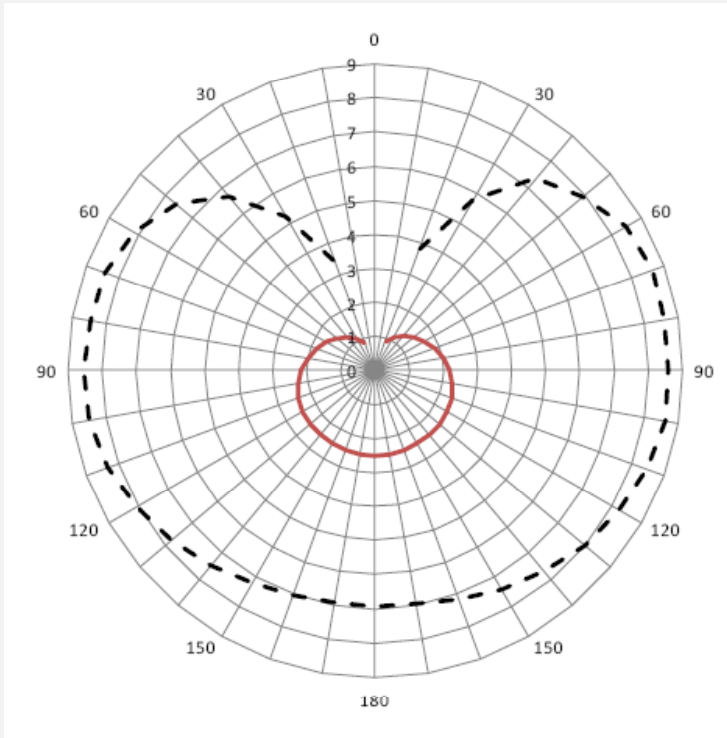
- **ISO 17025** bevat eisen voor meet- en testlaboratoria
- **Herleidbaarheid** belangrijkste technische eis
- Accreditatie door **RvA**: audit door onafhankelijke experts
- Accreditatie altijd voor bepaalde **scope**
- Let op dat **LED metingen** expliciet in scope staan!
- Zie [www.rva.nl](http://www.rva.nl) voor scopes



# Inhoud

- Goed meten: herleidbaarheid
- **LED metrologie**
- EMRP project Metrology for SSL
- Tot besluit

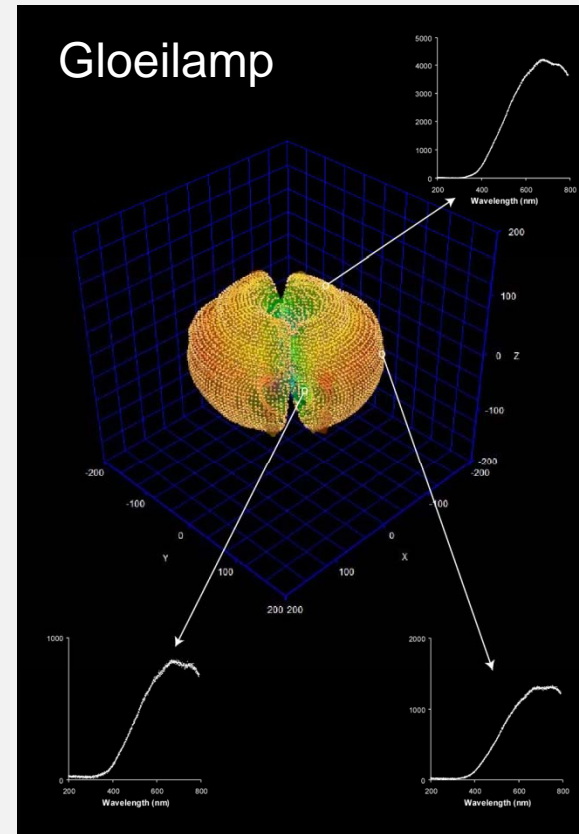
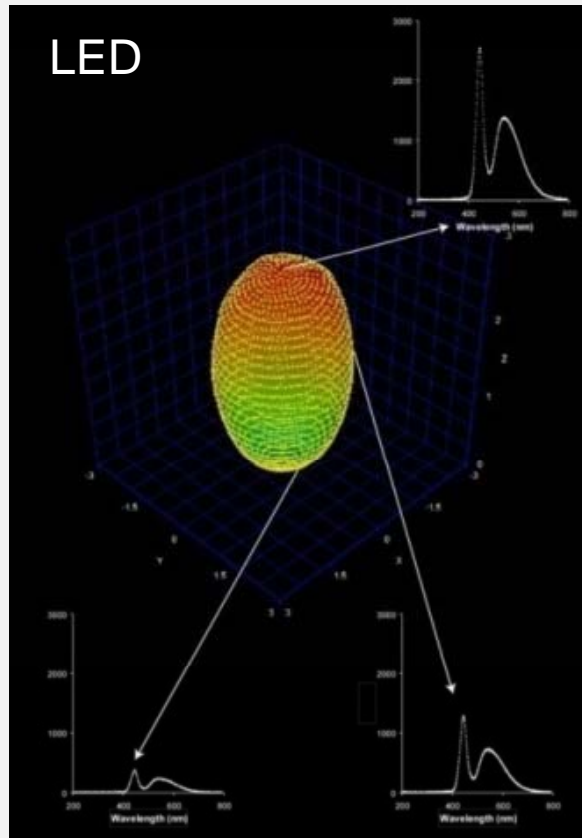
# Een slechte start



