

Compte-rendu - TP imagerie 3D

PROJECTION DE FRANGES (STÉRÉO-VISION ACTIVE)

Ce compte rendu a été réalisé par FAURE Alexandre(50%), SABIR Ilyass(50%) - FISE2.

1 Principe de la projection de franges

1- Le but de la projection de franges est d'étudier la déformation de franges projetées sur une scène lors de la mise en place d'un objet. Pour ce faire nous passons par deux étapes:

- L'acquisition d'images dans le plan de référence, sans objet.
- Acquisitions avec objet.

2- Essayons de trouver une formule simple pour calculer $\sum_{n=1}^N \sin(a + k\Psi_n)$ et $\sum_{n=1}^N \cos(a + k\Psi_n)$, $k \in \llbracket 1, \lfloor \frac{n}{2} \rfloor \rrbracket$, et $a \in \mathbb{R}$.

On a pour tout $k \in \llbracket 1, \lfloor \frac{n}{2} \rfloor \rrbracket$, $a \in \mathbb{R}$: $i \sum_{n=1}^N \sin(a + k\Psi_n) + \sum_{n=1}^N \cos(a + k\Psi_n) = \sum_{n=1}^N \exp(i(a + k\Psi_n))$

Avec $\sum_{n=1}^N \exp(i(a + k\Psi_n)) = e^{ia} \sum_{n=1}^N \exp\left(ik \frac{2\pi(n-1)}{N}\right) = e^{ia} \frac{1 - \exp(i2\pi k)}{1 - \exp(ik \frac{2\pi}{N})} = \exp\left(i\left(a + \frac{k\pi(N-1)}{N}\right)\right) \frac{\sin(k\pi)}{\sin(\frac{k\pi}{N})}$

Ainsi $\sum_{n=1}^N \sin(a + k\Psi_n) = \sin\left(a + \frac{k\pi(N-1)}{N}\right) \frac{\sin(k\pi)}{\sin(\frac{k\pi}{N})}$ et $\sum_{n=1}^N \cos(a + k\Psi_n) = \cos\left(a + \frac{k\pi(N-1)}{N}\right) \frac{\sin(k\pi)}{\sin(\frac{k\pi}{N})}$

En particulier:

$$\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \sin(\Psi_n) = I_0 \sum_{n=1}^N \sin(\Psi_n) + \frac{I_0}{2} \sum_{n=1}^N \sin(\phi(x, y)) + \frac{I_0}{2} \sum_{n=1}^N \sin(\phi(x, y) + \Psi_n)$$

Avec $\sum_{n=1}^N \sin(\Psi_n) = \sin\left(\frac{\pi(N-1)}{N}\right) \frac{\sin(\pi)}{\sin(\frac{\pi}{N})} = 0$, $\sum_{n=1}^N \sin(\phi(x, y) + \Psi_n) = \sin\left(\phi(x, y) + \frac{\pi(N-1)}{N}\right) \frac{\sin(\pi)}{1 \sin(\frac{\pi}{N})} = 0$

Par suite: $\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \sin(\Psi_n) = \frac{NI_0}{2} \sin(\phi(x, y))$.

De même, on a $\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \cos(\Psi_n) = I_0 \sum_{n=1}^N \cos(\Psi_n) + \frac{I_0}{2} \sum_{n=1}^N \cos(\phi(x, y)) + \frac{I_0}{2} \sum_{n=1}^N \cos(\phi(x, y) + \Psi_n)$

Avec $\sum_{n=1}^N \cos(\Psi_n) = 0$, et $\sum_{n=1}^N \cos(\phi(x, y) + \Psi_n) = \cos\left(\phi(x, y) + \frac{\pi(N-1)}{N}\right) \frac{\sin(\pi)}{1 \sin(\frac{\pi}{N})} = 0$

Ainsi $\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \cos(\Psi_n) = \frac{NI_0}{2} \cos(\phi(x, y))$

