

## Outil COLUROUTE

Mesure des propriétés  
de réflexion des matériaux

Valérie Muzet

Cerema - DTerEst - LR Strasbourg



2015  
ANNÉE DE LA LUMIÈRE  
EN  
FRANCE



# COLUROUTE

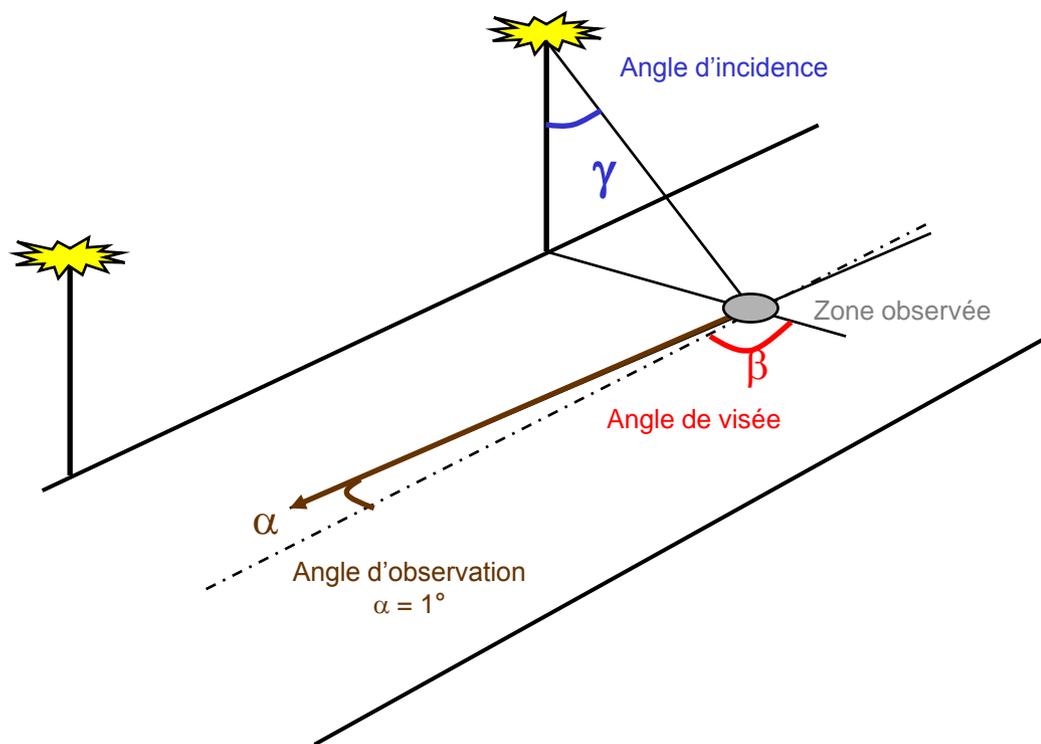
## COefficient de LUminance des ROUTEs

### Sommaire



- Introduction et contexte :  
la photométrie des revêtements
- Présentation de Coluroute
- Evaluation des performances
- Conclusions

# Photométrie des revêtements



Mesure selon un angle d'observation de  $1^\circ$  (spécification C.I.E.)

⇒ conducteur de VL qui regarde à 100m

Coefficient de luminance réduit  $r(\beta, \gamma)$

- Les caractéristiques photométriques des revêtements dépendent :
  - de l'éclairement reçu
  - du type de revêtement et de sa mise en œuvre
  - de ses constituants (granulat, liant)
  - de son état de surface (usure, pollution, humidité)

# Photométrie des revêtements

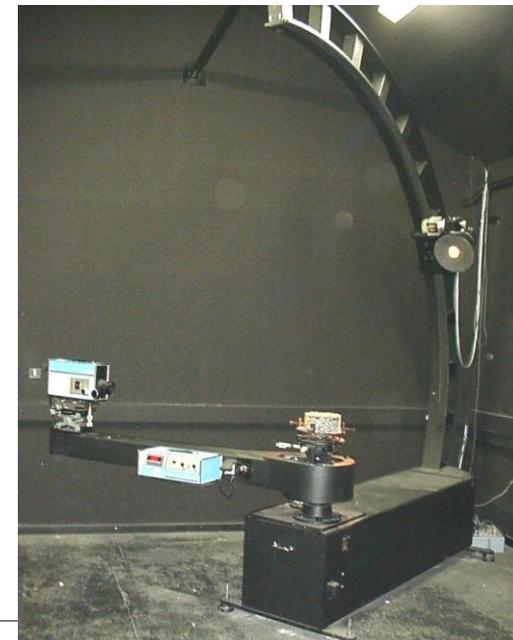
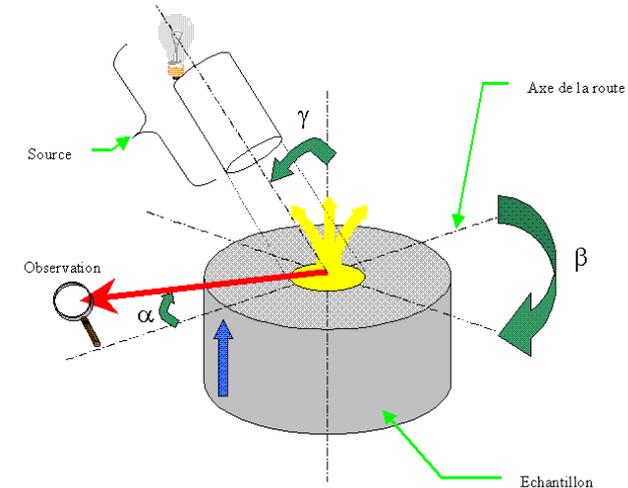
- Propriété de réflexion du revêtement

