



Commission Internationale de l'Eclairage

Conférence annuelle

Association Française de l'Eclairage



30 janvier 2024



Commission Internationale de l'Éclairage

Conférence annuelle

Association Française de l'Éclairage

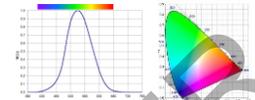


30 janvier 2024

La CIE, fondée à Paris en 1913, compte 38 pays membres. Association basée à Vienne, Autriche

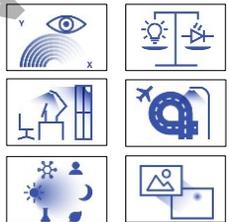
Organisation mondiale à but non lucratif qui se consacre à l'avancement de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage.

- Vision, couleur (Division 1)
- Métrologie du rayonnement optique (Division 2)
- Applications de l'éclairage à l'intérieur (Division 3)
- Applications de l'éclairage à l'extérieur (Division 4)
- Photobiologie et photochimie (Division 6)
- Technologies de l'image (Division 8)





Organisation de la CIE

- Nos 6 divisions établissent chacune des plans de travail dans lesquels des comités techniques (TC) se forment pour traiter d'une question spécifique
- Les propositions de TC sont examinées et approuvées par les membres nationaux de la ou des divisions qui les parrainent et par le Technical Management Board de la CIE.
- Les TC doivent avoir au moins 5 membres experts de 5 pays pour initier les travaux.
- Le président du TC accepte les membres sur la base de leur expertise pertinente et de leur volonté de contribuer.

Dernière conférence quadriennale




De nombreuses communications des équipes françaises :

CEREMA : 5	LNE-CNAM : 8	ENTPE : 4	CSTB : 2
LAPLACE Toulouse : 2	UGE : 2	AAU Nantes : 1	

Le prix de la meilleure communication poster de la conférence a été attribué à Enoch Saint Jacques (UGE)

Prochaine conférence CIE :




Prochaine conférence quadriennale (31^{ème}) : 9-17 July, 2027
à Nanjing, Chine

Abonnez-vous à la newsletter de la CIE : <https://cie.co.at/node/2/newsletter>

Le bureau actuel de CIE France



 Trésorière : Marie-Pierre Alexandre AFE	 Div 1 : Sophie Jost ENTPE	 Div 2 : Gaël Obein ENTPE	 Président & Div 3 : Christophe Martinson CSTB
 Div 3 : Samuel Carré CSTB	 Div 4 : Roland Brémond Univ. Gustave Eiffel	 Div 4 : Florian Greffier CEREMA	 Div 6 : Coralie Barrau Essilor
			 Div 8 : Christine Fernandez-Maloigne Univ. Poitiers

Florilège des présentations françaises à la conférence quadriennale de la CIE en septembre 2023

PROGRAMME

14h-14h10	Introduction du président de CIE France Présentation des divisions par les membres du bureau	Bureau CIE France
14h10-14h20	Méthode d'évaluation de la fidélité de la restitution des impressions subjectives d'ambiances lumineuses dans un casque immersif	Michèle Atié
14h20-14h30	LightMonitor : un nouvel appareil portable mesurant le spectre lumineux et l'activité jour/nuit	Sophie Jost
14h30-14h50	Procédé de traçabilité de des mesures multi-échelles de la fonction de distribution de réflectance bidirectionnelle (BRDF). Etude préliminaire de traçabilité du brillant spéculaire	Lou Gevaux, Gaël Obein
14h50-15h00	Cadre d'évaluation des procédures de mesures d'images HDR de luminance	Gaël Obein, Lou Gevaux
15h00-15h10	Luminancemètre aéroporté pour les mesures de lumière indésirable	Romain Chasseigne
15h10-15h20	Effet de la courbure de la surface sur la mesure d'indice de brillant spéculaire	Guillaume Ged
15h20-15h30	Démêler la lumière dans les environnements lumineux complexes et « bruités »	Christophe Martinsons
15h30-16h00	PAUSE CAFÉ (30 minutes)	
16h-16h10	Réflexions sur l'évolution de la clarté et de la spéularité des surfaces routières en fonction des angles d'observation, à partir d'une base de données des propriétés de réflexion de matériaux urbains	Enoch Saint-Jacques
16h10-16h20	Étude exploratoire visant à définir de nouvelles géométries d'observation pour la conception de l'éclairage routier	Laure Lebouc
16h20-16h30	Eclairage à LED des tunnels routiers : modélisation de scénarios d'éclairage adaptatif économes en énergie	Dorian Talon
16h30-16h50	Considérations mathématiques pour les propriétés de réflexion de la route. Q_d vs Q_0 pour la mise à l'échelle des tables R normalisées dans la conception de l'éclairage routier : la question vaut la peine d'être posée	Florian Greffier, Vincent Boucher
16h50-17h	Caractérisation photométrique in situ des chaussées mouillées	Valérie Muzet
17h-17h10	Protocole permettant de simuler et d'évaluer la vision des couleurs filtrée par des lunettes de soleil à l'aide de modèles d'apparence des couleurs d'image	Sophie Jost
17h10-17h20	La visibilité de l'effet de réseau fantôme : influence de la fréquence de modulation et de la chromaticité	Christophe Martinsons
17h20-17h30	Conclusions et clôture de la journée	Président CIE France



HAL
open science

Method for Evaluating Fidelity of Restitution of Subjective Impressions in Immersive Virtual Reality in Daylit Interior Scenes

Michèle Atié, Céline Drozd, Toinon Vigier, Daniel Siret

► **To cite this version:**

Michèle Atié, Céline Drozd, Toinon Vigier, Daniel Siret. Method for Evaluating Fidelity of Restitution of Subjective Impressions in Immersive Virtual Reality in Daylit Interior Scenes. CIE 2023-30th Quadrennial Session of the CIE, Sep 2023, Ljubljana, Slovenia. 2023. hal-04259858

HAL Id: hal-04259858

<https://hal.science/hal-04259858>

Submitted on 26 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Method for Evaluating Fidelity of Restitution of Subjective Impressions in Immersive Virtual Reality in Daylit Interior Scenes

Michèle Atié, Céline Drozd, Toinon Vigier, Daniel Siret

Nantes Université, ENSA Nantes, Ecole Centrale Nantes, CNRS, AAU-CRENAU, UMR 1563 Nantes, France

Introduction



Natural Light in Architectural Education: A significant sensory phenomenon that presents challenges often encountered by architecture students during conceptual design process

Role of Virtual Reality (VR): Emerged as a tool in architectural design education to enhance user experience and create immersive scenarios [1]

Challenges with VR in Daylight Study: Provides opportunities for visualizing 360° daylit scenes [2], but fidelity must be carefully examined for faithful representation of subjective impressions of luminous atmospheres

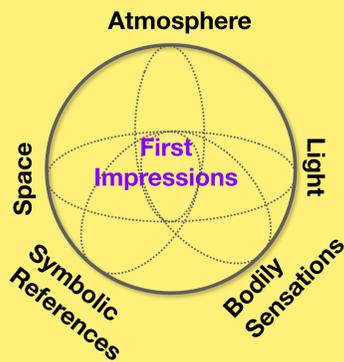
Study's Novel Method: Explores the fidelity of an immersive head-mounted display (HMD) in accurately reproducing subjective impressions related to luminous atmospheres of different buildings

Method

1 Selection of Buildings and Questionnaire

Questionnaire Creation: Built to evaluate five types of impressions and first impressions

Expert Source: Questionnaire derived from experts' vocabulary



Choice of locations: Examined seven different locations each offering distinct lighting ambiances designed by renowned architects



Methodology: Compares subjective impressions of luminous atmospheres in different real daylit environments to those in immersive environments using 360° stereoscopic equirectangular images on HMD

4 Evaluation of Impressions in VR

Experiment: Ran using HTC Vive Pro 2

Participants: 30 participants

Scenes Projected: Selected one scene (light condition) for each of the seven places and projected for all participants

Effect Studied: Studied the effect of TMOs on the evaluation of impressions

Questionnaire: Used the same as in the real places



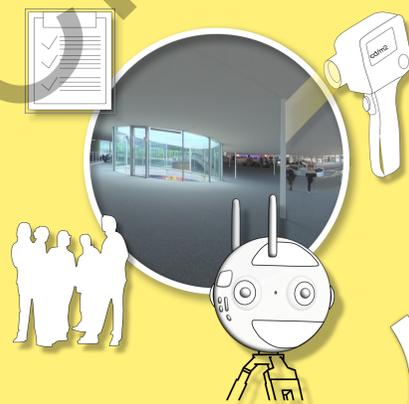
2 Evaluation of Impressions in Real Buildings

Surveys Conducted: Ran in all selected places across several days and different lighting conditions with built questionnaire

Image Capturing: Captured 360° stereoscopic equirectangular images with Insta 360 Pro2 under different light conditions

Measurements: Conducted luminance and illuminance with light meter and photometer

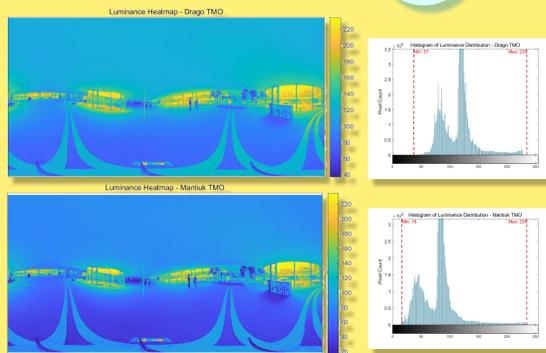
Participants: 532 participants across all buildings



3 Post-Processing

Image Processing: Stitched and merged nine exposures for all scenes for both left and right eye into HDR images

Tone-Mapping (TMOs): Applied three TMOs on all HDR scenes



Results

Data Excerpt:
 30 participants in one real light condition of one location "Bourse de Commerce, Paris"
 30 participants in VR
 Focus on **light impressions in one location**
Differences: "Dazzling reflections" and "Changing natural light" less important in VR
Overall Findings: Most impressions match between real and VR

Discussion and Future Work

Conclusions and Limitations: Findings indicate that HMD offer a high level of fidelity in restituting one aspect of subjective impressions for a single real light condition in one location. Differences in dazzling and changing light observed due to the limited contrast ratio of the screen and varying weather conditions in real location, respectively.

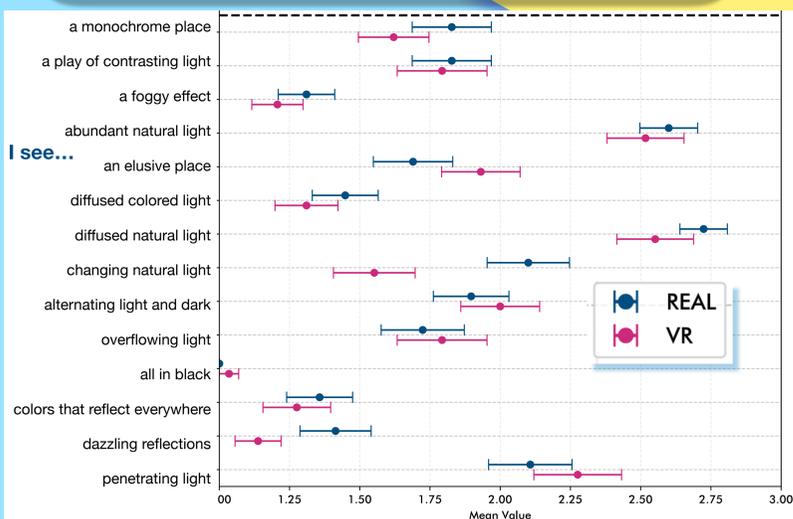
Future Work: Future studies will examine all aspects of impressions across all buildings as well as effect of TMOs on the evaluation of these impressions.

References

- [1] Antonieta Angulo. 2015. Rediscovering Virtual Reality in the Education of Architectural Design: The immersive simulation of spatial experiences. *Ambiances. Environnement sensible, architecture et espace urbain* 1 (2015).
- [2] Kynthia Chamilothoni, Jan Wienold, and Marilyne Andersen. 2019. Adequacy of immersive virtual reality for the perception of daylit spaces: comparison of real and virtual environments. *Leukos* 15, 2-3 (2019), 203-226.

Acknowledgments

This project is funded by the "Agence Nationale de la Recherche-ANR-19-CE38-0010"





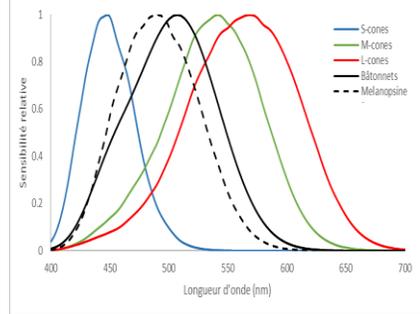
LightMonitor : un nouvel appareil portable mesurant le spectre lumineux et l'activité jour/nuit

Dominique Dumortier, Claude Gronfier, Fabrice Comby



Contexte

- CIE S026 (2018) - irradiances α -opiques sur nos 5 photorécepteurs
- Difficulté de mesure
- Système miniature et autonome
- Mesures spectrales + actimétrie
- Développé via le CPER Lumen
- Partenariat recherche/industrie : ENTPE, INSERM, E.RE.C.A et PISEO



The graph plots relative sensitivity (0 to 1) against wavelength (400 to 700 nm). S-cones peak at ~440 nm, M-cones at ~490 nm, L-cones at ~560 nm, Rods at ~500 nm, and Melanopsin at ~480 nm.

2

Cahier des charges

- Mesure des irradiances spectrales sur le domaine visible
- Mesures d'un éclairage photopique et d'une irradiance UV
- Mesures d'actimétrie (accéléromètre et gyroscope 3D)
- Mesure de la température ambiante
- Possibilité pour les sujets de signaler des événements
- Port sur une branche de lunettes (jour) et au poignet (nuit)
- Léger, petit et aussi peu remarquable que possible
- Autonomie d'une dizaine de jours ou plus (batterie/données)
- Transfert matin et soir des mesures sur un serveur
- Suivi des mesures au jour le jour par les investigateurs

3

LightMonitor ou LIMO



Docking Station (charge + WIFI data transfer)
 Wrist Strap (used at night)
 Eyeglass Frame (used during the day)
 Battery/Memory Modules Day & Night
 Measurement Module (UV, visible spectrum, activity)

4

Port du LIMO

Caractéristiques

- Poids total : 19 g
- Dimensions : 1.9x1.3x8.5 cm
- Autonomie illimitée
- Attache facile
- Signalement d'un événement

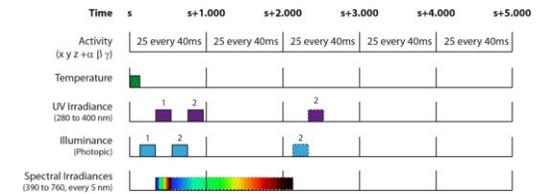


5

Mesures du LIMO

- Mesures toutes
 - 5 s (lumière)
 - 40 ms (actimétrie)
- Mesure de 75 irradiances
 - 5 nm de 390 à 760 nm
 - mean FWHM de 25 nm
- Gamme : 5 à 100000 lux
- Deux mesures d'éclairciment photopique encadrent la mesure du spectre

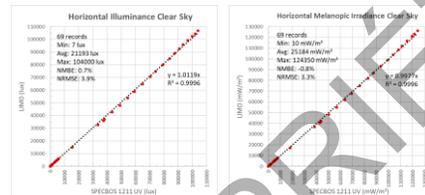
Measurement	Type of Chip	Range	Frequency
x, y, z, acceleration	IC Inertial Measurement Unit	±4G	Every 40 ms (25 Hz)
α, β, γ, rotation angle	IC Inertial Measurement Unit	±1000°/s	Every 40 ms (25 Hz)
Temperature	IC High-Accuracy Digital Temperature Sensor	-40 to 125°C	Every 5 s
UV irradiance (280-400 nm)	IC Ultraviolet Light Sensor	Up to 30 W/m²	2 x Every 5 s
Photopic Illuminance	IC Ambient Light Sensor	0 to 100000 lux	2 x Every 5 s
Spectral Irradiances (390-760, every 5 nm)	Nano-spectrometer	5 to 100000 lux	Every 5 s



6

Précision du LIMO

- Mesures de la réponse relative spectrale des capteurs au monochromateur
- Étalonnage en valeurs absolues
- Validation par comparaison ou substitution avec un spectro (JETI Specbos 1211UV) sous lumière naturelle et artificielle (deutérium, incandescence, LED)
- Pour des conditions de ciel bleu avec soleil, la corrélation est très bonne ($R^2 > 0.987$). NRMSE en dessous de 4% sauf CCT et S_{Sc}

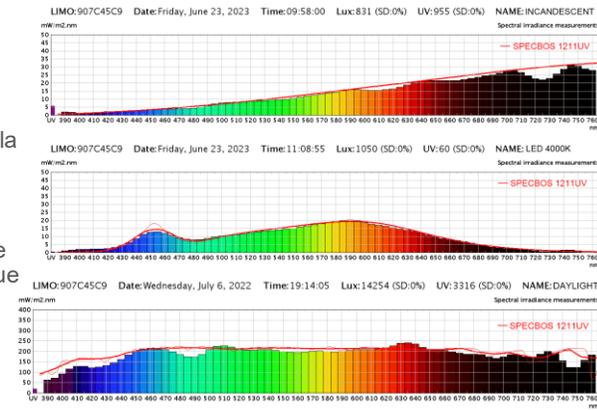


Variable	a (y=a.x)	R2	NRMSE (%)	NRMSE (°)	Min	Avg	Max
LUX (lx)	1.012	0.9998	0.7	3.9	7	21193	104000
CCT (K)	0.802	0.9874	7.3	6.4	5076	7816	11456
CIE_x	1.018	0.9977	1.9	1.8	0.277	0.304	0.343
CIE_y	1.019	0.9984	1.9	2	0.274	0.311	0.352
S_{sc} (mW/m²)	0.962	0.9995	1.3	7.9	7	14642	72994
S_{sc} (mW/m²)	1.007	0.9998	0.2	3.5	10	29678	145777
S_{sc} (mW/m²)	1.013	0.9998	0.8	4	12	34601	169438
S_{sc} (mW/m²)	1.005	0.9996	0	3.4	10	28032	138184
S_{sc} (mW/m²)	0.998	0.9996	-0.8	3.3	10	25184	124350

7

Irradiances spectrales

- Comparaison avec Specbos 1211UV
- Distribution spectrale plutôt bien reproduite
- Possibilité d'identifier la nature des sources
- Améliorations possibles grâce à la prise en compte de la sensibilité de chaque filtre de la puce spectrale



8

Projet LightHealth

- Démarré en Octobre 2023 (Pack Ambition Recherche région AURA)
 - Collaboration **INSERM**, ENTPE, E.RE.C.A et PISEO
 - Liens entre l'exposition à la lumière et la qualité du sommeil en milieu hospitalier
 - Utilisation en étude réelle d'une dizaine de LightMonitor
 - Caractérisation des périodes de sommeil et de leur qualité
 - Caractérisation des doses α -opiques reçues au fil des heures
 - Comparaison entre travailleurs de jour et travailleurs de nuit
 - Améliorations matérielles et logicielles du système LightMonitor
 - Commercialisation envisagée en 2025

9



Des questions ?

