



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

LABORATOIRE
NATIONAL
DE MÉTROLOGIE
ET D'ESSAIS



le cnam

ETALONNAGE DES SPECTRORADIOMÈTRES À MATRICE DE PHOTODIODES

Journée : Etalonnage au sol des instruments optiques

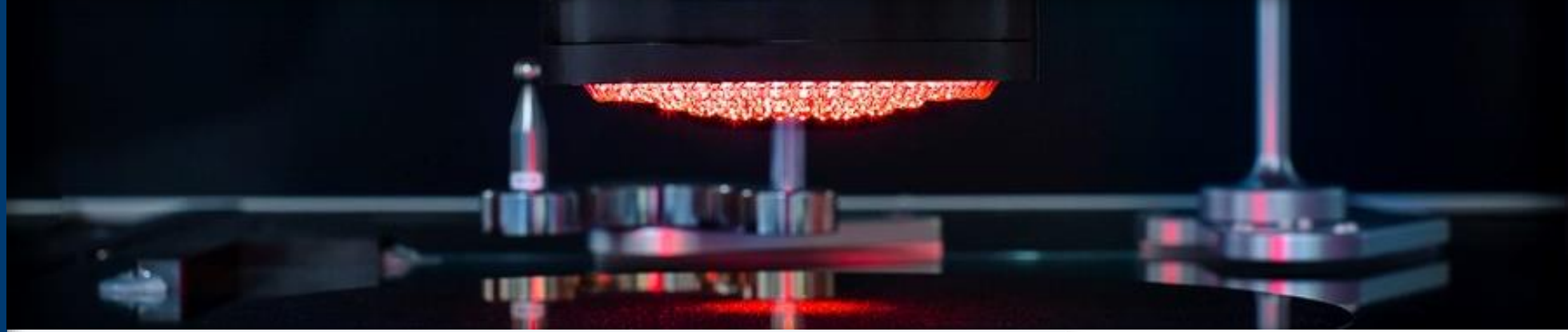
25 juin 2024

ETALONNAGE DES SPECTRORADIOMÈTRES À MATRICE DE PHOTODIODES

Présenté par Thierry Valin

SOMMAIRE

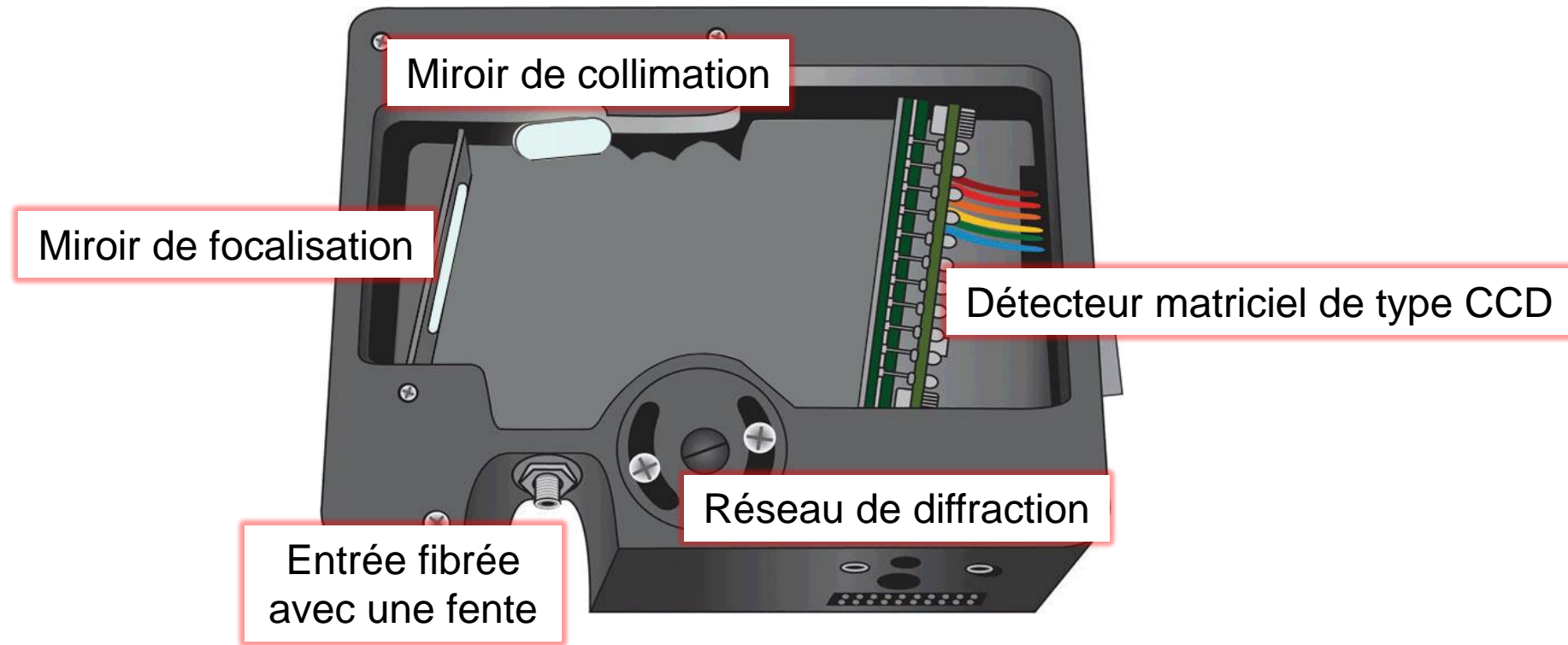
1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
2. CALAGE SPECTRAL
3. LINÉARITÉ
4. SENSIBILITÉ
5. LUMIÈRE PARASITE
6. PROJET EURAMET 22IEM05 NEWSTAND

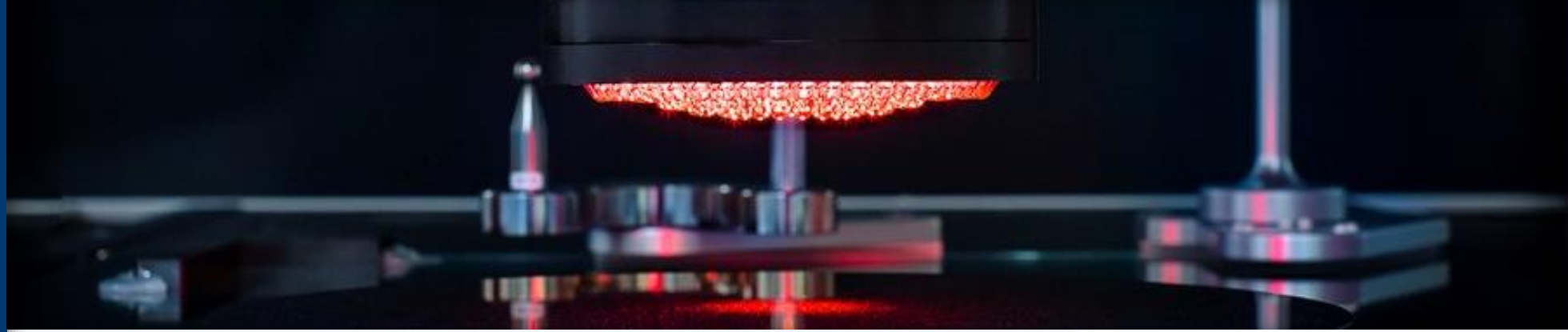


PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

PRINCIPE

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT





CALAGE SPECTRAL

LAMPES

BASE DE DONNÉES

EXEMPLE

CALAGE SPECTRAL

Déterminer une échelle spectrale, la longueur d'onde, à chacun des pixels.

Utilisation de lampes spectrales OSRAM ou de type crayon.