- Coefficient de luminance réduit (400 combinaisons de  $\beta$  et  $\gamma$ )
- Coefficient de clarté  $Q_0$

$$Q_0 = \frac{\int_0^{\Omega_0} q \cdot d\Omega}{\Omega_0}$$

- Coefficient de spécularité (brillance)  $S_1$   
 $S_1$  définissant la classe du revêtement

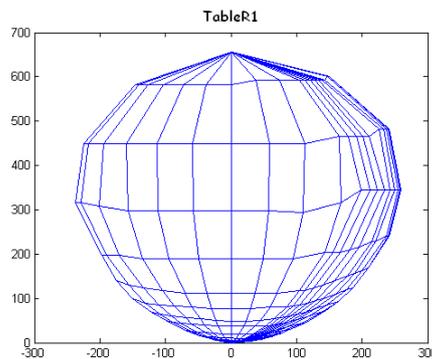
$$S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)}$$



# Photométrie des revêtements

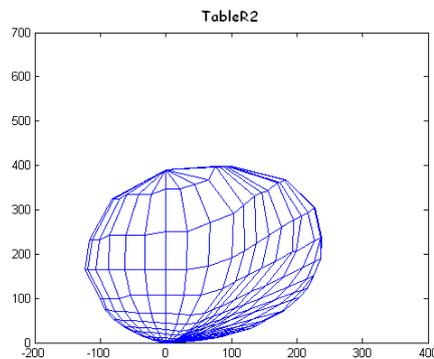
- Les 4 classes de revêtements types

Classe	Condition sur $S_1$	Caractéristique
<b>R1</b>	<b><math>S_1 &lt; 0,42</math></b>	diffusant
<b>R2</b>	<b><math>0,42 \leq S_1 &lt; 0,85</math></b>	peu spéculaire
<b>R3</b>	<b><math>0,85 \leq S_1 &lt; 1,35</math></b>	moyennement spéculaire
<b>R4</b>	<b><math>1,35 \leq S_1</math></b>	très spéculaire



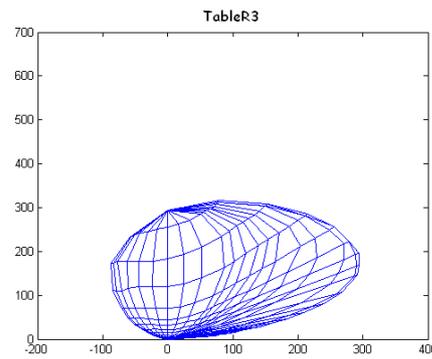
$$Q_0 = 0,10$$

$$S_1 = 0,25$$



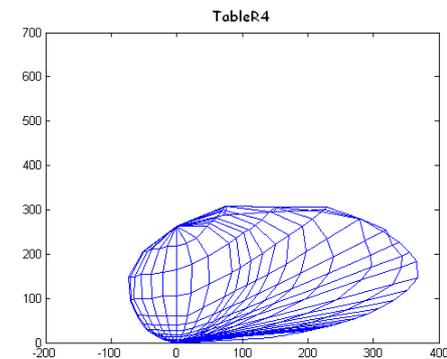
$$Q_0 = 0,07$$

$$S_1 = 0,58$$



$$Q_0 = 0,07$$

$$S_1 = 1,11$$



$$Q_0 = 0,08$$

$$S_1 = 1,35$$



# Photométrie des revêtements

## Constat

- Calculs d'éclairages fait à partir de 4 tables types
- Peu représentatives des revêtements actuels

E. Dumont, J-L Paumier, Are standard tables R still representative of the properties of road surfaces in France ?, CIE, July 4-11 2007

**=> Pour optimiser l'éclairage : Nécessité de mesurer les caractéristiques photométriques des revêtements**

- Contrôle destructif : Prélèvements « ponctuels » puis mesures en laboratoire
- Nécessité de développer un appareil mobile

