

# Cahier des clauses techniques particulières

## Fourniture, livraison et installation d'une Caméra hyperspectrale

DATE :  
31/03/2025

# SOMMAIRE

Avant-propos.....	3
<b>1 Éléments techniques .....</b>	<b>4</b>
1.1 Technologie d'acquisition de la caméra.....	4
1.2 Gamme spectrale de la caméra.....	4
1.3 Résolution spectrale et résolution spatiale de la caméra.....	4
1.4 Champ de vision de la caméra .....	4
1.5 Calibration de la caméra .....	4
1.6 Connectique et système d'acquisition de données de la caméra.....	4
1.7 Logiciel de pilotage/acquisition sur système Windows de la caméra.....	5
1.8 Environnement d'utilisation de la caméra.....	5
1.9 Spécifications techniques de la cible calibrée en réflectance .....	5
<b>2 Livraison, installation, formation et documentation.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Garantie .....</b>	<b>6</b>

# AVANT-PROPOS

L'équipe de recherche Systèmes de transport intelligents (STI) du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) mène des travaux sur la sécurité des transports en conditions météorologiques dégradées. Elle s'intéresse plus particulièrement à évaluer les perturbations apportées par certains milieux diffusants (brouillard, pluie, poussière, etc.) sur les performances visuelles de capteurs optiques. Les phases expérimentales de ces travaux nécessitent une caractérisation optique des scènes perçues par ces capteurs dans certaines conditions d'intérêt.

Pour mener ces travaux, l'équipe STI est partenaire du projet européen ROADVIEW dont l'objectif est de développer des systèmes automatisés pour véhicules routiers qui soient robustes aux conditions météorologiques dégradées. L'équipe prend également part au projet ANR REFLECTIVITY portant sur les caractérisations optiques des surfaces routières.

Afin d'obtenir une caractérisation fine des scènes perçues par les capteurs optiques montés sur des véhicules automatisés, une caméra hyperspectrale opérant dans la bande visible est nécessaire et le présent cahier des charges décrit les attendus techniques la concernant.

L'objectif de ce cahier des charges est de définir les spécifications techniques et les conditions requises pour l'acquisition d'une caméra hyperspectrale calibrée radiométriquement en luminance spectrale, accompagnée en prestation supplémentaire éventuelle d'une cible calibrée en réflectance. Cette caméra sera utilisée pour des applications nécessitant une capture précise et détaillée des informations spectrales dans une gamme étendue. Les exigences sont décrites en détail ci-dessous.

# **1 ÉLÉMENTS TECHNIQUES**

## **1.1 Technologie d'acquisition de la caméra**

Le présent marché concerne l'acquisition d'une caméra qui devra être de type snapshot. Aussi les caméras de type pushbroom ne seront pas acceptées. Le mémoire technique décrit précisément le type de technologie utilisée (détecteur, séparation spectrale, etc.).

## **1.2 Gamme spectrale de la caméra**

La gamme spectrale couvrira à minima la plage de 430 nm à 910 nm et son étendue spectrale est précisée dans l'offre technique.

## **1.3 Résolution spectrale et résolution spatiale de la caméra**

La résolution spectrale de la caméra doit contenir un minimum de 60 bandes spectrales, contiguës et réparties uniformément sur le spectre total. La caméra devra avoir une résolution spatiale d'au moins 1000 x 1000 pixels.

Les détails sur le cube hyperspectral sont mentionnés dans l'offre technique, en terme de dimension spatiale, spectrale, taille et format de fichier.

## **1.4 Champ de vision de la caméra**

La caméra doit être livrée avec deux optiques de champ de vision (FOV) aux alentours de 8° et 16°. La caméra doit pouvoir être utilisée pour des mesures à distance comprise entre 1,5 m et 50 m.

## **1.5 Calibration de la caméra**

La caméra doit être impérativement calibrée radiométriquement en luminance énergétique (radiance) spectrale sur toutes les longueurs d'ondes et pour l'ensemble des distances de travail. La donnée hyperspectrale pour chaque pixel sera donc exprimée dans une unité absolue de luminance énergétique (radiance) spectrale. La méthode de calibration sera décrite dans le mémoire et un certificat de calibration sera fourni. Ce dernier décrira la portée de la calibration eu égard aux différentes optiques et distances de travail.

D'éventuelles procédures de maintenance conseillée seront clairement exposées avec la fréquence associée.