VSL onderzoek in 2009 bij LED lampen uit bouwmarkt:

- Luminous flux **10-30%** van geclaimde waarde
- Elektrisch vermogen **150%** van geclaimde waarde
- **Claims niet gebaseerd op goede metrologie**

# LEDs zijn geen gloeilampen





# LM-79-08

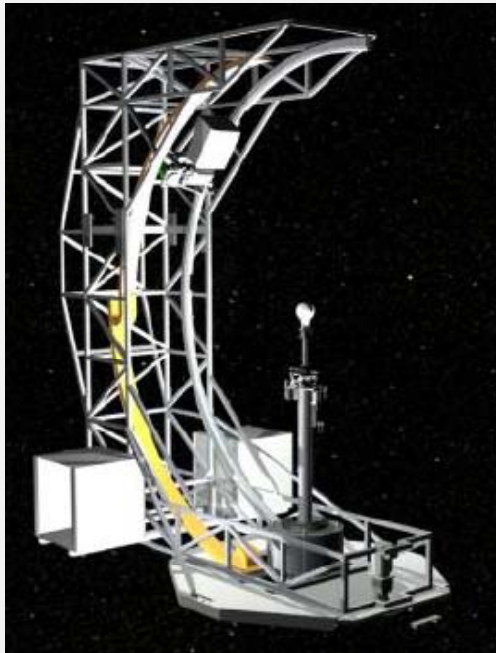


- Integrerende bol met spectroradiometer
- Integrerende bol met fotometer
- Goniometer

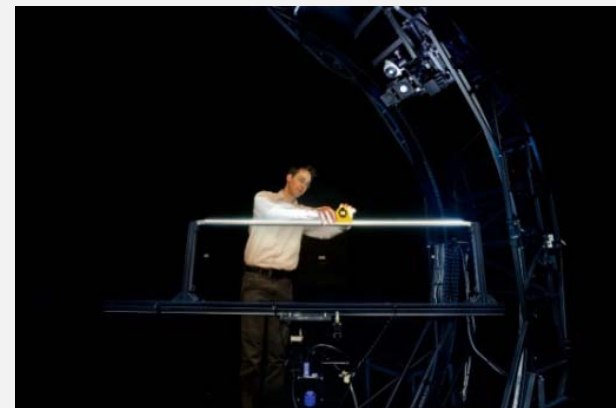
## Contents

1.0	Introduction	1
1.1	Scope	1
1.2	General	1
1.3	Nomenclature and Definitions	1
2.0	Ambient Conditions	2
2.1	General	2
2.2	Air Temperature	2
2.3	Thermal Conditions for Mounting SSL Products	2
2.4	Air Movement	2
3.0	Power Supply Characteristics	2
3.1	Waveshape of AC power supply	2
3.2	Voltage Regulation	2
4.0	Seasoning of SSL Product	3
5.0	Stabilization of SSL Product	3
6.0	Operating Orientation	3
7.0	Electrical Settings	3
8.0	Electrical Instrumentation	3
8.1	Circuits	3
8.2	Uncertainties	3
9.0	Test Methods for Total Luminous Flux measurement	4
9.1	Integrating sphere with a spectroradiometer (Sphere-spectroradiometer system)	4
9.1.1	Integrating sphere	4
9.1.2	Sphere geometry	5
9.1.3	Principle of measurement	6
9.1.4	Spectroradiometer	7
9.1.5	Self-absorption correction	7
9.1.6	Calibration	7
9.2	Integrating sphere with a photometer head (Sphere-photometer system)	7
9.2.1	Integrating sphere	7
9.2.2	Sphere geometry	7
9.2.3	Principle of measurement	8
9.2.4	Photometer head	8
9.2.5	Self-absorption correction	8
9.2.6	Determination of $J_{\lambda}$ and Spectral Mismatch Correction Factor	9
9.2.7	Calibration	9
9.3	Goniophotometer	9
9.3.1	Type of Goniometer	9
9.3.2	Principle of Total Luminous Flux Measurement	9
9.3.3	Scanning resolution	10
9.3.4	Angle coverage	10
9.3.5	Polarization	10
9.3.6	Photometer head	10
9.3.7	Calibration	10
10.0	Luminous Intensity Distribution	10
11.0	Luminous Efficacy	11