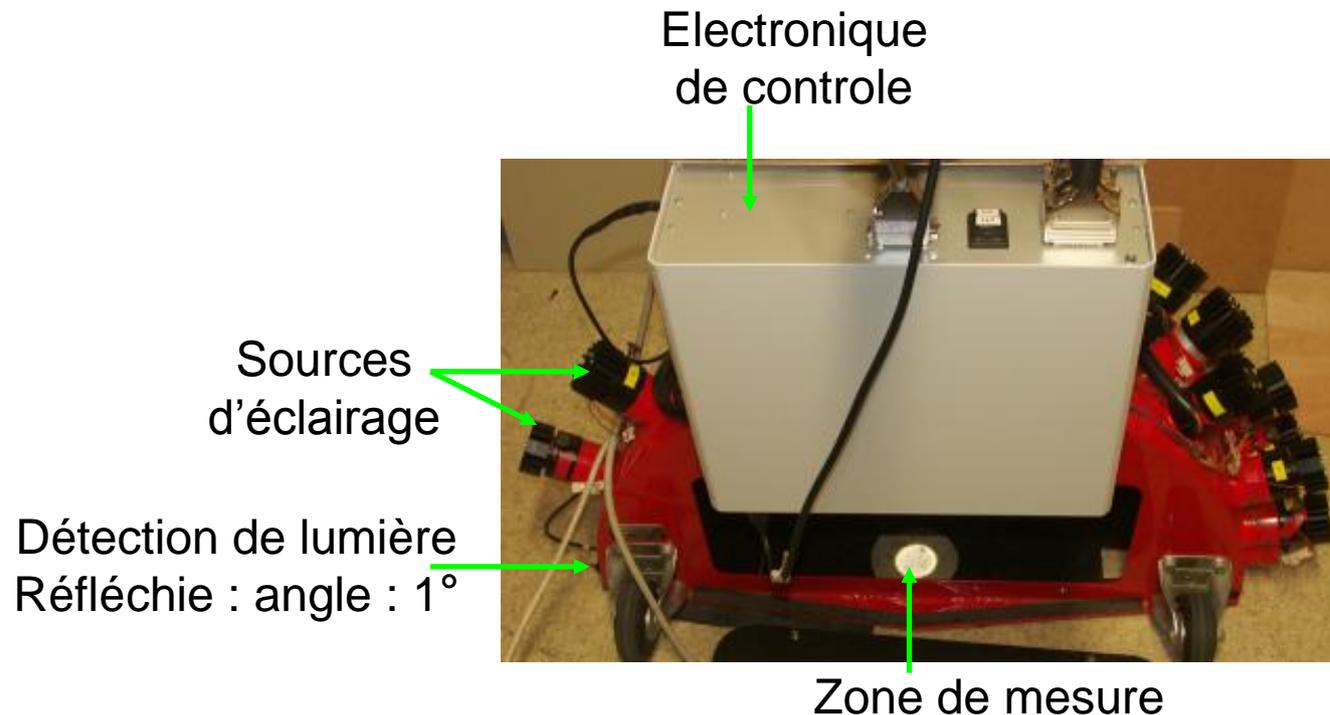


# COLUROUTE : un appareil mobile

## Coefficient de Luminance des ROUTES

Breveté, Trophée de l'innovation en 2002, Modernisé en 2007

Nouvelle génération en cours de construction



# COLUROUTE : un appareil mobile

## Coefficient de Luminance des ROUTES

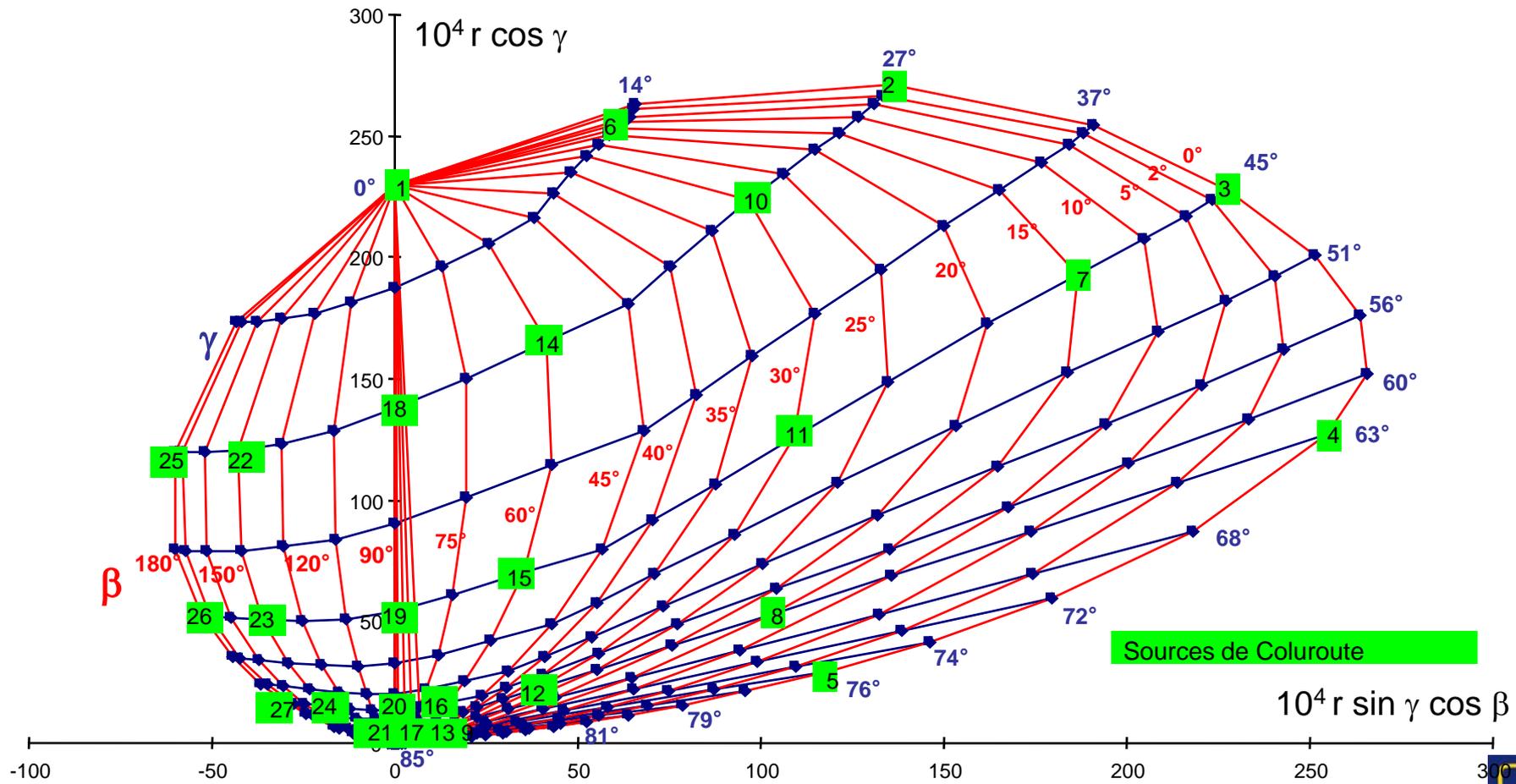


- Transportable sur site => évite les carottages
- Suit les recommandations de la CIE
