

PROFILOMÉTRIE PAR PROJECTION DE FRANGES

Nom des étudiants :

Date :

<i>Date de retour</i>	<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
<i>Rangement</i>	<input type="checkbox"/> Rangement non conforme = -2 pts	
<i>Fichiers extraits du site</i>	<input type="checkbox"/> Fichiers non copiés sur le bureau avant utilisation = -2 pts	

Compétences évaluées		Compétences détaillées	Correcteur	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	JH	3.1					
			JH	3.2.1					
			JH	3.2.2					
			JH	3.2.3					
		CS	3.5						
		Simuler le fonctionnement	JH	3.4					
C3.2	Valider un système	Relever le comportement du système	JH	5.5					
		Comparer les résultats obtenus par simulation et en fonctionnement réel			X				
		Argumenter les écarts constatés	JH	5.7					
Mettre en œuvre, régler et contrôler le fonctionnement du système									
C2.3	Régler le système	Identifier le matériel de contrôle			X				
		Mettre en œuvre les appareils de mesurage	JH	5.1					
		Relever les résultats obtenus	CS	5.6					
		Régler les sous-ensembles ou composants	JH	4.3					
C3.1	Mettre en œuvre un système optique	Assembler les composants nécessaire au système	JH	4.2					
		Mettre en œuvre une ou plusieurs opérations techniques permettant le bon fonctionnement du système	JH	4.1					
			JH	5.2					
		Vérifier le fonctionnement	JH	5.3					
			JH	5.4					
<i>Taux pondéré de compétences et indicateurs évalués :</i>								100.00%	
<i>Note brute obtenue par calcul automatique (attention si le taux est <50%, le calcul n'est pas proposé) :</i>							#DIV/0!	/20	
<i>Note sur 20</i>								/20	

Appréciation globale

GRILLE DE NOTATION A REMPLIR PAR LES ENSEIGNANTS

cadre 1 : Barème de correction.

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

PROFILOMÉTRIE PAR PROJECTION DE FRANGES

1. Éléments à votre disposition

2. Présentation du contexte

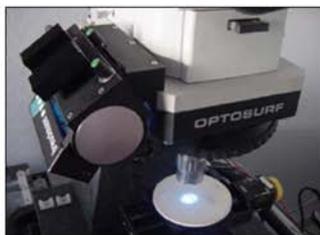
Problématique :

Il s'agira, à la fin du TP, de numériser le visage en plâtre mis à votre disposition et d'en déterminer la distance entre les deux yeux.

3. Analyse du système :

3.1. Comparaison de systèmes industriels existants :

- ✚ Optosurf de EOtech
- ✚ 3Dskin de BioPhyMED
- ✚ Range vision spectrum
- ✚ Symcad de Telmat



Dans **le dossier technique**, consulter la documentation des constructeurs Eotech, BioPhyMED, Range Vision, Telmat.

Renseigner le tableau comme sur l'exemple donné dans la dernière colonne du tableau ci-dessous. En profilométrie par la technique de projection de franges, quel critère oblige, selon vous, à utiliser un interféromètre plutôt qu'un vidéo projecteur ? Expliquer la réponse.

	Microscope interférométrique	Microscope à projection de franges	3D Skin Analyzer	Range vision spectrum	Symcad
Entreprise	Eotech	Eotech	BioPhyMED	Range Vision	Telmat
Source lumière					Sources blanches
Champ de mesure					2mX2m
Mesurandes ; applications					Métriologie du corps humain
Résolution en z					0,1 mm

Tableau 1 : caractéristiques de quelques systèmes industriels

Réponse :

3.2. Projection de franges

3.2.1. L'interféromètre

On utilise un objectif de focale 16 mm. De quelle distance D disposez-vous sur votre plan de travail ? Quel grandissement pouvez-vous obtenir? On veut obtenir des franges de pas $p_0 \approx 1,5$ mm, quel angle α faut-il choisir?

On dispose de 350 mm entre Sp et Obj, à quelle distance de la séparatrice faut-il placer le miroir Mi? (La longueur d'onde est $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$).

