

**UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTE  
1, RUE CLAUDE GOUDIMEL  
25 030 BESANCON CEDEX**

**☎ : 03.81.66.50.79**  
**service.marches@univ-fcomte.fr**

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES**

**MARCHE PUBLIC DE FOURNITURES**

**PROCEDURE ADAPTEE**

**CAMERA VIDEO MONOCHROME A HAUTE CADENCE ET HAUTE RESOLUTION**

***Marché n°***

Le présent marché est passé selon la procédure adaptée, prévue par les articles  
R2123-1 et R2131-12 du code de la commande publique

**Date limite de réception des offres : Lundi 7 septembre 2020 à 12h00 (heure de Paris)**

*Tous les documents doivent être retournés non modifiés, datés, paraphés et signés.*

Le département Energie de l'institut FEMTO-ST développe de nouvelles méthodes et/ou de nouveaux outils de mesures non intrusifs et efficaces vis-à-vis d'écoulements complexes avec ou sans transfert de chaleur.

Pour accéder aux grandeurs recherchées, les chercheurs s'appuient souvent sur l'instrumentation optique et n'hésitent pas à coupler différentes méthodes existantes (inefficaces individuellement) afin de produire un nouveau système de mesure opérant pour l'écoulement complexe à étudier.

Ce marché à procédure adaptée concerne l'achat d'une caméra vidéo monochrome à haute cadence et haute résolution qui pourra être employée dans des expérimentations basées aussi bien sur des techniques d'ombroscopie ou de vélocimétrie par images de particules qui nécessitent des temps très courts entre deux images successives (frame straddle). Cette caméra sera employée pour l'observation de phénomènes fluidiques rapides d'une part et  $\mu$ fluidiques d'autre part où la réduction d'échelle conduit à des vitesses de déplacement importantes.

Le capteur CMOS refroidi doit être de grande taille comparable au format de type APS-C (23.5 mm x 15.6 mm) avec un nombre minimum de pixels de 1,2 Méga (minimum), ce qui conduit à des tailles de pixels proche de la vingtaine de microns, très utiles pour conserver une haute sensibilité lors d'observations nécessitant de faibles temps d'exposition.

L'intensité lumineuse perçue doit être transcrite sur une dynamique de 12 bits et la sensibilité intrinsèque du capteur doit être élevée (ISO monochrome 20 000 D minimum).

Le temps d'exposition réglable doit atteindre des valeurs minimales de l'ordre de la microseconde voire inférieures et il en va de même pour le temps de 'frame straddle' indispensable pour la mise en œuvre de la vélocimétrie par images de particules sur des écoulements très rapides.

Le taux de transfert des images dans la mémoire vive embarquée sur la caméra doit permettre d'atteindre un taux minimum d'acquisition d'images par seconde de 10 000 fps (@ 1,2 MPixel) en pleine résolution. La capacité de la mémoire doit offrir la possibilité d'enregistrer durant 3,5 secondes minimum au taux maximum d'acquisition et à pleine résolution.

Un taux maximum d'acquisition d'images par seconde de 400 000 fps doit être possible pour une résolution minimisée (8 x 128 minimum) grâce à l'utilisation d'un mode binning.

Le début d'une séquence d'acquisition et le déclenchement des prises d'images doivent pouvoir être déclenchés et synchronisés de manière logiciel à distance d'une part et par le biais de signaux externes raccordés directement sur le boîtier de la caméra d'autre part, avec la meilleure précision temporelle possible.

La synchronisation et le recalage des prises de vues avec les séquences temporelles du phénomène observé doivent être facilités par l'horodatage des images, les signaux de déclenchement, les signaux liés au début et/ou la fin de l'exposition des images individuelles et les signaux représentatifs d'événements remarquables.

La possibilité d'avoir plusieurs signaux d'entrée ou de sortie configurables par logiciel mais connectés directement sur le corps de la caméra est impérative. La présence d'un shutter

mécanique interne est nécessaire afin d'obtenir une référence de noir au début de chaque acquisition.

Un stockage de masse de type carte embarquée et amovible doit être présent sur le corps de la caméra. La commande par logiciel de la caméra et le transfert des données acquises doivent être effectués avec un débit Ethernet important de 10 Gb pour gagner du temps expérimental.

Plusieurs formats de fichiers de sortie, 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 sous MatLab doivent être possibles.

