

Journée technique du Pôle Eclairage du Cerema :
Lumière sur l'éclairage urbain de demain



Le projet Empir SURFACE
29^{ième} session de la CIE de juin 2019

Valérie Muzet

Cerema Est, Laboratoire de Strasbourg
Pôle Eclairage, Equipe recherche ENDSUM
Florian Greffier, Vincent Boucher, Michèle Colomb



Le projet Européen EMPIR SURFACE



EMPIR



The EMPIR initiative is co-funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and the EMPIR Participating States

European Metrology Programme for Innovation and Research,
co-fondé par HORIZON H2020

EMPIR 16 NRM02 SURFACE

Caractérisation photométrique de la chaussée pour un éclairage routier intelligent et efficace



Pilotage Paola Iacomussi (INRiM)

de juillet 2017 à juillet 2020



Caractérisation photométrique de la chaussée pour un éclairage routier intelligent et efficace

Objectifs

- **Élaborer des spécifications techniques et métrologiques pour les instruments de mesure**
travail sur des incertitudes, la méthodologie, réalisation d'essais croisés
- **Actualiser les bases de données de photométrie des revêtements**
- **Considérer le vieillissement des revêtements routiers, les propriétés spectrales, les conditions mésopiques, la réduction de la lumière parasite**
- **Proposer de nouvelles géométries de mesure**
- **Contribution aux comités techniques et élaboration de lignes directrices prénormatives => CIE TC4-50 et CEN TC169/WG12.**

Caractérisation photométrique de la chaussée pour un éclairage routier intelligent et efficace

Quelques travaux et résultats

- Instruments de mesures
 - Inventaire
 - Essais croisés et métrologie
 - Influence du spectre de l'éclairage sur la table-r

- La photométrie des revêtements
 - Collecte de données
 - Influence de la photométrie sur la qualité de l'éclairage
 - Choix de nouveaux angles d'observations

- Instruments de mesure de la photométrie, Peter Blattner METAS
 - Constitution d'une base de donnée des instruments existants avec leurs spécifications

Gonioréfectomètres de laboratoires
METAS, INRIM, Cerema, Ifsttar, RISE

Appareils portables de mesure sur site

- METAS MOFOR
- Cerema COLUROUTE



- Instruments de mesure de la photométrie
 - Réalisation de matériaux de référence à l'imprimantes 3D
3 Surfaces planes et 4 texturée de clarté et brillance différents
 - Réalisation d'essais croisés inter-laboratoires sur ces surfaces de références (pilotage P. Iacomussi)

Mesures en cours

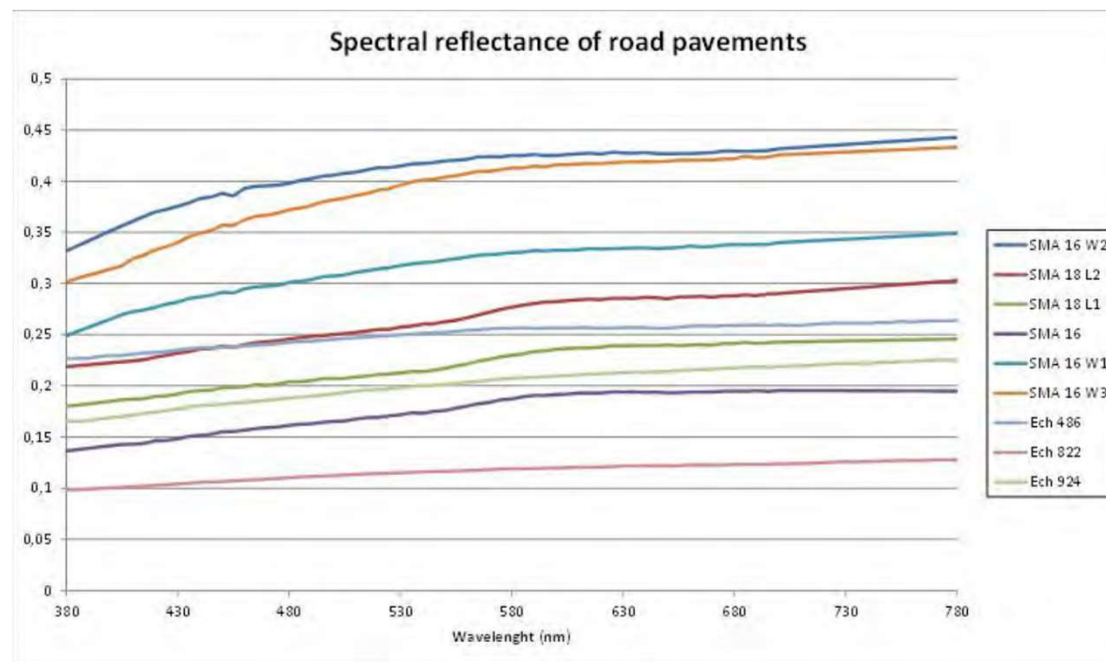
=> Vers une traçabilité des données

- Métrologie : méthodologie d'estimation des incertitudes (pilotage LNE)