Lampe Hg OSRAM



Lampe Cd OSRAM



Lampe type crayon NEWPORT

CALAGE SPECTRAL

Une cinquantaine de raies spectrales comprises entre 238 nm et 2325 nm

Huit lampes spectrales différentes :

Argon

Cadmium

Césium

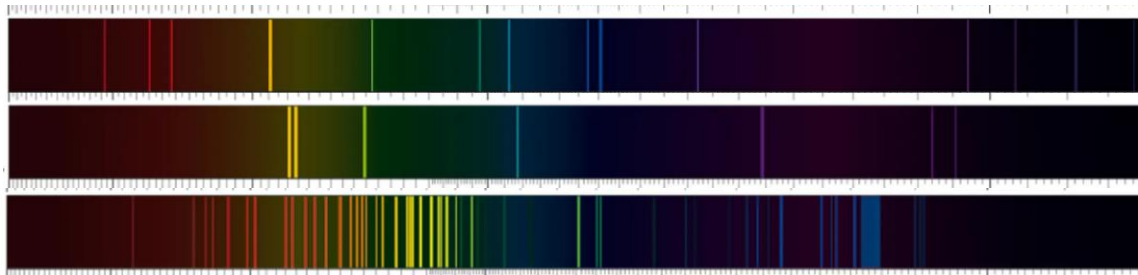
Hélium

Mercure

Néon

Thallium

Zinc



CALAGE SPECTRAL

Tables de longueurs d'ondes référencées par le NIST :

https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html



NIST Atomic Spectra Database Lines Form

Best viewed with the latest versions of Web browsers and JavaScript enabled

Main Parameters

Spectrum

e.g., Fe I or Na;Mg; Al or mg i-iii or 198Hg I

Search for

Wavelength

Lower:

nm

Upper:

nm

Output Wavelength Units:

nm

Reset input

Retrieve Data

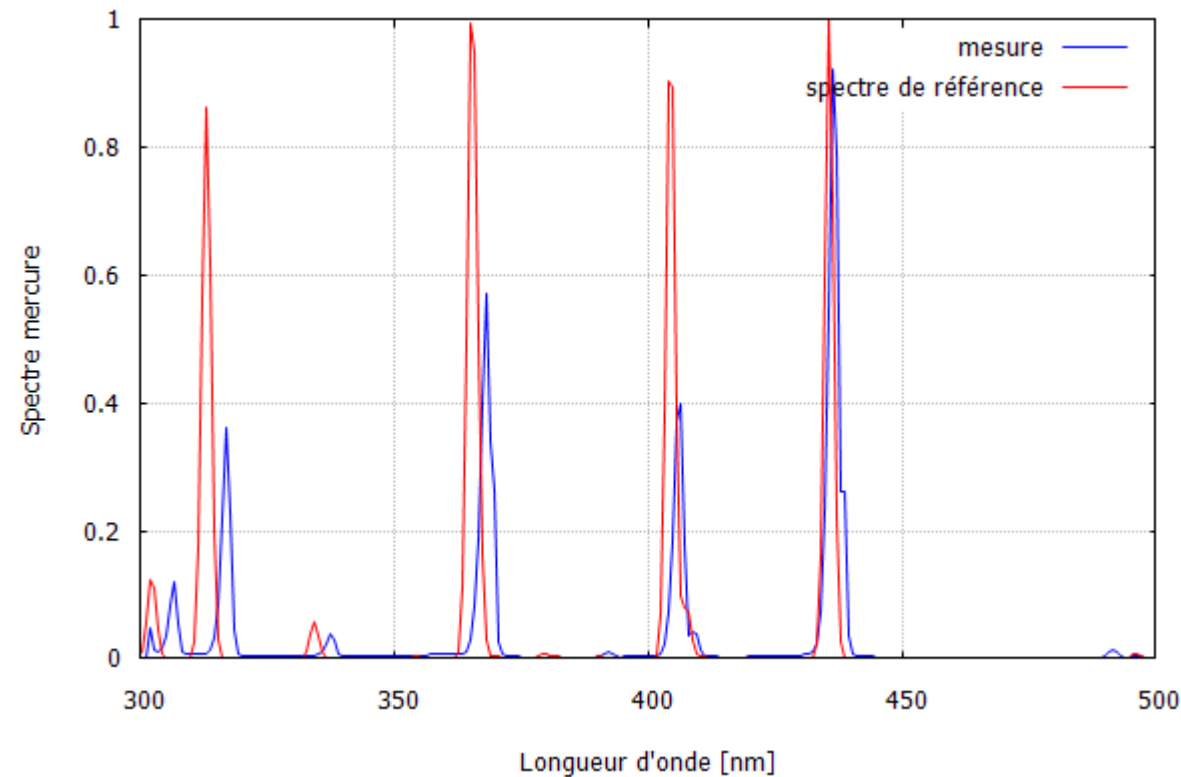
Show Graphical Options

Show Advanced Settings

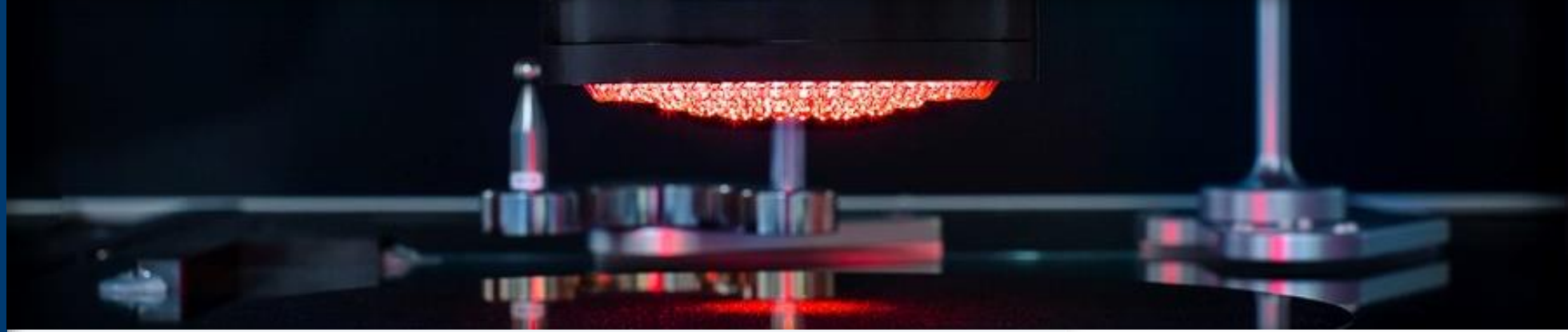
Can you please provide some [feedback](#) to improve our database?

CALAGE SPECTRAL

Exemple d'une mesure avec une lampe Hg :



Incertitude élargie
 $\pm 0,1$ nm



3 — LINÉARITÉ

LINÉARITÉ
DYNAMIQUE

LINÉARITÉ
TEMPORELLE

EXEMPLES

LINÉARITÉ

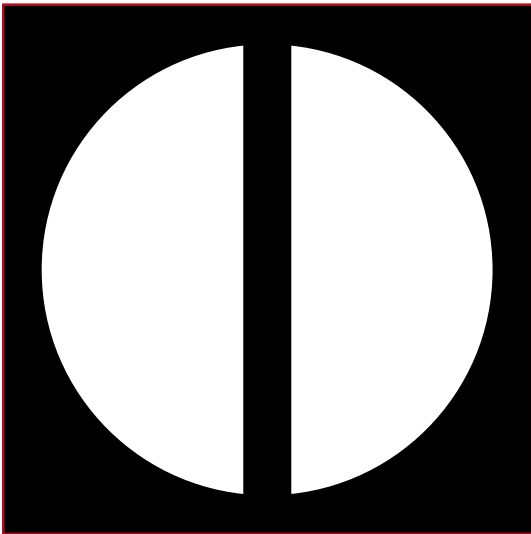
Linéarité dynamique : Variation du signal mesuré en fonction de la puissance incidente, à temps d'intégration constant.

Linéarité temporelle : Influence du flux incident en fonction du temps d'intégration, à signal mesuré constant.

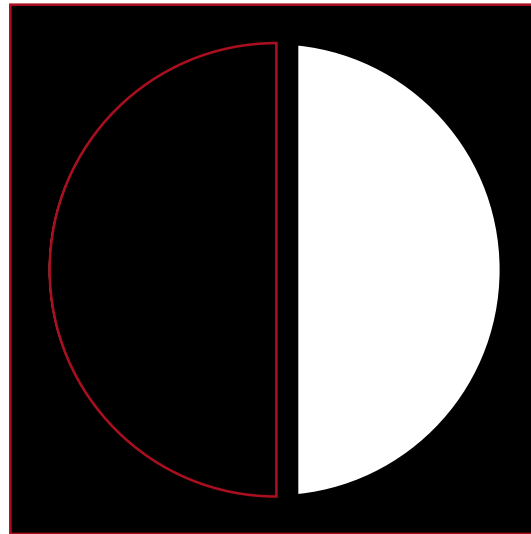
Linéarité dynamique	Linéarité temporelle
Variation du flux incident	Variation du temps d'intégration
Temps d'intégration constant	Signal constant
Mesure du signal	Mesure du flux incident

