

Tonsbakken, le 24/11/2023

IRSN

31, avenue de la Division Leclerc
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

MEMOIRE TECHNIQUE

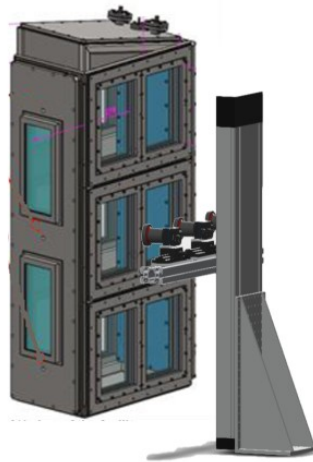
Acquisition d'un système de vélocimétrie par image de particules (PIV)

Pour

IRSN

Centre de CADARACHE
IRSN/PSN-RES/SEREX/LE2M - Bâtiment 327
13115 St-Paul-Lez-Durance

Appel d'Offre : IRSN-2023-090-3000078783



Relatif à l'offre : **QUODK000264**

Table des Matières

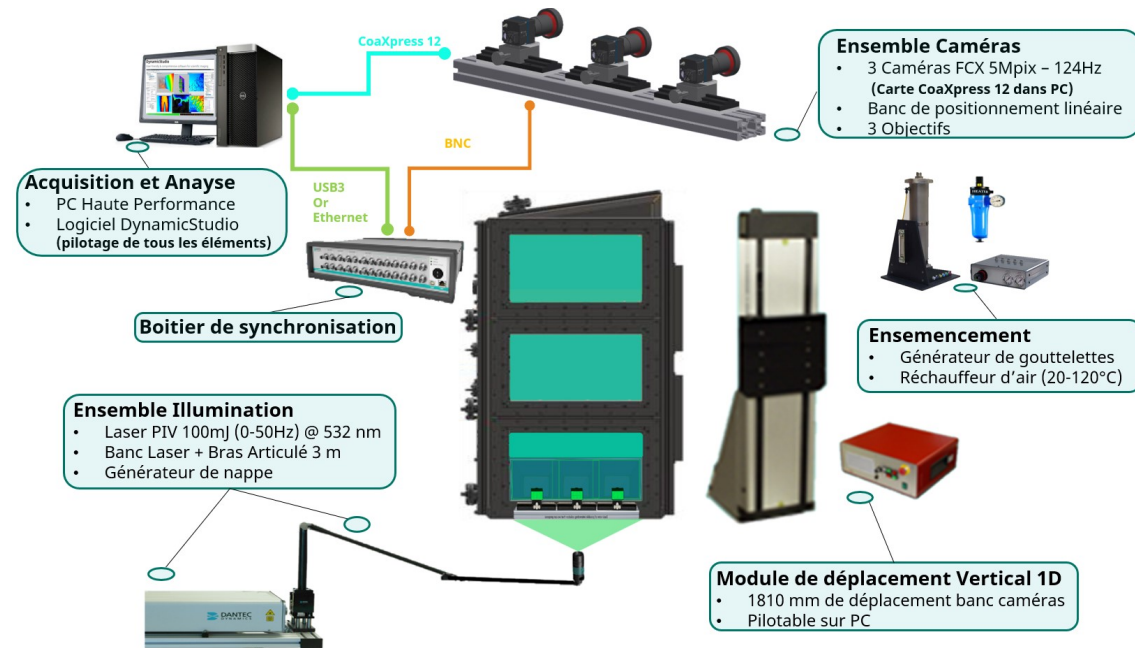
I. Pertinence et adéquation de la solution technique proposée au regard des exigences du cahier des charges	4
A. Présentation générale de la solution proposée	4
B. Descriptif technique des éléments de l'offre KOKOMO	8
1. DualPower 100-50 Laser	8
a) Les principaux avantages :	8
b) Caractéristiques et données techniques	8
2. Paires de lunettes de protection	10
3. L'optique de génération de nappe	10
a) Le bras articulé	10
b) Générateur de nappe	11
4. Trois caméras FlowSense FCX 5Mpix @ 125Hz pleine résolution	14
a) Principaux avantages :	14
b) Caractéristiques techniques de la FlowSense FCX 5M-124 :	15
c) La sensibilité des caméras FlowSense FCX 5M-124	16
d) Valise de transport et stockage	16
e) Dimensions et Plans	16
5. Objectifs Grand Angle 16mm	17
a) Pour KOKOMO	17
b) Pour MEDLEY	19
c) Pour MIDI	20
d) Pour TREFLE	20
6. Banc caméras pour application KOKOMO	21
7. Système de déplacement 1D vertical pour KOKOMO	22
8. Unité de synchronisation - Performance Synchroniser	23
a) Minutage variable	24
b) Différentes possibilités de déclenchement	24
c) Communication par USB et Ethernet	24
d) Circuit de sécurité	24
e) Sorties de synchronisation (Sync Outputs)	24
f) Sorties D/A	25
g) Sorties contrôles	25
h) Entrées analogiques	25
i) Entrées déclenchements	25
j) Entrée encodeur pour la synchronisation cyclique (option)	25
k) Entrées "enable"	25
9. Ensemencement	26
a) Pour KOKOMO (générateur de particules de DEHS)	26
b) Pour MEDLEY	29
c) Pour MIDI	29
d) Pour TREFLE	29
10. Mires	30
a) Pour KOKOMO	30
b) Pour MEDLEY	31
c) Pour MIDI	31
d) Pour TREFLE	32
11. Logiciel Dynamic Studio	32
Elle se décompose en 2 parties :	33
a) Principaux avantages	34
b) Aide à la mise en place des expériences	34
c) La technique de PIV stéréo :	36

d)	Assistant de la mise au point des cameras sur la mire en PIV	37
e)	Acquisition.....	38
f)	Calibration.....	39
g)	Raffinement de l'étalonnage	40
h)	Pré-traitement	41
i)	Traitement.....	42
j)	Adaptive PIV	42
k)	LSM.....	42
l)	2 frame- 2D PTV.....	43
m)	Post-traitement	43
n)	Incertitudes des mesures PIV.....	44
o)	POD	44
p)	DynamicStudio Background Oriented Schlieren (BOS) Add-on	45
q)	Liens MATLAB & OCTAVE.....	48
r)	Visualisation.....	49
s)	Export & import	50
t)	Tecplot	50
u)	Traçabilité et continuité	50
12.	PC Haute Performance.....	51
II.	Description de la formation du personnel IRSN (contenu et modalités d'organisation)	52
III.	Description de l'organisation de la livraison du système et des accessoires	53
IV.	Description du service après-vente durant la période de garantie	54
A.	Garantie et SAV	54
1.	La Garantie	54
2.	Modalités d'interventions	54
a)	En cas de dysfonctionnement du matériel.....	54
b)	Récapitulatif des modalités de la garantie.....	54
c)	SAV	55
d)	Durée de vie et consommables pour entretien SAV	55
e)	Engagements DANTEC DYNAMICS pour le SAV	55
f)	Exclusions de Garantie DANTEC DYNAMICS.....	55
3.	Equipe Dantec Dynamics	56
V.	Description de l'organisation maintenance préventive / service d'assistance	56
A.	Description du contrat de maintenance proposé.....	56
B.	Dates d'intervention, délai d'intervention et temps de maintenance	57
C.	Coût du contrat et facturation pour une année.....	57
D.	Interventions non couvertes par le contrat	57
E.	Validité du contrat	57
VI.	Tableaux récapitulatif de l'offre proposée	58

I. Pertinence et adéquation de la solution technique proposée au regard des exigences du cahier des charges

A. Présentation générale de la solution proposée

L'ensemble des spécifications techniques du système proposé ici correspond aux minimums des performances demandées pour l'installation KOKOMO et couvrira la majorité des besoins des installations MEDLEY, MIDI et TREFLE décrites dans le CDC.



Compte tenu de l'ensemble des informations disponibles dans le cahier des charges concernant les contraintes expérimentales, nous nous sommes orientés vers une solution stéréo PIV haute cadence / haute résolution / haute puissance constituée par :

1. Un Laser PIV double-cavité pulsé 2*100mJ - 50Hz à 532 nm qui présente les avantages suivants :

- 100mJ par cavité pour adaptation aux mesures grands champs en gaz envisagées dans KOKOMO et en eau dans MIDI.
- 1-50 Hz en mode PIV double-frame et 50 ou 100 Hz en mode single frame (les deux cavités pouvant être décalées temporellement et indépendamment)
- Une tête laser équipée d'atténuateurs optiques motorisés permettant de gérer à souhait la puissance de sortie et notamment dans MEDLEY et TREFLE. (grand degrés de liberté pour optimiser le rapport signal sur bruit des images en fonction de la taille des particules ou gouttelettes d'ensemencement, du choix de l'ouverture des objectifs caméras et de la puissance laser.
- Des dimensions réduites pour la tête laser, le boîtier de commande électronique / air-eau de refroidissement (Ombilic de 2,5 m de série entre la tête laser et les chillers)
- Livré avec une rallonge « plug and play » de 3m détachable que nous pensons utiles pour les installations MIDI et TREFLE
- Synchronisation : interne et externe

2. 4 paires de lunettes laser de protections EN207 et 4 paires de réglages EN208

3. L'optique de génération de nappe laser

- Un générateur de nappe laser avec trois modules d'angles et un bras articulé de 3m présentent les avantages suivants :
 - Sécurité : Faisceaux Laser totalement confiné dans optique du bras articulé de la tête laser jusqu'au générateur de nappe permettant l'éclatement du faisceau suivant trois angles (18, 38 et 58 degrés).
 - Ergonomie : La tête laser et le bras articulé sont fixés sur le banc Laser fourni. Il suffira de déployer le bras articulé de 3m pour venir fixer le générateur de nappe sur un pied photo lourd ou un système de déplacement.

4. Trois caméras haute résolution dernière génération 5MP à 124 fps

qui présentent les avantages suivants :

- Fréquence d'acquisition :
 - 124 Hz full frame en single frame pour de l'imagerie
 - Supérieure à 124 Hz en réduisant la taille du capteur en imagerie
 - 1-100 Hz full frame en single frame pour de la PIV
 - 1-50 Hz en PIV double frame
- Grande sensibilité
- Taille de pixel de 2,7 μ m idéale pour éviter le peak locking
- Une haute résolution de 5 MégaPixels
- Temps inter-images minimum en mode double frame de 1 μ s
- Monture C et adaptateur C-Monture F fourni
- 1 carte CoaXpress 12 frame grabber pouvant gérer jusqu'à 4 caméras
- Câbles caméras de série 5 m
- Un jeu de 3 câbles d'une longueur de 10 m spécifiques MIDI et TREFLE

5. Objectifs Grand Angle : 3 Objectifs 16 mm

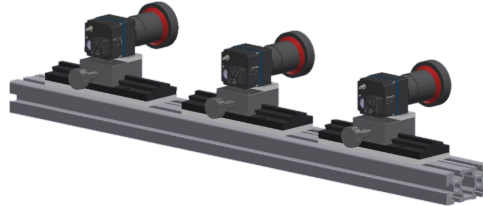


Type de monture	Monture C
Distance focale	16 mm
Plage d'ouverture	f/2 – f/16
Distance de travail Min	0,1 m
Bague d'adaptation 52mm	Pour support Filtres

6. Banc Caméras dédié KOKOMO

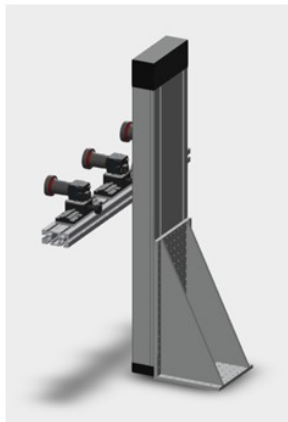
Qui présente les caractéristiques suivantes :

- 800 mm de long profilé Bosch
- Equipé de trois systèmes de déplacement linéaire accueillant les caméras
- Idéal pour gérer le réglage du recouvrement d'images caméras et le figer



7. Axe vertical et contrôleur de déplacement du banc caméras dédié KOKOMO

Qui présente les caractéristiques suivantes :



- | |
|----------------------------|
| • Motorisé et pilotable PC |
| • 1810 mm de course |
| • Equerre de fixation |

8. Boitier de Synchronisation

avec les principales caractéristiques suivantes :

- Synchronisation de multiples équipements jusqu'à 32 voies indépendantes de sorties
- 4 voies d'entrées de Triggers externes
- 4 voies de sorties analogiques and 2 voies d'entrées analogiques
- Très grande résolution temporelle inférieure à 8 ns
- Précision temporelle inférieure à 250 ps
- Acquisition à temps variable : les fréquences d'acquisition et le temps entre deux images (temps inter-images) pourra varier à demande au cours de l'acquisition
- Possibilité de définir des fenêtres de déclenchement (phase locked triggering)
- Installation rapide de type « plug and play » et contrôle commande via le logiciel DynamicStudio
- Interface de branchement : USB et Ethernet (pas de cartes dans le PC)

9. Système d'ensemencement microgouttelettes DEHS

- Générateur de gouttelettes
- Pression maximale d'alimentation en air : 10 bars.
- Contre-pression max : 8 à 9 bars
- Nombre de Laskin nozzles : 10
- Débit approximatif : 10^8 particules/seconde
- Diamètre suivant liquide : 1-3 μm
- Matériau : Inox
- Boitier de commande à distance : actionnez pneumatiquement n'importe quel nombre de buses (1 à 10) pour contrôler la densité
- Système de réchauffeur d'air (20° à max 120°C suivant débit)
- Filtre et déshumidificateur en amont

10. Mires pour les différentes installations

11. Logiciel DynamicStudio : Une licence d'acquisition et post-traitement l'acquisition et deux licences post-traitement pour utilisation sur d'autres PC

12. PC haute performance

- Grande puissance de calculs sur CPU et GPU adaptée aux acquisitions et post-traitements de multi-caméras haute résolution.
- Très grande capacité de stockage interne

13. Installation 1 jour / 4 jours Formation

14. Garantie 2 ans incluant un visite annuelle pour la maintenance et 8 jours supplémentaires proposés sur site pour supports techniques et aides à la mesure répartis à demande répartis dans les 24 mois de garantie.

B. Descriptif technique des éléments de l'offre KOKOMO

1. DualPower 100-50 Laser



Ce Laser répond à l'ensemble des exigences de votre cahier des charges, et ce, pour l'ensemble des installations présentées et les taille de champs souhaités, il présente l'avantage d'être ergonomique, puissant et robuste avec un encombrement limité pour un laser de cette catégorie. Nous pourrions donc aisément le positionner dans toutes les configurations d'essais. Coté ergonomie, la longueur standard des câbles entre la tête laser et le contrôleur est de 2,5 m.

a) Les principaux avantages :

- 2*100 mJ @ 50Hz à 532 nm
- Gamme de Fréquence 1Hz – 50Hz (double impulsion) et 100 Hz simple impulsion
- Idéal pour les PIV les champs d'observations souhaitées sur chaque installation
- 2,5 m de câble ombilical détachable entre la tête et les alimentations
- Possibilité d'upgrader ultérieurement en 355 ou 266 nm
- 3 m supplémentaire détachable « plug & play » (en option pour MIDI et TREFLE)
- Compacité et Fiabilité industrielle éprouvée
- Atténuateur optique motorisé réglable par cavité de 0 à 100% de l'énergie.
- Contrôle du laser par boîtier tactile filaire ou interface RS232
- Déclenchement par TTL externe
- Sécurité maximale avec shutters de sécurité et clés de verrouillage

b) Caractéristiques et données techniques

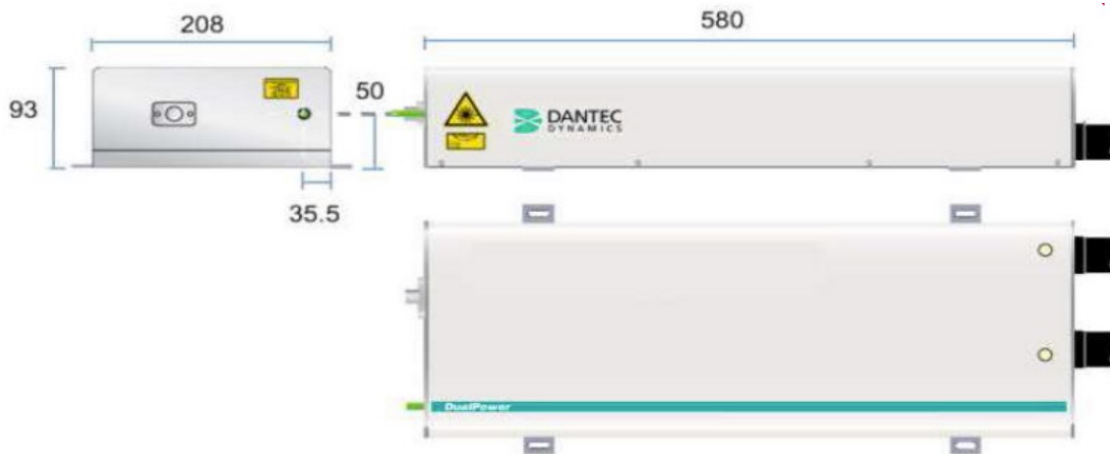
DualPower model	100 - 50
Item	9138A7537
Configuration (see image on page 6)	B
Repetition rate (each cavity)	0-50
Wavelength	532nm
Pulse Energy (mJ)	2x100
Pulse Length	5-9 ns
Pulse to Pulse Stability	+/- 2%
Beam Diameter (mm)	4
Beam Divergence (mrad)	~2.0
Pointing stability	<100 μ rad
Timing jitter	<0.5 ns
Resonator	Stable
Polarization (532 nm)	Horizontal
Lamp life	5 x 10 ⁷ pulses
Laser Head Length (mm)	580
Laser Head Weight (kg)	17.5

DualPower model	100 - 50
Power supply	2x LPU 1000
Voltage	220 - 250 V
Frequency	50 - 60 Hz
Power	Single phase
Power consumption (W)	<2500
Current rating	13 A (each unit)
Cooling	Internal water-air
Cooling fluid	Deionized water
Ambient	5-35°C
Umbilical ¹	2.5 m, fully detachable
Weight (kg)	37 (each unit)

¹ - Combined cable and hose that supplies cooling water and electrical signals between the PSU and the laser head.

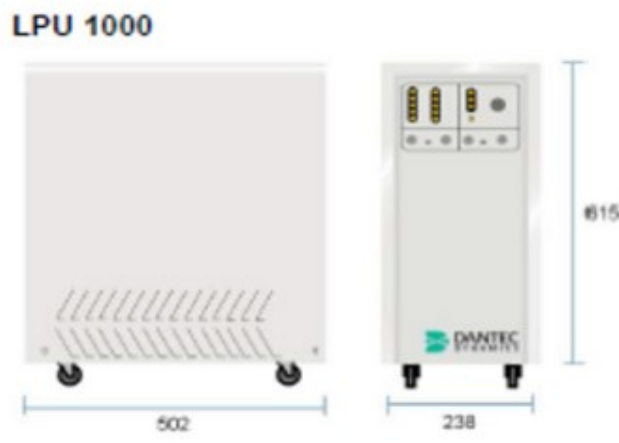
(1) Dimensions du laser

Tête laser (en mm):



Un banc laser

Contrôleur-échangeur air/eau (mm) un par cavité :



2. Paires de lunettes de protection

Comme demandé, nous vous proposons 4 paires de lunettes de protection et 4 paires pour le réglage associées à l'utilisation de ce laser. (Normes EN 207)

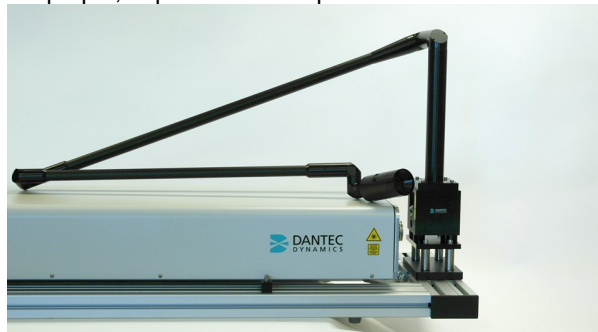
Description	Frame type	EN207 Marking	LT, color
Laser Protective Eyewear Ar-Ion and Nd:YAG, for 315 to 532 nm		>315-5 34 D LB5 IRM LB6	35%, amber
Description	Frame type	EN208 Marking	LT, color
Laser Alignment Eyewear for PIV Nd:YAG laser 532nm RB3		1W 2·10 ⁻⁴ J 532 RB3	33%, amber

3. L'optique de génération de nappe

a) Le bras articulé

La combinaison d'un laser haute puissance et d'un bras optique de 3 mètres équipé d'optiques de génération de plan lumineux permet d'obtenir un système compact et facile à utiliser. Monté sur un banc optique fourni, le système peut facilement être déplacé et adapté à d'autres installations. Le bras optique permet d'utiliser le plan laser dans des zones difficiles d'accès.

L'ensemble est composé d'une base et d'un bras optique à monter sur un banc dédié fourni avec le laser. Les 7 miroirs dans le bras offrent une liberté de mouvement pour diriger et positionner le plan lumineux. Avec le support optique, le plan lumineux peut être tournée à 360°.



Caractéristiques techniques :

Spécifications	
Longueur	~3 m
Wavelengths	527-532 nm
Rotation	360 °
Max laser pulse Energy	400 mJ/cm ²
Transmission	≈ 90%
Valise de transport et stockage	Fourni

b) Générateur de nappe

(1) Présentation générale

L'optique plan lumineux haute puissance produit un plan de lumière d'épaisseur réglable pour les lasers de 532 nm. L'optique a une grande ouverture et gère des diamètres de faisceau allant jusqu'à 12 mm à partir de faisceaux laser pulsés à haute énergie jusqu'à 2 x 400 mJ. Comme de nombreux écoulements sont tridimensionnels, un paramètre important de la PIV est l'épaisseur de la nappe lumineuse éclairante. Afin d'optimiser les résultats de la PIV, l'épaisseur du plan de lumière doit être ajustée pour être environ quatre fois plus grande que le déplacement hors du plan des particules d'ensemencement. L'épaisseur du plan lumineux est également importante pour le calcul de la puissance laser disponible.

