

## **Journée technique**

# Le diagnostic photométrique d'installation d'éclairage extérieur

Mise en œuvre des outils Cerema sur le territoire  
de Nantes Métropole

Dany Joly – Nantes Métropole  
Florian Greffier – Cerema DTer Ouest



2015  
ANNÉE DE LA LUMIÈRE  
EN  
FRANCE



# L'Éclairage Public à Nantes Métropole



- EPCI créé le 1/1/2001
- 24 communes
- 583 000 habitants
- 523,36 km<sup>2</sup>
- 1 113 hab/km<sup>2</sup>  
(entre 20 hab/km<sup>2</sup> (St léger les Vignes) et 4 500 hab/km<sup>2</sup> (Nantes))
- Compétence EP exercée entièrement par la Métropole
- A ce jour : Maintenance par 4 opérateurs privés et 1 public
- 94 500 pts Lx
- 1 942 armoires de Cde
- 5,5 M€ de budget électricité pour EP → augmentation des tarifs de 30 % d'ici 2017 !!!!

# Les types de lampes sur Nantes Métropole

AUTRES



Données issues  
Resocad 23/9/13

SODIUM HAUTE PRESSION



VAPEUR DE MERCURE BF



Sources à Faible efficacité énergétique  
Bannissement à partir de 2015 (directive Eup)

# Les leviers mis en place par Nantes Métropole



- **Appliquer le leitmotiv « Éclairer juste »**
  - Sur les installations nouvelles et sur le parc existant
  - Quand il faut, au bon niveau, en fonction des besoins des usagers (EN 13201)
- **Exploiter les installations pour assurer un service public adapté aux usagers**
- **Maîtriser l'impact sur l'environnement**
  - Limiter les nuisances dues à l'éclairage
    - Maîtriser les émissions de lumière vers le ciel
    - Préserver les sites naturels
    - Se fixer les exigences photométriques à atteindre
    - Repérer les sites sur-éclairés pour apporter des actions correctives
    - Limiter l'éclairage intrusif chez les particuliers
    - Respecter l'environnement (notamment nuisances lumineuses)
  - Optimiser les consommations électriques – Valorisation des CEE
  - Optimiser le traitement des déchets (lampes et matériels électriques)
- **Explorer les potentialités de l'éclairage et des énergies renouvelables**
- **Assurer une veille technique et expérimenter des solutions innovantes**



# Les leviers mis en place par Nantes Métropole



- **La conception des installations**

- Schéma Directeur d'Aménagement Lumière (SDAL) sur Nantes depuis 1993 (R. Narboni)
- Étude d'un SDAL d'agglomération en projet
- Élaboration d'un guide de conception
- Revue de projet : lieu de capitalisation, d'échanges et de validation des projets
- Bilan énergétique par opération

- **L'exploitation des installations**

- Élaboration d'un guide d'exploitation
- Amélioration du suivi des consommations électriques, au plus près des acteurs
- Systématisation de la réflexion sur la temporalité
- Mise en œuvre d'un outil unique de gestion patrimonial SIG

- **L'amélioration du patrimoine existant**

- Programme annuel de rénovation basé sur le diagnostic 2007
- Proposition de programme de suppression des lampes à vapeur de mercure (8%)
- Optimisation du fonctionnement des réducteurs de puissance existants (30 unités)
- Prise de vue aérienne nocturne
- Coupure de l'éclairage au cœur de la nuit : exemple Saint Jean de Boiseau (32 % d'économie d'énergie – temps de retour 3 à 4 ans)



# Les orientations prises par Nantes Métropole



- **Lors de la conception**

- Revue de projet : instruire les aspects photométriques et énergétiques
- Généraliser les ballasts électroniques DALI et nœuds communicants ?
- LED si opportun
- Profils nocturnes

- **En exploitation**

- Un guide d'exploitation partagé
- Améliorer le suivi des consommations électriques

- **En rénovation**

- Programme ERS à renforcer
- Bannissement des lampes énergivores

- **Programme complémentaire d'économie d'énergie**

- Coupure au cœur de la nuit → A poursuivre ?
- Rationaliser le patrimoine existant
- Mettre en œuvre des réducteurs de puissance sur les armoires
- Ré-équiper les luminaires énergivores avec ballasts électroniques



# Les orientations prises par Nantes Métropole



- **Documents cadres**

- Guide de conception EP
- Charte graphique EP
- Guide d'exploitation EP

- **Connaissance du patrimoine**

- Gestion du patrimoine et des interventions : logiciel couplé avec OASIS : Résocad
- Gestion documentaire EP (plan de récolement au format dwg et format pdf pour la diffusion)



# Pourquoi une prise de vue aérienne nocturne ?



- Nantes a posé sa candidature pour être Green Capitale en 2012
- Nantes a été Green Capitale en 2014
- Exigences du dossier de candidature :
  - Décrivez la situation actuelle et des développements relatifs à la pollution lumineuse de l'éclairage de la ville pendant la nuit
  - Fournissez une carte de nuit (en haute résolution)
  - Fournissez des données de mesure de la pollution lumineuse (si disponible)
  - Décrivez le cas échéant la politique ou des règlements spécifiques existants, local, régional ou national, concernant l'éclairage extérieur en vue de lutter contre la pollution lumineuse et de réaliser des économies d'énergie
- Élaboration d'un marché public





# Objet du marché

- Acquisition d'une orthophotographie numérique de nuit couleur sur le territoire de Nantes Métropole d'une superficie d'environ 870 km<sup>2</sup>
- Consistance de la prestation :
  - Réalisation d'une prise de vue aérienne nocturne et fourniture de l'orthophotographie
  - Mesures d'éclairement, de luminance, de photométrie des revêtements de sol et fourniture des résultats
  - Prise de vue aérienne et mesures au sol en régime normal puis en régime réduit
- Titulaire du marché : IGN + Cerema (sous-traitant)



# L'intervention du Cerema

- Intervention du Cerema pour effectuer les mesures au sol :
  - Mesures de luminance avec l'outil Cyclope
  - Mesures d'éclairement avec l'outil Veclap
  - Mesures de photométrie des revêtements de sol avec l'outil Coluroute
  - Synthèse des résultats et fourniture des mesures et d'un rapport global



# Mesures de luminance

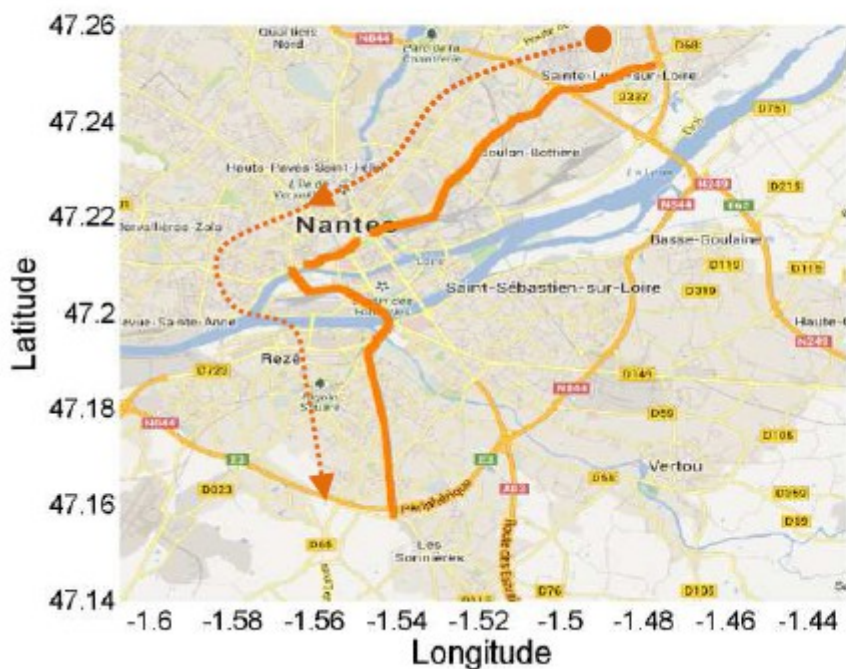
- Rappel des exigences du CCP
  - Mesures par véhicule terrestre
  - Conformité à la norme EN 13201
  - Outil de mesures calibré selon la norme NF C42-711
  - Mesures géoréférencées et superposables à l'orthophotographie
  - Différentes sites de mesures (5 km minimum par site) :
    - voie en zone urbaine dense
    - Voie en zone résidentielle
    - Voie en zone d'activité
    - Voie rurale
  - Production d'un livrable