- Influence du spectre de la source lumineuse: D Renoux, LNE

Prise en compte de 185 spectres de sources d'éclairage

Prise en compte de mesures spectrales de 9 revêtements



- Influence du spectre de la source lumineuse

| Deviation % | Reference instrument Illuminant A | | | | | | |
|----------------|--|-----------|--------------|-----------|----------------|--------------|--------|
| Instrument | S4000_ | Halogen3k | Metal_Halide | Super_HPS | Fluorescence4k | _1_1_Neutral | _2_2_C |
| S4000_ | X | 0.38 | 0.07 | 0.78 | 0.19 | 0.11 | 0.11 |
| Halogen3k | 0.39 | X | 0.33 | 0.39 | 0.58 | 0.28 | 0.50 |
| Metal_Halide | 0.07 | 0.33 | X | 0.72 | 0.25 | 0.09 | 0.17 |
| Super_HPS | 0.78 | 0.40 | 0.73 | X | 0.98 | 0.68 | 0.90 |
| Fluorescence4k | 0.19 | 0.57 | 0.25 | 0.97 | X | 0.30 | 0.08 |
| _1_1_Neutral | 0.11 | 0.28 | 0.09 | 0.67 | 0.30 | X | 0.22 |
| _2_2_C | 0.11 | 0.49 | 0.17 | 0.89 | 0.08 | 0.22 | X |
| Average | 0.27 | 0.41 | 0.27 | 0.74 | 0.40 | 0.28 | 0.33 |

Influence modérée < 1% pour des revêtements « gris »

- Collecte de tables-r Valérie Muzet
 - Historiques des tables r types de la CIE :
Basées sur des données et des travaux et des années 70-80
Quelle est leur utilisation aujourd'hui ?

| Table Family | Standard Table | Q_0 | S_1 | Country of Adoption |
|--------------|----------------|-------|-------|---|
| R | R1 | 0.1 | 0.25 | France Switzerland, France |
| | R2 | 0.07 | 0.58 | |
| | R3 | 0.07 | 1.1 | |
| | R4 | 0.08 | 1.5 | |
| N | N1 | 0.1 | 0.18 | Nordic countries Nordic countries with $Q_0 = 0.08$ |
| | N2 | 0.07 | 0.41 | |
| | N3 | 0.07 | 0.88 | |
| | N4 | 0.08 | 1.55 | |
| C | C1 | 0.1 | 0.24 | England England, Italy ($Q_0 = 0.07$ in roads and 0.056 in tunnels) |
| | C2 | 0.07 | 0.97 | |

- Collecte de tables-r

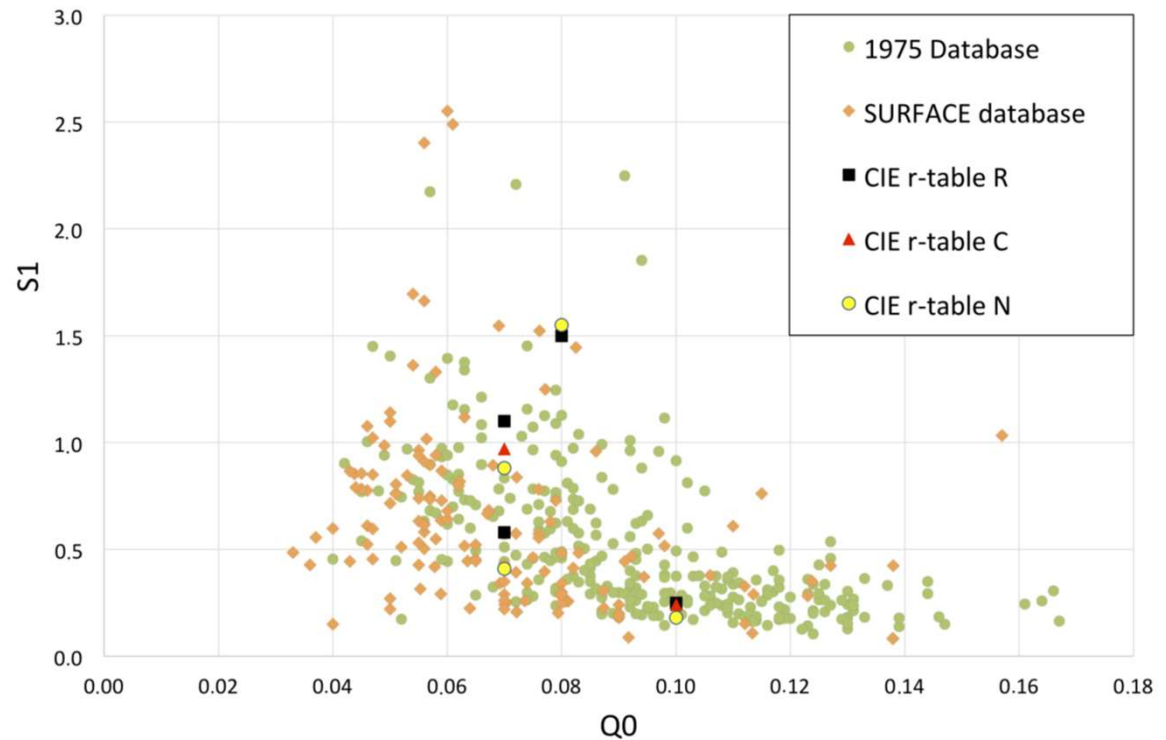
Nouvelle collecte de donnée : appel à contribution mondial