- Un nombre réduit d'angles d'éclairage
  - Reconstruction de la table complète
  - Calcul de  $Q_0$  et  $S_1$
- Plus de points de mesures
  - ⇒ permet de caractériser l'hétérogénéité de revêtements
  - ⇒ plus représentatif



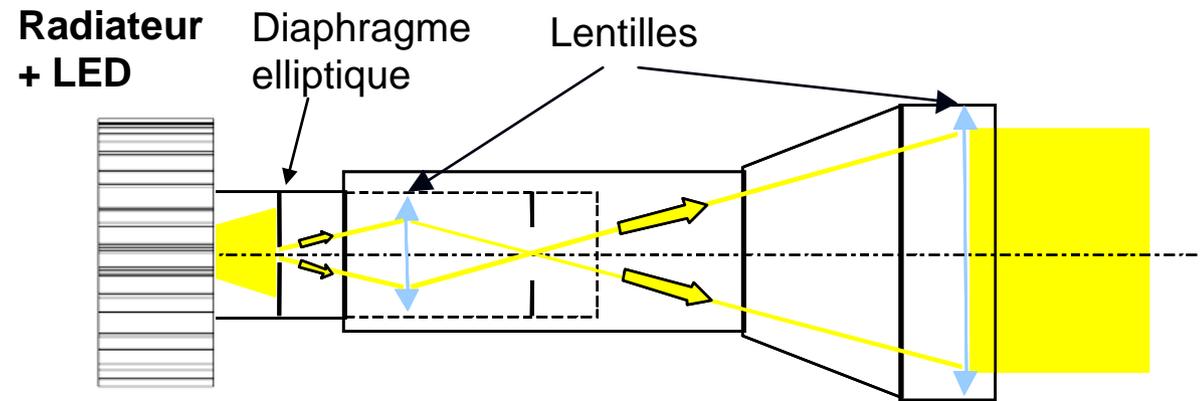
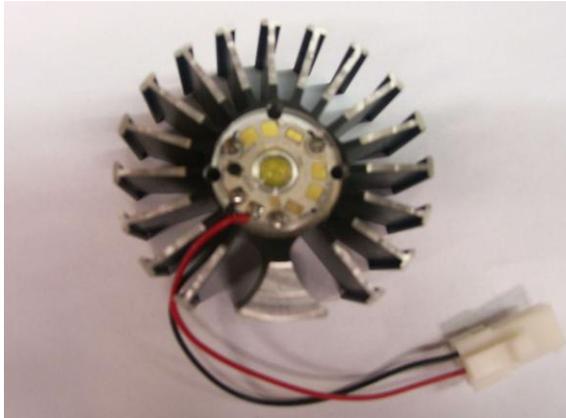
# Présentation de COLUROUTE

Exemple de Solide Photométrique avec le positionnement des sources de Coluroute en vert



