




SPECIFICATION TECHNIQUE DE BESOIN DE DEUX CAMERAS PIV

	Rédacteur	Vérificateurs		Approbateur
Fonction Nom	Ingénieur Illoul Cédric			
Visa				

GEN-F24-3 (GEN-SCI-003)

HISTORIQUE

Version Révision	Date de mise en application	Cause et/ou nature de l'évolution
1.0	03/09/2025	Création

SOMMAIRE

1. OBJET	4
2. DOMAINE D'APPLICATION	4
3. DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS	4
4. PRESENTATION DU PRODUIT	5
4.1. MISSION	5
4.2. PRINCIPAUX CONSTITUANTS.....	5
5. EXIGENCES.....	5
5.1. EXIGENCES FONCTIONNELLES	5
5.2. EXIGENCES OPERATIONNELLES.....	7
5.3. EXIGENCES D'INTERFACES.....	7
5.4. PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES	7
6. CONTRAINTES IMPOSEES	7
6.1. CONTRAINTES D'ENVIRONNEMENT	7
6.2. DOCUMENTATION SUPPORT TECHNIQUE	8

1. objet

Ce document décrit les spécifications fonctionnelles, opérationnelles et d'interface de deux caméras d'acquisition à cadence dite standard principalement dans le cadre de mesures PIV.

2. domaine d'application

Dans le cadre de ses missions, l'unité de recherche MAPE du DAAA réalise des mesures au sein d'écoulements dans les domaines de l'aérodynamique et de l'hydrodynamique. Pour cette thématique métrologique, MAPE développe et utilise la Vélocimétrie par Images de Particules, plus connu sous l'abréviation PIV (Particle Image Velocimetry). Cette technique de mesure non-intrusive et multipoints permet de mesurer des champs de vitesse instantanée. Ces données expérimentales sont d'un grand intérêt pour étudier les comportements des écoulements. Depuis plusieurs années, MAPE utilise cette technique de mesure dans de très nombreuses installations d'essais de l'ONERA sur un large panel d'applications très variées de la recherche fondamentale.

La nouvelle génération de caméra PIV apporte un gain significatif sur les caractéristiques utiles à la PIV telles qu'une plus faible taille de pixel, une plus grande cadence d'acquisition ou encore une meilleure résolution spatiale.

3. dÉfinitions et abrÉviations

(P)	Primordial et impérative
(M)	Modulable
CM	Centre de Meudon
DAAA	Département Aérodynamique Aéroélasticité Acoustique
MAPE	Unité Métrologie Assimilation Physique des Ecoulements
STB	Spécification Technique de Besoin
PIV	Particle Image Velocimetry
PIV nDnC	n Dimension et n Composante
Mpx	Mega pixel (millions de pixels)
Peak Locking	Imprécision de mesure PIV favorisée par des tailles de pixels élevés
tii	Temps inter-image : temps entre les deux flashes laser d'un doublet de PIV
Interframe	Temps minimum entre deux images

Les spécifications techniques sont déclinées suivant deux niveaux d'importance :

- (P) : fonction primordiale et impérative. Exigence ou spécification impérative dont l'existence et le niveau ne sont pas négociables.

- (M) : fonction modulable. Fonction importante mais non indispensable.
- Les précisions seront notées en *italique bleu*.

Numérotation des exigences :

[Exx_nn] : Exigence de type xx et de numéro nn, une exigence a vocation à être respectée voire dépassée. Ne pas atteindre une exigence peut mettre en cause la validité de la solution.

[PSE_nn] : Prestation Supplémentaire Eventuelle (option facultative ou obligatoire)

4. PRÉSENTATION DU PRODUIT

Fourniture de 2 caméras PIV.

4.1. mission

La mission principale des deux caméras est d'acquérir des doublets d'images de fines particules transportées dans un écoulement d'air et illuminées par une nappe laser.

Elles doivent pouvoir s'insérer dans au moins un des deux systèmes PIV existants à MAPE.

