

Outil COLUROUTE

Mesure des propriétés
de réflexion des matériaux

Valérie Muzet

Cerema - DTerEst - LR Strasbourg



2015
ANNÉE DE LA LUMIÈRE
EN
FRANCE



COLUROUTE

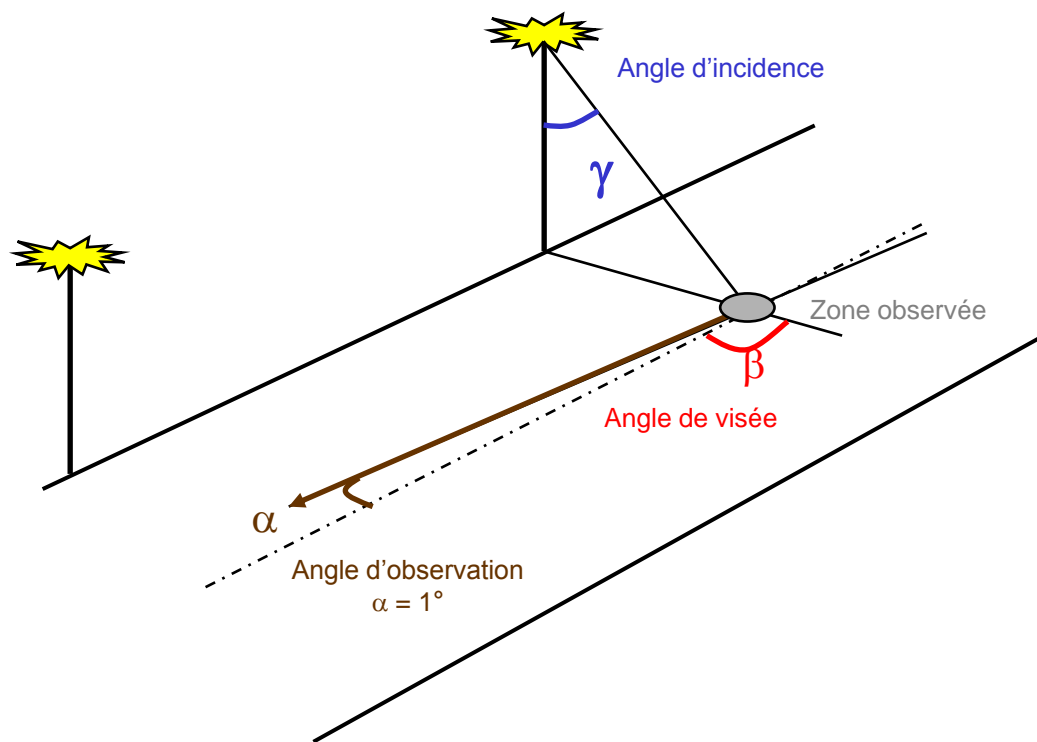
COefficient de LUminance des ROUTEs

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° (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

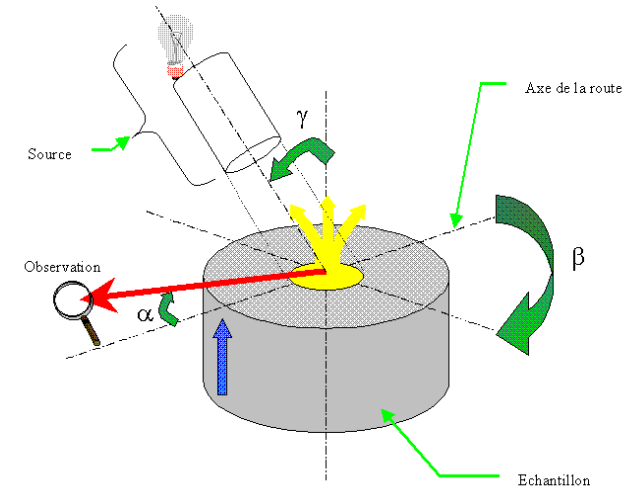
- Propriété de réflexion du revêtement

- Coefficient de luminance réduit (400 combinaisons de β et γ)
- 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