# Présentation de COLUROUTE

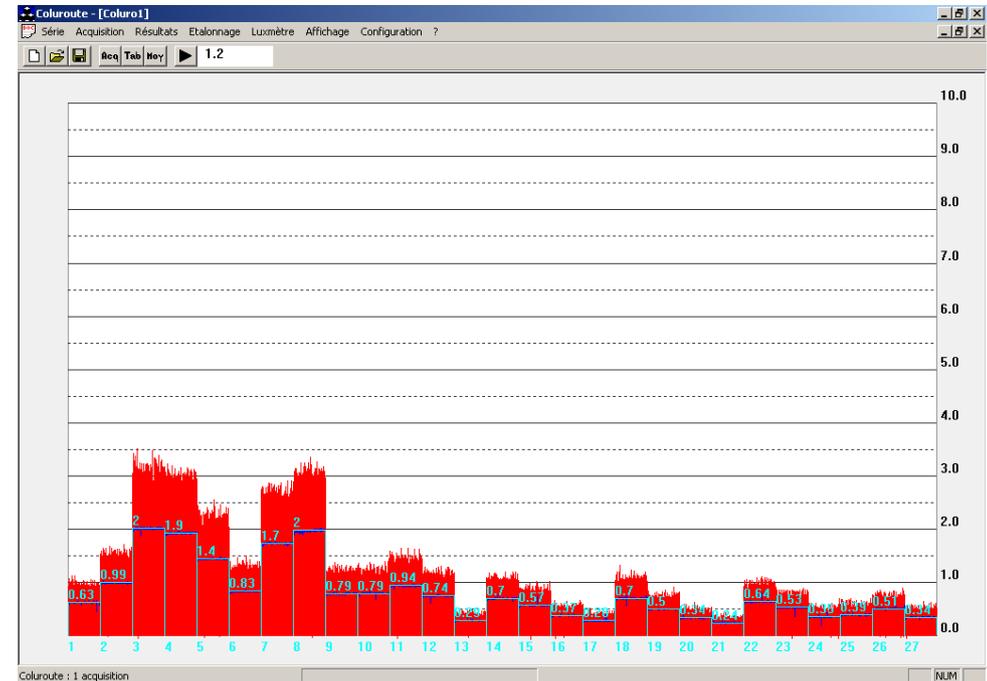
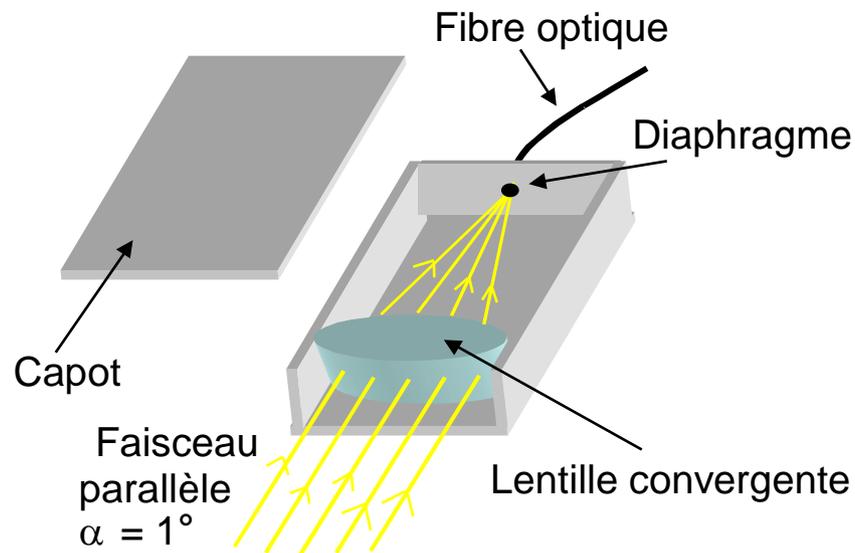
- Principe des sources d'éclairage
  - Eclairage parallèle de 5cm de diamètre
  - Utilisation de LED blanches haute puissance



- Eclairage piloté par ordinateur
  - Modulé
  - Allumage successif des sources

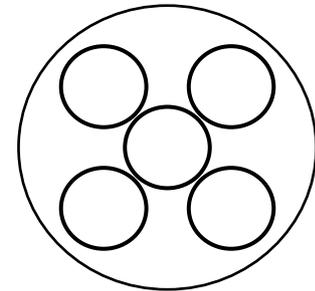
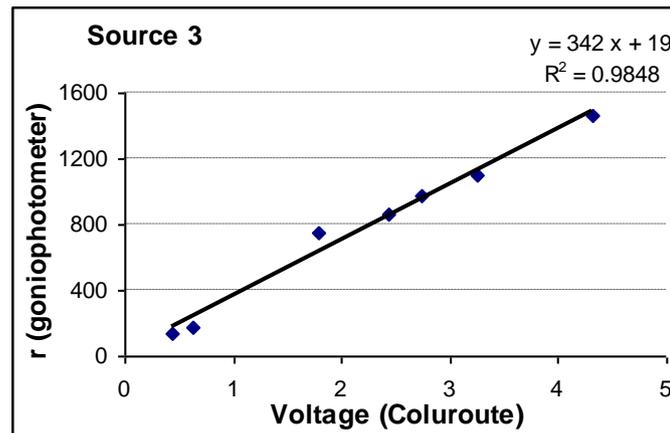
# Présentation de COLUROUTE