Ainsi, l'étude de grandes zones d'écoulement nécessite une optique à nappe lumineuse avec une grande ouverture et capable de gérer des énergies de faisceau élevées. Le réglage de l'épaisseur du plan de lumière permet également de contrôler le volume de mesure (épaisseur et angle de divergence du plan de lumière) et la densité d'énergie d'éclairage, ainsi que d'optimiser le nombre de vecteurs valides.

Le plan de lumière haute puissance comporte un certain nombre de modules. Le module de base est utilisé pour monter l'optique de la nappe lumineuse directement sur la tête du laser ou sur un bras de guidage de la lumière. Ils contiennent également des bagues d'écartement et des capuchons de protection.

Différents modules d'entrée sont utilisés pour conditionner les faisceaux de différents lasers, de sorte qu'ils semblent avoir les mêmes caractéristiques pour les modules suivants, les paramètres optiques étant facilement prévisibles.

Pour une flexibilité totale dans le réglage de l'épaisseur de nappe, le module de focalisation variable permet de faire varier facilement cette épaisseur en tournant sa bague centrale.

L'ajout ou la combinaison d'un ou plusieurs modules d'angle devant le module à focalisation variable permet de créer des plans de lumière avec différents angles de divergence.



Présentation ce générateur de nappe livré avec valise de transport et stockage

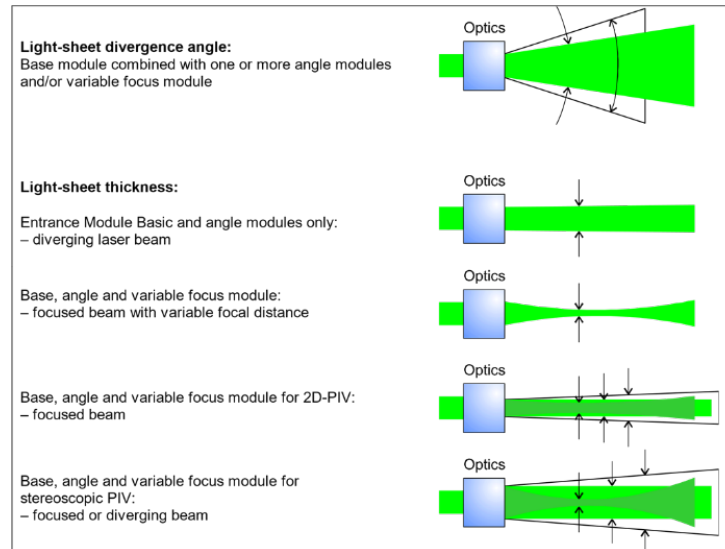
(2) Angle de divergence du plan

L'angle de divergence du plan de lumière haute puissance ne dépend que de la combinaison des modules d'angle, car les modules d'entrée conditionnent les différents faisceaux laser de manière à les faire apparaître identiques aux autres modules optiques. De cette façon, les paramètres de la nappe lumineuse deviennent indépendants du diamètre et de la divergence du faisceau laser entrant. L'angle de la nappe lumineuse peut être facilement augmenté en combinant plusieurs modules d'angle, comme le montre le schéma ci-après.

(3) Réglage de l'épaisseur du plan lumineux de 0.2 m à 4 m

Grâce au module de focalisation variable 80X91, l'épaisseur de la nappe lumineuse peut être ajustée en la focalisant à distance. Pour les configurations de PIV en 2D, où les plans de lumière

relativement fins sont intéressants, la plage de mise au point va de 200 mm à 4000 mm (faisceau convergent hors de l'optique). Pour les configurations de PIV stéréoscopique, avec des plans de lumière plus épais, la plage de mise au point s'étend jusqu'à l'infini (faisceau divergent hors de l'optique).



Différentes configurations du plan de lumière

(4) Générateur de nappe couplé au bras articulé

Les plans de lumière de Dantec Dynamics peuvent être utilisées montées sur un bras de guidage de lumière pour amener la lumière laser exactement là où elle est nécessaire. L'utilisation d'un bras de guidage de la lumière améliore la facilité d'utilisation de l'installation, en particulier lorsque l'accès optique est difficile. Peu importe que les optiques de la nappe lumineuse soient montées sur le laser ou sur un bras de guidage de la lumière, les composants nécessaires font partie du module de base 9081x0801. Afin d'assurer le diamètre correct du faisceau pour l'optique du plan lumineux, un module ajusteur de la taille du faisceau laser 9080X048(X) est nécessaire.



Plan de lumière avec montures pour utilisation avec un bras articulé

(5) Données techniques de nappe laser dans la solution proposée

En association au module base, au module optique d'entrée de faisceau et au module de réglage de focus viennent s'ajouter les modules angulaires M2 et deux M4 (lentilles cylindriques de génération de nappe). L'ergonomie et la modularité de ce générateur de nappe nous permet de gérer à souhait différents angles de divergence de nappe en combinant ces différentes lentilles. Ainsi Les modules angulaires peuvent être empilés pour obtenir différents angles de divergence de nappe. Il y a une règle à respecter qui exige de chaque élément ajouté un numéro de module au moins aussi élevé que le précédent. Par exemple, M2+M4 est une combinaison autorisée, alors que M4+M2 n'est pas autorisée. Pour éviter toute erreur, chaque élément angulaire est doté de trois détrompeurs (tiges métalliques) qui empêchent toute mauvaise combinaison.

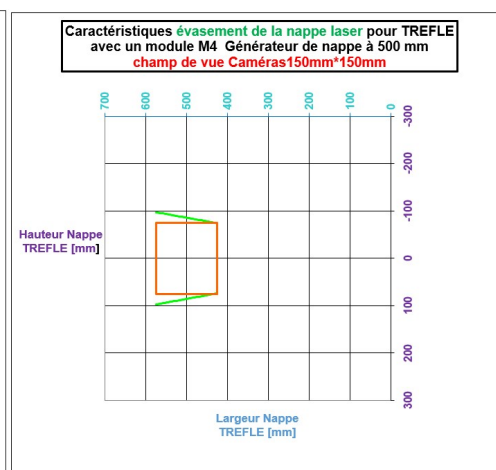
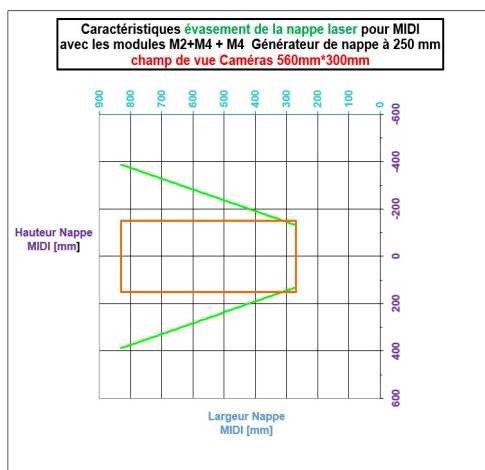
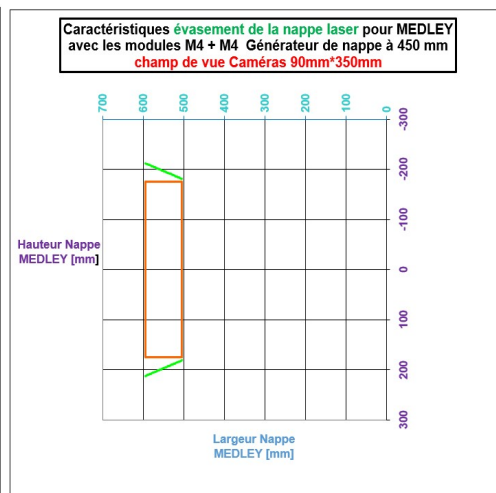
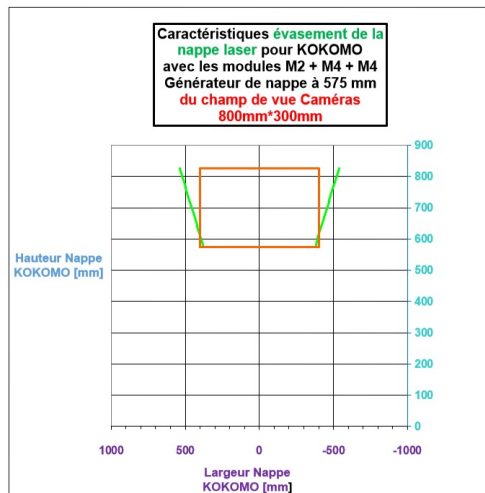
Caractéristiques des lentilles cylindriques M2 et M4

- Tableau de toutes les combinaisons proposées et des divergences associées (avec prise en compte du diamètre des faisceaux laser : 4mm) :

Combinaisons possibles	Angle de divergence en degré
M2	9
M4	19
M2+M4	30
M4+M4	40
M2+M4+M4	54

(6) Dimension nappe dans les installations IRSN

Ci-dessous, sont présentés les résultats de nos calculs de taille de nappe et notamment de leurs évasements en fonction des distances de travail définies en air et eau et des modules lentilles M2 et M4 proposés et nécessaires à KOKOMO. Ces résultats montrent que le jeu de modules optiques proposé couvre l'ensemble de vos besoins pour MEDLEY, MIDI et TREFLE.



4. Trois caméras FlowSense FCX 5Mpix @ 125Hz pleine résolution

Les caméras Fcx sensibles proposées pour les solutions PIV2D sont complètement intégrées dans le logiciel d'acquisition et de post-traitement DynamicStudio détaillé ultérieurement. Il s'agit dans l'offre de base KOKOMO d'un ensemble de 3 caméras.



Caméras FlowSense 5M-124

Les caméras • FlowSense FCX (5 MégaPixels à 124 Hz) vous permettront d'atteindre parfaitement les performances recherchées et décrites dans votre cahier des charges. Elles sont fournies avec leur valise de transport. Elles proposent les meilleures combinaisons Résolutions/Vitesses par rapport aux installations décrites.

a) Principaux avantages :

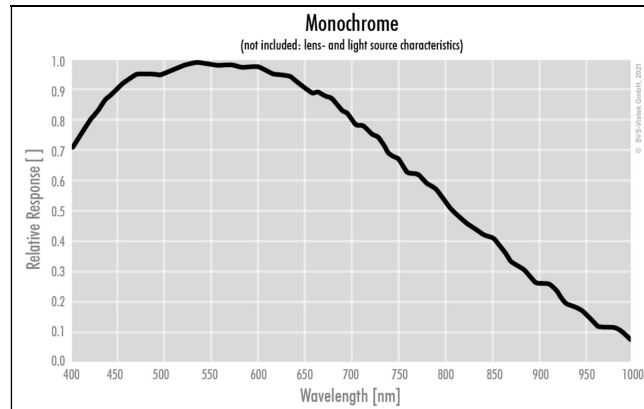
- Caméras rapides haute résolution moyenne fréquence avec mode PIV
- Utilise la dernière technologie de capteur CMOS rétroéclairé de Sony
- Connecté via CoaXPress 12 pour des fréquences d'images élevées
- Un seul câble (5 m) pour l'alimentation, le signal et les données
- Un jeu de câbles de 10 m est fourni pour les applications MIDI et TREFLE
- Tailles de pixels de 2,74 μm , (permet d'éviter le phénomène de peak locking)
- Résolution 8/12 bits
- Rapport signal/bruit : 39 dB
- Plage dynamique : 72 dB
- Pleine profondeur de puits 9800 e-
- Efficacité quantique ~ 65 %
- Faible dimension 50x50x72mm
- Binning pixel possible 2x2
- Fréquences supérieures à 124 Hz en réduisant la taille du capteur

Camera	Speed (8 bit) (fps)	Res. (MP)	Sensor resolution (Pixel x Pixel)	Interframe time (ns)	Pixel Size (μm)	Pixel depth (bit)	Lens Mount (type)	Ordering Info
CoaXPress12 Cameras each require 1 channel of the 4-Channel CoaXPress 12 frame grabber 9081C0811								
FlowSense FCX 5M-124 ⁸	124	5	2,448 x 2,048	100	2,74	8/12	C ⁷	9081C0841
⁷ Cameras with C-mount are delivered with a C-F mount adapter. Cameras with C-mount fit directly to microscopes and e.g. endoscopes.								
⁸ Cameras delivered with 5 m cable.								

b) Caractéristiques techniques de la FlowSense FCX 5M-124 :

Resolution [MP]	5 MP
Resolution (h x v)	2448 x 2048 px
Frame rate (max.)	124 fps
Chroma	mono
Interface	CXP-12 with 1 Connection (micro-BNC)
Sensor	
Sensor	IMX547LLA
Manufacturer	Sony
Sensor type	Area CMOS
Shutter type	global shutter
Sensor size (h x v)	6.71 x 5.61 mm
Optical diagonal	8.75 mm
Sensor format	8.8mm (Type 1/1.8)
Pixel size (h x v)	2.74 x 2.74 µm
Camera	
Exposure modes	MANUAL;AUTO
Trigger modes	INTERNAL;SOFTWARE;EXTERNAL
Exposure time (min)	7 µs
Exposure time (max)	1 sec
Pixel format / max	mono8, mono12 / 12 bit
Gain modes	manual, auto
S/N ratio (max)	39 dB (dep. on environment)
Dynamic range (max)	72 dB (dep. on environment)
Internal memory	1024 MB SDRAM, 256 MB Flash
Feature Set	
AOI	yes
LUT	yes
Offset	yes
Binning	yes
Image flip	yes
Shading correction	yes (external)
Defect pixel correction	yes
Sequencer	yes
PoCXP	yes
Housing	
Lens mount	C-Mount
Dimensions (w x h x d)	50 x 50 x 70.1 mm
Weight	240 g
Operating temperature (housing)	-10 to 65 °C
Ambient humidity	10 to 90 % (non-condensing)
Protection class	IP30
Filter-/Coverglass	K9 - AR coating - 400-850nm
I/O-Interfaces	
Input up to 24V	2 x
Input OPTO	1 x
Output open drain	4 x
I/O RS-232	1 x
Power supply	10 to 25 V (DC)
Power consumption	8 W (dep. on operating mode)

c) La sensibilité des caméras FlowSense FCX 5M-124



Courbe de réponse spectrale de la caméra FCX 5M-124 en fonction des longueurs d'ondes

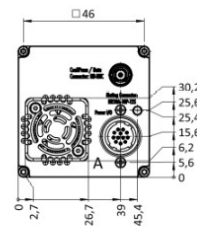
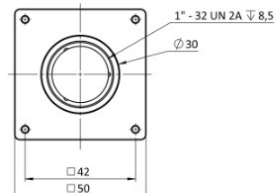
d) Valise de transport et stockage

Mallette de transport livrée avec chaque caméra FCX 5M-124

e) Dimensions et Plans

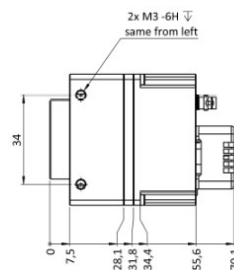
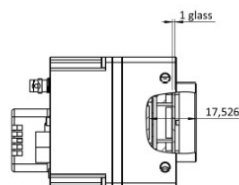
front

back



cross section

right side



Dimensions des caméras proposées

5. Objectifs Grand Angle 16mm



Type de monture	Monture C
Distance focale	16 mm
Plage d'ouverture	f/2 – f/16
Distance de travail Min	0,1 m
Bague d'adaptation 52mm	Fournie

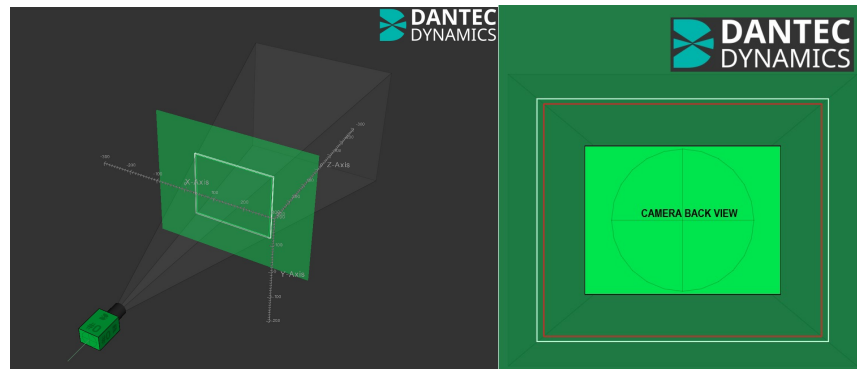
Ces objectifs vous permettent d'atteindre les champs d'observation souhaités pour KOKOMO, MEDLEY, MIDI et TREFLE.

Nous utilisons ici l'assistant de configuration expérimentale ISA (Image Setup Assistant) disponible dans le logiciel DynamicStudio décrit ultérieurement. Cet assistant de configuration d'imagerie aide l'utilisateur à configurer, planifier et mettre en place une expérience d'imagerie avec une grande précision. Nous l'avons donc utilisé en prenant en compte tous les paramètres et leur influence pour les mesures envisagées.

a) Pour KOKOMO

Nous utilisons ici l'assistant de configuration expérimentale ISA (Image Setup Assistant) disponible dans le logiciel DynamicStudio décrit ultérieurement. Cet assistant de configuration d'imagerie aide l'utilisateur à configurer, planifier et mettre en place une expérience d'imagerie avec une grande précision. Nous l'avons donc utilisé en prenant en compte tous les paramètres et leur influence pour les mesures envisagées.

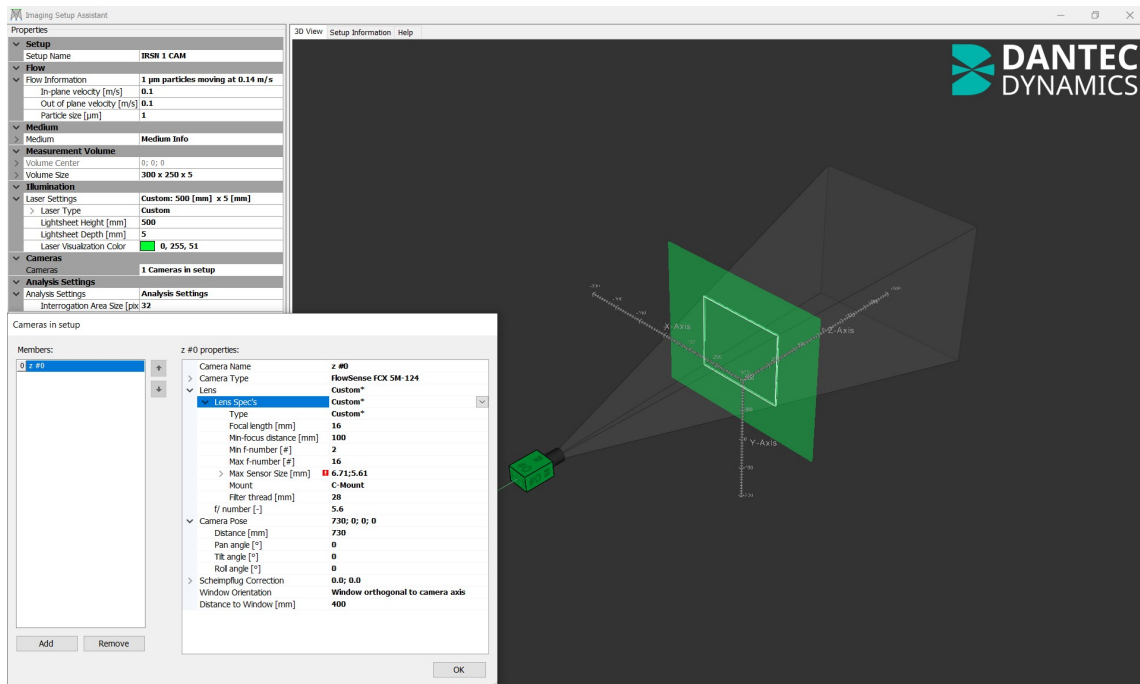
Ainsi, pour une distance de travail de 730 mm, le champ d'observation de la caméra équipée de 16mm sera de



Vue de 3/4 supérieure et zoom vue de derrière la caméra avec l'objectif proposé

Le cadre blanc indiquant le champ d'observation souhaité et le rouge le champ de vue d'une caméra équipée de l'objectif 16 mm pour KOKOMO (distance de travail entre capteur et nappe laser 700mm).

Ainsi, nous pouvons aussi définir la taille des particules utilisées (ici 1µm), les vitesses envisagées dans la zone de mesure et les fenêtres d'interrogation souhaitées pour le post-traitement définissant la résolution du champ de vecteurs souhaitée.