Plus d'informations sur
www.lightmonitor.fr

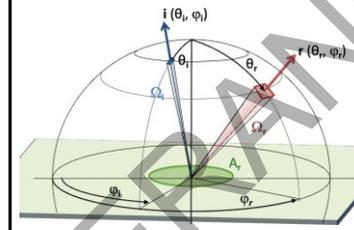
Dominique Dumortier, Claude Gronfier, Fabrice Comby
dominique.dumortier@entpe.fr, claudie.gronfier@inserm.fr

PROPRIÉTÉ CIE-FRANCE

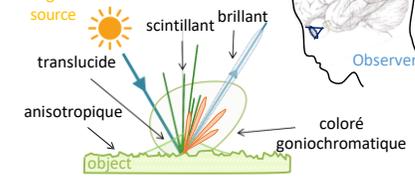
Méthode pour établir la traçabilité multi-échelle des mesures de BRDF

Lou Gevaux, Kévin Morvan, Alice Dupiau, Dipanjana Saha, Jeppe Frisvad, Gaël Obein

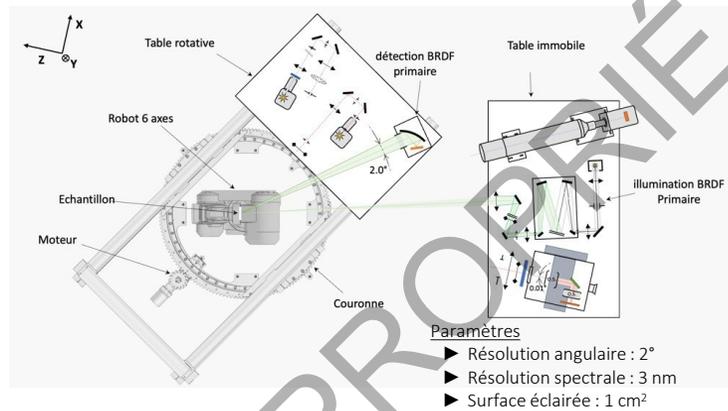
La BRDF



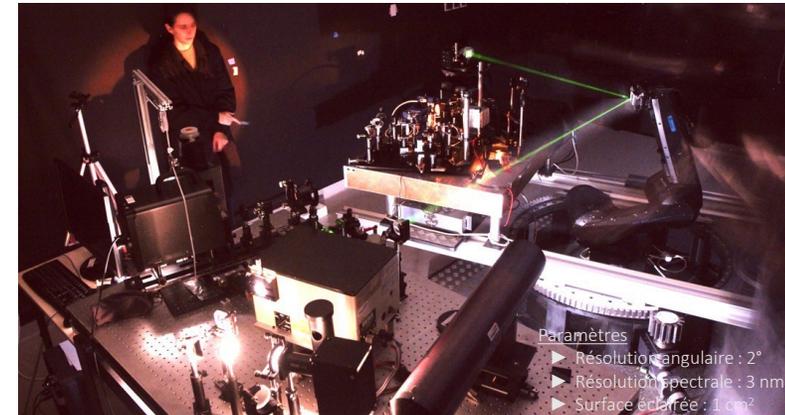
$$\pi(i, r, \lambda) = \frac{L(i, r, \lambda)}{E(i, \lambda)}$$



Goniospectrophotomètre primaire



Goniospectrophotomètre primaire



LNE le cnam

μBRDF

Pull $\diamond \sim 1 \text{ cm}$
 Laine $\diamond \sim 1 \text{ mm}$
 Fibre $\diamond \sim 1 \mu\text{m}$

(a) (b) (c) (d)

Extrait de GC Guarnera, P Hall, A Chesnais, M Glencross, 2017, « Woven Fabric Model Creation from a Single Image », *ACM Transactions on Graphics* 36(5)

Gaël Obéin — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 5/15

LNE le cnam

μBRDF illumination

$\varnothing_p = 200 \mu\text{m}$
 Optical System $\gamma = 0.1$
 $\varnothing_p = 20 \mu\text{m}$
 1.5°
 580 mm
 Sample
 100 μm
 1 mm

Répartition de la puissance du faisceau
 Illumination sur un spectralon

- ▶ Faisceau "blanc"
- ▶ Divergence 1.5°
- ▶ Largeur spot : $31 \mu\text{m}$

Gaël Obéin — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 6/15

LNE le cnam

μBRDF detection

CS2000 spectroradiometer
 sensor
 O.S.
 grating
 (O.S.) 0.01°
 Detection Optical System
 $\gamma = -0.5$
 L1
 PE
 L2
 1700 mm
 Sample
 $\varnothing_{\text{tot}} = 263 \mu\text{m}$

Répartition de la puissance du faisceau
 Illumination sur un spectralon

FoV
 1 mm

- ▶ Largeur bande : 5 nm
- ▶ Champ : 263 μm (normale)

Gaël Obéin — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 7/15

LNE le cnam

μBRDF

X
 Y
 Z
 Table rotative
 Illumination μBRDF
 détection BRDF primaire
 Robot 6 axes
 2.0°
 Echantillon
 Moteur
 Couronne
 Détection μBRDF
 illumination BRDF Primaire

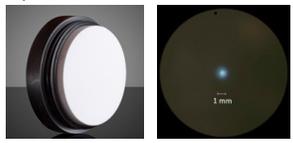
SAHA D., GEVALUX L., CANCES T., RICHARD A., OBÉIN G., 2021, "Development of a μBRDF goniospectrophotometer for BRDF measurement on tiny surfaces", *Proceedings of CIE2021*

Gaël Obéin — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 8/15

LNE le cnam

Validation

Spectralon



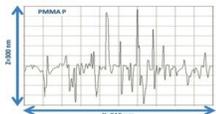
$\lambda = 550 \text{ nm}$
Incidence : 0°
Observation : 45°

Reference Gonio : 0.32 sr^{-1} 😞
 $\mu\text{BRDF Gonio} : 0,20 \text{ sr}^{-1}$

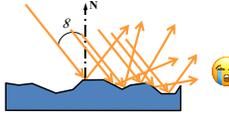
Diffuseur métallique



DG10-120-P01
120 Grit



Rugosité du même ordre de grandeur que la taille du spot

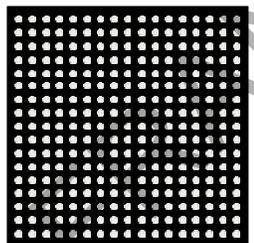


BRDF trop sensible à la position du spot 😞

Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 9/15

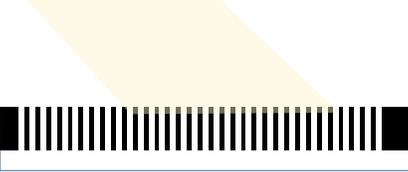
LNE le cnam

Nouvelle route pour la validation



Insensible à la translucidité ?

😞 Peut-être que oui, si la taille du faisceau est suffisamment grande devant la taille du motif



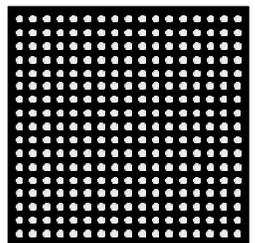


On le saura si, pour différentes tailles de spot, la BRDF moyenne ne change pas

Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 10/15

LNE le cnam

Nouvelle route pour la validation



Insensible à la position du spot ?

😞 Peut-être que oui, si la taille du faisceau est suffisamment grande devant la taille du motif

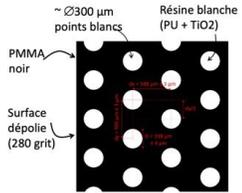


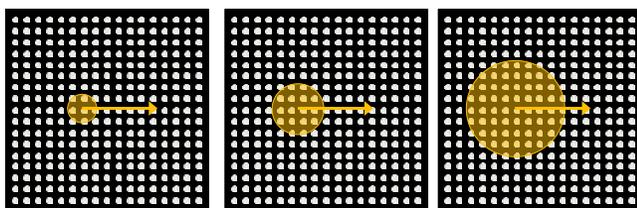
On le saura si, pour différentes positions de spot, la BRDF moyenne ne change pas

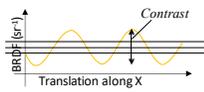
Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 11/15

LNE le cnam

C'est parti

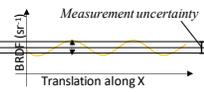






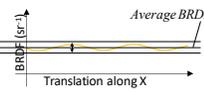
Contrast

Contrast > Uncertainty 🚦



Measurement uncertainty

Contrast ~ Uncertainty 🚦



Average BRDF

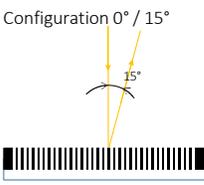
Contrast < Uncertainty 🚦

Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 12/15

LNE le cnam

C'est parti

Configuration 0° / 15°

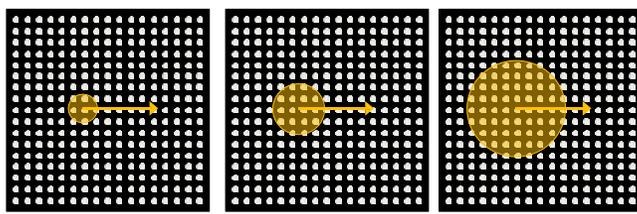


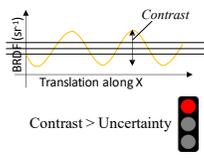
4 tailles de spot

- ▶ 0,8 mm
- ▶ 1,7 mm
- ▶ 4,6 mm
- ▶ 10,9 mm

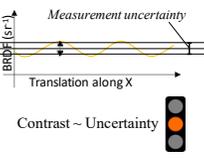
Balayage sur 2.4 x 2.4 mm
Pas de 40 µm

Environ 3600 par spot

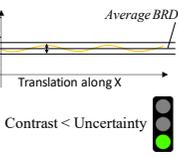




Contrast > Uncertainty



Contrast ~ Uncertainty



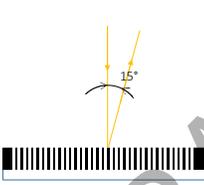
Contrast < Uncertainty

Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 13/15

LNE le cnam

Résultats

Configuration 0° / 15°



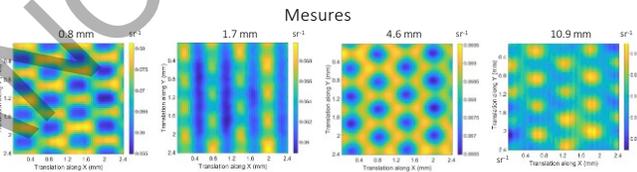
4 tailles de spot

- ▶ 0,8 mm
- ▶ 1,7 mm
- ▶ 4,6 mm
- ▶ 10,9 mm

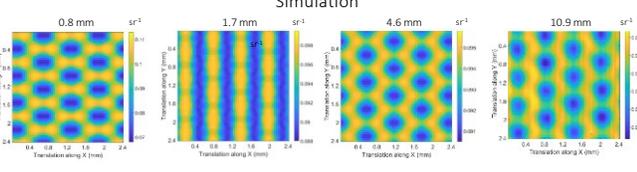
Balayage sur 2.4 x 2.4 mm
Pas de 40 µm

Environ 3600 par spot

Mesures



Simulation

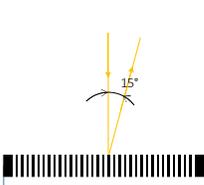


Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 14/15

LNE le cnam

Résultats

Configuration 0° / 15°

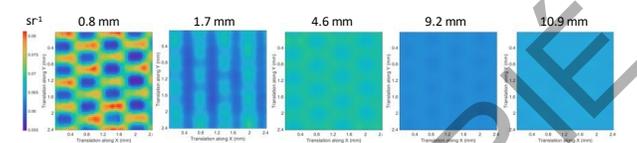


4 tailles de spot

- ▶ 0,8 mm
- ▶ 1,7 mm
- ▶ 4,6 mm
- ▶ 10,9 mm

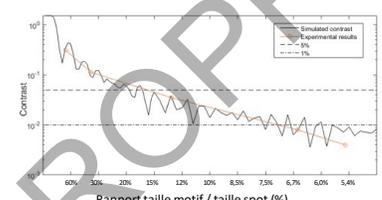
Balayage sur 2.4 x 2.4 mm
Pas de 40 µm

Environ 3600 par spot



Experimental BRDF maps displayed using the same colormap for various illuminated area diameters

$$C = \frac{f_{max} - f_{min}}{(f_{max} + f_{min})/2}$$



Rapport taille motif / taille spot (%)

Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 15/15

LNE le cnam

Fin

Gaël Obein — LNE - CNAM (FR) — CIE-France — 30 Jan 2024 — Paris (FR) 16/15

Méthode d'évaluation des algorithmes d'imagerie HDR pour la mesure de la luminance

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Mesure de la luminance par imagerie HDR

- L'imagerie HDR (= High Dynamic Range)

Acquisition d'images

Augmentation du temps d'exposition

Algorithme de reconstruction HDR

Affichage et sauvegarde {HiDyn}

[P. Debevec, and J. Malik. SIGGRAPH 97]

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net

2

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Mesure de la luminance par imagerie HDR

- Quel algorithme pour la mesure de luminance ?

$I_i(x)$: valeur du pixel x au temps d'expo t_i
 $\alpha(x)$: gain
 $E(x)$: éclairement sur le pixel

'Best exposure'

$$E_{HDR}(x) = \alpha(x) I_i(x) / t_i$$

$i = \max\{i \text{ tel que } I_{min} \leq I_i(x) \leq I_{max}\}$

Le pixel HDR est le pixel le mieux exposé: sa valeur est maximale mais il n'est pas saturé

'Weighted average'

$$E_{HDR}(x) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i E_i(x)}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

$i = \{i \text{ tel que } I_{min} \leq I_i(x) \leq I_{max}\}$

Le pixel HDR est la moyenne pondérée de tous les pixels bien exposés

$w_i = t_i$

t_1, t_2, t_3 HDR image

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net

3

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Méthode d'évaluation des algorithmes HDR

- La méthode implémentée dans MatLab

Image correspondant à une scène de luminance à haute dynamique = « Ground Truth »

Modèle de caméra

Images obtenues par une caméra virtuelle pour plusieurs temps d'expo

Algorithme HDR

Image HDR simulée

Erreur = différence entre la Ground Truth et l'image simulée

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net

4

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Méthode d'évaluation des algorithmes HDR

- La scène "Ground Truth"
 - 6 disques uniformes sur fond noir (0.05 cd/m²)
 - un niveau de luminance par disque entre 1 cd/m² et 1E6 cd/m²
 - positions et diamètres aléatoires

Erreur = différence entre la Ground Truth et l'image simulée

Ground-truth

Génération aléatoire

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net 5

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Méthode d'évaluation des algorithmes HDR

- Le modèle de caméra
 - Bruits digitaux
 - Bruits optiques

Scène

Luminance L [cd/m²]

caméra

Eclairage E [lx ou lm/m²]

Capteur CCD/CMOS

Image digitale

Bruits optiques: Lumière parasite, diffraction, vignettage, distorsion

Bruits digitaux: Bruit de photon, bruit de conversion, blooming, smearing...

Erreur = différence entre la Ground Truth et l'image simulée

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net 6

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Méthode d'évaluation des algorithmes HDR

- Les métriques

Evaluation par disque, valeur relative

- Biais ϵ
- Noise σ
- Sharpness β

Erreur = différence entre la Ground Truth et l'image simulée

Profil de la luminance

Ground Truth

Image HDR simulée

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net 7

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Exemple de résultats

Simulation de 3 caméras avec différents niveaux de linéarité

« Biais »
Erreur relative = $\frac{Lum(GT) - Lum(HDR)}{Lum(GT)}$

Best exposure (solid line)
Weighted average with $w = t_{exp}$ (dashed line)

- Best exposure: simple et performant pour les caméras bien corrigées en linéarité
- Weighted average t_{exp} : meilleur en cas de non-linéarité résiduelle

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net 8

le cnam Conservatoire national des arts et métiers

Conclusion

Luminance L [cd/m^2]

scene

Eclairage E [lx or lm/m^2]

Système optique

④ G. Obein

Pour effectuer des mesures de luminance avec des systèmes d'imagerie, l'influence du système optique est prépondérante, notamment la lumière parasite liée à la **diffraction** !

30/01/2024 CIE - France, lou.gevaux@lecnam.net 9

PROPRIÉTÉ CIE-FRANCE

RÉUNION PLÉNIÈRE
CIE FRANCE

LUMINANCEMÈTRE AÉROPORTÉ POUR LES MESURES DE LUMIÈRE INDÉSIRABLE

R CHASSEIGNE, J GARCIA-MARQUEZ, S
PIERRARD, P BETIS, D RENOUX, J DUBARD

LABORATOIRE NATIONAL
DE MÉTROLOGIE
ET D'ESSAIS **LNE**

January 2024

NUISANCE LUMINEUSE

► **Introduction**

- Un luminancemètre/colorimètre imageur aéroporté est conçu pour une surveillance, la nuit, à haute altitude et sur des surfaces étendues de centaines de km². On mesure la luminance tristimulus CIE XYZ [cd·m⁻²]. L'instrument est conçu pour estimer la température de couleur, tel que requis par le décret ministériel de 2018.



Light source pointing towards the sky.



La ville lumière. Paris, the city of light. (Source: Mairie de Paris)

2 Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024 le cnam CREER CONFIANCE **LNE**

NUISANCE LUMINEUSE

► **Législation**

- **France.** En décembre 2018, publication du décret ministériel sur la limitation des nuisances lumineuses ; Lois sur: La transition énergétique pour la croissance verte (2015), et la biodiversité (2016).
- **Slovénie.** Décret sur la limitation de la pollution lumineuse (2007)



source: medlum.com

► **CIE TC 2-95**

- "Measurement of Obtrusive Light and Sky Glow" (Mesure de nuisances lumineuses et halo lumineux.)
- "Pour donner des directives et d'exemples de méthodes de mesure, grandeurs et les spécifications des instruments pour la mesure de la nuisance lumineuse et du halo lumineux
- Lancé en 2021



source: AFP PHOTO/JOHN TYS

3 Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024 le cnam CREER CONFIANCE **LNE**

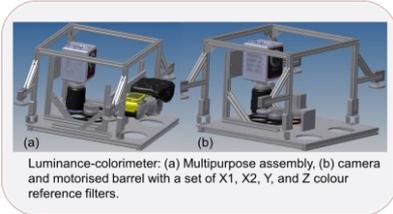
NUISANCE LUMINEUSE

Prototype

La cartographie aérienne nocturne requiert d'une camera ultra sensible pour détecter de faibles niveaux de lumière.

Un capteur inertielle permet de prendre en compte les roulis, tangage et lacet de l'avion afin de corriger les images acquises et relier celle-ci aux coordonnées géographiques du système.

Le décret ministériel a mis la température de couleur (Tc) égal à 3000 K comme la limite supérieure — 2700 K dans des cas spécifiques— L'instrument se doit de mesurer la température de couleur avec une incertitude de 100 K.



Luminance-colorimeter: (a) Multipurpose assembly, (b) camera and motorised barrel with a set of X1, X2, Y, and Z colour reference fillers.

4 Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024 le cnam CREER CONFIANCE **LNE**

NUISANCE LUMINEUSE

Mission aérienne à haute altitude pour la surveillance de grandes surfaces et une acquisition de données à la verticale

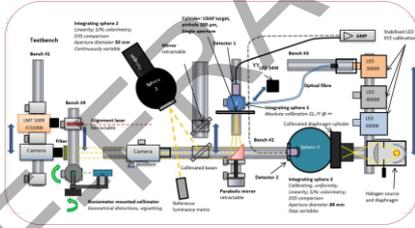


5 Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024 **le cnam** CREER CONFIANCE **LENE**

NUISANCE LUMINEUSE

Banc d'étalonnage de la camera (CMOS)

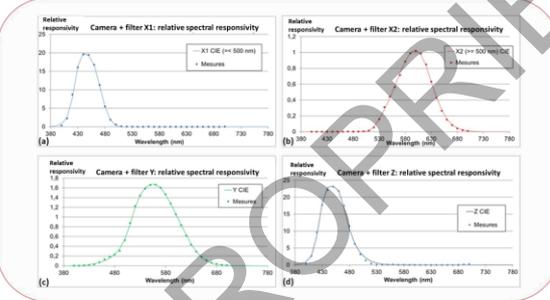
- Luminance. L'étalonnage consiste à attribuer la valeur de la luminance au niveau de gris correspondant du capteur.
- Colorimétrie. Sphère intégrante #3. Utilisation de trois lampes LED à 3000, 4000, 5000 K et une lampe halogène. Les réponses de la caméra avec chaque filtre sont comparées à un spectro-colorimètre de référence.
- Estimation de la distorsion et du vignettage. Le vignettage est obtenu en approchant la caméra à la sphère # 3, éclairée par la source halogène.
- Linéarité et rapport S/B



6 Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024 **le cnam** CREER CONFIANCE **LENE**

NUISANCE LUMINEUSE

► Filtres X1, X2, Y et Z et leur réponse spectrale



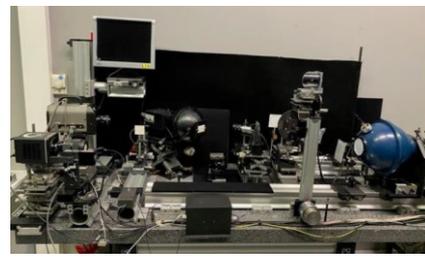
7 Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024 **le cnam** CREER CONFIANCE **LENE**

NUISANCE LUMINEUSE

► Résultats

Mise en place d'un banc pour effectuer les différents étalonnages nécessaires à l'instrument

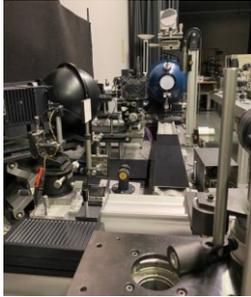
Réponse Y [$\text{GL}\cdot\text{cd}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Linéarité
Uniformité (vignettage)	Distorsions géométriques



8 Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024 **le cnam** CREER CONFIANCE **LENE**

NUISANCE LUMINEUSE

► Résultats



Choix de la caméra Hamamatsu ORCA-Quest® en tant que capteur pour le luminancemètre-colorimètre du LNE.

La caméra remplit le cahier de charges de l'acquisition aérienne :

- Temps d'intégration (< 2 ms)
- Un rapport S/B remarquable (up to 1/12 000)
- Equipé de filtres optiques correspondants aux courbes CIE

Les sensibilités spectrales de la caméra et les quatre filtres ont été mesurés.