- Réception du signal réfléchi
  - Focalisé et transmis par fibre optique à un photomultiplicateur (PM)
  - Détection synchrone
  - Transmission à l'ordinateur



# Présentation de COLUROUTE

- Calibration => d'une mesure de tension à « r »
  - Réalisée sur site avant les mesures
  - Sur des surfaces de références mesurées avec un goniophotomètre
  - Calcul d'une régression linéaire pour chaque source



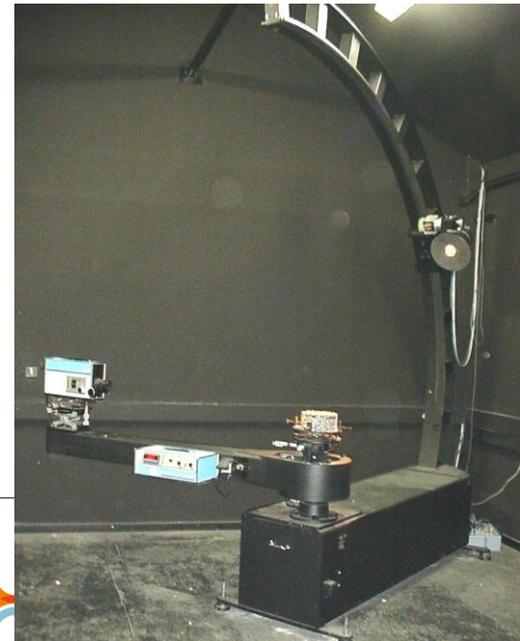
- Mesure

- Moyenne de 5 acquisitions -> environ 100cm<sup>2</sup>



# Présentation de COLUROUTE

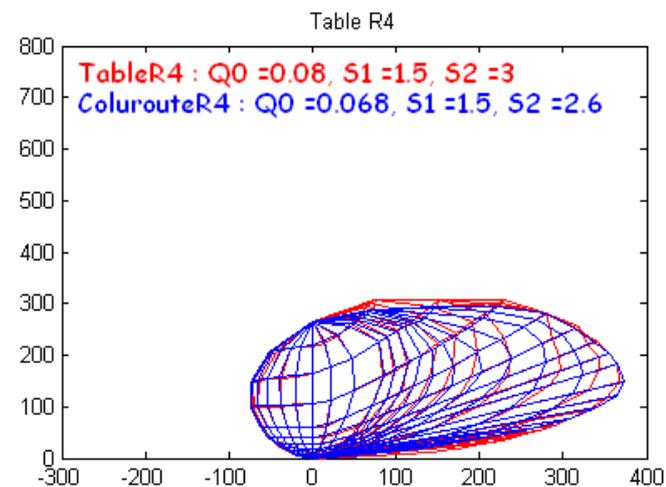
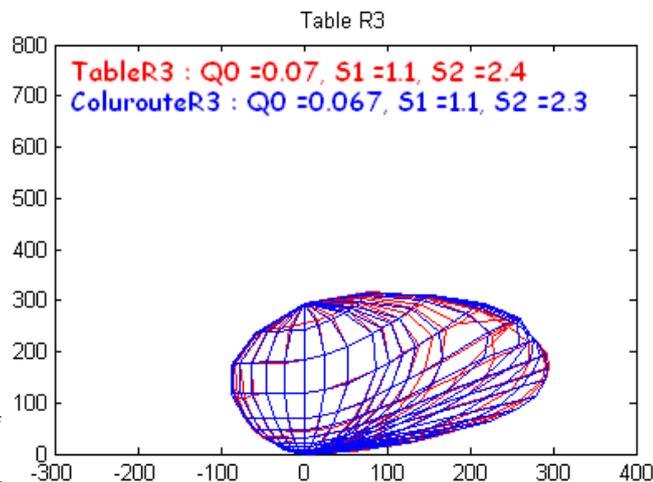
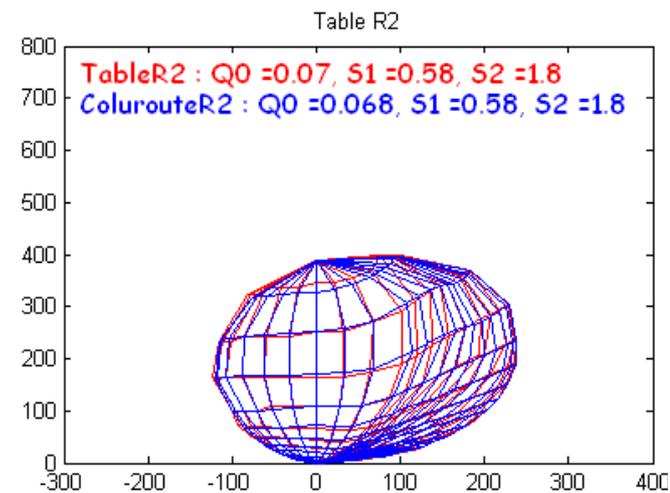
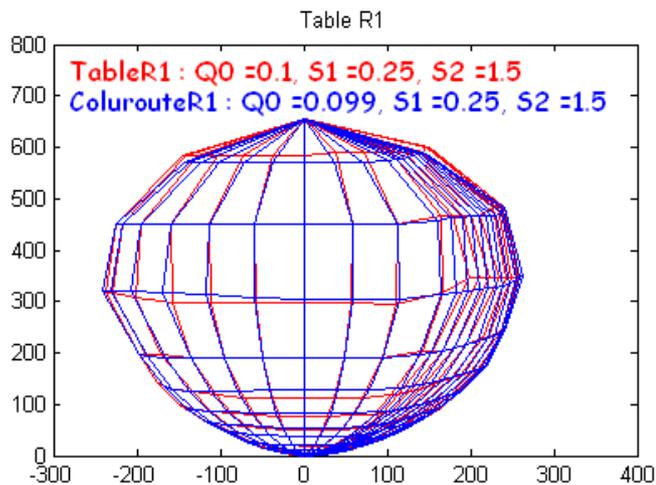
- Reconstruction de toute la table « r »
  - Utilisation de fonctions paramétriques : interpolation et extrapolation
  - Modélisation suite à une étude expérimentale :
    - Echantillon test de 77 tables « r » représentatives mesurées avec le goniophotomètre du LR de Clermont-Ferrand
    - Extraction des 27 points de contrôles
- Objectif : compléter la table
  - En gardant les points de contrôle
  - Justesse pour  $Q_0$  et  $S_1$
  - Forme réaliste de l'indicatrice de réflexion