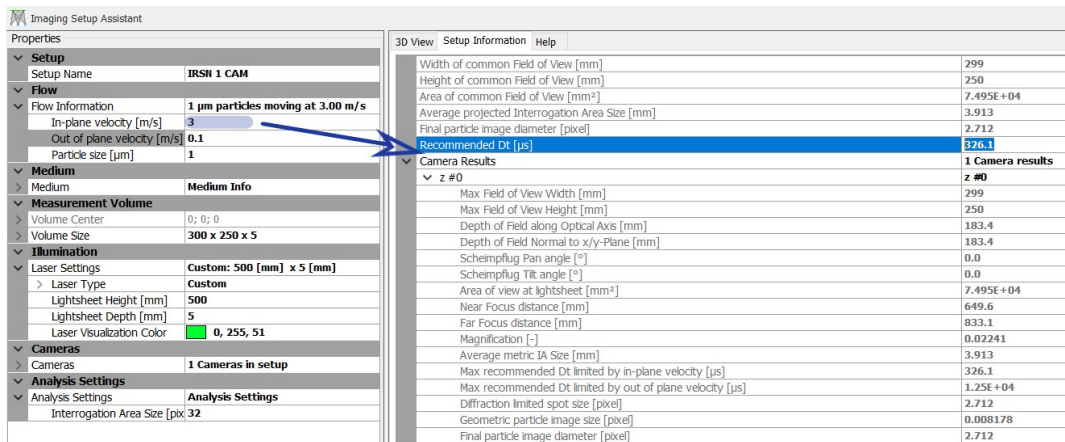


Le logiciel nous retourne instantanément les informations importantes pour mettre en place l'expérience. Ainsi dans l'exemple ci-dessous, dans la zone centrale KOKOMO où sont attendues des vitesses minimales voisines de 0.1 m/s (par exemple). Vous obtenez entre autres une indication sur le Δt recommandé pour des fenêtres d'interrogation choisie ici de 32*32 pixels comme indiqué en vert ci-dessous (en jaune les dimensions du champs de vue et en bleu, la taille en pixel d'une particule sur le capteur).

3D View	Setup Information	Help
Width of common Field of View [mm]	299	
Height of common Field of View [mm]	250	
Area of common Field of View [mm ²]	7.495E+04	
Average projected Interrogation Area Size [mm]	3.913	
Final particle image diameter [pixel]	2.712	
Recommended Dt [μ s]	9782	
Camera Results	1 Camera results	
z #0	z #0	
Max Field of View Width [mm]	299	
Max Field of View Height [mm]	250	
Depth of Field along Optical Axis [mm]	183.4	
Depth of Field Normal to x/y-Plane [mm]	1111.4	
Scheimpflug Pan angle [°]	0.0	
Scheimpflug Tilt angle [°]	0.0	
Area of view at lightsheet [mm ²]	7.495E+04	
Near Focus distance [mm]	649.6	
Far Focus distance [mm]	833.1	
Magnification [-]	0.02241	
Average metric IA Size [mm]	3.913	
Max recommended Dt limited by in-plane velocity [μ s]	9782	
Max recommended Dt limited by out of plane velocity [μ s]	1.25E+04	
Diffraction limited spot size [pixel]	2.712	
Geometric particle image size [pixel]	0.008178	
Final particle image diameter [pixel]	2.712	

Pour le Δt ici dans la zone centrale KOKOMO (de l'ordre de 0,01s), on pourra réaliser des acquisitions en single-frame à 100Hz (par exemple).

Immédiatement, en indiquant sur les informations expérimentales 3m/s attendues proche paroi, nous obtenons une indication sur le Δt de l'ordre 300 μ s et par conséquent, nous devons utiliser les caméras en mode PIV (double frame) à une fréquence de 50 Hz (maximum du laser en mode double pulse).

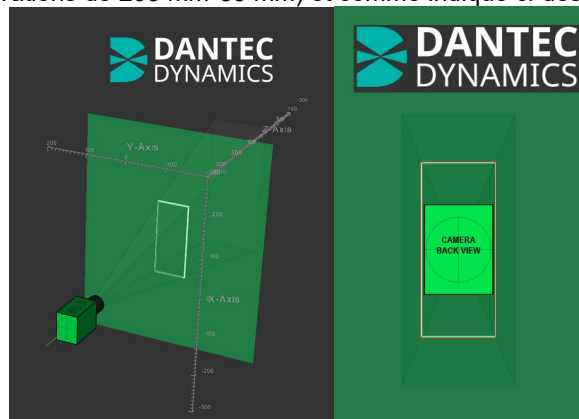


Résolution vectorielle KOKOMO :

Une autre information disponible aussi concerne la résolution : ici, dans cette configuration définie, nous obtenons sans recouvrement de fenêtres, une resolution d'environ 1 vecteur tous les 4mm.

b) Pour MEDLEY

- Ainsi, pour une distance de travail de 490 mm, le champ d'observation de la caméra équipée de 16mm sera de 203 mm*170 mm en pleine image. Et en diminuant résolution du capteur (passage de 2448*2048 pixels à 2448*1024pixels), on peut, si on le souhaite, obtenir des champs d'observations de 203 mm*85 mm) et comme indiqué ci-dessous,



Vue de ¾ supérieure et zoom vue de derrière la caméra avec l'objectif proposé

Le cadre blanc indiquant le champ d'observation souhaité et le rouge le champ de vue d'une caméra (en 2448*1024pixels) et équipé de l'objectif 16 mm pour MEDLEY (distance de travail entre capteur et nappe laser 490mm)

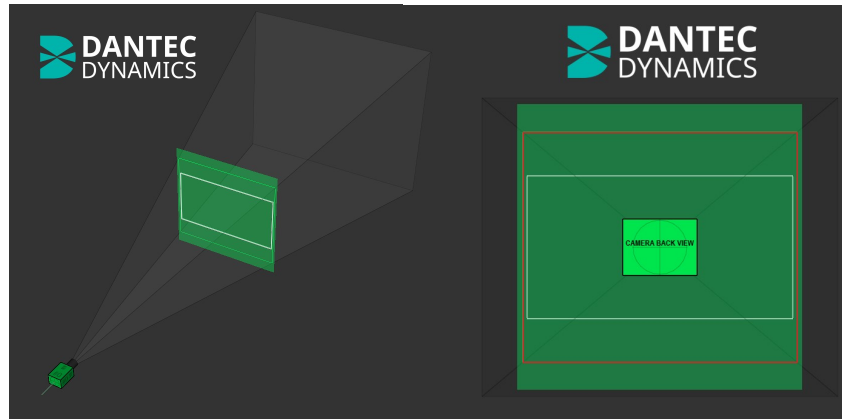
- Δt pour des fenêtres d'interrogation de 32*32 pixels :
 - Pour des vitesses minimales de 0,01 m/s > Δt de 0.065s nous indiquant qu'on pourra faire fonctionner le système au voisinage de 15 Hz en single frame.
 - Pour des vitesses maximales de 0,1m/s > Δt de 6500 µs nous indiquant qu'on pourra faire fonctionner le système en double-frame à la fréquence souhaitée jusqu'à 50Hz.

Résolution vectorielle MEDLEY :

Dans cette configuration définie, nous obtenons sans recouvrement de fenêtres, une resolution d'environ 1 vecteur tous les 2,6 mm.

c) Pour MIDI

- Ainsi, pour une distance de travail de 1400 mm, le champ d'observation de la caméra équipée de 16mm sera de 580 mm*485 mm en pleine image. (Nous pouvons aussi, si on le souhaite, obtenir des champs d'observations plus proches de ceux souhaités dans le CDC en équipant les caméras d'objectifs 25 mm).



Vue de ¾ supérieure et zoom vue de derrière la caméra avec l'objectif proposé

Le cadre blanc indiquant le champ d'observation souhaité et le rouge le champ de vue d'une caméra (en 2448*2048pixels) et équipé de l'objectif 16 mm pour MIDI (distance de travail capteur - nappe laser = 1400mm)

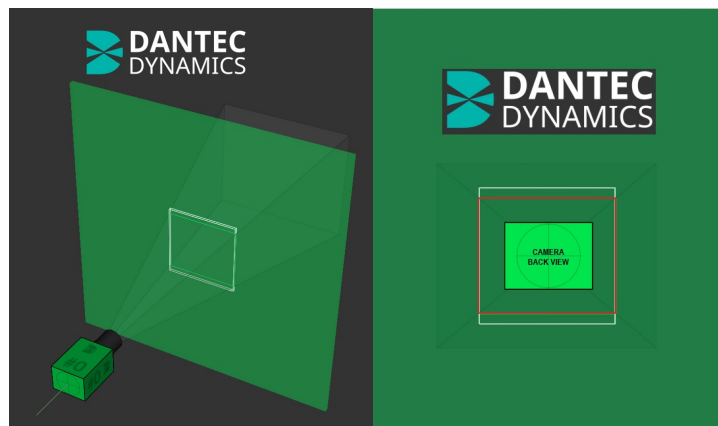
- Δt pour des fenêtres d'interrogation de 32*32 pixels :
 - Pour des vitesses minimales de 0,05 cm/s > Δt de 0.4s nous indique qu'on pourra faire fonctionner le système au voisinage de 2,5 Hz en single frame.
 - Pour des vitesses maximales de 10cm/s > Δt de 0.02s nous indique qu'on pourra faire fonctionner le système au voisinage de 50Hz en single frame.

Résolution vectorielle MIDI :

Dans cette configuration définie, nous obtenons sans recouvrement de fenêtres, une resolution d'environ 1 vecteur tous les 8 mm.

d) Pour TREFLE

- Ainsi, pour une distance de travail de 380 mm, le champ d'observation de la caméra équipée de 16mm sera de 150 mm*120 mm en pleine résolution.



Vue de ¾ supérieure et zoom vue de derrière la caméra avec l'objectif proposé

Le cadre blanc indiquant le champ d'observation souhaité et le rouge, le champ de vue d'une caméra (en 2448*2048pixels) et équipé de l'objectif 16 mm pour TREFLE (distance de travail entre capteur et nappe laser 380 mm)

- Δt pour des fenêtres d'interrogation de 16×16 pixels (haute résolution inter-barreaux) :
 - Pour des vitesses minimales de $0,01 \text{ cm/s}$ $\rightarrow \Delta t$ de 0.025 s nous indiquant qu'on pourra faire fonctionner le système au voisinage de 40 Hz en single frame.
 - Pour des vitesses maximales de 12 cm/s $\rightarrow \Delta t$ de $2100 \mu\text{s}$ nous indiquant qu'on pourra faire fonctionner le système en double-frame jusqu'à 50 Hz .

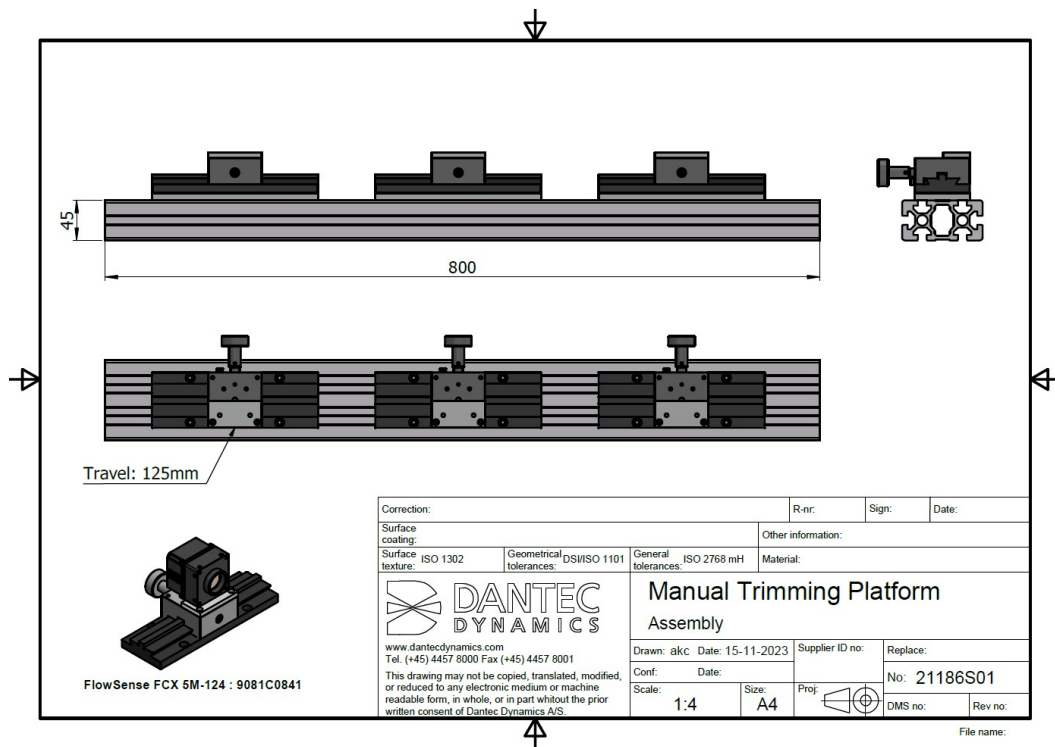
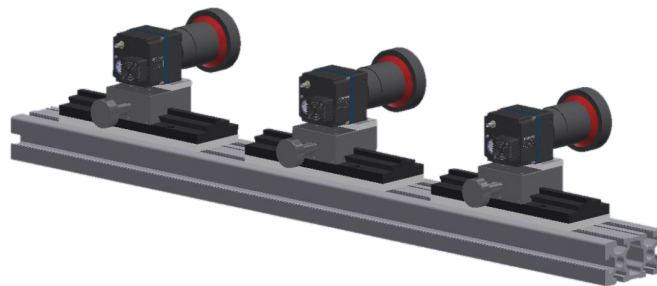
Résolution vectorielle TREFLE :

Dans cette configuration définie, nous obtenons sans recouvrement de fenêtres, une résolution d'environ 1 vecteur tous les 1 mm . (résolution très intéressante pour l'écoulement inter-barreaux)

6. Banc caméras pour application KOKOMO

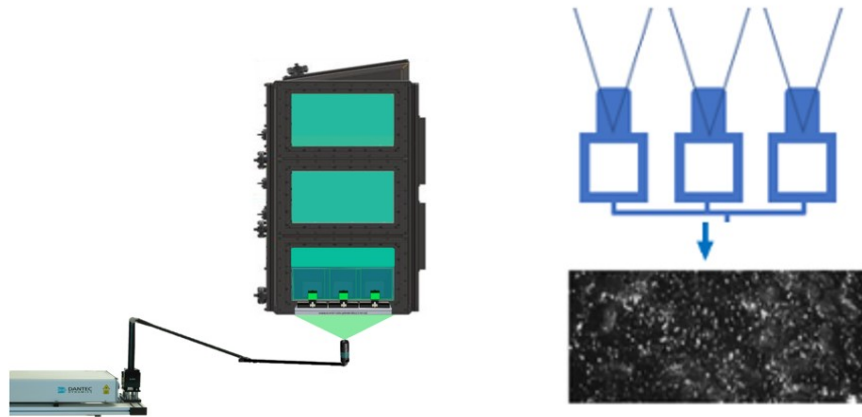
Caractéristiques :

- 800 mm de long profilé Bosch
- Equipé de trois systèmes de déplacement linéaire manuel de course 125 mm accueillant les caméras avec bloqueur de position
- Idéal pour gérer le réglage du recouvrement d'images caméras et le figer



Ce banc associé au système de déplacement vertical 1D assurera un état stabilisé de l'expérience et une répétabilité du positionnement.

En effet, une fois les réglages optiques et le recouvrement inter-caméras fait, l'ensemble pourra être déplacé verticalement pour balayer toute la hauteur de l'enceinte sans qu'une recalibration ne soit nécessaire en cours d'expérience.



7. Système de déplacement 1D vertical pour KOKOMO

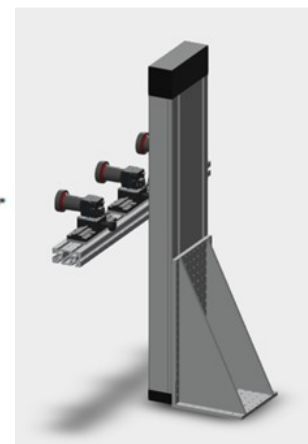
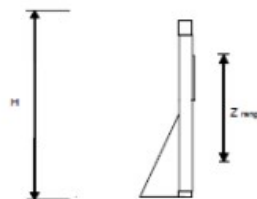
La fourniture d'un système de déplacement autorisant le déplacement du banc suivant Z. Ce système équipé à sa base d'une équerre lourde pourra être fixé sur un support lié au référentiel KOKOMO.

- **Système de déplacements 1 Axe (1810mm)**

- Masse du système de déplacements 1D : 50 kg
- Masse du Contrôleur 1 axe : 15 kg

Specifications		1D Traversing mechanism
Range	Z	1810 mm
Speed		Up to 25 mm /sec
Resolution		6.25µm
Dimension	H	Z + 120 mm
Max Load (dynamic)	Mz	340 Nm
Lift capacity		60 kg
Included		<ul style="list-style-type: none"> • Electromagnetic brake built-in the vertical traverse unit

Z denotes vertical direction.



- **Contrôleur**

Number of motor power modules	1
Line voltage	100 - 250VAC 50..60Hz
Mains supply	Detachable standard mains cable
Interface	RS232 and USB
Dimensions WHD	475 x 188 x 410 mm
Included	<ul style="list-style-type: none"> • Motor cable - 5 meter • Null modem Cable 3 meter • Emergency stop including cable - 5 meter



Ce système de déplacements est intégré dans le logiciel DynamiStudio et pilotable via PC.

8. Unité de synchronisation - Performance Synchroniser

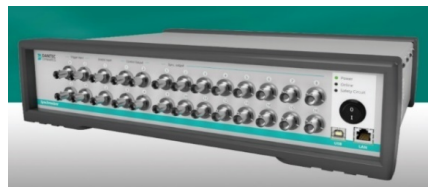
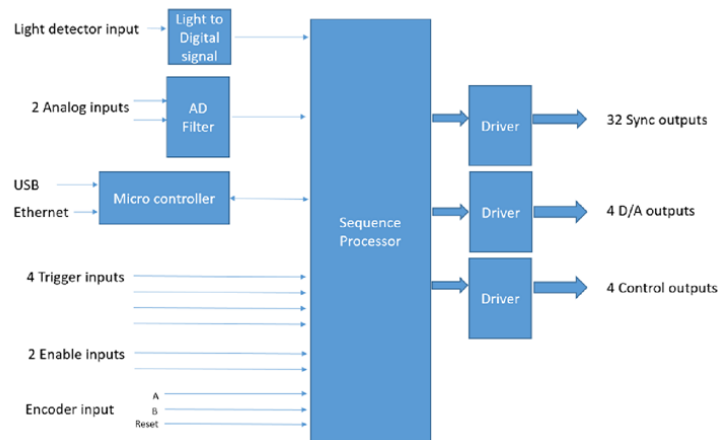


Image du boîtier de synchronisation Dantec

Le boîtier de synchronisation est l'appareil clé de la chaîne d'instruments qui garantit que tous les dispositifs (lasers, caméras, intensificateurs, etc.) sont correctement synchronisés et que ces dispositifs exécutent leurs tâches individuelles au moment exact.

Dantec Dynamics propose deux nouvelles électroniques de synchronisation. Le " Performance Synchroniser " qui répond aux exigences des applications difficiles telles que la PIV et la vélocimétrie volumétrique (VV). Dans les applications où de nombreuses caméras sont impliquées (comme la VV), chaque dispositif peut être déclenché avec des sorties de synchronisation indépendantes permettant ainsi de combiner différents types de caméras. Le " Performance Synchroniser " que nous vous proposons est capable de gérer les tâches de synchronisation les plus complexes quasi-instantanément avec des délais de transfert (time jitter) inférieurs à 250 Ps, une résolution temporelle inférieure à 8ns, l'ensemble de ces caractéristiques temporelles est optimal pour la précision dans la synchronisation d'équipements hautes cadences.

- Synchronise plusieurs appareils avec 32 sorties indépendantes
- 4 entrées de déclenchement externe
- 4 sorties analogiques et 2 entrées analogiques
- Haute résolution temporelle, niveau nanoseconde
- Précision élevée des temps
- Temporisation variable : le taux de déclenchement et le temps entre les images (pour la PIV double image) peuvent être modifiés dans le temps
- Modes de déclenchement avancés
- Installation facile grâce à la détection "Plug and Play"
- Commande par interface USB et Ethernet



Vue d'ensemble des connexions d'entrées et de sorties des synchroniseurs

a) Minutage variable

Pour la PIV, le taux de déclenchement et le temps entre les images (Δt) peuvent varier dans le temps pendant une acquisition. Cette caractéristique permet d'optimiser le taux de déclenchement dans le temps pour correspondre, par exemple, à un écoulement accéléré. En outre, le temps entre les images (Dt) dans la PIV double image peut être modifié pour maintenir les déplacements des particules d'ensemencement (en pixels) du même ordre pendant une acquisition dans un écoulement accéléré ou pulsé.

b) Différentes possibilités de déclenchement

- Déclenchement en rafale (une impulsion de déclenchement active l'acquisition de 1000 images par rafale, par exemple)
- Fonctionnement des caméras à une fréquence de déclenchement différente de celle du laser
- Déclenchement par fenêtre (déclenchement à verrouillage de phase)
- Envois d'impulsions uniques, comme un signal de démarrage, à des dispositifs externes
- Gestion du temps de chauffe (Warm-up) du laser avec un nombre connu d'impulsions de flash et d'impulsions de Q-switch avant de commencer l'acquisition d'images.

c) Communication par USB et Ethernet

Le synchroniseur est équipé d'un port USB 2.0 et d'un port Ethernet 100Mbit. Ces deux ports peuvent être utilisés pour la communication avec le synchroniseur. Avec la communication Ethernet, le synchroniseur peut être placé loin du PC de contrôle.

d) Circuit de sécurité

Le synchroniseur est doté d'un connecteur appelé circuit de sécurité qui peut être utilisé, par exemple, comme verrouillage lorsqu'il est connecté à la serrure de la porte du laboratoire. En cas de rupture de ce circuit, le synchroniseur placera toutes les sorties dans un état prédéfini, programmé et passif.

e) Sorties de synchronisation (Sync Outputs)

Il y a trente-deux sorties de synchronisation sur le synchroniseur. Seize d'entre elles sont placées à l'avant du synchroniseur sous forme de connecteurs BNC individuels. Seize autres sorties sont placées à l'arrière du synchroniseur dans un connecteur multiple. Pour les seize sorties en façade, il est possible de régler chaque sortie sur une impédance élevée ou une impédance de 50 Ohms. Les seize sorties sur la face avant du synchroniseur peuvent être calibrées pour s'assurer que tous les

24

signaux de sortie sont capables de passer d'un état bas à un état haut simultanément avec une précision meilleure que 50ps.

f) Sorties D/A

Le synchroniseur possède quatre sorties D/A (sorties tension) pour activer les équipements auxiliaires nécessaires à l'application. La gamme des sorties tension est de +/- 10V avec une résolution de 4,88mV. La fréquence de chaque sortie individuelle est de 10kHz.

g) Sorties contrôles

Les signaux de ces sorties peuvent être utilisés pour indiquer l'état d'une séquence d'acquisition en cours, par exemple : Start, Ready, Wait ou Stop. L'état souhaité des sorties est défini dans le logiciel. Les quatre sorties de contrôle sont des sorties à haute impédance TTL (High $\geq 4V$; Low $\leq 0.8V$).

h) Entrées analogiques

Le synchroniseur possède deux entrées analogiques. Les entrées analogiques partagent un convertisseur A/D commun qui est capable d'acquérir 1M échantillons par seconde. L'acquisition des valeurs analogiques est divisée séquentiellement entre les canaux. Ceci conduit à un taux d'acquisition maximum de 500 KHz par canal s'ils sont utilisés simultanément.

i) Entrées déclenchements

Il y a quatre entrées de déclenchement sur le synchroniseur. Les entrées de déclenchement sont des entrées TTL à haute impédance. Il est possible de régler la polarité des entrées de déclenchement pour qu'elles soient activées sur un front montant ou descendant. Pour chaque entrée, il est possible de configurer une mise à l'échelle préalable. La mise à l'échelle des entrées de déclenchement permet de sauter des impulsions de déclenchement pour une meilleure flexibilité.

j) Entrée encodeur pour la synchronisation cyclique (option)

L'entrée encodeur est utilisée dans les applications où la synchronisation avec les phénomènes cycliques est nécessaire, comme les mesures sur les moteurs, les hélices ou les turbomachines. Un codeur angulaire est nécessaire, commandé séparément.

k) Entrées "enable"

Les deux entrées d'activation peuvent être utilisées dans des séquences de code définissant, par exemple, une séquence d'acquisition où un signal d'état est nécessaire pour modifier l'exécution du programme afin de sauter à une autre partie du programme. Il est possible de régler la polarité des entrées d'activation sur "Active High " ou "Active Low ".