9

Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024

LUMINANCEMÈTRE AÉROPORTÉ POUR LES MESURES DE LUMIÈRE INDÉSIRABLE

Conclusions

Développement d'un luminancemètre-colorimètre à capteur CMOS pour la mesure aérienne de nuisances lumineuses.

Premier vol et première lumière attendu pour la campagne d'hiver 2023/2024.

Développement d'un multi-banc d'étalonnage pour la vérification et l'étalonnage des performances du luminancemètre-colorimètre.

Les étalonnages et vérifications confirment la viabilité de l'instrument à accomplir son rôle de luminancemètre-colorimètre aéroporté pour des missions de mesure des nuisances lumineuses mentionnées dans les lois et décrets français.

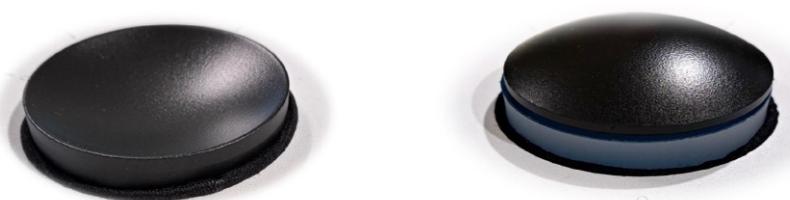
10

Réunion plénière CIE France 30 janvier 2024

PROPRIÉTÉ CIE-FRANCE

EssilorLuxottica
 KU LEUVEN LIBERTY LIGHTING LABORATORY

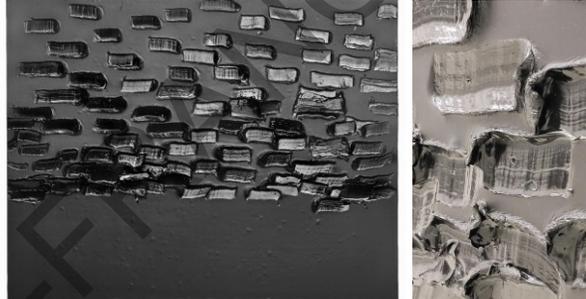
EFFET DE LA COURBURE DE SURFACE SUR LA MESURE DE L'INDICE DE BRILLANT SPECULAIRE



G. Ged, S. Beuckels, T. Bessenay, J. Audenaert, F. Leloup

© EssilorLuxottica - September 2023 - Confidential - Do not disclose, copy or distribute.

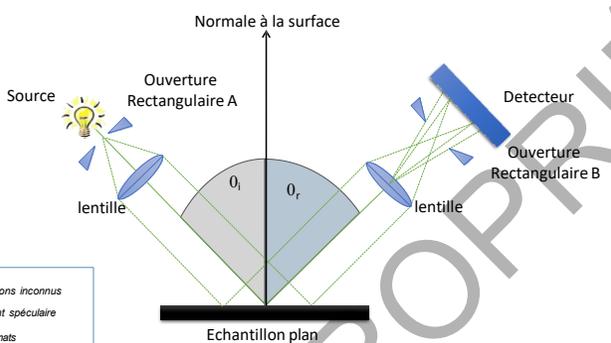
EFFET DE LA COURBURE DE SURFACE SUR LA MESURE DE L'INDICE DE BRILLANT SPECULAIRE



1 Introduction
 2 Méthodes
 3 Résultats
 4 Conclusion

© EssilorLuxottica - September 2023 - Confidential - Do not disclose, copy or distribute.

Mesure normalisée de l'indice de brillant spéculaire



Normale à la surface

Source

Ouverture Rectangulaire A

Détecteur

Ouverture Rectangulaire B

lentille

lentille

Echantillon plan

Géométries
 60° => segmenter les échantillons inconnus
 20° => Haut niveaux de brillant spéculaire
 85° => échantillons mats

Schéma d'un glossmètre adapté de
 ISO 2813:2014 Paints and varnishes - Determination of gloss value at 20°, 60°, 85°, 4th ed.
 Organisation Internationale de Normalisation

ASTM D523:2018

© EssilorLuxottica - September 2023 - Confidential - Do not disclose, copy or distribute.

Brillant et courbure



L'une de ces surfaces vous semble-t-elle plane ?

© EssilorLuxottica - September 2023 - Confidential - Do not disclose, copy or distribute.

Brillant et courbure: jusqu'ici un sujet d'étude agronomique

Nussinovitch, A., Ward, G., Mey-Tal, E., 1996.
Gloss of Fruits and Vegetables. *LWT - Food Science and Technology* 29, 184-186.
<https://doi.org/10.1006/lwt.1996.0005>

Fig. 1. The current surface glossmeter

Niveau de brillant
Courbes goniophotométriques
basées sur des mesures de peaux aplaties

Mirzach, A., Liu, R., Rubinio, M., 2009.
Gloss Evaluation of Curved-surface Fruits and Vegetables. *Food and Bioprocess Technology* 2, 300-307.
<https://doi.org/10.1007/s11477-008-0083-9>

Fig. 1. Layout for a gloss measurement prototype. A—video camera, B—spectrometer, C—light source, D—horizontal stage (x direction), E—vertical stage (z direction), F—horizontal stage (y direction), G—light receiver, H—sample, I—holder aperture

Mendoza, F., Dajmek, P., Apuliera, J.M., 2016.
Gloss measurements of raw agricultural products using image analysis. *Food Research International* 43, 19-25.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.003>

Intensité maximale \propto Brillant de la surface
Dépendance mineure à la courbure ou aux irrégularités des surfaces

© EssilorLuxottica - September 2023 - Confidential - Do not disclose, copy or distribute. | Group R&D Lenses | Jent's lighting laboratory | KU LEUVEN

Comment mesure-t-on l'indice de brillant spéculaire des surfaces courbes aujourd'hui ?

➔ Long, pénible, non traçable... pourtant majoritairement répandu !

Utilisation de têtes réduites afin que la courbure locale soit presque plane
➔ La taille de spot est différente ? Quid des surfaces texturées ?

Développer une mesure de brillant basée sur l'analyse d'image

Buckels, S., Audenaert, J., Henseler, P., Leloup, F.B., 2022.
Development of an image-based measurement instrument for gloss characterization. *J Coat Technol Res* 19, 1567-1582.
<https://doi.org/10.1007/s11998-022-00830-0>

© EssilorLuxottica - September 2023 - Confidential - Do not disclose, copy or distribute. | Group R&D Lenses | Jent's lighting laboratory | KU LEUVEN

Effet de la courbure de la surface sur la mesure de l'indice de brillant spéculaire

Topographie

BRDF*

Indice de brillant spéculaire

Simulations optiques

Mini glossmètre

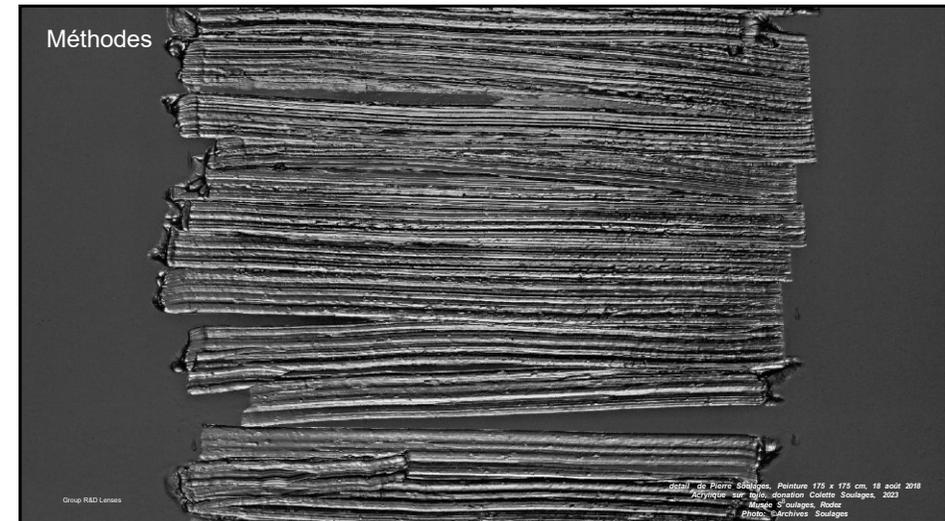
Glossmètre classique

Glossmètre imageur

Intercomparisons

*Bidirectional Reflectance Distribution Function

© EssilorLuxottica - September 2023 - Confidential - Do not disclose, copy or distribute. | Group R&D Lenses | Jent's lighting laboratory | KU LEUVEN



Construction de l'échelle

Surfaçage

Polissage

Sablage de la face arrière

Echelle G (gloss)

Echelles S & M (Satinée & Matte)

Painting of the sanded face

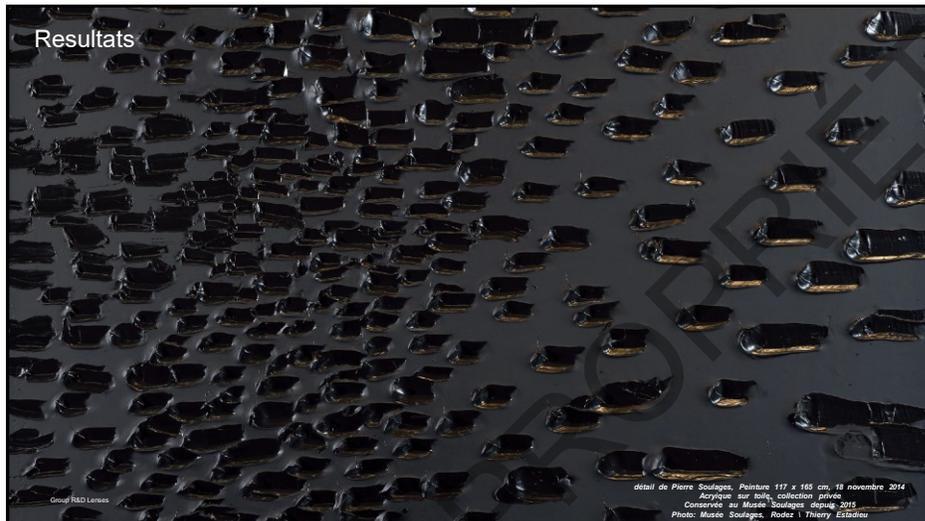
Painting of the polished face

Group R&D Lenses | EssilorLuxottica - September 2023 | Confidential - Do not disclose, copy or distribute | 9 | EssilorLuxottica | KU LEUVEN

Échantillons vus sous un tube fluorescent

Echelle G				
Echelle S				
Echelle M				
	Concave, R= - 65 mm	Concave, R= -145 mm	...	Plan	...	Convexe, R= 145 mm	Convexe, R= 65 mm

Group R&D Lenses | EssilorLuxottica - September 2023 | Confidential - Do not disclose, copy or distribute | 10 | EssilorLuxottica | KU LEUVEN



Topographie des échantillons

Profilomètre optique (Coherence Scanning Interferometry)

Echantillons vus sous une lampe de bureau

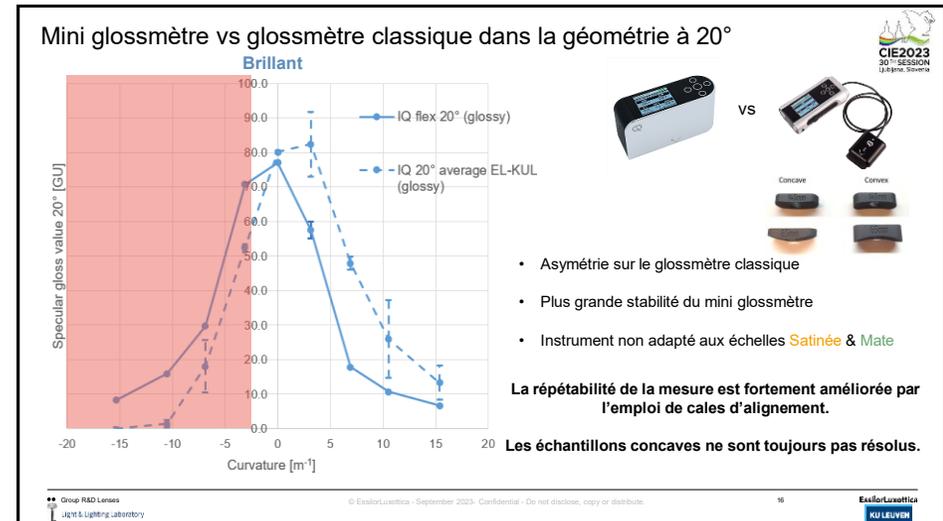
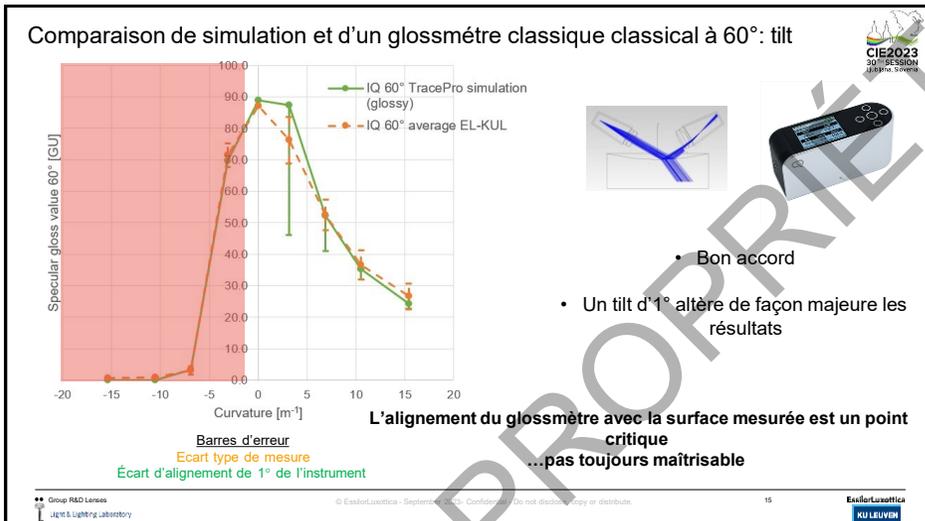
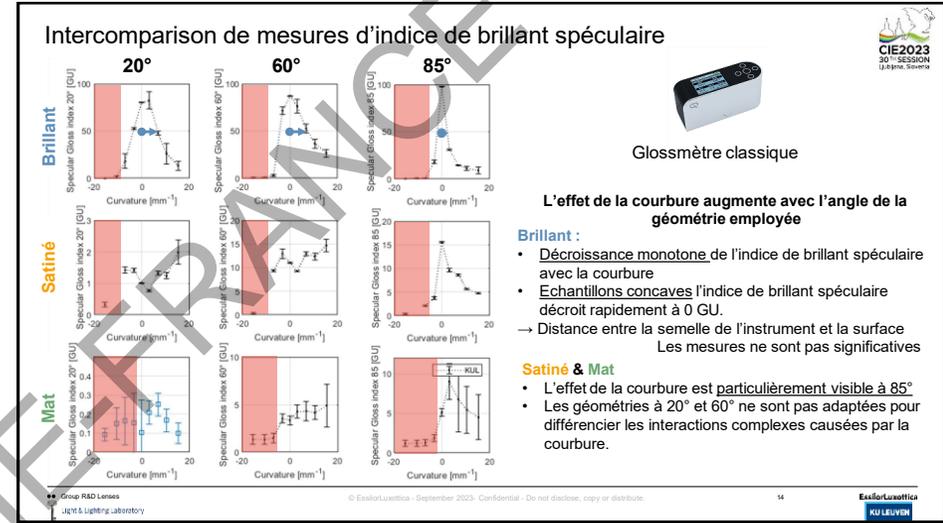
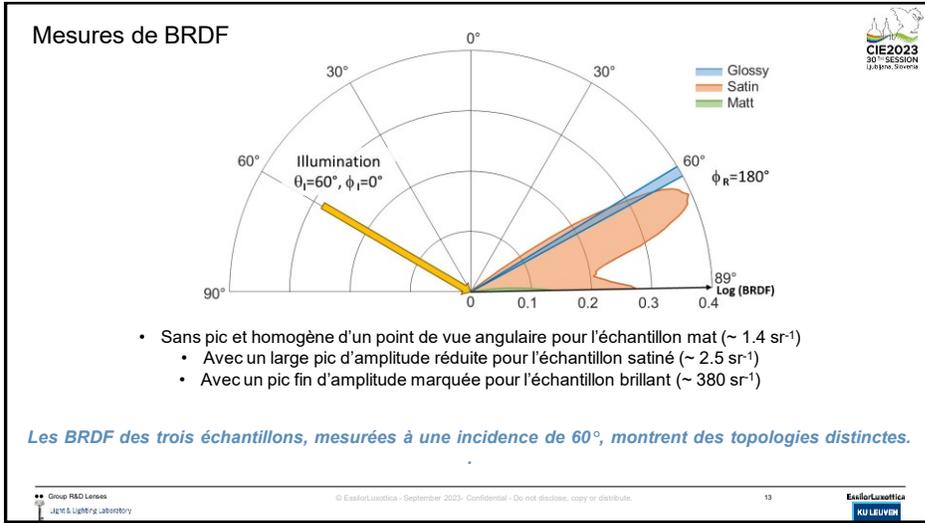
Plan G Plan S Plan M

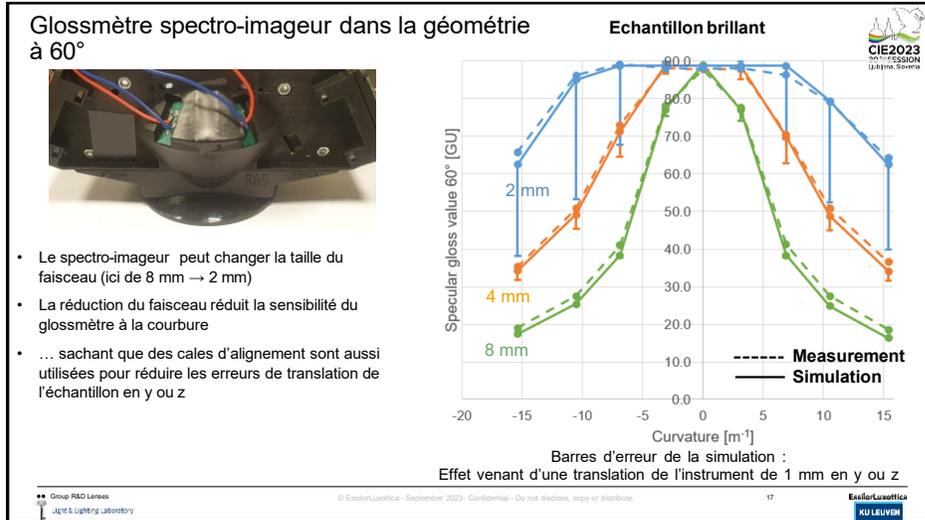
Cartes d'altitude

X : 2.9942 mm	X : 3.0019 mm	X : 2.9968 mm
Sq = 0.05 µm	Sq = 4 µm	Sq = 5.5 µm

Plus l'échantillon est brillant plus sa surface est lisse (sic !).
Cette affirmation est aussi vérifiée pour les échantillons courbes
au travers d'une analyse des densités spectrales de puissances des échantillons.

Group R&D Lenses | EssilorLuxottica - September 2023 | Confidential - Do not disclose, copy or distribute | 12 | EssilorLuxottica | KU LEUVEN





Conclusion



Conclusion

- La mesure du brillant des surfaces courbes est un besoin industriel.
- La définition classique de l'indice de brillant reposant sur des ouvertures fixes, ne décrit pas correctement les échantillons courbes.
- Les glossmètres imageurs peuvent fournir de la flexibilité sur les dimensions des ouvertures.

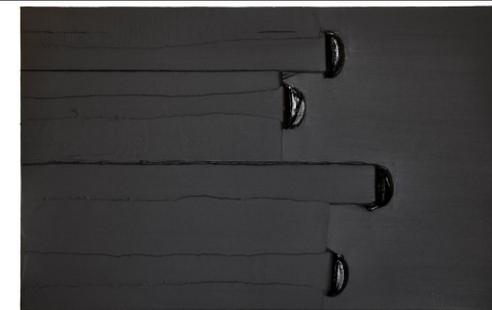
- L'alignement entre glossmètre et échantillon n'est pas trivial.
- D'importantes erreurs de mesures peuvent être faites..
- En échantillonnant des surfaces plus petites, les statistiques des paramètres de surface locaux peuvent évoluer.

What next ?

- Deriver un indice de brillant spéculaire basé sur des pics de BRDF.
- Etudier les différences entre indice de brillant spéculaire basé sur la BRDF et gloss index classique?
- En attendant... imprimer des cales d'alignement!

Group R&D Lenses | EssilorLuxottica | September 2023 | Confidential - Do not disclose, copy or distribute. | KU LEUVEN

Thank you.