# Présentation de COLUROUTE

## Reconstruction de la table « r » complète

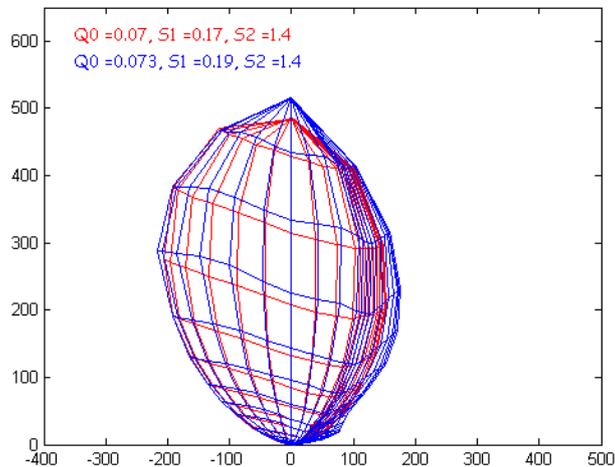
Forme de l'indicatrice de réflexion sur les tables R types



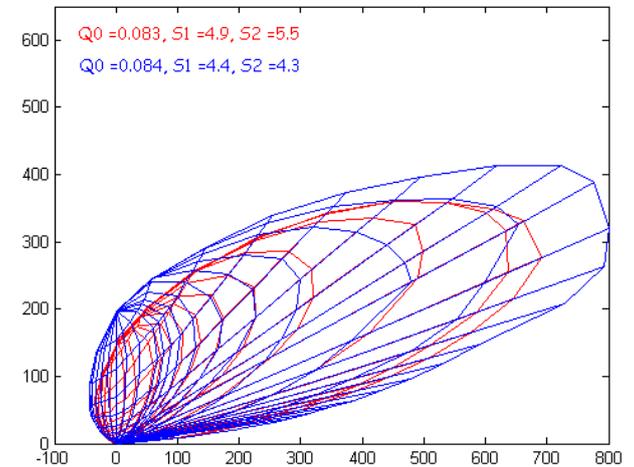
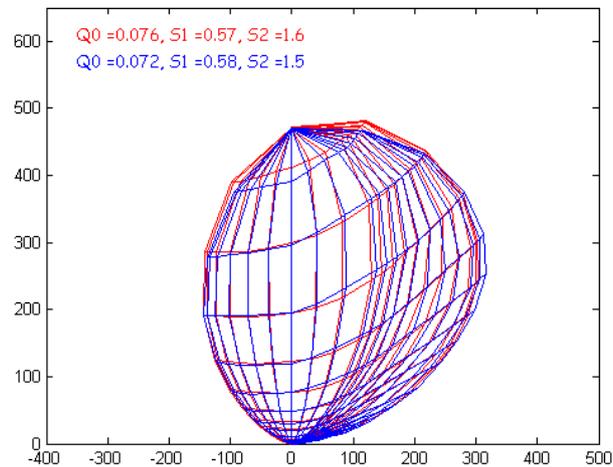
# Performances de Coluroute