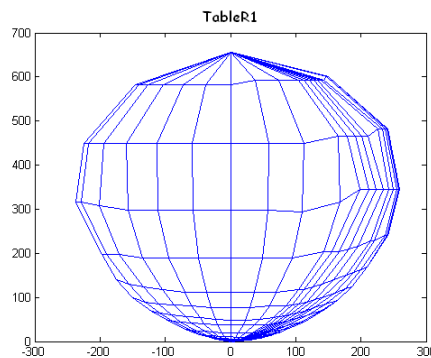
$$S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)}$$



Photométrie des revêtements

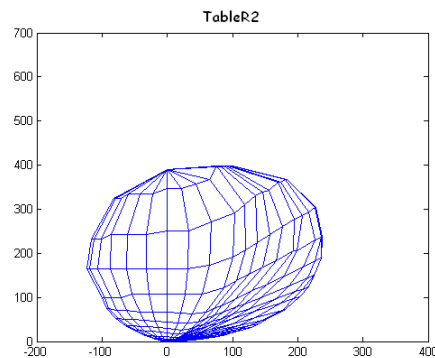
- Les 4 classes de revêtements types

Classe	Condition sur S_1	Caractéristique
R1	$S_1 < 0,42$	diffusant
R2	$0,42 \leq S_1 < 0,85$	peu spéculaire
R3	$0,85 \leq S_1 < 1,35$	moyennement spéculaire
R4	$1,35 \leq S_1$	très spéculaire



