

# Comparaison de mesures du rayonnement ultraviolet réalisées conjointement par 6 organismes européens de santé et sécurité au travail dans le cadre d'un projet PEROSH

Annick Barlier-Salsi<sup>1</sup>, Stefan Bauer<sup>2</sup>, Günter Ott<sup>2</sup>, Marco Janßen<sup>2</sup>, Massimo Borra<sup>3</sup>, Andrea Militello<sup>3</sup>, Maria, Sanchez Fuentes<sup>4</sup>, Emmerich Kitz<sup>5</sup>, Agnieszka Wolska<sup>6</sup>, Andrzej Rybczyński<sup>7</sup>, Marko Weber<sup>8</sup>

1. INRS, France
2. BAuA, Allemagne
3. INAIL, Italie
4. INSSBT, Espagne
5. AUVA, Autriche
6. CIOP-PIB, Pologne
7. GL Optic R&DCenter, Pologne
8. Seibersdorf Laboratories, Autriche

Notre métier,  
rendre le vôtre plus sûr

[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

# Une préoccupation commune aux instituts européens



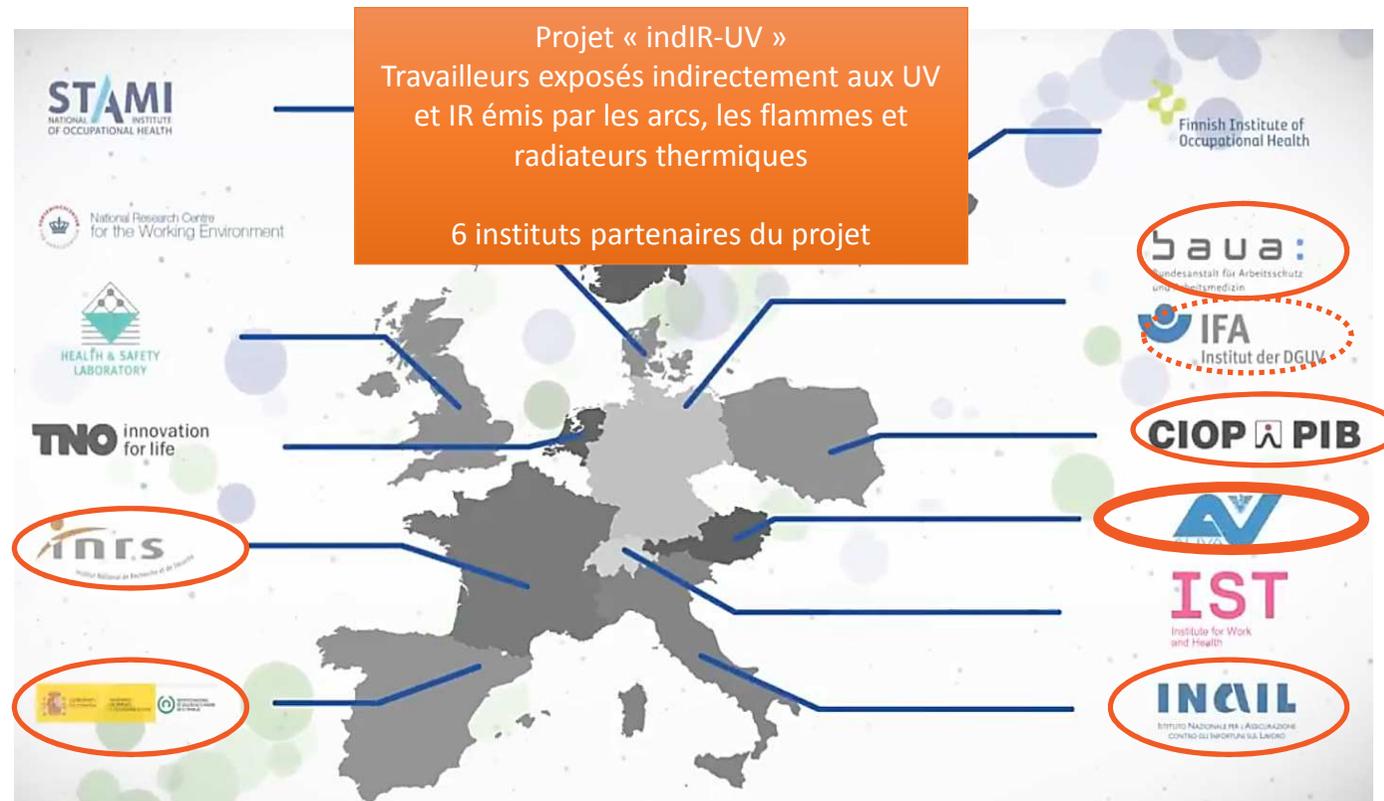
Mise en œuvre de la directive européenne 2006/25/EC : exposition professionnelle aux rayonnements optiques artificiels