# VSL goniometer

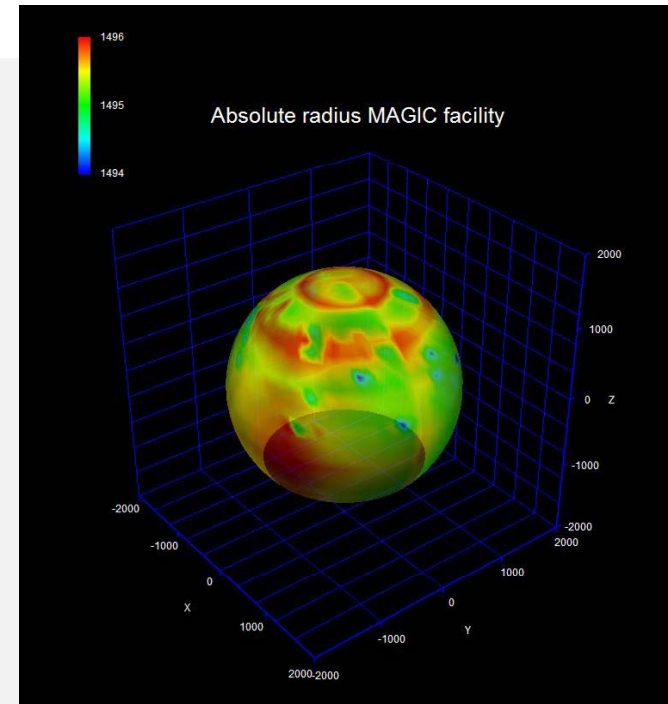
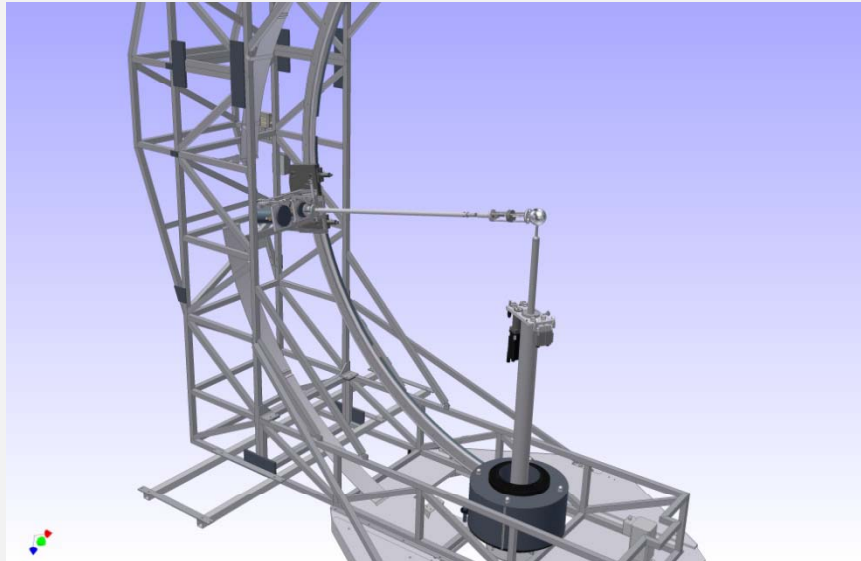


- Diameter: **3 m**
- Bewegend detectorplatform
- Detectoren: **spectroradiometer** en **tristimulusmeter**
- **Hoekafhankelijke** metingen
- Integratie voor **totale lichtstroom**





# Herleidbaarheid goniometer



- **Detectoren** herleidbaar naar **primaire standaard (ACR)**
- Ook **straal** moet herleidbaar zijn gemeten

# Herleidbare lichtstroom

Twee meetmethoden, allebei **ISO 17025**  
**geaccrediteerd**



3m virtuel integrerende bol  
(meest nauwkeurig, hoekopgelost)



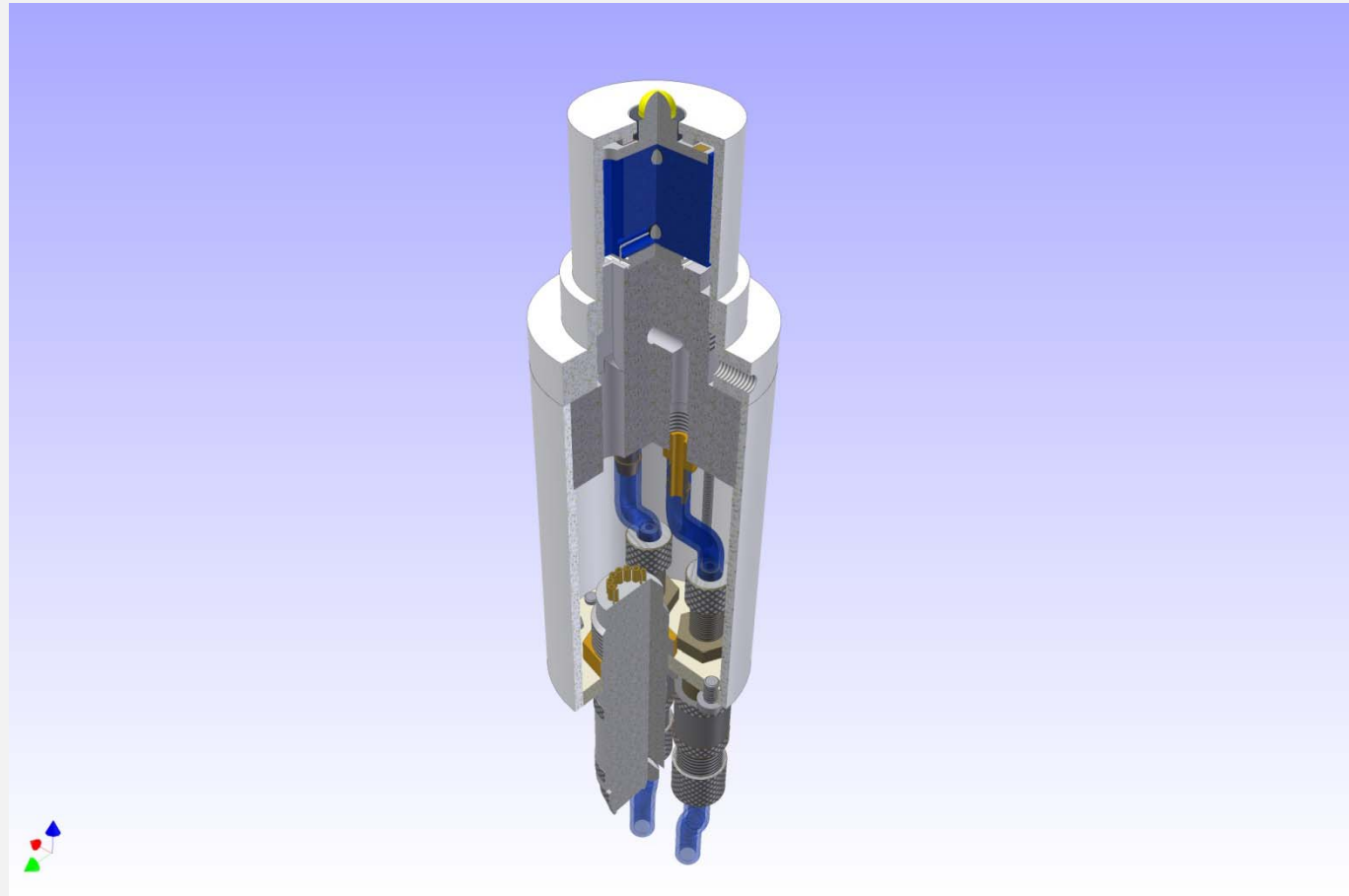
Herleidbaarheid  
via transfer  
standaard

