

MESURE DE LA DÉFORMATION PAR INTERFEROMÉTRIE DE SPECKLE

Nom des étudiants :

Date :

Date de retour	<input type="checkbox"/> 1 jour de retard	-2pts
	<input type="checkbox"/> 2 jours de retard	Note /2
	<input type="checkbox"/> + de 2 jours de retard	Note=0/20
Rangement	<input type="checkbox"/> Rangement non conforme = -2 pts	
Fichiers extraits du site	<input type="checkbox"/> Fichiers non copiés sur le bureau avant utilisation = -2 pts	

Compétences évaluées		Compétences détaillées		Correc- teur	N° Question	Non évalué	0	1	2	3	
Mener une analyse fonctionnelle du système, identifier ses éléments et vérifier ses performances											
C1.5	Simuler et valider les solutions techniques	Identifier les fonctions du système		OS	3.1						
				OS	3.2						
				CS	3.6						
		Simuler le fonctionnement		OS	3.4						
C3.2	Valider un système	Relever le comportement du système		OS	3.3						
		Comparer les résultats obtenus par simulation et en fonctionnement réel		OS	3.5						
		Argumenter les écarts constatés		OS	5.4						
Mettre en œuvre, régler et contrôler le fonctionnement du système											
C2.3	Régler le système	Identifier le matériel de contrôle		OS	5.1						
		Mettre en œuvre les appareils de mesurage				X'					
		Relever les résultats obtenus		OS	4.1						
		Régler les sous-ensembles ou composants		OS	4.1						
C3.1	Mettre en œuvre un système optique	Assembler les composants nécessaire au système		GB	4.3						
				GB	4.3						
		Mettre en œuvre une ou plusieurs opérations techniques permettant le bon fonctionnement du système		OS	4.2						
				OS	5.3						
				OS	5.3						
		Vérifier le fonctionnement		OS	4.2						
		OS	5.1								
		GB	5.2								
Taux pondéré de compétences et indicateurs évalués :										100.00%	
Note brute obtenue par calcul automatique (attention si le taux est <50%, le calcul n'est pas proposé) :										#DIV/0! /20	
Note sur 20										/20	

Appréciation globale

GRILLE DE NOTATION A REMPLIR PAR LES ENSEIGNANTS

TOUS LES FICHIERS A UTILISER DANS CE TP DOIVENT ETRE EXTRAITS DU FICHIER ZIP DU SITE SUR VOTRE BUREAU AVANT D'ETRE UTILISES !! -2 POINTS AU TP SI CELA N'EST PAS FAIT

1. Éléments à votre disposition

2. Présentation du contexte

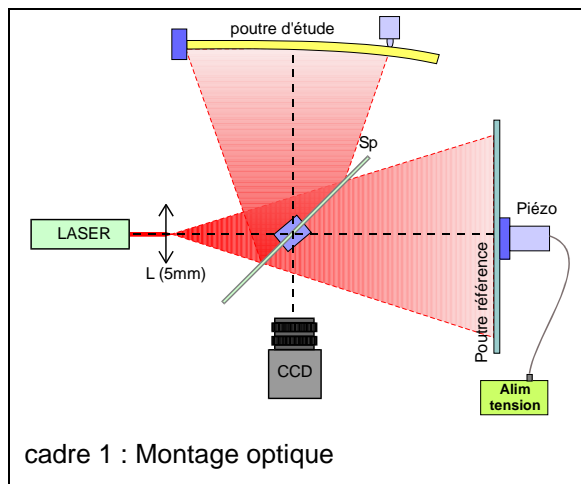
3. Analyse du système :

3.1. Interféromètre de Michelson

En quoi le montage proposé **cadre 1** diffère-t-il du montage habituel de Michelson ?

Quelle condition, relative à la longueur des bras et à la longueur de cohérence de la source, permet d'obtenir des interférences sur la caméra ?