Evaluation du niveau d'exposition



13 instituts de santé et sécurité au travail dans 12 états



# Détermination des niveaux d'exposition

Un constat : des équipements de mesures très variés

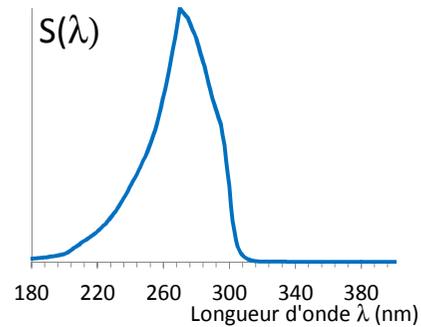
## Radiomètres



Grandeurs à déterminer et à comparer aux VLE

$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$E_{UVA} = \sum_{315}^{400} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$



## Spectroradiomètres CCD



# Les spectroradiomètres

**1** (BAuA)



**2** (INAIL)



**3** (CIOP)



**4** (INRS)



**5a** (BAuA)  
**5b** (AUVA)  
**6** (AUVA Seiblab)



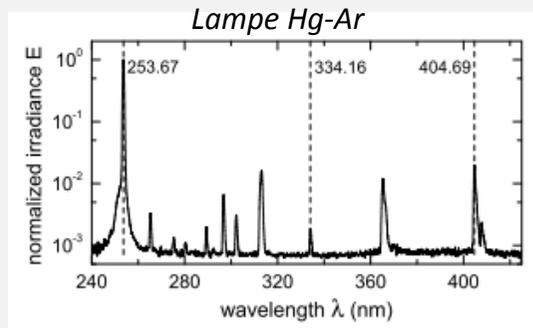
Fabricant /Référence	Gigahertz – Optik / BTS2048-UV-S	Ocean Optics / QE65000	GL Optics / Spectis 5.0 Touch	Avantes / ULS2048XL	Instrument System / CAS140CT - 152
# pixels *	2048	1044 x 64	2048	2048	1024 x 128
Etendue de mesure (nm)	200 - 430	220 - 980	200 - 1050	200 - 1100	200 - 800
$\lambda$ FWHM (nm)	0.8	1.6	2.5	2.5	2.7
L x l x h (cm)	11 x 10 x 5	18 x 11 x 5	21 x 11 x 6	18 x 11 x 4	35 x 33 x 19
M (Kg)	0.5	0.5	1.5	0.9	10