# Mesures de luminance

- Localisation des mesures

Tronçon A – Sens 01



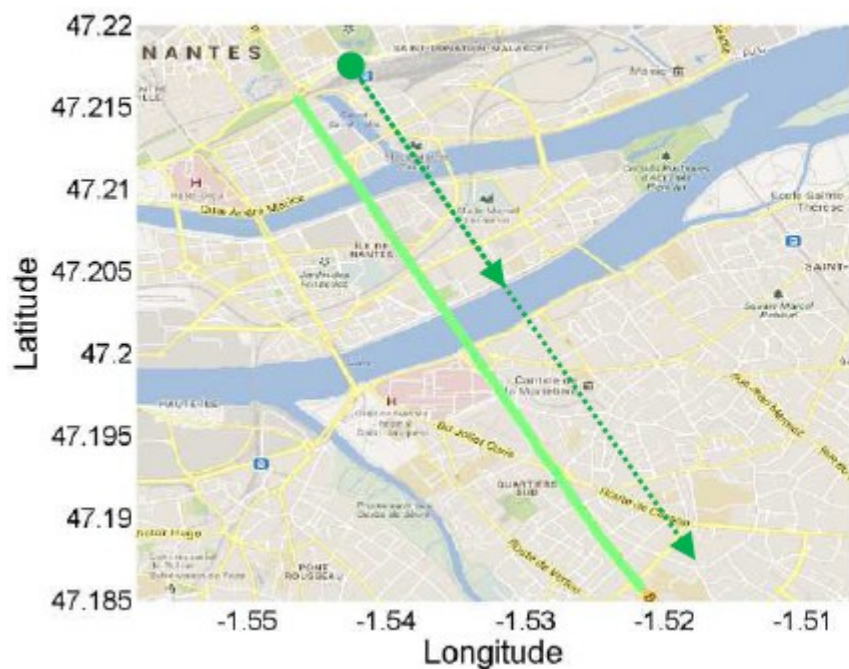
Tronçon A – Sens 02



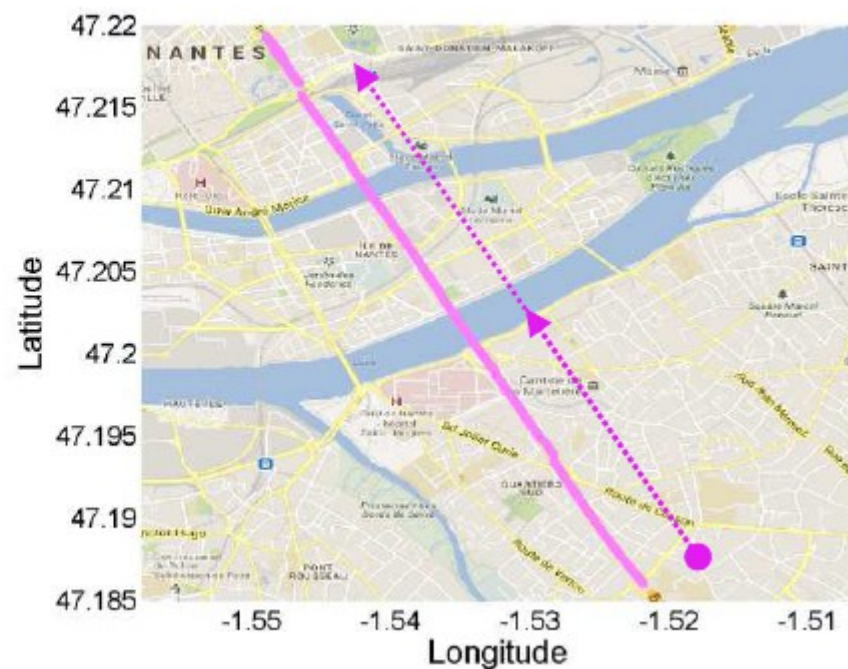
# Mesures de luminance

- Localisation des mesures

Tronçon B – Sens 01

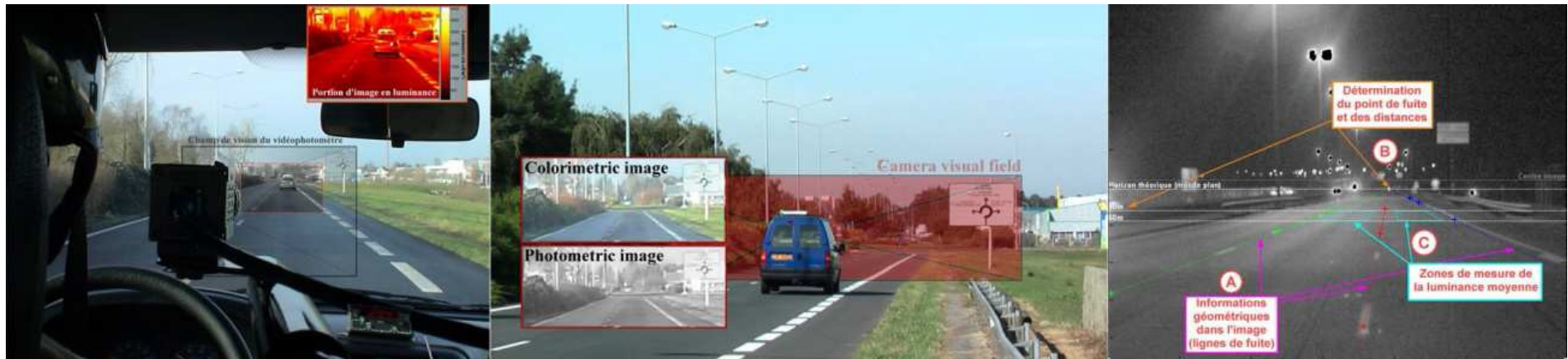


Tronçon B – Sens 02



# Mesures de luminance

- Utilisation de l'outil CYCLOPE



## Système d'acquisition

Résolution des images

Champ angulaire

Fréquence d'acquisition

Durée d'exposition maximale

Echantillonnage des mesures

Résolution

Caméra CCD 12 bits + objectif 17 mm + filtre IR

*Système monoculaire*

640 x 480 pixels

21° horizontal x 16° vertical