Représentation de revêtements stabilisés (agés de 2 ans ou +)

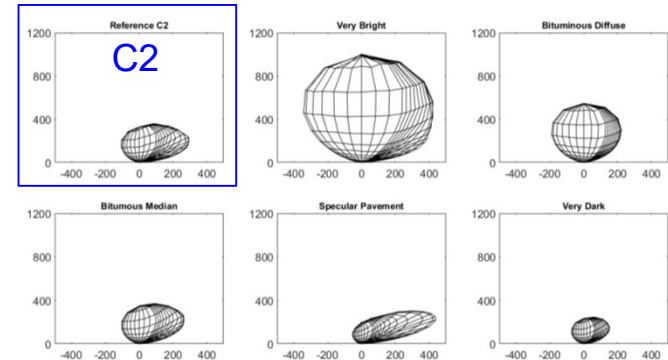
- 40 tables-r de Suisses
- 79 tables-r de France;
- 18 facteurs Q_0 et S_1 de Finlande

La base de donnée comporte

- des bétons,
- des revêtements avec des liants synthétiques
- des revêtements bitumineux



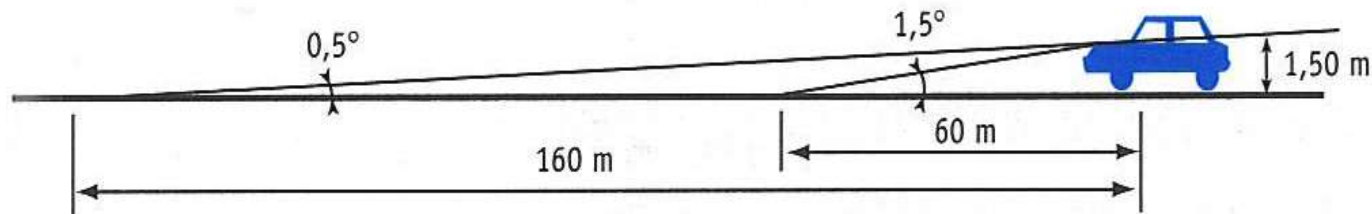
- Etude de l'impact sur l'éclairage
 - Sélection de revêtements médians et extrêmes



- Calculs d'éclairages dans une configuration, comparé à C2
 - **Prise en compte des caractéristiques réelles du revêtement pour un dimensionnement initial C2**
 - => La norme EN1436 n'est plus respectée : sous ou sur éclairage, mauvaises uniformités**
 - **Optimisation du couple revêtement / lumière: installation neuve**
 - => bonne qualité de l'éclairage, impact énergétique important**

- Choix de nouveaux angles d'observations

| Règlementation | Eclairage EN 13201 | Marquage EN 1439 |
|------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Hauteur œil conducteur | 1.5m | 1.2m |
| Angle observation | $1^{\circ} \pm 0.05^{\circ}$ | $2.29^{\circ} \pm 0.05^{\circ}$ |
| Distance observée | 87m (60 à 160m) | 30m |



- Choix de nouveaux angles d'observations

Distance d'arrêt

| | Vitesse | Route sèche | Route mouillée |
|--------------|---------|-------------|----------------|
| Urbain | 20km/h | 8m | 9m |
| | 30km/h | 13m | 14m |
| | 50km/h | 27m | 34m |
| Inter urbain | 90km/h | 68m | 89m |
| | 120km/h | 108m | 144m |

Distance d'observation

| α (°) | d (m) |
|--------------|-------|
| 1 | 85,9 |
| 2,29 | 37,5 |
| 3 | 28,6 |
| 5 | 17,1 |
| 7 | 12,2 |
| 10 | 8,5 |
| 45 | 1,5 |

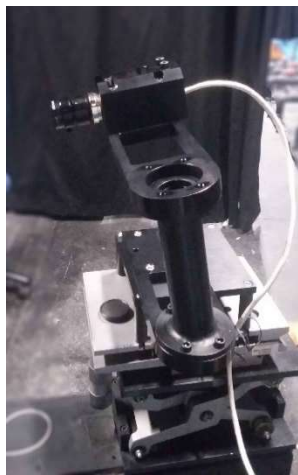
Proposition de Surface en urbain

Autres utilisateurs?
piétons, cyclistes, malvoyants...