LINÉARITÉ DYNAMIQUE

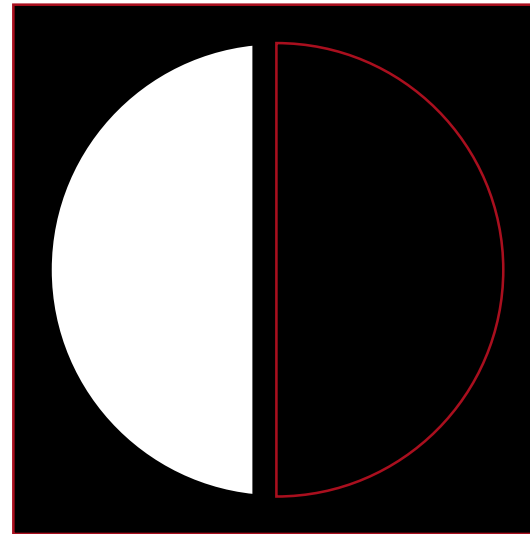
Mesure par la méthode d'addition de flux



Mesure avec 2 demies-ouvertures A et B : S_{A+B}



Mesure avec 1 demie-ouverture A : S_A



Mesure avec 1 demie-ouverture B : S_B



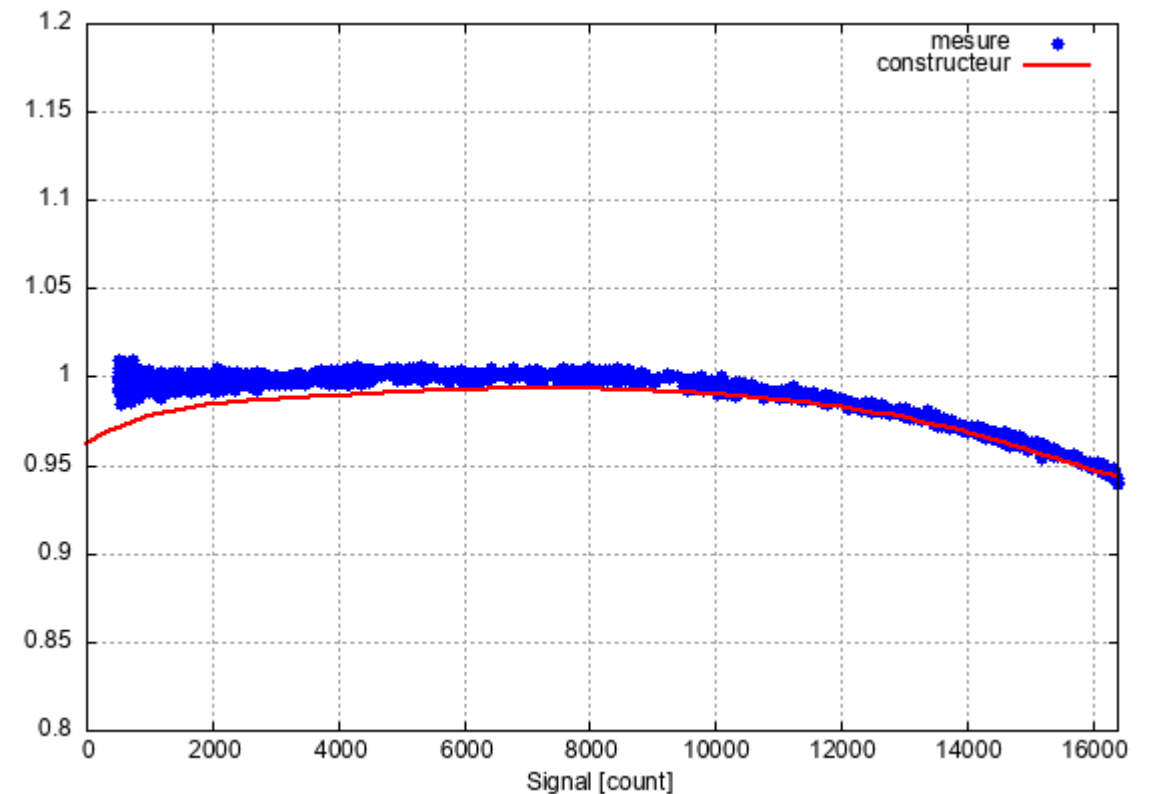
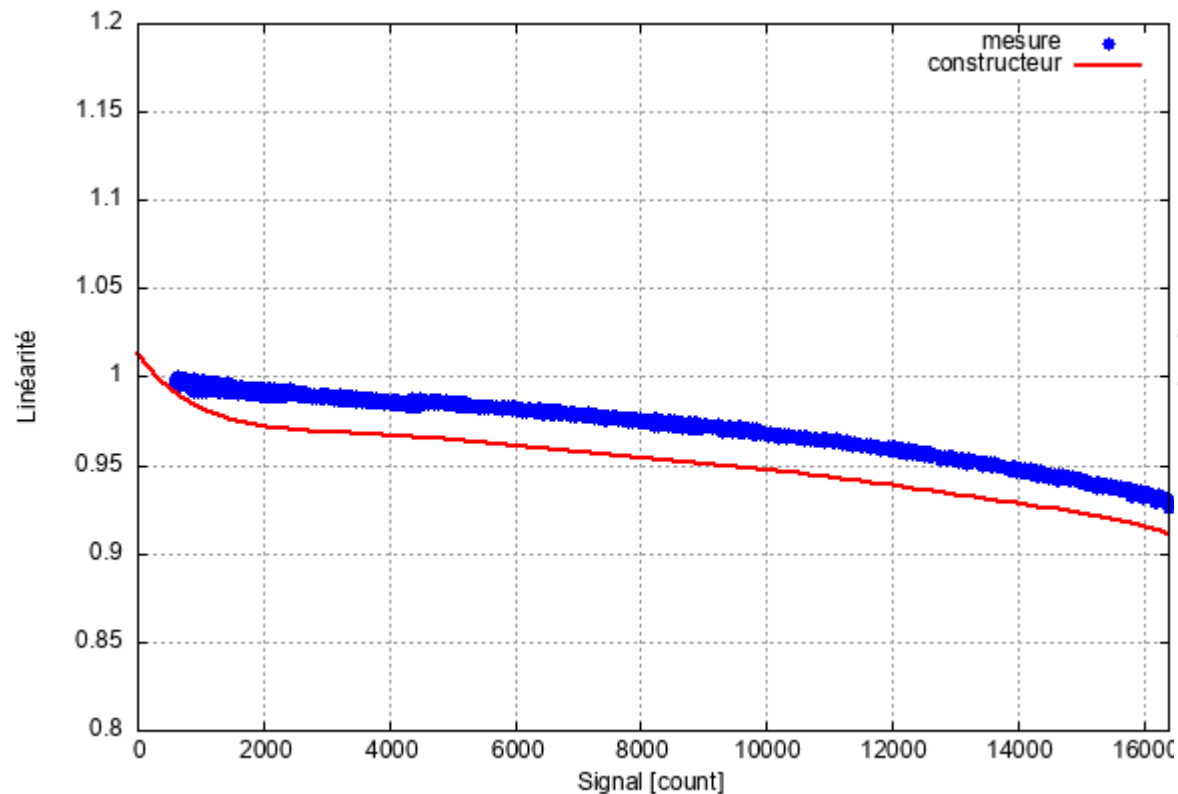
Mesure obturée : S_0

Un détecteur est linéaire lorsque : $\frac{S_A + S_B - 2.S_0}{S_{A+B} - S_0} = 1$

On atténue le signal d'un facteur 2 et on recommence.

LINÉARITÉ DYNAMIQUE

Exemples de mesures :

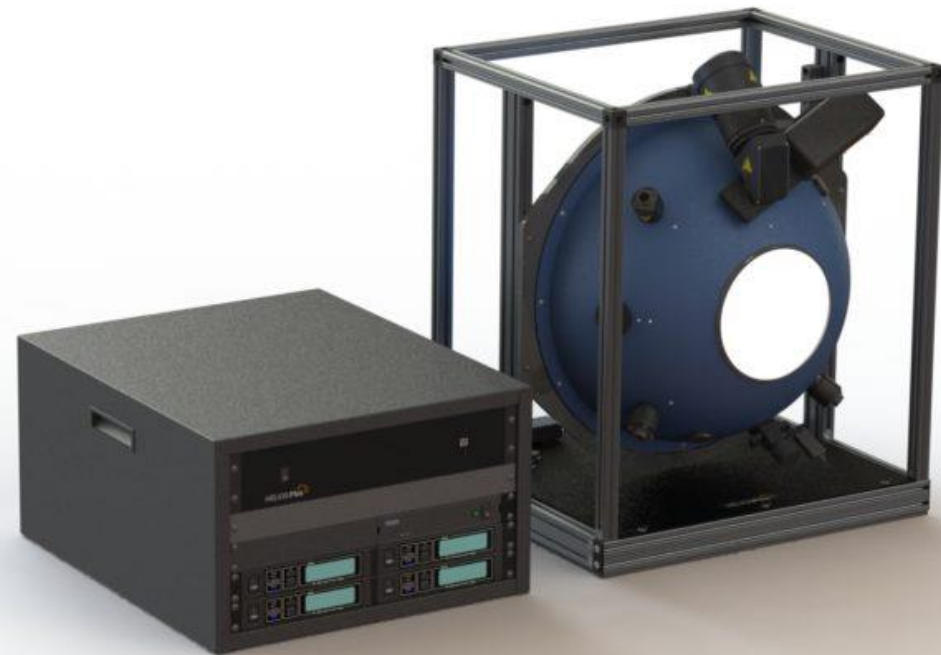


LINÉARITÉ TEMPORELLE

Mesure par comparaison aux indications d'une source de luminance « L ».