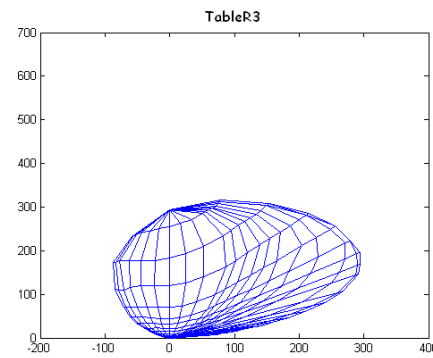
$$Q_0 = 0,10$$

$$S_1 = 0,25$$



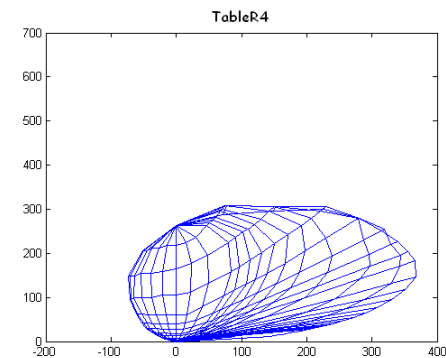
$$Q_0 = 0,07$$

$$S_1 = 0,58$$



$$Q_0 = 0,07$$

$$S_1 = 1,11$$



$$Q_0 = 0,08$$

$$S_1 = 1,35$$



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

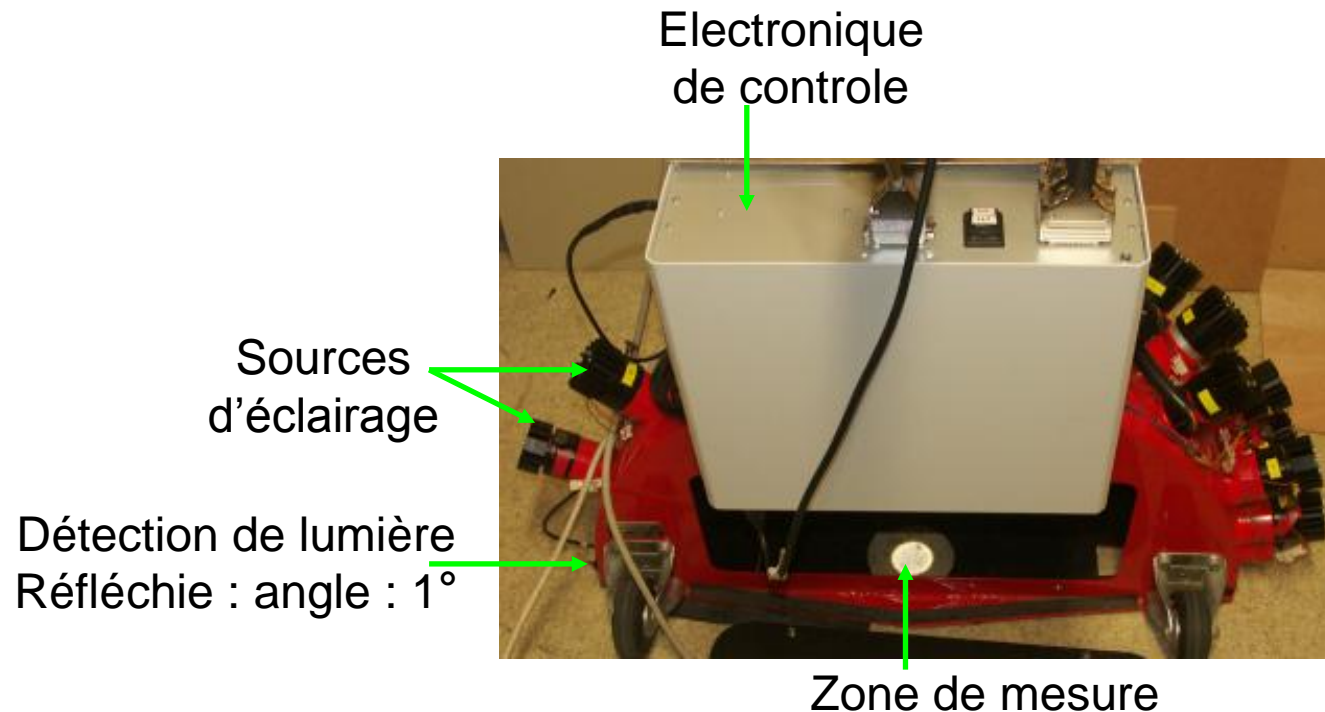


COLUROUTE : un appareil mobile

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

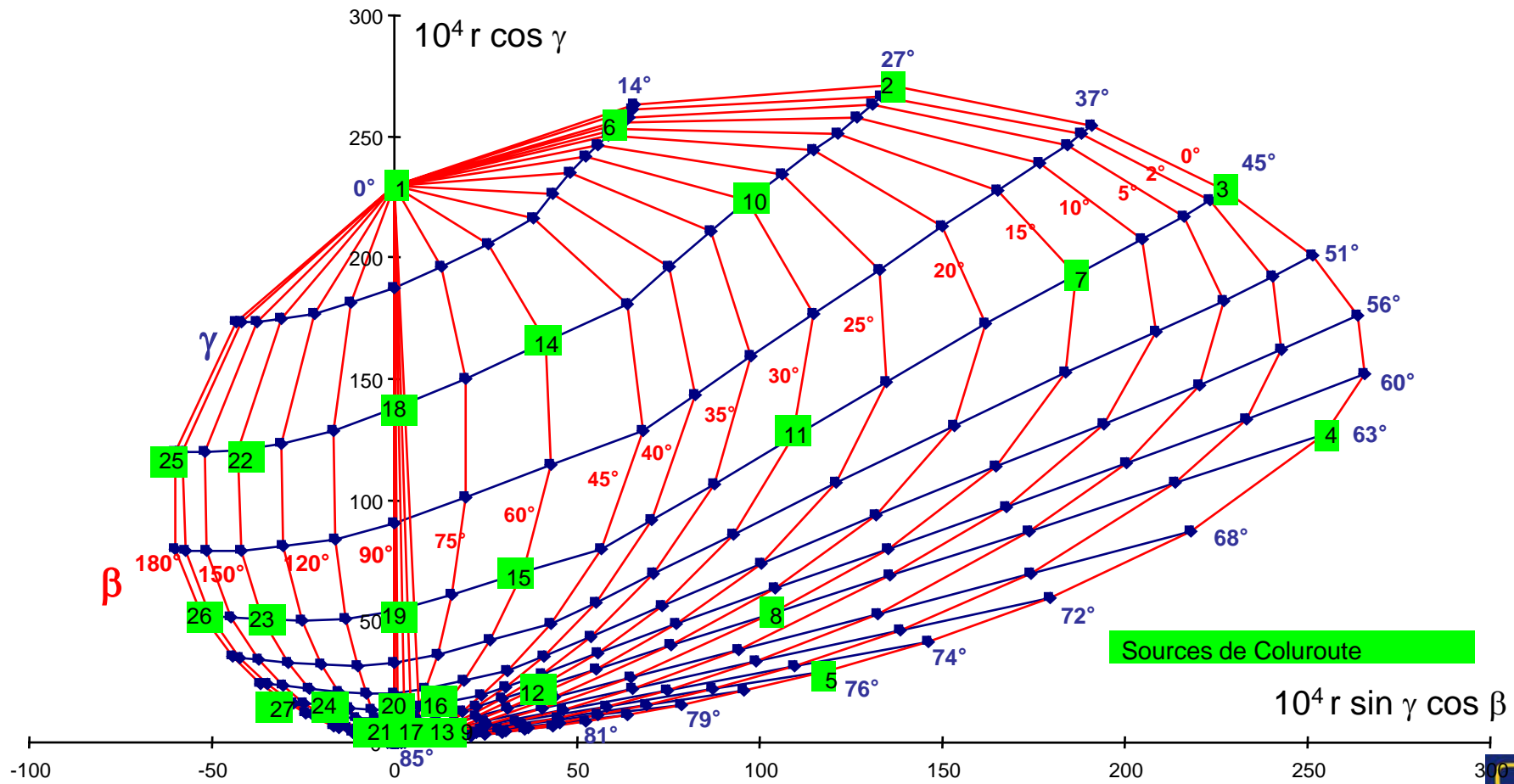