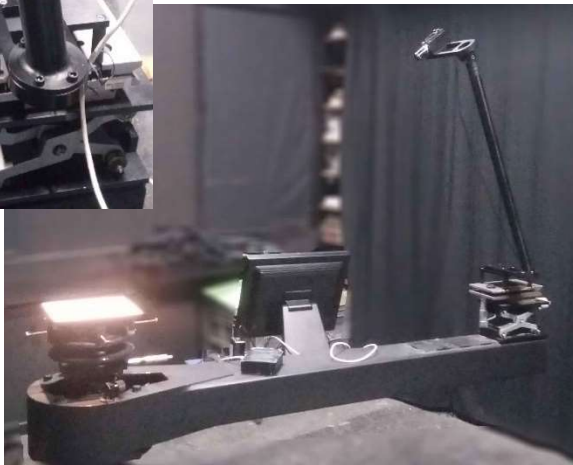
- Choix de nouveaux angles d'observations

Adaptation en cours des outils du Cerema

=> possibilités de mesures à 1°, 2.29°, 5°, 10°, 20°, 45°



Gonioréfectomètre



COLUROUTE2



- Dernière ligne droite
 - Travail en cours sur des spécifications techniques, guides et recommandations
- Stakholder meeting en mai 2020 à Ostrava
- Séminaire de clôture lors des JNL 2020 à Strasbourg?

CIE WORKSHOP ON THE CALCULATION AND MEASUREMENT OF OBTRUSIVE LIGHTING

May 21, 2020 to May 22, 2020
 VŠB - Technical University of Ostrava
 Ostrava, Czech Republic



29^{ième} session de la CIE



— La 29^{ième} session de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) s'est déroulée du 16 au 23 juin 2019 à Washington DC, USA.

— Nouveau président de la CIE


Peter Blattner
METAS



Président de CIE France


Gael Obein
LNE



- Recherches dans les domaines de l'éclairage et de la lumière concernant
- La vision humaine,
 - La métrologie et l'instrumentation,
 - La perception des couleurs,
 - Éclairage intérieur et extérieur en passant par l'éclairage routier,
 - La visibilité,
 - Les nuisances lumineuses et les effets non visibles de la lumière.



29^{ième} session de la CIE



- **417 participants, de 37 pays**
Forte représentation française: Cerema, Ifsttar, LNE, ENTPE
- **Actes de la conférence en accès libre**
<http://www.cie.co.at/publications/cie-session-washington-2019>
- **Travaux présentés sur la mesure en dynamique de la luminance**
 - Pour les mesures d'éblouissement
http://files.cie.co.at/x046_2019/x046-PO159.pdf
 - Pour les mesures à d'autres angles d'observation
http://files.cie.co.at/x046_2019/x046-OP75.pdf



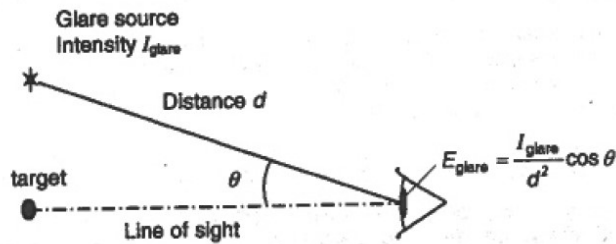
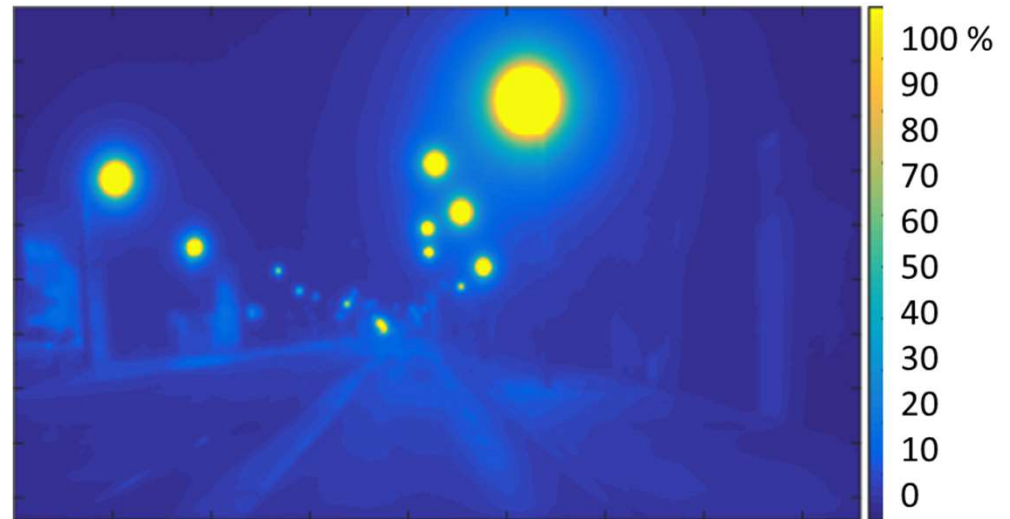
— ILMD Cyclope génère une image HDR