jusqu'à 10 images par seconde

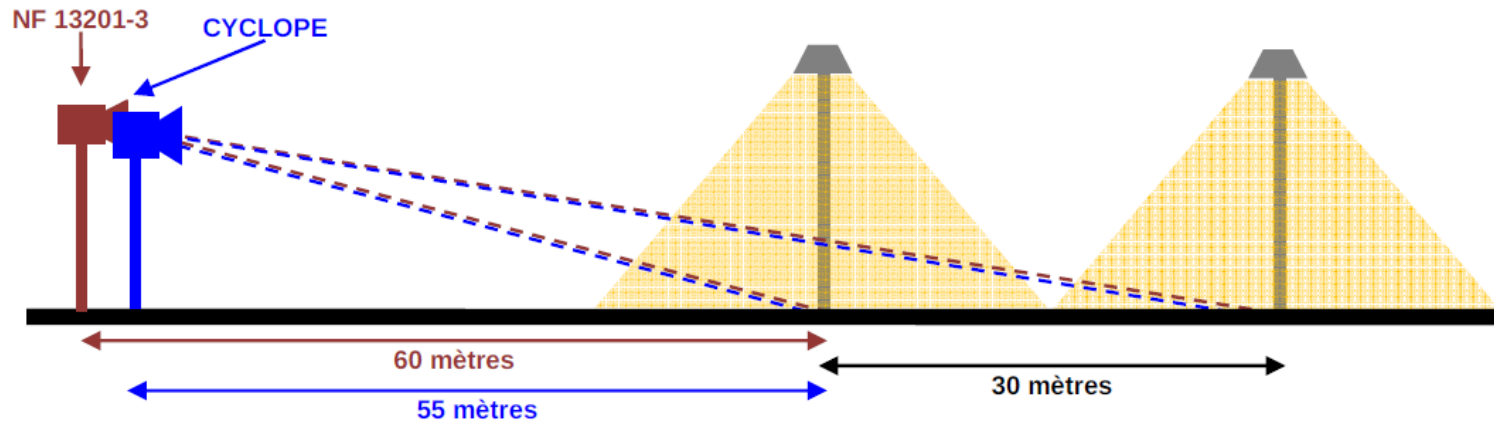
150 ms pour les mesures nocturnes

jusqu'à 1 mesure tous les 0,8 m à 30 km/h ; tous les 2,2 m à 80 km/h

0,1 cd/m<sup>2</sup>

# Mesures de luminance

- Mesures conformes à l'EN 13201



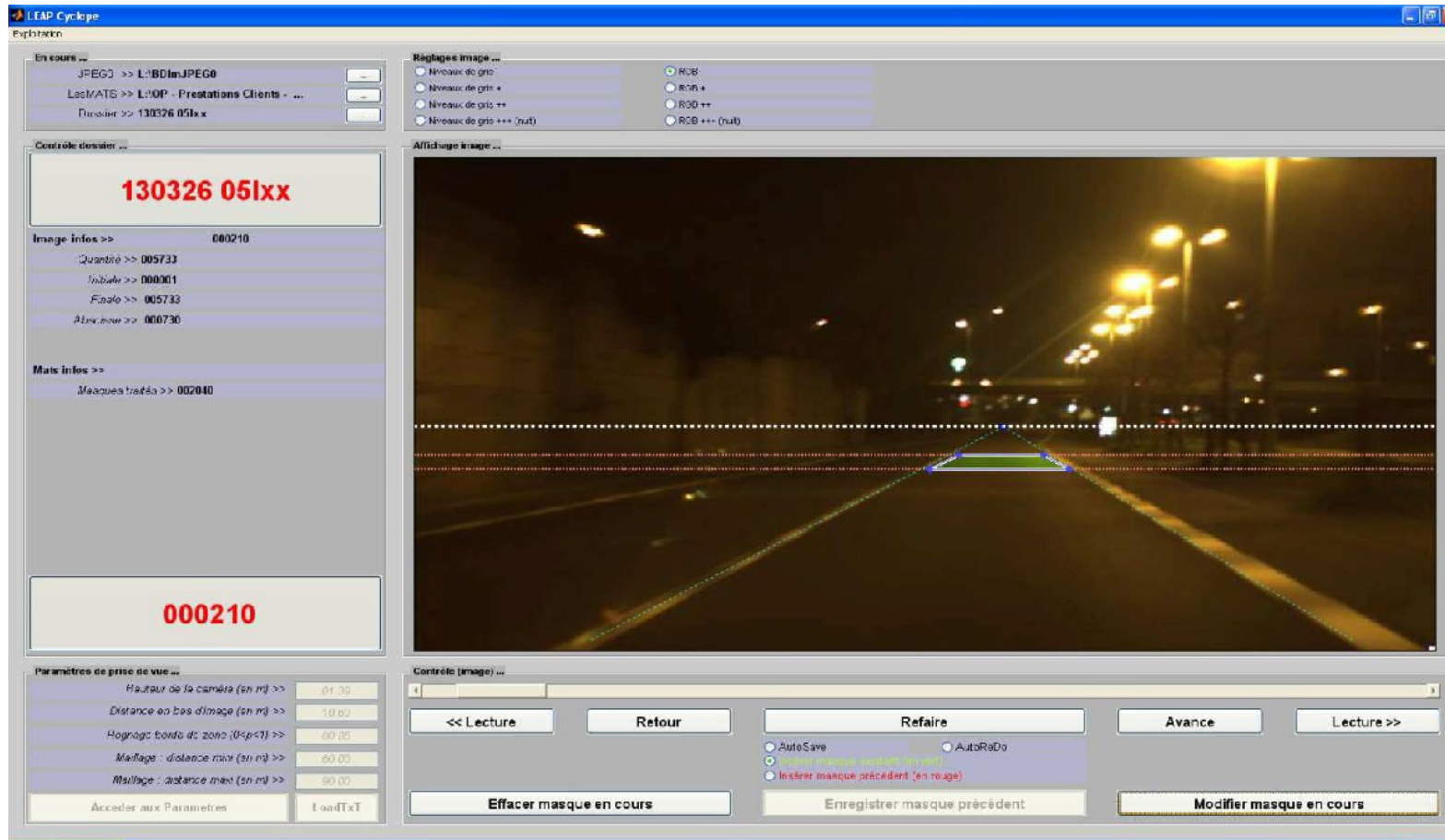
- Paramètres d'acquisition

- Caméra à 1,39m
- 40 km/h
- 3 images/s
- Une mesure tous les 4m



# Mesures de luminance

- Exploitation des mesures



**130326 051xx**

**000210**

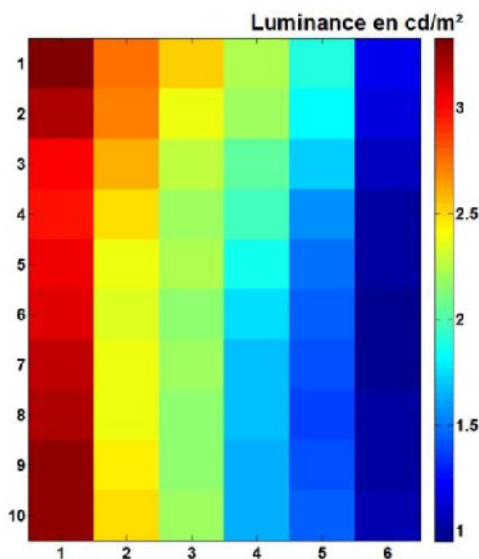
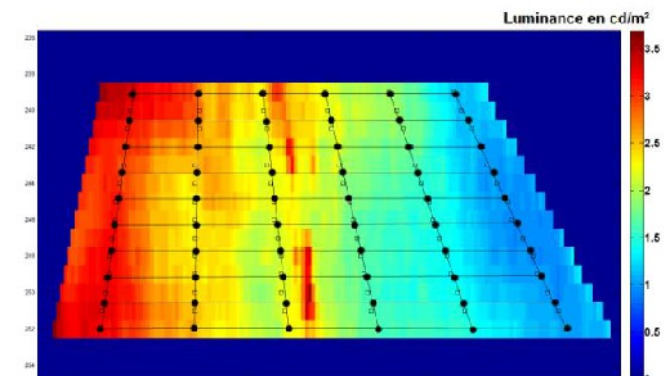
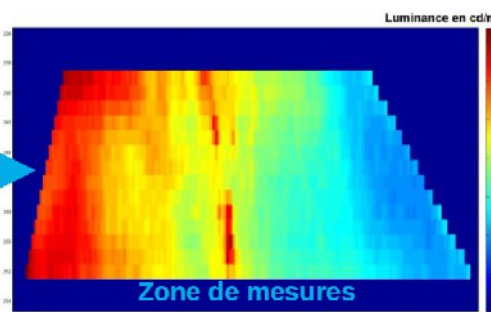
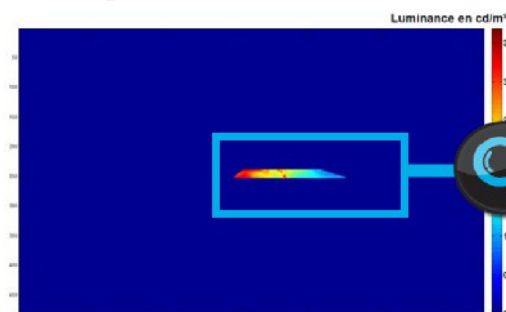
**000210**