Les auteurs souhaitent remercier:

- Rhopton Instruments Ltd. (UK) pour leur soutien et la réalisation de différents équipements de cette étude, notamment pour l'impression 3D de cales.
 - Equipe plateforme surfacage EssilorLuxottica, Mme Kamphon Sisavanh, Mme Sylvie Rivière et M.Guillaume Basselin pour le surfacage des échantillons.
 - Mme Héléne Marty & Mme. Amandine Meunier du Centre de documentation Pierre Encrevé, Musée Soulages, Rodez pour les images des tableaux de images of Soulages.
- Group R&D Lenses | EssilorLuxottica | September 2023 | Confidential - Do not disclose, copy or distribute. | KU LEUVEN

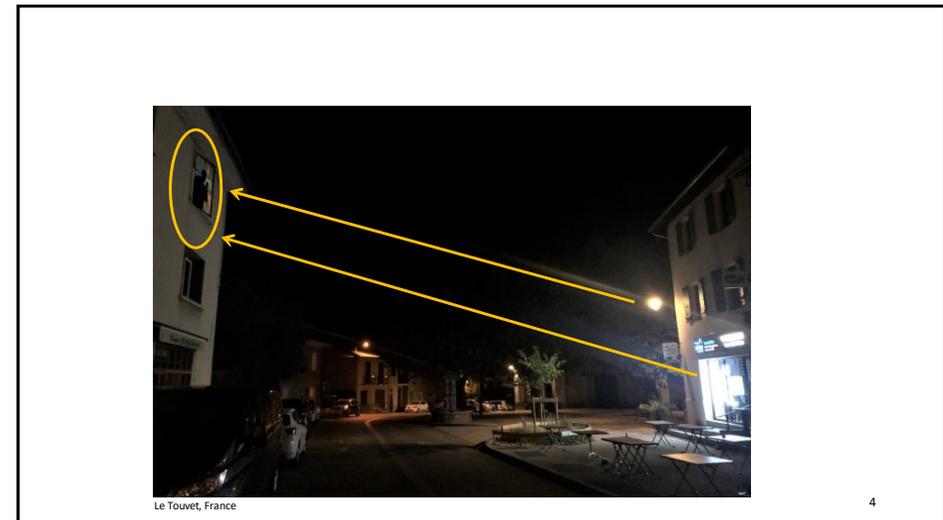
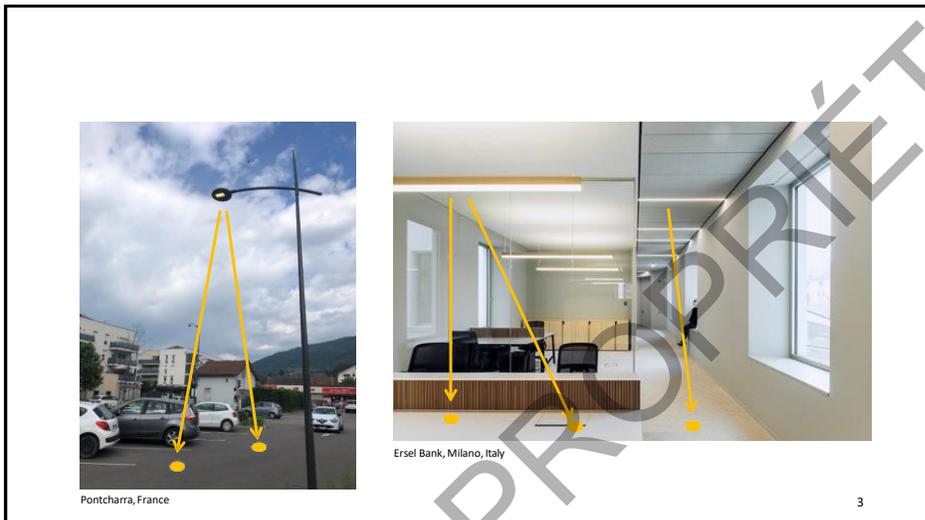
INNOVATIVE LIGHTING TECHNOLOGIES
CIE2023 30TH SESSION Ljubljana, Slovenia September 15-23, 2023

CSTB
le futur en construction

Démêler la lumière dans les environnements lumineux « bruités »

Christophe Martinsons
CSTB Grenoble

1

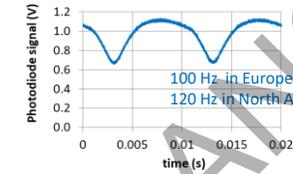


« empreinte électrique » de la lumière

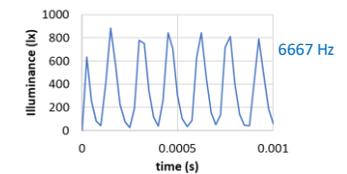
La modulation temporelle

5

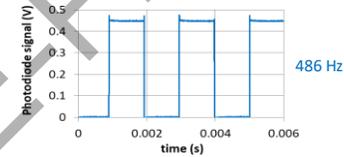
Mains-powered lamps, luminaires, LED modules,



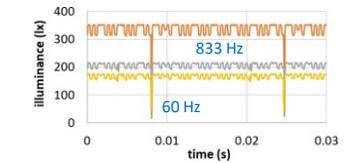
Electronic displays



Dimmable/tunable LEDs in signs, displays, architectural & entertainment lighting, ...



Digital dynamic displays



6

Deux étapes :

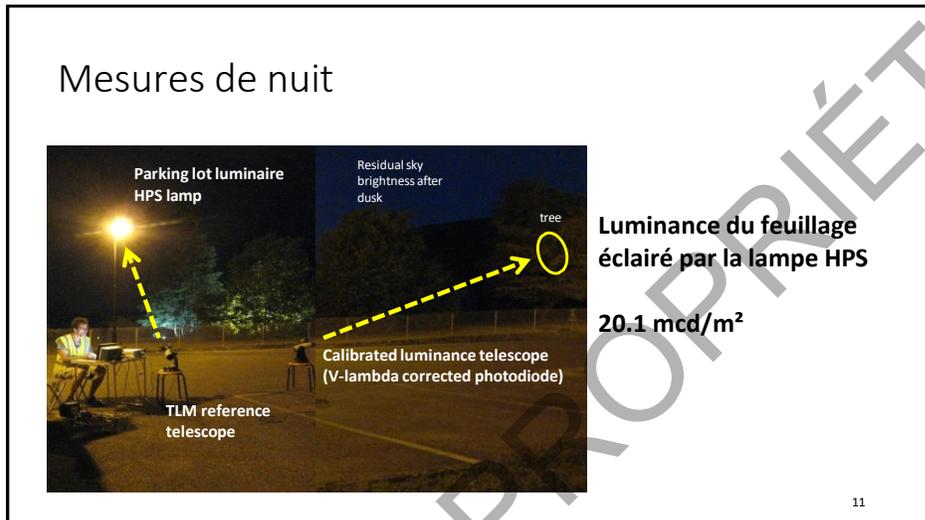
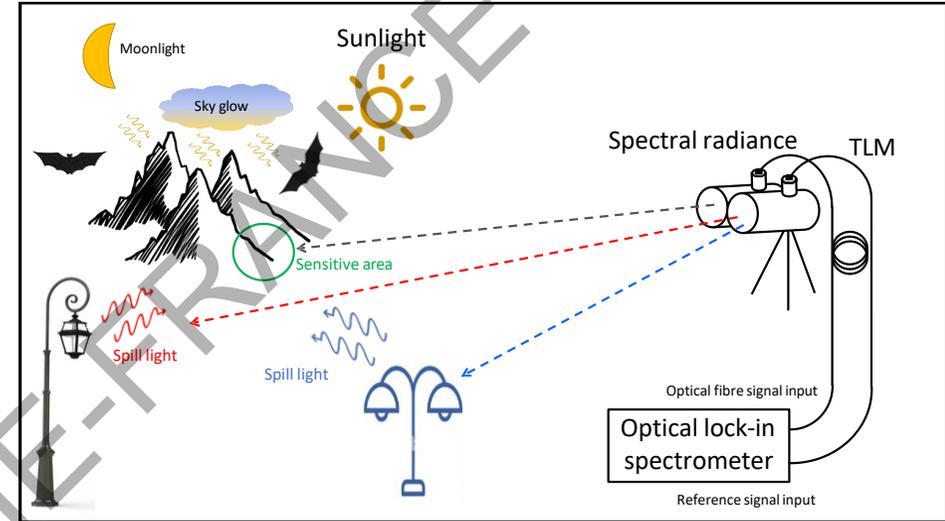
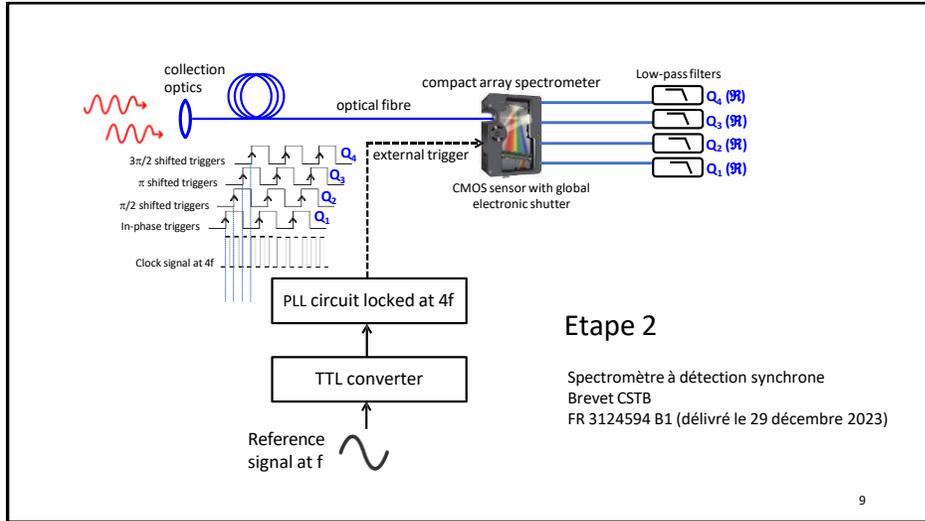
- (1) Télédétection d'une source lumineuse pour mesurer sa modulation temporelle de la lumière en temps réel
- (2) Asservissement des mesures optiques à la fréquence et à la phase de la modulation temporelle de la lumière à l'aide de la détection synchrone

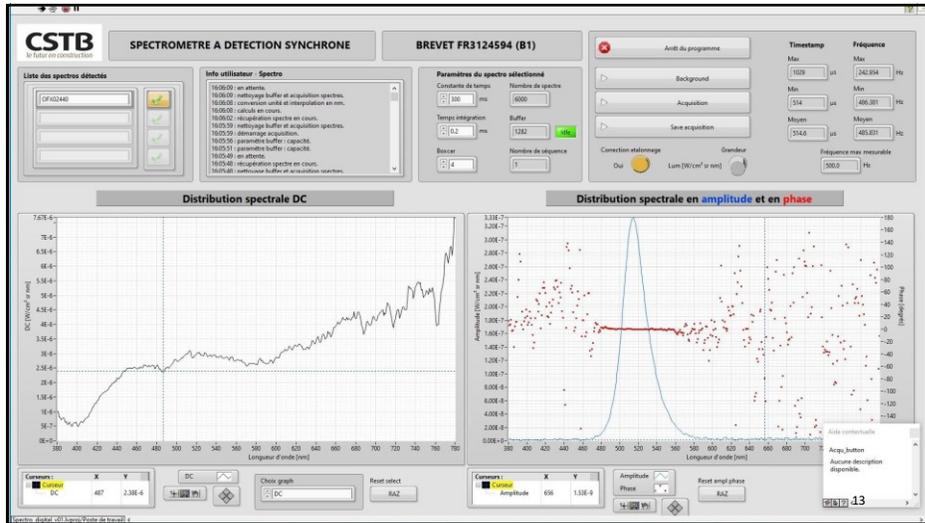
7

Etape 1 : Télédétection de la modulation temporelle



8





Conclusions

La modulation temporelle de la lumière est la « signature électrique » de la lumière. Elle peut être mesurée à distance et sans contact.

Cette signature est utilisée pour effectuer une détection synchrone, et mesurer une « lumière d'intérêt » en rejetant les lumières provenant d'autres sources

Marquage TLM de la lumière à la source

→ traçage des performances et des nuisances lumineuses

Enoch SAINT JACQUES
Roland BREMOND
François EYMOND
Kévin MORVAN

Floriège des présentations françaises à la conférence quadriennale de la CIE de septembre 2023

30 janvier 2024

FUTURE
INVENTER LES VILLES DE DEMAIN

REFLEC
Tivity

INNOVATIVE LIGHTING TECHNOLOGIES
CIE2023 30th SESSION
Ljubljana, Slovenia
September 10-23, 2023

Réflexions sur l'évolution de la clarté et de la specularité des surfaces routières en fonction des angles d'observation, à partir d'une base de données des propriétés de réflexion de matériaux urbains

Université Gustave Eiffel

Introduction

- Deux descripteurs d'une surface routière sont habituellement utilisés dans le dimensionnement de l'éclairage public [1] :
- Le coefficient de luminance moyenne ou coefficient de clarté Q_0 [1].

$$Q_0 = \frac{\int_0^{\pi/2} q \, d\Omega}{\Omega_0}$$
- Le coefficient de specularité $S1$

$$S1 = \frac{r(\gamma = 2, \beta = 0^\circ)}{r(\gamma = 0, \beta = 0^\circ)}$$
- Ils sont calculés à partir des propriétés de réflexion de la lumière (BRDF) des surfaces routières :

$$q = \frac{L}{E}$$

[1] CIE 1984, CIE 066:1984, Road Surfaces and Lighting, Vienna: CIE.

Université Gustave Eiffel

Introduction

- Toutefois, ces descripteurs sont tirés de : [2, 3].
- BRDF partielles (appelées tables-r) car seul l'angle d'observation de 1° de l'automobiliste sur une route extra-urbaine est considéré.
- Et sont utilisés pour une classification des surfaces routières fondée sur des routes aux caractéristiques techniques dépassées.

Indicatrice de réflexion, de Boer 1967 [1]

- D'où la nécessité de disposer de BRDF complètes de surfaces récentes.
- On se propose d'utiliser une base de données publiques de BRDF mesurées [4] pour évaluer la performance des indicateurs Q_0 and $S1$.

1 CIE 1984, CIE 066:1984, Road Surfaces and Lighting, Vienna: CIE.
 2 DUMONT, E., FAUMIER, J.-L., LEDOUX, V. 2008. Are standard r-tables still representative of road surface photometric characteristics in France? CIE International Symposium on Road Surface Photometric Characteristics, Torino.
 3 GREFFIER, F., MUZET, V., BOUCHER, V., FOURNELA, F., LEBOUIC, L. & LIANDRAT S. 2021. Influence of Pavement Heterogeneity and Observation Angle on Lighting Design: Study with New Metrics. Sustainability 13, 11789.
 4 MORVAN, K., SAINT-JACQUES, E., & BREMOND, R. 2022. BRDF (BI-DIRECTIONAL REFLECTANCE DISTRIBUTION FUNCTION) database of urban materials. DOI:10.57745/WZ28RL
<https://entrapot.cercherche.data.gouv.fr/dataset.html?persistentId=doi:10.57745/WZ28RL>

Université Gustave Eiffel

Matériel & Mesures

- Mesures de BRDF complètes sur le gonioréfectomètre de l'Université Gustave Eiffel [5]
- UMBD : Urban Materials Brdf Database [4]
- 50+ matériaux urbains (dont des surfaces routières) pour des applications de Réalité Virtuelle
- Mesures complémentaires de tables-r sur 22 surfaces routières de la base à différents angles d'observation α :

- 1°
- 3°
- 10°
- et 85°

Matériau	UMBD_1	UMBD_2	UMBD_3	UMBD_4	UMBD_5
Matériau	UMBD_6	UMBD_7	UMBD_8	UMBD_9	UMBD_10
Matériau	UMBD_11	UMBD_12	UMBD_13	UMBD_14	UMBD_15
Matériau	UMBD_16	UMBD_17	UMBD_18	UMBD_19	UMBD_20
Matériau	UMBD_21	UMBD_22	UMBD_23	UMBD_24	UMBD_25
Matériau	UMBD_26	UMBD_27	UMBD_28	UMBD_29	UMBD_30
Matériau	UMBD_31	UMBD_32	UMBD_33	UMBD_34	UMBD_35
Matériau	UMBD_36	UMBD_37	UMBD_38	UMBD_39	UMBD_40
Matériau	UMBD_41	UMBD_42	UMBD_43	UMBD_44	UMBD_45
Matériau	UMBD_46	UMBD_47	UMBD_48	UMBD_49	UMBD_50

4 MORVAN, K., SAINT-JACQUES, E., & BREMOND, R. 2022. BRDF (BI-DIRECTIONAL REFLECTANCE DISTRIBUTION FUNCTION) database of urban materials. DOI:10.57745/WZ28RL.
 5 SAINT-JACQUES, E., VIELLA, C., & DUMONT, E. 2017. Characterisation of the reflection properties of road surfaces using an in-lab goniospectrophotometer. In Proc. of the conference on smart lighting better life at the CIE midterm meeting in Jyväskylä (FINL).

Université Gustave Eiffel

Trois pistes de réflexion

- ❏ Comparer Q_0 et $S1$ obtenus à partir de tables mesurées et à partir de tables interpolées (issues des BRDF complètes) à tous les angles d'observation α .
- ❏ Modéliser l'évolution de Q_0 et $S1$ en fonction de l'angle d'observation α avec des fonctions paramétriques simples.
- ❏ Proposer une méthodologie de classification des surfaces routières en termes de Q_0 et $S1$, tenant compte de plusieurs angles d'observation α .

Université Gustave Eiffel
5/12

Réflexions # 1

Interpolation trilineaire selon les angles d'observation et d'éclairage α, β et γ

BRDF mesurées

Tables r interpolées pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

Calculs de Q_0 et $S1$ pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

$Q_0, S1$ pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

Tables r mesurées pour $\alpha = 1^\circ, 3^\circ, 10^\circ, 85^\circ$

Calculs de Q_0 et $S1$ pour $\alpha = 1^\circ, 3^\circ, 10^\circ, 85^\circ$

$Q_0, S1$ pour $\alpha = 1^\circ, 3^\circ, 10^\circ, 85^\circ$

Université Gustave Eiffel
6/12

Réflexions # 2

Interpolation trilineaire selon les angles d'observation et d'éclairage α, β et γ

BRDF mesurées

Tables r interpolées pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

Calculs de Q_0 et $S1$ pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

$Q_0, S1$ pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

Modélisation de Q_0 and $S1$:
 $Q_0(\alpha) = a \times \alpha^b$
 $S1(\alpha) = c \times \ln(\alpha) + d$

$Q_0, S1$ modélisés à partir de BRDF interpolées pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

Tables r mesurées pour $\alpha = 1^\circ, 3^\circ, 10^\circ, 85^\circ$

Calculs de Q_0 et $S1$ pour $\alpha = 1^\circ, 3^\circ, 10^\circ, 85^\circ$

$Q_0, S1$ pour $\alpha = 1^\circ, 3^\circ, 10^\circ, 85^\circ$

Modélisation de Q_0 et $S1$:
 $Q_0(\alpha) = a \times \alpha^b$
 $S1(\alpha) = c \times \ln(\alpha) + d$

$Q_0, S1$ modélisés à partir de tables mesurées pour $\alpha = [1^\circ; 90^\circ]$

Université Gustave Eiffel
7/12

Réflexions # 3 (1/3)

Classification des surfaces routières en fonction de Q_0 et $S1$.

- ❏ Les classifications actuelles des surfaces routières (e.g. R1-R4) sont fondées uniquement sur $S1$ et uniquement pour $\alpha = 1^\circ$.
- ❏ Différents usages/ Différents usagers hors agglomération [1]; 3° (automobilistes en ville) [6]; 10° (piétons ou cyclistes) [7,8]; et 85° (skyglow) [7];
- ❏ Plus l'angle d'observation est élevé, plus diffuse (R-classe descendante) et plus sombre (Q_0 descendant) est la surface.
- ❏ La plupart des échantillons changent de classe dans l'intervalle $1^\circ-10^\circ$.
- ❏ Donc, si l'on considère $\alpha = 1^\circ$ comme un proxy pour 3° or 10° , on surestime souvent la classe mais on ne la sous-estime jamais.

[1] CIE 1984. CIE 066:1984. Road Surfaces and Lighting. Vienna: CIE.
 [6] European Committee for Standardization. 2018. Road marking materials - Road marking performance for road users and test methods. EN 1446:2018. Brussels: CEN.
 [7] CHAN, C. MARCANTU, V. 2008. r-tables for other observation angles: specific need for two applications in the field of public lighting. CIE International Symposium on Road Surface Photometric Characteristics, Torino.
 [8] FOTIOS, S., LITTLE, J., CHEAL, C., HARA, N. 2015. Using eye-tracking to identify pedestrians' critical visual tasks, Part 1. Dual task approach. Lighting Research and Technology. Vol. 47. 133-149

Université Gustave Eiffel
8/12

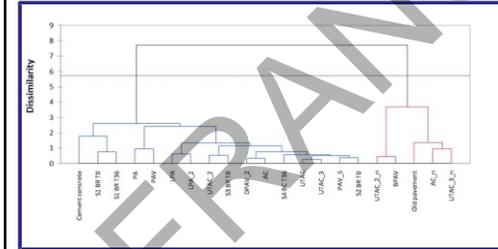
Réflexions # 3 (2/3)

Comment définir la distance euclidienne entre échantillons en tenant compte des angles d'observation ?