- Permet le calcul de TI (selon norme EN13201)

$$TI = \beta \cdot \frac{L_{veil}}{L_{adapt}} (\%)$$



- Calcul de la luminance de voile par source
- Modèle statique

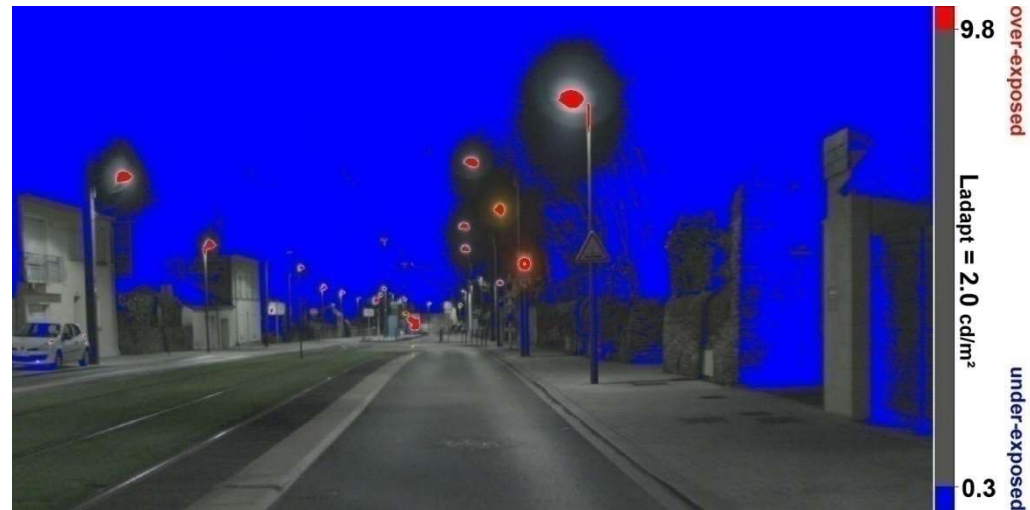
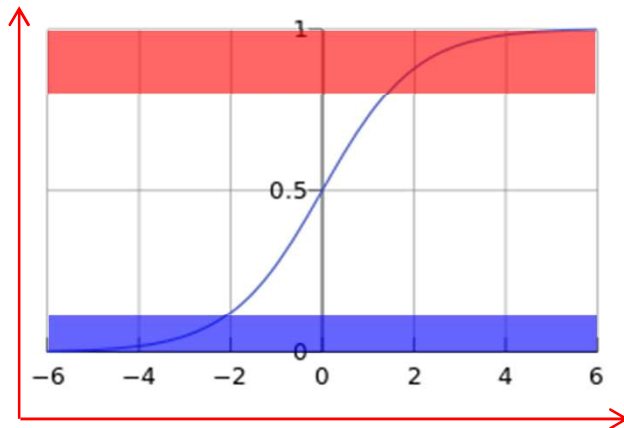




Recherches sur l'éblouissement

- Modèle utilisant l'adaptation visuelle : la réponse de la rétine la saturation des cônes et des bâtonnets
 - Détermine le nombre de pixels sur exposés : si $L_{pixel} > 5 \times L_{adaptation}$
 - Calcule un pourcentage de sur exposition
- Modèle dynamique