\* CCD rétro-éclairés sur tous les appareils

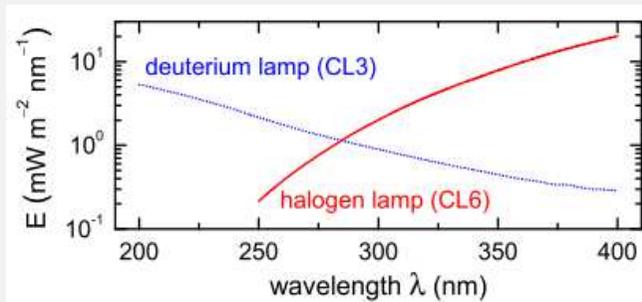
# Protocole de mesures

## En laboratoire

- Exactitude des longueurs d'onde

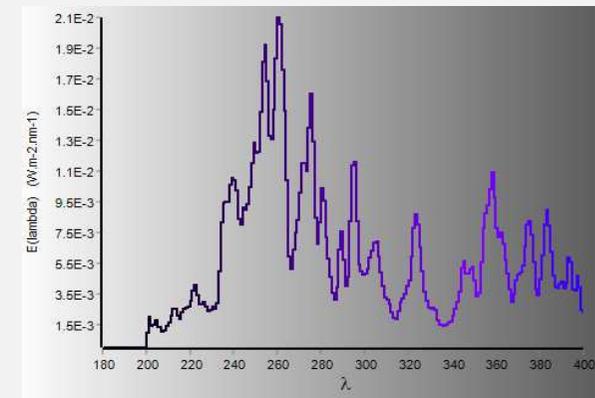


- Exactitude des éclairagements énergétiques



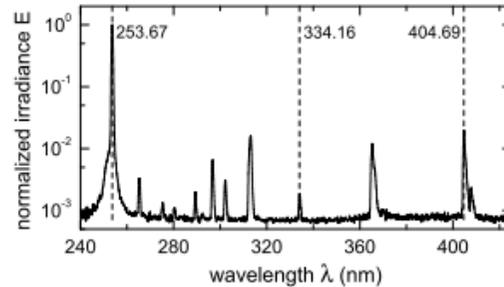
## En situation réelle

### Mesures d'un arc de soudage (MAG)



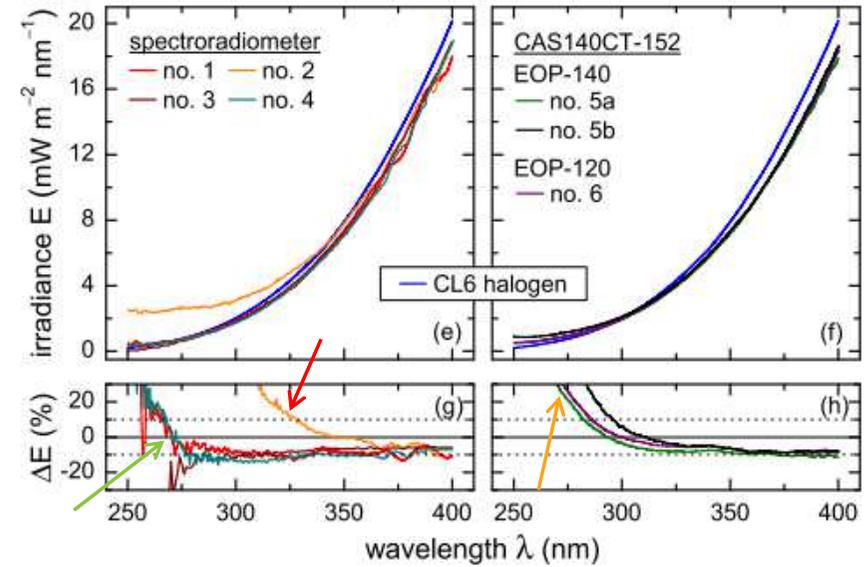
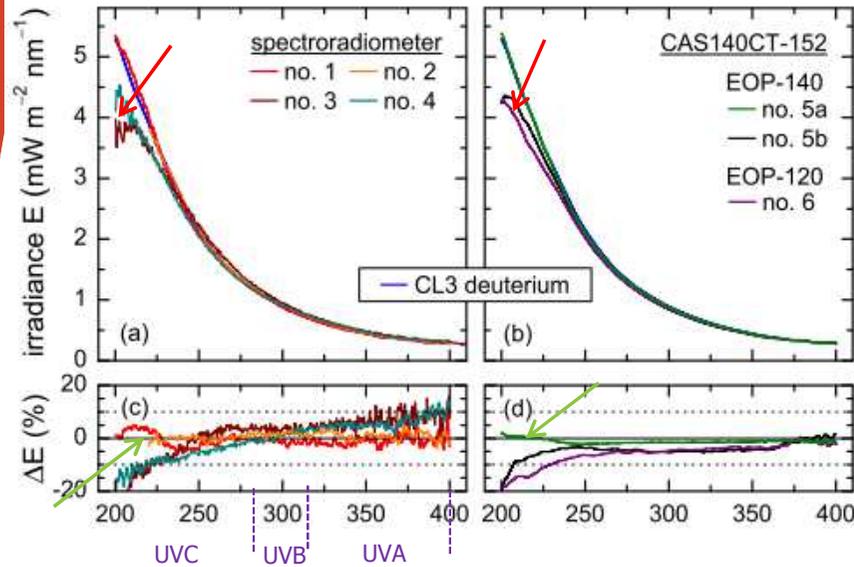
- Intensité de soudage variant de 120 à 350 A.
- 3 distances de mesure