D'où

$$\frac{\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \sin(\Psi_n)}{\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \cos(\Psi_n)} = \frac{\frac{NI_0}{2} \sin(\phi(x, y))}{\frac{NI_0}{2} \cos(\phi(x, y))} = \tan(\phi(x, y))$$

En pratique, on calcule les deux sommes $\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \sin(\Psi_n)$ et $\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \cos(\Psi_n)$ pour arriver finalement

à calculer $\phi(x, y) = \arctan\left(\frac{\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \sin(\Psi_n)}{\sum_{n=1}^N I_n(x, y) \cos(\Psi_n)}\right)$

3- La phase enroulée se limite à l'intervalle $[-\pi, \pi]$, ce qui correspond aux valeurs de l'intervalle de retour de la fonction **atan2**. par contre une simple **atan** est à valeur dans $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$.

4- Une phase enroulée est une phase où tout les points se situe dans l'intervalle $[-\pi, \pi]$, si les valeurs réelles de la phase sont hors de cet intervalle on ajoute ou supprime modulo 2π afin de rentrer dans l'intervalle.

5- D'après la figure 1-b, on a $\phi_{\text{obj}}(x, y) = \frac{2\pi}{p} \Delta y$, avec $\tan(\theta) = \frac{\Delta y}{z(x, y)}$, donc $z(x, y) = \frac{\phi_{\text{obj}}(x, y) \Delta y}{2\pi \tan(\theta)}$.

2 Principe de la projection de franges

1, 2, 3, 4, 5, 6- Fixez l'angle à environ 30 degrés. Considérer N=4.

Nous avons donc acquis 4 images de nos franges sans objet puis 4 images avec objet. Nous avons extrait des sous-images de chacune de ces images correspondant au champ de vue que l'on souhaite reconstruire. Ces images ont ensuite été stockées dans des matrices 3D.

Image référence avec franges projetés:

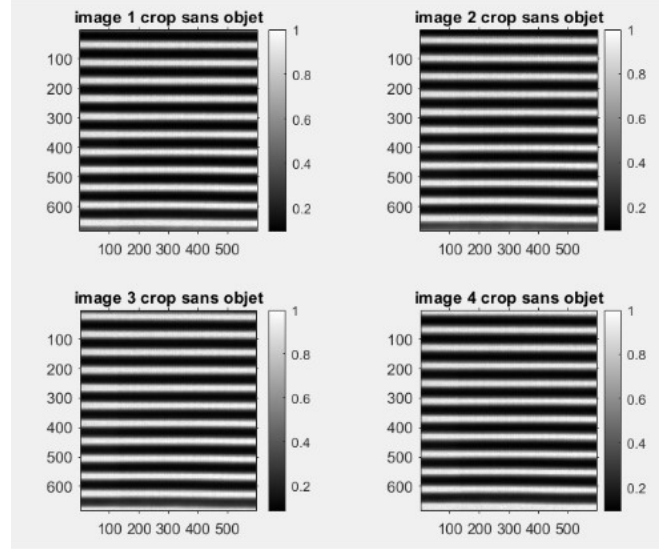


Figure 1. Projection de franges en absence de l'objet.