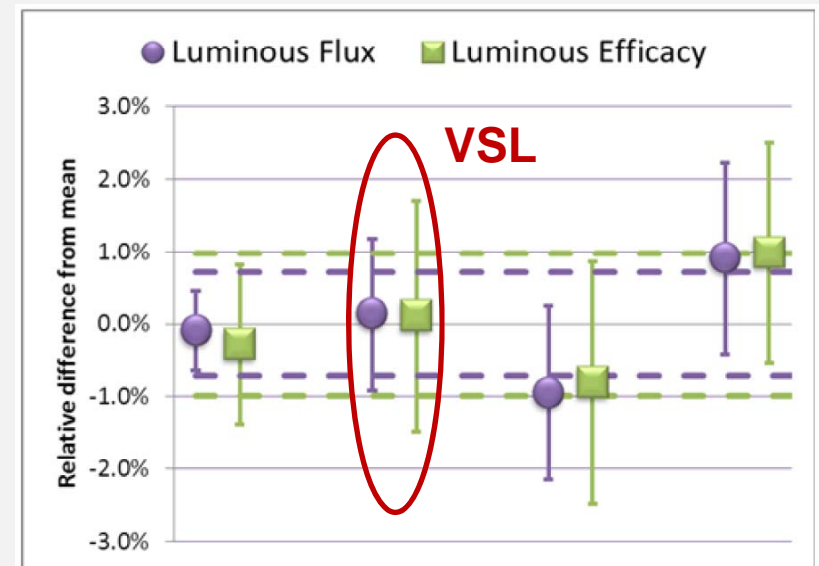
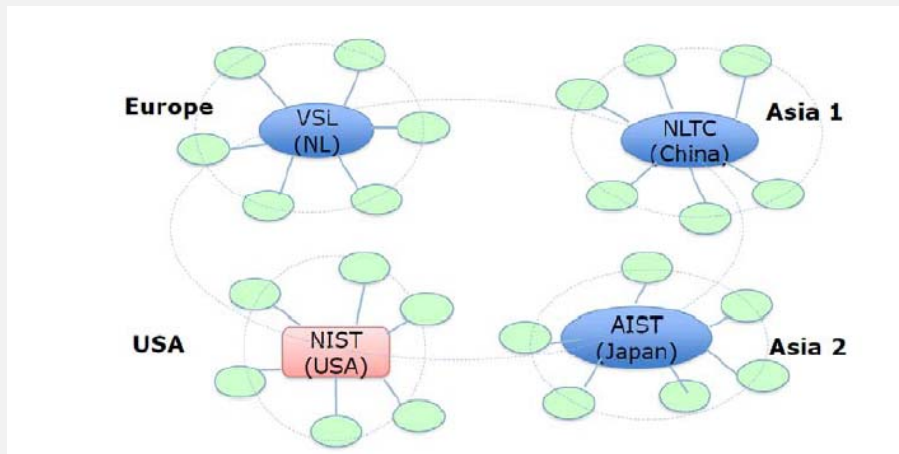


3m conventionele integrerende bol  
(snelst)



# LED transfer standaard





- Rapport beschikbaar op: <http://ssl.iea-4e.org/task-2-ssl-testing>



# Inhoud

- Goed meten: herleidbaarheid
- LED metrologie
- **EMRP project Metrology for SSL**
- Tot besluit