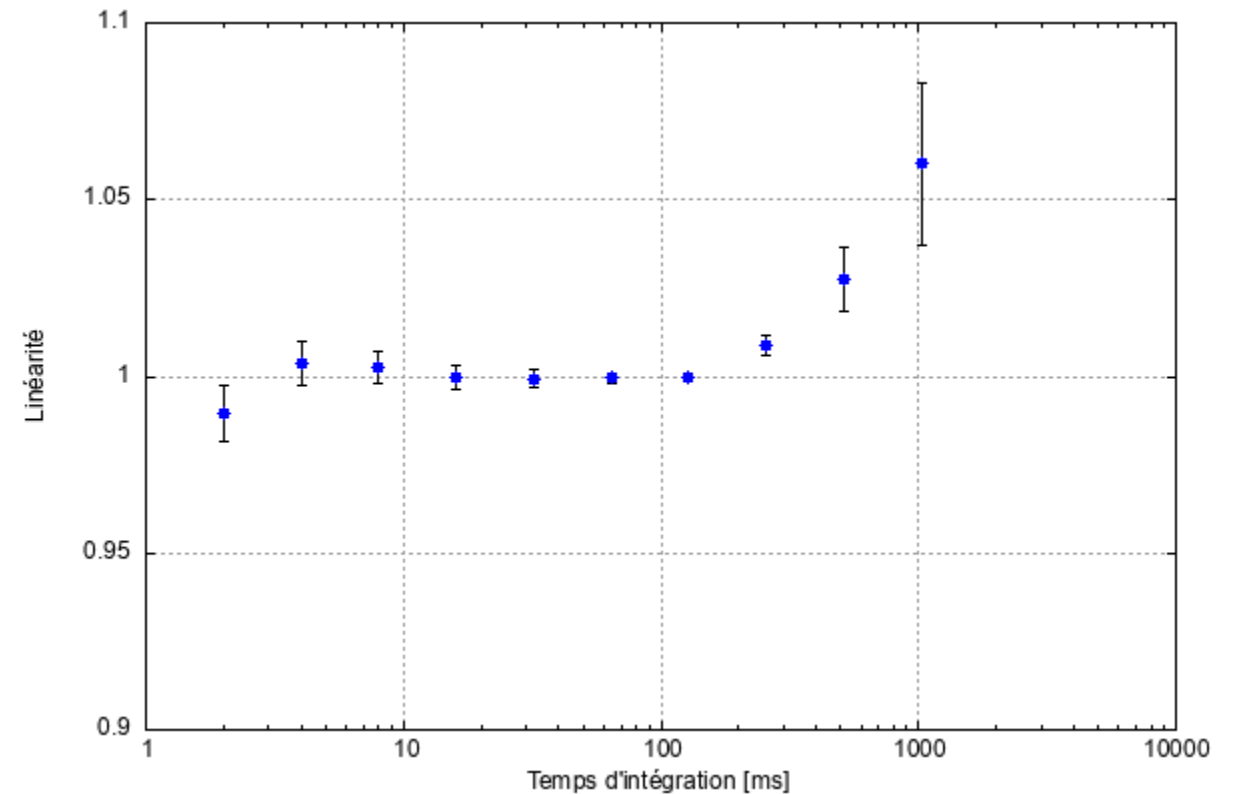
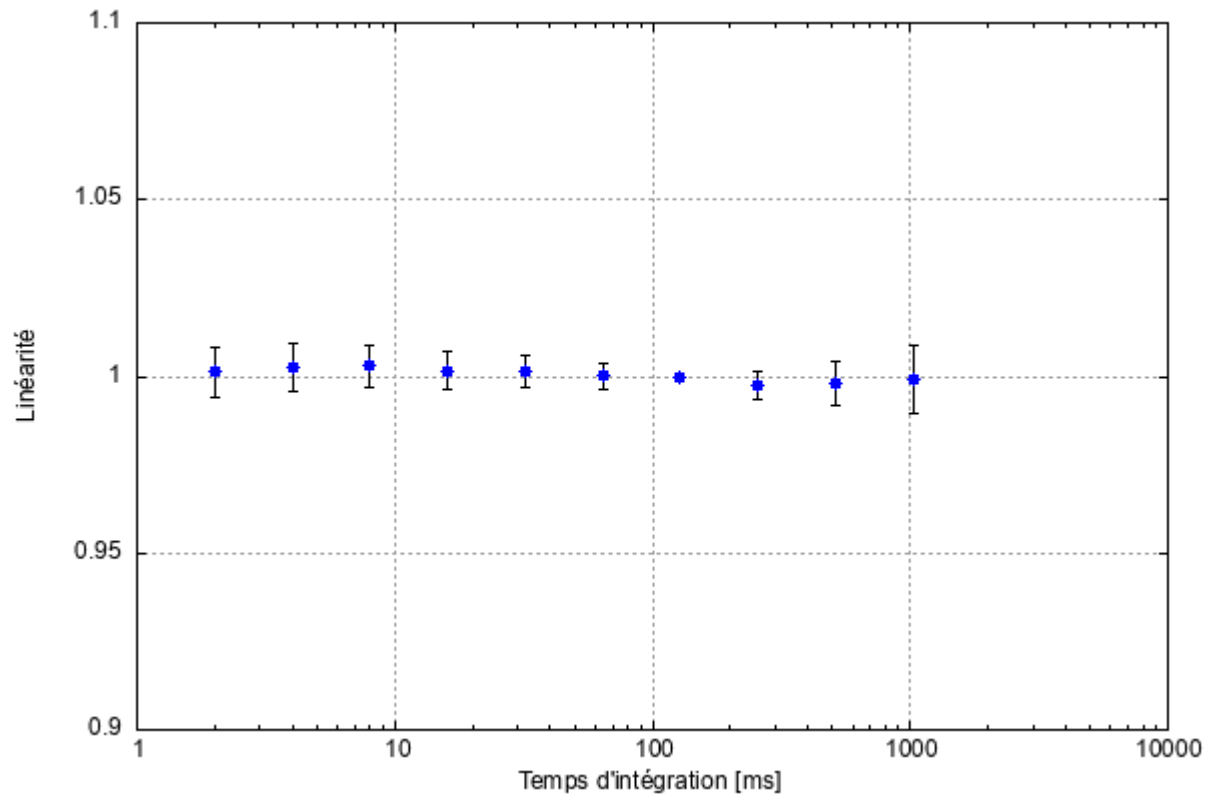
On fait varier la luminance pour avoir le même spectre pour tous les temps d'intégration « t ».