## **1.6 Connectique et système d'acquisition de données de la caméra**

Le type de connexion de la caméra à un ordinateur d'acquisition et de pilotage devra être précisé dans l'offre technique (GigE ou USB3). Un ordinateur portable d'acquisition sera fourni dans le cadre du marché. Cet ordinateur doit comporter au moins 16Go de RAM, un disque dur SSD d'une taille minimale de 1 To, un processeur Intel Core i9 ou équivalent et une taille d'écran minimale de 17". En prestation supplémentaire éventuelle chiffrée, une carte graphique de type Nvidia GeForce RTX 4070 ou mieux (avec au moins 8Go de mémoire graphique) sera proposée. Le système d'exploitation Windows doit être installé sur cet ordinateur et une souris doit être fournie.

## 1.7 Logiciel de pilotage/acquisition sur système Windows de la caméra

Le logiciel fourni dans le cadre du présent marché et installé sur l'ordinateur portable mentionné au 1.6 ci-avant doit pouvoir :

- Piloter la caméra et ses réglages
- Proposer l'acquisition sur plusieurs jours et pouvoir régler l'essentiel des paramètres d'acquisition qui devront être décrits
- Générer le cube de données hyperspectrales calibrées en luminance spectrale
- Prévisualiser les données
- Exporter en masse les données acquises sur fichier ouvert (ou par lot de fichiers).

Un SDK open-source compatible avec Python et/ou C++ sera fourni et sera décrit dans le mémoire technique.

Le titulaire doit fournir dans son offre tous les logiciels nécessaires pour l'opération de la caméra, incluant le SDK open-source, ainsi que des pilotes compatibles avec les systèmes d'exploitation courants (Windows, Linux).

Le cas échéant, toute mise à jour devant être réalisée afin de permettre la bonne utilisation du logiciel sera effectuée par le titulaire à ses frais exclusifs pendant une durée minimum de 4 ans à compter de la date d'admission..

## 1.8 Environnement d'utilisation de la caméra

L'indice de protection de la caméra sera précisé et devra être a minima IP40. Il pourra être proposé en prestation supplémentaire éventuelle chiffrée (facultative), l'étanchéité vis-à-vis de l'humidité et de la poussière pour atteindre un indice de protection IP66.

## 1.9 Spécifications techniques de la cible calibrée en réflectance (PSE)

La cible calibrée en réflectance spectrale dans la gamme 350 nm – 2500 nm est une prestation supplémentaire éventuelle (facultative) proposée par le titulaire. Elle doit être du type panneau Spectralon ou SphereOptics Zenith Lite 100 X 100 cm avec 95% de réflectance ou techniquement équivalent.

# 2 LIVRAISON, INSTALLATION, FORMATION ET DOCUMENTATION

Le fournisseur assurera la livraison, l'installation et la formation pour l'utilisation du système sur le site du Cerema Centre-Est, sis 8 rue Bernard Palissy à Clermont-Ferrand. Les délais de livraison et la durée d'installation sont précisés dans l'offre technique du titulaire et ne devront pas excéder 120 jours.

Le titulaire devra dispenser une formation complète pour 4 utilisateurs au minimum.

Cette formation concernera :

- les principes de fonctionnement ;
- l'utilisation de l'appareil et de son logiciel de pilotage ;
- l'entretien courant du matériel ;
- la calibration ;

Un manuel utilisateur sera aussi fourni lors de cette session de formation.

Toutes les documentations nécessaires à l'utilisation, au fonctionnement, à la maintenance et à l'utilisation de l'appareillage, seront fournies impérativement en langue française ou anglaise avec une traduction en français lors de la formation à l'utilisation de l'équipement. La documentation devra contenir une description du mode opératoire pour le fonctionnement de l'appareil dont le logiciel (pilotage du matériel, calibration, acquisition, SDK, etc.). Elle précisera tous les conseils d'utilisation et de maintenance courante que peut réaliser l'acheteur pour la bonne conservation du matériel.

### 3 GARANTIE

Le titulaire offre un support technique accessible et une garantie pièces et main d'œuvre d'au moins deux ans à partir de la date d'admission de l'ensemble des matériels objets du présent marché.

Pendant cette période de garantie, le titulaire s'engage à effectuer, à ses frais, toutes les opérations qui s'avèreraient nécessaires pour le fonctionnement optimal du système. Les délais d'intervention ne devront pas excéder 72 heures et dans le cas où l'indisponibilité de l'appareillage serait supérieure à 10 jours, le fournisseur mettra à disposition un appareillage de remplacement strictement équivalent.

Cette garantie ne s'applique pas en cas de dérangements dus à une cause extérieure : accident, incendie, inondation, foudre, intervention non autorisée par une personne étrangère au Cerema ou mauvaise utilisation des équipements.