Un système PIV est un ensemble de matériel (laser, caméras, PC, mires etc.) centré autour d'un boîtier de synchronisation et d'un logiciel de pilotage et d'acquisition.

4.2. Principaux constituants

- Les deux caméras doivent pouvoir acquérir des doublets d'image (mode PIV)
- Le capteur aura une résolution spatiale plein format d'au moins 16 Mpx
- Les pixels auront une taille réduite ($< 4\mu\text{m}$) afin de limiter les phénomènes de Peak Locking
- La dynamique des pixels sera au moins de 12 bits
- La fréquence d'acquisition en mode double frame et 12 bits sera d'au moins 15Hz en plein format afin de s'aligner sur la fréquence de nos lasers
- Le temps d'interframe (temps entre les deux frames d'un doublet d'image) sera compatible avec un tii de 1 μs
- Les caméras seront pilotables et synchronisables avec nos systèmes PIV existants (Dantec et Lavision)

5. EXIGENCES

5.1. Exigences fonctionnelles

Pour satisfaire le besoin, le système devra réaliser les fonctions techniques suivantes :

[EF_01] Caméra numérique matricielle monochrome (livrée sans objectifs) avec mode PIV. (P)
Utilisation de la caméra dans le cadre de mesures PIV (Particle Image Velocimetry)

- [EF_02] La caméra sera équipée d'un obturateur électronique globale (Global Electronic Shutter). (P)
- [EF_03] La résolution du capteur sera, en plein format, d'au moins 16 Mpx, avec un minimum de 3000 pixels de côté. (P)
- [EF_04] La résolution du capteur pourra être réduite par l'opérateur. (P)
Cela doit permettre d'augmenter la fréquence d'acquisition et de réduire le poids des images
- [EF_05] La taille des pixels sera inférieure à 4µm. (P)
Limitation du phénomène de Peak Locking.
- [EF_06] Les pixels auront une dynamique d'au moins 12 bits et le rapport signal/bruit (dynamic range) sera supérieur à 71 dB. (P)
- [EF_07] La sensibilité des pixels sera adaptée au spectre visible, en particulier à la longueur de 532nm. (P)
Nos lasers PIV ont une longueur d'onde de 532nm.
- [EF_08] La caméra disposera d'un mode binning, à minima 2x2. (P)
Ce mode permet d'augmenter la sensibilité du capteur.
- [EF_09] La fréquence d'acquisition de la caméra sera d'au moins 10 Hz en plein format, en 12 bits, en mode double frame (soit 10 doublets d'images acquis par seconde), avec un seul câble de liaison avec le PC. (P)
Mesures de PIV3D nécessitant quatre caméras et notre laser haute énergie cadencé à 10Hz
- [EF_10] La fréquence d'acquisition de la caméra pourra être augmentée à un minimum de 15Hz en plein format, en 12 bits, en mode double frame, avec un second câble de liaison avec le PC. (P)
Compatibilité avec la cadence des autres lasers (15Hz)
- [EF_11] L'interframe sera inférieure ou égale à 500ns. (P)
Nécessaire pour se synchroniser avec deux pulses laser espacé de 1µs (tii) : temps inter-image)
- [EF_12] La caméra devra pouvoir recevoir des objectifs Nikon à monture F. (P)
- [EF_13] La caméra sera compatible avec les logiciels d'acquisition PIV DynamicStudio™ (Dantec Dynamics) et/ou Davis™ 10 et 11 (Lavision). (P)
Logiciels déjà utilisés à MAPE et compatible avec le matériel existant
- [EF_14] La caméra pourra être déclenchée (trigger) et/ou synchronisée (F-SYNC) par un ou plusieurs signaux externes. (P)
Intégration de la caméra à un système PIV complet
- [EF_15] Les formats des images exploitables seront librement accessibles. (P)
- [EF_16] En considérant un PC d'acquisition adapté (non demandé ici), le nombre d'images acquises en continu sera d'au moins 20000. (P)
Un grand nombre d'image est parfois nécessaire pour les analyses de convergence