- ✘ Est-ce que les données, d'elles-mêmes, peuvent nous conduire à une classification intuitive, grâce à une clustérisation des surfaces en termes de Q_0 , S_1 , et tenant compte des angles d'observation ?
- ✘ On définit une distance euclidienne entre échantillons intégrant les différents angles d'observation.
- ✘ On réalise une Classification Ascendante Hiérarchique à partir de ces distances, qui nous permet de regrouper les configurations les plus proches en termes de la distance définie.

Réflexions # 3 (3/3)

Comment définir la distance euclidienne entre échantillons en tenant compte des angles d'observation ?



- ✘ 2 clusters : échantillons clairs (en rouge) et échantillons sombres (en bleu)
- ✘ Il faudrait aller voir plus en détail les caractéristiques des sous-clusters (notamment pour les échantillons sombres).
- ✘ Autre définition de la distance en ne moyennant pas sur les angles d'observation, mais en définissant une distance euclidienne **entre échantillons et entre angles d'observation** pour déterminer la prépondérance de l'angle d'observation sur les propriétés du matériau ou l'inverse.
- ✘ Nécessité d'avoir plus de données

Conclusions

- ✘ BDD de BRDF de matériaux urbains, destinée à des applications de Réalité Virtuelle => exploitation de la BDD aux problématiques de l'éclairage public.
- ✘ Méthodologie pour déduire (Q_0, S_1) à tous les angles d'observation à partir d'observation à des angles moins sujets aux erreurs de mesures ou des mesures avec des incertitudes trop élevées.
- ✘ Proposition d'une méthodologie de classification de la performance des surfaces routières, tenant compte des usagers (angles d'observation).
- ✘ Résultats à approfondir
 - ✘ **gdéterminer des classes de performance en fonction de l'usage et non des classes de matériaux**
 - ✘ **comparer à l'actuelle R-classification des matériaux**
 - ✘ **Nécessité de considérer une base de données plus importante et plus représentative des surfaces routières actuelles.**

Un bras robotique est utilisé pour mesurer la BRDF de matériaux urbains. L'image montre le bras positionné au-dessus d'un échantillon de matériau, avec des capteurs et des sources lumineuses.

Merci de votre attention
Enoch SAINT JACQUES
enoch.saint-jacques@univ-eiffel.fr

MORVAN, K., SAINT-JACQUES, E., and BREMOND, R. 2022. BRDF (BIDIRECTIONAL REFLECTANCE DISTRIBUTION FUNCTION) database of urban materials. DOI:10.57745/WEZ8RL. <https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.57745/WEZ8RL>

THE 30th QUADRENNIAL SESSION OF THE CIE – COME JOIN US!

CIE2023
30th SESSION
Ljubljana, Slovenia
September 15–23, 2023

INNOVATIVE LIGHTING TECHNOLOGIES

ÉTUDE EXPLORATOIRE VISANT À DÉFINIR DE NOUVELLES GÉOMÉTRIES D'OBSERVATION POUR LA CONCEPTION DE L'ÉCLAIRAGE ROUTIER

L. Lebouc, V. Boucher, F. Greffier, A. Nicolai, P. Richard

Cerema
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SUR LES TRANSPORTS

LEITE
LABORATOIRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SUR L'ÉCLAIRAGE

sign'light solutions

CONTEXTE

Géométrie de mesure : 1m50, 1° sous l'horizontale

- Adaptée à la conduite interurbaine (entre 70 et 90 km/h)

Cerema
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SUR LES TRANSPORTS

CIE France – 3001/24 – Laure LEBOUIC – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier

CONTEXTE

Géométrie de mesure : 1m50, 1° sous l'horizontale

- Adaptée à la conduite interurbaine (entre 70 et 90 km/h)

En ville, vitesse entre 30 et 50 km/h

- Distance d'observation diminuée → angle augmente

Cerema
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SUR LES TRANSPORTS

CIE France – 3001/24 – Laure LEBOUIC – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier

CONTEXTE

Géométrie de mesure : 1m50, 1° sous l'horizontale

- Adaptée à la conduite interurbaine (entre 70 et 90 km/h)

En ville, vitesse entre 30 et 50 km/h

- Distance d'observation diminuée → angle augmente

Autres usagers : cyclistes, piétons

Cerema
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SUR LES TRANSPORTS

CIE France – 3001/24 – Laure LEBOUIC – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier

CONTEXTE

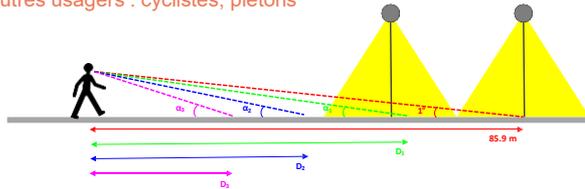
Géométrie de mesure : 1m50, 1° sous l'horizontale

- Adaptée à la conduite interurbaine (entre 70 et 90 km/h)

En ville, vitesse entre 30 et 50 km/h

- Distance d'observation diminue → angle augmente

Autres usagers : cyclistes, piétons



QUESTIONS DE RECHERCHE

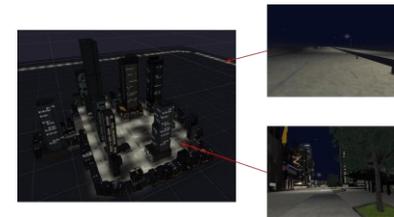
Où les usagers regardent-ils lorsqu'ils se déplacent la nuit ?

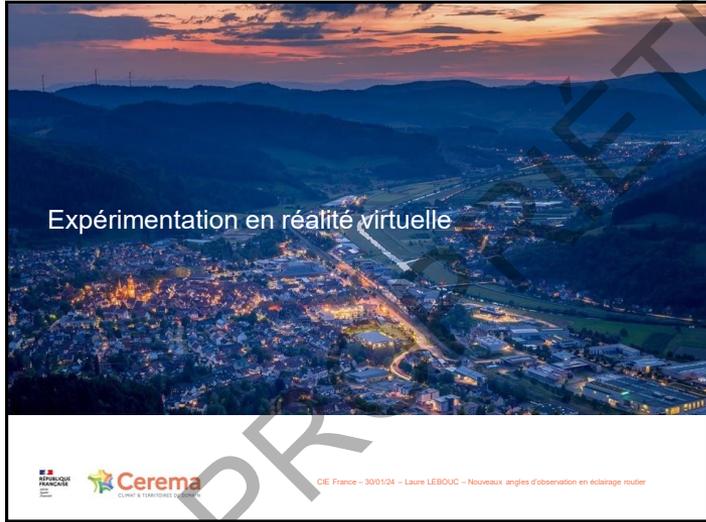
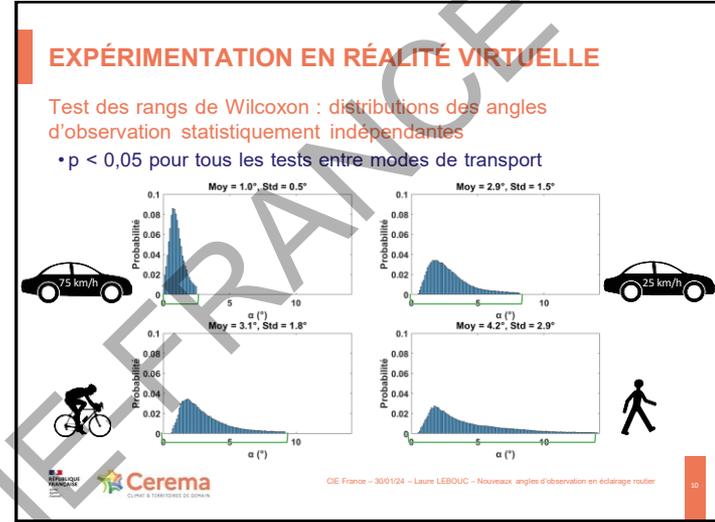
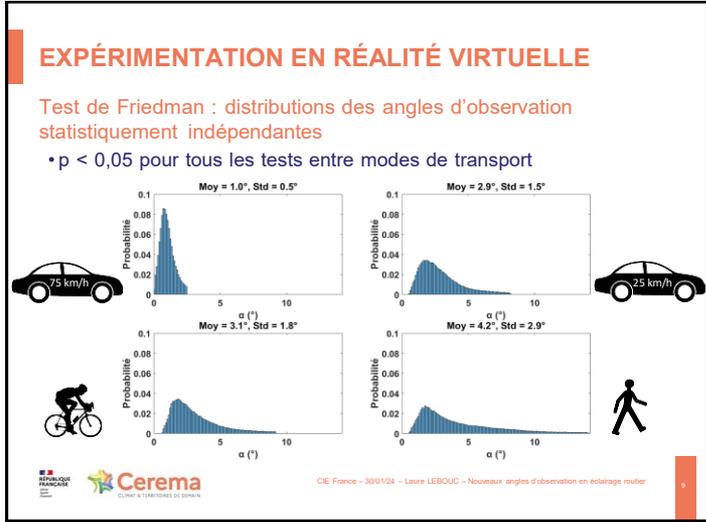
Quelle est l'évolution des critères de performance de l'éclairage routier et du niveau de visibilité d'une cible en fonction du changement d'angle d'observation ?

Expérimentation en réalité virtuelle



EXPÉRIMENTATION EN RÉALITÉ VIRTUELLE





IMPACT SUR LES PERFORMANCES

Évaluation par simulation et par mesure sur site expérimental

- Automobiliste interurbain : 1°
- Automobiliste urbain et cycliste : 3°
- Piéton : 5°

} Observateur mobile

Angle α	L_{moy} (en cd.m ⁻²)		U_0		U_l		$ VL \geq 7$	
1°	1.22	1.16	0.78	0.63	0.72	0.76	100 %	100 %
3°	0.98	0.86	0.76	0.60	0.71	0.72	100 %	100 %
5°	0.89	0.69	0.74	0.65	0.71	0.73	100 %	100 %

12

IMPACT SUR LES PERFORMANCES

$\alpha \nearrow \rightarrow L_{moy} \searrow$ sans affecter les uniformités

- Réduction du pouvoir réfléchissant de la chaussée

Angle α	L_{moy} (en cd.m ⁻²)		U_0		U_l		$ VL \geq 7$	
1°	1.22	1.16	0.78	0.63	0.72	0.76	100 %	100 %
3°	0.98	0.86	0.76	0.60	0.71	0.72	100 %	100 %
5°	0.89	0.69	0.74	0.65	0.71	0.73	100 %	100 %

CIE France – 300/124 – Laure LEBOUÇ – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier 13

IMPACT SUR LES PERFORMANCES

$\alpha \nearrow \rightarrow L_{moy} \searrow$ sans affecter les uniformités

- Réduction du pouvoir réfléchissant de la chaussée

Visibilité non affectée

- Taille apparente de la cible augmente

Angle α	L_{moy} (en cd.m ⁻²)		U_0		U_l		$ VL \geq 7$	
1°	1.22	1.16	0.78	0.63	0.72	0.76	100 %	100 %
3°	0.98	0.86	0.76	0.60	0.71	0.72	100 %	100 %
5°	0.89	0.69	0.74	0.65	0.71	0.73	100 %	100 %

CIE France – 300/124 – Laure LEBOUÇ – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier 14

Adaptation des recommandations

CIE France – 300/124 – Laure LEBOUÇ – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier

ADAPTATION DES RECOMMANDATIONS

M3	Flux: 4150 lumens	α	L_{moy} (en cd.m ⁻²)	U_0	U_l	f_{TI} (in %)	$ VL \geq 7$
		1°	1.00	0.44	0.72	9.6	87 %
		3°	0.80	0.43	0.71	9.3	100 %
M4	Flux: 3125 lumens	α	L_{moy} (en cd.m ⁻²)	U_0	U_l	f_{TI} (in %)	$ VL \geq 7$
		1°	0.75	0.44	0.72	9.1	85 %
		3°	0.60	0.43	0.71	8.8	100 %
M5	Flux: 2100 lumens	α	L_{moy} (en cd.m ⁻²)	U_0	U_l	f_{TI} (in %)	$ VL \geq 7$
		1°	0.50	0.44	0.72	8.3	80 %
		3°	0.40	0.43	0.71	8.1	98 %
M6	Flux: 1250 lumens	α	L_{moy} (en cd.m ⁻²)	U_0	U_l	f_{TI} (in %)	$ VL \geq 7$
		1°	0.30	0.44	0.72	7.5	68 %
		3°	0.24	0.43	0.71	7.3	93 %

CIE France – 300/124 – Laure LEBOUÇ – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier 16



CONCLUSION

Expérience de réalité virtuelle :
Effet significatif du mode de déplacement sur l'angle d'observation et sa dispersion

- Automobiliste interurbain : 1°
- Automobiliste urbain et cycliste : 3°
- Piéton : 5°




CIE France – 300/124 – Laure LEBOUÇ – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier

CONCLUSION

Expérience de réalité virtuelle :
Effet significatif du mode de déplacement sur l'angle d'observation et sa dispersion

- Automobiliste interurbain : 1°
- Automobiliste urbain et cycliste : 3°
- Piéton : 5°

Simulations et mesures sous éclairage routier :
Angle d'observation augmente → Luminance moyenne diminue

- Visibilité n'est pas affectée

Possibilité de déclasser une classe d'éclairage pour un dimensionnement urbain avec $\alpha = 1^\circ$ → Economies d'énergie 




CIE France – 300/124 – Laure LEBOUÇ – Nouveaux angles d'observation en éclairage routier

Merci de votre attention




Exploratory study to define new observation geometries for road lighting design
(Etude exploratoire visant à définir de nouvelles géométries d'observation pour la conception de l'éclairage routier)

Laure LEBOUÇ, Vincent Boucher, Florian GREFFIER, Aurélie NICOLAI, Paul RICHARD
laure.lebouc@cerema.fr



Qd OU Q0 POUR METTRE A L'ÉCHELLE LES TABLES-R STANDARDS LORS DE LA CONCEPTION D'UNE INSTALLATION D'ÉCLAIRAGE ? LA QUESTION MÉRITE D'ÊTRE POSÉE.

Greffier, F.¹, Schulze, C.², Boucher, V.¹, Liandrat, S.³, Muzet, V.⁴

¹ Cerema, EL, F-49130, Les Ponts-de-Cé, France
² Technische Universität Dresden, Lighting and Vision Lab, Dresden, Germany
³ Cerema, STI, F-63000, Clermont-Ferrand, France
⁴ Cerema, ENDSUM, F-67000, Strasbourg, France

30/01/2024 – Paris, France




INTRODUCTION

Contexte

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

2




INTRODUCTION

Contexte

- Optimisation des installations d'éclairage routier
- Meilleure visibilité pour les usagers
- Economies d'énergie
- Limitation des nuisances lumineuses

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

3




INTRODUCTION

Contexte

- Optimisation des installations d'éclairage routier
- Meilleure visibilité pour les usagers
- Economies d'énergie
- Limitation des nuisances lumineuses
- Meilleur moyen de faire des économies d'énergie
- Remplacement des sources énergivores par des LED
- Mesurer les propriétés réelles de réflexion des revêtements

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

4



INTRODUCTION



Contexte

- Pratiques actuelles
- Manque de connaissances sur les propriétés réelles des revêtements (absence de mesures, évolution avec l'âge, influence des conditions météorologiques, etc.)
- Utilisation quasi systématique des tables-r standards définies par la CIE dans les années 70



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

5

INTRODUCTION



Contexte

- Pratiques actuelles
- Manque de connaissances sur les propriétés réelles des revêtements (absence de mesures, évolution avec l'âge, influence des conditions météorologiques, etc.)
- Utilisation quasi systématique des tables-r standards définies par la CIE dans les années 70

- Tables-r standards ≠ propriétés de réflexion des revêtements actuels

(Chain et al., 2007; Dumont et al., 2008; Fotios et al., 2005; Gidlund et al., 2019; Jaccottet and Frith, 2009; Muzet et al., 2018; Muzet et al., 2022)



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

6

INTRODUCTION



Question de recherche

Comment mieux utiliser les tables-r standards de la CIE ?



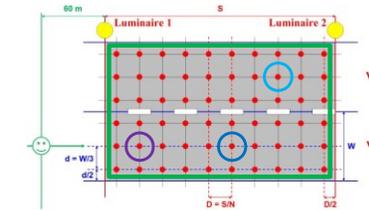
Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

7

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER



Critères de qualité d'une installation d'éclairage



$$L_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{N}$$

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{ave}}$$

$$U_l = \frac{L_{min,axe}}{L_{max,axe}}$$



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

8

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER



Critères de qualité d'une installation d'éclairage

Classe	L_{ave}	U_0	U_1
M1	2,00 cd/m ²	0,40	0,70
M2	1,50 cd/m ²	0,40	0,70
M3	1,00 cd/m ²	0,40	0,60
M4	0,75 cd/m ²	0,40	0,60
M5	0,50 cd/m ²	0,35	0,40
M6	0,30 cd/m ²	0,35	0,40



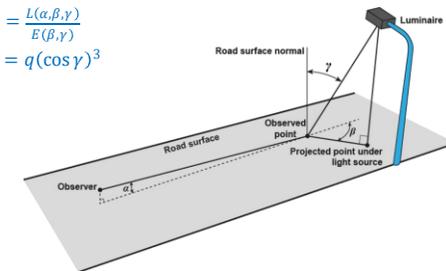
Qd ou Q0 pour mettre a l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER



Propriétés de réflexion des revêtements

- Paramètres pour les caractériser
 - Coefficient de luminance : $q = \frac{L(\alpha, \beta, \gamma)}{E(\beta, \gamma)}$
 - Coefficient de luminance réduit : $r = q(\cos \gamma)^3$
- $\rightarrow L = qE = q(\cos \gamma)^3 \frac{I}{H^2} = r \frac{I}{H^2}$



Qd ou Q0 pour mettre a l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER



Tables-r

- 580 valeurs de r pour les valeurs d'angle suivantes :
- 1 valeur pour $\alpha = 1^\circ$
- 20 valeurs de β entre 0° et 180°
- 29 valeurs de γ entre 0° et 85.2°

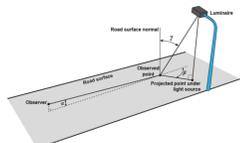
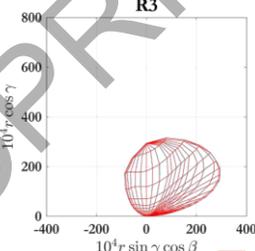


Table R3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



Qd ou Q0 pour mettre a l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER



Propriétés de réflexion des revêtements

- Description macroscopique



Qd ou Q0 pour mettre a l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER

CIE2023
30th SESSION
LUX AND SCENE

Propriétés de réflexion des revêtements

- Description macroscopique
- Clarté :**
 - coefficient de luminance moyen $Q0 = \frac{1}{\Omega_0} \int_{\Omega_0} q \, d\Omega$
 - coefficient de luminance sous éclairage diffus $Qd = \frac{1}{\pi} \int_{\Omega_0} q \cos \gamma \, d\Omega$



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

13

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER

CIE2023
30th SESSION
LUX AND SCENE

Propriétés de réflexion des revêtements

- Description macroscopique
- Clarté :**
 - coefficient de luminance moyen $Q0 = \frac{1}{\Omega_0} \int_{\Omega_0} q \, d\Omega$
 - coefficient de luminance sous éclairage diffus $Qd = \frac{1}{\pi} \int_{\Omega_0} q \cos \gamma \, d\Omega$
- Spécularité :** - rapport de deux valeurs de r $S1 = \frac{r(\beta=0, \tan \gamma=2)}{r(\beta=0, \tan \gamma=0)}$



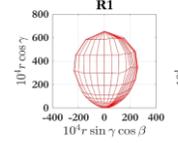
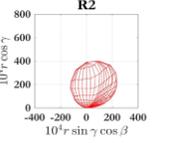
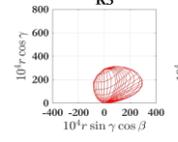
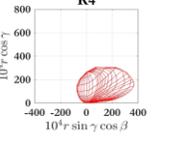
Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

14

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER

CIE2023
30th SESSION
LUX AND SCENE

Tables-r standards

Class		Standard r-table			
Name	S1 range	Name	Qd	Q0	S1
R1	$S1 < 0.42$	R1	0.087	0.100	0.25
RII	$0.42 \leq S1 < 0.85$	R2	0.057	0.070	0.58
RIII	$0.85 \leq S1 < 1.35$	R3	0.050	0.070	1.11
RIV	$1.35 \leq S1$	R4	0.052	0.080	1.55



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

15

BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER

CIE2023
30th SESSION
LUX AND SCENE

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle une table-r standard ?