- Transportable sur site => évite les carottages
- Suit les recommandations de la CIE
- Un nombre réduit d'angles d'éclairage
 - Reconstruction de la table complète
 - Calcul de Q_0 et S_1
- Plus de points de mesures
 - ⇒ permet de caractériser l'hétérogénéité de revêtements
 - ⇒ plus représentatif



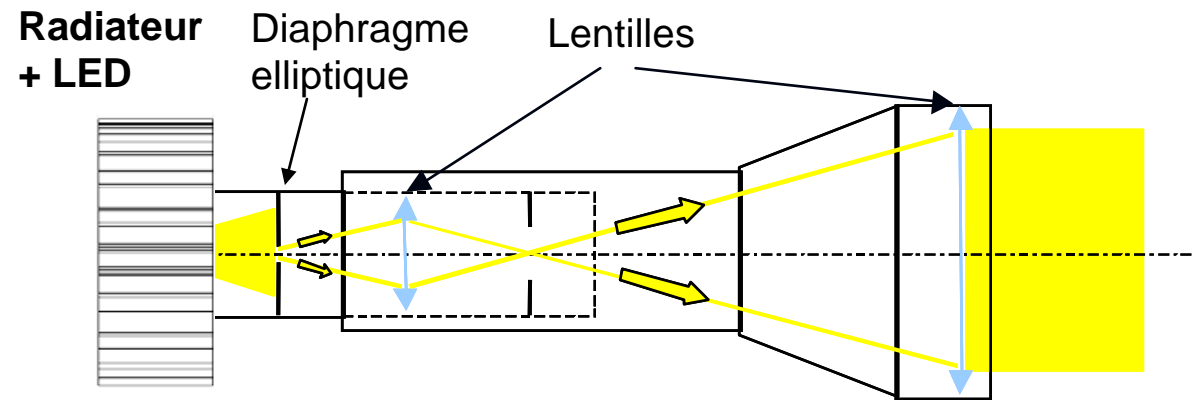
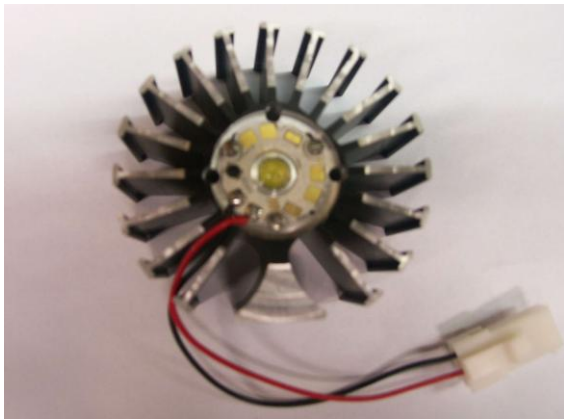
Présentation de COLUROUTE