## Exactitude longueurs d'onde



N°	Référence	Raies d'émission (nm)			$\lambda$ FWHM (nm)	
		253.67	334.16	404.69	mesurée	fabricant
1	BTS2048-UV-S	0.02	0.01	0.03	0.69	0.8
2	QE65000	-2.34	-2.41	-2.53	1.09	1.6
3	Spectis 5.0 Touch	-0.11	0.29	0.62	2.40	2.5
4	ULS2048XL	0.06	0.09	0.11	2.19	2.5
5a	CAS140CT (EOP-140)	0.35	-0.15	0.34	2.97	
5b	CAS140CT (EOP-140)	-0.25	-0.25	-0.26	2.92	2.7
6	CAS140CT (EOP-120)	-0.32	0.17	-0.34	2.67	

# Exactitude des éclairagements énergétiques



Correction de la lumière parasite

No.	Device	CL3 (deuterium)			
		$\Delta I_{UVA}$	$\Delta I_{UVB}$	$\Delta I_{UVC}$	$\Delta I_{UV}$
1	BTS2048-UV-S	2.64	0.88	1.60	1.65
2	QE65000	1.53	2.29	-0.30	0.44
3	Spectis 5.0 Touch	7.89	6.19	-8.02	-4.49
4	ULS2048XL	5.90	1.26	-9.16	-6.15
5a	CAS140CT-152 (EOP-140)	-1.26	-1.52	-1.40	-1.39
5b	CAS140CT-152 (EOP-140)	-9.42	-4.90	-6.80	-6.18
6	CAS140CT-152 (EOP-120)	-2.70	-4.35	-10.56	-8.90

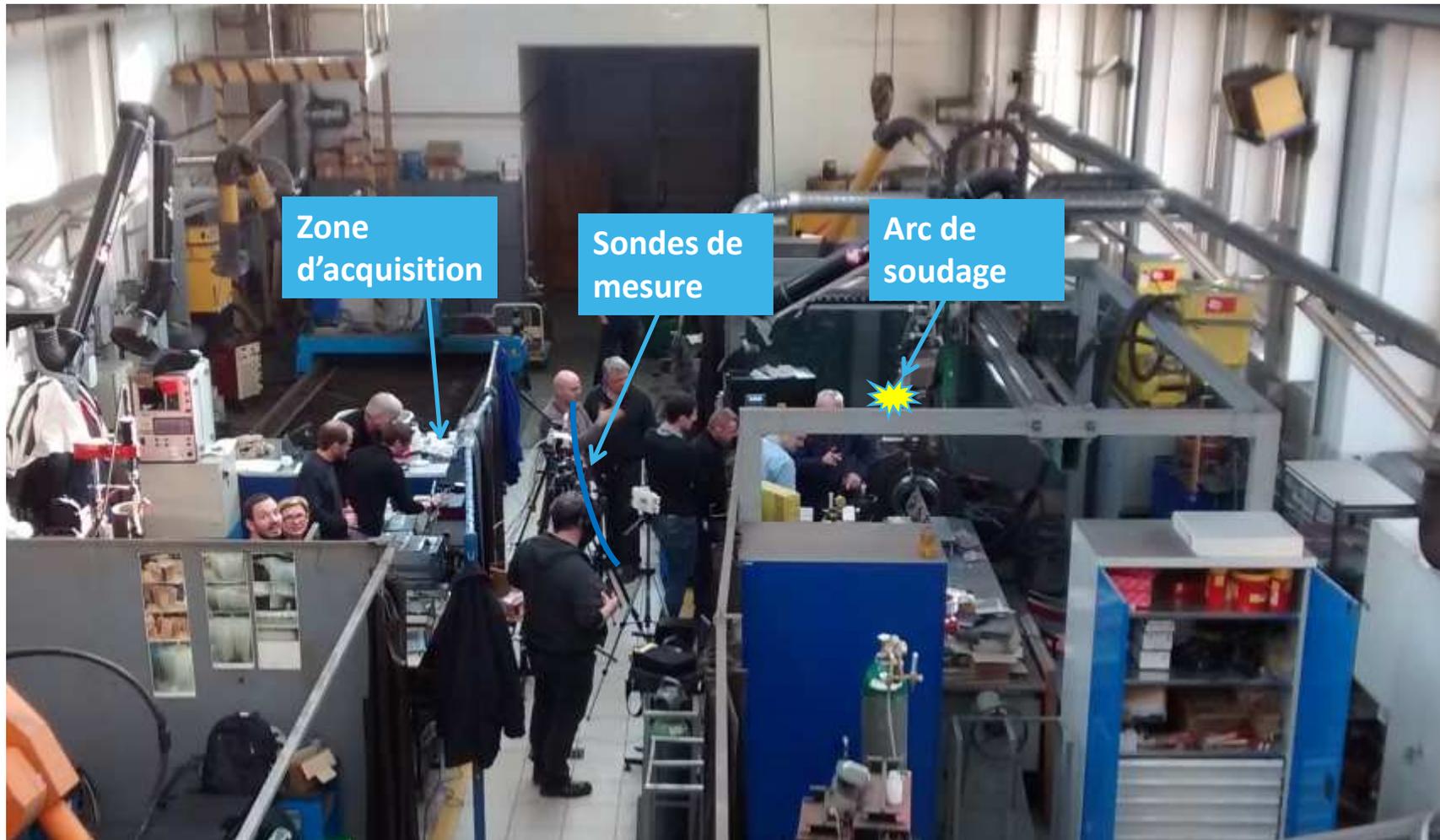
	CL6 (halogen)			
	$\Delta I_{UVA}$	$\Delta I_{UVB}$	$\Delta I_{UVC}$	$\Delta I_{UV}$
	-9.20	-8.11	8.96	-8.83
	-3.13	60.89	385.65	7.81
	-6.34	-10.88	-33.32	-7.10
	-9.46	-13.57	9.07	-9.46
	-9.70	-2.37	39.66	-8.37
	-7.97	6.53	95.07	-5.25
	-8.36	0.05	44.78	-6.89