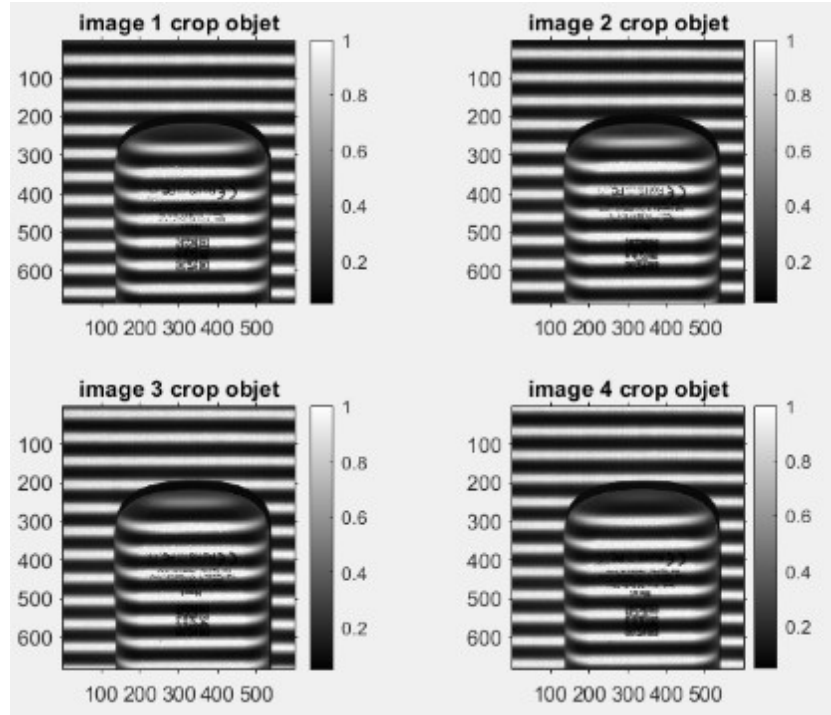


Figure 2. Projection de franges en présence de l'objet.

3 Calcul de la carte de déphasage du plan de référence et de l'objet

- 1- Calcul du numérateur et du dénominateur de $\tan(\phi_{\text{obj}}(x, y))$

```

%% III.1 Calcul du numérateur et du dénominateur de tan(ph_WrapObj):
Num=0; Denum=0;
for n=1:4
    Num= Num + im_obj(:,:,n).*sin((2*pi*(n-1))/4);
    Denum= Denum + im_obj(:,:,n).*cos((2*pi*(n-1))/4);
end

```

2- Phase enroulée de image en présence de l'objet :

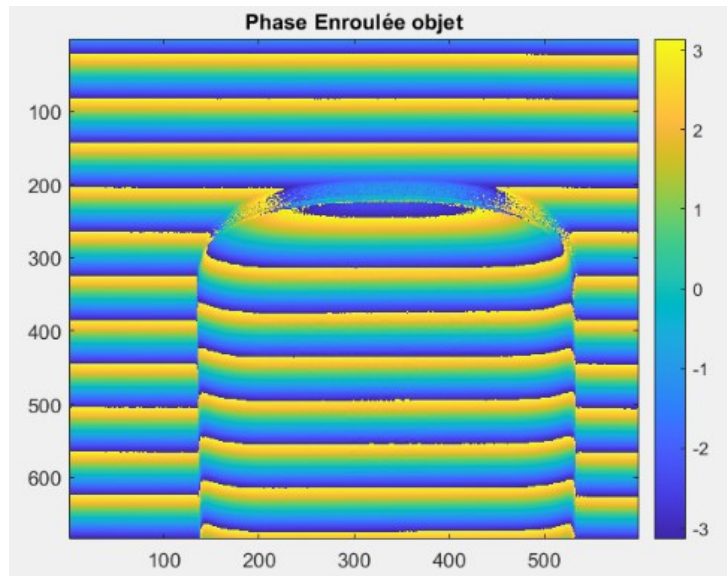


Figure 3. phase enroulée de l'image en présence de l'objet.

3- Phase enroulée d'image en absence de l'objet (image de référence):

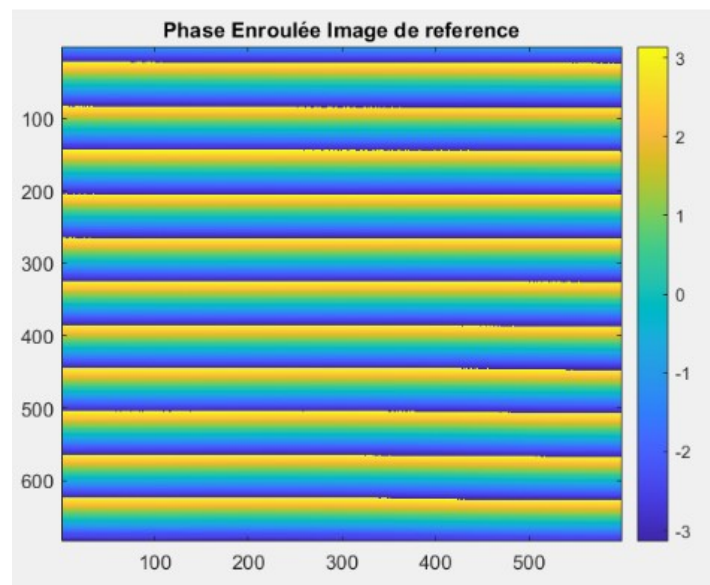


Figure 4. phase enroulée d'image en absence de l'objet.