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



Présentation de COLUROUTE

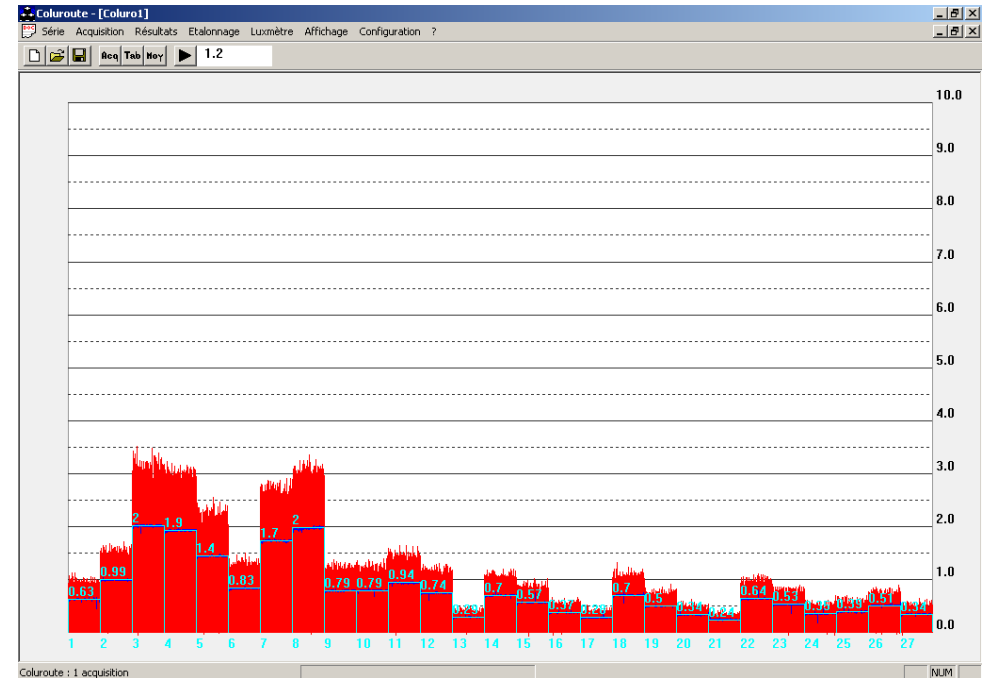
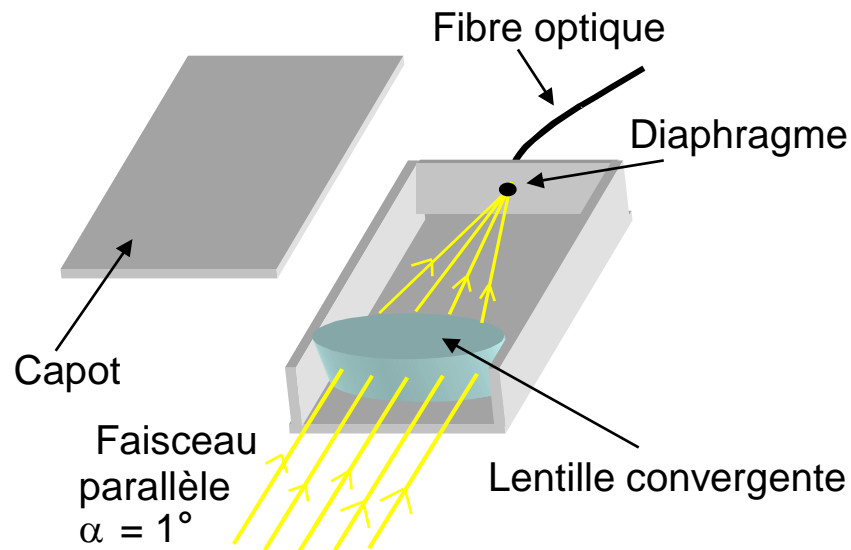
- Principe des sources d'éclairage
 - Eclairage parallèle de 5cm de diamètre
 - Utilisation de LED blanches haute puissance