Réponse :



3.2. Grains de speckle

Montrer que la valeur limite vers laquelle tend d si l'on éloigne l'objet sans changer l'ouverture de l'objectif est $\varnothing = 1,22 \cdot \lambda \cdot NO$.

Réponse :

- Calculer la valeur de s avec la valeur de $NO = 4$. ($\lambda = 633 \text{ nm}$)

Réponse :

- s limite la valeur du déplacement transversal (ou de la déformation) décelable par interférométrie de speckle. L'image est de bonne luminosité mais on veut augmenter le déplacement mesurable. Faut-il ouvrir ou fermer le diaphragme ? Sur quel autre paramètre faut-il agir pour avoir la même luminosité ?

Réponse :

3.3. Interférométrie de speckle en temps réel ou en double exposition

- Justifier que $|I_2 - I_1|$ devient nulle (frange sombre dite de corrélation d'intensité) lorsque $(\varphi_{z2} - \varphi_{z1})/2 = k\pi$
- En déduire que l'espacement entre 2 franges sombres correspond à une déformation supplémentaire de $\lambda/2$.
- Peut-on connaître le sens de la déformation d'un objet en observant ces franges ?

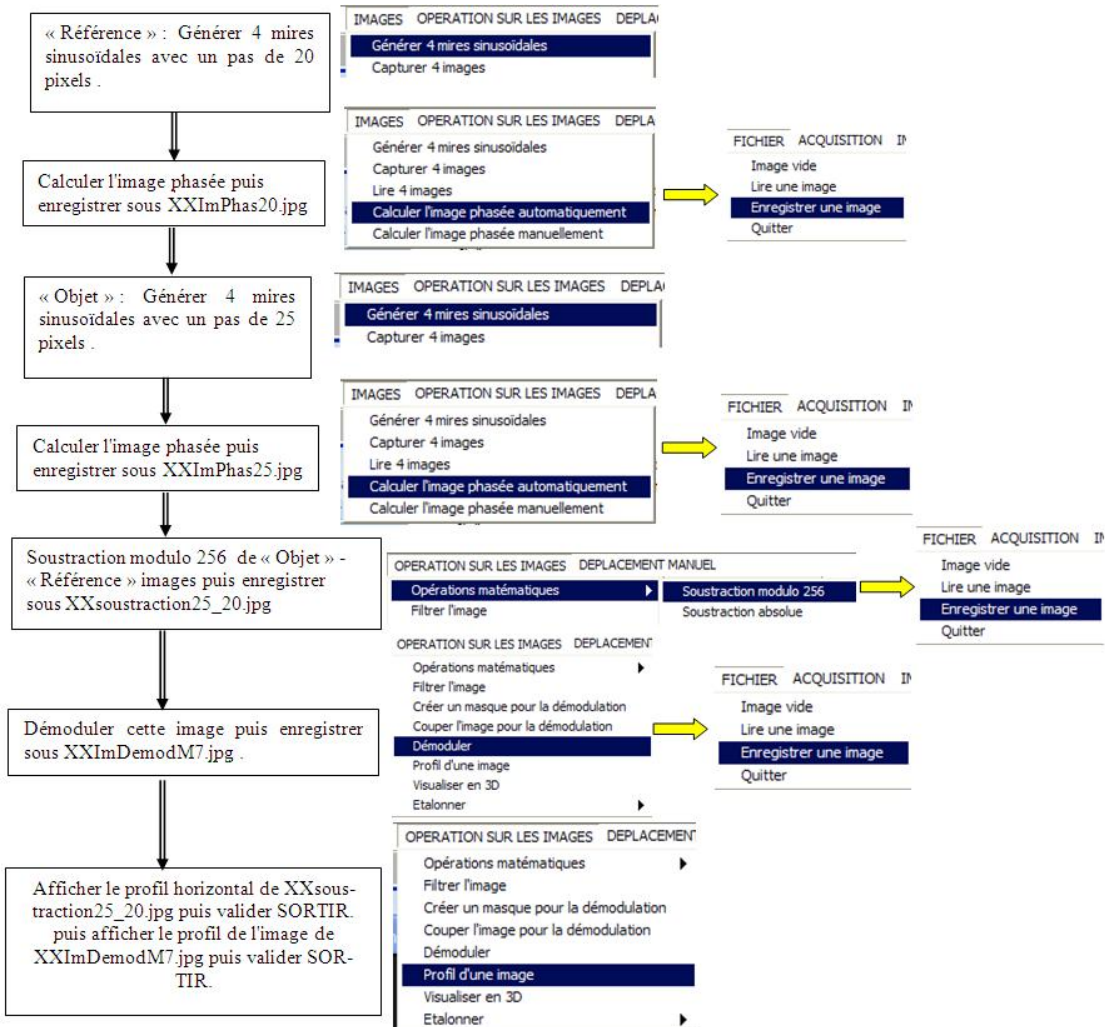
Réponse :