Category	Performance Synchronizer
Synchronization inputs	4, TTL
Synchronization outputs	32, TTL
Time jitter	≤50ps
Time resolution	≤ 8ns
Minimum pulse width	≤ 48ns
Minimum time between 2 pulses	≤ 48ns
Rise/Fall time (TTL 0.5 - 2,7v)	≤3ns
Analog inputs ¹	2
Analog outputs ²	4
Safety Circuit	Yes
TrueTime laser pulse time stamping unit	Optional
Encoder Input for cyclic synchronization	Optional
USB 2.0 port & 100 Mbit Ethernet port	Yes

1-The analog inputs share a common ADC which is able to acquire 1M samples per seconds. An anti-aliasing filter limits the frequency bandwidth to 125kHz.
2-Voltage Output range is +/- 10V, resolution is 4.88mV. Maximum rate of change for each of the individual voltage outputs is 10kHz

9. Ensemencement

a) Pour KOKOMO (générateur de particules de DEHS)

Un grand nombre de particules solides existe pour les ensemencements d'écoulements à température élevées.

Compte tenu de la complexité de votre future installation KOKOMO, le caractère enceinte fermée lourde avec de nombreux accès optiques, des échanges gazeux et thermiques et écoulements lents, nous avons du prendre en compte différents critères pour orienter notre choix.

Les principaux critères sont les suivants :

- Toxicité des produits (trouver le bon compromis)
- Salissures de l'enceinte et contraintes de nettoyages prohibitifs et/ou fastidieux
- « Critère de Stokes » (la vitesse de sédimentation) qui impose de générer :
 - des particules de très petite taille
 - de faible densité
- Le diamètre de cette particule supérieur à la longueur d'onde du laser (2 fois supérieur recommandé)
- Images des particules sur le capteur de la caméra
- Conditions expérimentales :
 - Température
 - gamme de vitesse 0.1-3 m/s très faible dans la partie centrale

Nous préférons vous orienter vers un **spray de gouttelettes** plutôt qu'une solution ensemencement particules solides qui s'écartent du critère de Stokes dans la zone centrale de l'enceinte et qui peuvent s'agglomérer et former des agrégats.

L'huile d'olive est un bon candidat dont l'utilisation a été éprouvée dans de nombreuses recherches convections thermique utilisant la PIV à Reynolds très faibles et hautes températures. Cependant, nous ne pouvons pas garantir à 100% le caractère non salissant dans les conditions expérimentales envisagées. (Il serait intéressant de tester nous semble-t-il au moins une fois car le volume a

ensemencer reste petit et les besoins en ensemencement faible). De plus, cette solution à base d'huile d'olive qui peut-être chauffée représente l'ensemencement la moins nocive.

Un brouillard de particules micrométriques de DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat), représente le bon compromis. Ce liquide est aussi énormément utilisé dans la recherche et en industrie. Notamment utilisé pour générer des aérosols polydispersés avec tailles de particules inférieures à 1 µm pour les équipement de salle blanche exigeant ou pour la métrologie laser et la visualisation.

Avantages du DEHS :

- Le di-éthyl-hexyl-sébacat (DEHS) est un composé non soluble, liquide incolore et inodore qui convient pour produire des aérosols stables.
 - Longue durée de vie des aérosols (également à haute température)
 - Point d'ébullition : voisin de 240°C
 - Particules sphériques
 - Propriétés optiques bien connues
 - Nettoyage limité et beaucoup salissant que l'huile d'olive en enceinte fermée avec vapeur
 - Critère de Stokes respecté (rappelé ci-dessous)
- La taille des particules (les particules doivent être suffisamment petites et de faible masse pour suivre tous les mouvements du fluide) et en particulier, pour les écoulements à faible nombre de Reynolds. Un nombre de Stokes ($=\tau U_0/l_c \ll 1$) signifie que la particule reproduira correctement les mouvements du fluide, il fait intervenir U_0 est la vitesse du fluide, l_c une longueur caractéristique de géométrie de l'écoulement et

$$\tau = d_p^2 \rho_p / 18 \mu$$

appelé temps de relaxation, peut être interprété comme le temps que met la particule à atteindre la vitesse du fluide. Dans ce paramètre, d_p et ρ_p sont respectivement le diamètre et la masse volumique de la particule et μ la viscosité dynamique du fluide en mouvement.

Ainsi, un nombre de St $\ll 1$ signifie que la particule reproduira correctement les mouvements du fluide. Par conséquent le choix de l'ensemencement est déterminé à partir des propriétés du fluide et des vitesses de l'écoulement.

Mais en écoulement très faible vitesse et de manière plus explicite, on parlera aussi de vitesse de sédimentation qui peut être calculée à l'aide de la loi de Stokes et de l'équilibre des forces

$$V_g = \frac{d^2 * (\Delta \rho) * g}{18 * \mu}$$

Où $\Delta \rho$ est la différence de masses volumiques ($\rho_{\text{particules}} - \rho_{\text{fluides}}$), d le diamètre de la particule, g la pesanteur, et comme précédemment μ la viscosité dynamique du fluide.

Cette équation permet de déterminer les paramètres qui ont une influence notable sur les vitesses de flottabilité ou le taux de descente.

Paramètres ayant une influence sur la vitesse de sédimentation :

Diamètre « d » de la particule : Le diamètre de la particule ou diamètre des particules est exprimé au carré dans la formule. Plus le diamètre est grand (ou le rayon de la particule), plus la vitesse de sédimentation de la particule est élevée.

Différence de densité « $\Delta \rho$ » entre la particule et le liquide : Plus la différence de densité entre la particule et le liquide est élevée, plus la sédimentation du mélange est rapide.

Viscosité dynamique « μ » du fluide étudié : Plus la viscosité dynamique du fluide est faible, plus la vitesse de sédimentation de la particule est élevée

A titre d'exemple, les particules solides (type dioxyde de titane TiO_2 ou Carbure de silicium SiC) de même diamètre que des particules de DEHS présenteront déjà dans de l'air à 20°C , une vitesse de sédimentation 4 fois supérieure à celle du DEHS.

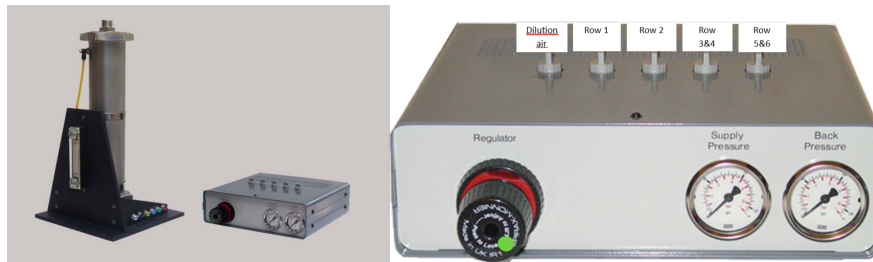
Pour un diamètre de $3\mu\text{m}$ par exemple :

	V_g (cm/s)
DEHS	0.025
TiO_2	0.114
SiC	0.086

- L'utilisation de particules d'huile d'olive ou de DEHS comme traceurs de l'écoulement permet de valider le critère de Stokes sur une large gamme de vitesse d'écoulement y compris en thermique.

Nous vous proposons donc pour KOKOMO :

le système « Liquid Seeder, 10 Bar Back pressure »



➤ Caractéristiques techniques :

- Gestion des la pression amont et aval : Contre-pression de travail jusqu'à 10 bars
- Dix buses Laskin
- Environ 10^8 particules/seconde par buses
- Granulométrie : $1-3\mu\text{m}$
- Construction du récipient sous pression en acier Inox.
- Indicateur de niveau en acrylique évalué pour une pression maximale de 10 bars.
- Air de dilution : Variable par tube central
- Boîtier de contrôle à distance : commande pneumatiquement n'importe quel nombre de buses (1-10) pour contrôler la densité
- Valves unidirectionnelles sur toutes les buses Laskin pour éviter contamination des tuyaux d'alimentation en air par du liquide d'ensemencement.
- Remplissage rapide sans avoir besoin de d'arrêter l'expérience
- **Avec réchauffeur amont d'air comprimé A39 TH (chauffer si on le souhaite l'ensemencement pour limiter tout gradient thermique)**

Il sera associé un réchauffeur amont d'air comprimé A39 TH (Walker) + un déshumidificateur (Walker)

- Débit nominal (1 bar abs. à 20°C) : $52\text{ m}^3/\text{h}$
- Température de sortie maximum : 120°C
- Perte de charge au débit nominal : 100 mbars
- Construction : Fonderie d'aluminium.
- Pression de service maximum : 16 bars.
- Puissance : 1,5 kW
- Tension d'alimentation : 240 v / 1 ph / 50 hz.
- Raccordement Entrée/sortie : 3/8" taraudé
- + un filtre déshumidificateur (Walker)



Dantec Dynamics

IRSN-2023-090-3000078783

Les informations contenues dans ce document sont confidentielles.
Elles restent la propriété de Dantec Dynamics et ne peuvent être divulguées qu'après accord écrit de Dantec Dynamics

b) Pour MEDLEY

Nous vous proposons ici des deux pots de 250gr de particules de polyamide PSP 5 μm parfaitement adaptées aux conditions expérimentales rencontrées dans MEDLEY.

Specifications

	PSP Polymid Seeding Particles
Mean diameter (μm)	
Size distribution	1-10 μm 5-35 μm
Particle shape	Non-spherical but round
Density (g/cm^3)	1.03
Melting point ($^{\circ}\text{C}$)	175
Refractive index	1.5
Material	Polymide 12



c) Pour MIDI

Nous vous proposons ici des deux pots de 250gr de particules de Hollow Glass Spheres PSP 10 μm parfaitement adaptées aux conditions expérimentales thermiques rencontrées dans MIDI.

Specifications

	HGS Hollow Glass Spheres
Mean diameter (μm)	
Size distribution	2-20 μm
Particle shape	spherical
Density (g/cm^3)	1.1
Melting point ($^{\circ}\text{C}$)	740
Refractive index	1.52
Material	Borosilicate glass



d) Pour TREFLE

Nous vous proposons ici des deux pots de 250gr de particules de polyamide PSP 5 μm (granulométrie : 1-10 μm) parfaitement adaptées aux conditions expérimentales rencontrées dans TREFLE.

Specifications

	PSP Polymid Seeding Particles
Mean diameter (μm)	
Size distribution	1-10 μm 5-35 μm
Particle shape	Non-spherical but round
Density (g/cm^3)	1.03
Melting point ($^{\circ}\text{C}$)	175
Refractive index	1.5
Material	Polymide 12



Mais aussi pour les zones inter-barreaux à étudier et afin d'éviter les réflexions et optimiser la qualité des mesures, il est conseillé d'utiliser des particules de Rhodamines encapsulées de résines (mais compte tenu de la très faible gamme de vitesse rencontrée dans TREFLE, nous pensons que ces traceurs ne seront pas passif (densité 1,5 gr/cm³). D'autres solutions alternatives existent en ce qui concerne le traitement des parois sur lesquelles vous pourrez appliquer un mélange vernis incolore mat avec de la poudre de Rhodamine (solution économique de l'ordre de 60€ pour la fabrication d'un pot de 0,5l « maison ». Nous proposons dans la PSE TREFLE un filtre passe-bande 532 nm +/- 5nm (Transmission 90%), qui vous permettra de limiter au maximum l'influence des parois et les réflexions Laser. Les parois traitées retourneront une fluorescence de lumière parasite dans une longueur d'onde supérieure à 550 nm qui sera coupée par le filtre. Les particules de PSP quant à elles signeront à 532 nm.

Lens filters for PIV

Wave-length [nm]	Filter type	Filter bandwidth [nm]	Transmission [%]	Filter thread	Application	Item number
532	Band-pass	± 5	90	52 and 62	PIV with Nd:YAG	9080C0561

10. Mires

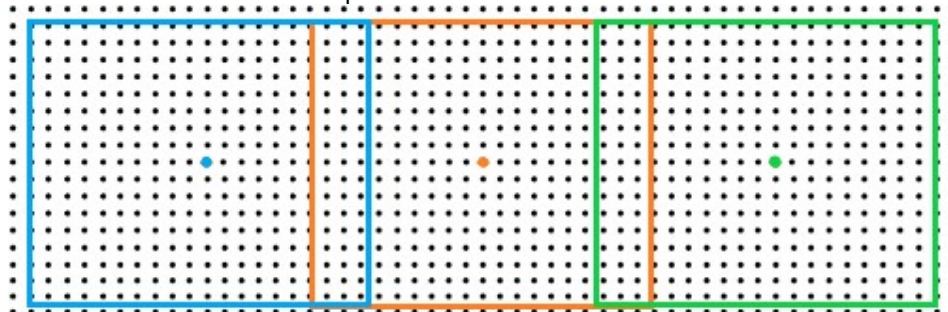
a) Pour KOKOMO

Le dimensionnement de l'installation n'étant toujours pas arrêté. Nous prenons note de la réponse apportée sur la nécessité de proposer une mire dont les dimensions dépendent du champ d'observation disponible dans l'enceinte.

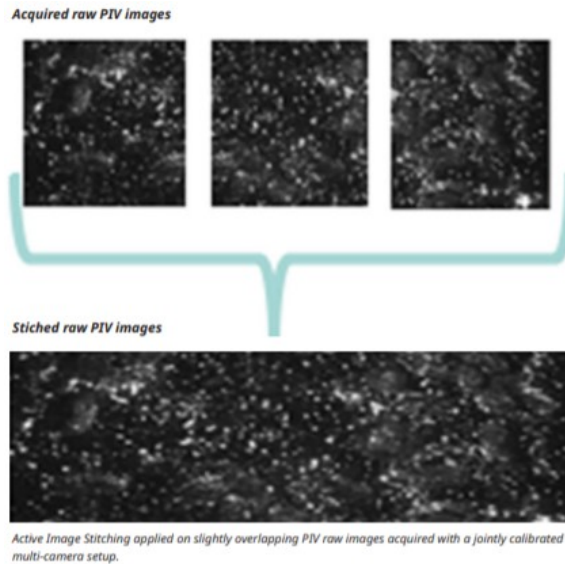
Lorsque vous disposerez de l'installation KOKOMO, nous pourrons faire fabriquer une mire dédiée. Dans votre configuration multi-caméras où toutes les caméras sont calibrées spatialement conjointement à l'aide de cette mire, vous pourrez assembler les images de chaque caméra se chevauchant légèrement pour couvrir le grand champ d'observation (FoV) transversal que vous souhaitez.

La méthode d'analyse prend les ensembles d'images de chaque caméra ainsi que les informations de calibrations pour reconstruire les images dans un référentiel commun. Cette fonctionnalité est utile dans votre configuration expérimentale et vous permettra d'atteindre une résolution élevée.

L'exemple d'application ci-après schématise le principe de fonctionnement dans le cadre d'une expérience réalisée avec 3 caméras positionnées côte à côte.



Système 3 caméras avec recouvrement de Champ d'observations. Illustration du principe de calibration automatique dans le logiciel DynamicStudio : Détection automatique du marqueur dédié (illustré en orange) pour la caméra centrale et des marqueurs (en bleu et vert) pour les deux autres caméras dont les coordonnées sont parfaitement connues pour reconstruction du référentiel commun.



b) Pour MEDLEY

Nous vous proposons dans MEDLEY de fournir une mire de dimension adaptée au champ d'observation souhaité, « 3D PIV Custom Calibration target 200 X 82 mm, one sided, single level, dot target » dont les spécifications sont les suivantes :

(S/N 21188S02)

- Dot Spacing = 5mm
- Zero marker diameter = 2.7mm
- Axis marker diameter = 1.3mm
- Main Marker diameter = 2mm.

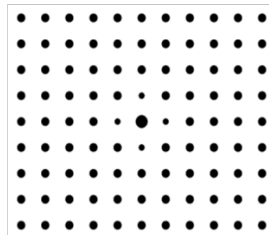


Illustration : zoom sur le centre d'une Mire d'étalonnage standard de Dantec avec le center Dot le plus gros, les Axis dots (plus petits) et les main dot (taille intermédiaire) sur l'ensemble

c) Pour MIDI

Nous constatons que les dimensions la mire KOKOMO pourraient finalement se rapprocher à terme de celles souhaitées pour MIDI. Nous vous proposons pour MIDI un « 3D PIV Custom Calibration target 600 X 300 mm, one sided, single level, dot target » qui pourrait être utilisée sur les deux installations et dont les spécifications sont les suivantes :

(S/N 21188S01)

- Dot Spacing = 11mm
- Zero marker diameter = 4mm
- Axis marker diameter = 2mm
- Main Marker diameter = 3mm

d) Pour TREFLE

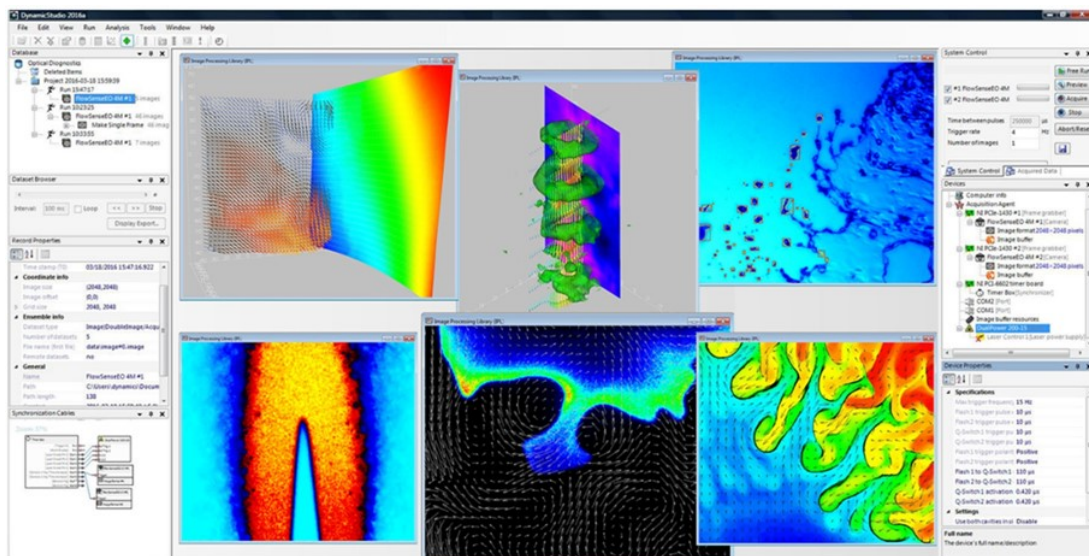
Nous vous proposons comme solution pour TREFLE, deux mires

- S/N 21188S03 : Custom Single Sided, One-Level Calibration target 150x150mm
 - Dot Spacing = 5mm
 - Zero marker diameter = 2.7mm
 - Axis marker diameter = 1.3mm
 - Main Marker diameter = 2mm.
- S/N 21188S04 : Custom Single Sided, One-Level Calibration target 150x110mm
 - Dot Spacing = 5mm
 - Zero marker diameter = 2.7mm
 - Axis marker diameter = 1.3mm
 - Main Marker diameter = 2mm..