4 Déroulement de phase

1- Application des algorithmes de déroulement de la phase: Ghiglia:

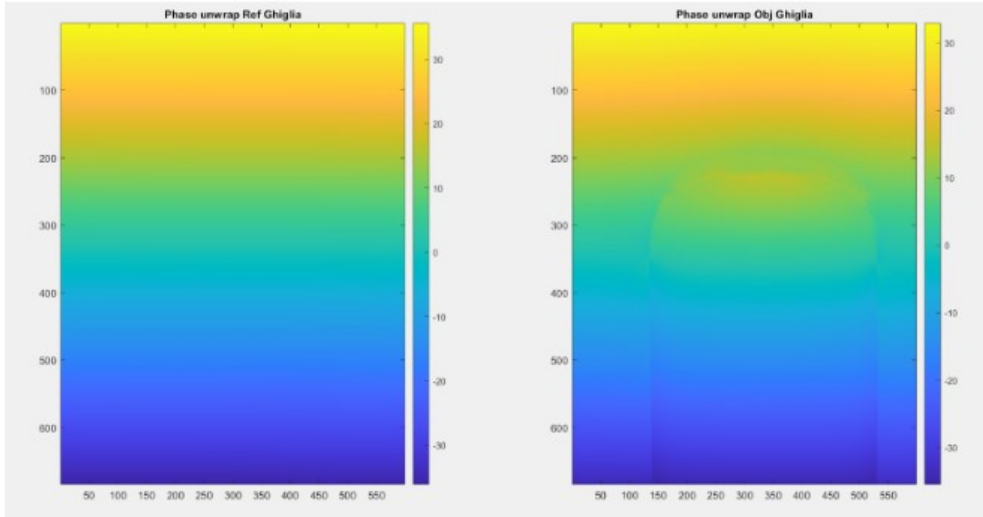


Figure 5. Application des algorithmes de déroulement de la phase: Ghiglia.

2- Application des algorithmes de déroulement de la phase (Unwrap de MATLAB)

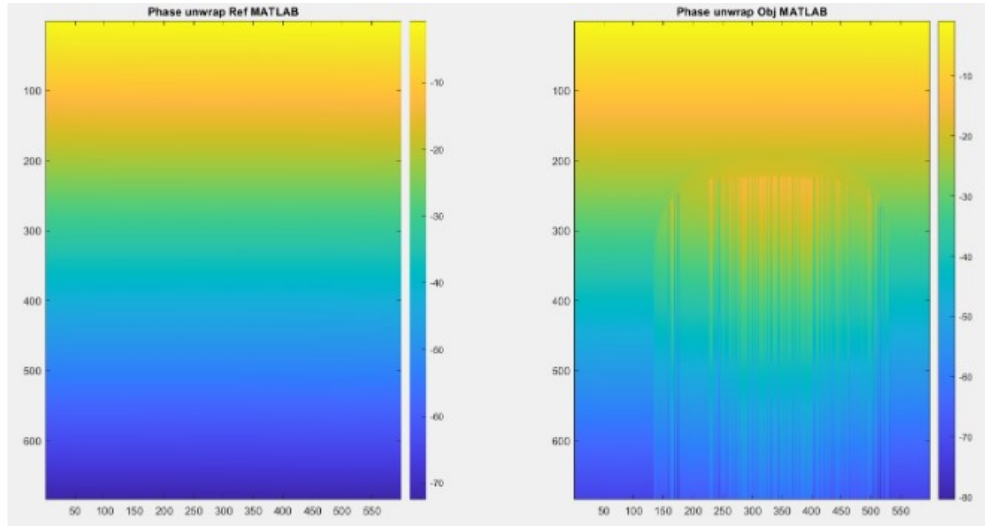


Figure 6. Application des algorithmes de déroulement de la phase (Unwrap de MATLAB).