# Metrologisch verlanglijstje

- Power quality
- Onzekerheid in ray files
- Kleurkwaliteit
- Gepulsde LEDs
- Omgevingsinvloeden
- Levensduurvoorspelling
- ... (aanvullingen welkom)



# EMRP



- **Gecombineerd research programma** voor nationale metrologie instituten
- Financiering: 50% EU / 50% nationaal
- Management: EURAMET
- Duur: **2009-2016**
- Totaal budget: **400 M€**



# EMRP project Metrology for SSL



Coordinator





## Herleidbare meetfaciliteiten

- Elektrische meetfaciliteiten
- Tijdsopgeloste meetfaciliteiten
- Mesopische photometers
- Spectrale karakterisatie van meetsystemen
- Near-field goniometry
- Faciliteiten voor meting omgevingsinvloeden

## Meetmethoden

- Elektrische karakterisatie
- Efficacy metingen
- Goniometrische metingen
- Levensduur metingen

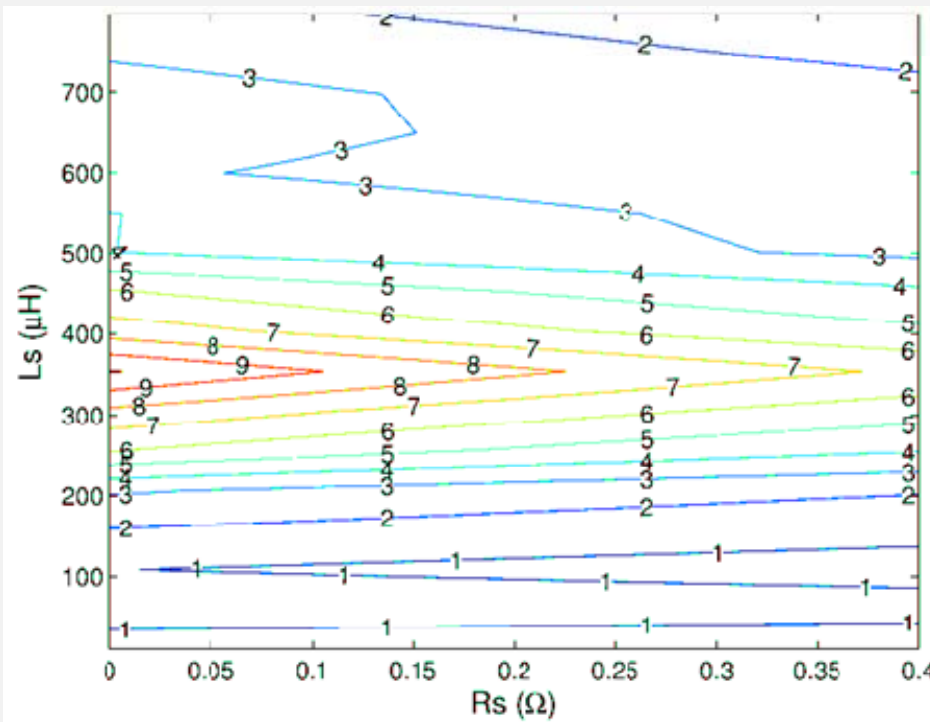
## Menselijke perceptie

- Kleurkwaliteit
- Visueel comfort
- Mesopisch en scotopisch zicht

## Toepassingsgerichte kwaliteitsparameters

- Meetapparatuur
- Binnenverlichting
- Straatverlichting
- Glastuinbouw
- Kunstverlichting