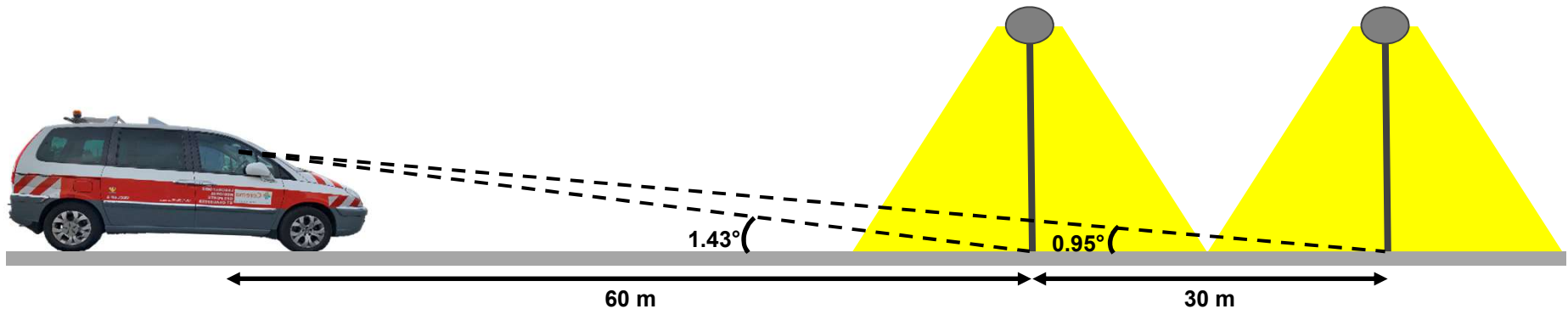
Modèle



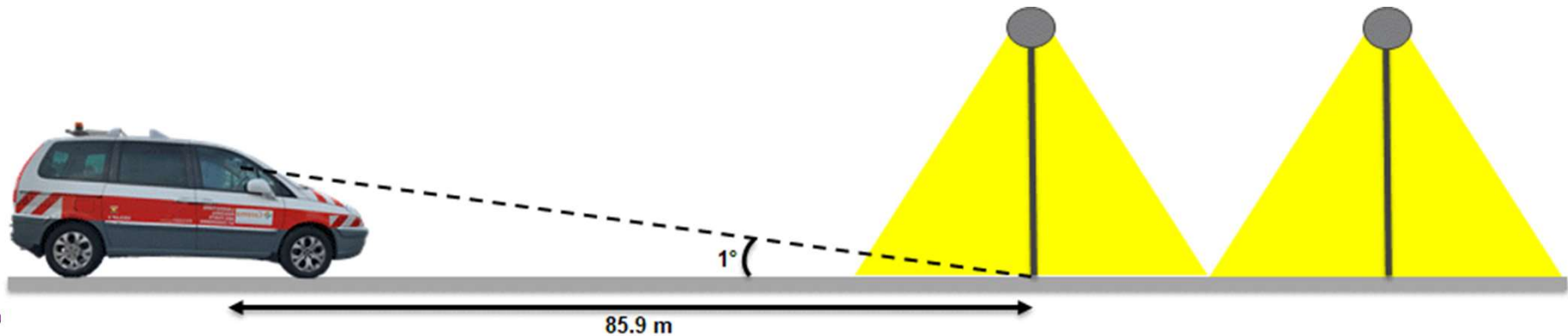


Mesure en dynamique de la luminance

– Méthode de mesure traditionnelle (statique selon EN13201)



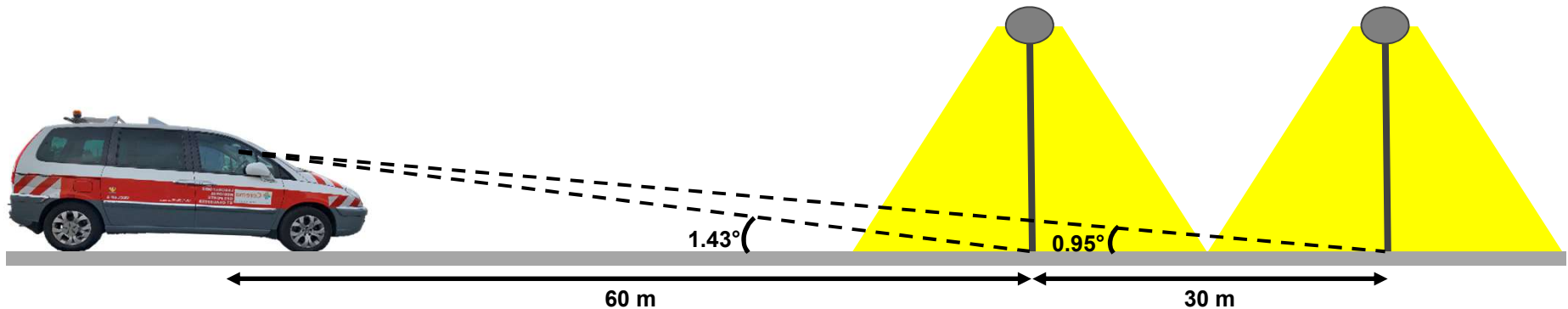
– Les recherches en cours : La notion d'observateur mobile



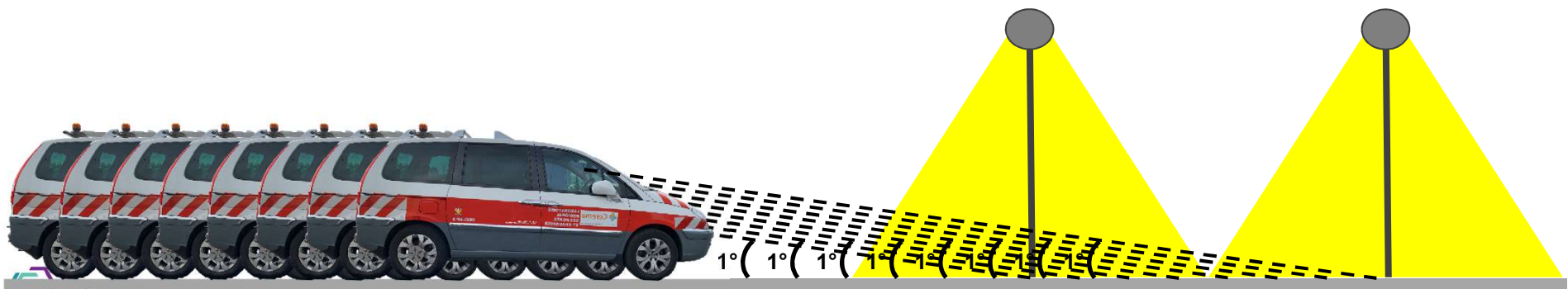


Mesure en dynamique de la luminance

– Méthode de mesure traditionnelle (statique selon EN13201)



