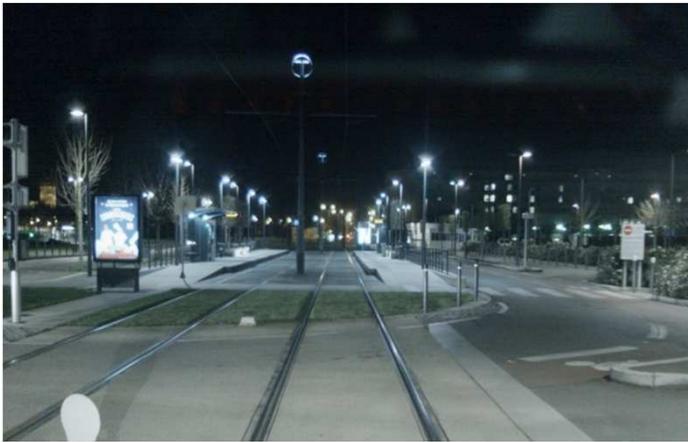


# Etude sur l'éclairage de la plateforme tramway d'Angers

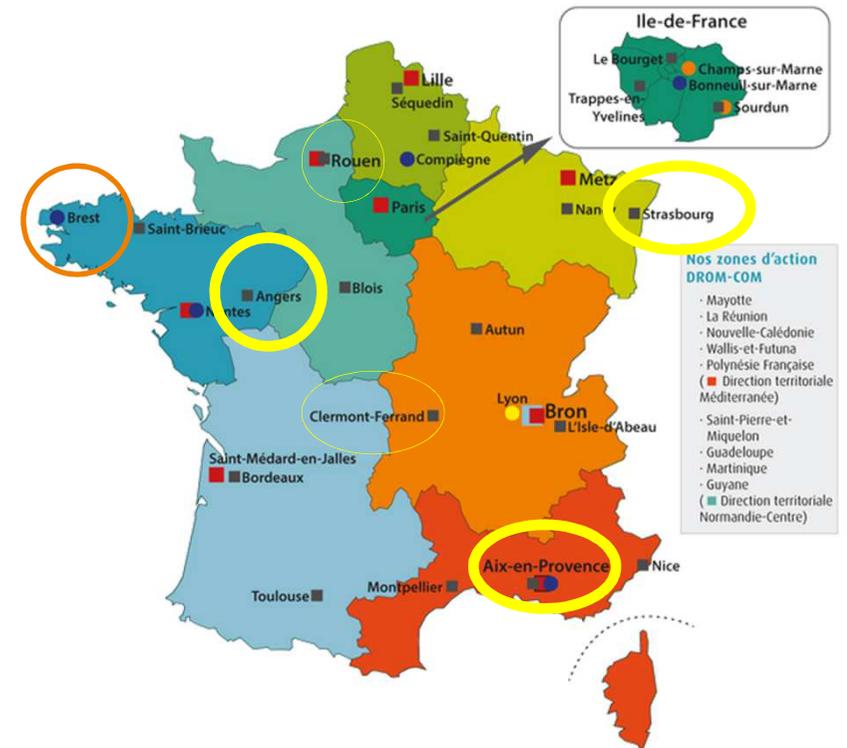


**Florian GREFFIER – Cerema Ouest**

# L'éclairage au Cerema

Une activité ancrée territorialement et structurée à l'échelle de l'établissement

- 3 directions territoriales pilotes
  - Cerema Méditerranée Aix (Animation)
  - Cerema Ouest Angers
  - Cerema Est Strasbourg
- 1 direction technique impliquée
  - Direction technique Eau, Mer et Fleuves Brest
- 2 directions territoriales contributrices
  - Cerema Normandie-Centre Rouen
  - Cerema Centre-Est Clermont-Ferrand



# L'éclairage au Cerema

Différents modes d'intervention selon les thématiques traitées et les partenaires mobilisés

- **Économies d'énergie**
  - Accompagnement des collectivités
  - Diagnostic de performances lumineuses
- **Sécurité des déplacements**
  - Accidentalité nocturne des piétons en milieu urbain
  - Sécurité du transport maritime (phares et balises)
  - Diagnostics de visibilité
- **Nuisances lumineuses et impact sur la biodiversité**
- **Confort visuel et accessibilité nocturne de l'espace public**
- **Innovation**
  - Développements d'outils et de prototypes
  - Recherche (modélisation de la perception visuelle, photométrie des revêtements)
  - Lumiroute ® : suivi des performances du couple « revêtement/luminaire »
  - Démonstrateurs de réseaux de collecte/transmission de données sur réseaux d'éclairage urbain - LIFI



# Etude sur l'éclairage de la plateforme tramway d'Angers

**Présentation de l'étude**

**Caractérisation multicritère de la plateforme**

**Diagnostic photométrique des installations**

**Analyse de l'environnement visuel**

**Perspectives et Valorisation**

# Etude sur l'éclairage de la plateforme tramway d'Angers

## Présentation de l'étude

Caractérisation multicritère de la plateforme

Diagnostic photométrique des installations

Analyse de l'environnement visuel

Perspectives et Valorisation

# Consistance de l'étude

- **Etablir une méthodologie permettant d'examiner la qualité de service des installations d'éclairage le long d'une plateforme de Tramway**
- **Axes de travail**
  - performances photométriques, aspects réglementaire et énergétique
  - continuité et uniformité de l'éclairage à l'échelle de la ligne A du tramway
  - contiguïté et influence des installations d'éclairage dédiées aux autres modes de déplacement
  - nature des revêtements et du mobilier
  - visibilité, environnement lumineux, confort visuel et éblouissements

# Acteurs de l'étude

## ■ Cerema

### ➤ Cerema Ouest / Angers :

- Montage / Pilotage de l'étude
- Conception / Réalisation / Adaptation des outils
- Caractérisation de l'environnement visuel par imagerie HDR
- Exploitation / Restitution / Analyse
- Valorisation / Réglementation

### ➤ Autres directions :

- Mesures d'éclairement (Cerema Normandie-Centre / Rouen)
- Valorisation / Réglementation (Cerema Méditerranée / Aix + Direction Technique Territoires et Ville / Lyon)

# Acteurs de l'étude

## ■ Angers Loire Métropole / Ville d'Angers

### ➤ Direction de la voirie :

- Client final / Valorisation

### ➤ Services techniques :

- Inventaire de patrimoine (Ville d'Angers)
- Préparation des mesures

### ➤ Mission Tramway :

- Client final / Valorisation

## ■ Keolis Angers

- Préparation / Réalisation des mesures
- Mise à disposition d'une rame de tramway + chauffeur



# Partenaires de l'étude

- **Syndicat intercommunal d'énergies du Maine-et-Loire**

- mise à disposition des données patrimoniales et SIG sur Avrillé



- **Entreprise BOUZINAC**

- Conception et réalisation de jantes spécifiques pour le véhicule VECLAP du Cerema



# Etude sur l'éclairage de la plateforme tramway d'Angers

Présentation de l'étude

**Caractérisation multicritère de la plateforme**

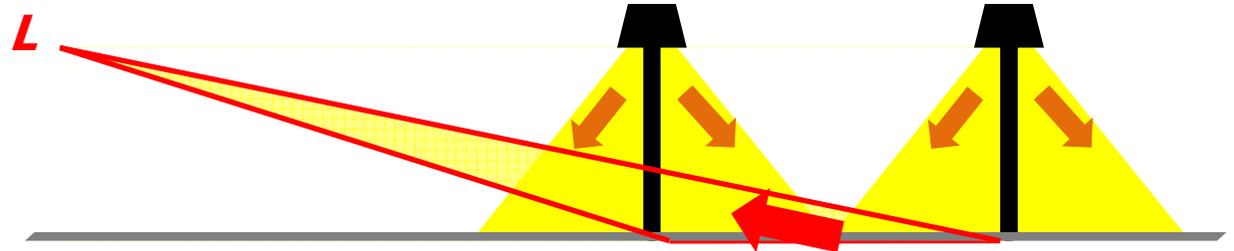
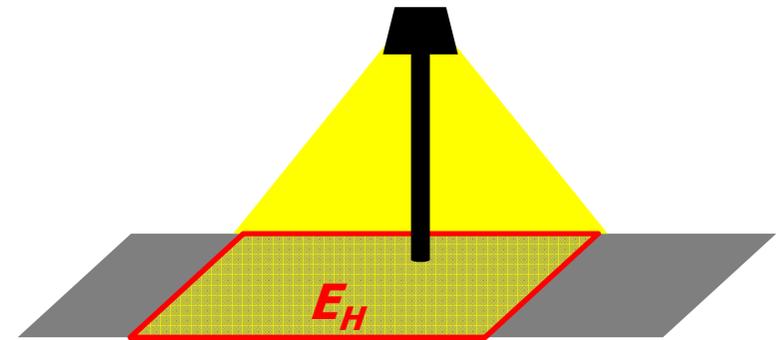
Diagnostic photométrique des installations

Analyse de l'environnement visuel

Perspectives et Valorisation

# Inventaire des revêtements

- **Création d'une base de données des différents revêtements équipant la plateforme**
  - **Gazon (majorité de la plateforme)**
  - **Dalle béton**
  - **Pierres de schiste (station)**
  - **Béton désactivé**
  - **Pavé**



# Inventaire des revêtements

- **Création d'une base de données des différents revêtements équipant la plateforme**
  - **Gazon (majorité de la plateforme)**



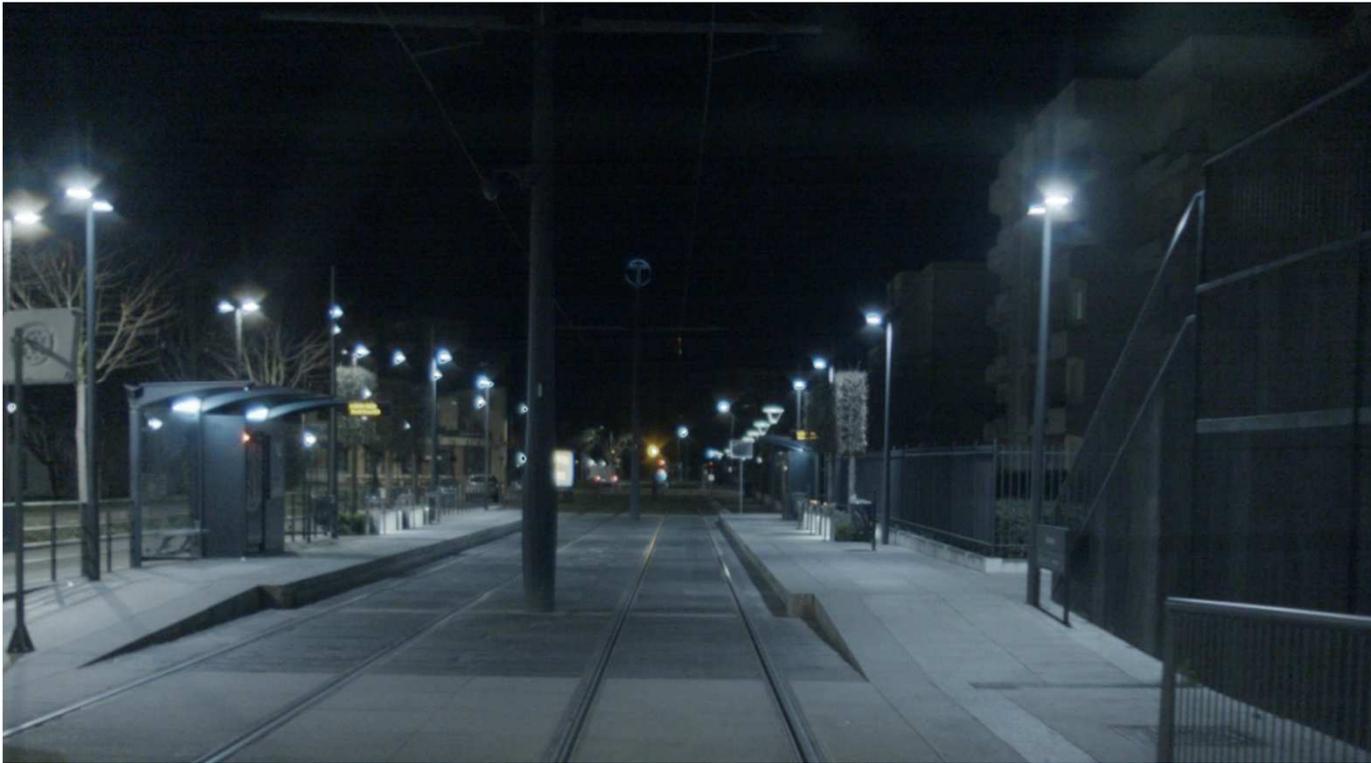
# Inventaire des revêtements

- **Création d'une base de données des différents revêtements équipant la plateforme**
  - **Dalle béton**



# Inventaire des revêtements

- **Création d'une base de données des différents revêtements équipant la plateforme**
  - **Pierres de schiste (station)**



# Inventaire des revêtements

- **Création d'une base de données des différents revêtements équipant la plateforme**
  - **Béton désactivé**



# Inventaire des revêtements

- **Création d'une base de données des différents revêtements équipant la plateforme**
  - **Pavé**



# Inventaire des revêtements

- Création d'une base de données des différents revêtements équipant la plateforme



# Inventaire des installations d'éclairage

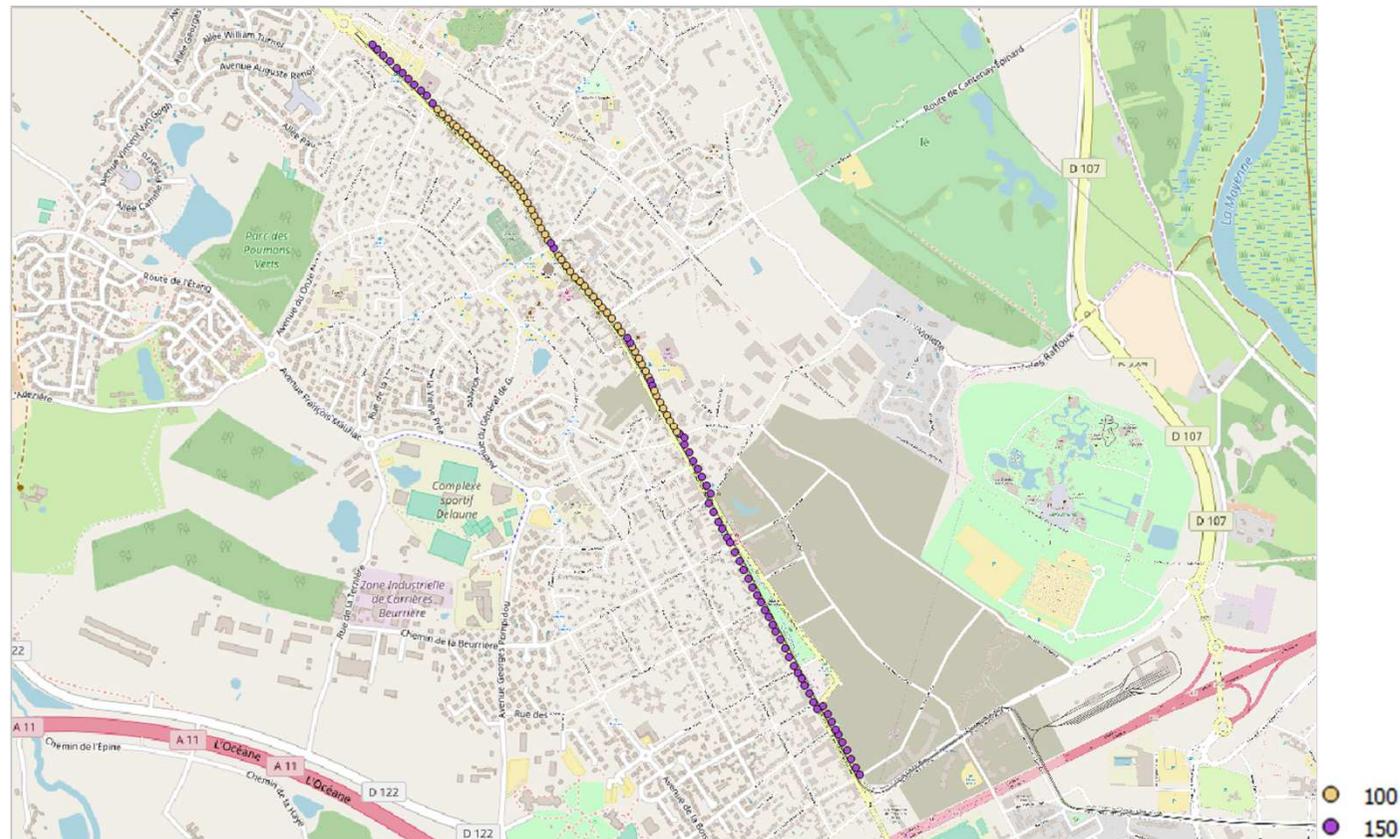
- Importation des données patrimoniales de la ville d'Avrillé sous QGIS (base de données complète)