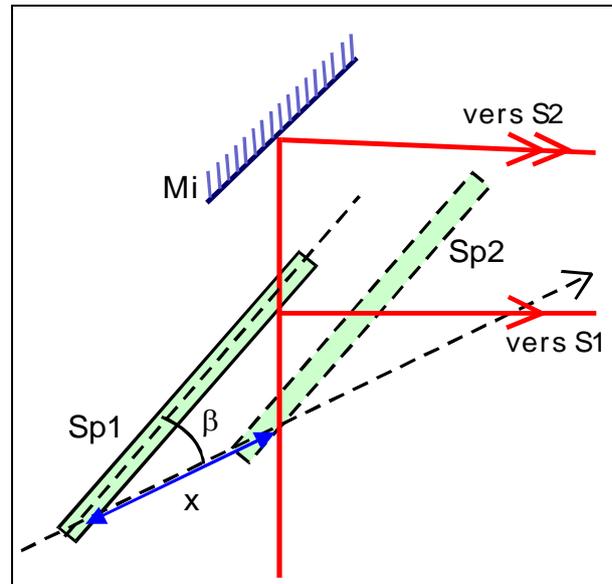
Réponse :

3.2.2. Le décalage des franges

Compléter le schéma du Cadre 2 présentant les positions finale et initiale de Sp. Tracer les rayons réfléchis et transmis par Sp en position Sp2 et indiquer sur le schéma la variation de chemin optique δ lorsque le déplacement de la platine est x.

On démontre que $\delta = \sqrt{2} x \sin(\beta)$. On choisit un angle $\beta = 5^\circ$. Quel déplacement x faut-il réaliser pour obtenir $\delta = 0,63 \mu\text{m}$? On suppose que le déplacement x est produit par une variation de tension U imposée au cristal piézo-électrique. Le cristal se déplace de $25 \mu\text{m}$ pour une tension de 100V.

Quelle variation de tension est nécessaire si le déplacement x est fonction linéaire de U ?



Cadre 2

Réponse :

3.2.3. Projection de franges sur un profil

Comment varie le pas des franges vues par la caméra dans le cas d'un profil de pente positive (1) ou de pente négative (2) ?

Calculer p pour $p_0 = 1,50\text{mm}$ et $\theta \approx 20^\circ$.

Vérifier qu'un changement d'altitude Δz qui provoque un déphasage de 2π .

Réponse :

3.3. Le décalage de phase

3.4. Emploi du logiciel VisuimLV.

- ◆ Ouvrir le fichier VisuimLV
- ◆ Génération d'une image phasée (image de référence) :

Faire [IMAGES DE REFERENCE/Générer 4 mires sinusoïdales](#), sélectionner un pas de 20 pixels puis sortir.

Faire [IMAGES DE REFERENCE/Calculer l'image phasée](#) pour calculer l'image phasée de référence, la sauvegarder sous **XXImPhas20.jpg** en cliquant sur [ENREGISTRER L'IMAGE](#).

Réponse :

Voir :

- ◆ Génération d'une image phasée *ImPhas25* (plan incliné par rapport au plan de référence : image objet) :

Faire [IMAGES DE L'OBJET/Générer 4 mires sinusoïdales](#), sélectionner un pas de 25 pixels puis sortir.

Faire [IMAGES DE L'OBJET/Calculer l'image phasée](#) pour calculer l'image phasée de l'objet, la sauvegarder sous **XXImPhas25.jpg** en cliquant sur [ENREGISTRER L'IMAGE](#)

Réponse :

Voir :

- ◆ Calcul de la différence des images :

Sous [OPERATION SUR LES IMAGES/Opérations mathématiques/Soustraction](#), faire la soustraction modulo 256, la sauvegarder sous **XXsoustraction25_20.jpg** en cliquant sur [ENREGISTRER L'IMAGE](#).

Réponse :

Voir :

- ◆ Démodulation de l'image :

Sous [OPERATION SUR LES IMAGES/Démodulation](#), démoduler l'image. La sauvegarder sous **XXImDemodM7.jpg** en cliquant sur [ENREGISTRER L'IMAGE](#).

Réponse :

Voir :

- ◆ Conclusions :

Sur les images **XXsoustraction25_20.jpg** et **XXImDemodM7.jpg**, tracer un profil horizontal avec la souris en cliquant sur [OPERATION SUR LES IMAGES/Profil d'une image](#). En analysant l'image **XXsoustraction25_20.jpg**, donner la signification du paramètre **M = 7** affiché lors de la démodulation. Conclure.

Réponse :

À partir du document technique, répondre aux questions suivantes :

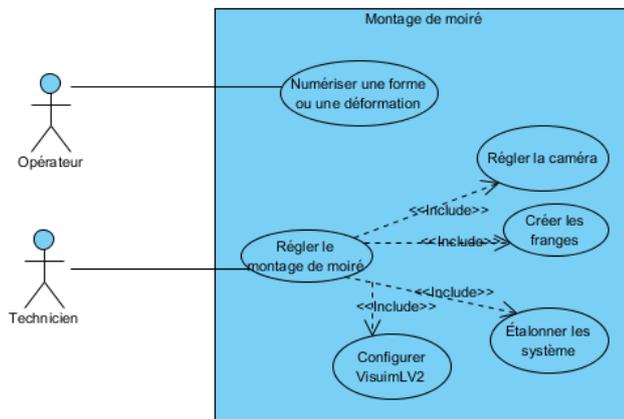
Comment sont représentées les valeurs de $\varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda} = \frac{4\pi x}{\lambda}$

- sur l'image **XX**soustraction25_20.jpg ?
- sur l'image **XXI**mDemodM7.jpg?