Le logiciel dédié doit assurer :

- La détection, la configuration et la commande aisées de la caméra.
- Le paramétrage de l'acquisition (résolution, temps d'exposition, déclenchements, synchronisation, taux d'acquisitions, nombre d'images, segmentation du stockage, entrées/sorties signaux, sorties vidéo, etc.).
- Le réglage de la qualité des images (gain, balance, matrice, etc.) et de leurs aspects géométriques (échelle, dimensions, rognage, retournement, rotation, etc.).
- La relecture des séquences acquises.
- Le dépouillement au sens fluide qui serait un plus (suivi de points, trajectoires, calculs de vitesses, tailles, etc.).
- L'exportation des séquences et des images sous de multiples de formats (dont formats standard grand public avec ajustement de ROI, horodatage facultatif, incrustation de données utilisateur).

Ce logiciel doit pouvoir être installé librement sur plusieurs postes informatiques (différents de la station d'acquisition) afin que le traitement et le post-traitement des séquences d'images d'une campagne d'acquisition complète et que les dépouillements de résultats puissent être réalisés dans des bureaux calmes et non dans les locaux d'essais.

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	monochrome
Technologie capteur	CMOS refroidi
Résolution du capteur [Mpx]	1 minimum
Taille pixel [ $\mu\text{m}$ ]	environ 20
Etendue/profondeur dynamique pixel [bit]	12
Temps d'exposition minimum [ $\mu\text{s}$ ]	inférieur à 1
Temps entre 2 images successives, 'frame straddle' [ $\mu\text{s}$ ]	inférieur à 1
Taux d'acquisition maximum à résolution de 1,2 MPix [images/s]	supérieur à 10 000
Taux d'acquisition maximum à résolution minimale (8 x 128 pix <sup>2</sup> ) [images/s]	supérieur à 400 000

Sensibilité ISO D monochrome	minimum 20.000
Taux d'acquisition variable lors d'une séquence	programmable logiciel
Précision temporelle [ns]	la meilleure possible
Taille mémoire (RAM haute vitesse) [GB]	72 mini
Temps d'enregistrement (pleine résolution et taux maximale) [s]	Supérieur à 3.5
Synchronisation	Horloge interne ou horloge externe
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	Trigger (E/S), time code, synchronisation horloges, début/fin exposition, état, évènements, durée acquisition, etc.
Fonctionnement compatible en mode	PIV
Référence de noir	Shutter mécanique
Compatibilité pilotage caméra et expérience	LabView
Compatibilité traitement des images et séquences	MatLab
Traitement qualité des images	Luminosité, gain, gamma, saturation, balance, courbe de tonalité, filtres
Traitement aspect et géométrie des images	Echelle, retournement, rognage, définition d'une région d'intérêt, rotation
Stockage embarqué/média d'enregistrement	Carte amovible
Débit de transfert Ethernet [Gb/s]	10
Monture objectif	Type Nikon-F et Type C en option
Alimentation	220 V- 50 Hz

Plusieurs accessoires indispensables sont à chiffrer et à inclure dans l'offre de base :

- Éléments mécaniques (embase/platine) nécessaires pour fixer la caméra sur un trépied ou sur une table optique.
- Élément **mécanique** (poignée) pour tenir en main la caméra.
- Valise rigide et sur mesure pour le transport de la caméra et de ses accessoires.

### **Prestation Supplémentaire Eventuelles**

Les candidats devront **obligatoirement** répondre à ces prestations supplémentaires.

**PSE n° 1** : Le soumissionnaire devra proposer et chiffrer un adaptateur nécessaire pour fixer des objectifs de monture C.

**PSE n° 2** : Le soumissionnaire devra proposer et chiffrer un trépied « photo-vidéo » professionnel, robuste et rigide, équipé d'une rotule 3D.

**PSE n°3** : Le soumissionnaire devra proposer et chiffrer une station de pilotage, de stockage et de traitement dont la configuration minimale est la suivante :

- Ram 64 Go
- Processeur Intel I9 ou Xeon 4 Ghz ou supérieur
- Windows 10 Pro
- SSD 512 Go + DD 4 To @ 7200 Hz

- Carte graphique 16 Go
- Carte réseau 10 Gb
- 2 ports USB 3
- Ecran 25 pouces
- Clavier azerty
- Souris avec molette
- Lecteur de carte média (dont SD)

*Ces options (PSE) devront être chiffrées sur l'acte d'engagement joint à ce dossier.*

*Le Pouvoir Adjudicateur se réserve le droit de retenir ou non cette option. Le candidat en sera informé lors de l'attribution du marché par courrier.*

 **En cas d'absence de chiffrage, l'offre sera considérée comme irrecevable au sens de l'article L.2152-2 du code de la commande publique et ne sera pas analysée.**

Date, cachet et signature du candidat