| Libé | Commune : no  | Rue                     | Latitude           | Longitude           | Alimentati | Puissance install | Lampe/Type        | Lampe/Date de poi | Support/Ty   | Support/Date de poi | Haute | Lanterne/Type    |
|------|---------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|---------------------|-------|------------------|
| 2812 | ALM (Avrillé) | AV GEORGES SEURAT       | 47.513524920147596 | -0.602742659993112  | C81        | 70                | IODURE METALLIQUE | 29/07/2015        | Borne        | 01/10/2007          | 1.00  | SELUX            |
| 1882 | ALM (Avrillé) | RTE NATIONALE           | 47.51327820617165  | -0.5986237689317252 | C58        | 150               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 10.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 1040 | ALM (Avrillé) | AV DE RIPOLET           | 47.5097234899194   | -0.5882649860745796 | C1         | 150               | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 7.00  | 3EI HARMONY      |
| 2910 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.51100236336745  | -0.5953285711851493 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 2811 | ALM (Avrillé) | AV GEORGES SEURAT       | 47.5136150494715   | -0.6030930631909346 | C81        | 70                | IODURE METALLIQUE | 29/07/2015        | Borne        | 01/10/2007          | 1.00  | SELUX            |
| 1881 | ALM (Avrillé) | RTE NATIONALE           | 47.513034922053066 | -0.5982782158432057 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 10.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 1039 | ALM (Avrillé) | AV DE RIPOLET           | 47.50990823447611  | -0.5884345524682728 | C1         | 150               | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 7.00  | 3EI HARMONY      |
| 2909 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.5111549012034   | -0.5955698944069716 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 2814 | ALM (Avrillé) | AV GEORGES SEURAT       | 47.51269562491988  | -0.6027898662996974 | C81        | 70                | IODURE METALLIQUE | 29/07/2015        | Borne        | 01/10/2007          | 1.00  | SELUX            |
| 1880 | ALM (Avrillé) | RTE NATIONALE           | 47.512781641233985 | -0.5979719713849773 | C58        | 150               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 10.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 1414 | ALM (Avrillé) | AV DE RIPOLET           | 47.51024678828832  | -0.5885727169809684 | C1         | 70                | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 4.00  | 3EI VIOLETTE     |
| 2912 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.510707379523275 | -0.5948642599884572 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 1879 | ALM (Avrillé) | RPT ARDENNE             | 47.512307674659354 | -0.5974941414695741 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 12.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 2813 | ALM (Avrillé) | AV GEORGES SEURAT       | 47.51285304580112  | -0.6029712707719337 | C81        | 70                | IODURE METALLIQUE | 29/07/2015        | Borne        | 01/10/2007          | 1.00  | SELUX            |
| 1215 | ALM (Avrillé) | AV PABLO NERUDA         | 47.509506805711915 | -0.587934250867947  | C1         | 150               | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 7.00  | 3EI HARMONY      |
| 2911 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.5108592555566   | -0.5951054086655041 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 1878 | ALM (Avrillé) | RPT ARDENNE             | 47.512353885221685 | -0.5978022522351076 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 12.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 2906 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.5116042434743   | -0.5962741174945667 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 658  | ALM (Avrillé) | AV DE RIPOLET           | 47.51054864941623  | -0.5887963594906247 | C1         | 150               | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 7.00  | 3EI HARMONY      |
| 2905 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.51175846621837  | -0.596519915274684  | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 1877 | ALM (Avrillé) | RPT ARDENNE             | 47.512521310012    | -0.5979443352400374 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 12.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 2815 | ALM (Avrillé) | AV GEORGES SEURAT       | 47.51244957259979  | -0.6029091350597102 | C81        | 70                | IODURE METALLIQUE | 29/07/2015        | Borne        | 01/10/2007          | 1.00  | SELUX            |
| 625  | ALM (Avrillé) | RTE DE L'ADEZIERE       | 47.50303891786735  | -0.6115948123162079 | C78        | 1000              | HAL230            | 06/09/2011        | Poteau Beton | 03/01/2004          | 11.00 | PROJECTEUR       |
| 1876 | ALM (Avrillé) | RPT ARDENNE             | 47.51274307692513  | -0.5977174213558718 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 12.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 2908 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.511292411383821 | -0.5957848605438064 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 1038 | ALM (Avrillé) | AV DE RIPOLET           | 47.51013758695199  | -0.5886198558665752 | C1         | 150               | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 7.00  | 3EI HARMONY      |
| 1875 | ALM (Avrillé) | RPT ARDENNE             | 47.51270525688279  | -0.5970776341306142 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 10.00 | PHILIPS MARBELLA |
| 2907 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.51144623601156  | -0.596028745325117  | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 1037 | ALM (Avrillé) | AV DE RIPOLET           | 47.510367943096895 | -0.588765361527711  | C1         | 150               | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 7.00  | 3EI HARMONY      |
| 2903 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.51203741624845  | -0.5969584713930668 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 2804 | ALM (Avrillé) | AV GEORGES SEURAT       | 47.513225273316074 | -0.602845628031702  | C81        | 70                | IODURE METALLIQUE | 29/07/2015        | Encastre     | 01/10/2007          | 0.00  | SELUX            |
| 1874 | ALM (Avrillé) | RPT ARDENNE             | 47.512698208727564 | -0.5973562405352488 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 8.00  | PHILIPS MARBELLA |
| 1716 | ALM (Avrillé) | AV DE RIPOLET           | 47.50991512010972  | -0.5892320140263808 | C1         | 70                | SHP               | 11/07/2016        | Candelabre   | 27/09/2006          | 4.00  | 3EI VIOLETTE     |
| 2902 | ALM (Avrillé) | AV PIERRE MENDES FRANCE | 47.51218001763507  | -0.5971807592717242 | C58        | 150               | IODURE METALLIQUE | 22/08/2014        | Candelabre   | 17/10/2011          | 8.00  | COMATELEC CITEA  |
| 2803 | ALM (Avrillé) | AV GEORGES SEURAT       | 47.513251566180664 | -0.6028737059531192 | C81        | 70                | IODURE METALLIQUE | 29/07/2015        | Encastre     | 01/10/2007          | 0.00  | SELUX            |
| 1873 | ALM (Avrillé) | RPT ARDENNE             | 47.512484833749916 | -0.5972514828480551 | C58        | 250               | SHP               | 22/08/2014        | Candelabre   | 01/06/1990          | 12.00 | PHILIPS MARBELLA |



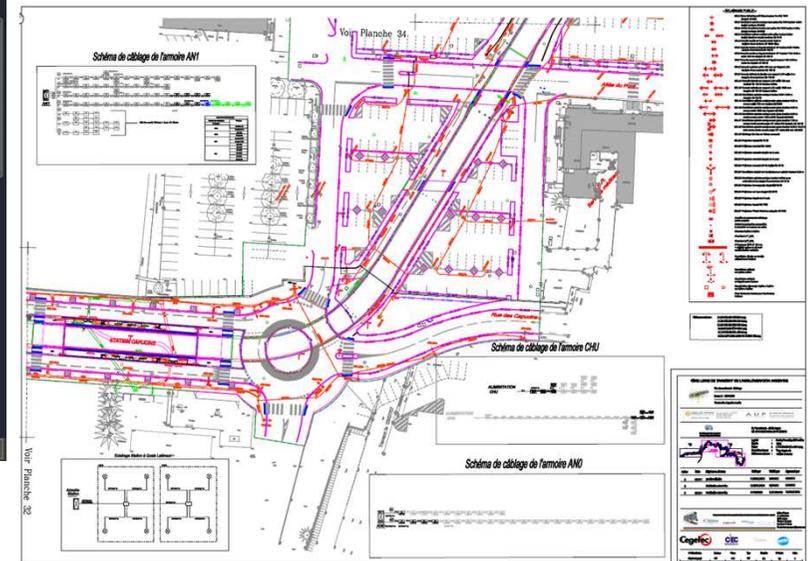
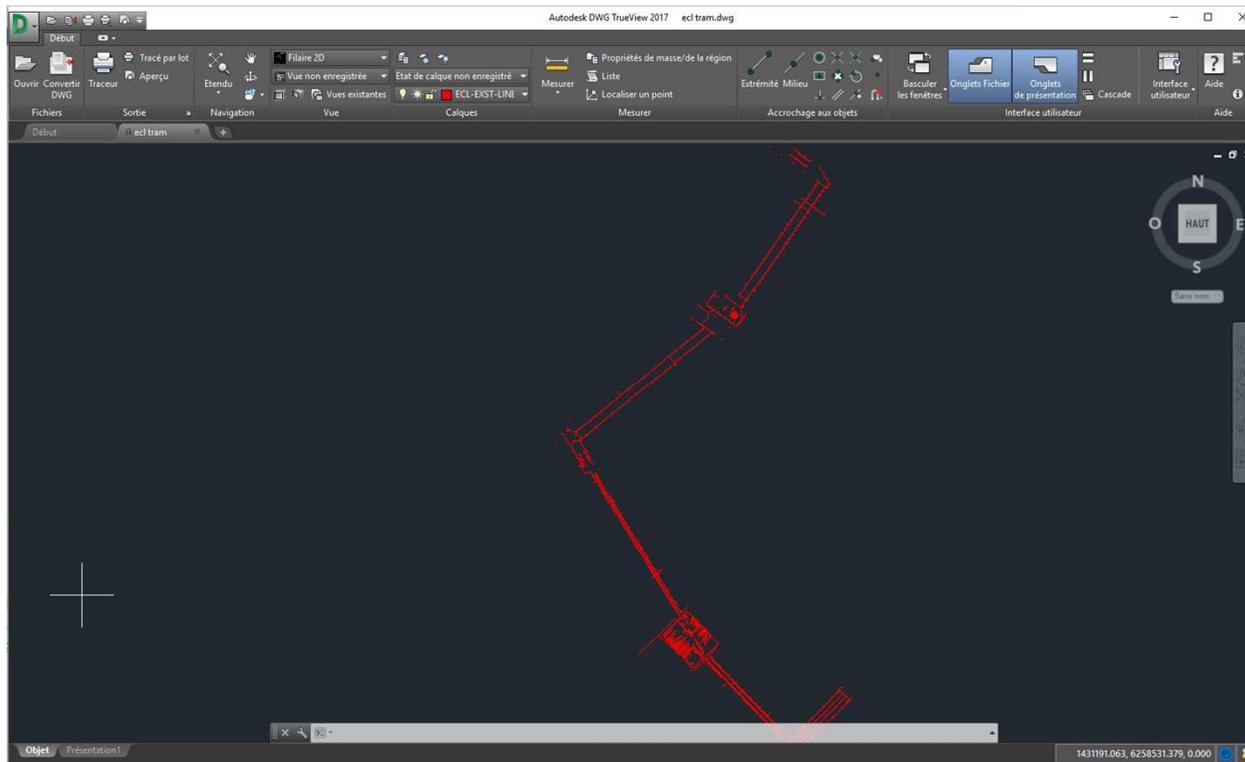
# Inventaire des installations d'éclairage

- Importation des données patrimoniales de la ville d'Avrillé sous QGIS (*base de données complète*)



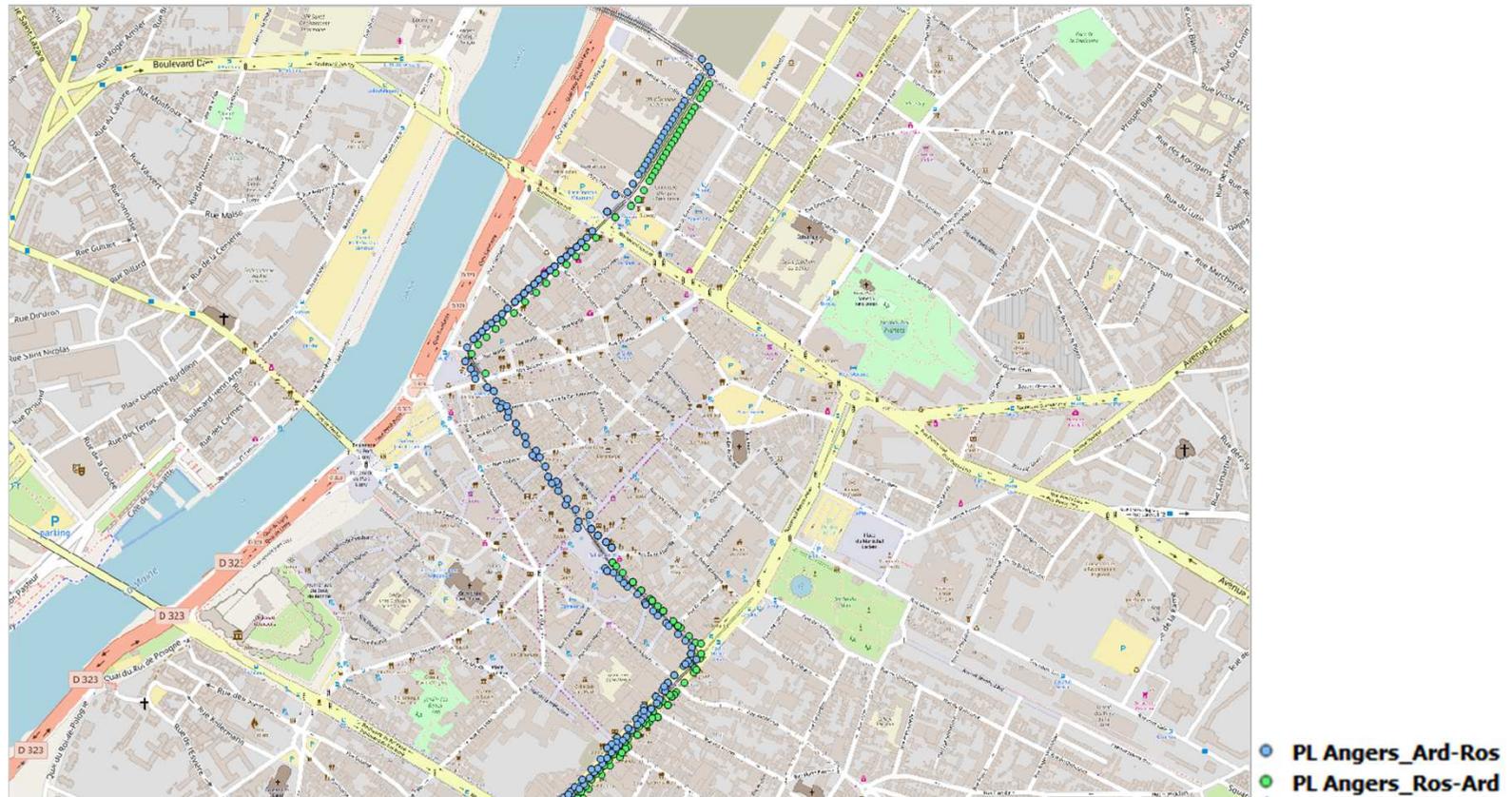
# Inventaire des installations d'éclairage

- **Création des données patrimoniales de la ville d'Angers et importation sous QGIS (*base de données partielle*)**



# Inventaire des installations d'éclairage

- **Création des données patrimoniales de la ville d'Angers et importation sous QGIS (*base de données partielle*)**



# Inventaire des installations d'éclairage

- **Segmentation par mode d'éclairage**
  - **Eclairage dédié**
  - **Eclairage résiduel**
  - **Eclairage spécifique station**