# Mesures de luminance

- Exploitation des mesures



### Valeurs photométriques moyennes

Luminance moyenne	2,06 $\text{cd/m}^2$
Uniformité générale	0,46
Uniformité longitudinale	0,85
Luminance mini	0,95 $\text{cd/m}^2$
Luminance maxi	3,33 $\text{cd/m}^2$

### Valeurs sur le maillage

	Voie rapide			Voie lente		
	1	2	3	4	5	6
1	3,33	2,76	2,53	2,24	1,88	1,20
2	3,18	2,71	2,39	2,20	1,84	1,15
3	3,02	2,60	2,27	2,06	1,72	1,07
4	2,98	2,50	2,20	1,97	1,58	1,01
5	3,04	2,38	2,22	1,88	1,49	0,99
6	3,08	2,35	2,16	1,75	1,45	0,96
7	3,16	2,37	2,21	1,69	1,40	0,95
8	3,19	2,38	2,17	1,67	1,38	0,99
9	3,27	2,46	2,15	1,64	1,40	1,01
10	3,26	2,48	2,18	1,64	1,44	1,04

Observateur





# Mesures de luminance

## • Restitution des mesures

Abscisse curviligne	Latitude	Longitude	X Lambert93	Y Lambert93	Luminance moyenne	Uniformité Générale	Uniformité Longitudinale
0	47,25103156	-1,481175667	361255,4482	6693028,545	4,132486902	90,65262903	77,90448004
1	47,25103156	-1,481175667	361255,4482	6693028,545	4,048447223	78,34171844	82,75911827
3	47,25103067	-1,48121217	361252,3214	6693028,624	4,315208182	86,44296523	82,9119025
5	47,25102967	-1,481259889	361249,0765	6693028,696	4,385862987	88,80859999	71,37644276
8	47,25102967	-1,481259889	361249,0765	6693028,696	4,349859105	90,78748638	92,78232261
9	47,251029	-1,481295222	361246,4042	6693028,774	4,678085006	84,0251539	80,61723908
11	47,251029	-1,481295222	361246,4042	6693028,774	4,555286486	87,04934134	88,33863258
15	47,25102678	-1,481367222	361240,9533	6693028,835	5,022484443	93,54824037	91,31225516
17	47,25102678	-1,481367222	361240,9533	6693028,835	5,094355661	68,78140527	46,50287941
18	47,25102567	-1,481394667	361238,8739	6693028,83	4,219838151	82,72884301	67,08487828
19	47,25102567	-1,481394667	361238,8739	6693028,83	4,603949883	70,99990337	45,39757969
20	47,25102567	-1,481394667	361238,8739	6693028,83	4,854011273	71,6818285	48,78899575
21	47,25102378	-1,481440444	361235,4052	6693028,816	5,338044446	64,62970926	46,13319407
23	47,25102378	-1,481440444	361235,4052	6693028,816	6,148217855	58,16710762	45,47092882
24	47,25102378	-1,481440444	361235,4052	6693028,816	5,364869163	60,64375808	41,01277408
26	47,251022	-1,481486333	361231,9288	6693028,815	6,251822082	56,66387309	55,65413384
31	47,25101856	-1,481587556	361224,2636	6693028,866	7,522622464	76,06012469	75,61460229
33	47,25101856	-1,481587556	361224,2636	6693028,866	8,10653705	74,64950754	72,72196618
35	47,25101744	-1,481624889	361221,4375	6693028,903	7,397716555	73,15102669	66,80381682
38	47,25101611	-1,481671444	361217,9136	6693028,954	6,667448498	82,07903832	70,12909964
40	47,25101611	-1,481671444	361217,9136	6693028,954	6,111925666	80,23104128	63,74558228
45	47,25101444	-1,481727444	361213,6744	6693029,009	6,06939193	83,79519794	74,83273092
48	47,25101356	-1,481764778	361210,8497	6693029,07	6,047852474	82,53581072	71,01783774
50	47,25101356	-1,481764778	361210,8497	6693029,07	5,532412013	82,36787323	72,8355076
69	47,25101111	-1,482043889	361189,7581	6693029,996	5,378543912	86,84630441	81,27804092
91	47,25100667	-1,482376111	361164,6434	6693030,927	5,47428646	69,59105324	58,88374884
95	47,25100567	-1,482414667	361161,7256	6693030,981	4,324295842	78,33029179	77,47458219
98	47,25100356	-1,482486889	361156,2587	6693031,056	4,398045795	84,9137518	86,01577315
101	47,25100244	-1,482514222	361154,1877	6693031,05	4,968217879	86,18173848	75,79097237
104	47,25100078	-1,482568111	361150,1079	6693031,096	4,211687307	89,07526296	92,81292794
108	47,25099833	-1,482604444	361147,3489	6693030,98	4,768043731	89,34474953	84,19597375
111	47,25099289	-1,482655556	361143,455	6693030,593	5,171149381	88,54754129	82,69718039
114	47,25098444	-1,482707889	361139,4498	6693029,879	4,740953947	80,74095137	75,28018945

### Boulevard de Vendée

Date et heure de l'image initiale : 26-mars-2013 23h12m52s

Date et heure de l'image finale : 26-mars-2013 23h13m58s

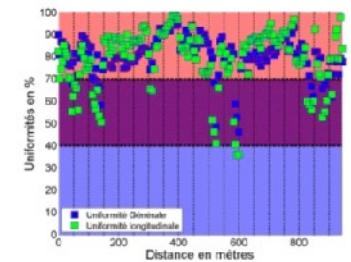
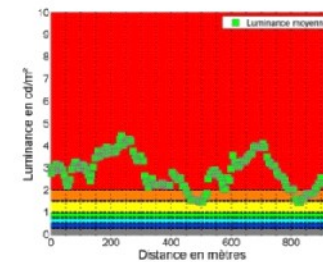
Infos sup. : Régime pleine puissance, Tronçon B, Sens 02