3.4. Principe des images phasées.

- Montrer que l'on obtient φ (à $k\pi$ près) par : $\varphi = \text{Arc tan} \frac{I_4 - I_2}{I_1 - I_3}$.
- Justifier que φ est déterminé à $2k\pi$ près si l'on tient compte en plus du signe de $\sin(\varphi)$

Réponse :

3.5. Initiation au traitement d'image et principe des images phasées.



Réponse :
Voir

- ◆ Conclusions :
En analysant l'image **XX**soustraction25_20.jpg, donner la signification du paramètre **M = 7** affichée lors de la démodulation. Conclure.

Réponse :

À partir des explications précédentes, répondre aux questions suivantes :

Comment sont représentées les valeurs de $\varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda} = \frac{4\pi.\Delta z}{\lambda}$

- sur l'image **XX**soustraction25_20.jpg ?
- sur l'image **XX**ImDemodM7.jpg?

Réponse :

Faire appel à un professeur pour expliquer vos conclusions.

3.6. Analyse fonctionnelle

Diagramme de cas d'utilisation

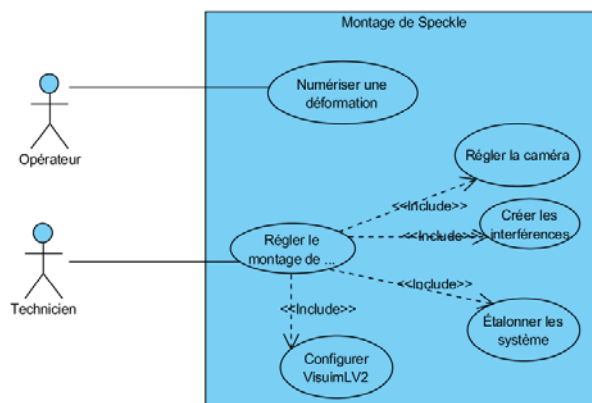
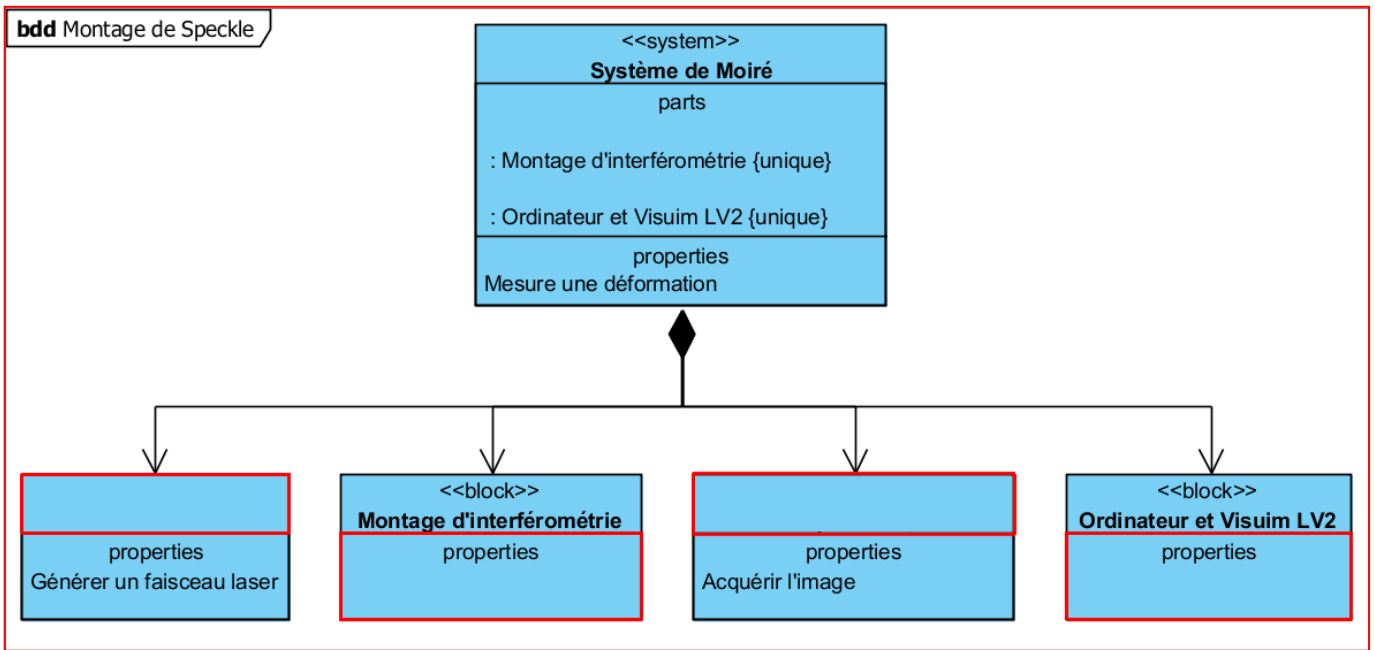