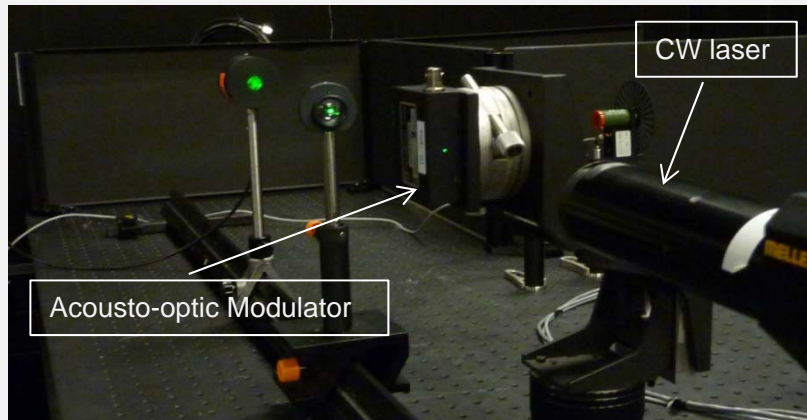
# Electrische karakterisatie



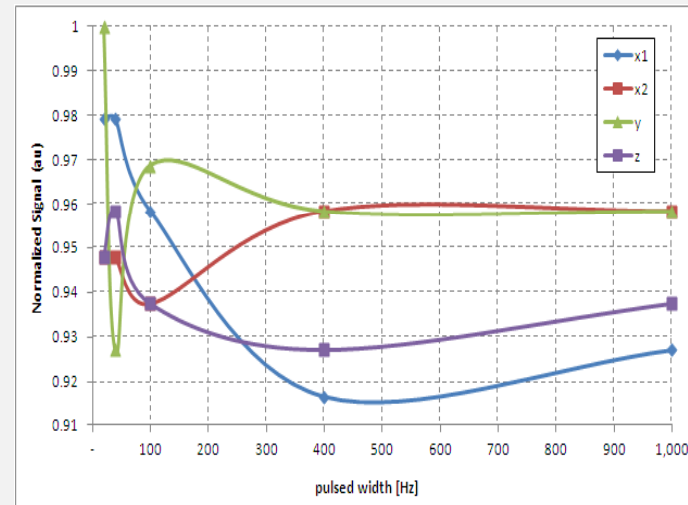
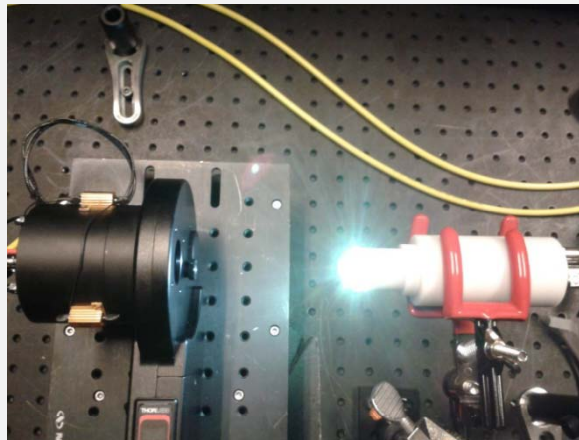
Relatieve afwijking (percentage)  
in RMS stroom

- Belangrijk probleem: **impedantie stroombron**
- Oplossing: speciaal ontworpen **stabilisatie netwerk**
- Met stabilisatie: **minder dan 0.02% afwijking**

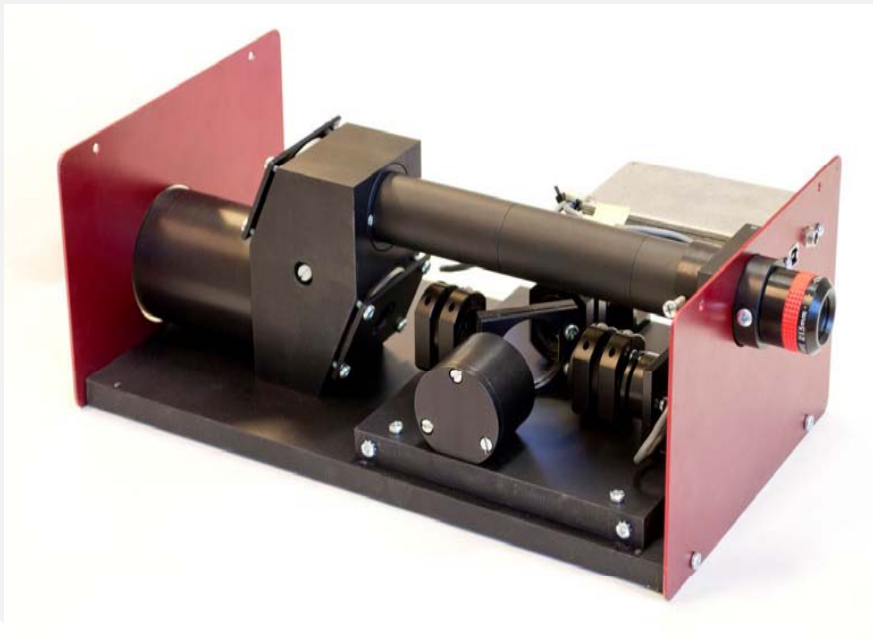
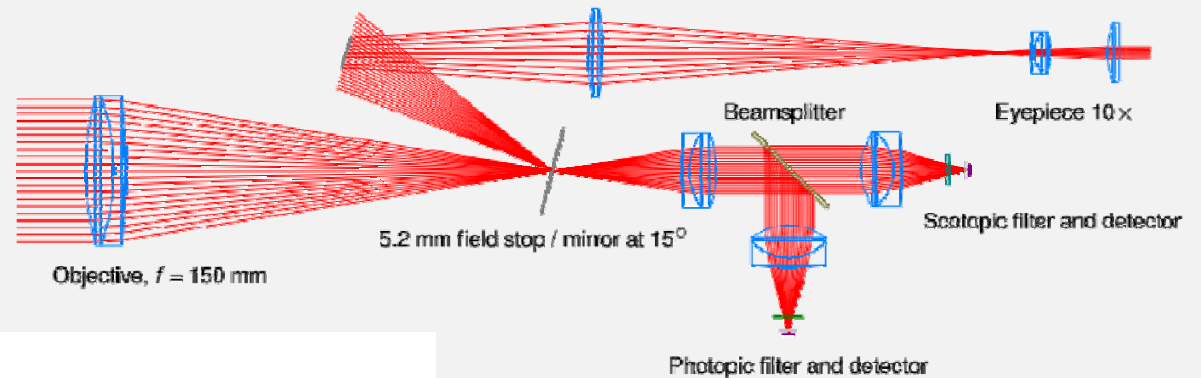
# Gepulsde LEDs