Luminance moyenne = 02.79 cd/m<sup>2</sup>

Uniformité générale moyenne = 80.36 %

Uniformité longitudinale moyenne = 78.81 %

**CLASSE MOYENNE = ME1**



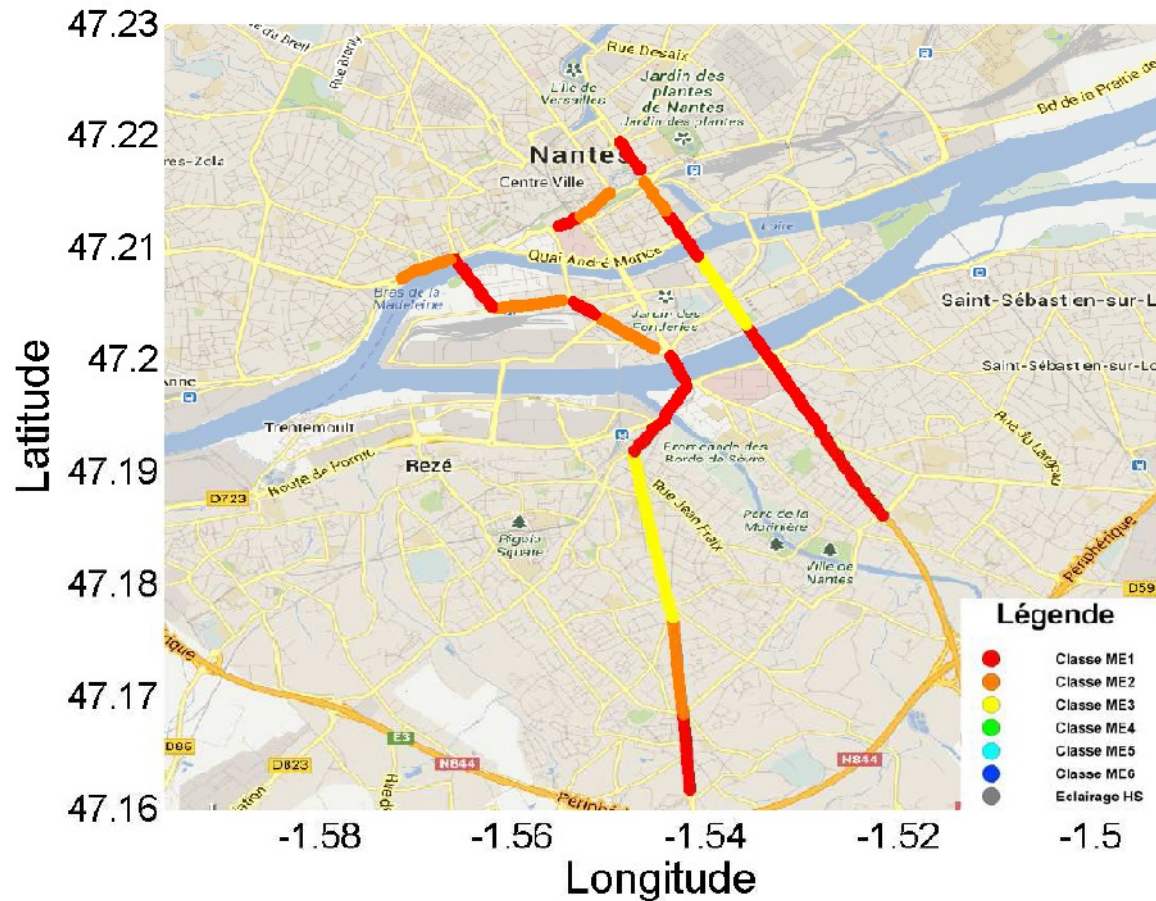
### Légende

- Classe ME1
- Classe ME2
- Classe ME3
- Classe ME4
- Classe ME5
- Classe ME6
- Eclairage HS



# Mesures de luminance

- Restitution des mesures



# Mesures d'éclairage

- Rappel des exigences du CCP
  - Mesures par véhicule terrestre
  - Conformité à la norme EN 13201
  - 6 cellules de mesures d'éclairage
  - Mesures géoréférencées et superposables à l'orthophotographie
  - Différentes sites de mesures (5 km minimum par site) :
    - voie en zone urbaine dense
    - Voie en zone résidentielle
    - Voie en zone d'activité
    - Voie rurale
  - Production d'un livrable