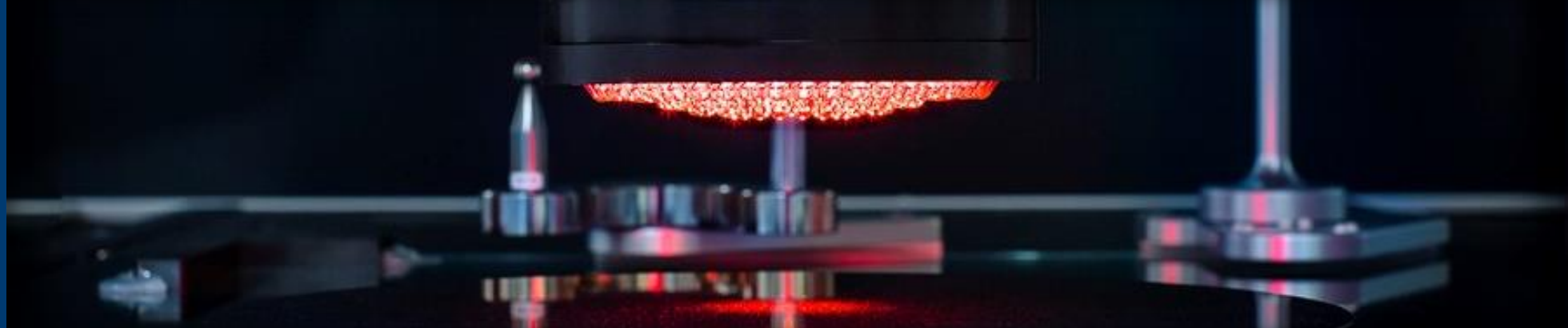
Le spectroradiomètre est linéaire si $L.t = Cst$



LINÉARITÉ TEMPORELLE

Exemples de mesures :





4 — SENSIBILITÉ

LAMPES

EXEMPLES

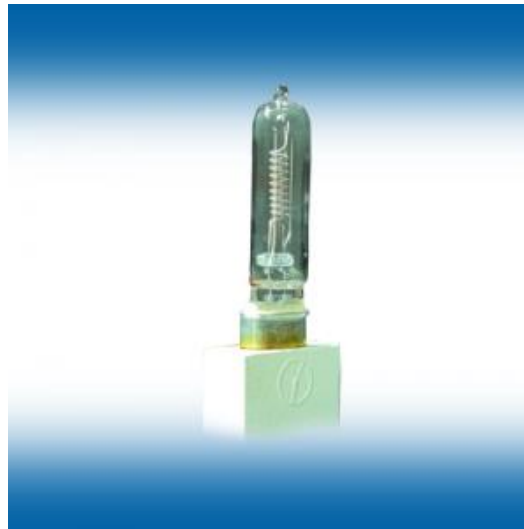
SENSIBILITÉ

Déterminer une échelle radiométrique, l'éclairement spectrique énergétique, sur le signal.

Utilisation de lampes de transfert, quartz halogène de 1000W, étalonnées à 500 mm sur le domaine spectral de 250 nm à 2500 nm.



Lampe BN-9101
Gigahertz-Optik



Lampe 5000 FEL
Gamma Scientific



Lampe OSRAM 64743 FEL
1000W 120V 12/CS 1/SKU

SENSIBILITÉ

Déterminer une échelle radiométrique, l'éclairement spectrique énergétique, sur le signal.

Utilisation de lampes de transfert, deutérium, étalonnées à 300 mm sur le domaine spectral de 200 nm à 400 nm.