Validé par rapport à un goniophotomètre

Revêtement classique



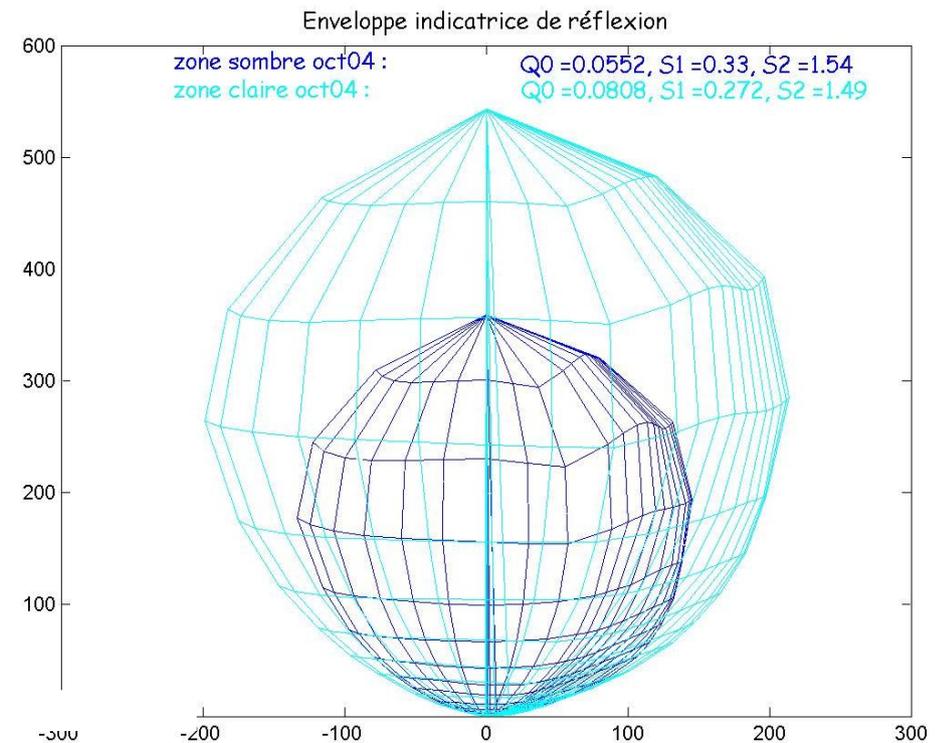
Revêtement neuf (brillant)



Mesures du Goniophotomètre  
Mesures Coluroute

# Performances de Coluroute

## Sur site : caractérisation de l'hétérogénéité



# Conclusions

## Coluroute : un goniophotomètre transportable sur site

Modélisation pour reconstruire la table « r » complète

Suit les spécifications de la CIE

Validé par comparaison avec un goniophotomètre en laboratoire et sur site

Validé par des calculs d'éclairage

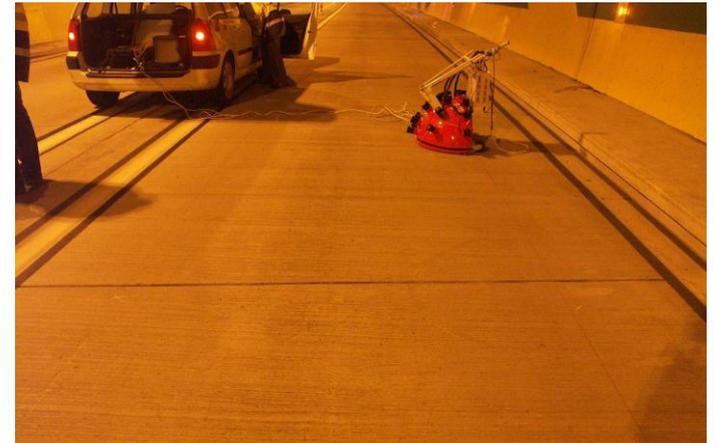


TA



# Objectifs de COLUROUTE

- Mesure **in situ** des **caractéristiques photométriques des revêtements** perçues par un conducteur
  - Clarté
  - Brillance ou spécularité
- **Afin de**
  - Dimensionner un éclairage (tunnel, urbain ...)
  - Contrôler la conformité à un cahier des charges
  - Caractérisation de revêtements innovants
  - Homogénéité, suivi dans le temps, comparaison de produits



# Perspectives

- **Industrialisation du prototype Coluroute** pour permettre une commercialisation et un plus grand déploiement
- **Perspectives de recherche**
  - Modifications pour permettre l'utilisation d'autres angles d'observation
    - Utilisation urbaine (VL, piéton, ...)
    - Observation zénithale (pollution lumineuse)
  - Utilisation pour la mesure du coefficient de clarté défini par le CETU



# Merci



- Valérie Muzet : Cerema / Dter Est / LR de Strasbourg  
[valerie.muzet@cerema.fr](mailto:valerie.muzet@cerema.fr)
- Pour en savoir plus
  - Note d'information 92 du SETRA, mars 1997.
  - « Performance lumineuse des installations d'éclairage public. Quels matériels de mesure dans le cadre de la nouvelle norme européenne ? », RGRA n°869, septembre 2008.
  - Lien vers film Coluroute de Lumiroute