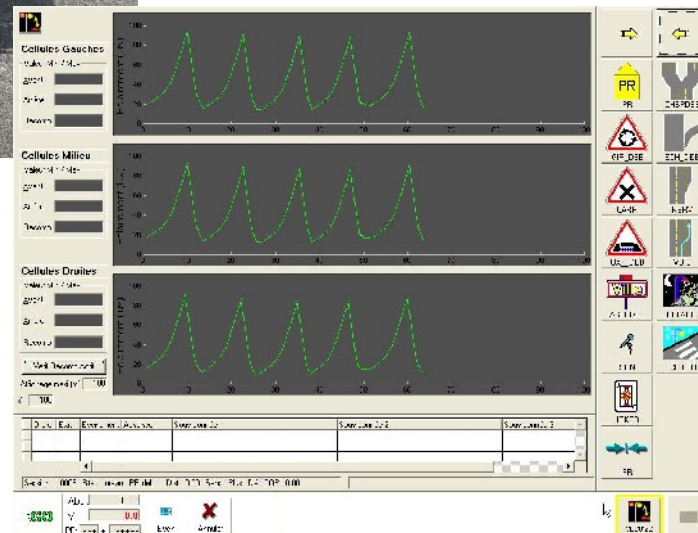




2015  
ANNÉE DE LA LUMIÈRE  
EN  
FRANCE

# Mesures d'éclairage

- Utilisation de l'outil Veclap



# Mesures d'éclairage

- Exploitation des mesures



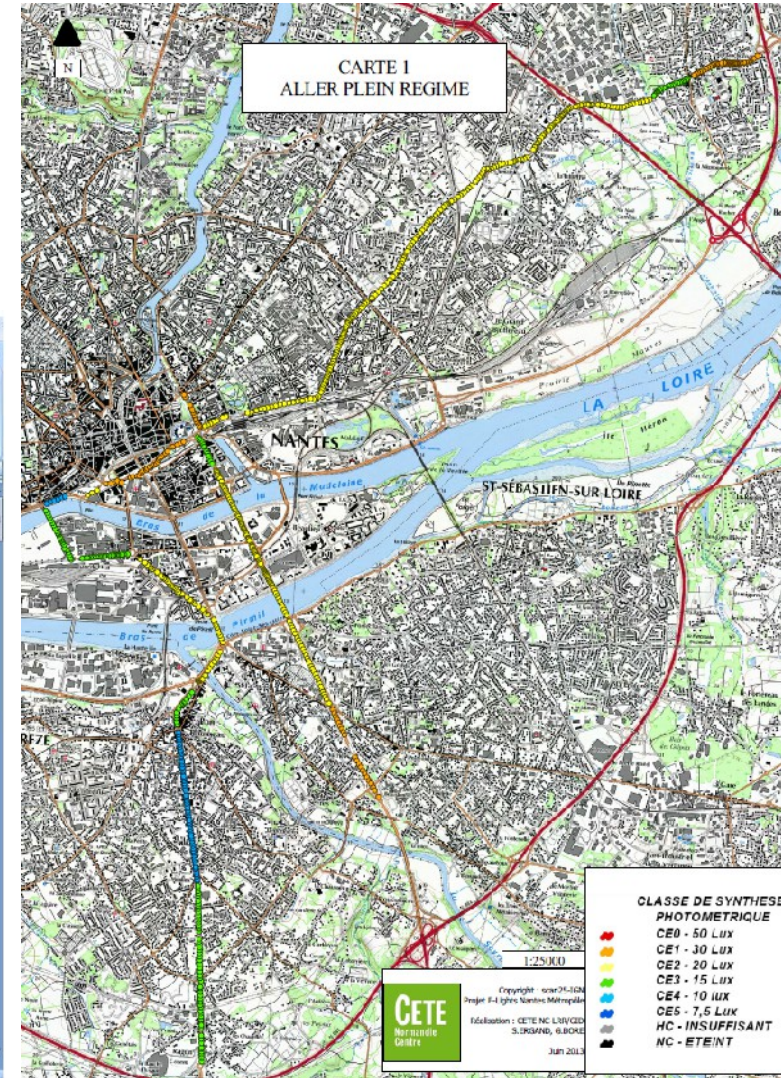


# Mesures d'éclairage

- Restitution des mesures

APOL03N1120720 - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	ABD	XDEB	YDEB	ZDEB	X	Y	F	Alt	UTC	Cap	HDOP	GDOP	Nbsat							
2	0.79	652172.020000	6780246.4301116.40	652172.02	6780246.43	116.40			173530000	209.10	1.22	GDOP	1	9						
3	2.32	652171.260000	6780244.8801116.20	652171.26	6780244.88	116.20			173510000	198.15	1.22	1	9							
4	3.70	652170.720000	6780243.1101116.20	652170.72	6780243.11	116.20			173532000	193.40	1.18	1	9							
5	4.90	652170.340000	6780241.5601116.20	652170.34	6780241.56	116.20			173530000	191.43	1.49	1	9							
6	5.97	652169.880000	6780240.3401116.30	652169.88	6780240.34	116.30			173534000	193.16	1.49	1	9							
7	6.91	652169.500000	6780239.1201116.40	652169.50	6780239.12	116.40			173535000	193.12	1.29	1	9							
8	8.24	652169.270000	6780238.3401116.30	652169.27	6780238.34	116.30			173536000	190.30	1.08	1	9							
9	10.16	652169.110000	6780237.0101116.20	652169.11	6780237.01	116.20			173537000	192.61	1.22	1	9							
10	12.11	652168.800000	6780235.3501116.10	652168.80	6780235.35	116.10			173538000	191.41	1.56	1	9							
11	13.77	652168.490000	6780233.5701115.90	652168.49	6780233.57	115.90			173539000	191.77	1.56	1	9							
12	14.94	652168.180000	6780232.2401115.80	652168.18	6780232.24	115.80			173540000	191.76	1.31	1	9							
13	15.66	652167.870000	6780231.0201116.00	652167.87	6780231.02	116.00			173541000	191.74	1.09	1	9							
14	15.78	652170.050000	6780233.2201115.90	652170.05	6780233.22	115.90			173602000	0.00	1.15	1	10							
15	14.16	652169.900000	6780233.1161115.80	652169.90	6780233.11	115.80			173603000	196.03	1.81	1	9							
16	17.21	652169.670000	6780232.5601115.80	652169.67	6780232.56	115.80			173604000	195.74	1.31	1	9							
17	19.41	652169.300000	6780231.1201115.60	652169.36	6780231.12	115.60			173605000	191.59	1.75	1	9							
18	22.03	652168.900000	6780229.1201115.90	652168.90	6780229.12	115.90			173606000	191.45	1.75	1	10							
19	25.08	652168.380000	6780226.5701116.00	652168.36	6780226.57	116.00			173607000	191.57	1.16	1	10							
20	28.49	652167.680000	6780223.5701116.40	652167.68	6780223.57	116.40			173608000	192.41	1.12	1	10							
21	31.90	652166.980000	6780220.3401116.30	652166.96	6780220.34	116.30			173609000	187.53	1.22	1	9							
22	35.18	652165.790000	6780216.8101116.40	652165.75	6780216.81	116.40			173610000	181.59	1.25	1	9							
23	38.37	652164.900000	6780213.6001116.30	652164.90	6780213.60	116.30			173611000	192.45	1.90	1	8							
24	41.55	652164.000000	6780210.7101116.50	652164.00	6780210.71	116.50			173612000	192.08	1.52	1	9							
25	44.66	652163.590000	6780207.3801116.40	652163.59	6780207.38	116.40			173613000	192.56	1.90	1	8							
26	47.82	652162.670000	6780204.6601116.30	652162.67	6780204.66	116.30			173614000	192.87	1.90	1	8							
27	50.98	652161.820000	6780200.5101116.40	652161.82	6780200.51	116.40			173615000	192.33	1.90	1	8							
28	54.14	652161.050000	6780197.1801116.70	652161.05	6780197.18	116.70			173616000	191.38	1.90	1	9							
29	57.26	652160.280000	6780194.4101116.90	652160.26	6780194.41	116.90			173617000	183.19	1.05	1	9							
30	60.74	652159.450000	6780192.5201116.80	652159.45	6780192.52	116.80			173618000	193.57	1.43	1	9							
31	64.45	652158.450000	6780188.6401116.30	652158.45	6780188.64	116.30			173619000	193.31	1.48	1	9							
32	68.40	652157.080000	6780184.6501115.70	652157.08	6780184.65	115.70			173620000	193.32	1.43	1	9							
33	72.30	652156.000000	6780180.5501115.70	652156.00	6780180.55	115.70			173621000	193.43	1.90	1	9							
34	76.61	652154.550000	6780175.7801115.40	652154.55	6780175.78	115.40			173622000	193.86	1.75	1	9							
35	81.18	652153.240000	6780170.9001115.20	652153.24	6780170.90	115.20			173623000	193.50	1.75	1	9							
36	85.29	652151.040000	6780166.6301115.10	652151.04	6780166.63	115.10			173624000	193.50	1.42	1	9							
37	89.59	652150.860000	6780161.4801115.60	652150.86	6780161.48	115.60			173625000	194.02	1.56	1	10							



# Mesures des revêtements de sol

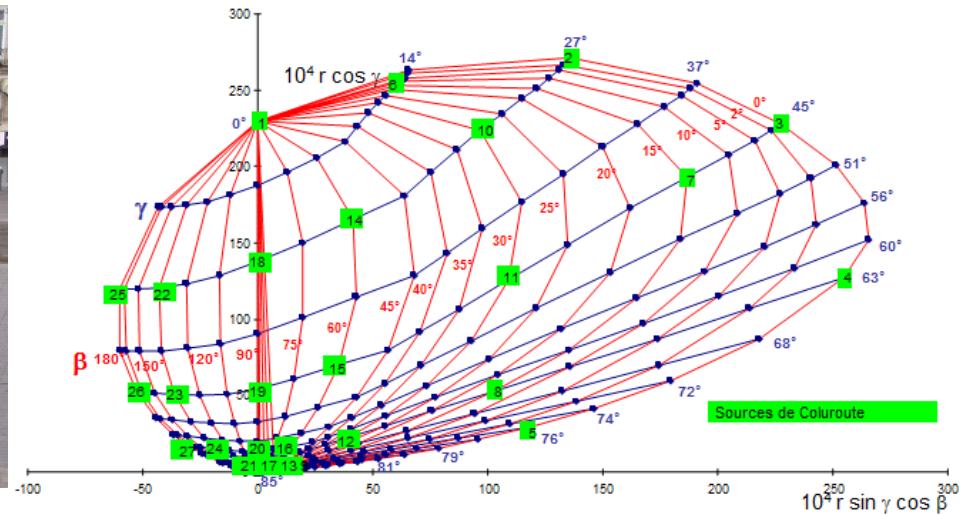
- Rappel des exigences du CCP
  - Etablissement des tables photométriques « r » au format CIE (Commission Internationale de l'Éclairage)
  - Etude de 18 zones de différents types de revêtements
  - Répartition des zones sur 3 sites
  - Fourniture d'une bibliothèque des coefficients de luminance zénithale ( $90^\circ$ ) et routière ( $1^\circ$ ).
  - Production d'un livrable