# Inventaire des installations d'éclairage

- **Segmentation par mode d'éclairage**
  - **Eclairage résiduel**



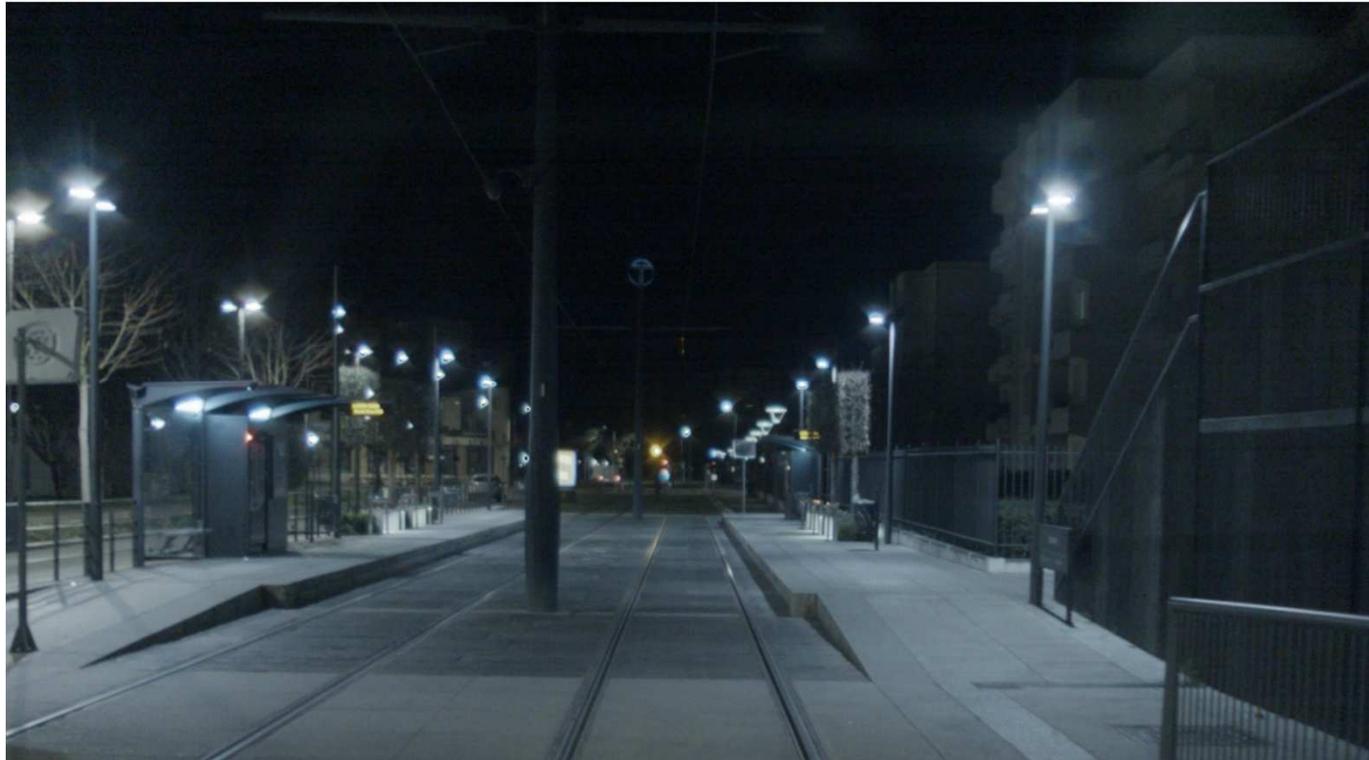
# Inventaire des installations d'éclairage

- **Segmentation par mode d'éclairage**
  - **Eclairage dédié**



# Inventaire des installations d'éclairage

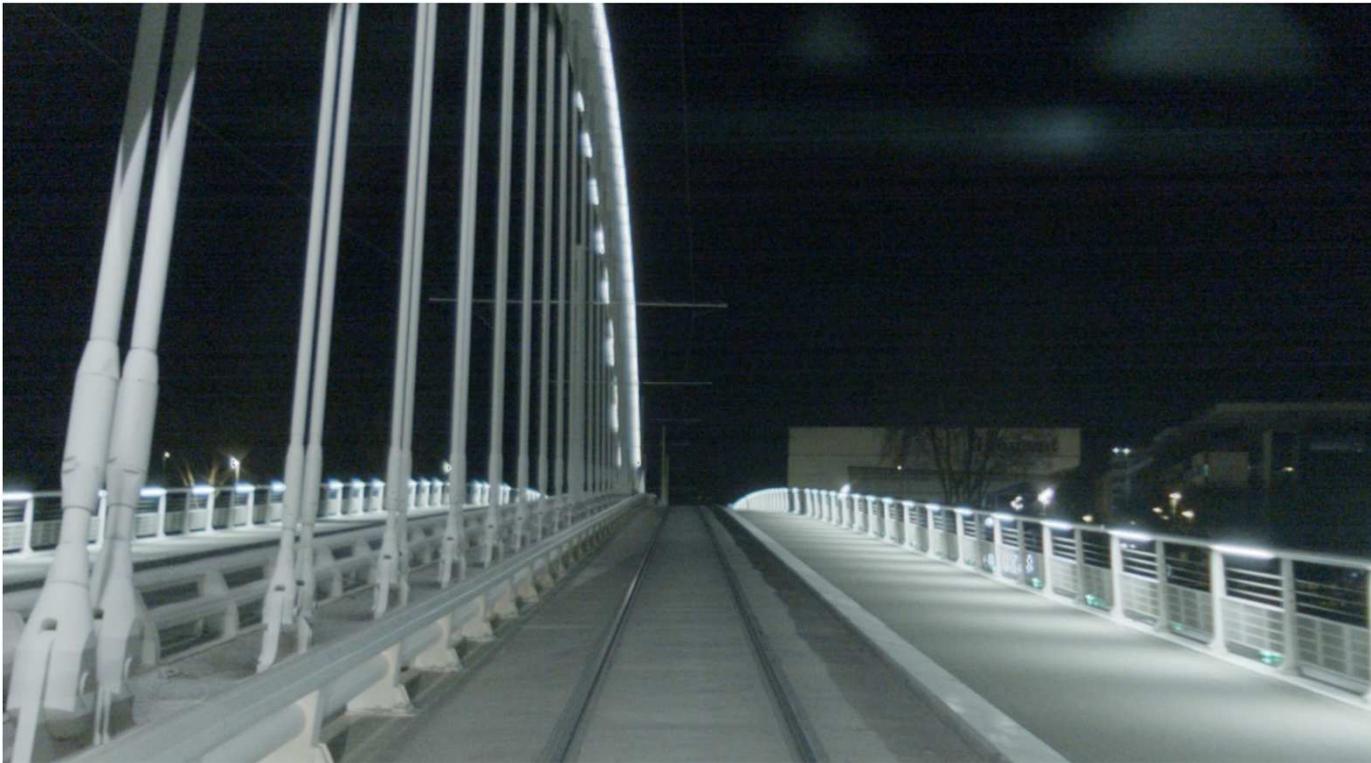
- **Segmentation par mode d'éclairage**
  - **Eclairage spécifique station**



# Inventaire des installations d'éclairage

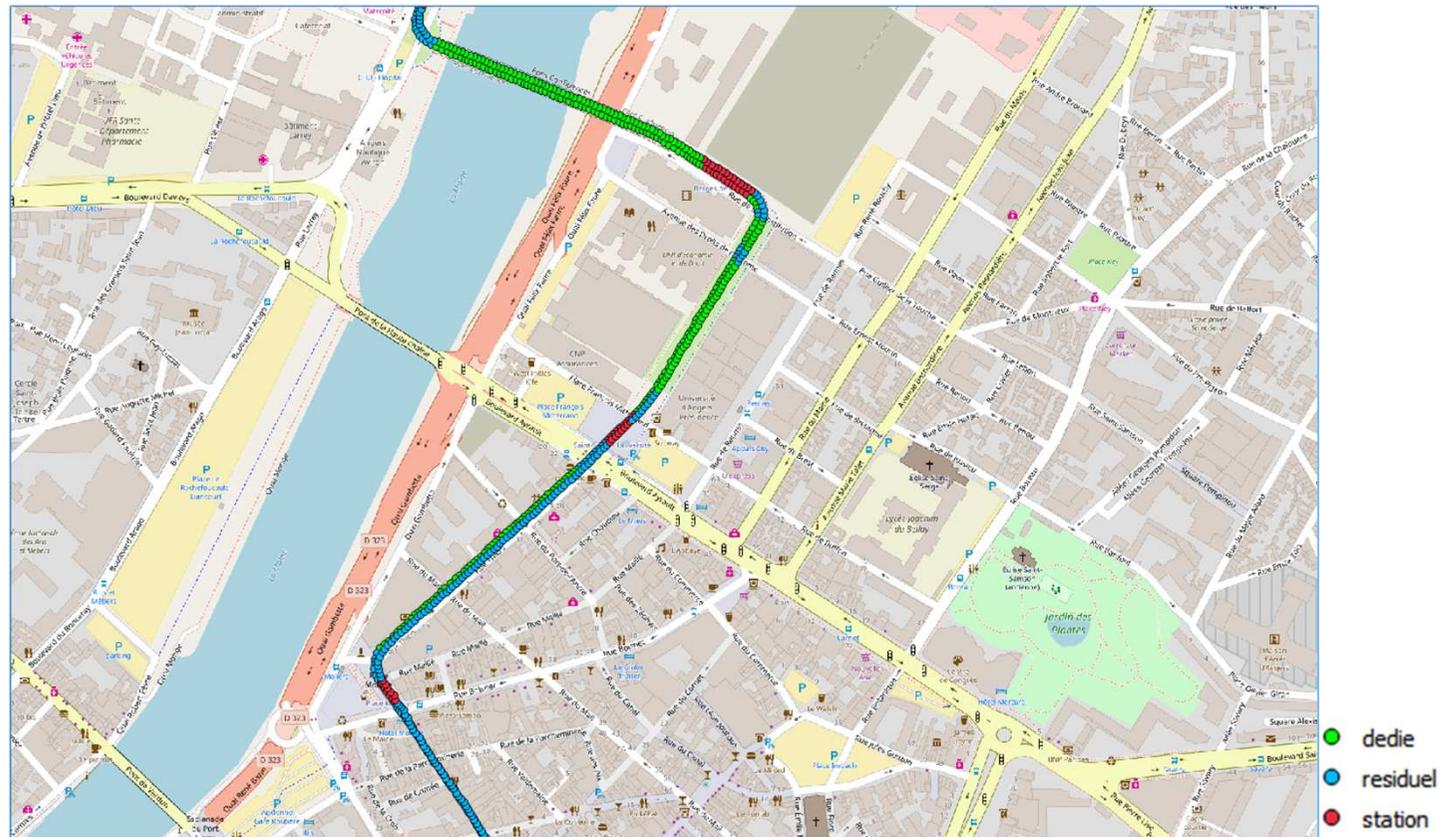
- **Segmentation par mode d'éclairage**

- **Pont Confluence**



# Inventaire des installations d'éclairage

- Segmentation par mode d'éclairage



# Inventaire des usages

- **Segmentation par mode d'usage / type d'utilisateur**
  - **Plateforme dédiée Tramway**
  - **Plateforme partagée (Tramway + VL)**
  - **Passage piéton**
  - **Station**

# Inventaire des usages

- **Segmentation par mode d'usage / type d'utilisateur**
  - **Plateforme dédiée Tramway**



# Inventaire des usages

- **Segmentation par mode d'usage / type d'utilisateur**
  - **Plateforme partagée (Tramway + VL)**





# Etude sur l'éclairage de la plateforme tramway d'Angers

Présentation de l'étude

Caractérisation multicritère de la plateforme

**Diagnostic photométrique des installations**

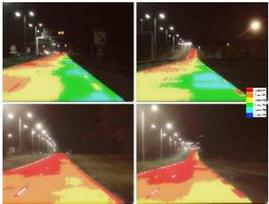
Analyse de l'environnement visuel

Perspectives et Valorisation

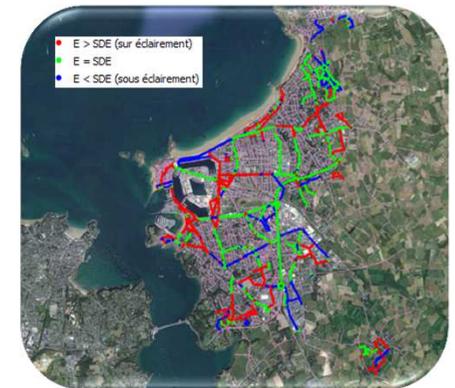
# Diagnostic photométrique

Mesures des performances lumineuses des systèmes d'éclairage avec le véhicule instrumenté **VECLUM**

- **Diagnostic photométrique d'installation d'éclairage public**



- Mesures d'éclairage horizontal en dynamique
- Mesures de luminance en dynamique
- Méthodologie conforme à la norme EN 13201
- Exploitation/Intégration des données dans les SIG
- Type de réseaux : urbain, routier, autoroutier, plateforme de tramway



- **Diagnostic photométrique en tunnel**

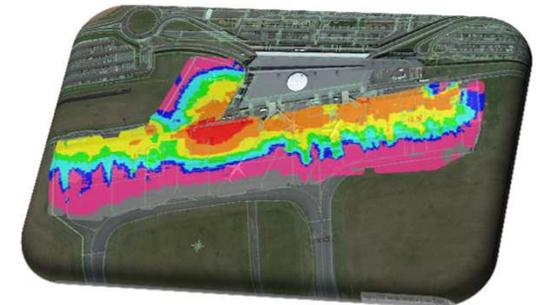


- Mesures d'éclairage horizontal en dynamique
- Mesures de luminance en dynamique
- Méthodologie conforme au dossier pilote des tunnels du CETU et au fascicule européen FD CEN/CR 14380

- **Diagnostic photométrique aéroportuaire**



- Mesures d'éclairage horizontal en dynamique
- Mesures d'éclairage vertical en dynamique
- Méthodologie conforme à la réglementation internationale