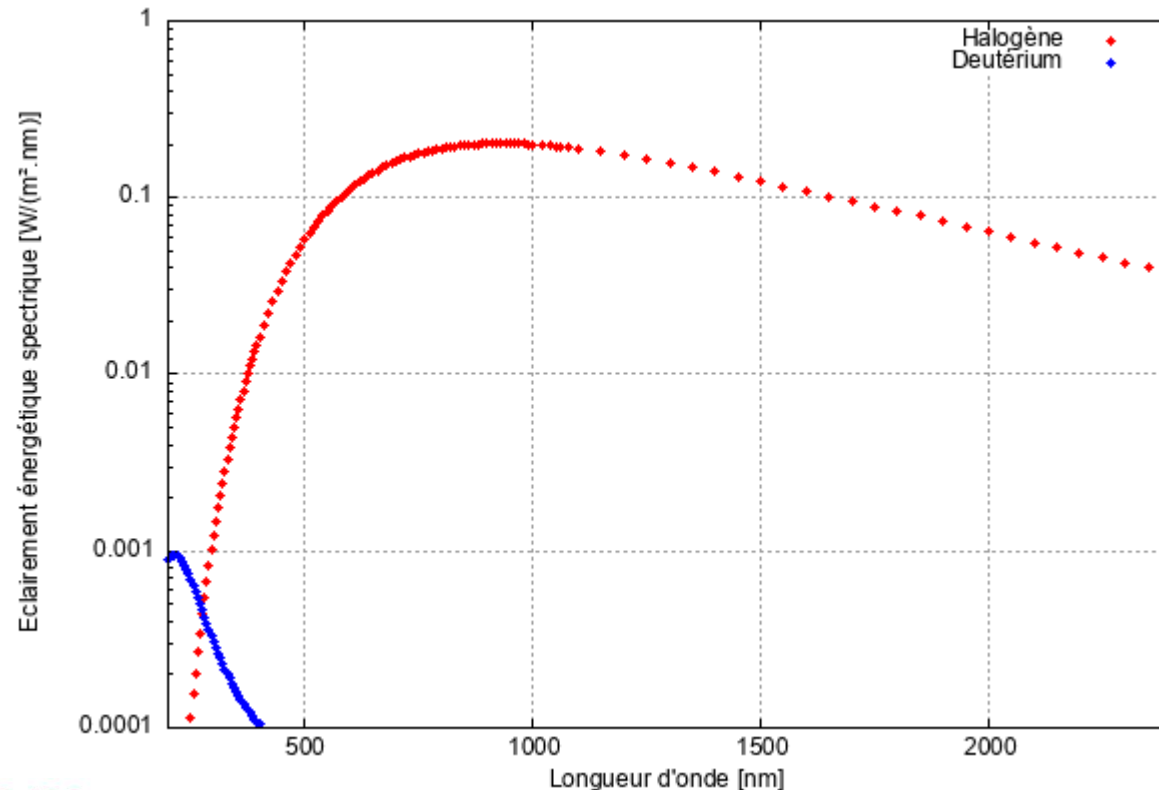
Lampe deutérium
Hamamatsu

SENSIBILITÉ

Eclairement énergétique spectrique d'une lampe halogène et deutérium

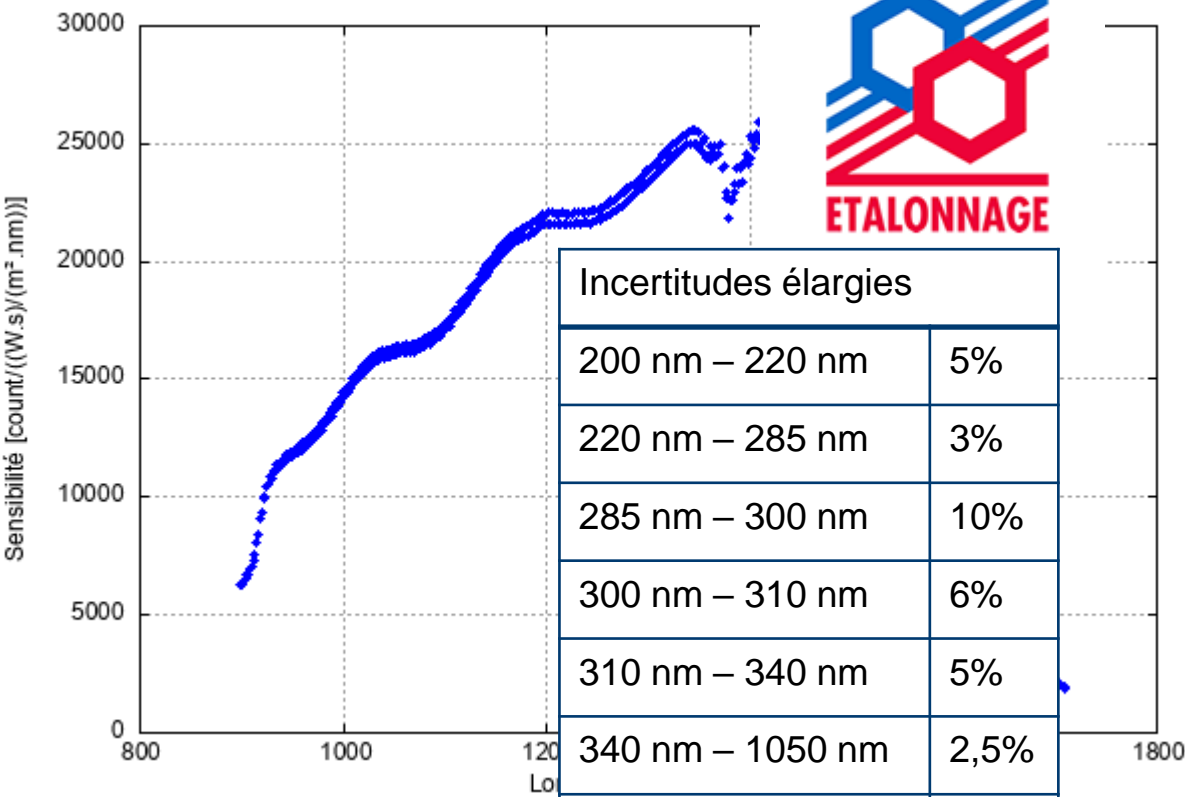
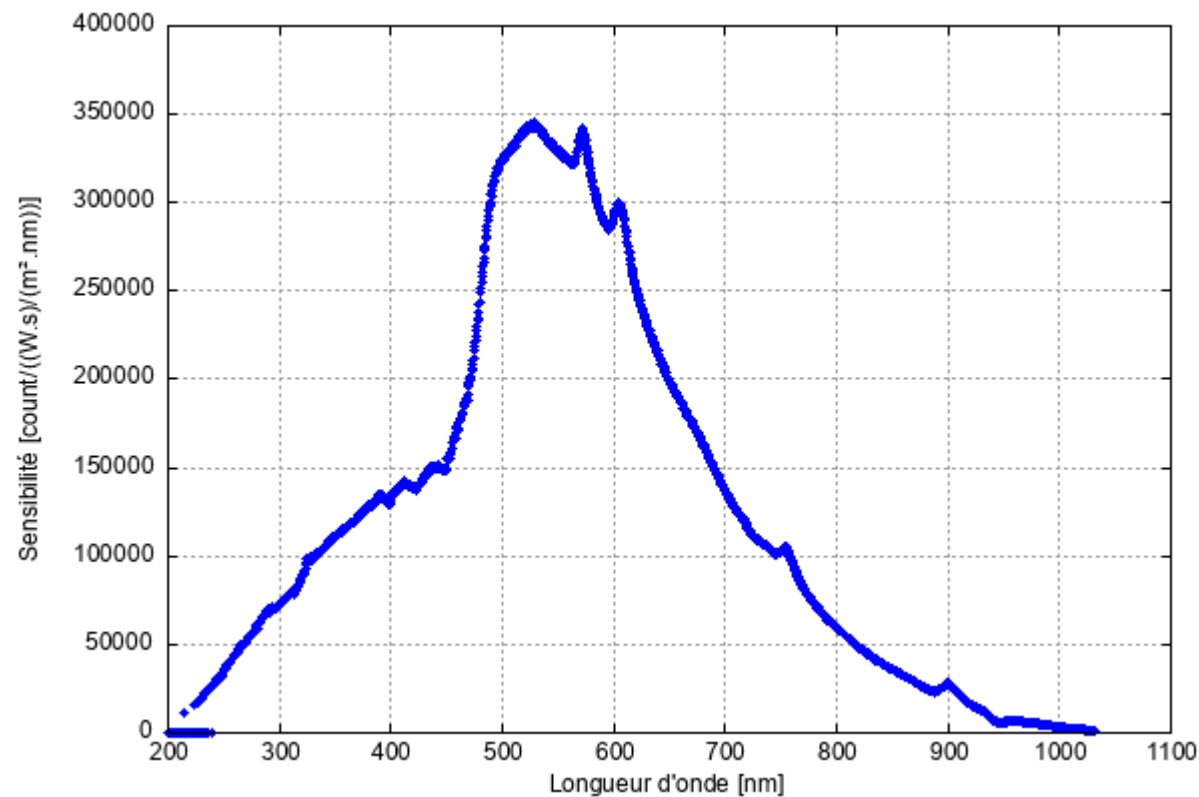
Distance du plan d'éclairement de la lampe halogène : 500 mm

Distance du plan d'éclairement de la lampe deutérium : 300 mm

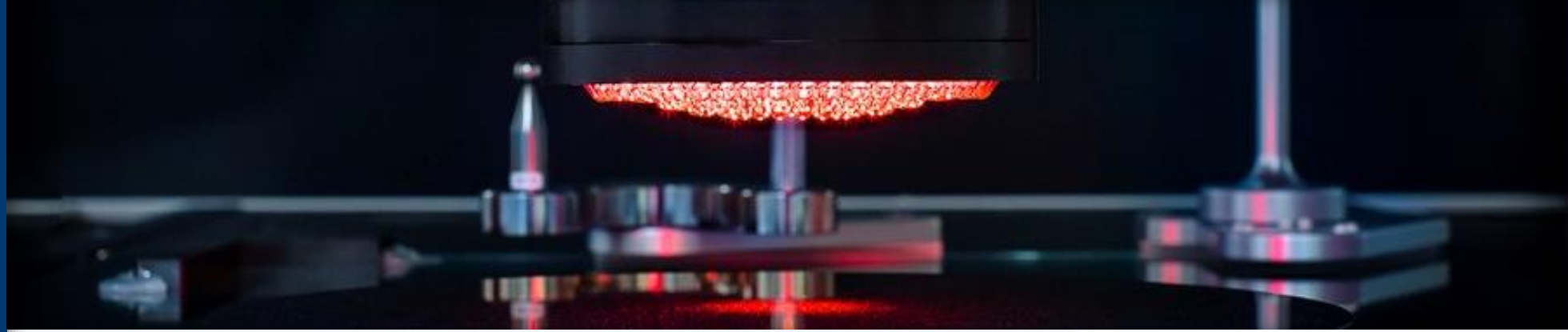


SENSIBILITÉ

Exemples de mesures :



Incertitudes élargies	
200 nm – 220 nm	5%
220 nm – 285 nm	3%
285 nm – 300 nm	10%
300 nm – 310 nm	6%
310 nm – 340 nm	5%
340 nm – 1050 nm	2,5%
1050 nm – 2500 nm	3%



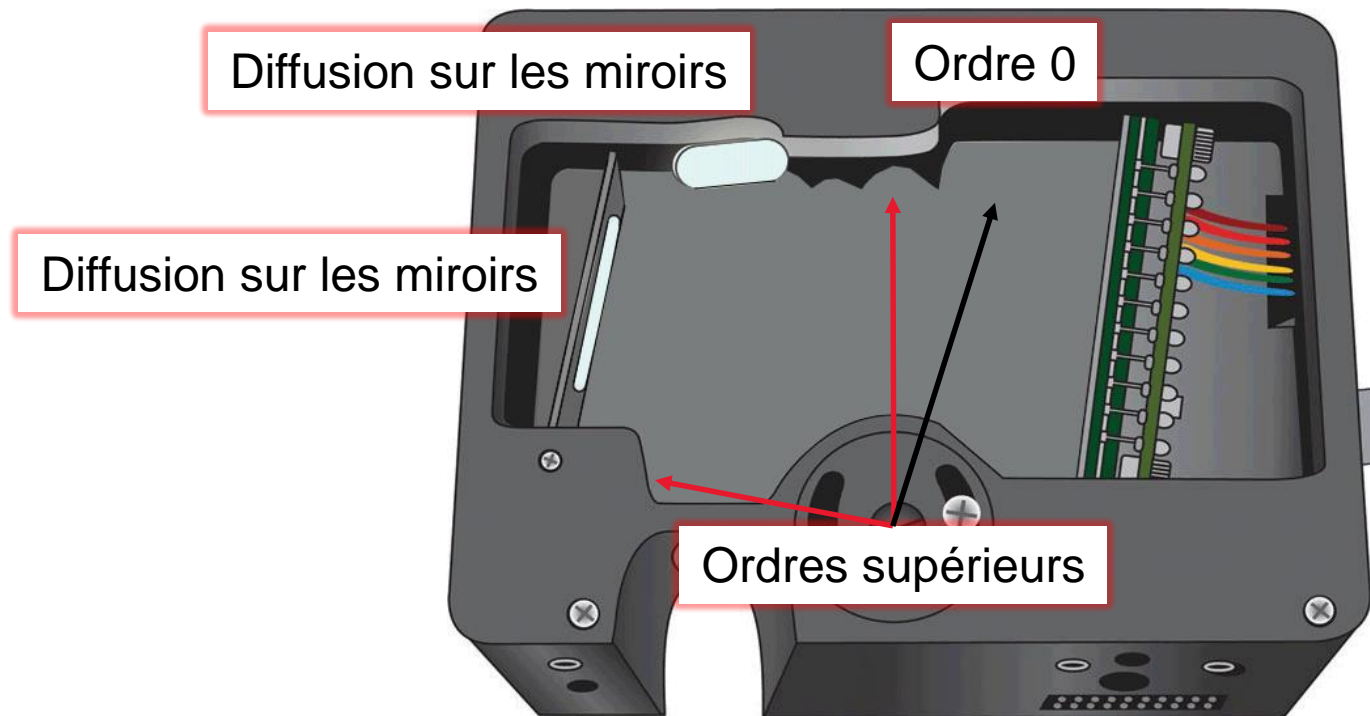
LUMIÈRE PARASITE

PRINCIPE

CALCULS

EXEMPLES

LUMIÈRE PARASITE



LUMIÈRE PARASITE

La contribution de la lumière parasite sur le signal du spectroradiomètre s'écrit :