Les algorithmes «suivi de chemin» sont des algorithmes basé sur la théorie de l'optimisation pour estimer la tendance de chemin d'un objet.

3- Ce type d'algorithmes de reconstruction 3D basé sur un approche générale consiste à incrémenter la phase à chaque fois par 2π , afin de pouvoir reconstruire la phase de référence, et de centrer la phase enroulée en 0, pour qu'on puisse créer un offset lors de la phase de soustraction des phases.

4- Le déroulement de phase Ghiglia centre la phase enroulée en 0. Ce qui va donc créer un offset. Il se base sur la méthode des moindres carrés afin de dérouler la phase, le résultat semble cohérent et exploitable. Le principe de l'algorithme unwrap de matlab est de rajouter 2π entre chaque saut de phase supérieur à π . Nous observons sur l'algorithme unwrap de matlab une discontinuité dans le résultat final.

5 Reconstruction de la carte de profondeur

1- La soustraction $\phi_{\text{obj}}(x, y) - \phi_{\text{reference}}(x, y)$:

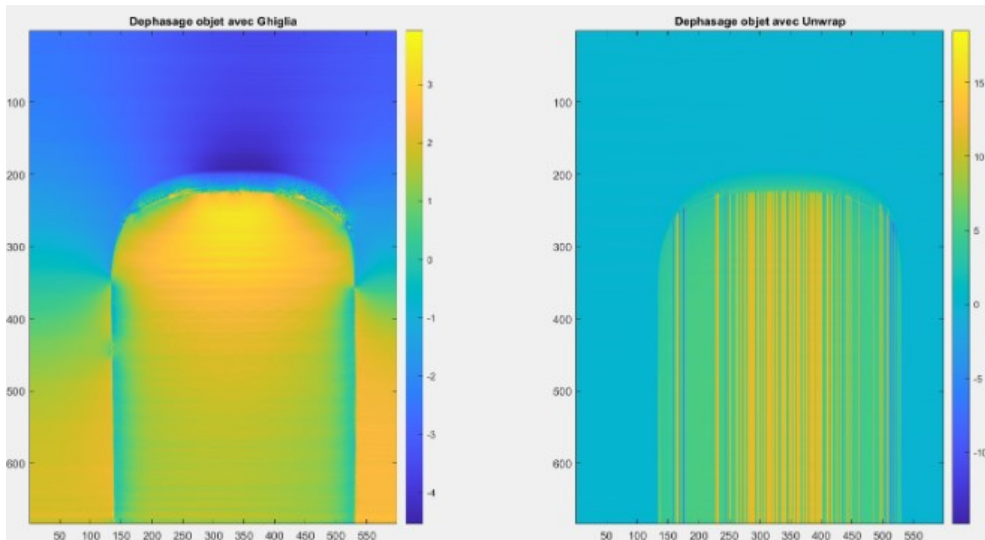


Figure 7. La soustraction $\phi_{\text{obj}}(x, y) - \phi_{\text{reference}}(x, y)$.

Nous voyons ici un résultat correct avec l'algorithme de Ghiglia, les discontinuités évoquées précédemment avec l'algorithme unwrap de matlab sont toujours présentes et le résultat me paraît, comme précédemment, peu satisfaisant avec ce dernier algorithme.