Diagramme de définition des blocs
 Compléter le diagramme de blocs



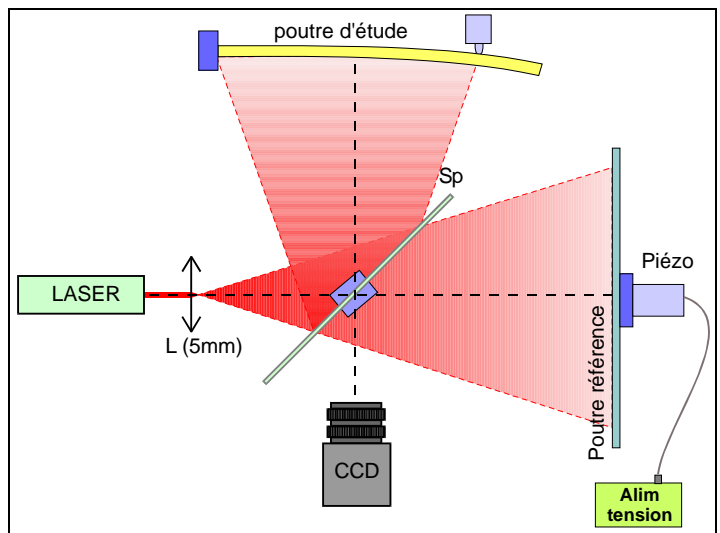
Réponse :
 Voir BDD ci-dessus

4. Mise en œuvre du système

4.1. Réalisation du montage

4.1.1. Image en temps réel

- Réaliser le montage d'enregistrement décrit cadre 2. Eloigner suffisamment la poutre de la lentille pour avoir un éclaircissement homogène de la poutre.
- Placer la séparatrice et la caméra. Ouvrir VisuimLV
- Dans **ACQUISITION/Choix du numériseur** choisir la caméra utilisée.
- Choisir **ACQUISITION/ Live**
- Choisir l'objectif de manière à observer la poutre à analyser entre l'encastrement (ajuster le champ de la caméra ou déplacer la poutre afin que l'image se situe sur l'un des bords de l'écran vidéo) et les 120 premiers mm .
- Installer la poutre de référence montée sur piézo. Superposer l'image de la poutre et de l'objet de référence à travers la séparatrice.
- Modifier l'ouverture de l'objectif et le temps d'intégration de la caméra (ou la luminosité de l'image). Constater leur action sur la taille des grains de speckle.
- Faire **ACQUISITION/Fausses couleurs** et vérifier qu'il y ait un minimum de saturation et une répartition homogène (peu de pixels blanc mais présence de couleurs).
- Le point de poussée est situé à la distance L (environ 180 mm) de l'encastrement. A l'aide du micromètre, appliquer une précontrainte à la poutre (ce sera l'état 1 de référence avant la déformation).



cadre 2 : Montage avec déphaseur piézo.

- Faire [ACQUISITION/Temps réel](#). Si le montage est stable, l'image doit rester uniformément noire. Votre montage est alors opérationnel.

Faire appel à un professeur pour vous aider ou pour vérifier le montage.

- Sauvegarder cette image sous [nom de l'élève_temps_reel1.jpg](#).

Réponse :

Voir

- Sauvegarder cette nouvelle image sous [nom de l'élève_temps_reel2.jpg](#).

Réponse :

Voir

4.1.2. Image en double exposition