# Mesures d'éclairage

- **Mesures d'éclairage sur la plateforme**

Adaptation de l'outil VECLAP : Conception de jantes spécifiques



# Mesures d'éclairage

- **Mesures d'éclairage sur la plateforme**

Adaptation de l'outil VECLAP : Essai au centre de maintenance Keolis



# Mesures d'éclairage

- Mesures d'éclairage sur la plateforme

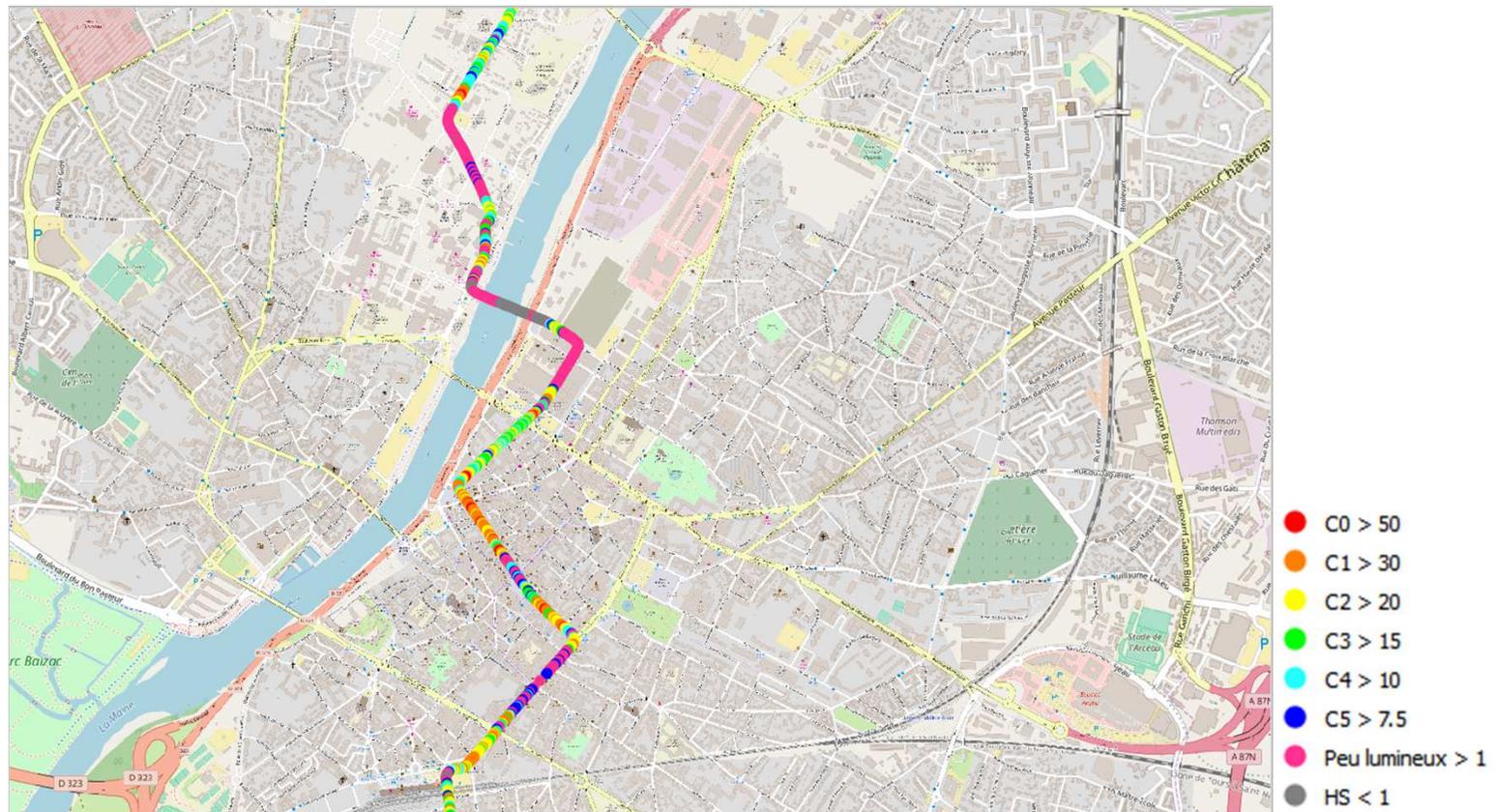
Réalisation des mesures



# Mesures d'éclairage

## ■ Mesures d'éclairage sur la plateforme

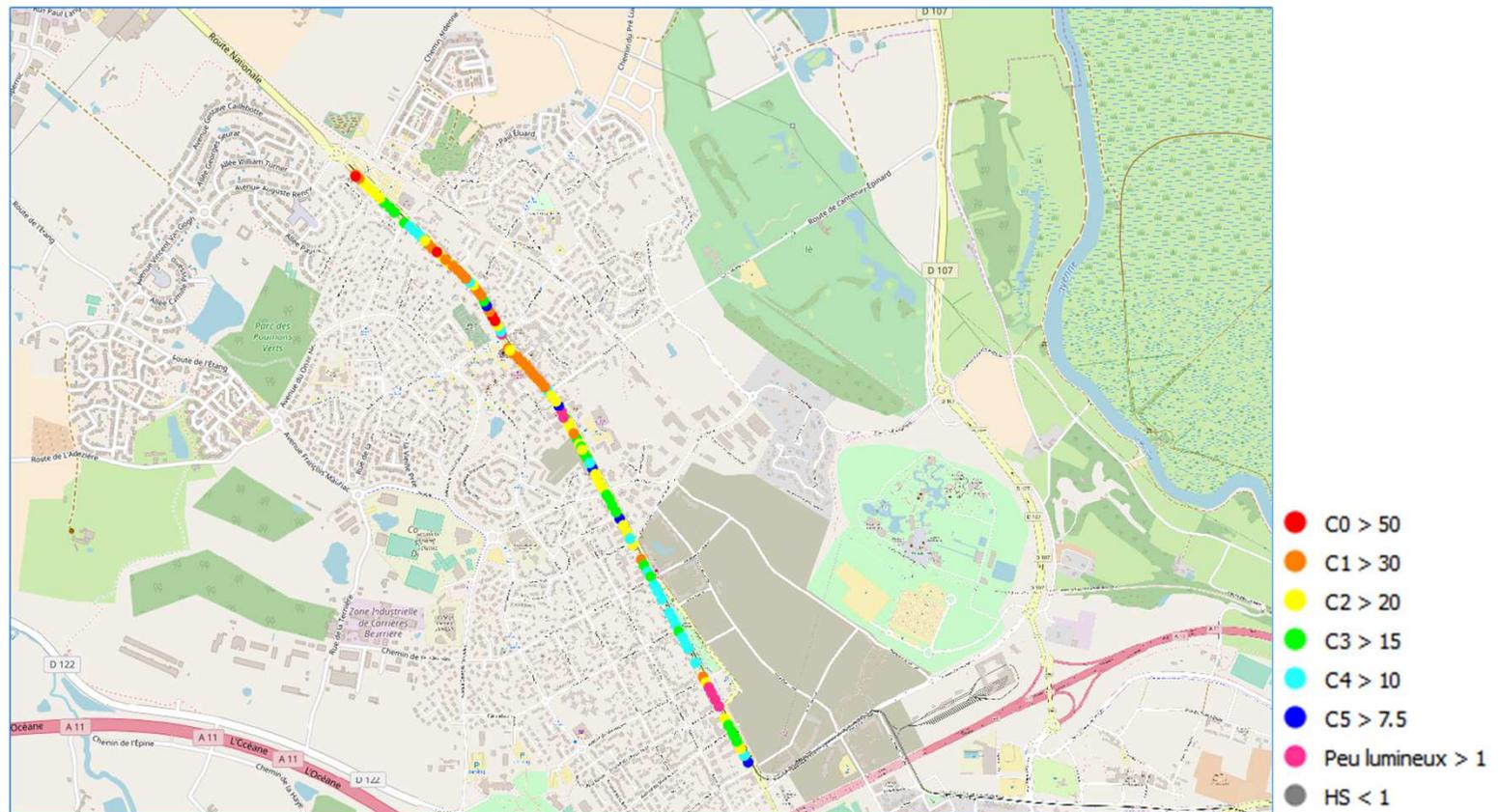
Relevé continu des éclairagements



# Mesures d'éclairage

- **Mesures d'éclairage sur la plateforme**

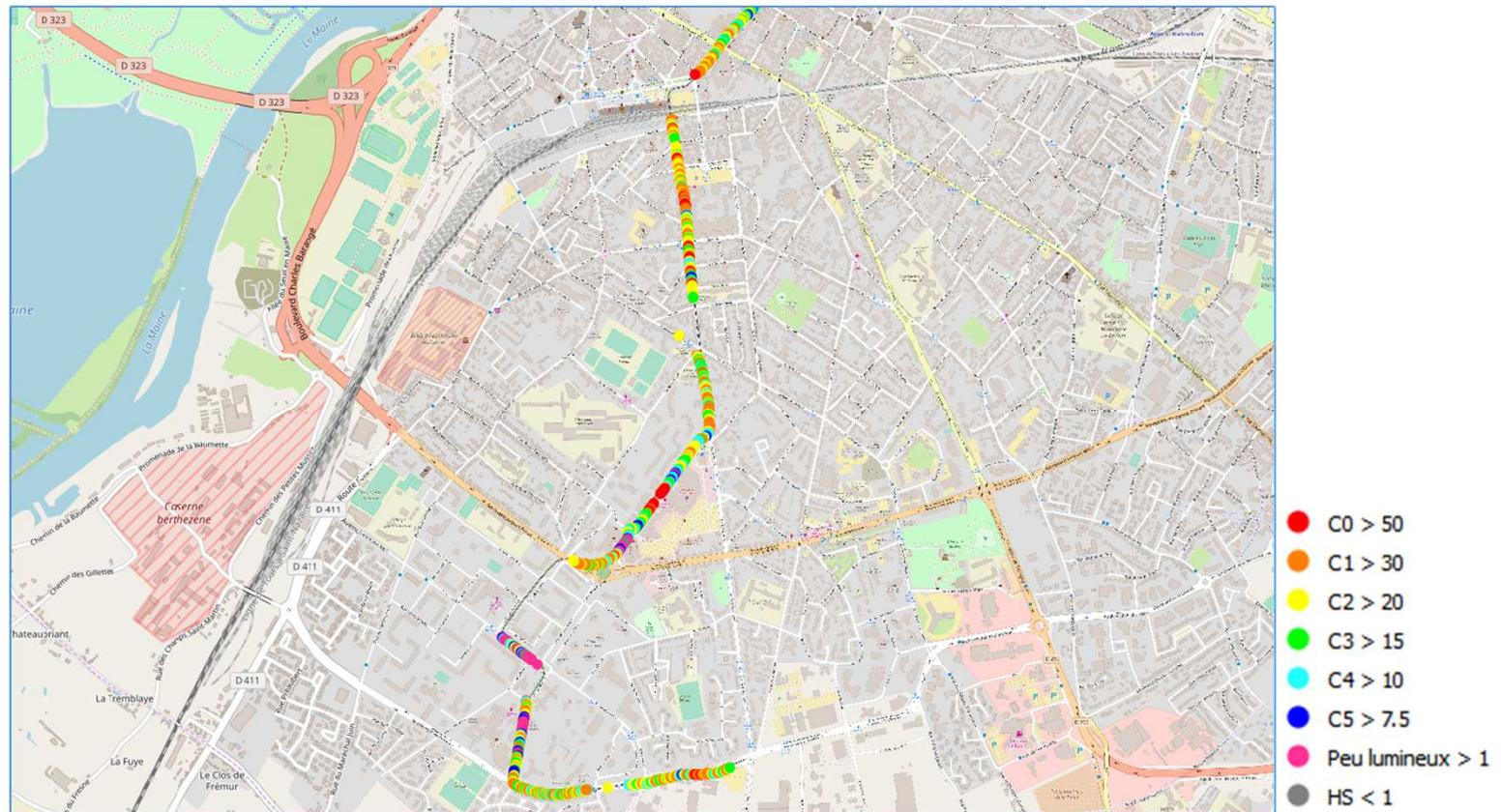
Exploitation au point lumineux (éclairage résiduel et dédié)



# Mesures d'éclairage

## ▪ Mesures d'éclairage sur route

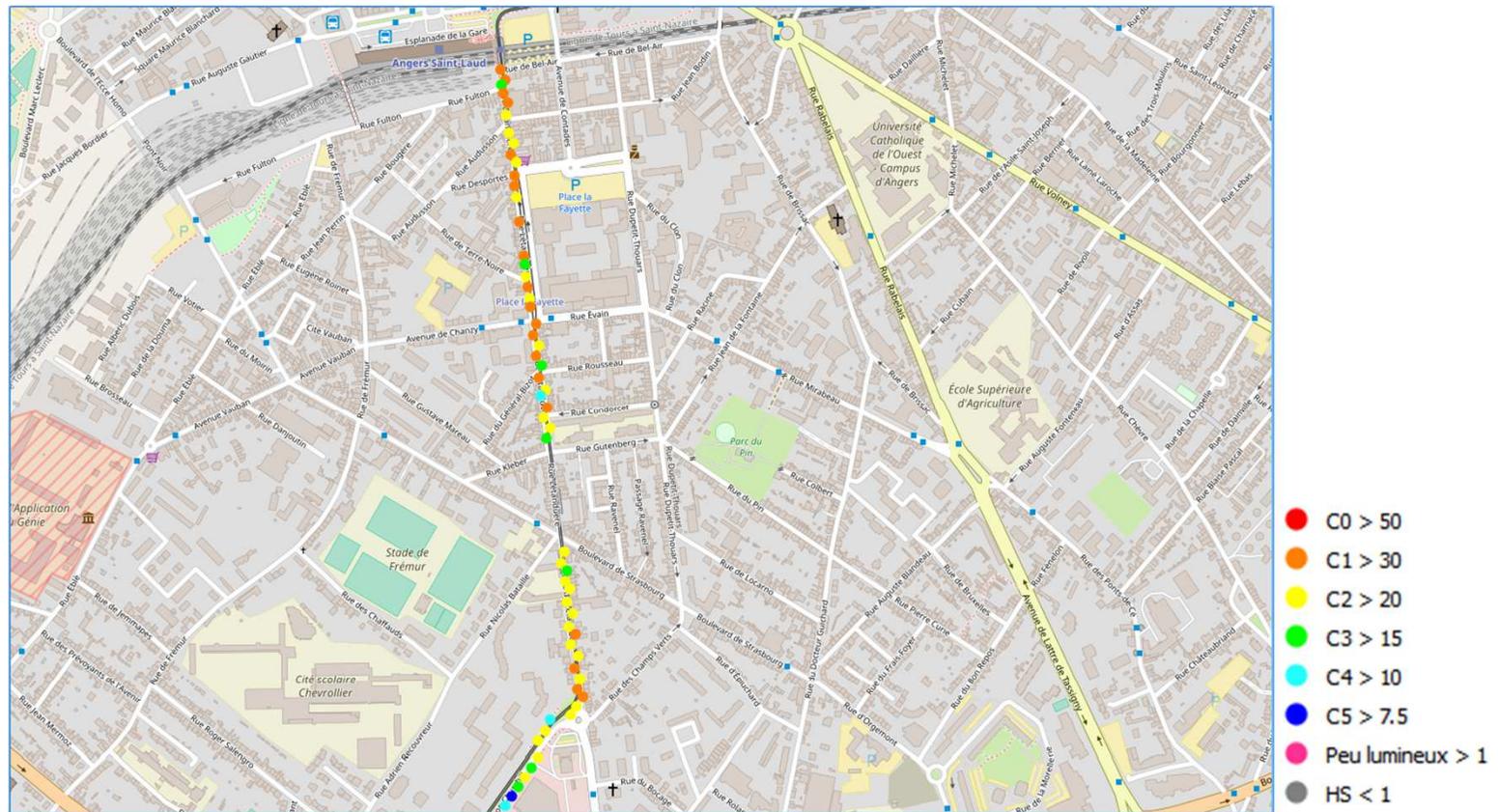
Relevé continu des éclairagements



# Mesures d'éclairage

## ■ Mesures d'éclairage sur route

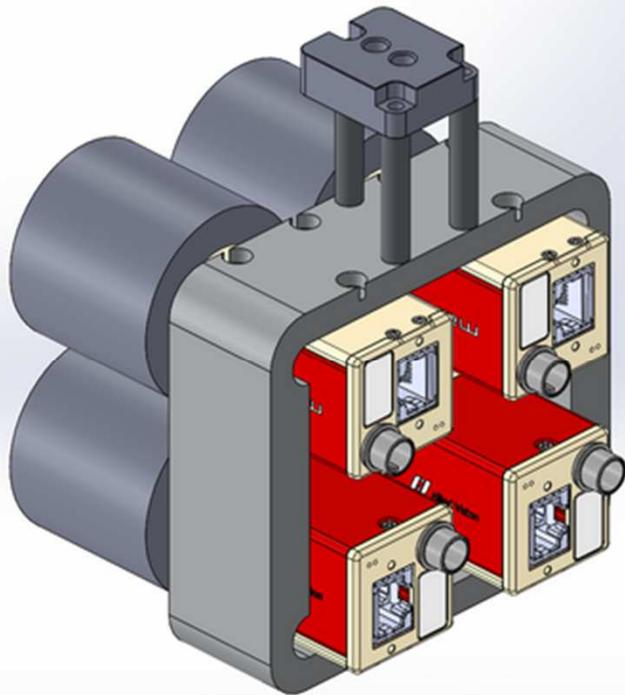
Exploitation au point lumineux (éclairage résiduel)



# Mesures de luminance

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

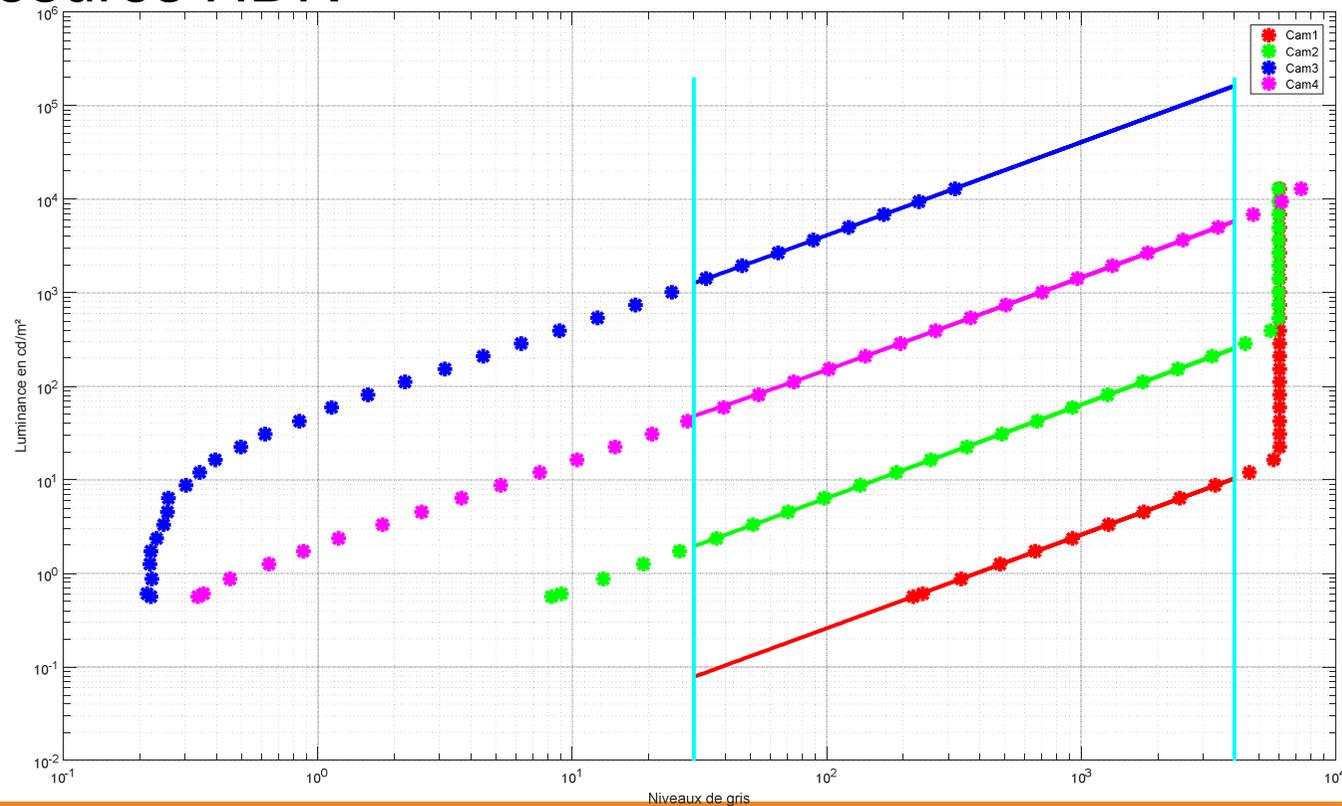
Préparation des mesures : Mise au point d'une nouvelle tête de mesures HDR



# Mesures de luminance

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

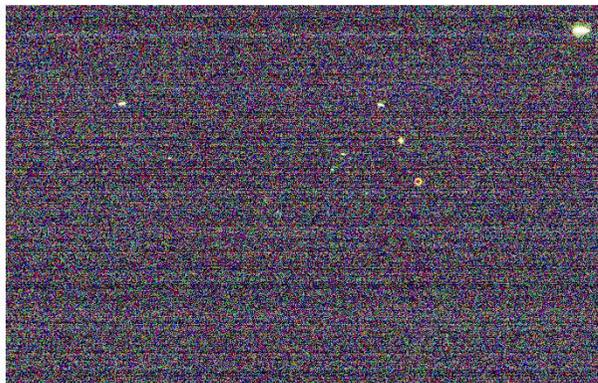
Préparation des mesures : Mise au point d'une nouvelle tête de mesures HDR