5.2. Exigences opérationnelles

- [EO_01] Dimensions maximales L x l x h = 120 mm x 80 mm x 80 mm (hors objectif) (P)
Mise en œuvre de la caméra, encombrement et compatibilité avec des supports existants.
- [EO_02] Poids maximal de la caméra : 1 kg (hors objectif) (P)

5.3. Exigences d'interfaces

- [EI_01] La caméra sera dotée d'une connectique de type CoaXPress avec la possibilité de brancher un ou deux câbles. (P)
- [EI_02] L'alimentation électrique de la caméra se fera via le câble CoaXPress (Power Over CXP). (P)
- [EI_03] Les câbles CoaXPress seront fournis au nombre de deux par caméra et auront une longueur minimale de 5 mètres. (P)
- [EI_04] Une carte d'acquisition PCIe 4-ports respectant les conditions [EF_09] et [EF_10] et compatible avec Windows™ sera fournie. (P)

5.4. prestations supplémentaires éventuelles

- [PSE_01] Fourniture d'une monture de Scheimpflug manuelle permettant la rotation du capteur autour de son axe vertical (soit le plan horizontal), l'objectif restant fixe. Les angles de pivotement seront au moins égaux à 15° de part et d'autre de l'axe (soit une amplitude totale d'au moins 30°). (obligatoire)
Une monture de Scheimpflug est indispensable en PIV
- [PSE_02] Fourniture d'une monture Scheimpflug permettant la mise au point d'un plan de mesure quel que soit la position de la caméra par rapport à ce dernier. Cette monture aura, de préférence, un réglage dit double-axe (rotation du capteur selon ses axes vertical et horizontal) et pourra s'opérer manuellement. Les angles de pivotement seront au moins égaux à 15° de part et d'autre de chaque axe (soit une amplitude totale d'au moins de 30° par axe). (obligatoire)
- [PSE_03] Fourniture d'une monture Scheimpflug motorisée et pilotable à distance, rendant possible le réglage du plan de netteté en horizontal et en vertical. (facultatif)
- [PSE_04] Fourniture d'une monture Canon permettant de piloter à distance des objectifs Canon. Cette monture sera démontable afin de toujours pouvoir utiliser des objectifs Nikon F. Elle devra être compatible avec la ou les montures de Scheimpflug proposées aux [PSE_01] et [PSE_02]. (obligatoire)
- [PSE_05] Fourniture de câbles CoaXPress d'une longueur de 10m. (obligatoire)

6. contraintes imposées

6.1. Contraintes d'environnement

- [EM_01] Température d'utilisation de 10°C à 35°C, humidité de 5 à 90% sans condensation (P)
Si la plage d'utilisation est plus étendue que l'exigence, préciser cette dernière dans l'offre commerciale
- [EM_02] Pression d'utilisation : pression atmosphérique +/- 10% (P)
Si la plage d'utilisation est plus étendue que l'exigence, préciser cette dernière dans l'offre commerciale
- [EM_03] Fourniture d'une mallette de transport rigide. (P)
Déplacements fréquents de la caméra sur différents sites
- [EM_04] Le système devra pouvoir être stocké en respectant les gammes de températures et d'humidité (P) :
- Température de stockage : -10°C à +40°C
- Humidité : de 15 à 95% sans condensation
- [EM_05] La caméra pourra fonctionner dans un milieu chargé en particules de PIV (brouillards de particules micrométriques d'huile synthétique). (P)
Certaines souffleries sont à air libre

6.2. documentation support technique

- [ED_01] Fourniture d'un manuel utilisateur. (P)
- [ED_02] Fourniture d'un manuel utilisateur en français. (M)
- [ED_03] Garantie minimale de 24 mois. (P)
- [ED_04] Une formation pour 2 personnes sur le site ONERA de Meudon à la mise en œuvre des caméras ainsi qu'à l'utilisation du logiciel de commande/acquisition (en possession de l'ONERA) sera réalisée. (P)
- [ED_05] Délai de livraison maximal : 4 mois à compter de la notification. (P)
- [ED_06] Livraison sur le site ONERA Meudon. (P)