11. Logiciel Dynamic Studio

Nous vous fournissons :

- **1 Licence Acquisition et Traitements avancées de données**
- **2 Licences additionnelles d'analyse pour post-traiter à souhait sur d'autres postes**



***Dynamic Studio, le guide intelligent, de la mise en place des expériences
à l'analyse des données et aux résultats***

Dynamic Studio est une plate-forme logicielle complète conçue pour prendre en charge une large gamme de mesures d'imagerie. Des assistants et des outils d'assistance guident l'utilisateur pour configurer le matériel et optimiser les paramètres d'acquisition d'images. Pour la PIV, la vitesse d'acquisition des données et le temps entre les images (Δt) peuvent être modifiés dans le temps pour correspondre, par exemple, à un écoulement accéléré. Des outils avancés pour l'analyse finale et la visualisation des résultats sont disponibles.

Le concept modulaire offre aux utilisateurs de nombreuses possibilités d'extension, de sorte que la fonctionnalité du système peut être adaptée aux besoins actuels tout en permettant une expansion pour répondre aux exigences de mesures futures.

La plate-forme logiciel DynamicStudio inclut :

- La détection automatique des périphériques (caméras, synchros, traverse etc.)
- La distribution, la répartition et la gestion de la base de données,
- Le Traitement d'images avancé et le calcul des champs PIV 2D-3D-Tomo.

Elle se décompose en 2 parties :

- La partie « **base de données** » enregistre les images et assure leurs traçabilités. Elle contient les outils d'analyses et de post traitements des calculs PIV 2D-3D-Tomo.
- La partie « **acquisition** » gère tous les paramètres de la chaîne d'acquisition avec la détection automatique des caméras, du boîtier de synchro et du trigger.

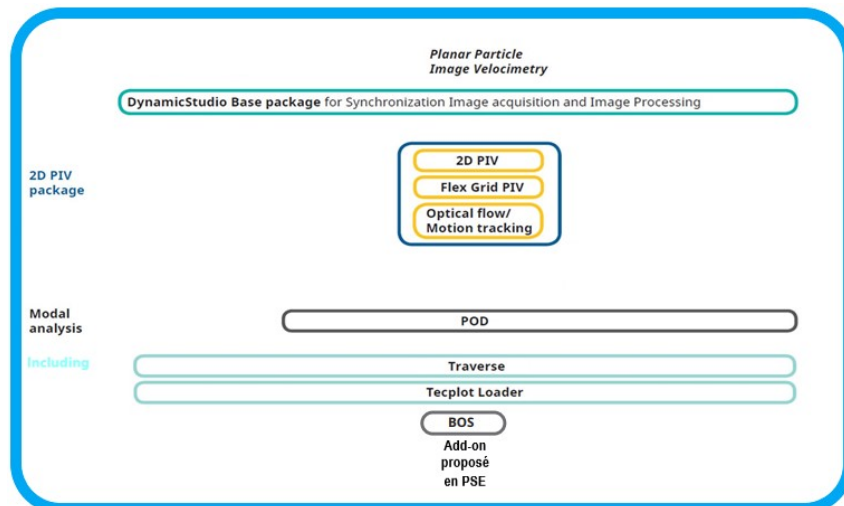
La partie **acquisition** possède des outils de réglage on line en temps réel :

- Le « **on line particule Density** » donne une indication sur la densité et sur la taille des particules en tout point de l'image pendant l'acquisition.
- Le « **réglage de l'angle de Scheimpflug** » et le « **réglage de la mise au point** » du focus, et des montures 1 ou 2 axes de Scheimpflug sur la mire.

C'est un module d'aide au réglage de la netteté de l'image pour un système stéréoscopique ou Tomo en phase de calibration. Sur la base d'un traitement de l'image en temps réel on observe le gradient des niveaux de gris. L'opérateur peut ainsi régler finement la netteté de l'image en tous points du capteur avec une grande précision, en réglant les montures de Scheimpflug (1 ou 2 axes) et la mise au point et ouverture des objectifs.

1 Licence Dynamic Studio par système pour l'acquisition et les traitements avec les modules : Stéréo-PIV, Option Traverse, Masque Dynamique, Analyse distribuée et comme demandé en PSE Reconstruction Tomo-PIV à partir de champs moyens 2D-3C inclus dans l'offre de base.

Dynamic Studio permet l'acquisition et le traitement d'image pour l'obtention de champs de vitesse 2D-2composantes de vitesse dans le cas de l'utilisation d'une caméra et de champs de vitesse 2D-3Composantes de vitesse dans le cas de l'utilisation de deux caméras. Dynamic Studio est adapté aux caméras choisies.



Aperçu Pack Dynamics Studio proposé avec Add-on en PSE

a) Principaux avantages

- Mesures multiparamétriques dans le cadre de la dynamique des fluides, de la mécanique des solides, de la micro fluidique, de l'analyse des pulvérisations/particules, des diagnostics de mélange et de combustion.
- La vitesse d'acquisition des données et le temps entre les images (pour la PIV double image) peuvent être modifiés dans le temps pour correspondre, par exemple, à un écoulement accéléré ou à la propagation du front de flamme.
- Bibliothèque de traitement d'images pour un prétraitement avancé.
- Estimation de l'incertitude basée sur la disparité des particules et le rapport de hauteur de pic de corrélation.
- Gestionnaire d'acquisition permettant d'automatiser l'étalonnage, la mesure et l'analyse des données.
- Prise en charge 'plug and Play' de plus de 100 modèles de caméras et de plus de 25 lasers.
- Utilisation complète de Windows 10/64 bits pour gérer de grandes quantités de données et de mémoire vive.
- Traitement rapide et efficace sur les ordinateurs multicœurs grâce au multithreading, à l'analyse distribuée et au calcul par le GPU.
- Documentation complète de l'expérience dans une base de données : réglages, paramètres, notes.

Dynamic Studio prend en charge une gamme de méthodes et de techniques pour les mesures d'imagerie dans le domaine de la dynamique des fluides, des diagnostics de pulvérisation, du mélange de caractérisation des particules et des diagnostics de combustion, ce qui en fait la plate-forme logicielle la plus complète pour les mesures scientifiques avancées basées sur l'imagerie.

Pour les expériences d'imagerie, Dynamic Studio offre une configuration et un contrôle faciles des dispositifs matériels, l'acquisition et le stockage des données, une analyse rapide et une présentation professionnelle des résultats sous forme de graphiques et d'images. L'interface utilisateur intuitif comprend des dispositifs matériels prêts à l'emploi et des assistants pour une configuration facile, des capacités de mesure automatisées et un traitement intelligent des données.

L'architecture du logiciel est construite sur une base solide et puissante avec de nombreux modules complémentaires avancés et spécialisés disponibles sur demande.

Grâce à un contrôle simple des composants matériels, Dynamic Studio assiste les utilisateurs tout au long du processus expérimental, de la configuration du système à l'acquisition et au stockage des données, et jusqu'à l'analyse rapide des données et la présentation des résultats. Les caractéristiques et avantages les plus importants à chaque étape sont mis en évidence ci-dessous.

b) Aide à la mise en place des expériences

(1) Câblages et pré-réglages optiques

La préparation des expériences est importante mais prend souvent beaucoup de temps.

Dynamic Studio propose de nombreux outils et assistants pour vous aider dans ce processus.

- Installation 'plug-and-Play' grâce à la détection automatique du matériel et des appareils
- Gestion et synchronisation du matériel
- Visualisation interactive des schémas de déclenchement et des connexions de câbles
- Fenêtre des câbles de synchronisation pour un guidage sur les connexions de câbles
- Imaging Setup Assistant (ISA) pour aider l'utilisateur à configurer une caméra unique ou une configuration multi caméras : Optimisation du positionnement de la caméra, du choix de l'objectif, de la profondeur focale, et ajustement des paramètres du système de PIV tels que le Δt , les réglages d'ouverture et les choix d'ensemencement.
- Assistance à la mise au point en ligne pour les réglages du Scheimpflug

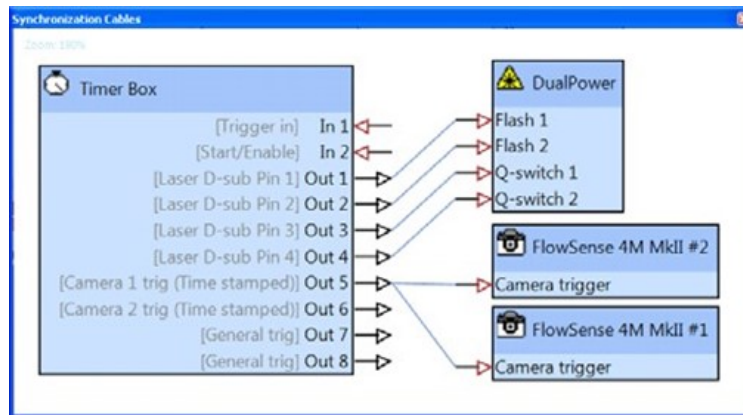


Diagramme temporel pour visualiser les schémas de déclenchement

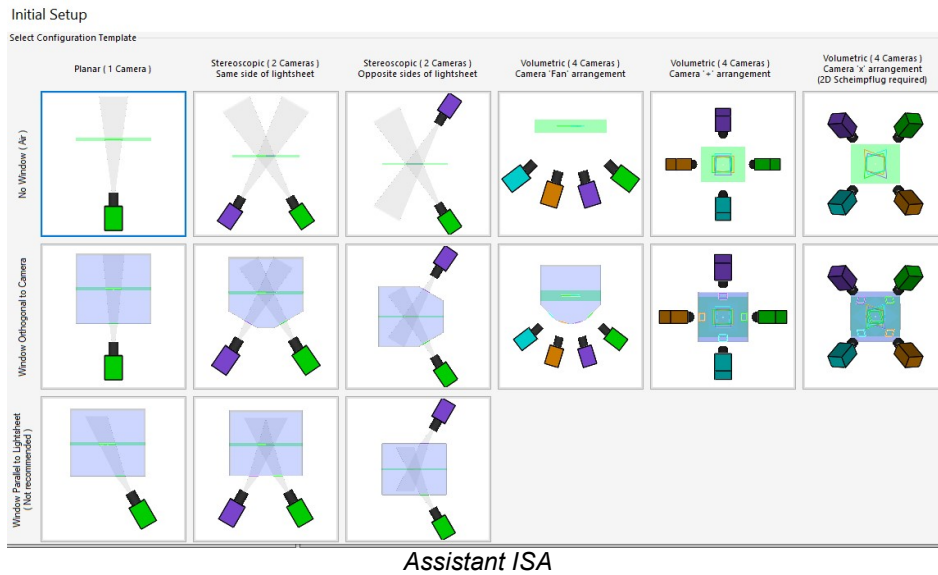
(2) Imaging set-up assistant (ISA)

L'assistant de configuration d'imagerie aide l'utilisateur à configurer, planifier et mettre en place une expérience d'imagerie. Pour une configuration classique de PIV stéréo, par exemple, plusieurs paramètres sont d'une grande importance. Le chevauchement des images, la profondeur de champ, l'angle de Scheimpflug, l'angle de la caméra, le temps entre les impulsions laser, ainsi que le diamètre de l'image des particules en pixels. L'utilisation de l'ISA permet d'étudier ces paramètres et leur influence sur les mesures prévues.

Pour plus de simplicité, l'utilisateur peut sélectionner l'une des 15 configurations prédéfinies. Celles-ci incluent l'air et l'eau comme milieux et couvrent les configurations planaires, stéréo et volumétriques typiques (1, 2 et 4 caméras respectivement). Les modèles peuvent être utilisés tels quels ou modifiés pour correspondre à une expérience planifiée. En sélectionnant une orientation appropriée de la fenêtre par rapport à la ligne de visée des caméras, différentes géométries de dispositifs expérimentaux dans l'eau et dispositions de caméras peuvent être simulées. ISA est intégré avec les caméras et les objectifs supportés par Dynamic Studio. Pour les systèmes à laser, les propriétés des plans de lumière sont insérées manuellement.

Vous pouvez choisir parmi 15 configurations prédéfinies à utiliser comme point de départ. Il est possible de supprimer des caméras ou d'ajouter des caméras supplémentaires à une configuration existante. Une fois qu'une configuration est sélectionnée, l'utilisateur peut lui donner un nom de configuration unique et enregistrer la configuration pour une référence ultérieure.

Les configurations sélectionnables comprennent l'air et l'eau comme milieu ainsi que différentes géométries de bassins d'eau. En partant d'une configuration prédéfinie pour l'eau, l'utilisateur peut modifier l'indice de réfraction du milieu pour l'adapter à d'autres liquides. Un système de coordonnées global avec des limites en X, Y, Z à (-300 ; 300 ; -200 ; 200 ; -300 ; 300) en mm est créé par défaut, mais il peut être modifié par l'utilisateur. Dans les exemples de l'eau, la distance entre la caméra et la fenêtre du bassin peut être modifiée pour adapter par la suite la taille du bassin à la configuration expérimentale de l'utilisateur. L'orientation de la fenêtre par rapport à la ligne de visée de la caméra peut également être modifiée.



Exemple : Configuration PIV Stéréo (2D3C PIV)

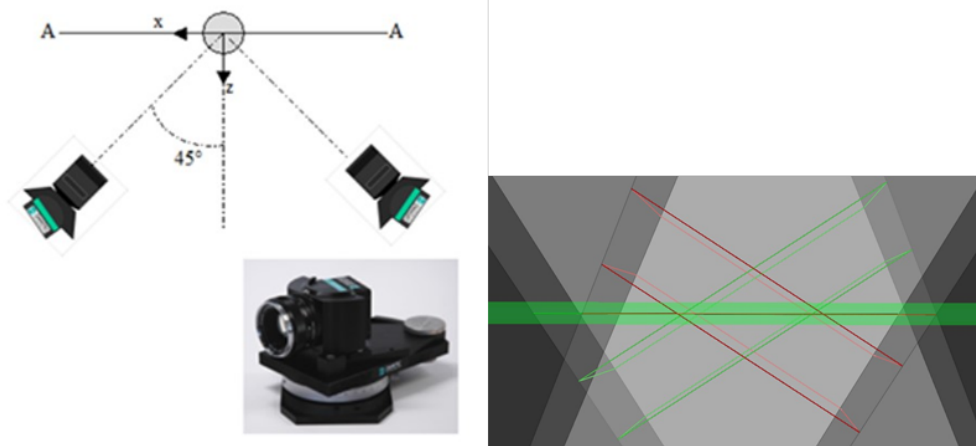
c) La technique de PIV stéréo :

La méthode de traitement "Stéréo-PIV" calcule les vecteurs de vitesse à 3 composantes (3C) dans un plan 2D (un plan de lumière de quelques mm de profondeur) en combinant les données de deux caméras, chacune fournissant des images doubles des particules d'ensemencement dans le plan lumineux, vues de différents points de vue. Le plan 2D est défini par le plan de lumière mais il faut noter que dans les mesures de Stéréo-PIV, la profondeur (ou l'épaisseur) du plan doit être de quelques mm pour permettre l'enregistrement du mouvement hors plan lors de la combinaison des informations 2D des deux caméras.

Pour chacune des deux caméras, la méthode requiert une carte vectorielle 2D et un étalonnage de la caméra décrivant comment les points de l'espace objet correspondent aux points du plan image de la caméra en question. L'étalonnage de la caméra est effectué en mode acquisition, mais ISA calcule/simule et affiche correctement le grossissement et la taille des champs de visée "FoV" qui se chevauchent sur la nappe lumineuse en fonction des caméras sélectionnées, des objectifs et des positions des caméras.

Ces informations permettent d'obtenir la plus petite taille d'IA en mm dans les "FoV" qui se chevauchent.

Dans une configuration optimale de Stéréo-PIV, les caméras regardent le plan de lumière avec un angle de 30 à 45°. Pour assurer une mise au point correcte sur le plan de lumière et sur l'ensemble du champ visuel, l'objectif et le plan de l'image doivent être inclinés comme illustré ci-dessous. Ce mouvement est réalisé à l'aide d'adaptateurs Scheimpflug placés entre la caméra et l'objectif.

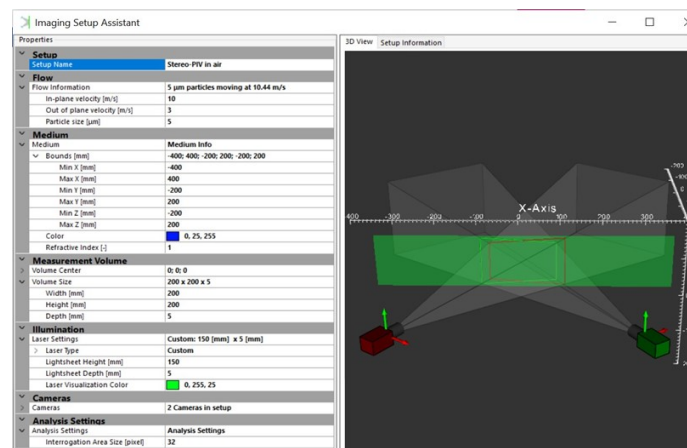


Principe Scheimpflug

Sur la base des données fournies par l'utilisateur, les informations de configuration dans ISA affichent les "paramètres d'imagerie" calculés pour les deux caméras, tels que : le grossissement (M), le champ de vision (FoV), la profondeur de champ (DoF).

À partir de la vitesse maximale attendue dans le plan et hors du plan [m/s] et de la plus petite taille géométrique IA [mm] dans la partie chevauchante des champs de vision des deux caméras, ISA calcule ensuite un Δt (temps entre les impulsions laser) approprié pour une acquisition PIV (double image).

Dans la vue 3D, l'utilisateur peut avoir un aperçu de l'ensemble de la configuration, y compris la position des deux caméras, la région de chevauchement des deux FoV, les DoF et la réfraction de la lumière.



Assistant de la configuration d'imagerie

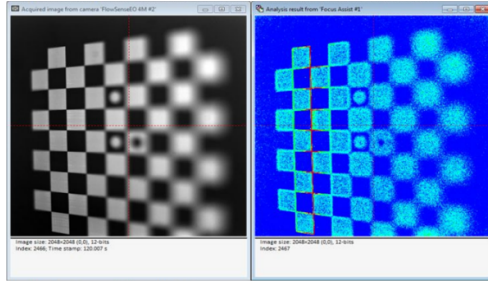
Pour une configuration définie de Stéréo-PIV, ISA présente :

- La taille du champ de vision superposé (FoV)
- La taille moyenne de la zone d'interrogation projetée (IA) en mm - (liée à la résolution spatiale)
- Un Δt recommandé (temps entre les impulsions laser) à utiliser dans l'acquisition PIV
- Le diamètre final de l'image de la particule

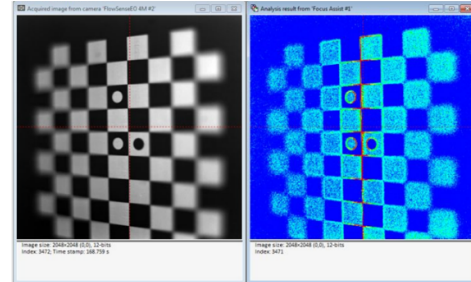
d) Assistant de la mise au point des cameras sur la mire en PIV

Cet assistant montre le graduant des images pour obtenir une meilleure mise au point.

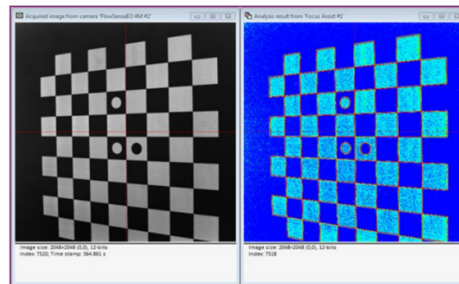
37



1-Set the Scheimpflug angle to the maximum opposite direction



2-Align the focused area with the middle of the image



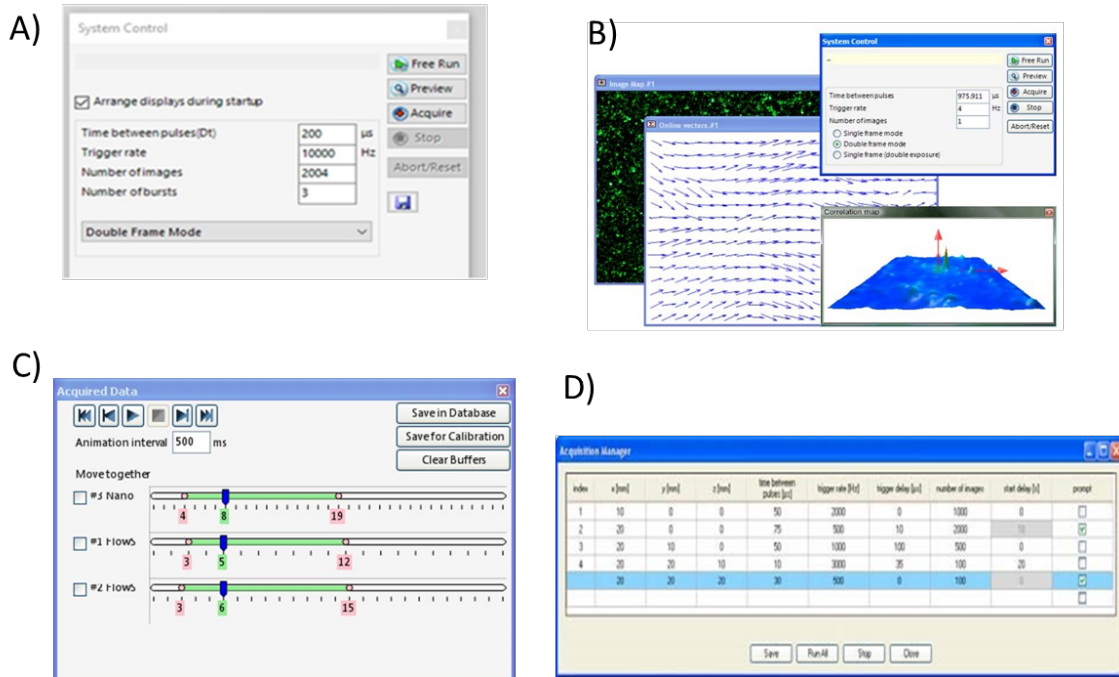
3-Set the correct Scheimpflug angle

Étapes de mise au point en ligne

e) Acquisition

L'acquisition d'images est un processus itératif. Dynamic Studio vous permet de gagner du temps en minimisant le nombre d'itérations.