Réponse :

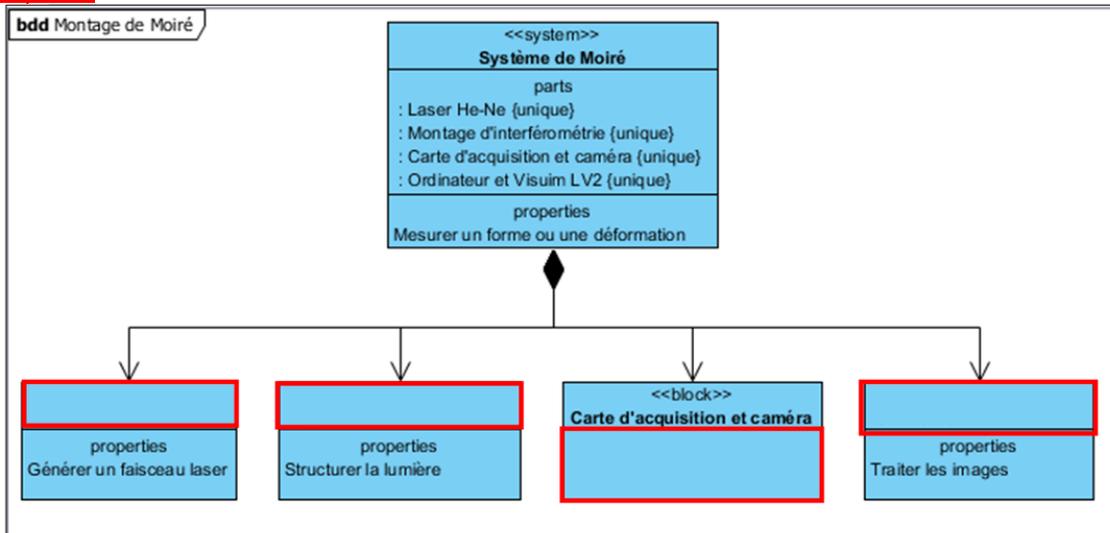
Faire appel à un professeur pour expliquer vos conclusions.

3.5. Analyse fonctionnelle



Compléter le diagramme de blocs

Réponse :



4. MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME

4.1. Description et géométrie du montage optique

Montrer le montage à un professeur.

4.2. Décalage de phase

Recommencer plusieurs fois. En déduire la variation de tension U nécessaire pour passer d'une frange à la suivante puis sortir.

Réponse :

Mesure n°	1	2	3	Moy.
N (interfranges)				
U (V)				

tableau 2 : décalage de phase

Déduire du tableau 2 la variation de tension qui permet un déphasage de $\pi/2$; π ; $3\pi/2$.
Enregistrer votre tableau 2 sous *moire2.xls*.

Réponse :

4.3. Acquisition d'images phasées. Profil

Noter le nombre de sauts de phase M calculé par le logiciel.

Réponse :

Enregistrer l'image démodulée sous XXdémod.jpg en cliquant sur ENREGISTRER L'IMAGE puis sortir.

Réponse :

Faire une visualisation 3D cliquant sur OPERATION SUR LES IMAGES / Visualisation 3D.

Montrer à un professeur.

5. ANALYSE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

5.1. Etalonnage en x et y :

Sous OPERATION SUR LES IMAGES/ Etalonner / En x et y, capturer une nouvelle image, tracer une ligne horizontale sur une largeur connue puis indiquer sa valeur en mm, reporter l'échelle calculée.

Réponse :

5.2. Étalonnage en z

Compléter le tableau :

Calculer $\Delta z = \frac{p}{\tan(\theta)}$ en utilisant votre valeur de θ .

Vérifier l'accord entre la valeur mesurée et calculée.

Mesure n°	1	2	3	4	5
Δz					
Δz moyen = mm					
Δz calculé = mm					

Réponse :

tableau 3 : Étalonnage en z.

Sous OPERATION SUR LES IMAGES/ Etalonner / En z choisir MOIRE puis donner la longueur Δz , cliquer sur OK pour calculer l'échelle en z.

Réponse :

5.3. Mesure de l'altitude

Sous **OPERATION SUR LES IMAGES/ Lire une image démodulée** sélectionner l'image démodulée XXdémod.jpg ou à défaut l'image "démodulée_sec.jpg". Entrer la valeur de M puis sortir.

Sous **OPERATION SUR LES IMAGES/Etalonner/En Z** choisir Moiré puis entrer Δz puis sortir.