$$\boxed{S_{Std,i}} = \boxed{S_{True,i}} + \sum_j S_{True,j} \boxed{.d_{i,j}}$$

Signal mesuré du
spectroradiomètre

Signal corrigé de la
lumière parasite

Contribution de la lumière
parasite pour chaque
longueur d'onde λ_j

La forme matricielle s'écrit :

$$S_{Std} = S_{True} + S_{True} \cdot D$$

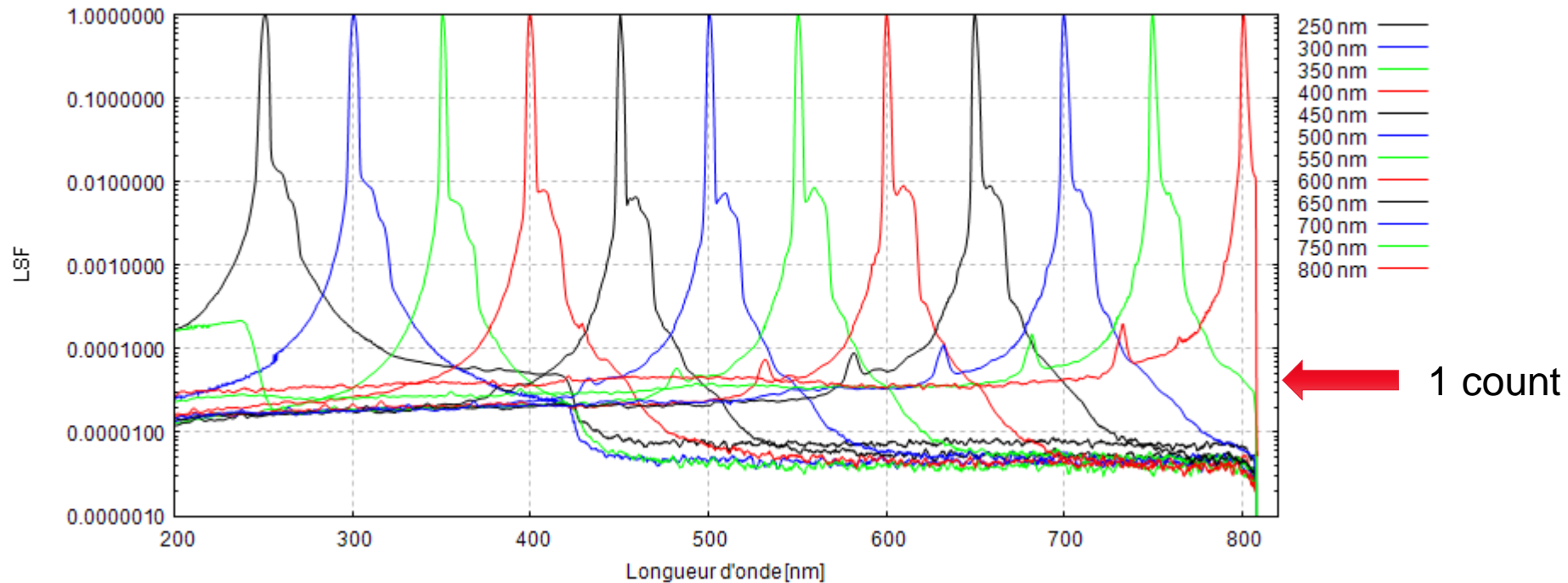
Le signal corrigé de la lumière parasite s'écrit :

$$S_{True} = (1 + D)^{-1} \cdot S_{Std}$$

$$\begin{pmatrix} S_{True,1} \\ S_{True,2} \\ \vdots \\ S_{True,n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} & \\ & \\ 1 + D & \\ & \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_{Std,1} \\ S_{Std,2} \\ \vdots \\ S_{Std,n} \end{pmatrix}$$

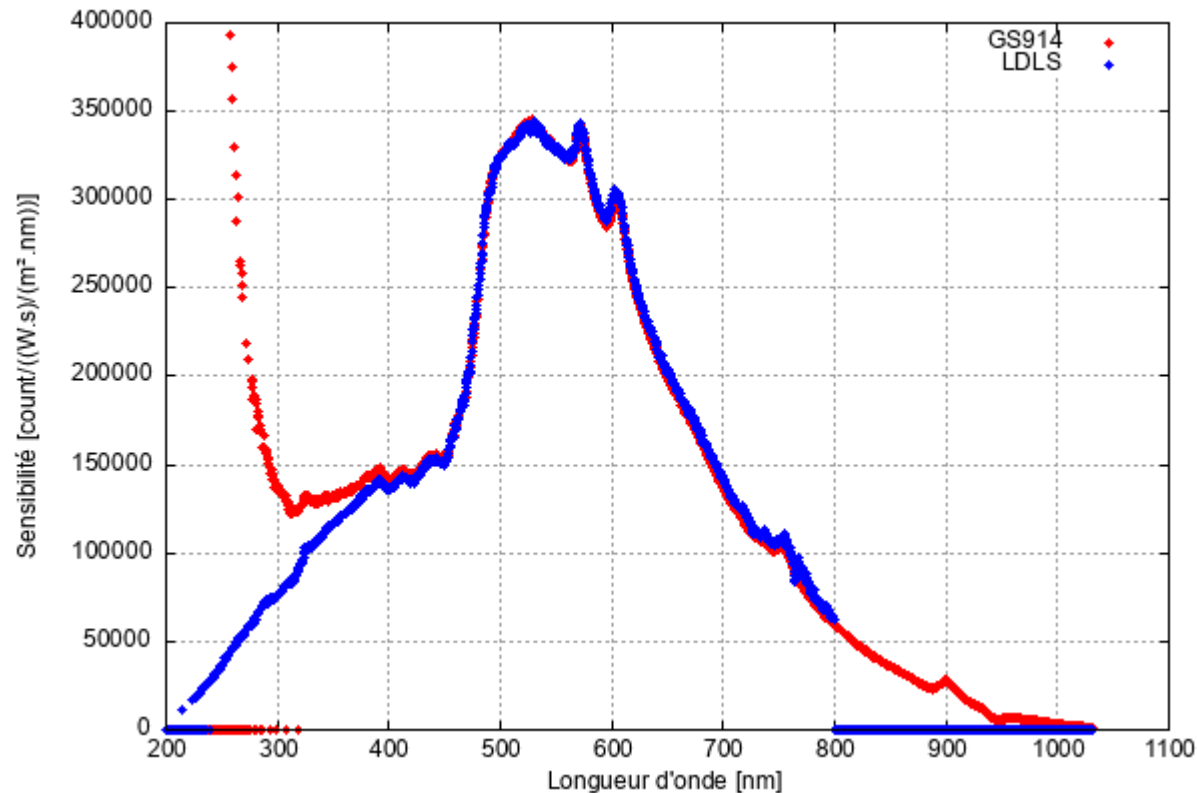
ZONG Y., BROWN S.W., JOHNSON B.C., LYKKE K.R., and OHNO Y. – Simple spectral stray light correction method for array spectroradiometer. Appl. Opt., 2006, vol. 45, no. 6, pp. 1111-1119.