- Assistant pour configurer des besoins complexes de synchronisation/déclenchement
- Acquisition en temps réel avec retour visuel
- Temps variable pour optimiser le taux d'acquisition des données et le Δt (par exemple dans les écoulements accélérés)
- Contrôle de plusieurs systèmes de mesure simultanément, par exemple PIV et LIF combinés
- 3 modes acquisition: Free run, Preview and Acquire
- Mode Free run – permet de capturer des images sans illumination laser
- Mode Preview – pour le réglage fin des paramètres du dispositif avant l'acquisition proprement dite
- Mode Acquisition – pour l'enregistrement et le stockage des données finales
- Mode Burst – pour acquérir plusieurs ensembles de par exemple 1000 images séparées dans le temps ou séparées en fonction d'un déclencheur externe
- Outil Acquisition Manager pour des routines automatisées d'acquisition
- Option "Split Sensor" : Un seul capteur peut être divisé, ce qui permet d'obtenir deux images distinctes mais liées. Cette fonction est spécialement conçue pour être utilisée en combinaison avec le nouveau Dual Scope
- Générateur d'images de particules synthétiques pour vérifier les réglages et apprendre à utiliser le logiciel
- Stockage uniquement des images nécessaires

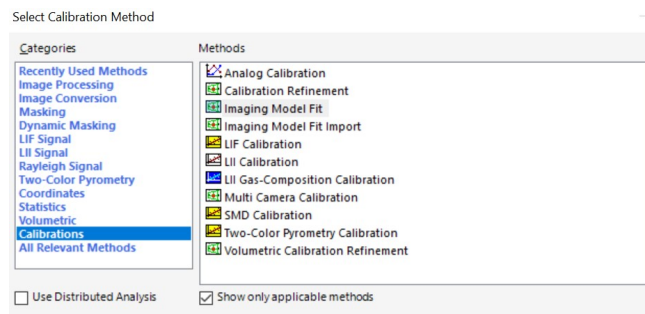


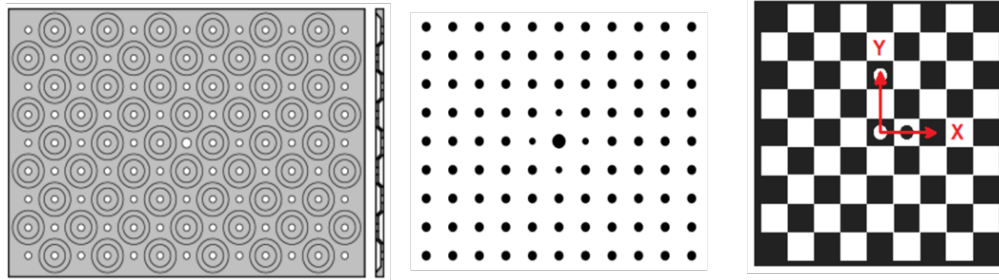
A) Les modes d'acquisition: "Free run", "Preview" B) Les affichages vectoriels et de carte de corrélation en ligne aident à l'alignement du système C) La fenêtre "Acquired Data" pour parcourir les données avant de les enregistrer dans la base de données base D) Fenêtre du gestionnaire d'acquisition.

f) Calibration

Dynamic Studio offre des procédures d'étalonnage rapides et faciles, pour un étalonnage pour les techniques PIV, LIF, et Shadow, ou même des entrées analogiques. Comme les fonctions d'étalonnage métrique pour un système à une ou plusieurs caméras.

- Utilisation facile
- Détection de marqueurs entièrement automatisée
- Haute précision
- Peut être entièrement automatisé en utilisant une traverse motorisée
- Option d'étalonnage manuel pour les cibles autres que celles de Dantec
- Options de raffinement de l'étalonnage 2D et volumétrique
- Améliorer les étalonnages métriques
- Réduire le temps nécessaire au réétalonnage
- Pour mesurer même en présence de fortes distorsions





Mires d'étalonnage standard de Dantec

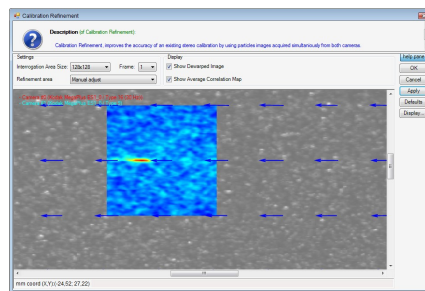
g) Raffinement de l'étalonnage

Le raffinement de l'étalonnage améliore la précision d'un étalonnage stéréo existant en utilisant des images de particules acquises simultanément par les deux caméras pour vérifier et ajuster les étalonnages spatiaux des caméras.

Chacun des modèles d'imagerie originaux (IMF) fait référence à un système de coordonnées défini par la cible d'étalonnage utilisée. Lors de l'utilisation des modèles d'imagerie pour des analyses ultérieures, on suppose généralement que le plan X/Y où $Z=0$ correspond au centre du plan lumineux, mais en pratique, cette hypothèse peut ne pas être valable car il peut être très difficile d'aligner correctement la cible d'étalonnage avec le plan de lumière.

Si la cible d'étalonnage était raisonnablement alignée avec la nappe lumineuse, il est toutefois possible d'ajuster les modèles d'imagerie en analysant une série d'images de particules acquises simultanément par chacune des deux caméras. Cet ajustement est appelé raffinement de l'étalonnage et modifie le système de coordonnées utilisé pour que $Z=0$ corresponde effectivement au centre de la nappe lumineuse, comme le supposent les analyses ultérieures utilisant les étalonnages des caméras (IMF).

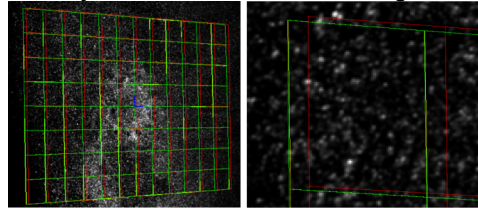
En utilisant les matrices de transformation définies initialement lors de la calibration, chaque image de particule est "déwarpée" puis les deux images acquises simultanément par les deux caméras sont comparées. En théorie, si la calibration a été parfaite au niveau du plan réel situé au centre de la feuille laser, l'image "déwarpée" de la caméra 1 doit être identique à celle de la caméra 2. Cependant, en appliquant une autocorrélation (en code couleur rouge ci-dessous) entre les images de la caméra 1 et celles de la caméra 2, on constate que la valeur n'est pas nulle (vecteur disparité) comme l'indique le résultat ci-dessous (il y a un déplacement virtuel dans la fenêtre d'interrogation).



Affichage du plan d'autocorrélation moyenne présentant l'autocorrélation pour chacun des vecteurs de disparité

Les matrices de transformation de l'étalonnage initial sont ensuite modifiées et corrigées par le déplacement Z (profondeur) d'un ΔZ correspondant à la position réelle $Z=0$ du centre du plan laser (beam waist).

Pour voir visuellement comment l'itération se déplace pour s'ajuster à la nappe lumineuse, on peut également superposer chacun des ajustements du modèle d'imagerie sur une image.

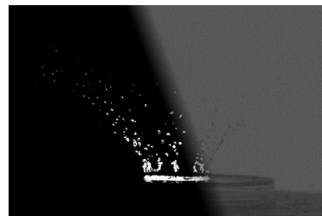


Superposition de l'imagerie sur l'image et zoom sur le coin supérieur gauche. Le rouge est le calibrage original, le jaune est la première itération, le vert la deuxième (une troisième itération a été essayée, mais n'a pas fait de différence visible dans cet exemple).

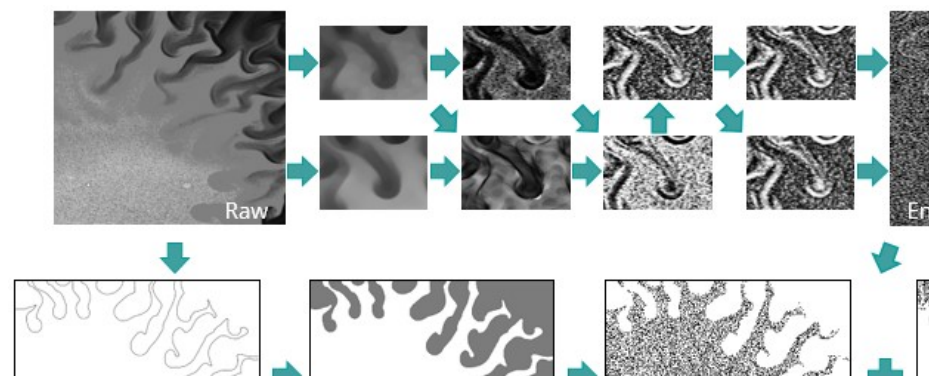
h) Pré-traitement

Les images acquises ne sont souvent pas prêtes pour un traitement immédiat. Les outils de prétraitement vous permettent d'exécuter une large gamme de fonctions puissantes pour optimiser la qualité de l'image, les masques et le "dewarping".

- La bibliothèque de traitement d'images (IPL) est une collection de fonctions de traitement d'images
- IPL vous aide à tirer le meilleur parti de vos mesures dans des situations difficiles
- Image math est un langage macro utile lorsque l'IPL atteint ses limites ou que des opérations spécifiques à l'utilisateur sont souhaitées
- Les masques statiques peuvent être générés manuellement ou sur la base d'un algorithme
- Le masquage dynamique permet d'effectuer des mesures de phases séparées
- Le "Linked Ensembles" permet de traiter facilement deux images ou plus, par exemple une image fractionnée acquise à l'aide du Dual Scope dans le cadre de mesures multiparamétriques.



Prétraitement : Image à contraste amélioré et à bruit réduit (moitié gauche) utilisant l'IPL comparée par rapport à l'image originale (moitié droite)



Exemple de prétraitement d'image dans Dynamic Studio appliqué à une mesure complexe. Les différentes étapes comprennent i) la normalisation de l'histogramme appliquée localement ; ii) la différence du filtre passe-haut gaussien ; iii) la détection des limites de phase ; et iv) le masquage dynamique

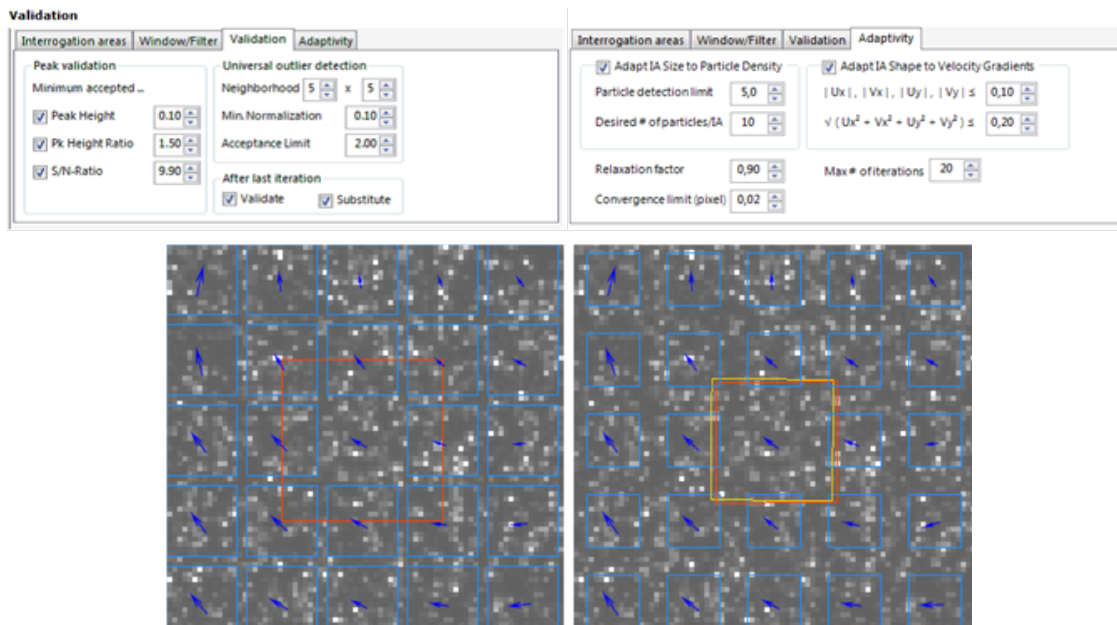
i) Traitement

En ce qui concerne le traitement, Dynamic Studio prend en charge de nombreuses techniques puissantes pour la vélocimétrie, la thermométrie, la concentration et la mesure des particules, afin de réaliser des calculs rapides et précis.

- Plusieurs techniques peuvent être combinées pour obtenir des mesures multiparamétriques
- Chaque technique prend en charge de multiples algorithmes destinés à différentes applications (par ex. PIV adaptative, LSM, PTV 2D et 3D, ou FlexPIV pour la vélocimétrie)
- Prise en charge du traitement rapide pour les processeurs multicœurs et les GPU
- Des séquences d'analyses définies par l'utilisateur permettent le traitement par lots en routine

j) Adaptive PIV

La méthode PIV adaptative est une méthode automatique et adaptative de calcul des vecteurs de vitesse à partir de paires d'images de particules. La méthode peut ajuster de manière itérative la taille, la forme et l'emplacement des zones d'interrogation individuelles pour s'adapter aux densités d'ensemencement locales, aux vitesses d'écoulement et aux gradients de vitesse. La méthode comprend également des options pour appliquer des fonctions de fenêtre, un filtrage de fréquence ainsi qu'une validation sous la forme d'une détection universelle des vecteurs hors champs.

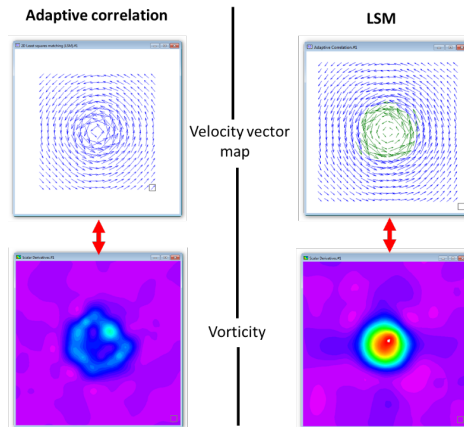


La partie gauche de la figure ci-dessus montre les résultats après la première itération et la partie droite montre la même zone après la deuxième itération.

k) LSM

Le "Least Squares Matching" (LSM) apporte la physique des flux au traitement des images de particules. Contrairement à la corrélation croisée, le LSM utilise un modèle pour décrire le mouvement des éléments fluides.

Ce modèle contient six paramètres décrivant la translation, l'échelle, la rotation et le cisaillement des zones d'interrogation. Les six paramètres de transformation affine sont obtenus de manière itérative et convergent vers la solution correcte en quelques itérations. L'avantage est que non seulement la vitesse est calculée, mais en plus les gradients de vitesse sont directement calculés sans introduire de bruit.



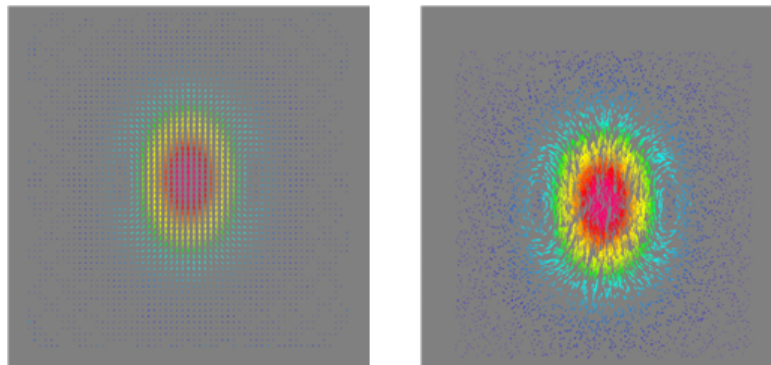
Traitement compare PIV/LSM

l) 2 frame- 2D PTV

L'algorithme de vélocimétrie de suivi des particules (2D-PTV) à deux images et à deux dimensions permet d'obtenir des mesures de vitesse de haute précision dans des images à deux images avec des densités de particules modérées à élevées, caractéristiques des images brutes de PIV.

L'analyse 2D-PTV utilise une analyse "PIV adaptative" en entrée dans des situations avec une seule carte vectorielle PIV adaptative - ou un ensemble de cartes vectorielles PIV adaptatives. Elle est basée sur le schéma de correspondance du calcul de l'incertitude et extrait les traces des particules qui correspondent lorsque les pas de temps sont déformés les uns sur les autres en utilisant la matrice de gradient de vitesse.

Les résultats de PTV peuvent être plus précis et avoir une résolution plus élevée que les résultats de PIV puisqu'ils opèrent sur des particules individuelles au lieu d'une collection de particules, voir un exemple ci-dessous. En outre, les routines de suivi 2D à résolution temporelle (PTV 2D TR) peuvent mesurer les trajectoires de particules individuelles distinctes sur de nombreux pas de temps lorsque des enregistrements d'images uniques sont utilisés.

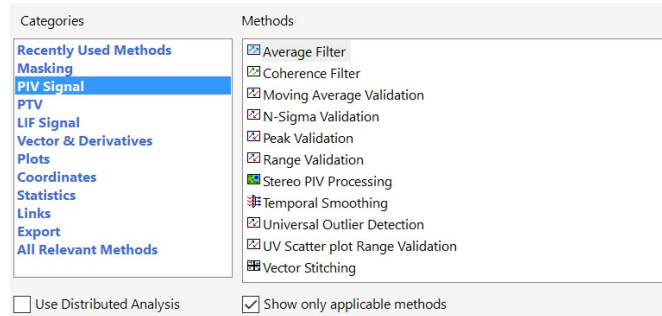


Vecteurs calculés (anneau tourbillonnaire généré à l'aide de particules synthétiques)
à l'aide de la PIV (à gauche) et de la PTV à plus haute résolution (à droite)

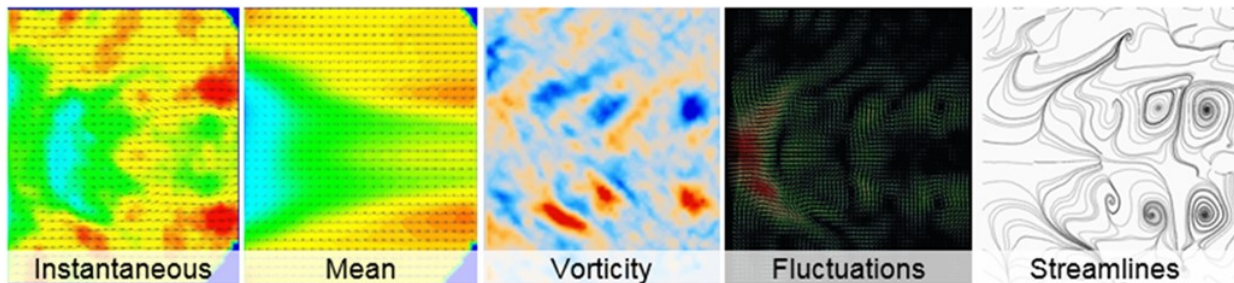
m) Post-traitement

Une gamme complète de méthodes de post-traitement est intégrée dans DynamicStudio, ce qui évite de devoir consulter d'autres logiciels.

- Post-traitement des vecteurs (avec les filtres PIV les plus modernes)



- Statistiques pour obtenir la moyenne, le RMS, l'aplatissement, l'asymétrie et bien d'autres encore
- Dérivées pour obtenir la vorticité, le critère λ_2 , le critère Q, les gradients, la contrainte de cisaillement, etc.



Un exemple de dérivées de l'écoulement calculées à l'aide de DynamicStudio

- Analyse modale (POD, OPD) pour obtenir un aperçu des caractéristiques et de la stabilité de l'écoulement sous-jacent
- Lien MATLAB/Octave pour un post-traitement personnalisé sans exportation
- Outils d'estimation des incertitudes multiples pour les techniques sélectionnées estimation

n) Incertitudes des mesures PIV

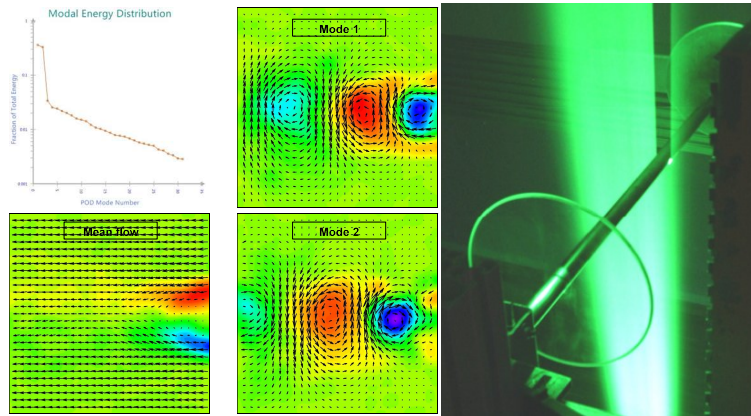
Deux méthodes différentes de calcul de l'incertitude peuvent être sélectionnées : la disparité des particules et le rapport de hauteur de pic. Pour plus d'information, voir l'article [Sciacchitano et al \(2013\)"PIV uncertainty quantification by image matching"Meas Sci Technol, 24 045302.](#)

L'approche du rapport de hauteur de pic est basée sur une relation empirique entre l'erreur radiale et le rapport entre le pic de corrélation le plus élevé et le deuxième plus élevé. Elle ne renvoie que des estimations d'incertitude radiale. Pour plus de détails, voir l'article [Charonko & Vlachos \(2013\)"Estimation of uncertainty bounds for individual particle image velocimetry Measurement from cross-correlation peak ratio."Meas Sci Technol, 24\(6\) 065301.](#)

o) POD

Les structures trouvées sont décrites par des modes POD, où les modes d'ordre inférieur décrivent les structures dominantes contribuant le plus à l'énergie turbulente de votre écoulement. Les modes d'ordre supérieur décrivent des structures à petite échelle moins énergétiques et les modes les plus élevés décrivent généralement le bruit.

