

## **Cahier des Clauses Techniques Particulières**

### **Acquisition d'une caméra infrarouge à haute cadence et haute résolution**

Le capteur matriciel refroidi en InSb doit avoir un nombre minimum de pixels de 1,3 Méga avec un pas entre pixels de 12 à 15  $\mu\text{m}$ . Ces spécifications permettront d'obtenir la résolution spectrale nécessaire lors de l'analyse de signaux lumineux diffractés par un spectromètre à réseau de grande focale. La gamme spectrale de sensibilité du détecteur (longueurs d'ondes particulières liées à des espèces chimiques ciblées) doit s'étendre de 1,5  $\mu\text{m}$  à 5  $\mu\text{m}$  pour l'étude de signaux émis par des gaz de combustion.

Le temps d'exposition (ou temps d'intégration) doit être réglable et pouvoir atteindre des valeurs inférieures à 300 nanosecondes pour la mise en œuvre de nos techniques de mesure sur des phénomènes très rapides.

Les grandeurs mesurées (flux radiatif, luminance) doivent être transcrites sur une dynamique minimum de 14 bits.

Le taux de transfert des données mesurées dans la mémoire vive (taille de 16GB mini) et /ou sur un disque dur embarqués dans la caméra, doit permettre d'atteindre au minimum une fréquence d'acquisition de 150 images (enregistrées) par seconde en pleine résolution (@ 1,3 MPixel) et sans perte d'image. Un stockage de masse de type disque dur embarqué et amovible doit être présent sur le corps de la caméra. La capacité du disque dur embarqué et extractible sera dimensionnée pour l'enregistrement à la cadence maximale et en pleine résolution d'une expérimentation pouvant durer une demi-heure.

L'expérimentateur doit également pouvoir paramétrer et réaliser l'acquisition d'images de tailles réduites (en nombre de pixels) en sélectionnant une partie restreinte du capteur (option de fenêtrage), rendant ainsi possible l'enregistrement à plus haute fréquence d'une zone particulière du champ d'observation (par exemple : surface de fenêtrage définie sur la largeur totale du capteur et quelques pixels selon la hauteur pour l'analyse de signaux préalablement étalés par diffraction). Plus précisément, une fréquence d'acquisition supérieure à 1 kHz doit être atteignable avec une fenêtrage définie sur la largeur totale du capteur et sur 1/8<sup>ème</sup> de sa hauteur.

Le début d'une séquence d'acquisition et le déclenchement de chaque prise d'image doivent pouvoir être ordonnés par le logiciel de pilotage de la caméra d'une part et par le biais de signaux externes envoyés par des câbles raccordés directement sur le boîtier de la caméra d'autre part (connecteurs dédiés).

La synchronisation et le recalage des prises de vues avec les séquences temporelles du phénomène observé doivent être facilités à la fois par l'horodatage de chaque image récupérable dans les fichiers produits par l'appareil de mesure et par l'accès aux signaux liés au début et/ou la fin de l'exposition des images individuelles lors de la phase d'acquisition. Ces signaux compatibles avec des systèmes d'acquisition standards comme des oscilloscopes numériques ou centrales d'acquisition de tensions seront enregistrés parallèlement à d'autres en lien avec l'évolution de la

physique du phénomène observé afin de garantir la cohérence temporelle de toutes les données de mesures.

Pour les phénomènes cycliques, la caméra doit pouvoir fonctionner en mode Lock In pour l'étude de déphasage entre certaines ondes.

Le système devra être équipé d'un objectif de 50 mm (monture baïonnette) dont les optiques permettant à minima de couvrir la gamme spectrale du détecteur (1,5  $\mu\text{m}$  à 5  $\mu\text{m}$ ). L'ouverture numérique devra correspondre à celle de la caméra. Bien que générant du vignettage, un ensemble de bagues allonge doit être fourni afin de modifier le grandissement et la distance de mise au point initialement imposés par la focale de l'objectif.

L'ensemble caméra et objectif devra être étalonné sur la plage de température -20°C à 1500 °C avant livraison.

La caméra devra être équipée d'une roue porte filtre motorisée et pilotée de manière logicielle afin d'effectuer des analyses sur des bandes spectrales choisies ou d'atténuer l'intensité des signaux.

Le contrôle et la commande de la caméra doivent pouvoir être effectués par le biais de liaisons GigE, Caméra Link et RS232. Malgré la présence d'un disque dur extractible, le transfert des données acquises doit pouvoir s'effectuer par liaisons GigE et Caméra Link.

Plusieurs formats de fichiers de sortie (fichiers textes, images, vidéos) complets (contenant l'ensemble des informations temporelles et d'acquisition) et pas uniquement des fichiers propriétaires doivent pouvoir être lus par des applications tierces.

L'interfaçage de la caméra dans des processus gérés sous LabView et l'analyse des fichiers résultats dans des environnements de programmation variés (langages MatLab, Python, C, C++, etc..) doivent être possibles.