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

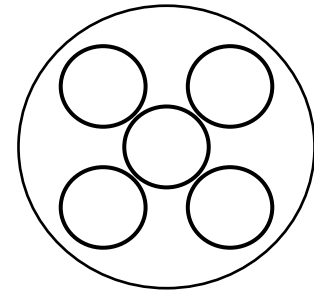
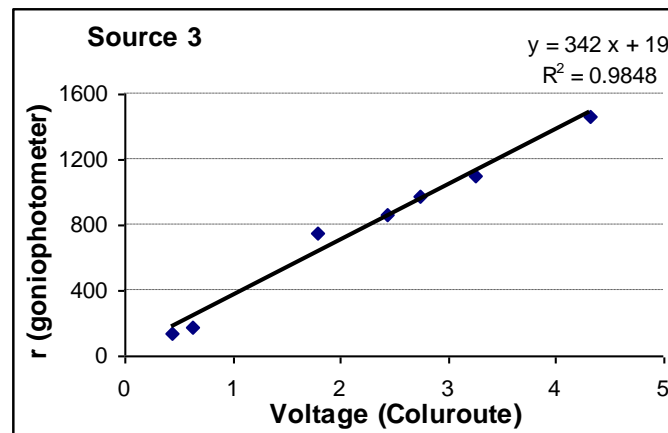
Présentation de COLUROUTE

- 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 100cm²

Présentation de COLUROUTE

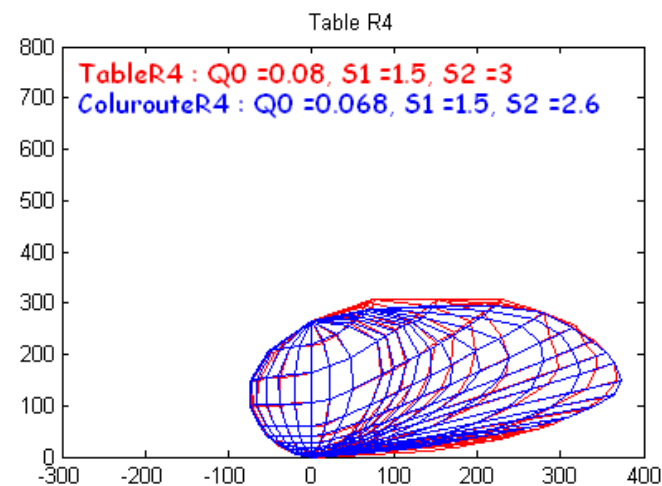
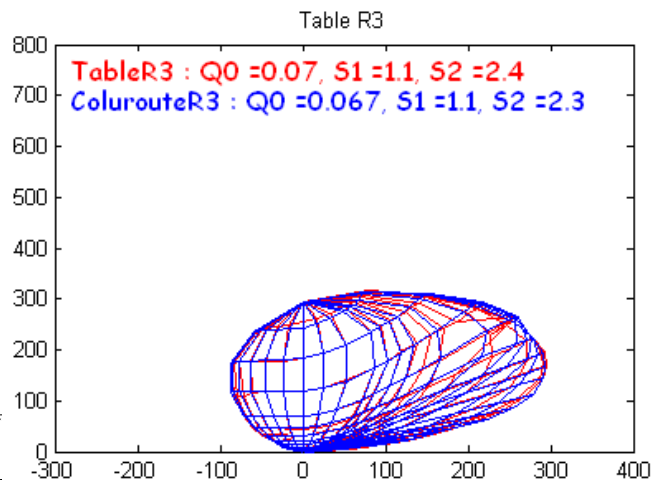
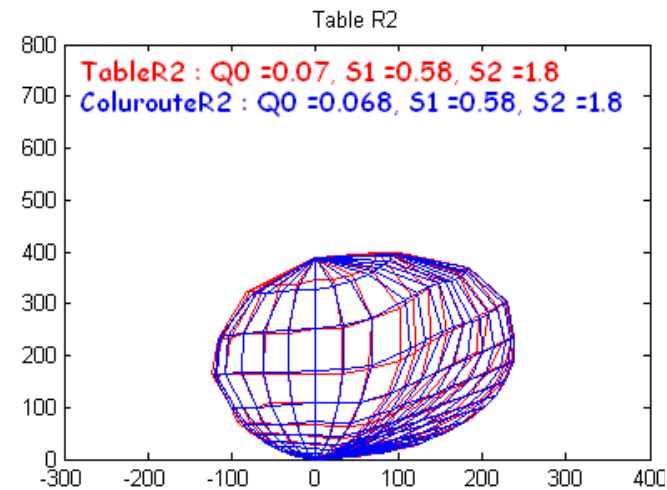
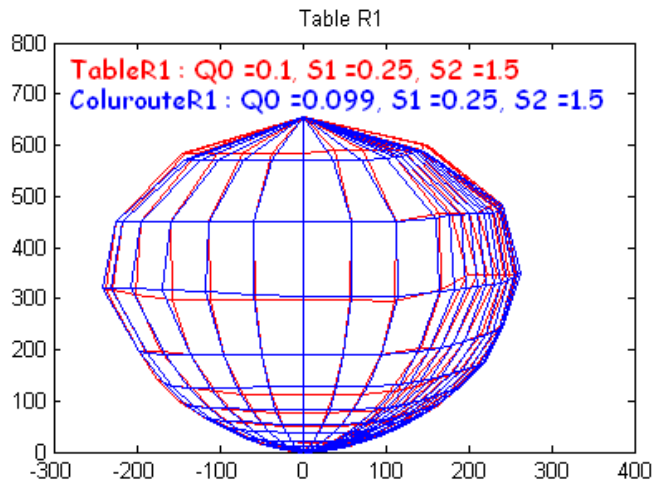
- Reconstruction de toute la table « r »
 - Utilisation de fonctions paramétriques : interpolation et extrapolation
 - Modélisation suite à une étude expérimentale :
 - Echantillon test de 77 tables « r » représentatives mesurées avec le goniophotomètre du LR de Clermont-Ferrand
 - Extraction des 27 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