# Mesures des revêtements de sol

- Utilisation de l'outil Coluroute



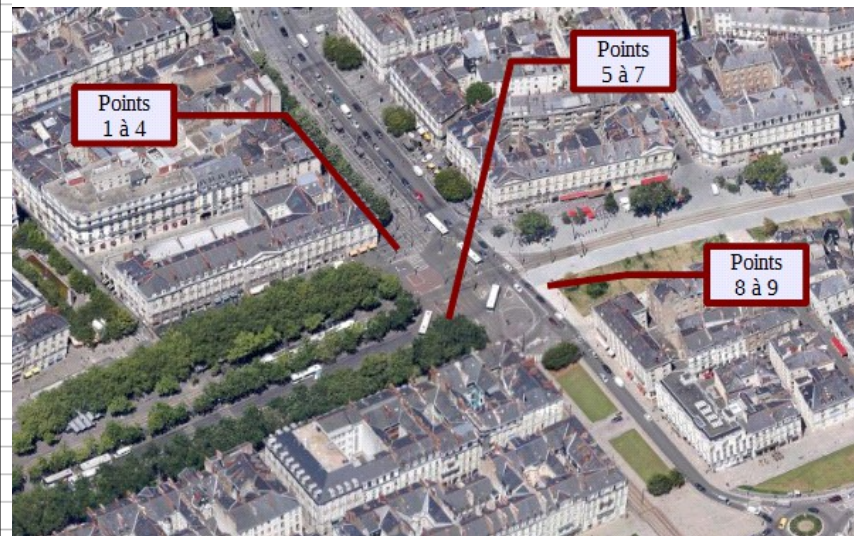
- Mesure de photométrie classique à  $1^\circ$
- Mesure de photométrie à  $90^\circ$

*Adaptation de l'appareil dans une configuration zénithale*

# Mesures des revêtements de sol

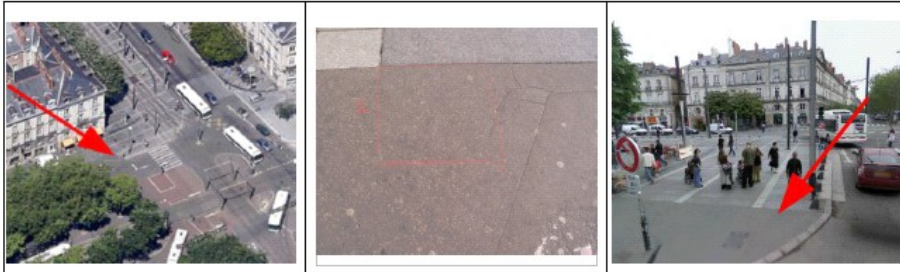
- Mesures effectuées sur 30 zones réparties sur 4 sites

Cours Franklin Roosevelt – Allée Barancas	Point 1	Asphalte de trottoir
	Point 2	Granite gris-brun
	Point 2bis	Granite gris
	Point 3	Granite clair
	Point 4	Granite type ardoise
Cours Franklin Roosevelt – Cours Olivier de Clisson	Point 5	Asphalte rouge
	Point 6	Asphalte noir
	Point 7	Dalle Granite
	Point 8	Pavés Granite clair
	Point 9	Dalle Granite gris
Place et rue du Bouffay	Point 10	Pavés Granite sombre
	Point 11	Pavés Granite clair
	Point 12	Pavés Granite Rouge
	Point 12bis	Pavés Granite Rouge
Place de Bretagne	Point 13	Marbre beige
	Point 14	Pavés Beige clair
	Point 15	Béton bitumineux
Île aux machines	Point 16	Béton type balaste sombre
	Point 17	Béton brossé beige
	Point 18	Herbe
	Point 19	Dalle béton
	Point 20	Dalle béton avec fer
	Point 21	Sable clair
	Point 22	Béton type balaste clair
	Point 23	Béton brossé gris clair
	Point 24	Bois
	Point 25	Enrobé clair
	Point 26	Enrobé sombre
	Point 27	Béton brossé clair
Rue de l'arche sèche	Point 28	Enrobé clair sur voie
	Point 29	Enrobé clair sur trottoir
	Point 30	Enrobé sur chaussée



# Mesures des revêtements de sol

Point n°1: Cours Franklin Roosevelt – Allée Barancas

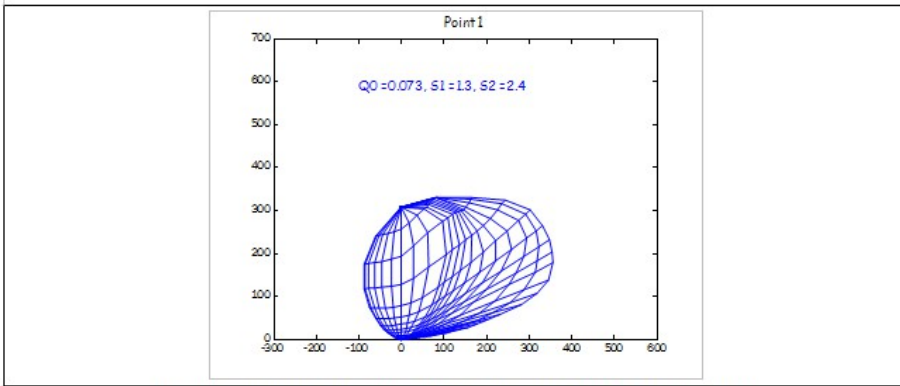


Localisation du point de mesures

Asphalte de trottoir

Type de revêtement

Résultats des mesures en mode 1°:



Solide photométrique du revêtement mesuré pour un angle d'observation de 1°

Mesure classique à 1°

Résultats des mesures en mode zénithal 90°:

Point: 1

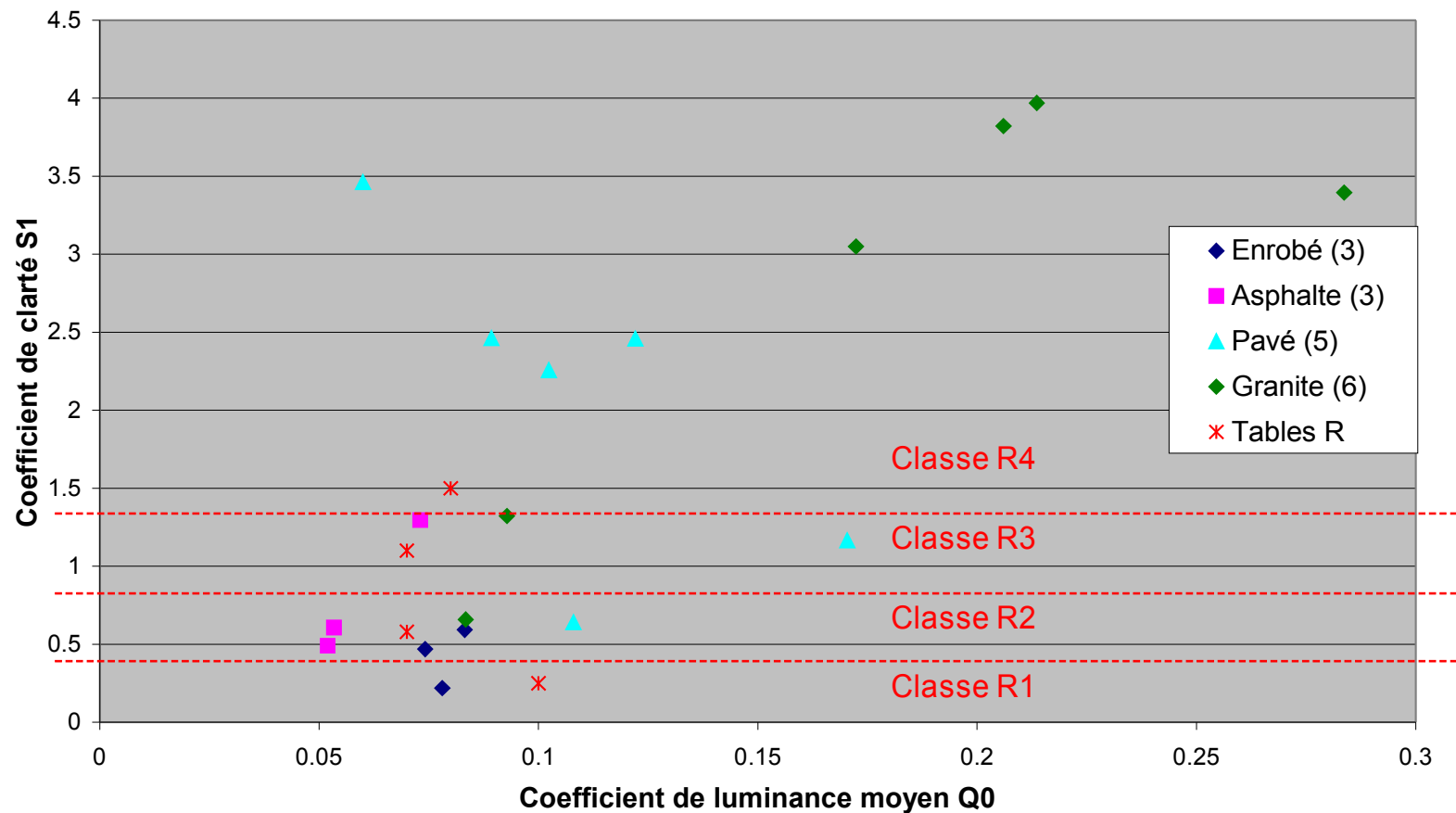
Angle Gamma	Angle Béta en degré						
	0	15	30	60	90	135	180
14	NaN	280	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
26.6	189	NaN	203	213	189	198	199
45	93	94	94	93	92	91	94
63.4	24	23	24	24	23	23	24
76	4	4	4	3	4	NaN	NaN