Le logiciel dédié doit assurer de manière stable et répétable (sans interruption ni perturbations) :

- La détection, la configuration et le pilotage aisés de la caméra.
- Le paramétrage de l'acquisition (résolution, sélection d'un fenêtrage, temps d'exposition/d'intégration, déclenchements, synchronisation, taux d'acquisitions, durée d'une séquence, etc.).
- Le réglage de la qualité des images (gain, NUC, étalonnage, etc.) et de leurs aspects géométriques (échelle, dimensions, rognage, retournement, rotation, etc.).
- La relecture des séquences acquises.
- Le dépouillement au sens thermique (zone d'intérêt, points, lignes, isothermes, etc.).
- L'exportation des séquences et des images sous de multiples de formats (dont formats standard grand public au sens fichiers textes, fichiers images et fichiers vidéos).
- 

Ce logiciel doit pouvoir être installé librement au minimum sur deux postes informatiques dédiés à l'acquisition des séquences d'images au plus près des expérimentations. D'autre postes informatiques éloignés de ces zones d'essais (dans des bureaux calmes par exemple) doivent pouvoir bénéficier de la version du logiciel ou d'une version allégée qui permet d'effectuer le traitement et le post-traitement complet des séquences d'images d'une campagne d'acquisition.

Les caractéristiques techniques principales du système à acquérir sont listées dans le tableau ci-dessous.

## **Récapitulatif des caractéristiques principales requises :**

	Cahier des charges
Type caméra	Infrarouge
Technologie capteur	InSb refroidi
Etendue spectrale [ $\mu\text{m}$ ]	1,5 à 5
Résolution du capteur [Mpx]	1,3 minimum
Taille pixel [ $\mu\text{m}$ ]	environ 12 à 15
Etendue/profondeur minimum (dynamique pixel) [bit]	14
Résolution thermique [mK]	< 30
Temps d'exposition minimum [ns]	< 300
Taux d'acquisition maximum à la pleine résolution [images/s]	supérieur à 150
Taux d'acquisition maximum à résolution réduite (exemple 1280 x 128 pix <sup>2</sup> ) [images/s]	supérieur à 1000
Stockage embarqué/média d'enregistrement : mémoire embarquée volatile [Gb]	16
Stockage embarqué/média d'enregistrement : mémoire embarquée amovible/disque dur SSD [To]	1
Temps d'enregistrement stockable sans perte d'image (pleine résolution et taux d'acquisition maxi) [min]	30
Transfert images de la caméra vers la station de pilotage	Gig-E, Camera Link
Précision temporelle [ns]	la meilleure possible
Synchronisation des prises d'image par un signal externe	Synchronisation entrante
Synchronisation des systèmes externes par un signal provenant de la caméra	Synchronisation sortante
Déclenchement de la séquence de prise d'image par un signal externe	Signal entrant pour un Top départ
Fonctionnement en mode Lock In	oui
Horodatage des images	IRIG
Trigger sur caméra et programmable par logiciel	Niveau, front descendant/ascendant, position pré/post, délais
Signaux entrée/sortie sur corps caméra	Déclenchement séquence, déclenchement prise d'image, retour sur le début ou la fin du temps d'exposition, Trigger (E/S), time code, vidéo, alimentation, Ethernet gigabit, camera Link.
Compatibilité pilotage caméra et expérience	LabView
Compatibilité traitement des images et séquences	MatLab / Python
Débit de transfert Ethernet [Gb/s]	1 mini
Focale objectif [mm]	50
Gamme spectrale mini pour l'objectif [ $\mu\text{m}$ ]	1,5 à 5
Monture objectif	Type Baïonnette
Alimentation	220 V- 50 Hz

Plusieurs accessoires indispensables sont à chiffrer et à inclure dans l'offre de base tels que la mécanique nécessaire pour tenir en main la caméra ou la fixer (poignée et embases) et une valise rigide et sur mesure pour le transport de la caméra et de ses accessoires.

Un autre élément est à chiffrer obligatoirement dans la réponse à ce marché dans le cadre des prestations supplémentaires éventuelles, il s'agit :

- Option 1 : Station de pilotage, de stockage et de traitement dont la configuration minimale est la suivante :
  - o Mémoire vive : Ram 32 Go
  - o Processeur Intel I7 4 GHz ou supérieur
  - o Windows 10 Professionnel 64 bits
  - o 2 Disques durs SSD 1 To (mini pour chacun)
  - o 2 ports USB 3.2 Gen 2
  - o 1 port USB 3.2 Gen 2 type C
  - o 1 port USB 2.0
  - o 1 x Microphone - entrée / Audio - sortie de ligne/casque
  - o Ecran 15.6 pouces (minimum) LED Full HD (1920x1080) at Anti-reflet
  - o 1 port HDMI

A.....

Le, .....

Lu et approuvé

L'entreprise, (cachet et signature)