→ An r-table, which is selected according to the S1 value and rescaled according to the Qd value, represents the road surface with a suitable accuracy.



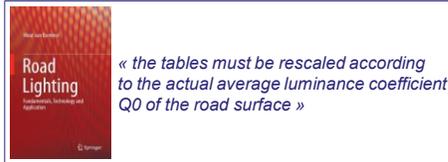
Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

16

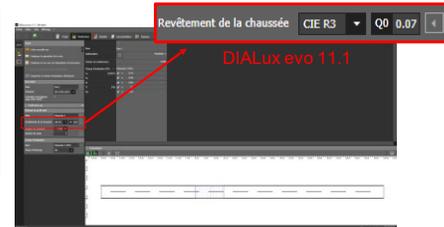
BASES EN ECLAIRAGE ROUTIER



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle une table-r standard ?



« the tables must be rescaled according to the actual average luminance coefficient Q0 of the road surface »



→ An r-table, which is selected according to the S1 value and rescaled according to the Qd value, represents the road surface with a suitable accuracy.



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

17

Qd OU Q0 ?



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

18

Qd OU Q0 ?



Bases de données de tables-r

Database	Number of r-tables	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
LCPC	287	13	107	85	82
LTL	286	146	93	37	10
P&L	60	41	9	5	5
BASt	57	36	6	3	12
METAS	41	23	9	6	3
All	731	259	224	136	112



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

19

Qd OU Q0 ?



Bases de données de tables-r

Database	Number of r-tables	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
LCPC	287	13	107	85	82
LTL	286	146	93	37	10
P&L	60	41	9	5	5
BASt	57	36	6	3	12
METAS	41	23	9	6	3
All	731	259	224	136	112



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

20

Qd OU Q0 ?

Bases de données de tables-*r*

Database	Number of <i>r</i> -tables	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
LCPC	287	13	107	85	82
LTL	286	146	93	37	10
P&L	60	41	9	5	5
BASt	57	36	6	3	12
METAS	41	23	9	6	3
All	731	259	224	136	112

Qd OU Q0 ?

Bases de données de tables-*r*

Database	Number of <i>r</i> -tables	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
LCPC	287	13	107	85	82
LTL	286	146	93	37	10
P&L	60	41	9	5	5
BASt	57	36	6	3	12
METAS	41	23	9	6	3
All	731	259	224	136	112

Qd OU Q0 ?

Bases de données de tables-*r*

Database	Number of <i>r</i> -tables	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
LCPC	287	13	107	85	82
LTL	286	146	93	37	10
P&L	60	41	9	5	5
BASt	57	36	6	3	12
METAS	41	23	9	6	3
All	731	259	224	136	112

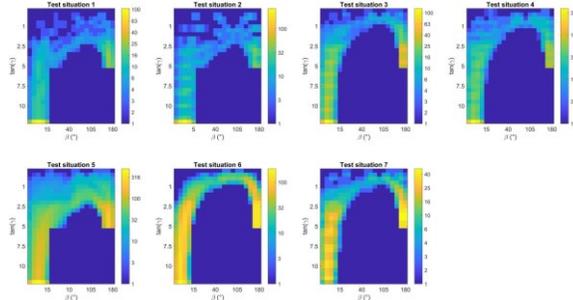
Qd OU Q0 ?

Bases de données de tables-*r*

Database	Number of <i>r</i> -tables	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
LCPC	287	13	107	85	82
LTL	286	146	93	37	10
P&L	60	41	9	5	5
BASt	57	36	6	3	12
METAS	41	23	9	6	3
All	731	259	224	136	112

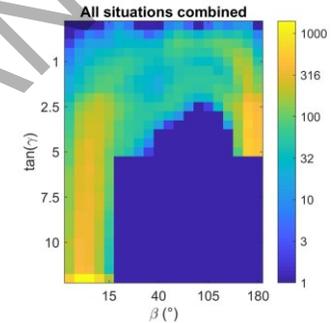
Qd OU Q0 ?

Calculs d'éclairage



Qd OU Q0 ?

Calculs d'éclairage



Qd OU Q0 ?

Méthodologie

Qd OU Q0 ?

Méthodologie

- Calcul d'une luminance moyenne de référence $L_{REF,sit}$ avec $sit = [1 \dots 7]$

Qd OU Q0 ?



Méthodologie

- Calcul d'une luminance moyenne de référence $L_{REF,sit}$ avec $sit = [1 \dots 7]$
- Détermination de la table- r standard correspondante



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables- r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

33

Qd OU Q0 ?



Méthodologie

- Calcul d'une luminance moyenne de référence $L_{REF,sit}$ avec $sit = [1 \dots 7]$
- Détermination de la table- r standard correspondante
- Calculs des luminances moyennes avec la table- r standard $L_{scaling,sit}$ avec $scaling = [no, Qd, Q0]$



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables- r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

34

Qd OU Q0 ?



Méthodologie

- Calcul d'une luminance moyenne de référence $L_{REF,sit}$ avec $sit = [1 \dots 7]$
- Détermination de la table- r standard correspondante
- Calculs des luminances moyennes avec la table- r standard $L_{scaling,sit}$ avec $scaling = [no, Qd, Q0]$
- Calculs des écarts

$$\delta_{scaling,sit} = \left| \frac{L_{scaling,sit} - L_{REF,sit}}{L_{REF,sit}} \right|$$



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables- r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

35

Qd OU Q0 ?



Méthodologie

- Calcul d'une luminance moyenne de référence $L_{REF,sit}$ avec $sit = [1 \dots 7]$
- Détermination de la table- r standard correspondante
- Calculs des luminances moyennes avec la table- r standard $L_{scaling,sit}$ avec $scaling = [no, Qd, Q0]$
- Calculs des écarts

$$\delta_{scaling,sit} = \left| \frac{L_{scaling,sit} - L_{REF,sit}}{L_{REF,sit}} \right|$$

$$\Delta_{scaling} = \frac{1}{7} \text{ } \square$$



sit=1



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables- r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

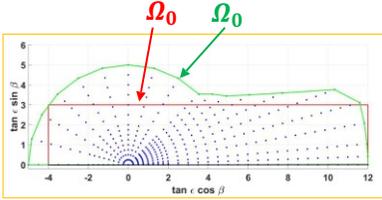
36

Qd OU Q0 ?



Méthodologie

- Obtention des valeurs de Qd et de $Q0$ en utilisant la méthode des trapèzes pour calculer numériquement les intégrales



$$Q0 = \frac{1}{\Omega_0} \int_{\Omega_0} q$$

$$Qd = \frac{1}{\pi} \int_{\Omega_0} q \cos \gamma$$



Boucher, V., Muzet, V., Iacomussi, P. (2023). Mathematical considerations for road reflection properties. In: Proceedings of the 30th Quadriennial Session of the CIE, International Commission on Illumination, Ljubljana, Slovenia, pp. 126-136.



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

37

Qd OU Q0 ?



Premiers résultats

	LCPC	LTL	P&L	BASt	METAS	All
Number of r-tables	287	286	60	57	41	731
no scaling	32	29	3	3	4	71
Type of scaling						
With Qd	164	181	18	27	22	412
With Q0	91	76	39	27	15	248



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

38

Qd OU Q0 ?



Seconds résultats

	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
Number of r-tables	259	224	136	112
no scaling	20	14	12	25
Type of scaling				
With Qd	163	112	78	59
With Q0	76	98	46	28



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

39

Qd OU Q0 ?

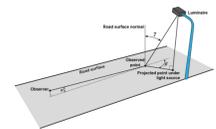


Seconds résultats

	Class RI	Class RII	Class RIII	Class RIV
Number of r-tables	259	224	136	112
no scaling	20	14	12	25
Type of scaling				
With Qd	163	112	78	59
With Q0	76	98	46	28

$$Q0 = \frac{1}{\Omega_0} \int_{\Omega_0} q$$

$$Qd = \frac{1}{\pi} \int_{\Omega_0} q \cos \gamma$$





Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

40

Qd OU Q0 ?



Troisièmes résultats

- $\Delta_{scaling} \leq 10\%$?



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

41

Qd OU Q0 ?



Troisièmes résultats

- $\Delta_{scaling} \leq 10\%$?

Scaling	LCPC	LTL	P&L	BAST	METAS	All
no scaling	17 %	30 %	12 %	28 %	32 %	23 %
With Qd	86 %	98 %	78 %	88 %	100 %	91 %
With Q0	78 %	84 %	75 %	89 %	90 %	82 %



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

42

Qd OU Q0 ?



Troisièmes résultats

- $\Delta_{scaling} \leq 10\%$?

Scaling	LCPC	LTL	P&L	BAST	METAS	All
no scaling	17 %	30 %	12 %	28 %	32 %	23 %
With Qd	86 %	98 %	78 %	88 %	100 %	91 %
With Q0	78 %	84 %	75 %	89 %	90 %	82 %



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

43

Qd OU Q0 ?



Troisièmes résultats

- $\Delta_{scaling} \leq 10\%$?

Scaling	LCPC	LTL	P&L	BAST	METAS	All
no scaling	17 %	30 %	12 %	28 %	32 %	23 %
With Qd	86 %	98 %	78 %	88 %	100 %	91 %
With Q0	78 %	84 %	75 %	89 %	90 %	82 %



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

44

APPLICATION OPÉRATIONNELLE



$$Q_d = \sum (q_i \cdot \cos \gamma_i \cdot \Delta \theta_i) / \sum (\cos \gamma_i \cdot \Delta \theta_i)$$

Table 2.3 Weighting factors for the calculation of Qd or Q0 from r-tables.

h _r (°)	0	2	5	10	15	20	26	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	0	8	32	22	40	20	40	20	40	20	40	120	60	120	60	120	60	120	60	80
0.25	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
0.5	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120
0.75	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
1	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120
1.25	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
1.5	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120
1.75	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
2	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120
2.3	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
3	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
3.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
4	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
4.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
5	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
5.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
6	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
6.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
7	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
7.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
8	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
8.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
9	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
9.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
10	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
10.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
11	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
11.5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
12	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120

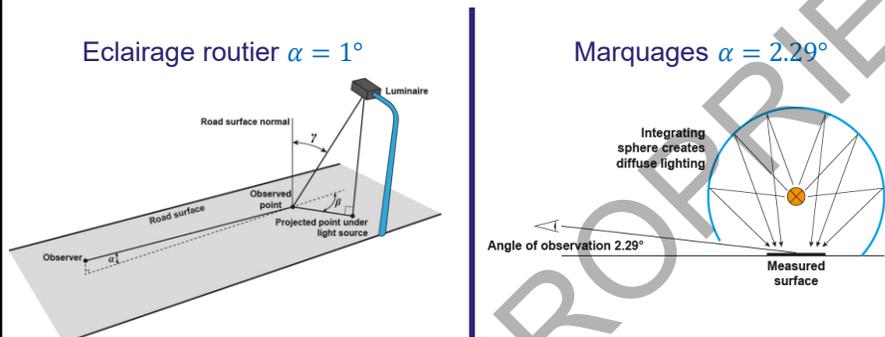
Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

APPLICATION OPÉRATIONNELLE



Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

APPLICATION OPÉRATIONNELLE

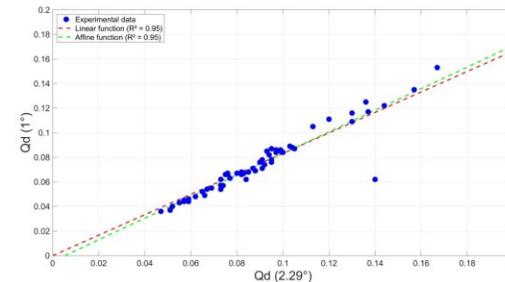


Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

APPLICATION OPÉRATIONNELLE



Mesures de Qd à 1° et à 2.29° sur la base de données allemande



$$Q_d(1^\circ) = A * Q_d(2.29^\circ)$$

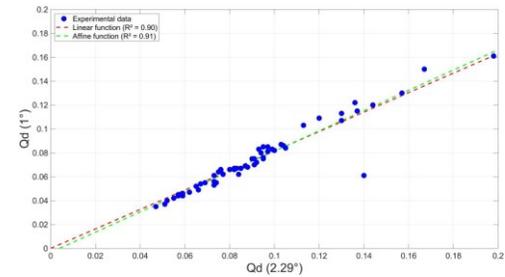
avec A = 0.832

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

APPLICATION OPÉRATIONNELLE



Mesures de Qd à 1° et à 2.29° sur la base de données allemande



Scaling	BAST
With Qd(1°)	88 %
With Qd(2.29°)	2 %
With A * Qd(2.29°)	86 %

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

49

CONCLUSION



Comment mieux utiliser les tables-r standards ?

Résultats

- Nécessité absolue de les mettre à l'échelle avec Qd ou Q0
- La mise à l'échelle avec Qd offre de meilleurs résultats
- Application opérationnelle envisagée à partir de mesures de Qd à 2.29°

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

50

CONCLUSION



Comment mieux utiliser les tables-r standards ?

Résultats

- Nécessité absolue de les mettre à l'échelle avec Qd ou Q0
- La mise à l'échelle avec Qd offre de meilleurs résultats
- Application opérationnelle envisagée à partir de mesures de Qd à 2.29°

Travaux futurs

- Existence d'un coefficient de proportionnalité systématique ?
- Possibilité d'utiliser directement des mesures de Qd à 2.29°

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?

51



Merci pour votre attention

Qd ou Q0 pour mettre à l'échelle les tables-r standards lors de la conception d'une installation d'éclairage ?





Eclairage à LED des tunnels routiers : modélisation de scénarios d'éclairage adaptatif économes en énergie

Conférence CIE France : florilège des présentations françaises à la conférence quadriennale de la CIE en septembre 2023

Dorian TALON

30 janvier 2024

Contexte et enjeux 2

Pourquoi on éclaire les tunnels (éclairage diurne, éclairage de renfort) ?

Enjeux de sécurité
Distinguer des obstacles à l'intérieur de l'ouvrage depuis la route d'accès, à une distance suffisante pour pouvoir s'arrêter avant de les percuter (distance d'arrêt)

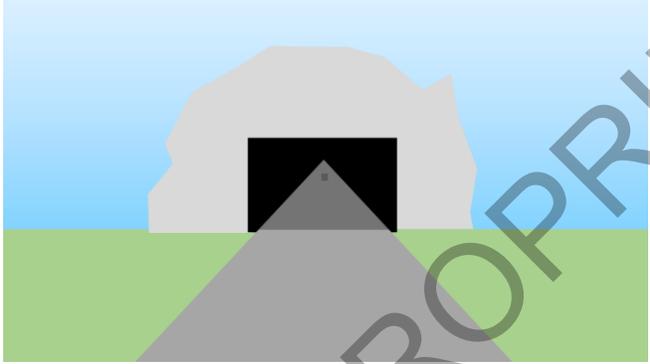
Enjeux énergétiques
Assurer la sécurité tout en consommant le moins possible : optimiser le système pour éclairer « juste ce qu'il faut »

De quoi dépend le besoin en éclairage de renfort ?

Distance d'arrêt (dépend de Vitesse et Etat de la chaussée (sèche ou humide))

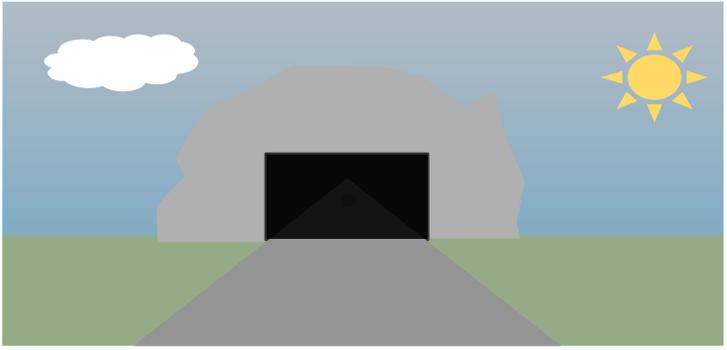
Conditions lumineuses extérieures

Contexte et enjeux 3

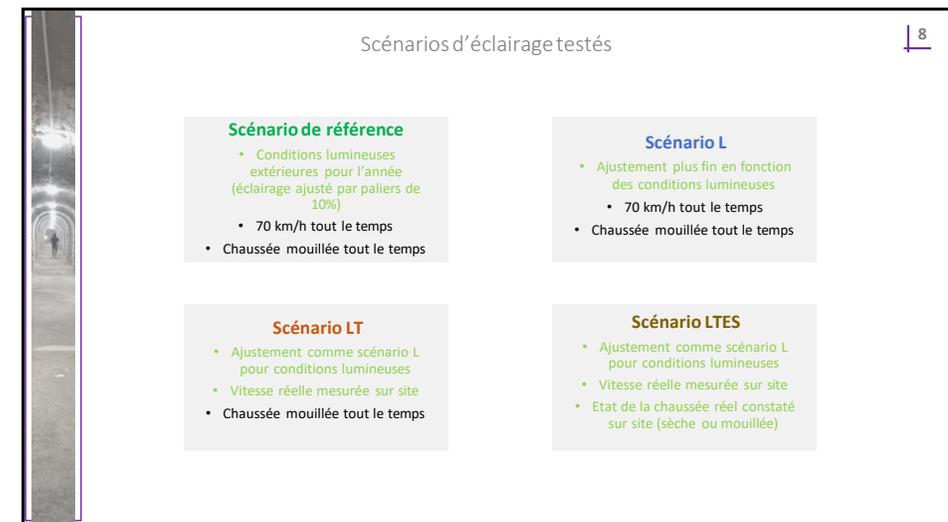
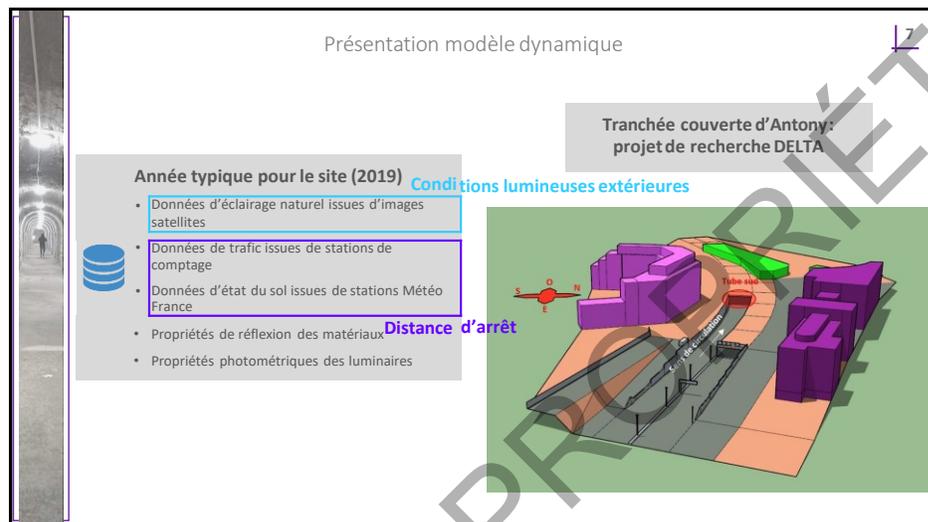
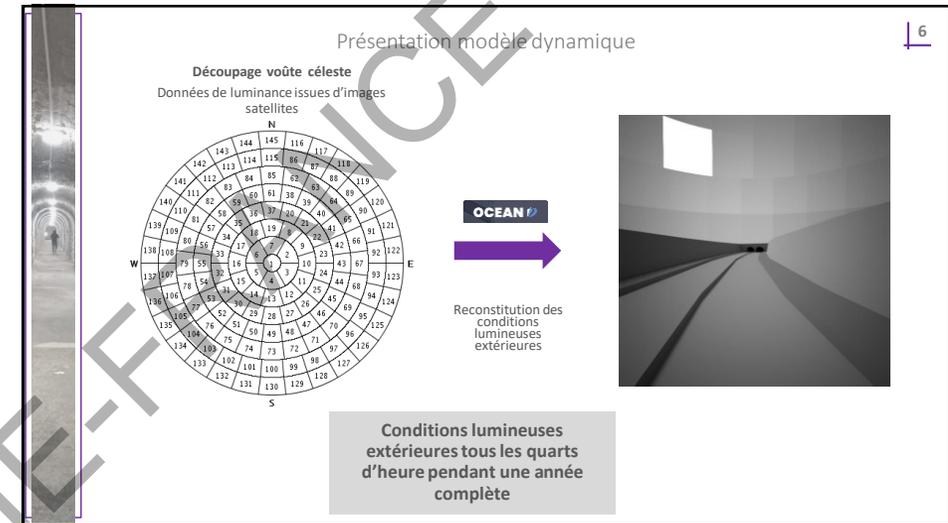
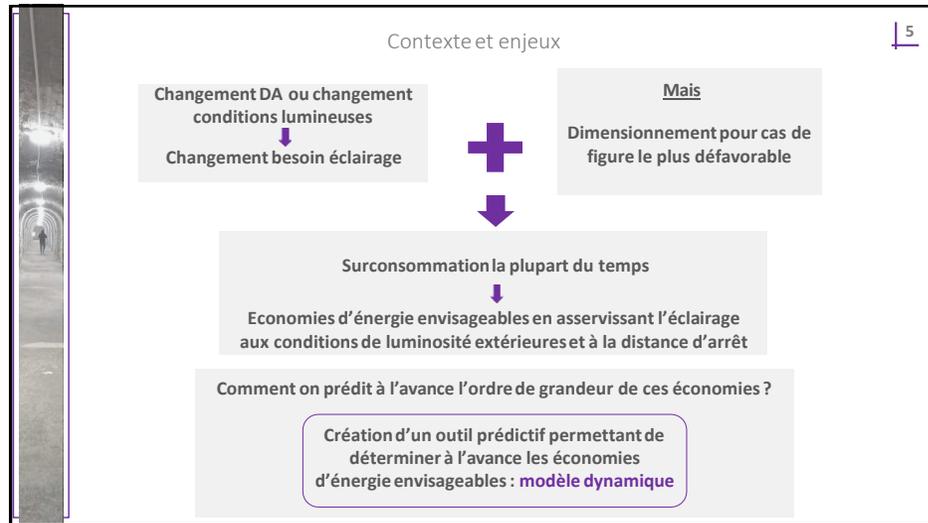