2- Estimation de Z:

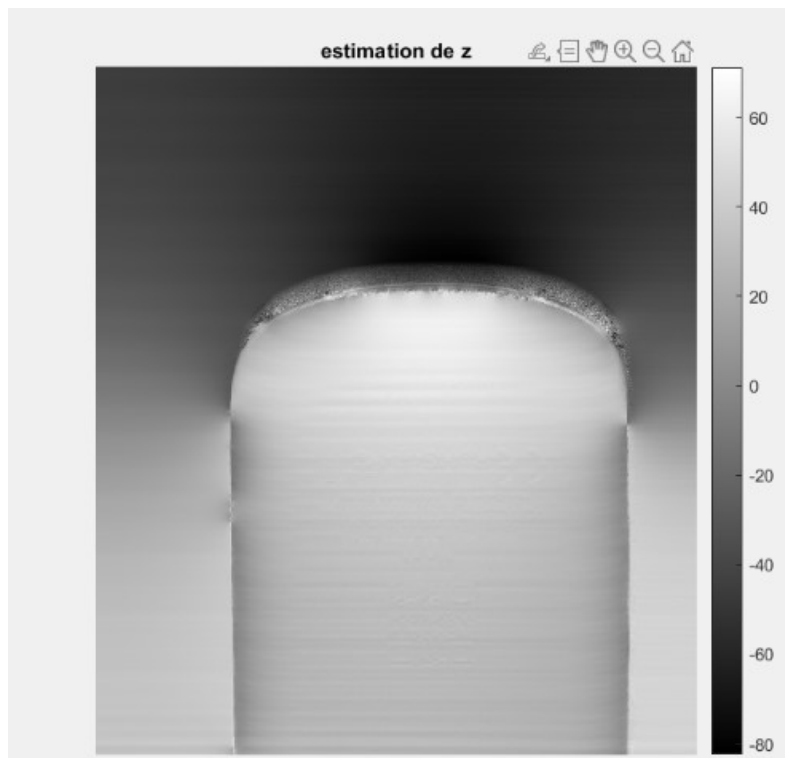


Figure 8. L'estimation de Z.

3- Nous arrivons, en fin de ce TP, à obtenir une estimation de la profondeur de notre objet et à reconstruire sa carte de profondeur (cf. question 2). L'estimation de la profondeur de l'objet semble correcte, mais le fait que le fond n'ait pas une profondeur égale en tout points, semble, à mon goût, étrange. Nous observons également que l'ombre (légère sur le dessus de l'objet) possède une profondeur qu'elle ne devrait pas.

6 Limites de la méthode

Nous n'avons pas eu le temps de faire toutes les acquisitions nécessaires à l'étude des limites de la méthode mais, en théorie, un faible éclairage permettrait mal de distinguer l'objet et certains de ces contours ce qui gênerait la reconstruction et l'estimation de z .

3- Théoriquement, l'influence du nombre d'acquisitions est telle que plus nous avons d'acquisitions, plus nous obtiendrons un résultat précis. Pour que ceci soit vrai, il faut également choisir une distance inter-frange correcte, qui vient minimiser l'erreur quadratique. En effet, si cette dernière est trop élevée, nous allons augmenter notre marge d'erreur.

4- On a $\frac{\partial}{\partial \theta} z(x, y) = \frac{\phi_{\text{obj}}(x, y)p}{2\pi} \left(\frac{-\cos^2(\theta)}{\cos^2(\theta) \times \sin^2(\theta)} \right) = -\frac{\phi_{\text{obj}}(x, y)p}{2\pi \sin^2(\theta)}$, donc $\Delta z(x, y) = -\frac{\phi_{\text{obj}}(x, y)p}{2\pi \sin^2(\theta)} \Delta \theta$.

Si la période n'est pas connue, on peut estimer $\Delta z(x, y)$ par : $\Delta z(x, y) = -\frac{\phi_{\text{obj}}(x, y)\Delta p}{2\pi \tan(\theta)}$.

Nous avons une proportionnalité entre l'incertitude sur z et les incertitudes liées à l'angle θ et la distance entre deux franges.

Annexe



Figure 9. Test sur l'acquisition d'un objet brillant.

Nous avons également testé un type d'objet métallique, nous n'avons pas poussé les calculs de phase et les différentes étapes effectuées sur l'autre objet sur celui-ci mais nous pouvons déjà voir sur l'acquisition l'impact de la matière sur les franges. Il aurait été complexe d'exploiter des acquisitions sur cet objet et d'obtenir des résultats concluants.