Pour bien comprendre comment on obtient une image en temps réel, on décompose les différentes opérations effectuées sur les images : c'est ce qu'on appelle l'interférométrie en double exposition.

- Capturer deux images de la poutre : en choisissant [ACQUISITION/Live](#) (en appuyant sur Sortir elle sera affichée) une dans un état de référence (Image1.jpg), l'autre (Image2.jpg) dans un état où la poutre subit une flèche de 6 μm au point de poussée.
- Dans [OPERATION SUR LES IMAGES/Opérations mathématiques/Soustraction](#), sauvegarder cette image puis sortir.
- Dans [OPERATION SUR LES IMAGES/ Opérations mathématiques/Multiplier l'image par constante](#), multiplier cette image par une constante (5 par exemple) pour augmenter la luminance de tous les pixels, sauvegarder cette nouvelle image sur disque en spécifiant le nom donné au fichier image (par exemple: [nom de l'élève_double_expo1.jpg](#)) puis sortir.
- Recommencer en prenant l'image soustraite et en la multipliant par elle-même en cliquant sur [OPERATION SUR LES IMAGES/ Opérations mathématiques/Multiplier l'image par elle-même](#), sauvegarder cette nouvelle image sur disque en spécifiant le nom donné au fichier image (par exemple: « [nom de l'élève_double_expo2.jpg](#) ») puis sortir.

Réponse :

Voir

Faire appel à un professeur pour montrer les opérations effectuées.

- Expliquer l'influence de la multiplication de l'image différence par une constante ou par elle-même

Réponse :

4.2. Images phasées

4.2.1. Fonctionnement du déphaseur

N° mesure	1	2	3	Moyenne
DeltaU curseur/4 en V				

4.2.2. Acquisition de l'image de la déformée

Calculer l'image de référence phasée en cliquant sur [IMAGES/Calculer l'image phasée automatiquement](#) puis sauvegarder sous : [nom_élève_ref1.jpg](#) en cliquant sur [FICHIER/Enregistrer une image](#).

Réponse :

Voir

Calculer l'image phasée de l'objet en cliquant sur [IMAGES/Calculer l'image phasée automatiquement](#) puis sauvegarder sous : [nom_élève_ref2.jpg](#) en cliquant sur [FICHIER/Enregistrer une image](#).

Réponse :

Voir

Noter les valeurs de d_f et L .