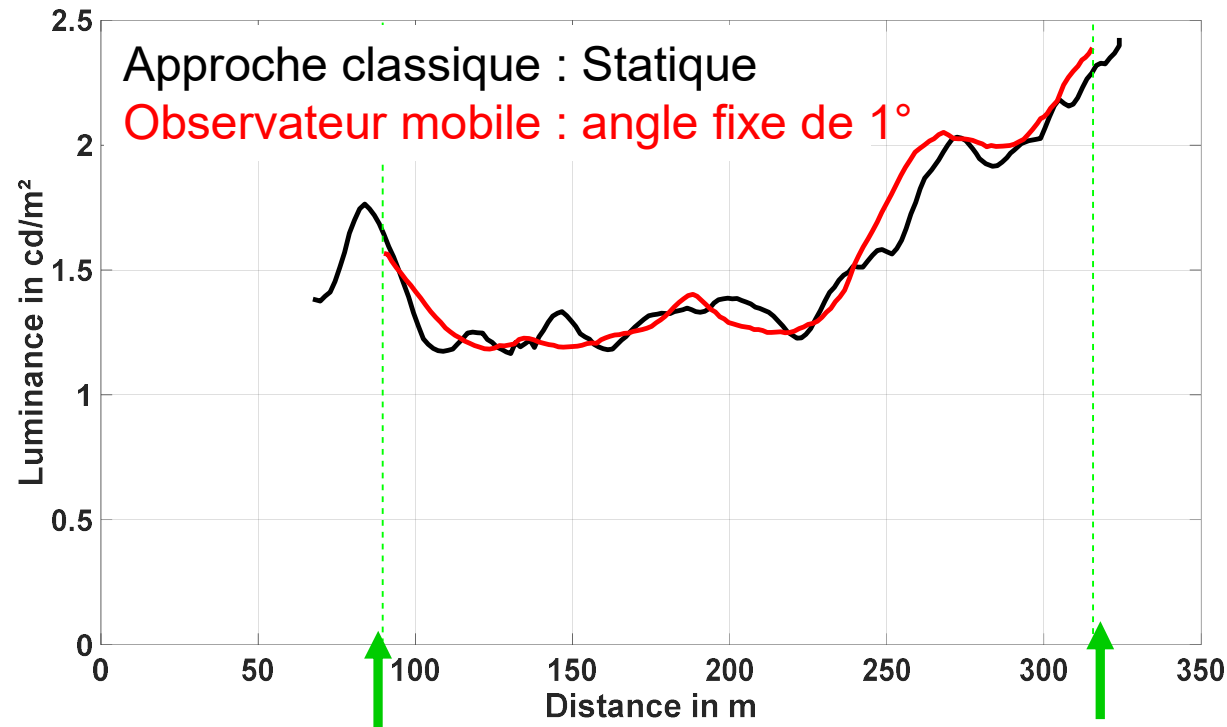
– Les recherches en cours : La notion d'observateur mobile