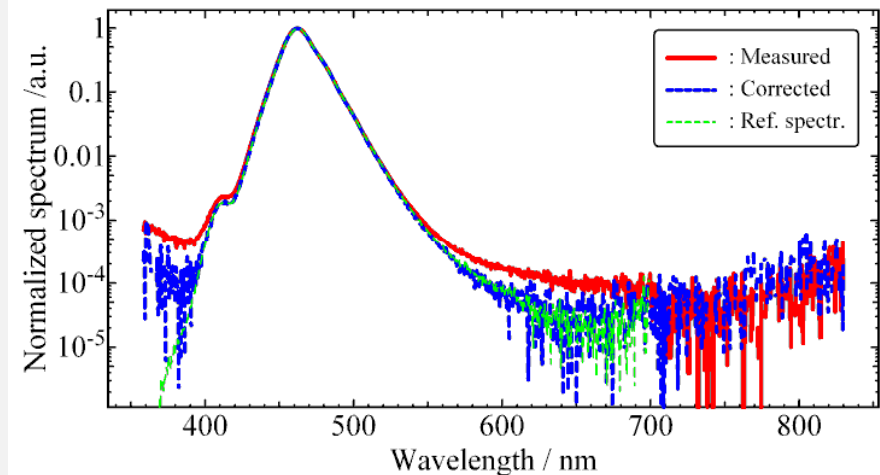
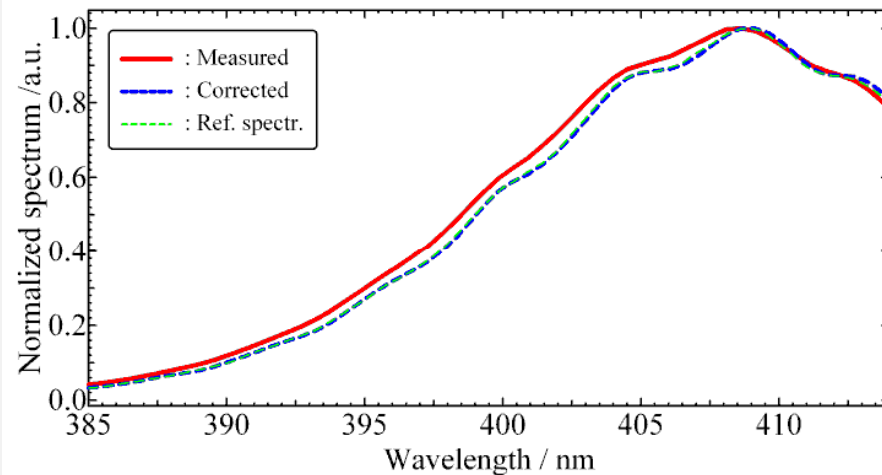
- **Stap 1:** kalibratie  
frequentie respons  
tristimulus meter
- **Stap 2:** kleurverandering  
LED bij pulsen



# Mesopische fotometer

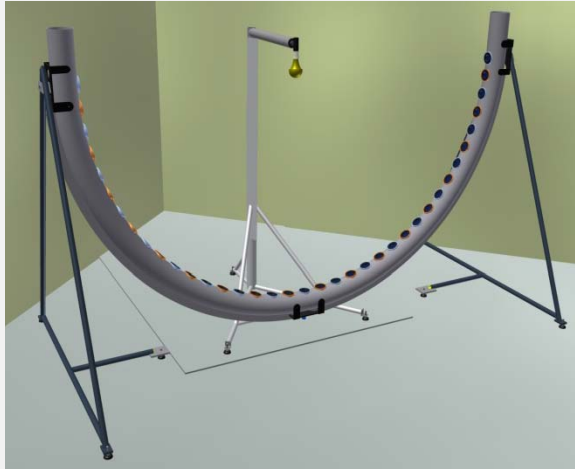


# Spectroradiometer correctie

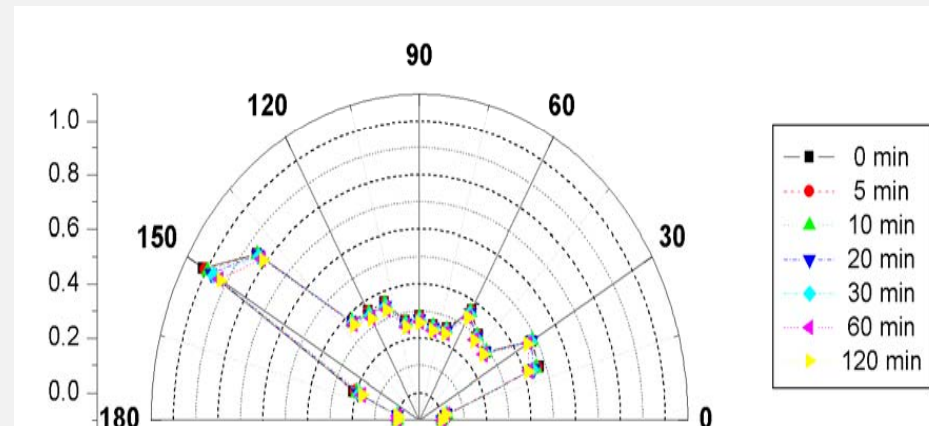


- Karakterisatie met **tunable laser**
- Speciaal **correctie algorithm** voor band-pass en strooilicht