Mesure zénithale à 90°



# Mesures des revêtements de sol

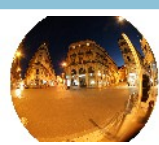
- Synthèse des mesures effectuées à 1°



# Mesures des revêtements de sol

- Synthèse des mesures effectuées à 90°

	Numéro de source	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
	Beta en °	0	0	0	0	15	15	15	15	30	30	30	30	60	60	60	60	90	90	90	90	135	135	135	180	180	180
	Gamma en °	26.6	45	63.4	76	14	45	63.4	76	26.6	45	63.4	76	26.6	45	63.4	76	26.6	45	63.4	76	26.6	45	63.4	26.6	45	63.4
Point 1	Asphalte de trottoir	189	93	24	4	280	93	23	4	203	94	24	4	213	93	24	3	189	92	23	4	198	91	23	199	94	24
Point 2	Granite gris-brun	265	117	27	4	432	116	27	5	282	117	28	4	295	114	28	4	265	115	27	5	282	116	27	276	117	27
Point 2bis	Granite gris	264	117	28	4	435	116	28	5	282	116	28	4	302	116	28	4	274	117	28	5	286	118	28	279	118	28
Point 3	Granite clair	441	204	47	7	672	202	48	8	471	204	48	7	500	203	49	6	450	202	48	8	466	201	47	450	203	47
Point 4	Granite type ardoise	222	78	17	3	444	79	17	3	246	81	18	3	286	88	19	3	279	93	20	3	277	88	18	253	83	18
Point 5	Asphalte rouge	184	94	23	4	262	93	23	4	198	94	24	4	206	92	24	3	187	92	23	4	194	90	23	193	93	23
Point 6	Asphalte noir	175	88	21	3	250	87	20	4	188	88	22	3	196	86	21	3	178	86	21	4	185	85	21	185	88	21
Point 7	Dalle Granite	226	115	29	5	317	115	29	5	244	116	30	5	255	114	30	4	230	114	30	5	239	113	29	243	116	30
Point 8	Pavés Granite clair	508	244	56	8	751	245	58	10	548	249	59	9	578	244	59	8	524	247	60	9	552	242	57	541	246	57
Point 9	Dalle Granite gris	404	185	42	7	627	184	43	7	434	186	44	7	461	184	43	6	413	185	44	7	431	181	42	421	185	42
Point 10	Pavés Granite sombre	242	99	22	4	408	98	22	4	258	99	23	4	273	98	23	3	244	99	23	4	255	99	22	251	100	22
Point 11	Pavés Granite clair	325	146	33	5	513	145	33	6	349	148	35	6	365	145	35	5	331	146	35	6	344	142	33	340	146	34
Point 12	Pavés Granite Rouge	220	99	20	3	333	98	18	3	231	99	21	3	239	96	21	3	216	98	23	3	232	98	22	234	101	23
Point 12bis	Pavés Granite Rouge	172	82	19	3	253	80	15	3	181	81	19	3	185	78	19	2	170	78	19	3	182	81	19	190	85	20
Point 13	Marbre beige	742	343	78	11	1192	338	64	12	780	344	79	11	781	325	78	9	693	324	77	11	749	324	72	790	340	77
Point 14	Pavés Beige clair	338	173	43	7	462	171	35	8	367	175	44	7	374	168	44	6	337	168	43	7	358	166	40	363	172	43
Point 15	Béton bitumineux	158	79	19	3	226	79	15	3	171	81	20	3	175	78	20	3	161	78	19	3	170	78	19	172	81	20
Point 16	Béton type balast sombre	227	112	25	3	323	112	21	4	244	114	27	4	254	109	26	3	224	110	26	4	237	109	25	239	110	25
Point 17	Béton brossé beige	444	224	53	8	615	223	43	9	478	228	55	8	499	220	55	7	443	220	54	9	472	222	52	477	224	53
Point 18	Herbe	78	37	8	1	123	36	6	1	88	38	7	1	87	35	7	0	76	33	5	0	83	35	6	91	35	6
Point 19	Dalle béton	379	192	47	7	539	191	34	8	410	196	48	8	418	188	48	6	386	189	47	8	405	190	46	407	192	46
Point 20	Dalle béton avec fer	696	355	86	13	964	353	61	14	753	362	87	13	773	349	87	11	702	350	86	13	746	351	85	751	354	84
Point 21	Sable clair	446	222	54	8	621	221	39	9	479	227	55	9	485	216	55	7	438	216	55	9	469	216	53	478	218	53
Point 22	Béton type balaste clair	358	181	43	6	499	181	31	7	385	185	44	7	394	177	44	6	358	179	44	7	381	178	44	386	180	43
Point 23	Béton brossé gris clair	486	249	61	9	673	246	43	10	525	252	61	9	535	243	62	8	491	243	60	10	519	246	58	526	247	60
Point 24	Bois	282	145	37	6	400	144	25	7	301	144	35	5	308	135	33	4	281	136	32	5	296	136	32	303	142	36
Point 25	Enrobé clair	253	130	33	5	358	129	23	6	274	132	33	5	282	128	33	5	261	129	33	5	273	130	32	274	130	33
Point 26	Enrobé sombre	178	89	22	4	261	88	15	4	194	90	22	4	198	88	22	3	186	88	22	4	193	90	21	194	90	22
Point 27	Béton brossé clair	708	361	86	13	986	358	62	14	765	366	86	13	789	355	88	11	729	357	86	13	761	362	85	767	364	89
Point 28	Enrobé clair sur voie	261	134	32	5	367	133	22	6	285	136	33	5	288	130	33	4	264	131	32	5	279	132	31	285	132	32
Point 29	Enrobé clair sur trottoir	404	202	44	6	566	201	32	8	445	206	46	7	448	196	46	6	396	196	46	7	427	197	44	443	198	46
Point 30	Enrobé sur chaussée	182	93	23	4	259	93	16	4	197	94	23	4	202	91	24	3	186	92	23	4	194	92	22	196	92	23



# Et la photo ?



Méthodologie, métrologie et innovation en éclairage extérieur  
*Nantes – 29 janvier 2015*



# Orthophotographie de nuit



# Orthophotographie de nuit





# Merci

- Dany Joly – [dany.joly@nantesmetropole.fr](mailto:dany.joly@nantesmetropole.fr)
- Florian Greffier – [florian.greffier@cerema.fr](mailto:florian.greffier@cerema.fr)