Mesure en dynamique de la luminance

— Comparaison des 2 approches entre 2 mats d'éclairages

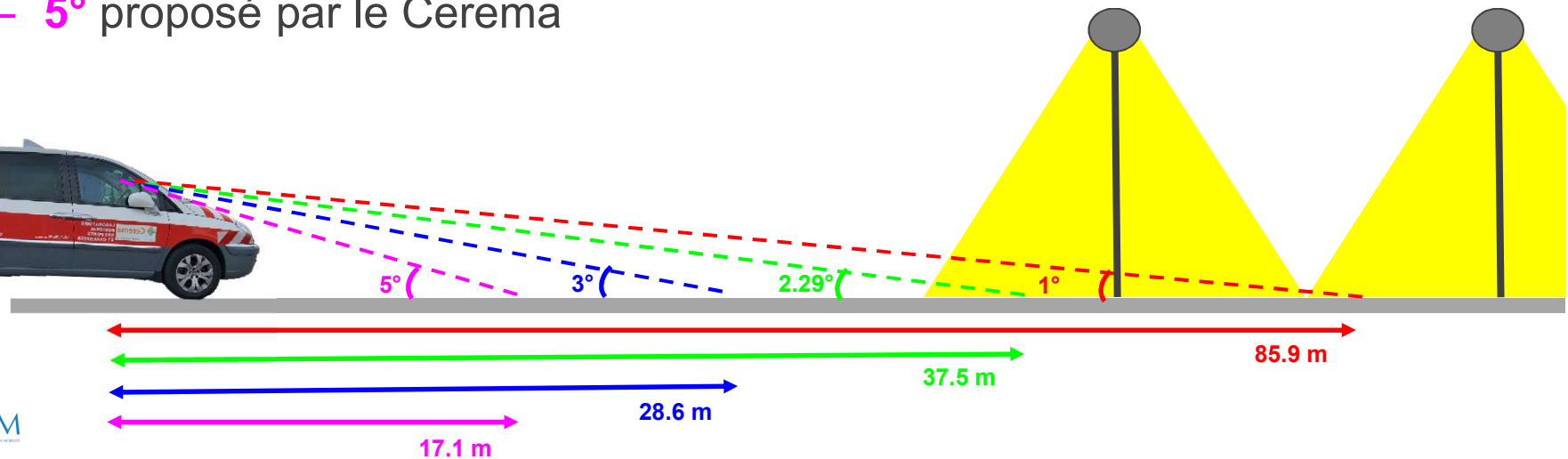


=> Différence $\leq 2\%$
que ce soit pour la luminance ou les uniformités



Mesure en dynamique de la luminance

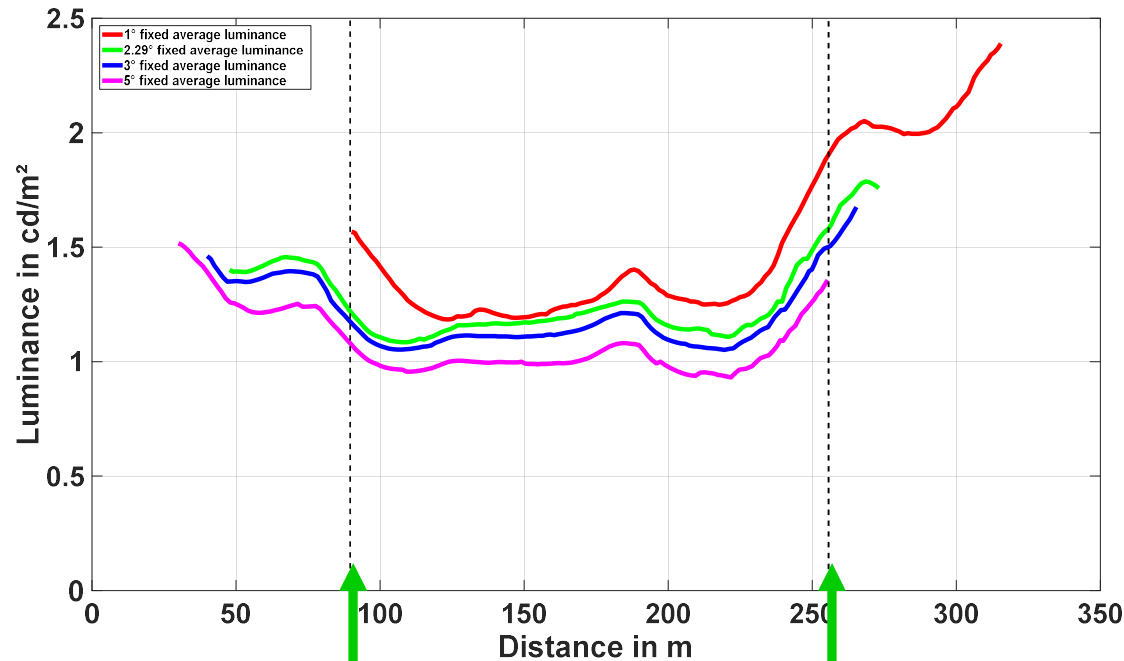
- Application de cette nouvelle approche à différents angles d'observation :
 - 1° utilisé classiquement dans les projets d'éclairage => interurbain
 - 2.29° utilisé pour le marquage routier, propose par Sorensen et le projet Surface
 - 3° proposé par Stockmar
 - 5° proposé par le Cerema





Mesure en dynamique de la luminance

- Premiers résultats : comparaison de la luminance moyenne pour 1° , 2.29° , 3° et 5°



- Conclusions
 - Baisse de luminance avec l'augmentation de l'angle
 - A confirmer avec d'autres revêtements et d'autres installations d'éclairage

- **Photométrie des revêtements**
 - Actualiser les bases de données de photométrie de revêtement
 - Changer les pratiques et la prise en compte de la photométrie des revêtements
- **Mesure de luminance par ILMD => apport du dynamique**
 - Passage d'un observateur statique à un observateur mobile
 - Outils de contrôles et d'ajustement de la qualité de l'éclairage
- **Des approches complémentaires et des enjeux communs**
 - Intégration des améliorations technologiques : revêtements, éclairage et possibilités d'ajustements
 - Prise en compte d'autres angles de mesures conduite urbaine, piétons, cyclistes, malvoyants,...

=> Vers un éclairage optimisé pour tous

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Valérie Muzet

valerie.muzet@cerema.fr



1 Journée technique du Pôle Eclairage du Cerema :
Lumière sur l'éclairage urbain de demain