# Mesures de luminance

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

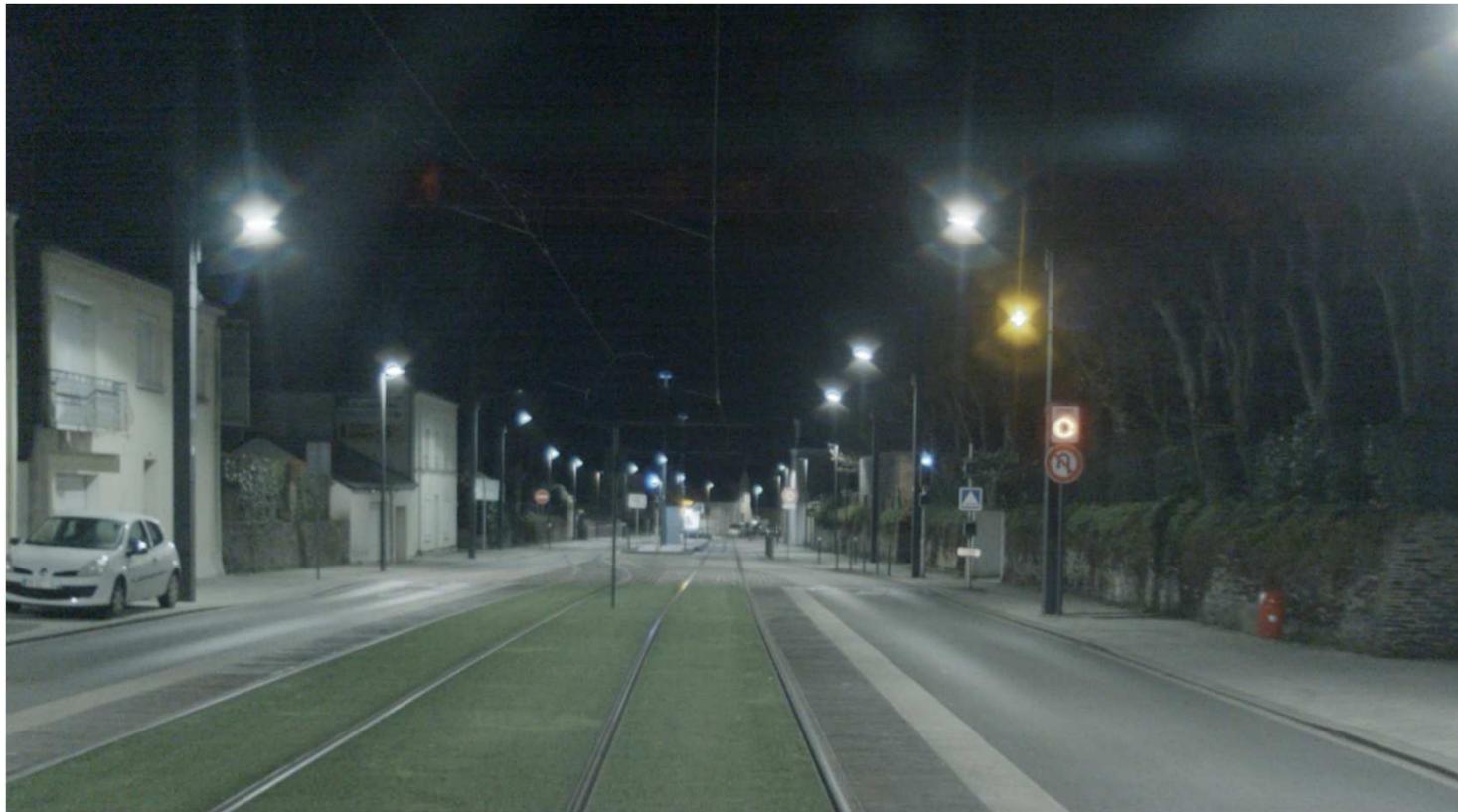
Exploitation des mesures : Fusion HDR



# Mesures de luminance

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

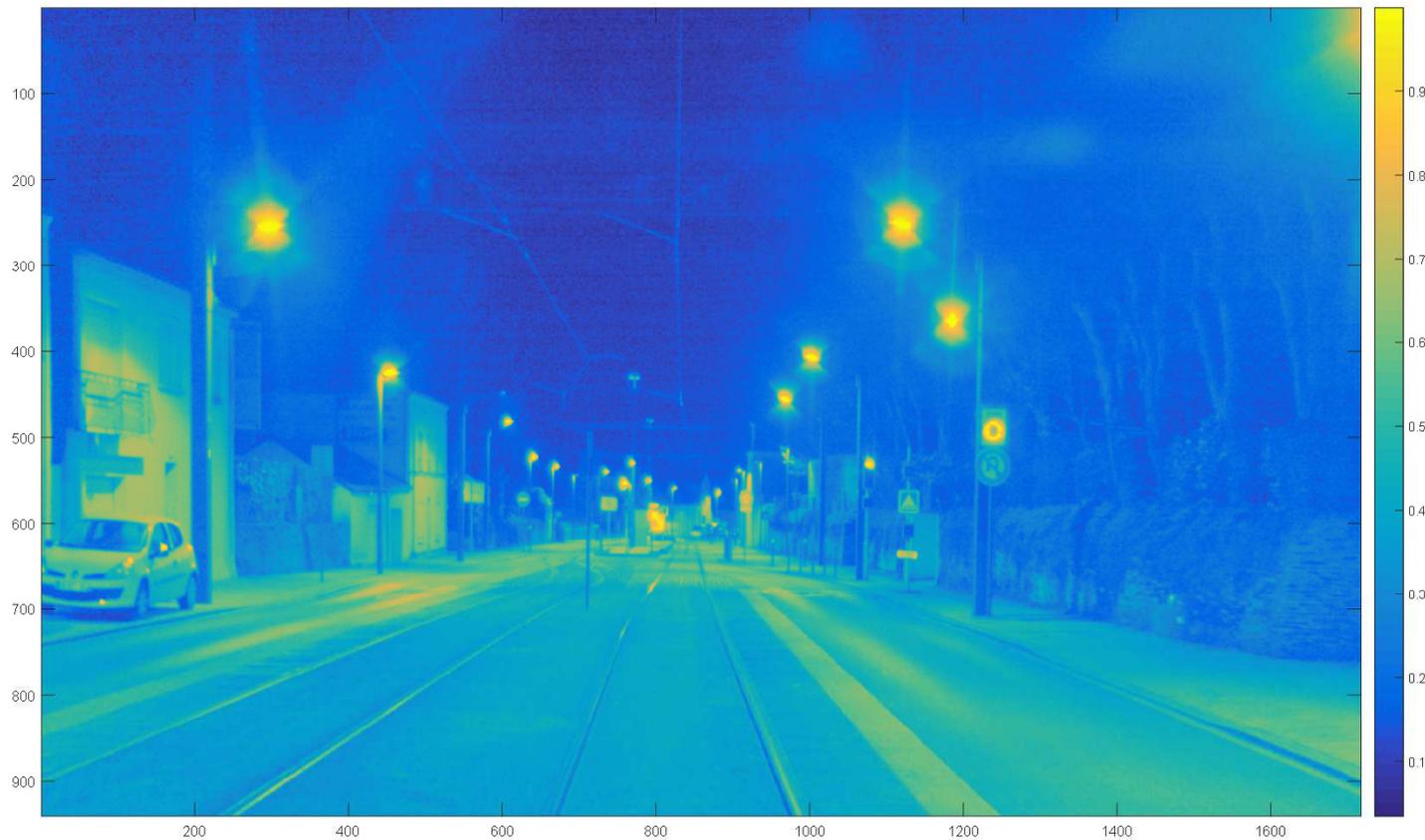
Exploitation des mesures : Fusion HDR



# Mesures de luminance

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

Exploitation des mesures : Image en luminance



# Mesures de luminance

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

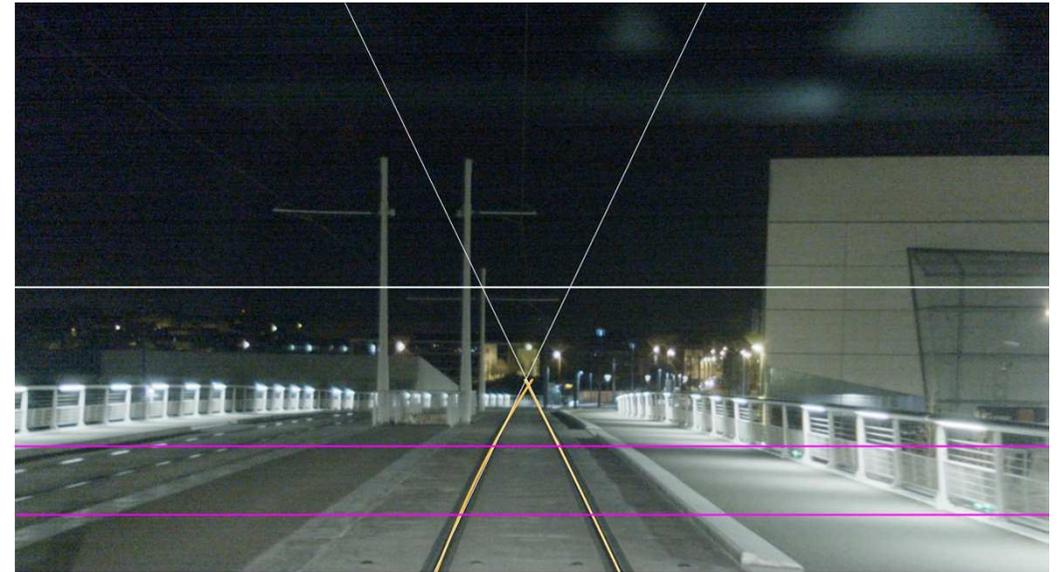
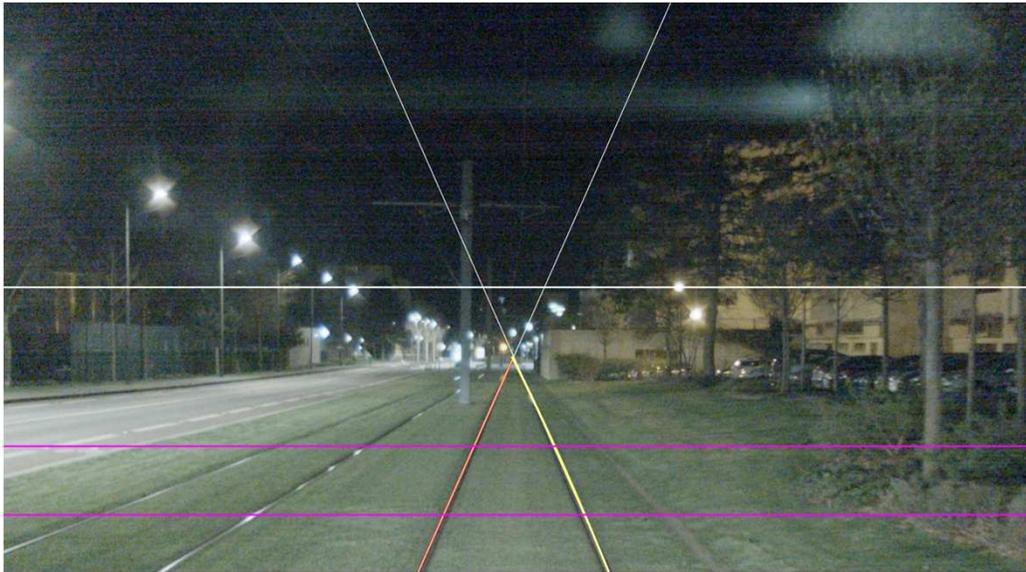
Préparation des mesures : Installation dans la cabine



# Mesures de luminance

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

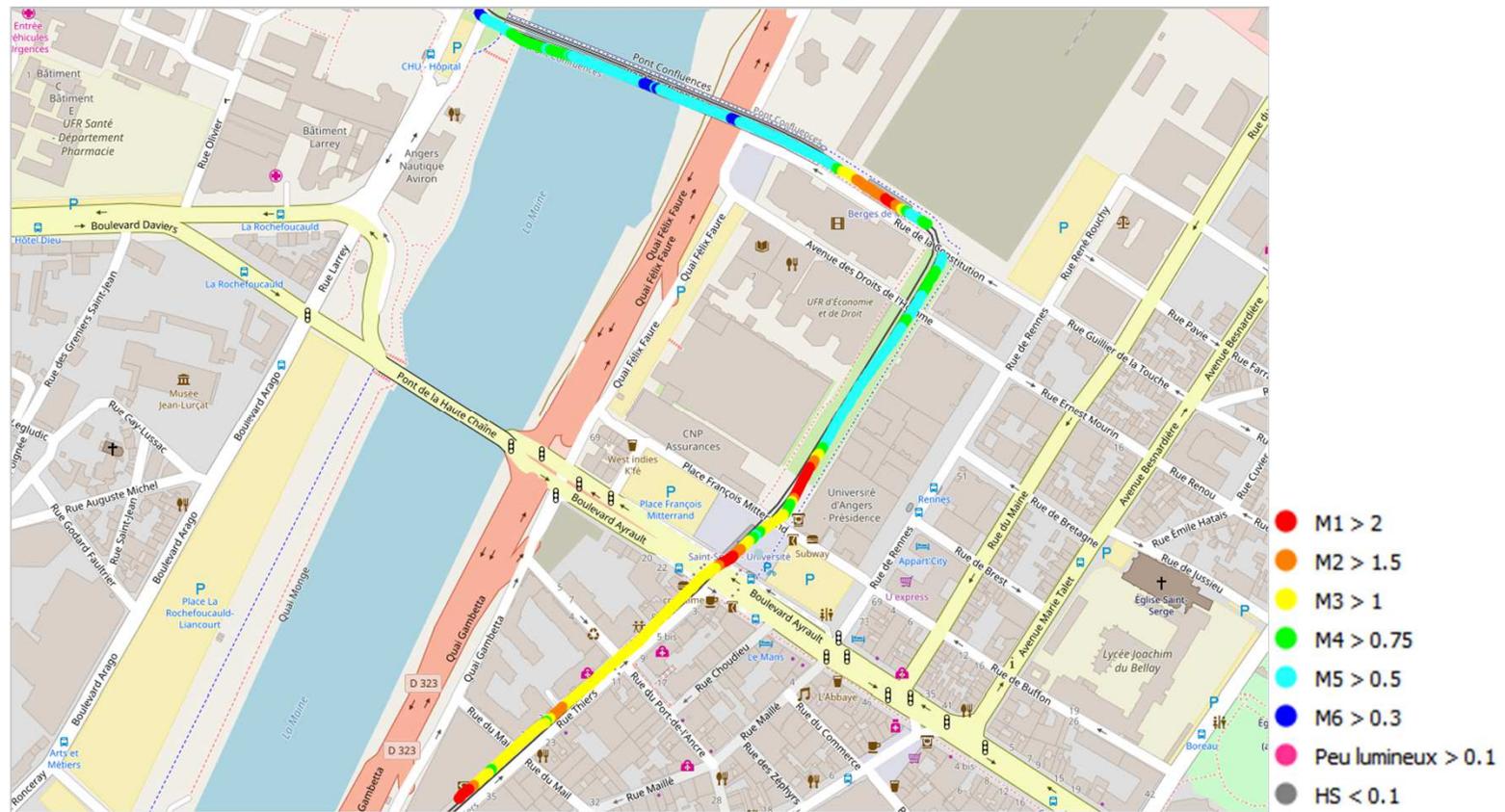
Exploitation des mesures : Maillage de mesures