# Live C-plane profielen

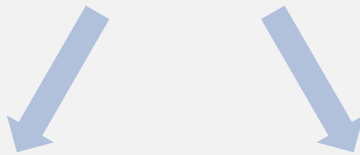


- Meerdere **parallele detectoren**
- **Live lichtprofiel** onder veranderende omstandigheden



# Junction temperatuur

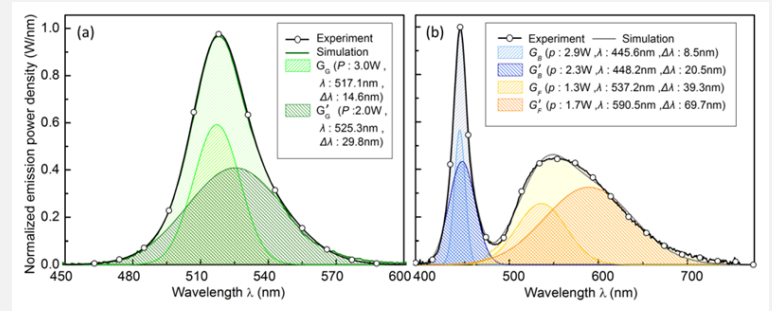
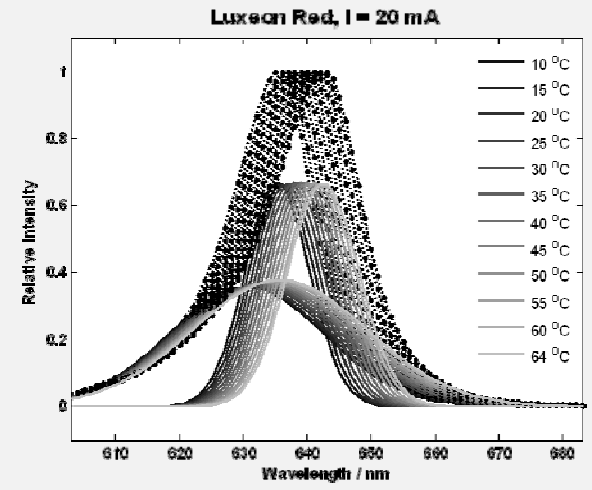
Junction Temp  $T_j$

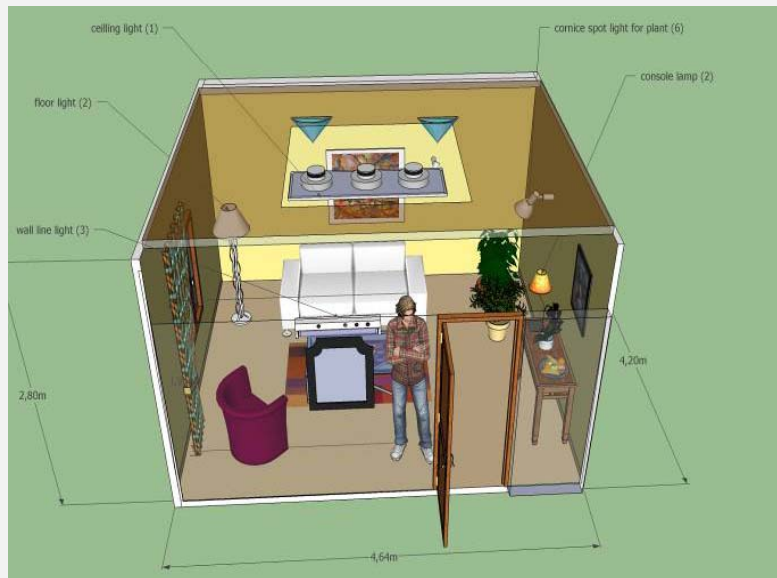


Levensduur



Spectrum





- Vergelijk tussen voorgestelde parameters voor **kleurkwaliteit** in speciale testruimte





# LED demo stand





# Inhoud

- Goed meten: herleidbaarheid
- LED metrologie
- EMRP project Metrology for SSL
- **Tot besluit**



# Samenvatting

- Klanten hebben **heldere, kwantitatieve informatie** nodig bij hun keuze, voor LEDs in het algemeen en uw product in het bijzonder
- Deze informatie moet gebaseerd zijn op **betrouwbare metingen**, in uw belang en dat van LEDs in het algemeen
- Betrouwbaarheid van metingen vereist **herleidbaarheid** naar SI
- VSL pionier op gebied herleidbare meting van **lichtstroom en efficacy van LEDs**, ISO 17025 geaccrediteerd
- VSL coordineert **Europees project** om herleidbare LED metrologie verder uit te breiden



# Meer weten?



- Website **IEA 4<sup>E</sup> SSL Annex**:  
<http://ssl.iea-4e.org>
- Website **EMRP project Metrology for SSL**:  
<http://www.m4ssl.npl.co.uk>
- **International workshop** on quality parameters and measurement methods for SSL:  
**24 april, Teddington (UK)**



VSL

**VSL**

PO Box 654  
2600 AR Delft  
The Netherlands

T +31 15 269 15 00  
F +31 15 261 29 71  
E [info@vsl.nl](mailto:info@vsl.nl)  
I [www.vsl.nl](http://www.vsl.nl)



*The research leading to these results has received funding from the European Union on the basis of Decision No 912/2009/EC.*

Dutch  
Metrology  
Institute