LUMIÈRE PARASITE



LUMIÈRE PARASITE

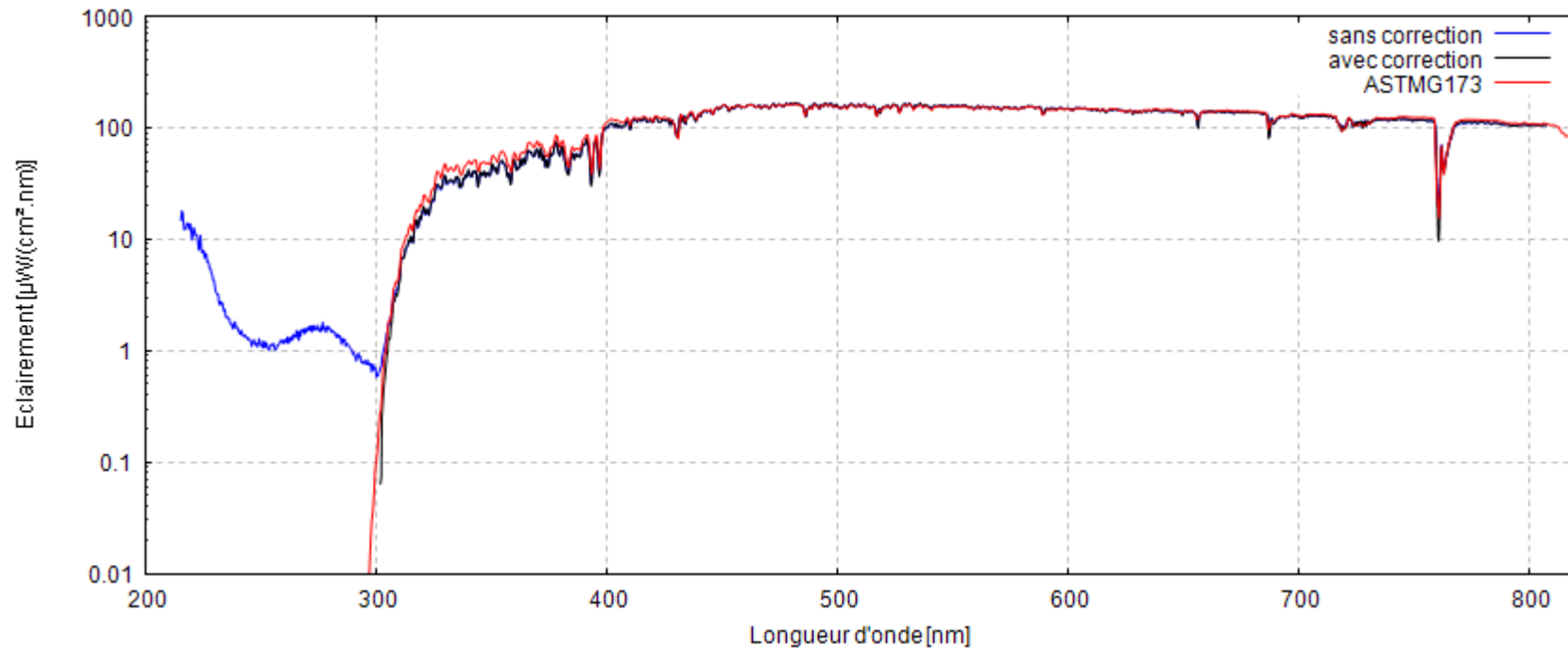
Influence sur la mesure de la sensibilité

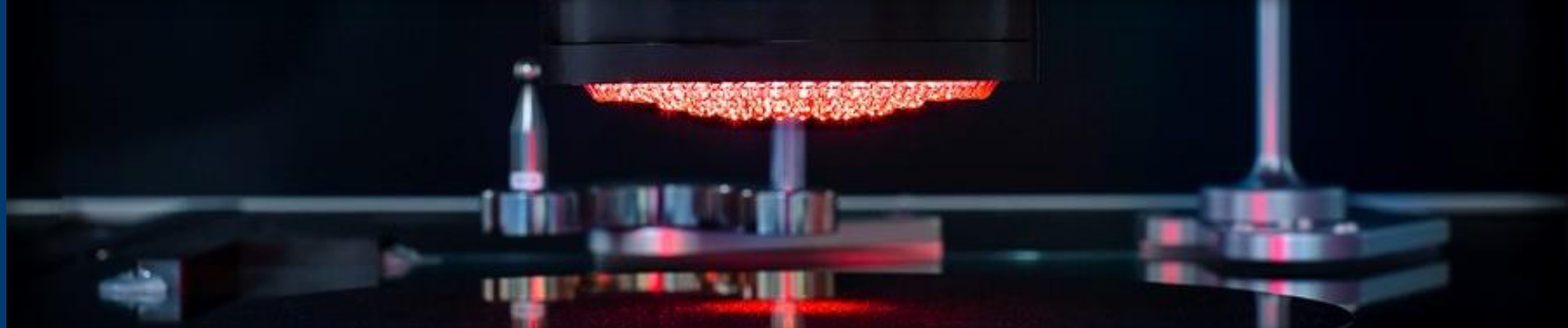


GS914 : Lampe quartz halogène
LDLS : Lampe à arc xénon

LUMIÈRE PARASITE

Mesure du spectre solaire





PROJET EURAMET 22IEM05 NEWSTAND

PRÉSENTATION

NEWSTAND



NEW CALIBRATION STANDARDS AND METHODS FOR RADIOMETRY AND PHOTOMETRY AFTER PHASEOUT OF INCANDESCENT LAMPS

**METROLOGY
PARTNERSHIP**

LNE le cnam



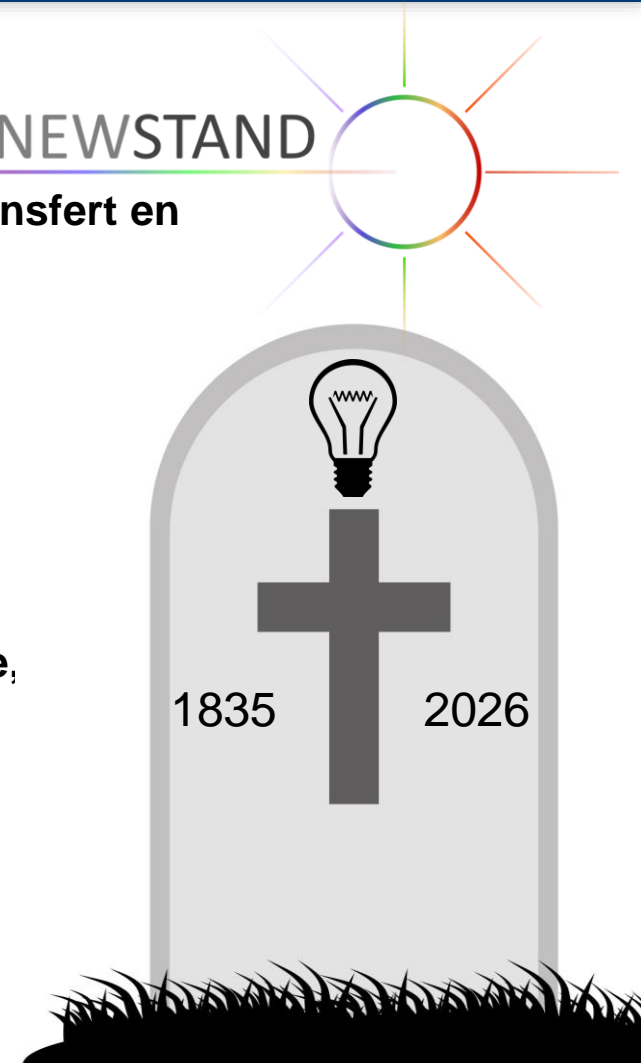
PROJET EURAMET 22IEM05 NEWSTAND

Objectif : Anticiper la disparition des lampes halogènes utilisées comme étalons de transfert en éclairage énergétique spectrique.

- 1 – Développer de nouvelles sources (UV-VIS-NIR) à base de LED, de lampes à décharge (arc) ou de sphères intégrantes avec des revêtements phosphorescents.**
- 2 – Développer une nouvelle méthode de traçabilité avec des spectroradiomètres.**
- 3 – Atteindre un niveau d'incertitude de 1% (k=2).**
- 4 – Développer des guides de bonnes pratiques.**
- 5 – Développer cette nouvelle chaîne de métrologie dans les laboratoires de métrologie, les organismes de normalisation, les comités techniques et les utilisateurs finaux.**

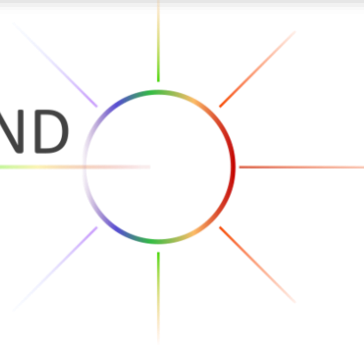
1835 – James Bowman LINDSAY
1879 – Thomas Edison

NEWSTAND



PROJET EURAMET 22IEM05 NEWSTAND

NEWSTAND



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or EURAMET. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

**EUROPEAN
PARTNERSHIP**



**Co-funded by
the European Union**

The project has received funding from the European Partnership on Metrology, co-financed from the European Union's Horizon Europe Research and Innovation Programme and by the Participating States.

**METROLOGY
PARTNERSHIP**



le cnam

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Journée : Etalonnage au sol des instruments optiques

25 juin 2024