# Mesures de luminance

- Mesures de luminance sur la plateforme

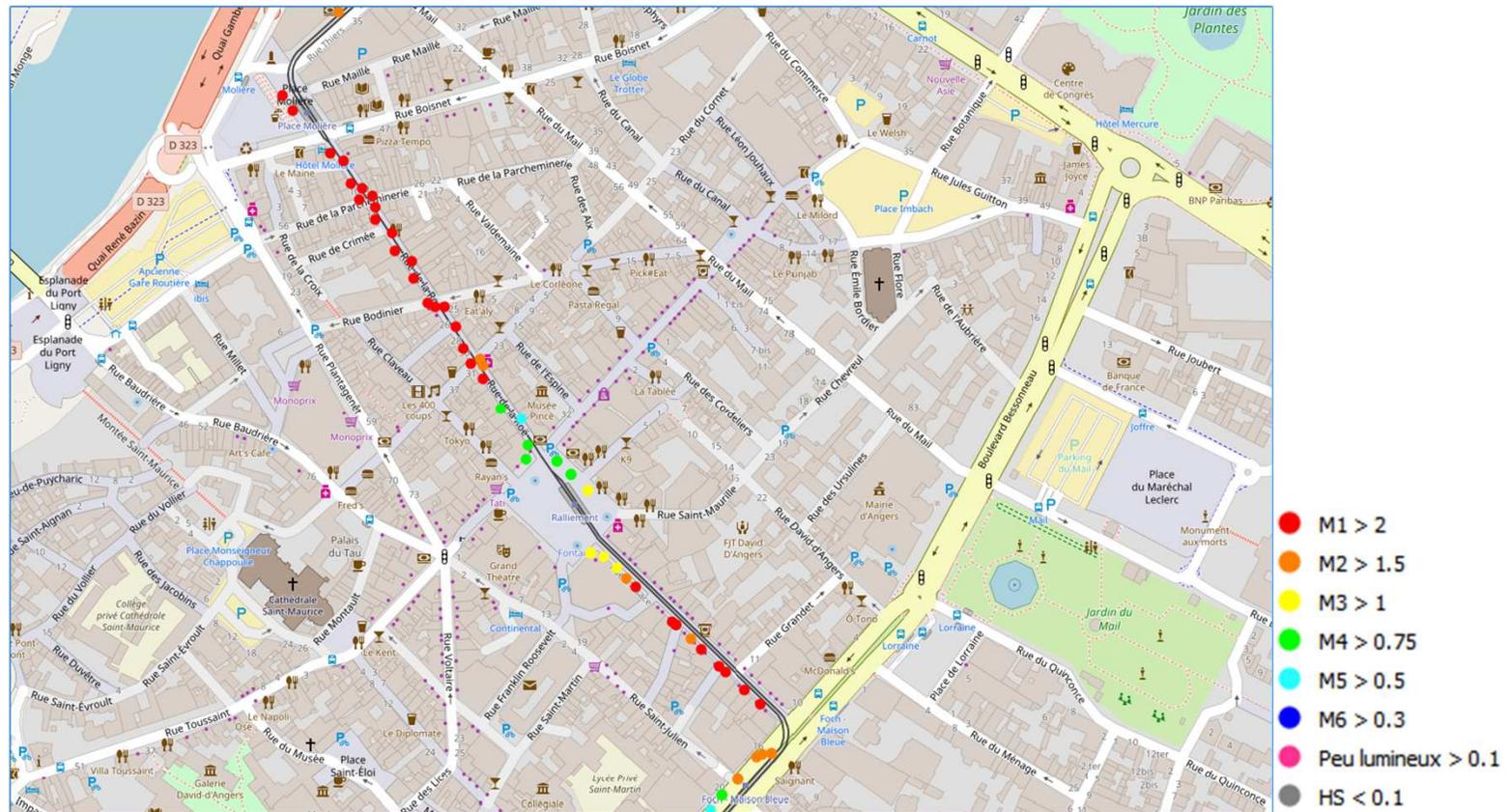
Relevé continu des luminances



# Mesures de luminance

- Mesures de luminance sur la plateforme

Exploitation au point lumineux (éclairage résiduel et dédié)



# Etude sur l'éclairage de la plateforme tramway d'Angers

Présentation de l'étude

Caractérisation multicritère de la plateforme

Diagnostic photométrique des installations

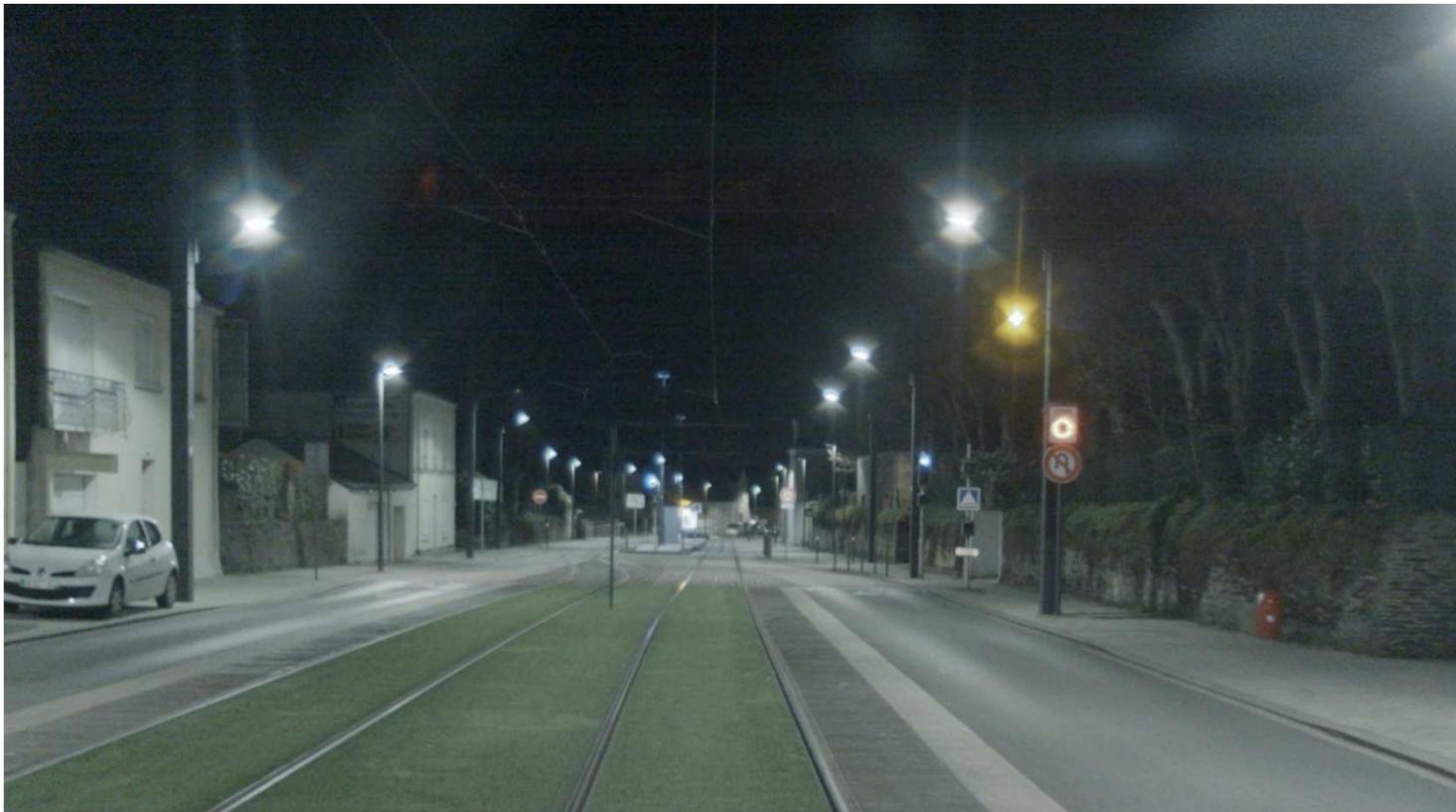
**Analyse de l'environnement visuel**

Perspectives et Valorisation

# Analyse de l'environnement visuel

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

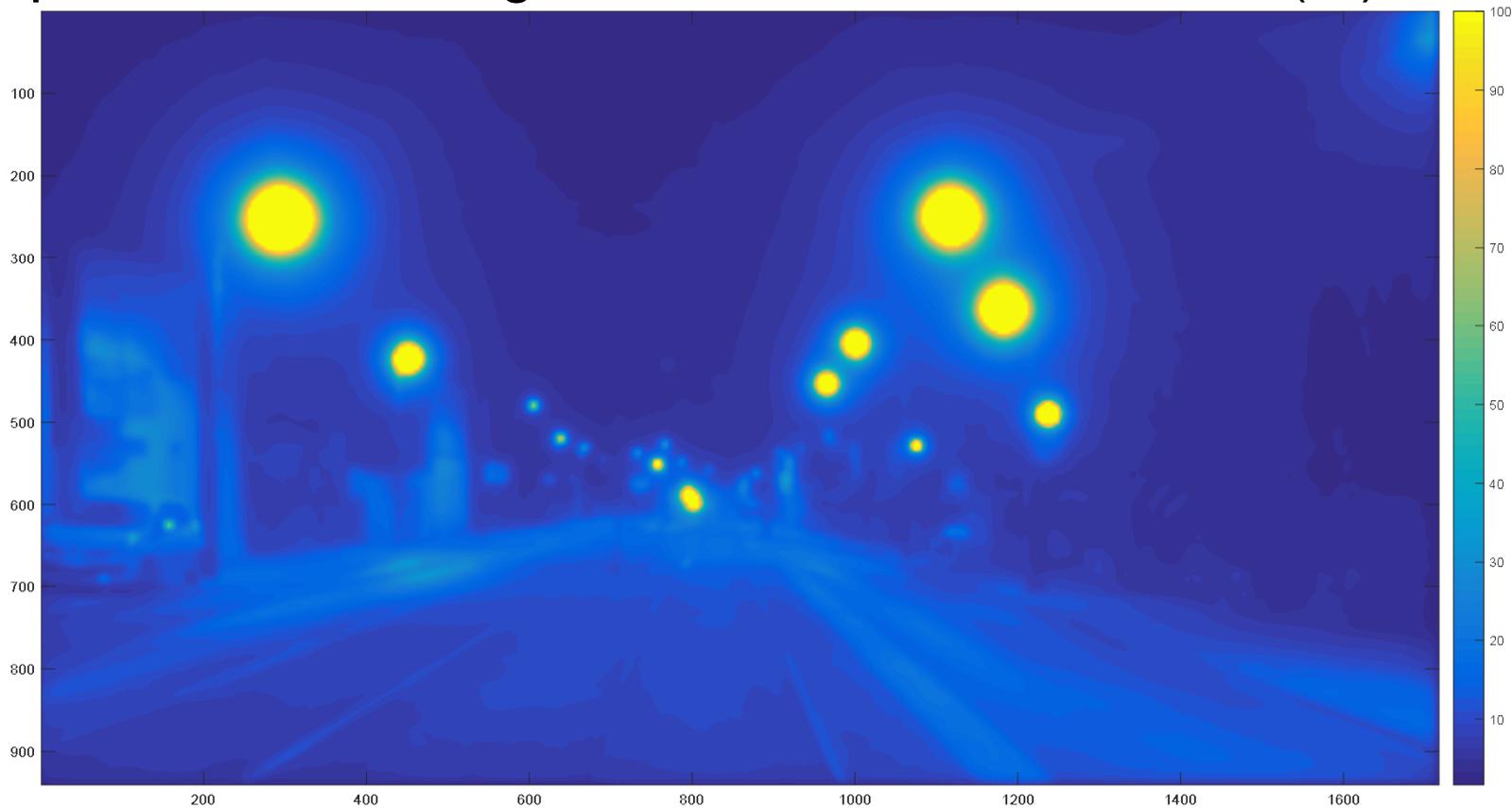
Exploitation des images : Calcul d'éblouissement (TI)



# Analyse de l'environnement visuel

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

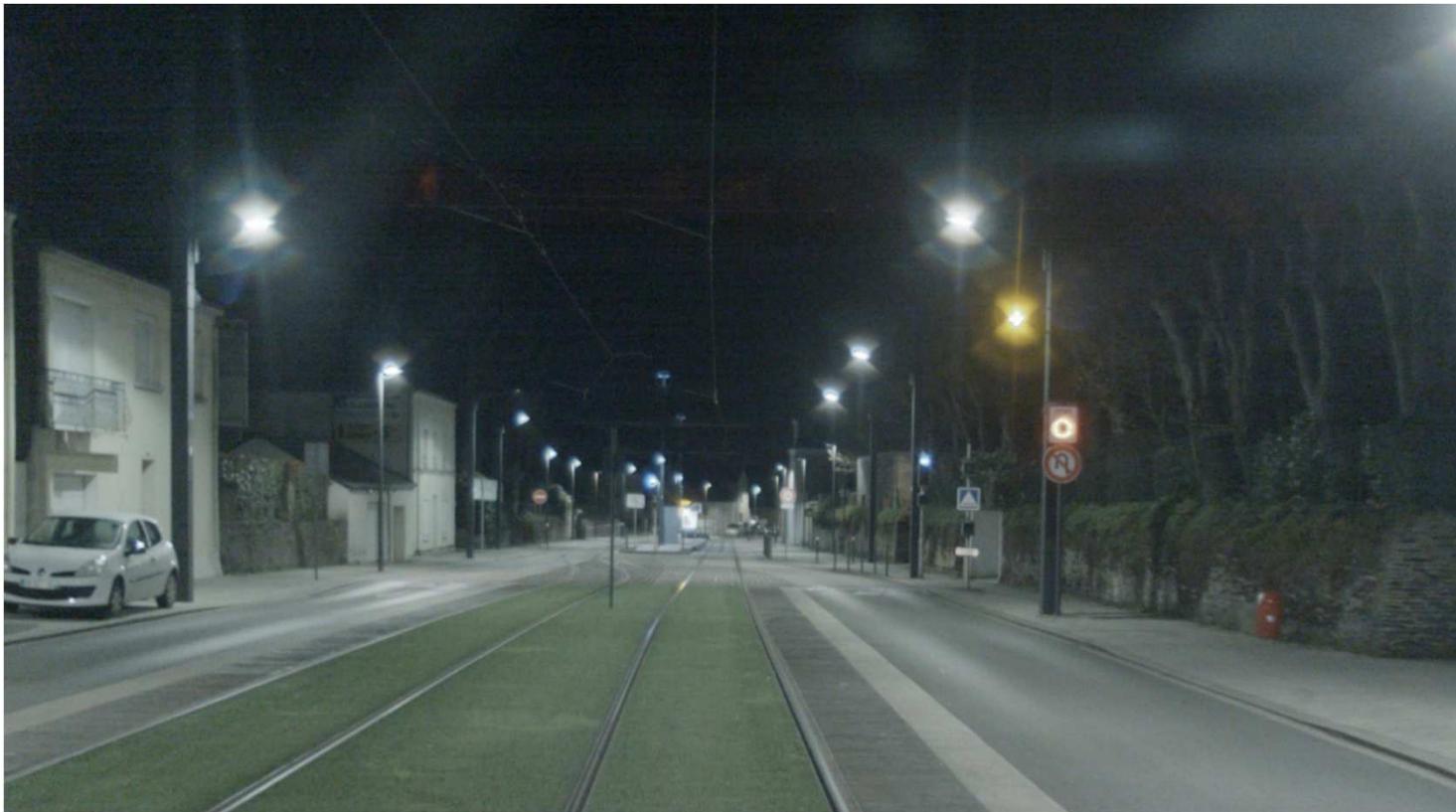
Exploitation des images : Calcul d'éblouissement (TI)