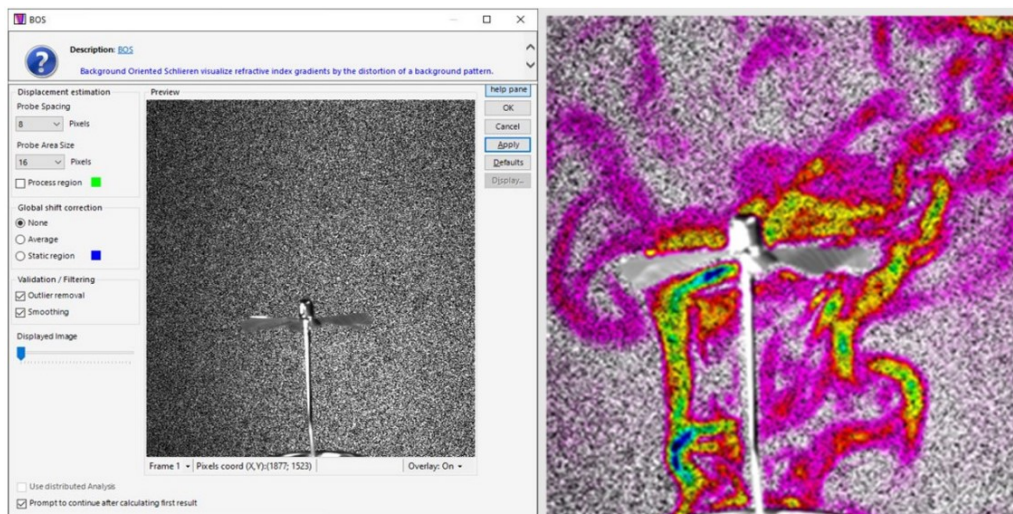
Les modes POD eux-mêmes sont une aide précieuse pour comprendre le comportement de votre champ d'écoulement. Ils peuvent par exemple révéler des structures d'écoulement sous-jacentes qui pourraient facilement être manquées en raison du bruit et des fluctuations aléatoires du champ d'écoulement. Les modes peuvent également être utilisés pour la reconstruction de bas ordre des cartes vectorielles instantanées



En utilisant POD, le classique tourbillon de von Karman peut être décrit avec seulement l'écoulement moyen et deux modes POD dominants

p) DynamicStudio Background Oriented Schlieren (BOS) Add-on

Ce module BOS est proposé en PSE 4 comme demandé. Il permet la visualisation des gradients d'indice de réfraction dans une large gamme d'applications.



The Background Oriented Schlieren (BOS) method in DynamicStudio used for visualization of density gradients over a candle carousel.

La Background Oriented Schlieren (BOS) est une technique pour visualiser la modification d'indice de réfraction dans un fluide transparent. L'indice de réfraction peut changer en réponse aux changements de pression, de température ou par ex. dans les mélanges de divers liquides ou gaz. La BOS est un outil facile à utiliser et est idéale pour visualiser les ondes de choc, les flux chauffés, convection, applications de mélange et plus encore. Un générateur de motifs de fond dédié (« pattern background generator ») est inclus dans le module pour une génération et une impression faciles des motifs de fond (mouchetis aléatoires) de la taille souhaitée.

Le matériel requis pour BOS se limite à

- une caméra haute résolution
- un objectif
- une source de lumière éclairant le motif d'arrière-plan.

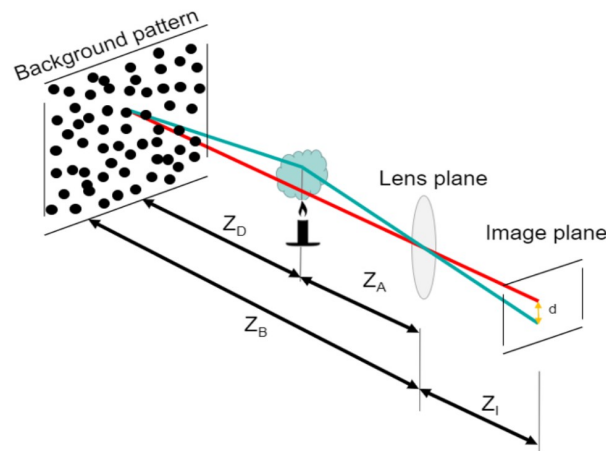
Principaux avantages :

- Facile à utiliser pour la visualisation des gradients d'indice de réfraction dans un fluide
- Installation simple : caméra avec objectif et mouchetis d'arrière-plan bien éclairé.
- Large gamme d'applications
- Un générateur de motifs d'arrière-plan est inclus
- Taille du motif d'arrière-plan librement sélectionnable avec une résolution optimisée pour l'impression
- Technique de corrélation bien éprouvée pour calculer les résultats
- Afficher les résultats du BOS. par amplitude, direction ou une combinaison des deux

Technique de visualisation immédiatement utilisable avec les caméras et objectifs proposés.

Le principe de fonctionnement du BOS est illustré dans la figure ci-dessous : un Le motif d'arrière-plan apparaît déformé lorsqu'il est observé à travers un milieu optiquement inhomogène. En comparant l'image déformée avec une image de référence non déformée du motif, le déplacement apparent local (d) du motif de fond peut être visualisé et mesuré. Les images sont divisées en zones d'interrogation et pour chacune parmi ceux-ci, la intercorrélation avancée fournit une estimation du déplacement moyen à l'intérieur de cette zone.

La sensibilité de la mesure BOS est améliorée avec une grande distance par rapport à l'arrière-plan. La résolution spatiale dépend directement sur la résolution du capteur de la caméra, la taille des pixels et le champ de vision.



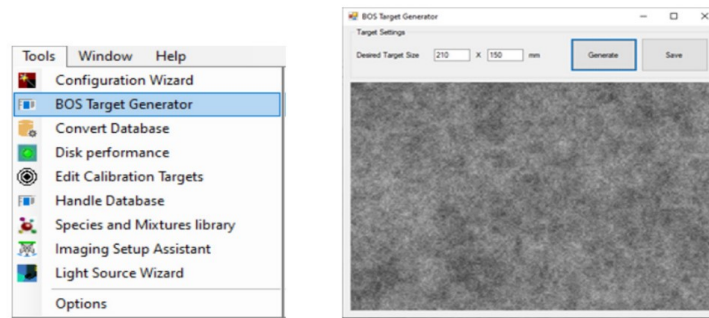
Le motif d'arrière-plan stable apparaît déformé lorsque observé à travers un milieu optique inhomogène et en comparant les distorsions image (ligne bleue) avec une image non déformée (ligne rouge) de la cible le local apparent déplacement (d) du motif de fond peut être mesuré.

Générateur de motifs d'arrière-plan BOS – inclus dans ce module :

Comme expliqué ci-dessus Schlieren orienté vers l'arrière-plan nécessite un motif arrière-plan stationnaire, placé derrière le volume étudié pour que la caméra puisse visualiser l'effet des changements d'indice de réfraction.

Le générateur de motifs d'arrière-plan BOS est facile à utiliser, simplement en précisant la taille souhaitée (largeur et hauteur en mm), un motif de fond peut être généré, enregistré et imprimé. Le généré l'image contient des structures à une multitude d'échelles superposées au-dessus de les uns les autres afin que l'analyse BOS ultérieure permette de voir les structures sur lesquelles corréler et trouver les déplacements créés par l'effet des changements de l'indice de réfraction.

En fonction de la taille du motif de fond sélectionné, le générateur choisit automatiquement un paramètre dpi approprié pour optimiser la résolution de la mire imprimé. Dans certaines applications, par ex. à grande échelle en extérieur expériences, le fond naturel peut contenir suffisamment de structures pour être utilisé comme arrière-plan.



The BOS background pattern generator dialog window to define the target size and to save for printing.

Exigences matérielles :

Comme indiqué, avec le matériel demandé dans l'offre de base KOKOMO, vous pouvez déjà effectuer les mesures BOS en ajoutant le module BOS de DynamicStudio,

Cependant, pour rendre optimiser les mesures et vous laisser plusieurs degrés de liberté dans les différentes configurations et installation nous vous proposons dans l'option PSE 4 BOS :

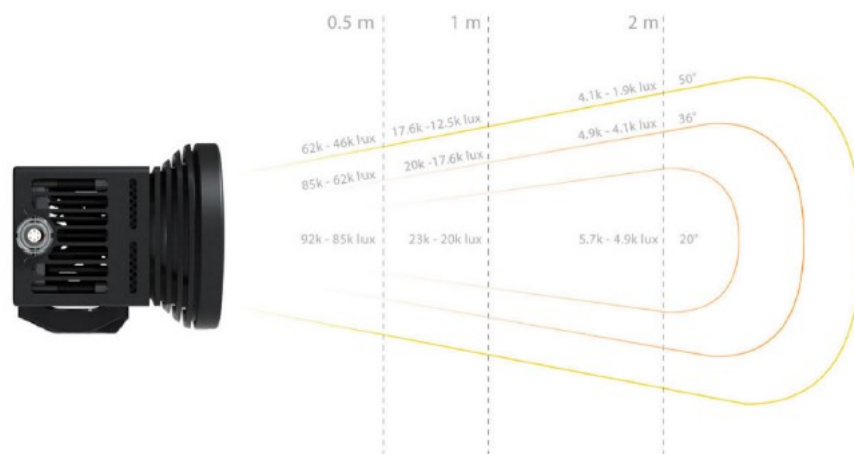
- Un objectif 25 mm (pour plus de flexibilité distance de travail et champ d'observations)
- Un éclairage LED pour éclairer la mire (mire intercalée entre l'éclairage et la caméra)
- Deux trépieds photos (un pour la caméra et l'autre pour la LED) vous permettront des vérifications et mise en place rapides

Une source d'éclairage appropriée telle que celle proposée en option vous permettra de réaliser des mesures BOS temporelles avec votre caméra et le boîtier de synchronisation proposé dans l'offre de base)

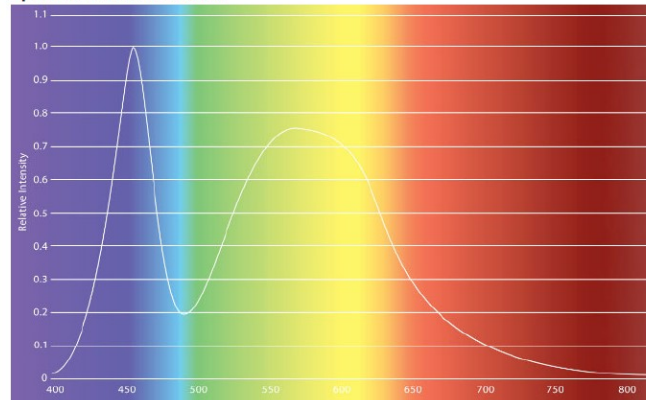
Nous vous proposons dans cette option BOS le rétro-éclairage LED suivant :

LED backlight illumination unit

Photometric data



Spectral characteristics



Avantages clés

- Source de lumière LED haute intensité et non cohérente en mode continu ou pulsé
- Impulsions lumineuses courtes jusqu'à 2 μ s
- Taux de répétition jusqu'à 100 kHz
- Compact, prêt à l'emploi, sans entretien
- Logiciel contrôlé via DynamicStudio

Cette unité de rétroéclairage LED comprend un contrôleur compact. En fonctionnement avec le boîtier de synchronisation, divers paramètres de synchronisation peuvent être programmés et contrôlés directement de DynamicStudio. Contrairement à d'autres sources lumineuses de haute intensité où le temps de préchauffage peut aller jusqu'à plusieurs minutes, cette unité de rétroéclairage LED s'allume instantanément.

Technical specifications

Feature	Specification
Lumens	14,000 (continuous) and 23,800 (pulsed)
Color	Cool White
Reflected beam angle	28° at full width half maximum
Power consumption	120 W (continuous) and 200 W (pulsed)
Input voltage	100-240 V
Maximum pulse rate	100 kHz
Minimum pulse width	2 μ s (Rise/Fall time 500 ns)
Interface option	Sync-in and Sync-out
Weight	400 grams
Dimensions	84 × 83 × 89 mm
Operating temperature	From -40°C up to 70°C
LED lifetime	40,000 hours

La PSE BOS inclut :

- Le module Logiciel BOS de DynamicStudio
- L'unité "LED Back light illumination"
- Deux trépieds photos pour plus de flexibilité un pour la caméra et l'autre pour l'éclairage LED

q) Liens MATLAB & OCTAVE

Avec le lien MATLAB, les données peuvent être transférées de la base de données de Dynamic Studio vers l'espace de travail de MATLAB, et l'analyse des données peut être effectuée à l'aide de

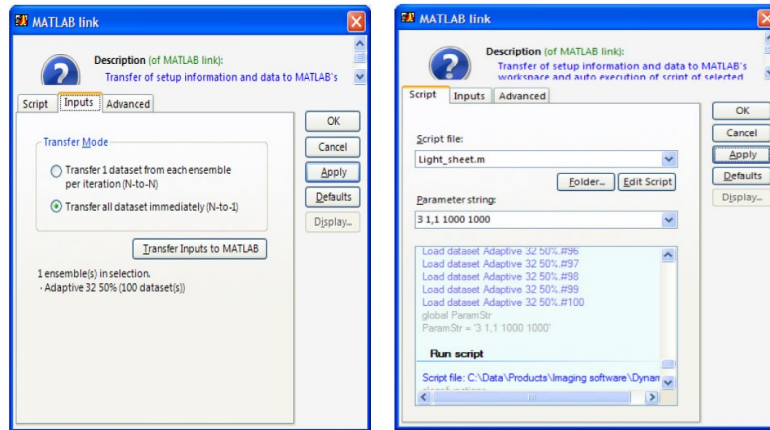
Dantec Dynamics

IRSN-2023-090-3000078783

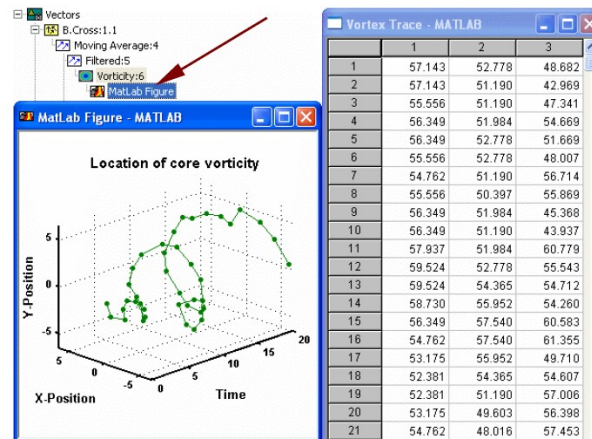
Les informations contenues dans ce document sont confidentielles.

Elles restent la propriété de Dantec Dynamics et ne peuvent être divulguées qu'après accord écrit de Dantec Dynamics

scripts MATLAB fournis par l'utilisateur. Les résultats peuvent être retransférés dans la base de données Dynamic Studio pour y être conservés.



Sélection des données dans la liaison MATLAB



Le lien MATLAB renvoie à la fois des graphiques et des chiffres

Le lien Octave peut transférer les données de la base de données Dynamic Studio vers l'espace de travail d'Octave, et l'analyse des données peut être effectuée à l'aide de scripts Octave fournis par l'utilisateur. Les résultats peuvent être retransférés dans la base de données Dynamic Studio pour être conservés. Pour des informations générales et de la documentation sur Octave, voir <https://www.gnu.org/software/octave/>. La mise en œuvre et l'intégration du lien Octave a été conçues de manière à être aussi proches que possible de la base de données Dynamic Studio.

r) Visualisation

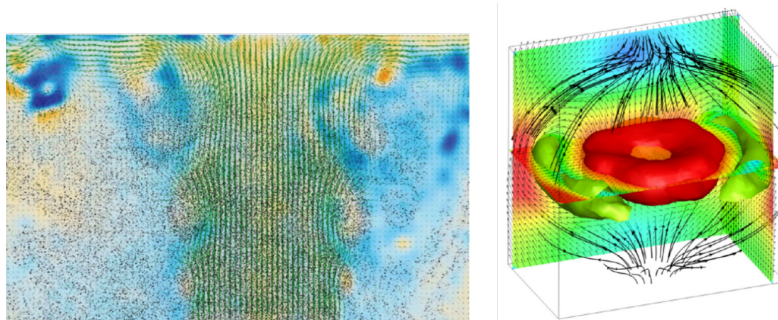
Les expériences de PIV produisent généralement un grand volume de données qui sont souvent difficiles à comprendre. La visualisation des données hautement personnalisable dans Dynamic Studio permet différentes méthodes d'affichage, y compris la visualisation en 3-D de la PIV volumétrique, des images brutes reconstruites, des vecteurs de vitesse et des résultats scalaires.

- Affichage de cartes vectorielles : Outil d'affichage fortement personnalisable pour les résultats de PIV 2D2C et 2D3C pour les vecteurs ainsi que les scalaires (comme une carte scalaire des iso-contours).

- **Affichage 3-D** : Utilisé pour afficher les ensembles de données volumétriques PIV en utilisant des vecteurs, des iso-surfaces et des contours. Les données 3-D (y compris les images volumétriques reconstruites) peuvent être sondées, animées, exportées vers d'autres applications Windows et visualisées dans différents modes de rendu stéréo.
- **Tracés 2-D** : Permet à l'utilisateur de tracer une ligne arbitraire à travers une image, une carte scalaire ou vectorielle et d'extraire les valeurs le long de cette ligne pour former un tracé de profil.
- **Extraction** : extraction en graphiques 2-D de plusieurs ensembles de données dans des positions sélectionnées

Dynamic Studio prend en charge de nombreux moteurs graphiques pour créer des graphiques, des images et des vidéos vivants, informatifs et très avancés de vos résultats.

- Superposition par glisser-déposer de tous les types de résultats, flexible et facile à utiliser
- Vue 3D pratique et ajustable pour une interprétation plus rapide des résultats tridimensionnels



Exemples d'affichages graphiques dans Dynamics Studio

s) Export & import

Dynamic Studio permet également un échange facile et rapide de données, d'images et d'informations de traitement - soit avec d'autres utilisateurs de Dynamic Studio, soit avec d'autres logiciels.

- Exportation de données numériques
- Export/import d'images (bmp ; jpeg ; jpg ; raw ; im7 ; imx ; jpe ; jfif ; tif ; tiff,...).
- Exportation/importation des résultats d'étalonnage, séquences d'analyse
- Exportation des images et des résultats sous forme de vidéo
- Exportation des images et des résultats affichés
- Liens MATLAB & OCTAVE et "Tecplot Data loader"

t) Tecplot

Le chargeur de données Dynamic Studio est un complément simple mais puissant de Tecplot qui donne à l'utilisateur un accès direct aux bases de données créées par le logiciel Dynamic Studio. Le chargeur de données élimine le besoin d'exporter les données.

Les données sont chargées directement depuis l'intérieur de Tecplot à l'aide de fenêtres pop-up au design familier de Dynamic Studio. Le chargeur de données permet une adaptation individuelle des données et l'exécution de macros pendant le chargement.

u) Traçabilité et continuité

Pour avoir une traçabilité et une documentation complètes d'une expérience, Dynamic Studio enregistre automatiquement les chaînes d'analyse contenant tous les réglages du matériel, les paramètres de prétraitement, de traitement, de post-traitement et de visualisation. La séquence d'analyse est visualisée sous la forme d'une structure arborescente avec accès à chaque élément par de simples clics de souris.

II. Description de la formation du personnel IRSN (contenu et modalités d'organisation).

Le matériel sera installé sur le site de l'IRSN Cadarache sur une expérience définie à la convenance des utilisateurs. Dantec Dynamics vous propose une Formation Complète :

- Inventaire et Installation avec présentation du chaque matériel : **1 jour**
- Formation 1 : **2 jours (session 1)**
- Formation 2 : **2 jours (session 2) soit en suivant soit ultérieurement à la convenance des utilisateurs (en générale après 3 semaines de prise en main d'utilisation)**

La mise en service et la formation 1 sont prises en charge via une session de 5 jours. La formation aura dans un format « dynamique » qui tient compte des applications et des exigences des utilisateurs.

- A votre convenance, après quelques temps d'utilisation, nous proposons une autre session sur site de 2 jours centrée et renforcée sur la gestion du matériel, du logiciel et sur les possibles questions soulevées par le fonctionnement et l'utilisation au quotidien du système. En plus de la formation sur site, Dantec Dynamics fournit aussi dans le logiciel des tutoriels didactiques, une assistance téléphonique et visio-conférence.