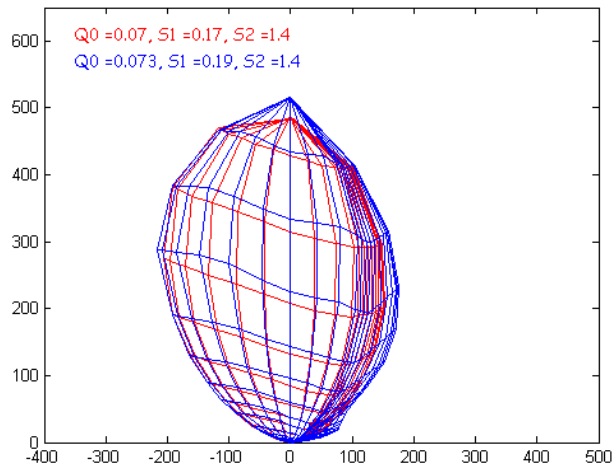
Forme de l'indicatrice de réflexion sur les tables R types



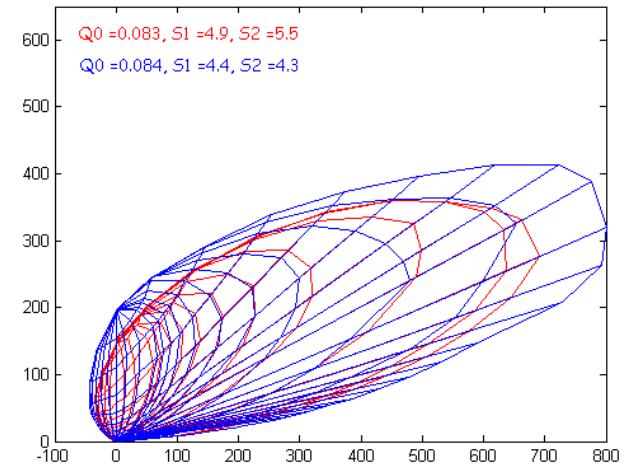
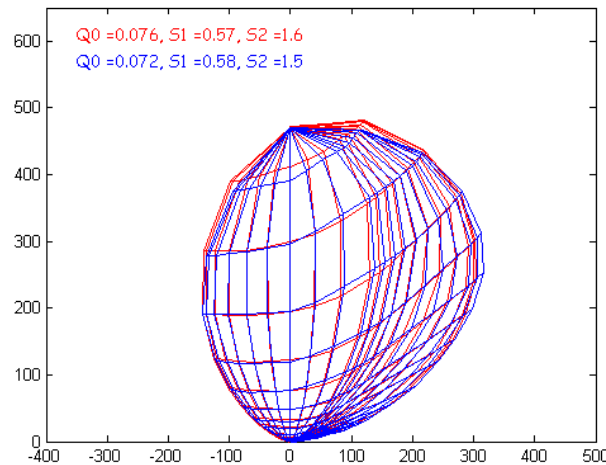
Performances de Coluroute