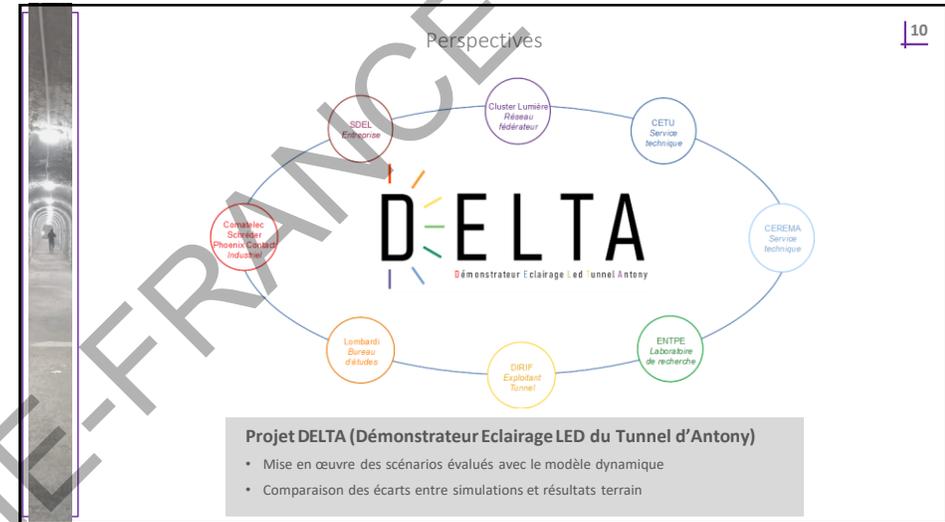
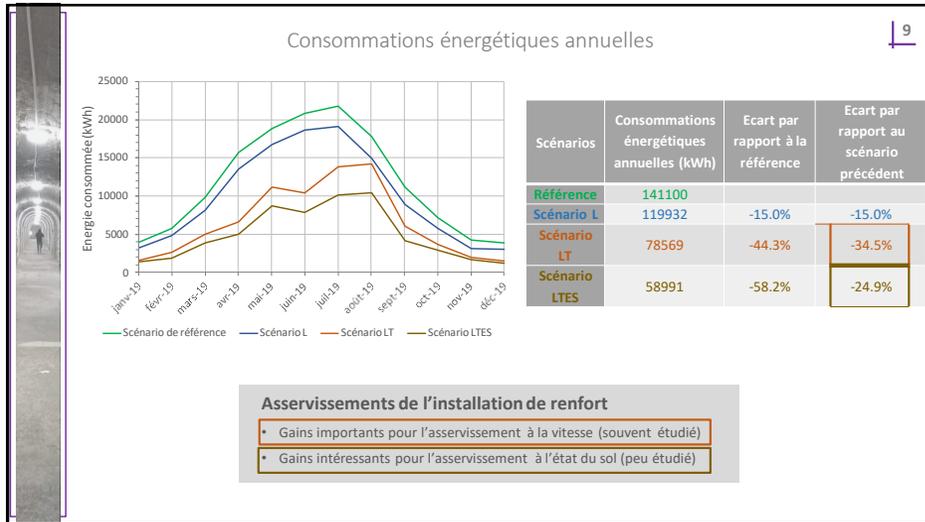
DA plus faible → Cible apparaît plus grosse → Besoin de moins d'éclairage pour la voir

Contexte et enjeux 4



Luminosité plus importante en zone d'accès → Eclairage plus important pour rendre la cible visible









CARACTÉRISATION SUR SITE DE LA PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS



Valérie MUZET, Guillaume GUBLIN, Thibaut ROHMER,
 Cerema Strasbourg, équipe de recherche ENDSUM

Journée technique CIE-France / AFE
 30 janvier 2023






On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet
 CIE 2023

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Introduction et contexte

- Afin de dimensionner des installations d'éclairage public, les tables- r de la CIE correspondant à des **revêtements secs standards** sont utilisées
- Pourtant**, la route est souvent dans un état mouillée ou humide
 - Génère des réductions importantes d'uniformité générale
 - Peut générer des éblouissement
=> Baisse de visibilité éventuelle => problème de sécurité
- Avec les luminaires à LED, il devient possible d'adapter l'éclairage à l'état de route
=> mais cela nécessite d'accéder à la photométrie de la route à l'état **sec et mouillé**
- Or**, les tables standards de la CIE à l'état mouillé datent des seventies (rapport CIE 047: 1979)




 On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet
 CIE 2023

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Introduction et contexte

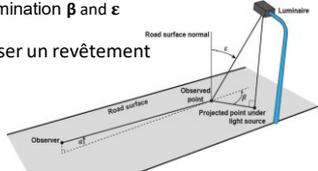
- Question de recherche :
Est-ce que les 4 tables standard de la CIE à l'état mouillé sont représentatives des revêtements actuels et de différents états de mouillage ?
- Les difficultés**
 - La génération d'un état mouillé sur le revêtement
 - La mesure de tables- r pour un état hydrique stable
Les mesures des Gonioréfectomètres sont en général longues
- L'approche mise en œuvre**
 - Proposition et évaluation d'un protocole de mouillage : en laboratoire et sur site
 - Mesures de tables- r pour différents états de mouillage
 - Comparaison avec d'anciennes données et les tables « Wet » de la CIE


 On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet
 CIE 2023

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Etat de l'art 1. Les bases de la photométrie routière (selon CIE 144*)

- Coefficient de luminance $q = \frac{L}{E}$ in sr^{-1}
- Coefficient de luminance réduit $r = q \cos^3 \epsilon$ } angle d'observation $\alpha=1^\circ$
=> distance d'observation 90m
- Spécification d'une **table- r** avec des valeurs mesurées pour différents combinaisons des angles d'illumination β and ϵ
- Deux facteurs permettant de caractériser un revêtement
 - Le coefficient de luminance réduit**
$$Q0 = \frac{1}{\pi_0} \int_{\Omega_0} q \epsilon, \beta$$
 - Le facteur de spécularité**
$$S1 = \frac{r(\beta=0, \tan \epsilon=2)}{r(\beta=0, \tan \epsilon=0)}$$
- Spécification de classes et de tables- r standard pour les revêtements secs
=> utilisés pour dimensionner l'éclairage public




 On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet
 CIE 2023

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

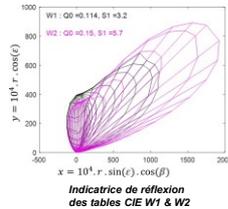
Etat de l'art 2. Et si le revêtement n'est pas sec ?

Dans CIE 047*, proposition d'un protocole de mouillage d'échantillons de revêtements pour générer un état dit « mouillé » de référence

- Arrosage avec un débit de **5 mm de pluie par heure** (dans une pièce à **25° avec une humidité relative de 50 %**)
- L'état "mouillé" est mesuré **30 minutes après la pluie simulée**

Système de classification CIE 047* pour les tables «WET»

Nom de la classe	Limite de S1	Tables standard	standard Q0	standard S1
W1	$S1 < 4.5$	W1	0.114	3.2
W11	$4.5 \leq S1 < 7.2$	W2	0.15	5.7
W111	$7.2 \leq S1 < 9.8$	W3	0.196	8.7
W1V	$9.8 \leq S1 < 12$	W4	0.247	10.9



Dans la norme EN13201-2**, la valeur minimale d'uniformité générale est de 0,15

* CIE 047-1979 Road lighting for wet conditions

** EN 13201-2:2015. Road lighting - Part 2: Performance requirements



On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

5

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Matériel and méthode : L'appareil COLURROUTE

- **COLURROUTE**
COefficient de **L**uminance des **R**outes
- Un goniorélectromètre transportable*
 - 27 sources d'éclairage et mesure à 1°
 - reconstruit la table-r par interpolation/extrapolation
 - calcule Q0 and S1
- Mesure sur site de la photométrie*
- Possible de mesurer des échantillons
- Caractérisation rapide d'un revêtement: moins de 1 minute par mesure



* Muzet et al., 'COLURROUTE : a mobile gonio-reflectometer to characterize the road surface photometry', TURIN, ITALY, Jul. 2008, vol. CIE x033:2008.



On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

6

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Matériel and méthode : Présentation du protocole de mouillage

Protocole sur site ou pour échantillons avec 4 états de mouillage différents

Etat	Protocole en laboratoire	Protocole sur site
Sec	Condition de référence Immersion de l'échantillon dans une baignoire avec 2 cm d'eau	Condition de référence Versement d'1 litre d'eau sur environ 1m²
Trempé	Sortie de l'échantillon + quelques secondes d'égouttage	Mesure juste après
Mouillé	5 minutes de séchage naturel	5 minutes de séchage naturel
Humide	Après avoir absorbé l'eau en excès avec un tissu	Après un séchage naturel

Pour chaque état, 2 mesures successives de table-r faites avec COLURROUTE.



On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

7

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Matériel and méthode : Type de revêtements mesurés

Protocole utilisé sur 6 différents types de revêtements :

- **3 revêtements classiques**: un béton bitumineux semi grenu (BBSG) et deux bétons bitumineux très fin (BBTM),
- **1 revêtement en béton (CC)**,
- **2 revêtements innovants**: un BBTM avec un liant synthétique+ TiO2 BBTM et un BB mince avec des ajouts d'éclats de porcelaine.

Type route	Localisation	Spécificité	Age (année)	Colour
BBSG	Strasbourg	Béton bitumineux semi grenu	10	gris
BBTM	Strasbourg	Béton bitumineux très mince (brut)	6	blanc
BBTM	Angers	Béton bitumineux très mince (brut)	3	clair
BBTM	Angers	Liant synthétique + TiO2	3	clair
CC	Angers	Béton de ciment	3	clair
BBM	Limoges	Eclat de porcelaine	6	gris



On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

8

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Evaluation du protocole de mouillage

- Expérience réalisée deux fois sur le même revêtement
- Revêtement mesuré 2 fois sur site et sur des carottes

BB semi grenus à Strasbourg

BB innovant à Limoges

=> Résultats reproductibles avec différents opérateurs, en utilisant le protocole sur site et en laboratoire

On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

9

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Résultats pour toutes les mesures sur site

- Représentation de tous les résultats pour les différents états de mouillage

Analyse:

- Dans la plupart des cas, Q0 et S1 augmentent fortement avec l'augmentation du mouillage
- Grande variabilité de l'évolution de la photométrie en fonction de l'état de mouillage
 - Parfois, les table-r de la CIE W1 à W4 semblent bien représenter les revêtements
 - Parfois, Q0 est plus faible qu'attendu.

On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

10

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Résultats pour toutes les mesures sur site : étude de corrélation

Table avec les différents revêtements

- Coefficient de corrélation entre Q0 et S1 pour les différents états de mouillage

Type route	Localisat*	Spécificité	Facteur de Corrélation	
			Avec sec	Sans sec
BBSG	Strasbourg	Béton bitumineux semi grenu	0.87	0.97
BBTM	Strasbourg	Béton bitumineux très mince (brut)	0.93	0.95
BBTM	Angers	Béton bitumineux très mince (brut)	0.93	0.95
BBTM	Angers	Liant de synthèse + TiO2	0.76	0.80
CC	Angers	Béton de ciment	0.27	0.81
BBM	Limoges	Eclats de porcelaine	0.51	0.87
			0.44	0.96
			0.84	0.96

Analyse :
Quand l'état sec est exclu, le coefficient de corrélation entre Q0 et S1 pour les différents états mouillés est supérieur à 0,8 pour tous les revêtements

On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

11

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

- Indicatrice de réflexion de 2 revêtements à différents états de mouillage

BBTM classique à Limoges

BB innovant à Limoges

- Forte évolution de la forme de l'indicatrice de réflexion entre l'état sec et les différents états de mouillage
- Différences importantes de réflexion de la lumière selon les revêtements

On site photometric characterisation of wet pavements, Valérie Muzet

CIE 2023

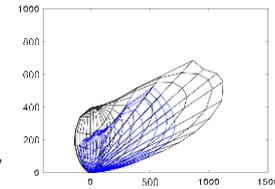
12

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Peut-on utiliser une table-r standard et la mettre à l'échelle ?

Exemple	Q0	S1
CIE mouillée W1	0.114	3.15
BB trempé Limoges	0.112	3.58

Malgré des valeurs quasi identiques de Q0 et S1, les table-r correspondantes sont très différentes.



Impact sur l'installation d'éclairage avec le logiciel Cerema Ecl-R
Optimisation avec le critère EN13201 M3 : $L \geq 1 \text{ cd/m}^2$; $U0 \geq 0.4$, $UI \geq 0.6$,



Table CIE W1 utilisée pour le dimensionnement

	Voie 1	Voie 2
Lmoyen	1.14 cd/m ²	1.00 cd/m ²
U0	0.41	0.44
UI	0.73	0.63

=> **Conforme** au critère M3 pour un revêtement sec

Calcul avec la table mesurée

	Voie 1	Voie 2
Lmoyen	0.97 cd/m ²	0.87 cd/m ²
U0	0.44	0.45
UI	0.49	0.54

=> **Non conforme** au critère M3 à la fois en luminance & UI

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Conclusions

- Proposition et validation d'un protocole de mouillage de revêtements sur échantillons* et sur site
- Caractérisation de la photométrie de 6 revêtements pour plusieurs états de mouillage :
Grande variabilité et augmentation de la spécularité avec le mouillage
=> Relation linéaire entre Q0 et S1 pour les différents états mouillés.
=> L'utilisation de tables W standard n'est pas pertinente pour tous les revêtements et les différents états hydriques.
- Caractériser un revêtement en place à l'état sec et différents états de mouillage peut permettre de dimensionner un éclairage adaptable aux différentes conditions climatiques.
=> Dvpt d'un projet d'éclairage adaptatif à l'état de mouillage de la route**.

* Muzet et al., 'Photometric Characterization of Pavements Under Different Wetting Conditions', Lux Europa, Praha, CZ, Sep. 2022.

** Greffier et al., 'Design of an adaptive road lighting installation taking into account the evolution of pavement reflection properties according to the weather conditions', Lux Europa, Praha, CZ, Sep. 2022.

PHOTOMÉTRIE DE REVÊTEMENTS MOUILLÉS

Perspectives

- Evaluation du projet d'éclairage adaptatif à la météorologie en terme de qualité d'éclairage et d'économie d'énergie
- Réaliser plus de mesures en laboratoire et sur site afin de construire une base de donnée photométrique de revêtements secs et différents états de mouillage.
- Avec plus de données, si la relation linéaire se confirme,
→ Vers une prédiction de l'évolution de la photométrie de la route en fonction de l'état de mouillage, en réalisant 3 mesures, l'une à l'état sec et pour deux états mouillés.

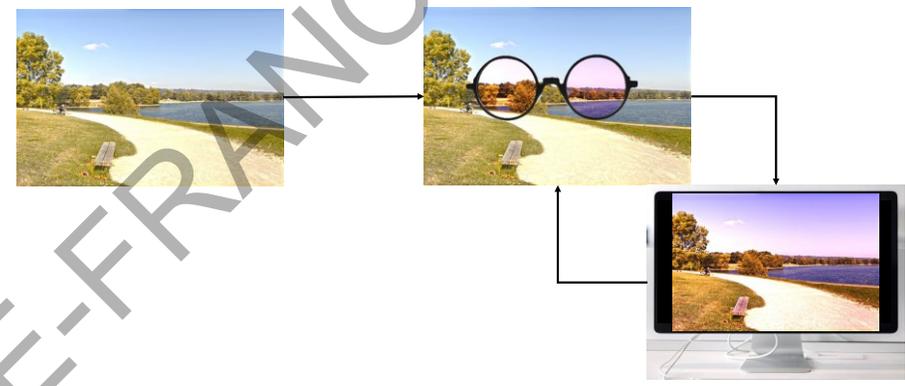


Simulation et évaluation de la vision à travers des verres colorés

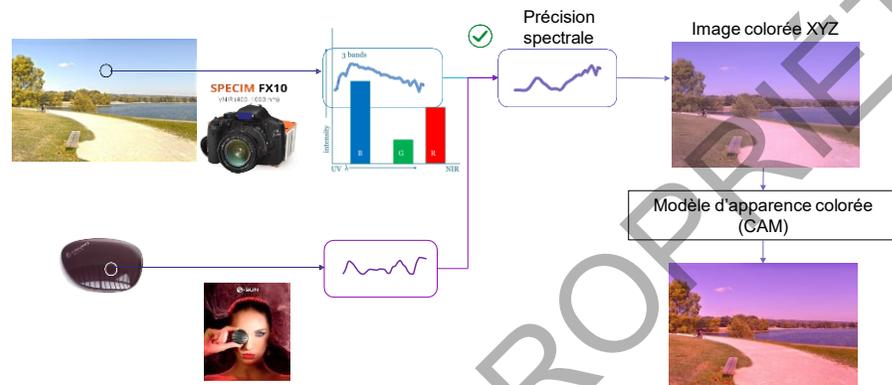
Aiman RAZA, Sophie JOST, Dominique Dumortier et Marie Dubail



Contexte



Approche



SPECIM FX10
 v14R1403 - 1030 0-98

3 bands

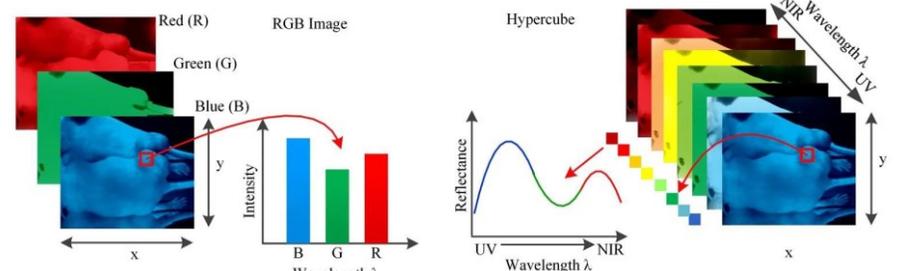
UV X NIR

Précision spectrale

Image colorée XYZ

Modèle d'apparence colorée (CAM)

Images hyperspectrales



Red (R)

Green (G)

Blue (B)

RGB Image

Hypercube

Wavelength λ

UV NIR

Intensity

Wavelength λ

Reflectance

Wavelength λ

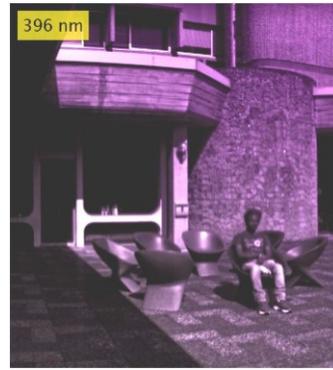
UV NIR

x

y

<https://ai.plainenglish.io/hyperspectral-image-reconstruction-from-rgb-169bc62a387f>

Images hyperspectrales

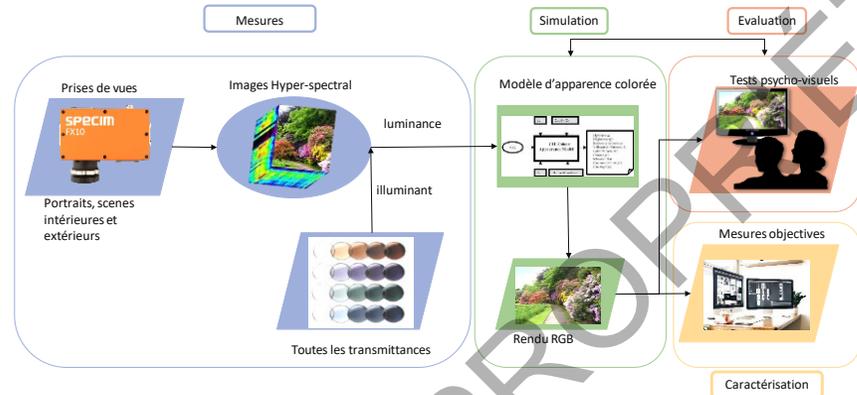


Base de donnée d'images hyperspectrales

<https://www.entpe.fr/ressources-bpmnp>

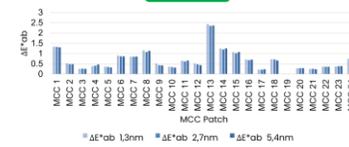
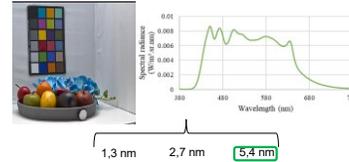


Méthodologie

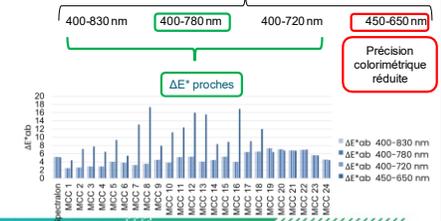
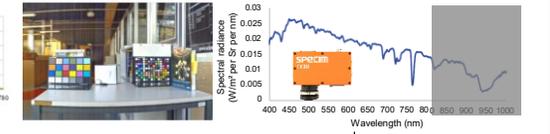


Paramètres d'acquisition

• Résolution spectrale



• Gamme spectrale



Protocole expérimental

Light Booth

EIZO Screen

60 cm

50 cm

72 cm

38°

42°

Boîte à lumière

Écran

Rating scale → Increasing accuracy

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Protocole expérimental

- Adaptation chromatique

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = M_{CIE} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}, M_{CIE} = \begin{bmatrix} 0.7328 & 0.4296 & -0.1624 \\ -0.7036 & 1.6975 & 0.0061 \\ 0.0030 & 0.0136 & 0.9834 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$D = 0.3F \left[1 - \left(\frac{1}{3,6} \right) e^{\left(\frac{-D}{3,6} \right)} \right] \in (0,1) \quad (5)$$

iCAM06

D=0,3

D=0,5

D=0,7

CIECAM02

D=0,9

Conclusion

Base de données hyperspectrale ✓

Modèle d'apparence colorée ✓

Simulation des filtres



Merci de votre attention!