Formation complète sur site	
Programme de base proposé pour la formation sur le site de l'IRSN :	
Jour 1 & 2 – Inventaire et Installation avec présentation du chaque matériel	
<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place des composants du système PIV • Fonctionnement du Laser PIV et sécurité Laser • Fonctionnement des caméras, de la synchronisation et présentation des modules optiques • Contrôle du poste informatique et mise en place d'une première expérience 	
Jour 1 – Focus sur le Matériel et le Logiciel	
<ul style="list-style-type: none"> • Présentation théorie PIV • Introduction au logiciel DynamicStudio • Fonctionnement de la synchronisation • Configuration situation réelle, réglages optiques et calibration • Premières acquisitions et Post-traitement 	
Jour 2 – Focus sur l'expérience	
<ul style="list-style-type: none"> • Logiciel PIV Dynamic Studio • Calibration sur site • Enregistrement d'images mono et multi-caméras et post traitement des données • Différents modules et fonctions d'analyses avec Dynamic Studio • Export de données 	
Jour 3 – Focus sur la configuration expérimentale	
<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place complète d'une autre expérience avec changement de configuration • Cette nouvelle mise en place expérimentale sera effectuée par le personnel IRSN sous supervision du personnel Dantec Dynamics. • Tour de table questions-réponses (fin de journée) 	
Jour 4 & 5 – Session de formation perfectionnement	
<ul style="list-style-type: none"> • Session sur site centrée sur les questions soulevées par le fonctionnement et l'utilisation au quotidien du système autour d'une expérience en cours. • Support et aide à la mesure optimisée et tour de table questions-réponses 	

Documentation :

- A la livraison :
- Manuel d'utilisation,
- Manuel de sécurité,
- Manuel de maintenance,
- Schémas du câblage de l'équipement et de ses composants,
- Cahier de mesures après la livraison sur site.
- La documentation sera généralement en anglais en anglais.

III. Description de l'organisation de la livraison du système de vélocimétrie et des accessoires (fournitures supplémentaires) sur site et présentation d'un planning prévisionnel de réalisation.

Les délais de livraison que nous vous assurons pour cette offre sont de 16 semaines à compter de la date de notification. Le prix est ferme et inclus toutes les charges.

Le prix total est entendu franco de port et d'emballage comprenant toutes les charges fiscales, parafiscales ou autres, frappant obligatoirement les fournitures et les prestations, ainsi que tous les frais afférents aux frais de déplacement du personnel du titulaire, au conditionnement, à l'emballage, à l'assurance, au transport jusqu'aux lieux de livraison à :

<p style="text-align: center;">IRSN Centre de CADARACHE IRSN/PSN-RES/SEREX/LE2M - Bâtiment 327 13115 St-Paul-Lez-Durance</p>

Dantec Dynamics informera par courriel sous un délai de 20 jours ouvrés (4 semaines calendaires) de la date prévisionnelle de livraison.

Calendrier de Livraison / Installation, Mise en Service / Formation :

J0 : Date de notification du marché

J1 : Date de Livraison sur le site de l'IRSN

Date	Actions
J0 + 6 semaines calendaires	Courriel de date prévisionnelle de livraison – planification d'une visite sur site à la convenance des membres de l'équipe pour une préparation optimisée de l'installation
J0 + 9 semaines calendaires	Visite sur site du personnel Dantec Dynamics Courriels pour validation d'une date de livraison / Planification préliminaire du protocole de l'installation, de la formation et description l'installation expérimentale sur laquelle les équipes IRSN souhaitent réaliser la mise en service, les tests de validation du système et la formation elle-même.
J0 + 12 semaines calendaires	Courriel de validation avec l'interlocuteur des équipes IRSN du protocole technique et calendaire de l'installation/Mise en service/Formation.
J0 + 14 semaines calendaires	Remise des tests équipement avant livraison
J1 = J0 + 16 semaines calendaires	Livraison sur site après validation des équipes IRSN
J1 + 1 semaine	Installation / Mise en service / Premières mesures/Formation

IV. Description du service après-vente durant la période de garantie

A. Garantie et SAV

1. La Garantie

Le matériel est garanti **2 ans** à compter de la date de l'installation et cette garantie couvre les pièces, la main d'œuvre, les déplacements et transports du matériel ou du personnel DANTEC DYNAMICS. Une aide à la mesure ou un dépannage rapide sous 3 jours ouvrés sur site et une aide ou dépannage urgent avec prise de contrôle à distance de l'ordinateur en TeamViewer session est aussi proposée pendant la garantie.

2. Modalités d'interventions

a) En cas de dysfonctionnement du matériel

- Dantec Dynamics s'engage à un premier retour par dans un délai de 1 jour ouvré, suivi par une éventuelle intervention sur site dans un délai maximum de 48 h. Avant le déplacement, un diagnostic sera réalisé au téléphone et/ou en TeamViewer avec contrôle à distance.
- À la suite de l'intervention sur site, plusieurs situations possibles :
 - Soit le problème de dysfonctionnement est résolu sur site avec ou sans précommande et livraison de pièces de rechange sur site.
 - Soit le problème nécessite un retour usine du matériel alors le personnel Dantec Dynamics s'occupe de toutes les modalités et frais de transports concernant ce retour matériel et tiendra informé le personnel des équipes de l'IRSN Cadarache de la durée d'immobilisation sous 5 jours ouvrés (incluant le temps de transport et les premières investigations).
 - Après réparation et retour du matériel dans le laboratoire, le personnel Dantec Dynamics sera présent sur site à la demande du personnel des équipes de l'IRSN Cadarache s'il le souhaite. Lors des fournitures des pièces détachées, Dantec Dynamics s'engage à fournir un rapport de bon fonctionnement sortie d'usine.
 - En termes de moyens techniques, nous disposons au Danemark de plusieurs systèmes de PIV (Stéréo lente et rapides avec Lasers et caméras). Nous pourrions aisément prévoir des solutions de remplacement temporaire si besoin en cas d'immobilisation longue durée d'un équipement nécessitant un retour usine du matériel, un équipement de remplacement (disponible au Danemark) pourra être mise à disposition de l'IRSN.

b) Récapitulatif des modalités de la garantie

Modalités de contacts	Téléphone et courriels : <ul style="list-style-type: none"> - Réponse sous 1 jour ouvré après réception du message téléphonique et surtout du courriel demandant le support
Délai de réponse et d'intervention	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation de la prise en charge par téléphone et/ou prise de contrôle à distance ou déplacement sur site en fonction des disponibilités du personnel Dantec Dynamics basé à Marseille. - Si intervention nécessaire : 48h après sur site.
Durée de disponibilité des pièces détachées	<ul style="list-style-type: none"> - 7 ans

c) SAV (hors dysfonctionnement du matériel)

Pendant la période de Garantie de 2 (deux) ans :

- Hotline, téléphone, assistance Netviewer/Teamviewer
- Mise à jour de DynamicStudio (Dongle avec accès au Téléchargement 1 an)
- **1 intervention de 1 jour par an** sur site réservée à la maintenance de l'équipement prévue et ce, deux mois avant la fin de chaque année de garantie
- **8 jours sur site** proposés en service d'assistance technique pour support et aide à la mesure pendant la garantie si besoin et sur demande. Ces 8 journées pourront être réparties après la recette du matériel à la convenance du personnel IRSN, chaque demande d'intervention sur site devra être planifiée au plus tard 2 semaines avant les dates souhaitées.

Période Hors Garantie (hors jours supplémentaires proposés précédemment)

- Hotline, téléphone, assistance Netviewer/Teamviewer : 10 heures de support technique par an et ce, sans contrat de maintenance.

L'absence de contrat de maintenance ne nous empêchera pas d'intervenir rapidement pour une assistance sur site ou un dépannage. Cette prestation sera facturée 1200 € HT par jour pour une intervention.

d) Durée de vie et consommables pour entretien SAV

La durée de vie du matériel, dans le cadre d'une usure normale est d'au moins 7 ans à compter de l'installation sur son site. A titre d'information, nous vous informons qu'il existe des pièces d'usure normale pour le laser concernant le filtre et 10l d'eau déminéralisée de la ligne de refroidissement. En principe, ces pièces sont à changer tous les 6 mois à 12 mois suivant utilisation.

A titre indicatif, vous trouverez ci-dessous le prix indicatif du mois de novembre 2023 :

- 9138A6505 / Deionizer Cartridge for 50-100,50-200 & 100-100 lasers : 300 €

e) Engagements DANTEC DYNAMICS pour le SAV

DANTEC DYNAMICS s'engage à maintenir l'équipement installé en bon état de fonctionnement pendant toute la durée du contrat. DANTEC DYNAMICS s'engage à vérifier, à réajuster et à réparer l'équipement livré. La vérification sera réalisée en tenant compte des remarques éventuelles des utilisateurs. DANTEC DYNAMICS peut suggérer d'apporter des améliorations à l'équipement. Toute intervention est effectuée conformément aux procédures établies par DANTEC DYNAMICS dans les manuels de service et autres documents de maintenance. Pendant la période de garantie, DANTEC DYNAMICS s'engage, en cas de défaillance ayant entraîné un arrêt d'un des éléments composant le système, à prendre contact par téléphone et courriel sous 2 jours ouvrés pour évaluer la situation et prendre s'il le faut le contrôle à distance pour résoudre le problème ou faire le diagnostic. A la suite de ce diagnostic, DANTEC DYNAMICS s'engage à faire intervenir un spécialiste dans un délai maximum de 3 jours ouvrés, du lundi au vendredi).

En termes de moyens techniques, DANTEC DYNAMICS dispose au Danemark de plusieurs systèmes de PIV (Stéréo lente et rapides caméras). Nous pourrions aisément prévoir des solutions de remplacement temporaire si la durée d'immobilisation dépasse les 20 jours ouvrés.

f) Exclusions de Garantie DANTEC DYNAMICS

DANTEC DYNAMICS n'a pas d'obligation de service ou de maintenance dans les cas de :

- Mauvaise utilisation de l'équipement, notamment concernant les capteurs des caméras (impact LASER direct).
- Chocs inhabituels, dommage électrique, environnement corrosif susceptible d'endommager les circuits électriques, dommage causé pendant les transports en dehors des transports pris en charge par DANTEC DYNAMICS, négligence et toute autre cause inhabituelle.
- Modifications, réparations et autres travaux de maintenance effectués par du personnel n'appartenant pas à DANTEC DYNAMICS sans l'approbation de DANTEC DYNAMICS.
- Non-respect des spécifications d'environnement DANTEC DYNAMICS.
- Force majeure

55

3. Equipe Dantec Dynamics

La pérennité de notre entreprise (plus de 40 ans), la dimension de notre équipe (4 personnes en France dont 1 SAV) et notre statut de filiale nous permettent d'assurer une maintenance fiable et rapide. Cette assistance optimale est assurée par le personnel de DDY avec la présence dans le sud à Marseille de M. Jean-Jacques LASSERRE Docteur-Ingénieur et à Nîmes de notre responsable SAV M. Philippe Galtier. Il y a également un ingénieur Amaury Poidatz sur la région parisienne et Christian Tanguy notre directeur sur l'ouest.

V. Description de l'organisation de la maintenance préventive et du service d'assistance technique.

Possibilité de contrat de maintenance après fin de garantie - 6000 € HT par an

Ce contrat a pour objet d'assurer à l'IRSN les performances optimales de l'équipement installé suivant la période de garantie:

- Les conditions habituelles de maintenance de Dantec Dynamics (DDY) pendant la période normale de garantie d'une année sont prolongées pour une durée d'une année supplémentaire en ce qui concerne le service
- Maintenance laser, réglages optiques, réparation sur site ou au Danemark, la main d'œuvre et les déplacements du personnel DDY pour les travaux de réparations.
- Assistance et intervention sur la mise en place expérimentale pour d'autres applications
- Cette assistance optimale est assurée par le personnel de DDY avec la présence dans le sud à Marseille de M. Jean-Jacques LASSERRE Ingénieur-Docteur et à Nîmes de notre responsable SAV M. Philippe Galtier qui est habilité à toutes réparations.

A. Description du contrat de maintenance proposé

DDY s'engage à maintenir l'équipement installé en bon état de fonctionnement pendant toute la durée du contrat. DDY s'engage à vérifier, à réajuster et à réparer l'équipement figurant Annexe 1. Si nécessaire, les pièces défectueuses seront remplacées mais reste à la charge de l'IRSN, voir Paragraphe IV. La vérification sera réalisée en tenant compte des remarques éventuelles des utilisateurs. DDY peut suggérer d'apporter des améliorations à l'équipement. Toute intervention est effectuée conformément aux procédures établies par DDY dans les manuels de service et autres documents de maintenance de DDY.

- Mise à jour de DynamicStudio (1 Dongle avec accès au Téléchargement 1 an)
- Entretien et réglages du laser PIV : Contrôle général des performances
 - Réglage d'alignement Contrôle de puissance du laser YAG
 - Réglage complet, Coïncidence des deux nappes et bilan
 - Réglage d'alignement en sortie du bras laser
 - Changement Filtres et liquide échangeurs inclus
- Contrôle complet du fonctionnement de la chaîne de mesure
- 1 jour par an uniquement dédiée à la maintenance préventive
- 4 jours supplémentaires dédiés : au support essais et aide à la mesure
- Frais de déplacement inclus
- Pièces détachées en sus.
- Garantie : 3 (trois) mois sur les pièces et 1 (un) an sur la main d'œuvre.

Une intervention classique de maintenance préventive de 1 jour comprend les opérations suivantes :

I. Parties optiques et Laser

Changements liquide et Filtre
Contrôle général des performances
Réglage d'alignement
Réglage de l'énergie des faisceaux

II. Parties électroniques / caméras / PC

Contrôle général des performances
Les composants électroniques du Laser ne sont pas pris en compte dans ce contrat de maintenance.

B. Dates d'intervention, délai d'intervention et temps de maintenance

Les dates de visite sont fixées par l'utilisateur. Ces dates peuvent correspondre à des interventions requises pour réparation, mais l'utilisateur est libre de demander une intervention à tout moment.

DDY s'engage à intervenir dans le meilleur délai (72 heures Maximum) après réception de la demande d'intervention. Dans le cas d'une panne éventuelle, la réparation nécessaire sera effectuée par un technicien DDY, ou une unité de substitution, laser inclus, sera mise en service, permettant à l'utilisateur de poursuivre les mesures en cours.

C. Coût du contrat et facturation pour une année de maintenance

Le montant total du contrat maintenance est de :

6000 € HT intervention sur site (3 jours par an), assistance et expertise

D. Interventions non couvertes par le contrat

DDY n'a pas d'obligation de service ou de maintenance dans les cas de :
Mauvaise utilisation de l'équipement, notamment concernant les capteurs CCD/CMOS des caméras (impact LASER direct).

- Chocs inhabituels, dommage électrique, environnement corrosif susceptible d'endommager les circuits électriques, dommage causé pendant le transport, négligence et toute autre cause inhabituelle.
- Modifications, réparations et autres travaux de maintenance effectués par du personnel n'appartenant pas à DDY sans l'approbation de DDY.
- Non-respect des spécifications d'environnement DDY.
- Force majeure
- Les interventions à des adresses différentes de celles de l'utilisateur et de DDY seront facturées

E. Validité du contrat

Le contrat couvre la période définie au paragraphe IV. Les conditions de renouvellement seront communiquées à l'utilisateur deux (2) mois avant l'échéance du contrat en cours. Le contrat peut alors être reconduit pour une nouvelle période d'une (1) année.

L'une ou l'autre des deux parties du présent contrat peut y mettre fin en adressant un préavis par lettre recommandée au plus tard un (1) mois avant la date d'expiration.

VI. Tableaux récapitulatif de l'offre de base et des prestations supplémentaires proposées

OFFRE BASE FERME – KOKOMO		
Equipement	N° série	Description
ILLUMINATION LASER	9138A7537 9050X0461 21988S01	LASER ET SON BANC <ul style="list-style-type: none"> DualPower 100mJ-50Hz Laser, 532 nm, incl. Mot. Attenuator Bench for DualPower 100-50 Two extension umbilicals 3 m long, detachable
	9080X2342 9080X2971	LUNETTES PROTECTION <ul style="list-style-type: none"> 4 Laser Protective Eyewear NdYAG, for 315 to 532 nm 4 Laser Alignment Eyewear for PIV Nd:YAG laser, 532 nm
	21184S01	BRAS ARTICULE <ul style="list-style-type: none"> Long Light Guide Arm and Base, length 3m, High-power
	9081X0801 9080X8951 9080X0911 9080X0951 9080X0961	GENERATEUR DE NAPPE <ul style="list-style-type: none"> Light Sheet Base Module for Lasers and Light Guide Arms Entrance Module P5.8 mm Variable Focus Module Angle Module 2 Angle Module 4 (two pieces)
ENSEMBLE DE 3 CAMERAS	9086C0471 9081C0811 21193S01	LES CAMERAS <ul style="list-style-type: none"> 3 * FlowSense FCX 5M-124 Camera 2448 x 2048 pc 124 fps CoaXpress12 Frame Grabber 4.ch for FlowSense FCX Series 3 * 10m cable for Flowsense FCX 5M-124
	21187S02	LES OBJECTIFS <ul style="list-style-type: none"> 3 * 16mm C-Mount f1.8 lens / Optimized for small pixel sensors
	21186S01	LE BANC SUPPORT CAMERAS <ul style="list-style-type: none"> Bench + Manual Trimming Platform / 3 * 125mm Long Travel
	21192S01	LE DEPLACEMENT VERTICAL MOTORISE PILOTABLE PC <ul style="list-style-type: none"> Vertical 1D Traverse / Vertical 1810mm Z axis + Controller
SYNCHRONISATION	9081N0201	BOITIERS DE SYNCHRONISATION <ul style="list-style-type: none"> Performance Synchronizer <ul style="list-style-type: none"> 32 sorties indépendantes 4 entrées de déclenchement externe 4 sorties analogiques et 2 entrées analogiques Interface USB et Ethernet
SYSTEME INFORMATIQUE	9081N0131	PC HAUTE PERFORMANCE <ul style="list-style-type: none"> Performance Imaging Streaming Workstation <ul style="list-style-type: none"> Dual Intel Xeon 8-Core CPU 3.2 and 4.0GHz Turbo RAM 96 GB / HD1 : 512GB M2 SSD Class 50 HD 2 : 1TB NVMe SSD Raid streaming with over 1800MB/s HD3 : 8TB Raid System for data NVidia 2GB basic GPU
LOGICIEL PIV DYNAMICSTUDIO	9080S0572 9080S0581	1 LICENCE ACQUISITION / ANALYSE <ul style="list-style-type: none"> DynamicStudio Base Package 2D PIV Add-on for DynamicStudio
	9080S0921	2 LICENCES ANALYSE UTILISATION SUR D'AUTRES PC <ul style="list-style-type: none"> DynamicStudio Analysis Licenses
ENSEMENCEMENT	9010F0021 Special/SG 9010T0801	ENSEMBLE GENERATEUR DE GOUTTELETTES AVEC RECHAUFFEUR <ul style="list-style-type: none"> Liquid Seeder, 10 bar Back Pressure Heater and Filter Heater package (20-120°C) DEHS - Di-Ethyl-Hexyl-Sebacic- Acid-Ester - 2 Liters
VALISES DE TRANSPORT		Des valises de transport ou stockage de type sont fournies avec les caméras, les optiques nappes, caisse laser.....
INSTALLATION - FORMATION	Training	5 jours pour 4 personnes

GARANTIE OFFRE KOKOMO		2 ANS GARANTIE <ul style="list-style-type: none"> Hotline, téléphone, assistance Netviewer/Teamviewer Mise à jour de DynamicStudio 1 intervention de 1 jour par an 8 jours sur site en service assistance technique pour support et aide à la mesure
Prestations Supplémentaires Eventuelles		
Prestation supplémentaire n°1 : Accessoires complémentaires associées à l'application secondaire MEDLEY		
MEDLEY	9080A3011	ENSEMENCEMENT <ul style="list-style-type: none"> PSP-5, Polyamid Particles, Diam. 5 um, 250 g
	21188S02	MIRE <ul style="list-style-type: none"> Custom Single Sided, One-Level Calibration target 200x82mm
Prestation supplémentaire n°2 : Accessoires complémentaires associées à l'application secondaire MIDI		
MIDI	9080A6011	ENSEMENCEMENT <ul style="list-style-type: none"> HGS-10, Hollow Glass Spheres, Diam. 10 um, 250 g
	21188S1	MIRE <ul style="list-style-type: none"> Custom Single Sided, One-Level Calibration target 600x300mm <ul style="list-style-type: none"> Dot Spacing = 11mm Zero marker diameter =4mm Axis marker diameter=2mm Main Marker diameter=3mm.
Prestation supplémentaire n°3 : Accessoires complémentaires associées à l'application secondaire TREFLE		
TREFLE	9080A3011	ENSEMENCEMENT <ul style="list-style-type: none"> PSP-5, Polyamid Particles, Diam. 5 um, 250 g
	21188S03	MIRE <ul style="list-style-type: none"> Custom Single Sided, One-Level Calibration target 150x150mm <ul style="list-style-type: none"> Dot Spacing = 5mm Zero marker diameter =2.7mm Axis marker diameter=1.3mm Main Marker diameter=2mm.
	21188S04	<ul style="list-style-type: none"> Custom Single Sided, One-Level Calibration target 150x110mm
	9080C0561	FILTRE PASSE-BANDE <ul style="list-style-type: none"> Camera Filter Narrow Band (+/-5nm), 532nm
Prestation supplémentaire n°4 : Accessoires complémentaires associées à l'imagerie BOS		
BOS	9080S0241	MODULE BOS DYNAMICSTUDIO <ul style="list-style-type: none"> Background Oriented Schlieren Add-on for DynamicStudio <ul style="list-style-type: none"> Add-on includes a background pattern generator for printing a dot pattern needed in the background of the image
	21187S03	OBJECTIF SUPPLEMENTAIRE POUR PLUS DE FLEXIBILITE <ul style="list-style-type: none"> 25mm C-Mnount f1,8 lens <ul style="list-style-type: none"> Optimized Min. focus range 0.1m, filter size and adaptors to 52mm.
	9080X7303	ECLAIRAGE LED <ul style="list-style-type: none"> LED Backlight Illumination Light source
	9080X7303	TREPIEDS PHOTOS <ul style="list-style-type: none"> Tripod for camera, adjustable height & 3-way swiveling head <ul style="list-style-type: none"> (un pour la caméra et l'autre pour la LED) vous permettront des vérifications et mise en place rapides