Validé par rapport à un goniophotomètre

Revêtement classique



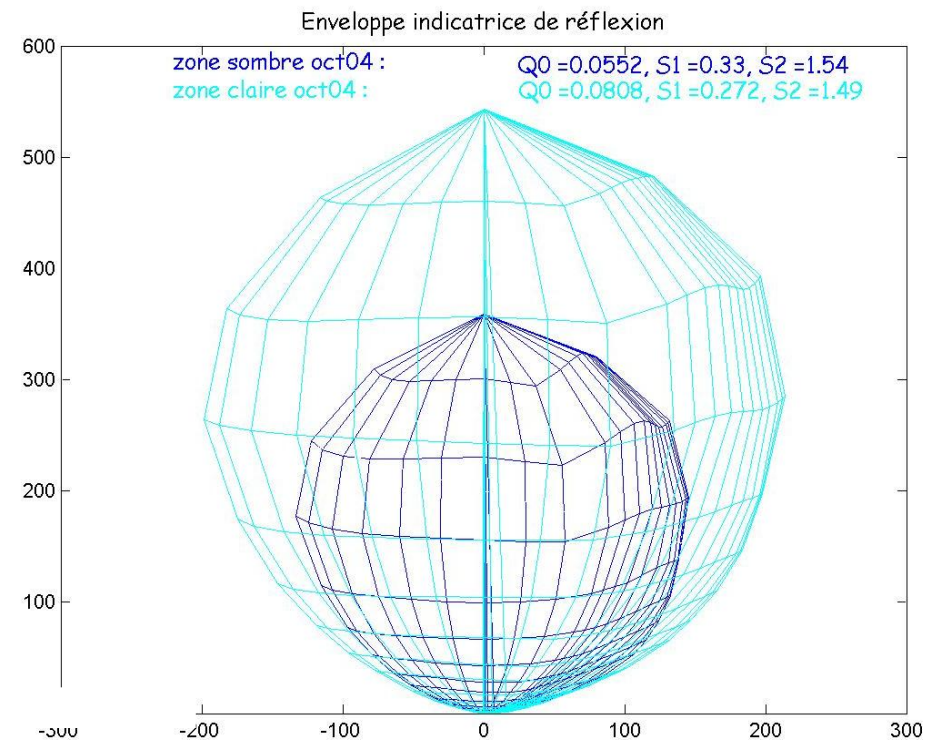
Revêtement neuf (brillant)



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

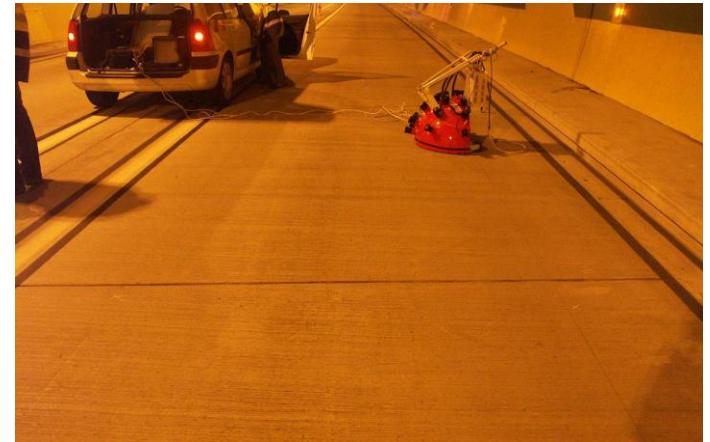
Validé par comparaison avec un goniophotomètre en laboratoire et sur site

Validé par des calculs d'éclairage



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
- 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