Réponse :

Cliquer sur [OPERATION SUR LES IMAGES/Opérations mathématiques/Soustraction modulo 256](#) et soustraire l'image phasée de l'objet – l'image phasée de la référence. L'enregistrer sous [nom_élève_DifPhase1.jpg](#) en cliquant sur [FICHIER/Enregistrer une image](#).

Réponse :

Voir

Compter le nombre de sauts de phase qui apparaissent dans la zone intéressante.

Réponse :

Sous [OPERATION SUR LES IMAGES /Démoduler](#), démoduler l'image en précisant l'image masque. Lors de la démodulation, VisulmLV2 calcule le nombre de sauts de phase M . Il est donné dans le titre de l'image démodulée Exemple ci-contre : $M=22$.
Noter votre M obtenu.

Réponse :

$M=$

Sauvegarder l'image sous [nom_élève_demod1.jpg](#) en cliquant sur [FICHIER/Enregistrer une image](#).

Réponse :

Voir

4.2.3. Acquisition de l'image de la déformée dans l'autre sens

- Initialiser le déplacement du micromètre dans l'autre sens. Recommencer l'opération en changeant le sens de la déformation et sauvegarder les images sous [nom_élève_ref3.jpg](#), [nom_élève_ref4.jpg](#), [nom_élève_DifPhase2.jpg](#) et [nom_élève_demod2.jpg](#)

Réponse :

Voir

4.2.4. Visualisation 3D

Noter la valeur de M associée.

Réponse :

Voir

Faire appel à un professeur pour montrer les opérations effectuées.

4.3. Partie informatique : Calcul d'une image phasée

Imprimer le diagramme.

Réponse :

Voir

Faire appel à un professeur pour montrer le programme.

5. Analyse des performances du système

5.1. Mesure de la déformée

Noter l'échelle obtenue.

Réponse :

Faire appel à un professeur pour vérifier vos mesures.

Mesurer la déformée maximum en μm en déplaçant le curseur sur la visualisation 3D.

Réponse :

Tracer un profil de l'image démodulée montrant la déformée de la poutre en cliquant sur [OPERATION SUR LES IMAGES/Profil d'une image](#). Faire une sortie imprimante ou une copie d'écran.

Réponse :

Voir

5.2. Images phasées : intérêt et recherche de la flèche supplémentaire

Expliquer ce qui différencie les 2 images phasées [nom_élève_demod1.jpg](#) et [nom_élève_demod2.jpg](#)
Que permet la méthode utilisant les images phasées que ne permet pas la méthode en temps réel ?

Réponse :

Cliquez dans votre image sur le bouton gauche de la souris au point d'encastrement. Relever en bas d'image la déformation notée DZ et la distance DY de l'encastrement (Exemple : DZ = 4,2 μm , DY = 135 mm).

Réponse :

À l'aide de l'équation de la déformée (1), calculer la valeur de la déformée z pour la longueur $y = \text{DY}$. Conclure en comparant z à DZ.

Réponse :

Faire appel à un professeur pour vérifier vos mesures.

5.3. Simulation de la position des franges : comparaison avec le modèle théorique

Répérer sur l'image une distance connue. Exemple : la largeur de la poutre (50 mm). Mesurer cette distance en pixels.

Sous [Image/Calibration](#), donner le facteur de conversion pixel \rightarrow mm. Cocher [coordonnées de l'image en mm](#).

Mettre la boîte de dialogue [Paramètres](#) à jour, notamment la position des franges expérimentales (sombres) à relever en mm sur l'image.

Réponse :

Sauvegarder sous *franges.spe*.

Faire une sortie imprimante des simulations en changeant préalablement le format en mode paysage ([Fichiers/Configurer imprimante](#)).

Conclusions.

Faire appel à un professeur pour vérifier votre simulation.

Réponse :

Que peut-on dire de la précision avec laquelle on produit la déformation ? Proposer une amélioration possible.

Réponse :

5.4. Problématique

Peut-on détecter, avec cette méthode sans contact, de très faibles déformations de l'ordre du micron ? (argumenter votre réponse)

Réponse :