$$\Delta E(\lambda) = \frac{E_{mes}(\lambda) - E_{ref}(\lambda)}{E_{ref}(\lambda)} \times 100$$

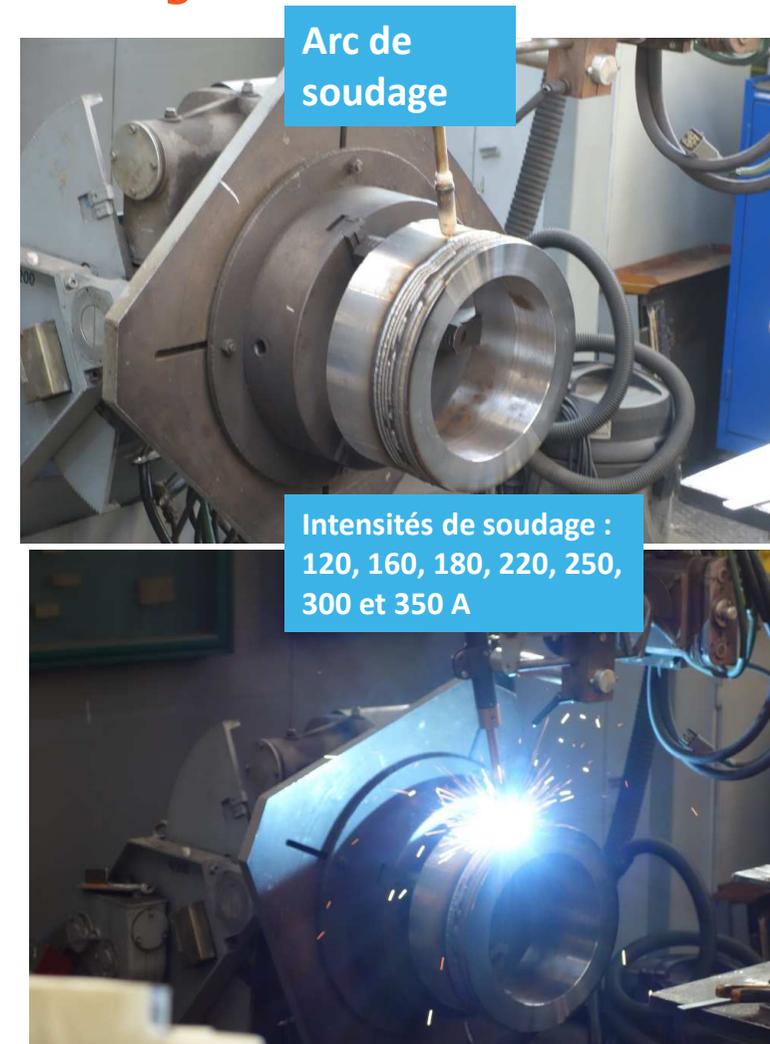
$$\Delta I_{ij} = \frac{I_{mes_{ij}} - I_{ref_{ij}}}{I_{ref_{ij}}} \times 100$$