EURAMET Met

CIE2023
30TH SESSION
Ljubljana, Slovenia

INNOVATIVE
LIGHTING
TECHNOLOGIES
September 15-23, 2023

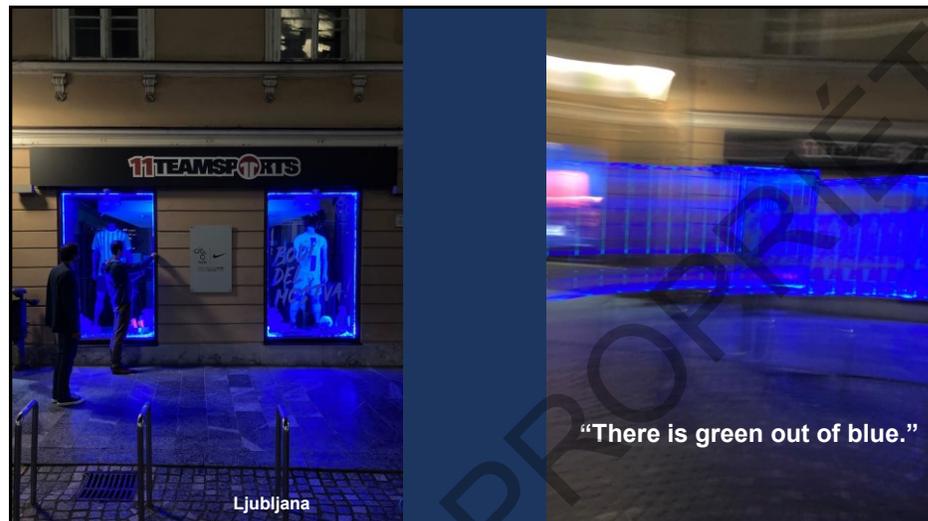
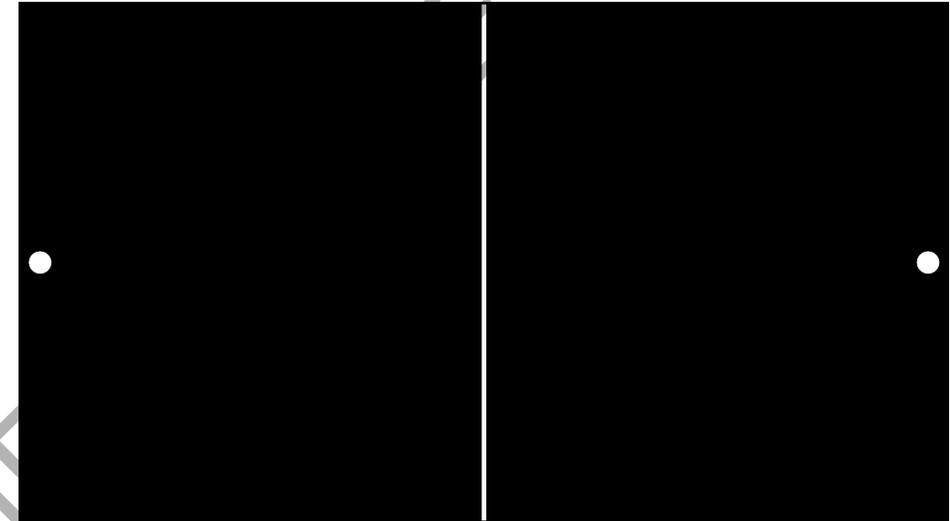
**DEPENDENCE OF TEMPORAL FREQUENCY
AND CHROMATICITY ON THE VISIBILITY OF
THE PHANTOM ARRAY EFFECT**

19-09-2023
Ljubljana

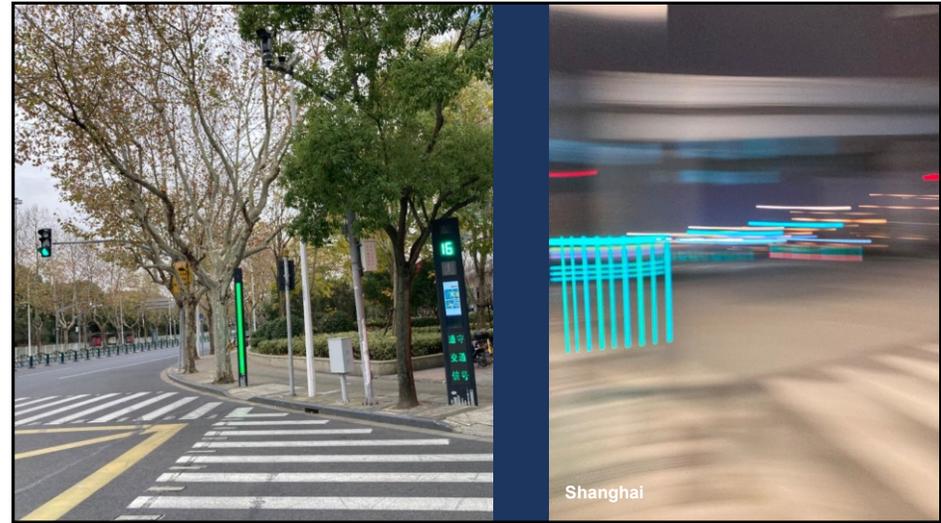
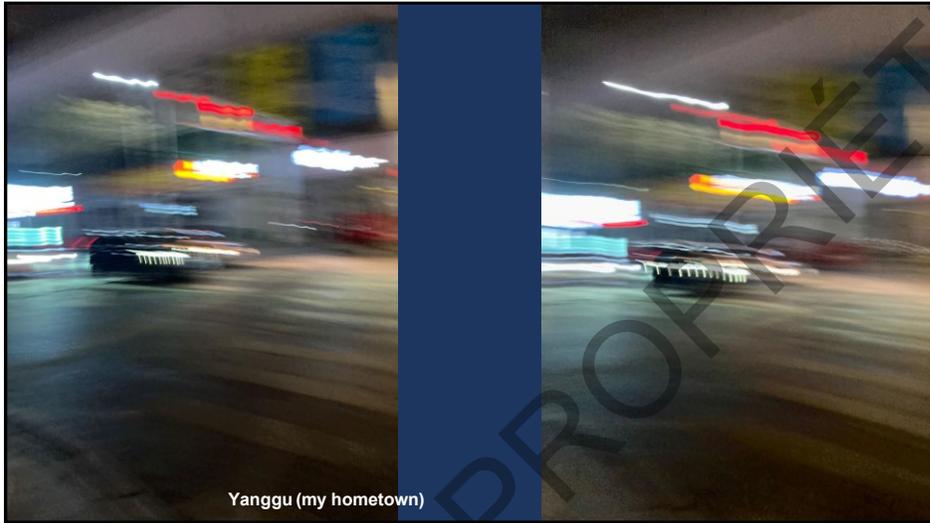
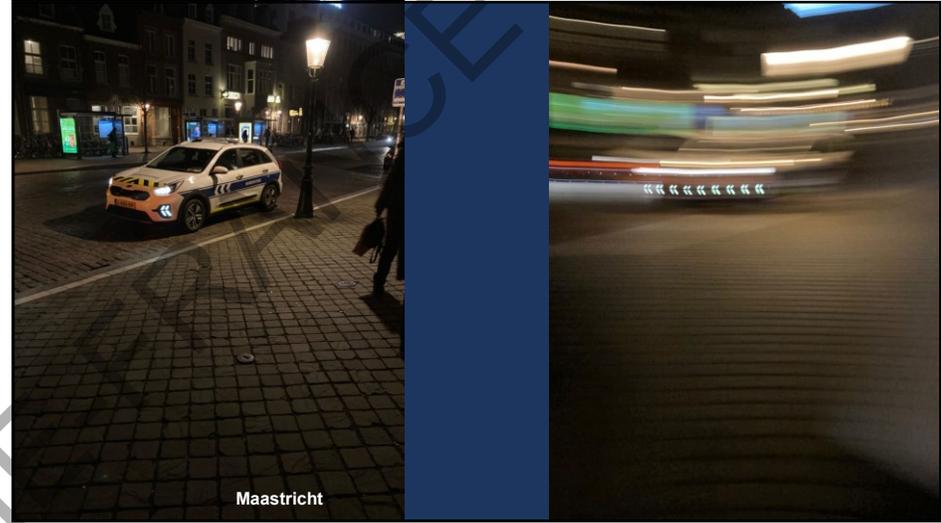
Xiangzhen Kong
Rens Vogels
Christophe Martinsons
Maria Nilsson Tengelin
Ingrid Heynderickx

TU/e RI
CSTB SE
signify

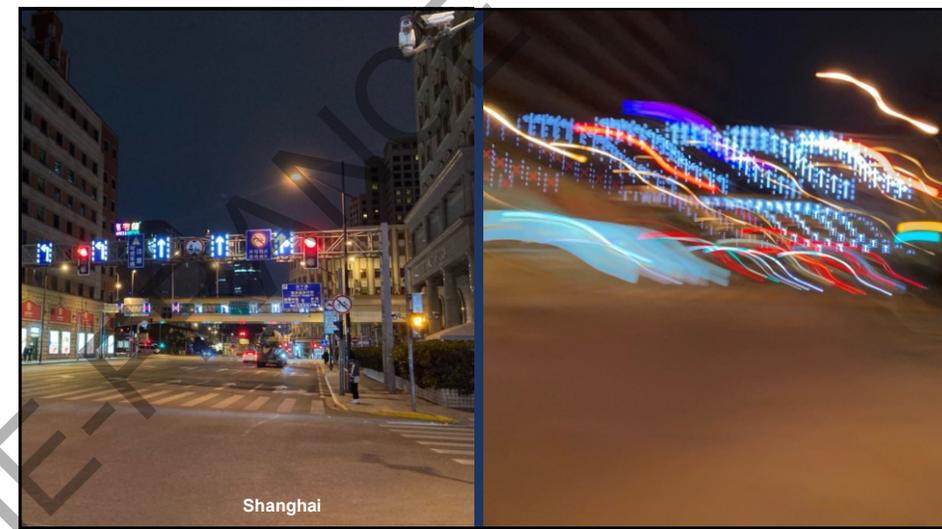
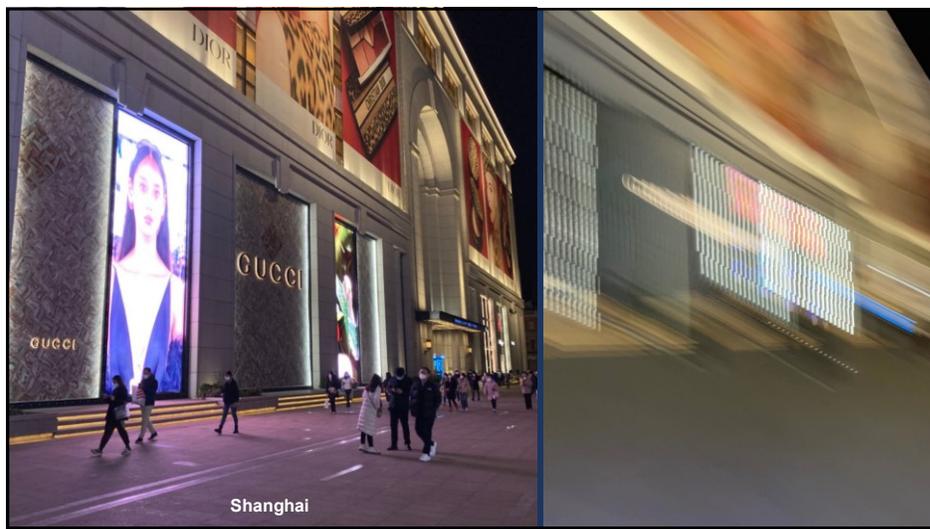
Presenter:
Xiangzhen Kong



There are two types of people in the world: those who see the phantom array effect, and those who don't.



PROJETÉ CIR



Experimental Setup

(a) Experimental setup with laboratory light ON

(b) Experimental setup with laboratory light OFF

General Stimuli, General Procedure, Experimental Design

Colors: 3 (Red, Green and Warm White (CCT = 2700K))

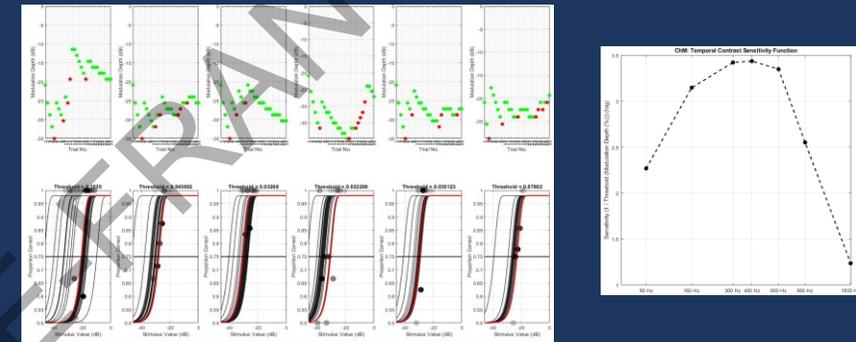
Frequencies: 6 (80, 300, 600, 900, 1200, and 1800 Hz)

Fractional Factorial 3 (Color) × 6 (Frequency) Mixed Design

Participants: 20 (11 male, 9 female), aged between 19 and 32 years old (24.2 ± 3.4)

General Stimuli, General Procedure, Experimental Design

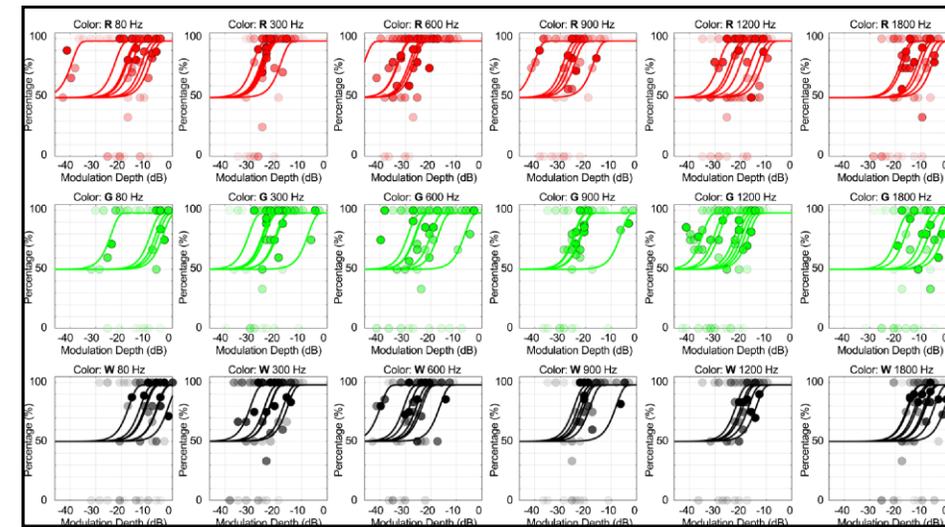
Computing Individual Temporal Contrast Sensitivity Function

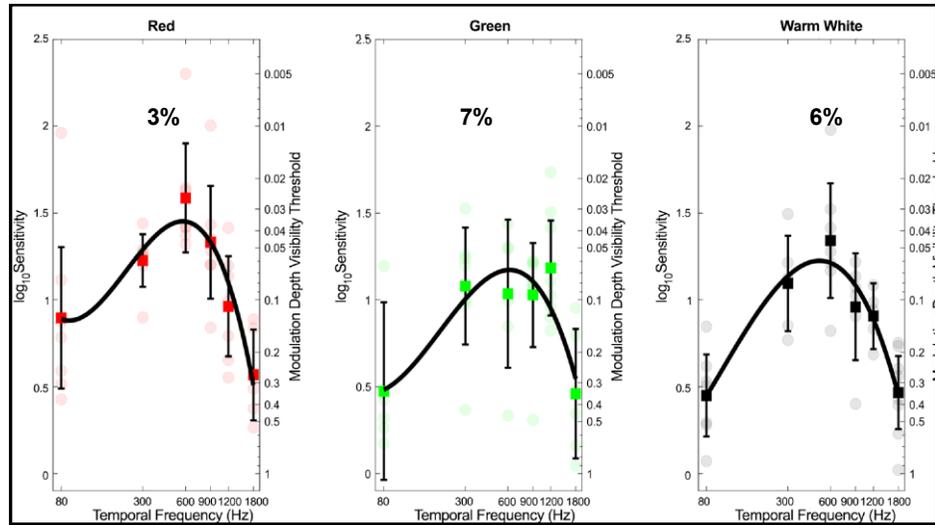


General Stimuli, General Procedure, Experimental Design

Participant ID	Colours	Frequencies (Hz)		
1	RG	300	900	1200
2	GR	300	1200	1800
3	RG	300	600	900
4	GR	80	600	1200
5	RG	600	1200	1800
6	GR	80	900	1200
7	RG	80	300	900
8	WR	80	600	900
9	RW	80	300	1800
10	WR	80	600	1800
11	RW	300	600	1800
12	WR	80	900	1800
13	RW	80	300	1200
14	WR	600	900	1200
15	GW	80	1200	1800
16	WG	900	1200	1800
17	GW	300	900	1800
18	WG	80	300	600
19	GW	300	600	1200
20	WG	600	900	1800

$2 \times 3 \times 30 = 180$ trials
27 and 46 minutes





Conclusion and Discussions

Main effect of *Colour* ($F(2, 110,286) = 4,256, p = 0,017$)

Main effect of *Frequency* ($F(5, 107,816) = 36,178, p < 0,001$),

Interaction effect between *Colour* and *Frequency* ($F(10, 101,451) = 2,445, p = 0,012$)

Effect of intercept ($F(1, 19,333) = 359,087, p < 0,001$)

Future work

Modelling

Project updates

<https://www.mettlm.eu/>

Acknowledgements

TU/e

Ingrid Heynderickx

CSTB

Christophe Martinsons

RI
SE

Maria Nilsson Tengelin

@ignify

Malgorzata Perz

VSL

Paul Dekker

Zoe Karamanide
Nikolina Molnar
Nasir Abed

Myrthe I.A. van Geest
Anne S. van Staveren
Rens C.H. Vogels

ALL THE PARTICIPANTS!

The study was executed within the MetTLM-project (i.e., Metrology for Temporal Light Modulation; 20NRM01) and received funding from the EMPIR (European Metrology Programme for Innovation and Research) programme co-financed by the Participating States and from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.