Sous **OPERATION SUR LES IMAGES/Profil d'une image** mesurer l'altitude du sommet de la pyramide ou d'autres points connus. Enregistrer votre tableau sous moire2.xls.

Rappelez la valeur de M et de Δz .

Point choisi	Sommet Pyramide	Sommet Petite Sphère	Sommet Grande Sphère
Altitude du point (mm)			

Tableau 4 : altitude de quelques points

Réponse :

5.4. Numérisation du visage :

A l'aide du même montage, remplacer la pyramide par le visage puis numériser celui-ci.

Quelle est la distance entre les deux yeux ?

Réponse :

5.5. Résolution, fiabilité

Comment peut-on agir sur l'angle θ de projection pour éviter cette ombre totale ? Quel inconvénient cette solution entraîne-t-elle ?

Réponse :

5.6. Système industriel Range vision spectrum

Visualiser la vidéo spectrum-3d-scanner-calibration.mp4 dans le zip des fichiers nécessaires pour le TP et donner les grandes étapes de la calibration.

Réponse :

Démarrer le logiciel Scan Center NG  et vérifier que les caméras, le projecteur, la clé de licence, le support rotatif soient bien installés (ils ne doivent pas être grisés) et que la calibration avec la zone S a été effectuée sinon appeler un professeur.

Sélectionner New Project With a turntable

Placer le renard à scanner au milieu du plateau tournant et déplacer le tout si nécessaire afin qu'il soit

en entier et au milieu de l'image de chaque caméra.

Entrer le nom de projet Renard_nom, choisir le répertoire de stockage en cliquant sur Browse puis continuer.

Cliquer sur Stripes afin d'afficher des franges sur le renard puis régler l'ouverture de chaque caméra afin d'être à la limite de saturation (apparition de zones rouges si saturation) puis la netteté de chaque image en réglant la mise au point. Cliquer sur Turnable pour définir le pas angulaire de scann.

Nous allons faire 8 acquisitions soit une tous les 45° pour cela mettre 8 dans Positions et cliquez sur Scanning.

Démarrer le scanning en cliquant sur Start Scanning.

On peut obtenir plusieurs nuages séparés, il faut les fusionner, il faut aller dans Processing puis Registration.

Cliquer sur Manually

Sélectionner dans l'arbre avec la souris, shift et bouton gauche les éléments fixes (Target) puis valider par confirm selection (ils sont bleus dans l'arbre et affichés dans la scène de gauche)

Sélectionner dans l'arbre avec la souris, shift et bouton gauche les éléments à déplacer (Moved) puis valider par confirm selection (ils sont affichés dans la scène de droite)

A l'aide de la souris et de la touche Alt sélectionner un point commun dans la scène de gauche puis dans celle de droite trois fois. On constate en bas que les nuages se combinent correctement. Valider par register all.

Pour affiner ce recalage, cliquer sur Global Registration .

Reste à supprimer le bruit. Pour cela sélectionner Cleaning, choisir 10 pour la taille des éléments à supprimer puis Sélectionner dans l'arbre tous les nuages de points (surligné en rose) puis Remove puis save.

Création du modèle, pour cela sélectionner Model, n'activer aucune option puis GENERATE MODEL

Bouchage des trous, pour cela, sélectionner Processing puis Filling holes puis choisir les deux options Skip biggest hole puis Fill holes puis Exit.

Reste le bas de renard à fermer. Pour cela choisir Trimming and alignement.

Sélectionner l'option, Fill hole with plane et sélectionner trois points dans la scène à l'aide de la touche Alt et le bouton gauche de la souris puis cliquer sur Trim.

Faut inverser, pour sélectionner la partie inférieure à supprimer puis Remove. Puis sélectionne YZ et Align.

Montrer à un professeur.

Maintenant nous pouvons mesurer des distances sur la pièce. Pour cela, il faut commencer par créer un point puis un plan. Choisir l'onglet Measurement.

Choisir le point, cliquer avec la touche Alt enfoncé et le bouton gauche de la souris, le point dans la scène puis Dectect (il apparaît en rouge dans la scène)

Choisir le plan, cliquer avec la touche Alt enfoncé et le bouton gauche de la souris, les 3 points dans la scène puis Dectect (il apparaît en rouge dans la scène).

Sélectionner Measure puis distance point/plan et sélectionner dans l'arbre le plan et le point puis Measure Faire une capture de votre résultat.

Réponse :

Voir

5.7. Problématique du TP

A l'aide du même montage, remplacer le renard par le visage puis numériser celui-ci.
Quelle est la distance entre les deux yeux ? Comparer celle-ci à la question 5.4.

Réponse :

5.8. Pour aller plus loin

Numériser la pyramide avec les deux sphères ? Mesurer l'altitude des différents points et comparer les à la question 5.3.

Réponse :