$$I_{ij} = \int_{\lambda_i}^{\lambda_j} E(\lambda) \cdot d\lambda$$

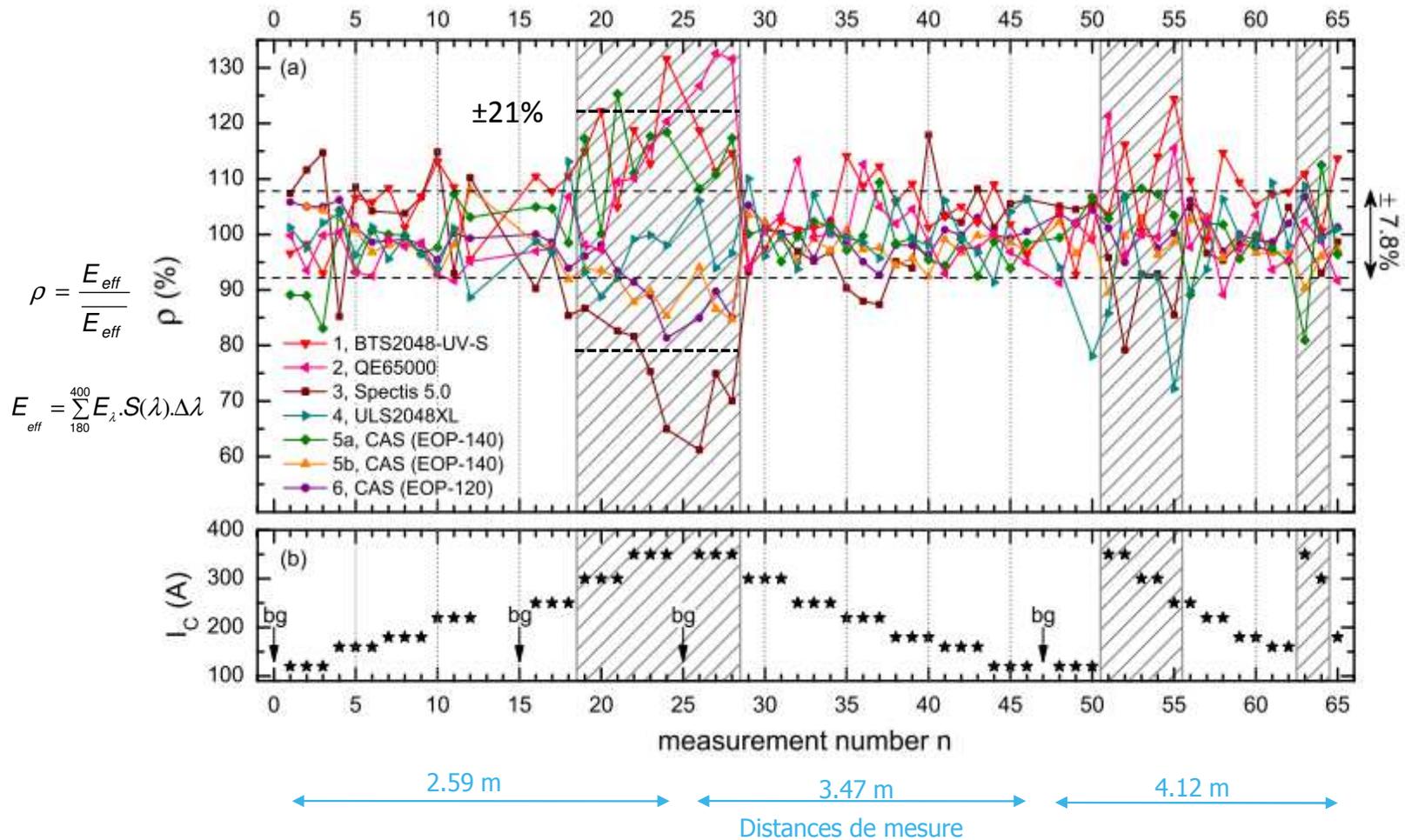
## Mesures en situation réelle



## Protocole de mesure d'un arc de soudage

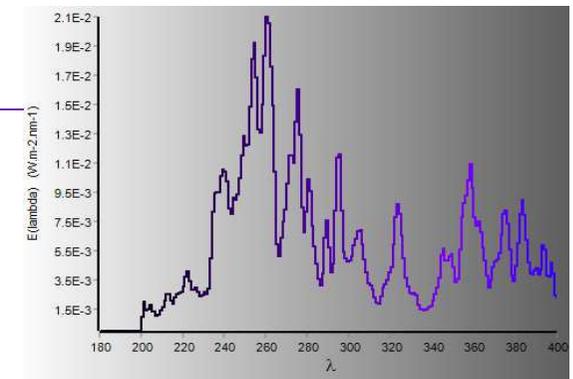


# Arc de soudage : Evaluation globale des écarts



## Arc de soudage : Evaluation individuelle des écarts

No.	Device	$\bar{\rho}$	$\pm s_{\rho}$
1	BTS2048-UV-S	107.1	7.7
2	QE65000	101.8	9.5
3	Spectis 5.0 Touch	95.8	12.0
4	ULS2048XL	98.1	7.1
5a	CAS140CT-152 (EOP-140)	101.3	8.3
5b	CAS140CT-152 (EOP-140)	96.9	4.7
6	CAS140CT-152 (EOP-120)	98.7	5.2
		$\bar{s}_{\rho}$ (mean $s_{\rho}$ )	7.8
		$s_n$ ( $E_{\text{eff}}$ data)	8.1



## Conclusions

### ➤ Mesures en situation

- Sur l'ensemble des mesures fournies par tous les spectroradiomètres: Ecart-type  $\pm 8\%$
- Sur l'ensemble des mesures fournies par chaque spectroradiomètre : Ecart-type maximum  $\pm 12\%$
- Sur les mesures réalisées sur des arcs instables (forte intensité du courant de soudage), fournies par tous les spectroradiomètres : Ecart-type  $\pm 21\%$

### ➤ Norme NF EN 14 255 - 1 : Mesurage et évaluation de l'exposition des personnes aux rayonnements optiques incohérents- Partie 1: Rayonnements ultraviolets émis par des sources artificielles sur les lieux de travail.

Incertitude maximale admise sur les mesures :  $\pm 30\%$