# Analyse de l'environnement visuel

- **Imagerie HDR sur la plateforme**

Exploitation des images : Adaptation visuelle



# Analyse de l'environnement visuel

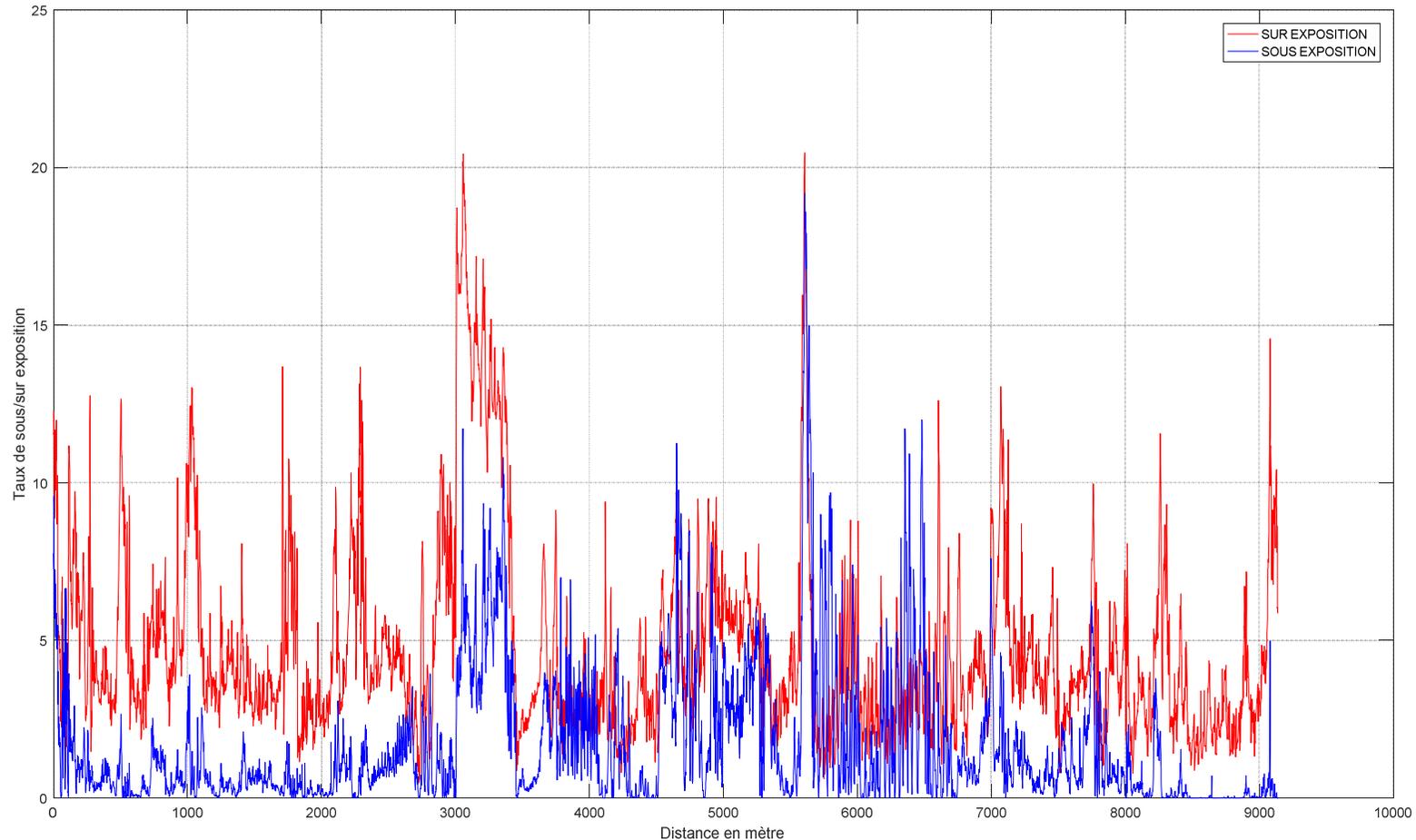
- **Imagerie HDR sur la plateforme**

Exploitation des images : Adaptation visuelle



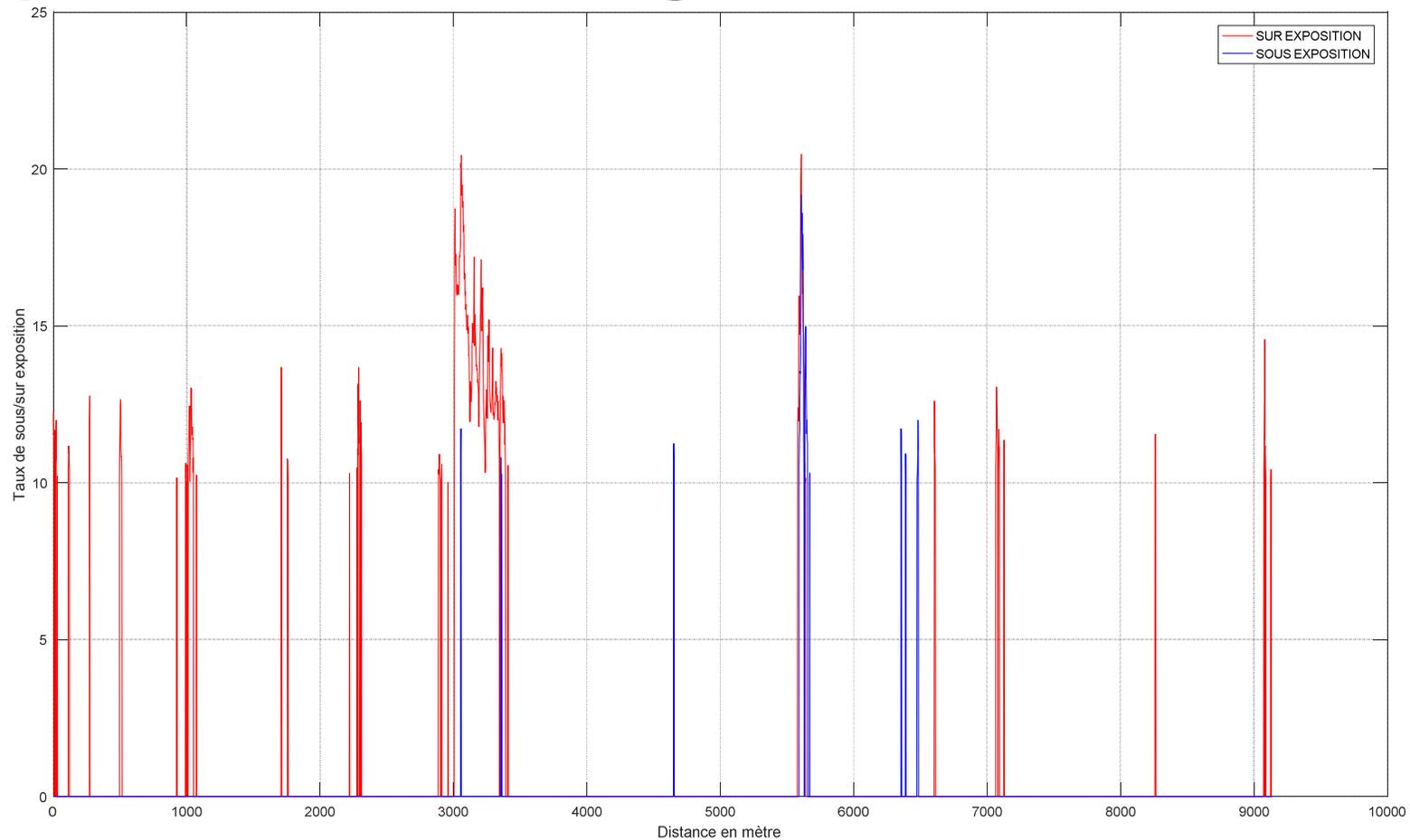
# Analyse de l'environnement visuel

## ■ Adaptation visuelle - Angers



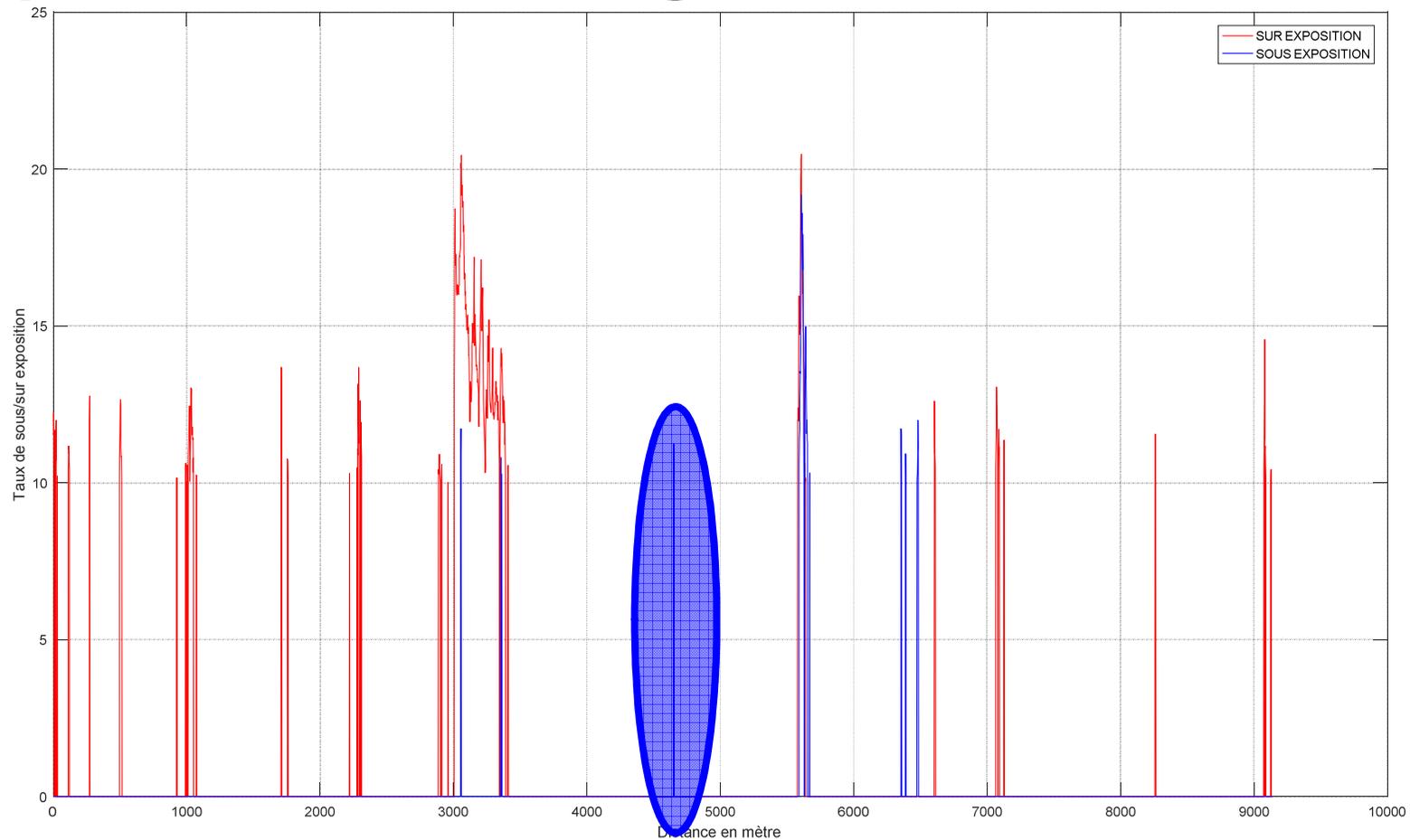
# Analyse de l'environnement visuel

## ■ Adaptation visuelle - Angers



# Analyse de l'environnement visuel

- Adaptation visuelle - Angers → COLD SPOT



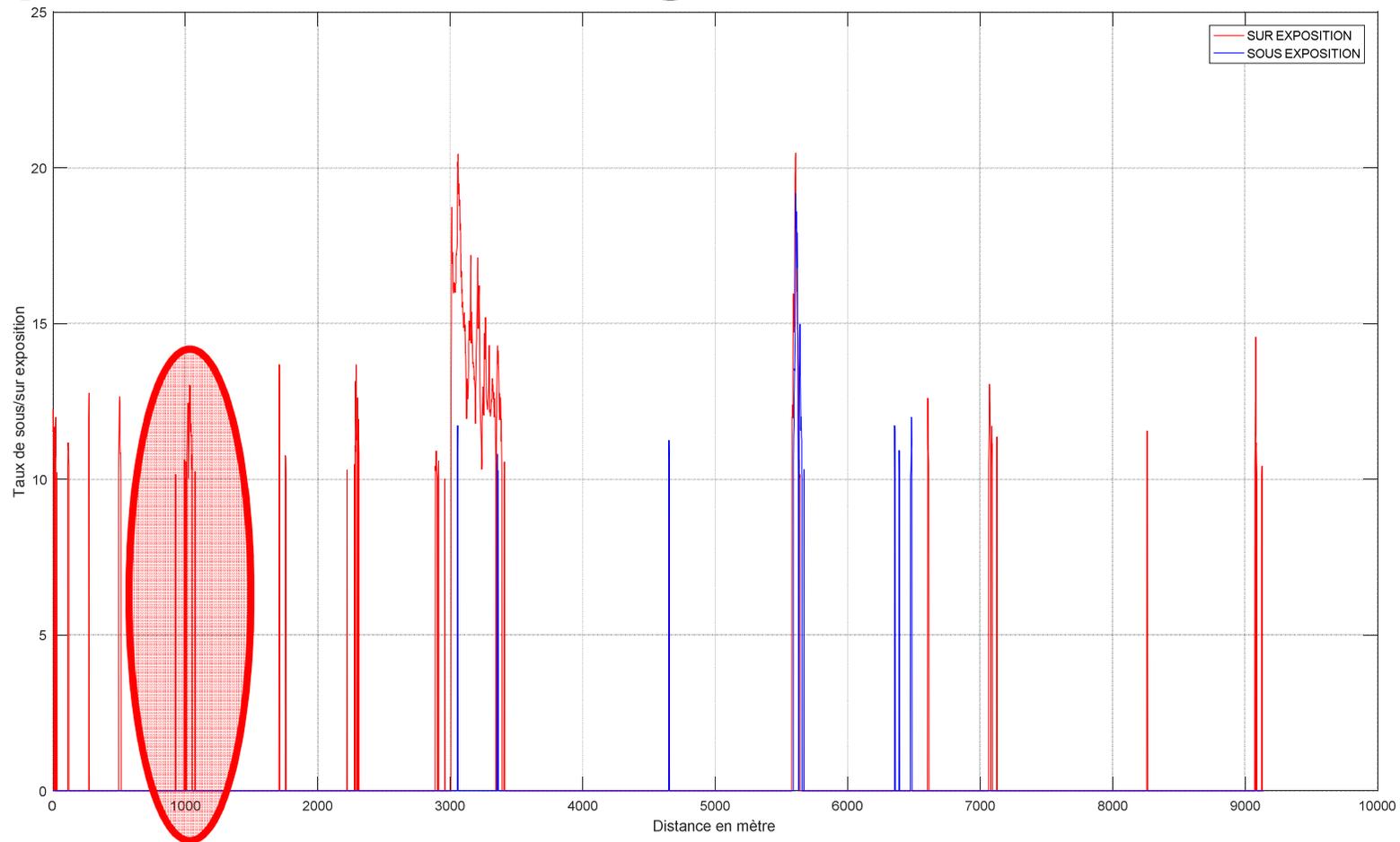
# Analyse de l'environnement visuel

- Adaptation visuelle - Angers → COLD SPOT



# Analyse de l'environnement visuel

- **Adaptation visuelle - Angers → HOT SPOT**



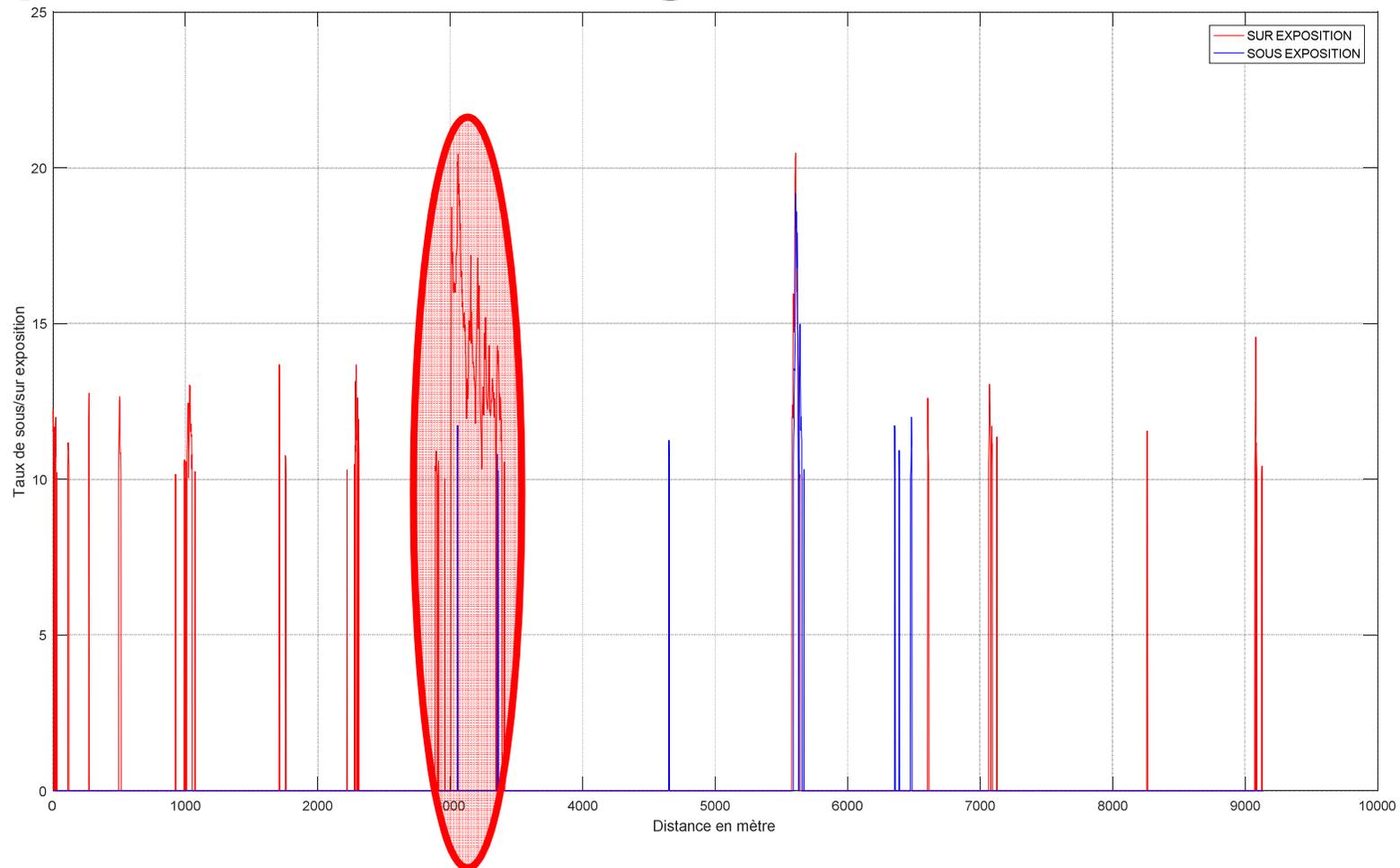
# Analyse de l'environnement visuel

- **Adaptation visuelle - Angers → HOT SPOT**



# Analyse de l'environnement visuel

- **Adaptation visuelle - Angers → HOT SPOT**



# Analyse de l'environnement visuel

- **Adaptation visuelle - Angers → HOT SPOT**



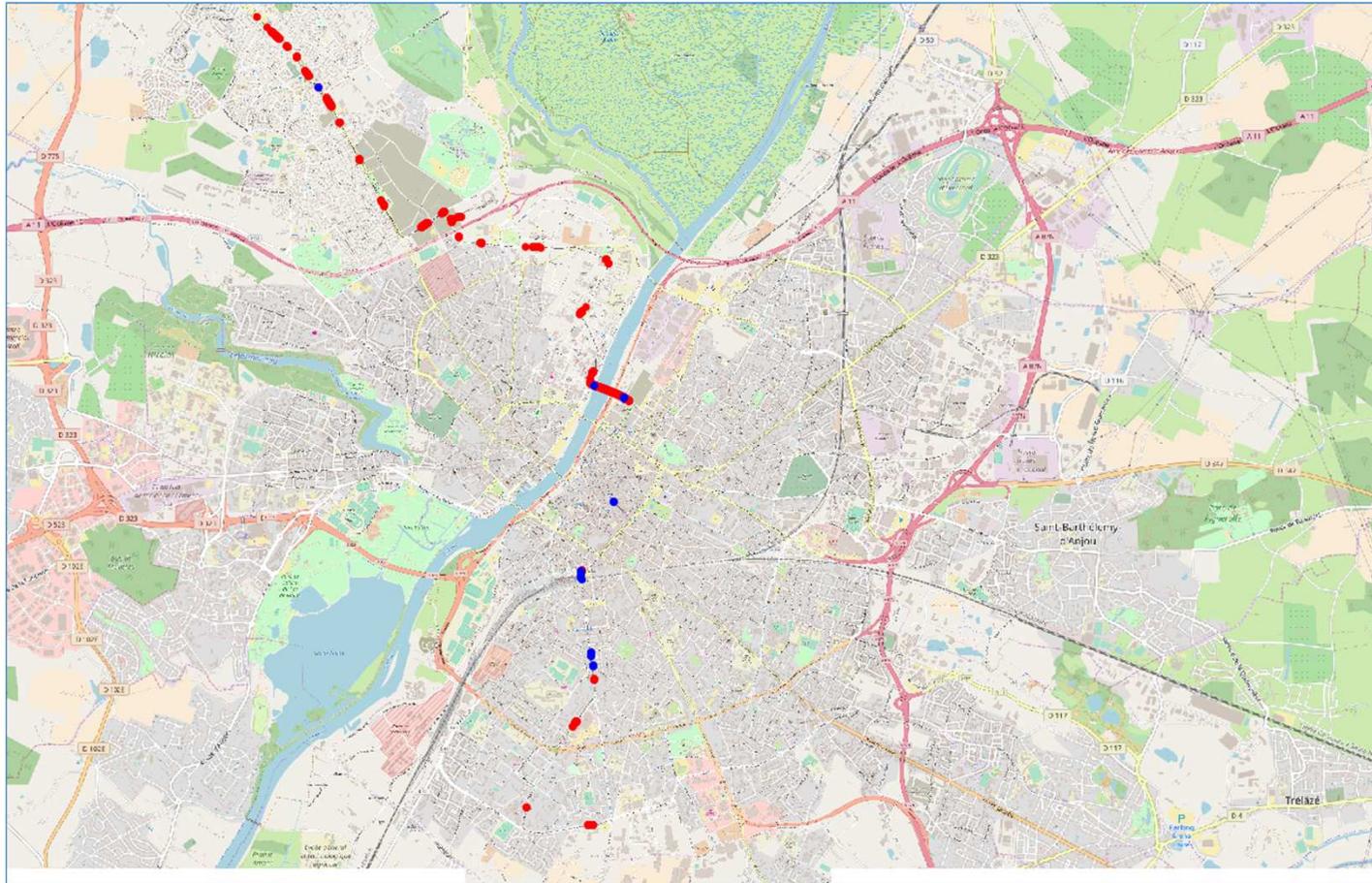
# Analyse de l'environnement visuel

- **Adaptation visuelle - Angers → Condition OK**



# Analyse de l'environnement visuel

- **Adaptation visuelle – SIG**



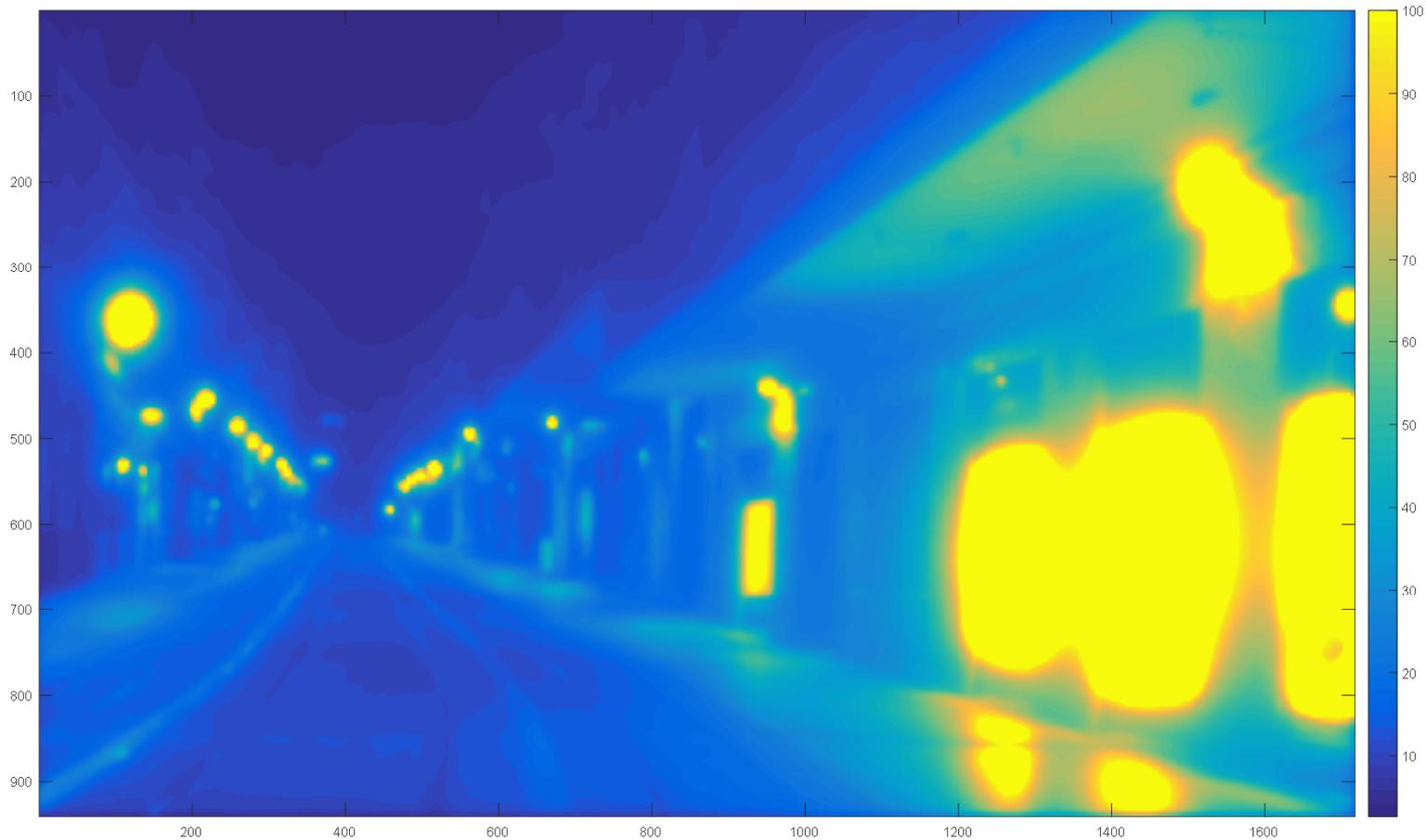