## Conclusions

### ➤ L'étalonnage :

- Fabricant ou propre au laboratoire
- Choix des lampes étalons selon le domaine spectral couvert: Deutérium , Halogène.
- La puissance des lampes étalon et la distance de mesure : signal suffisant.

### ➤ Lumière parasite:

- Son effet apparait pour les sources ayant un faible émission dans l'UV comparativement à l'émission dans le visible
- Phénomène amplifié par la courbe  $S(\lambda)$
- Correction par dispositif optique ou post traitement des mesures
- Si pas de correction : restreindre l'usage du spectroradiomètre à des sources ayant une forte émission UV

### ➤ Une mesure : Un appareil – un opérateur

- CCD : temps d'intégration adapté au niveau du signal mesuré
- Durée d'acquisition suffisante pour les sources instables :  
Temps intégration faible => Augmentation du nombre de spectres moyennés
- Choix du début de l'acquisition pour les arcs.

#### Pour en savoir plus :

S. Bauer *et al.*, "Ultraviolet spectral irradiance measurements: an intercomparison of spectroradiometers in laboratory combined with a workplace field test," *J. Phys. Commun.*, vol. 2, no. 1, p. 015028, Janvier 2018.



Notre métier, rendre le vôtre plus sûr

Merci de votre attention



[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

YouTube



in.