# Analyse de l'environnement visuel

- Calcul d'éblouissements - Angers



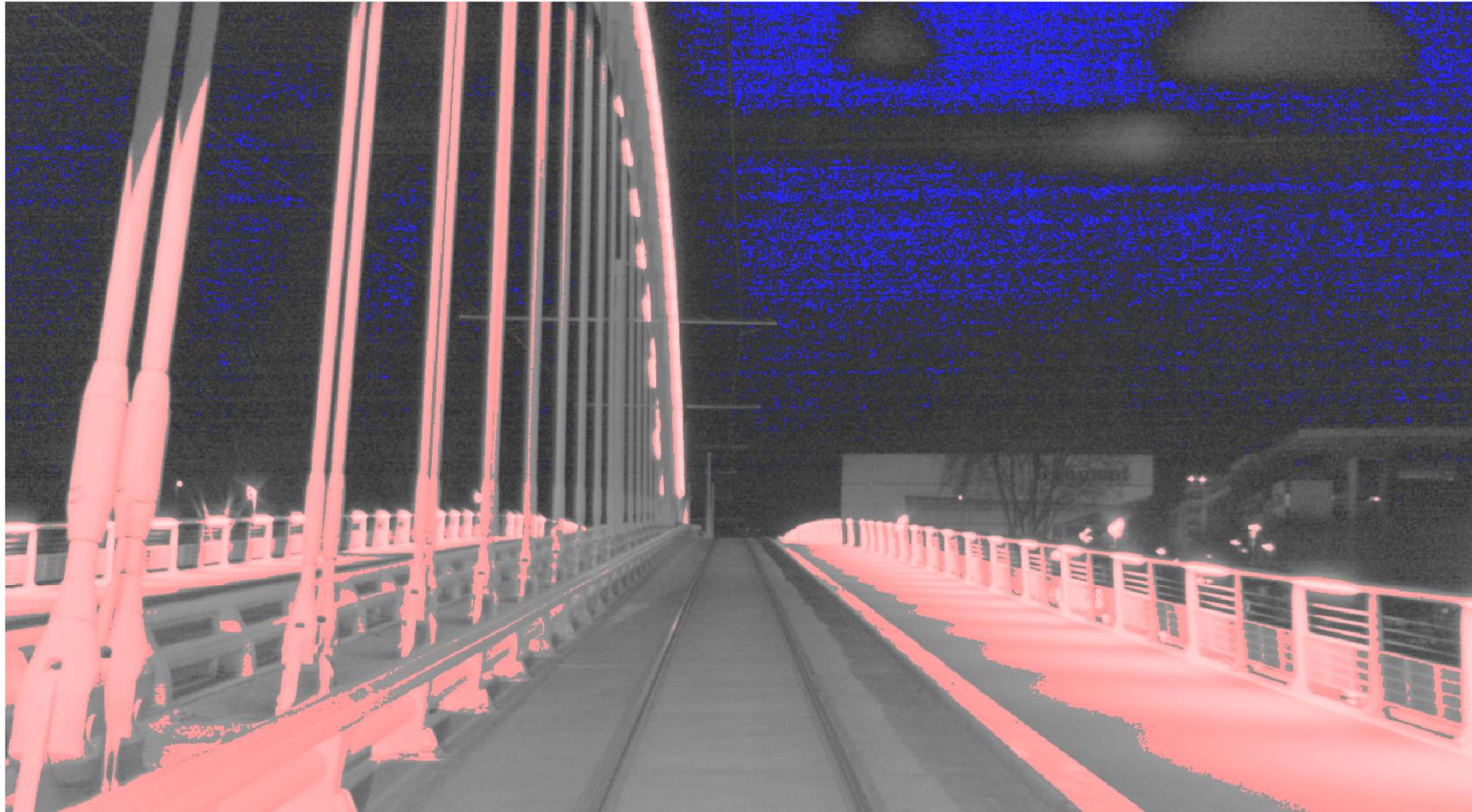
# Analyse de l'environnement visuel

- **Calcul d'éblouissements - Angers**



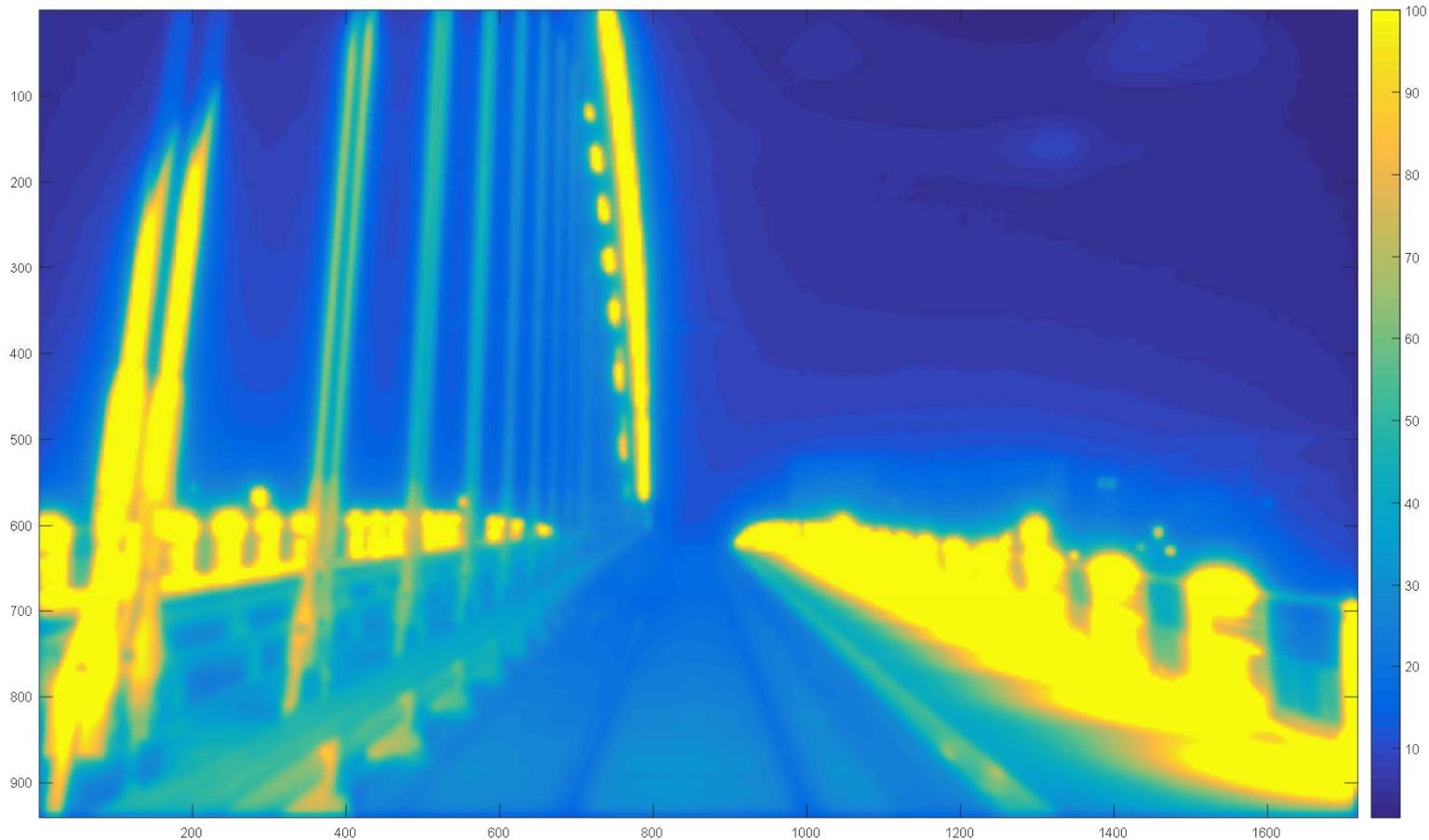
# Analyse de l'environnement visuel

- **Calcul d'éblouissements - Angers**



# Analyse de l'environnement visuel

## ▪ Calcul d'éblouissements - Angers



# Etude sur l'éclairage de la plateforme tramway d'Angers

Présentation de l'étude

Caractérisation multicritère de la plateforme

Diagnostic photométrique des installations

Analyse de l'environnement visuel

**Perspectives et Valorisation**

# Perspectives et Valorisation

- **Renseignements de la base de données des points lumineux en éclairage dédié et en éclairage résiduel sur Angers (Ville)**
- **Mise en forme des données pour intégration client (Cerema)**
- **Croiser les indicateurs développés avec le ressenti des traminots (Cerema et Keolis)**
- **Capitalisation des bonnes configurations pour la ligne B du tramway d'Angers**
- **Duplication de la démarche sur d'autres plateformes**
- **Valorisation : recommandations, réglementation**

# Contact

- Florian GREFFIER – Cerema Ouest – Angers

Responsable de l'Unité Eclairage & Lumière

Tel : 02 41 79 13 02 / Mail : [florian.greffier@cerema.fr](mailto:florian.greffier@cerema.fr)

# MERCI