

UN PROCÉDE SANS CONTACT POUR LA NUMERISATION 3D DE SURFACES OPTIQUES

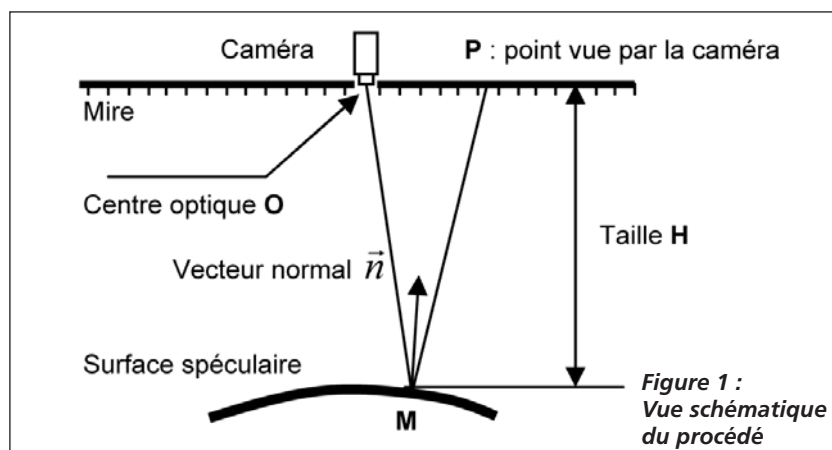


Figure 1 : Vue schématique du procédé

intégration numérique, on détermine les couples (M_i, \vec{n}_i) , qui définissent complètement la surface 3D (voir figure 3).

Etude métrologique

L'équipement étudié a les caractéristiques suivantes :

- Dimension de la mire : 4 m x 4m
- Hauteur table mire : 1.80 m
- Champ de mesure : 1.30m x 1.30m x 0.10m
- Résolution caméra : 1000 x1000 pixels

Description du procédé

Le procédé est décrit schématiquement sur la figure 1. L'équipement est constitué d'une structure mécanique autoportante et d'une caméra. La partie supérieure de la structure est constituée d'un plafond plan, marqué d'un motif bidirectionnel régulier (mire). La surface à contrôler est placée en partie inférieure, sous la caméra. La caméra prend l'image du motif déposé sur le plafond, par réflexion sur la surface à contrôler et donc déformé par le relief de cette surface.

D'un point de vue mathématique, le procédé est décrit par une seule équation vectorielle qui est la loi de réflexion optique sur un miroir :

$$\vec{i} + \vec{j} = k \vec{n}, \quad (\text{Equ. 1})$$

\vec{i} , \vec{j} et \vec{n} étant les vecteurs unitaires suivants :

$$\vec{i} = \frac{\overrightarrow{OM}}{\|\overrightarrow{OM}\|}, \quad \vec{j} = \frac{\overrightarrow{PM}}{\|\overrightarrow{PM}\|} \quad (\text{Equ. 2 et 3})$$

\vec{n} = vecteur normal à la surface au point M

La reconstruction de la forme 3D

La figure 2 montre une image typique enregistrée sur un vitrage latéral de voiture. Le galbe du vitrage déforme la mire dont le pas sur le plafond est régulier. Par traitement d'image, on peut identifier de façon unique chaque pavé noir de la mire, qui représente un point P dans l'équation 3.

Connaissant les paramètres de calibrage définis ci-dessus, l'équation 1 peut être complètement résolue et fournit le vecteur normal à la surface \vec{n} en ce point ainsi que la position du point M. Par

Nous avons défini 99 points de mesure sur un vitrage, qui ont été mesurés également à l'aide d'un bras de mesure. Le vitrage a été mesuré dans 5 positions différentes sur la table de mesure.

La figure 4 ci-dessous montre la répartition des écarts obtenus pour l'ensemble des 99 points de mesure et pour les 5 positions du vitrage. L'écart-type est de 40 μm avec une moyenne non centrée à l'origine : la valeur moyenne est de -16 μm .

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus et donne une estimation de l'incertitude élargie.

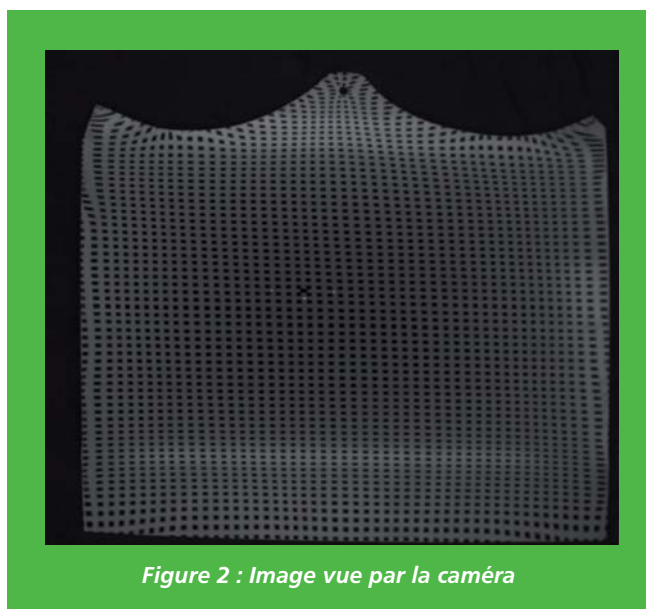


Figure 2 : Image vue par la caméra

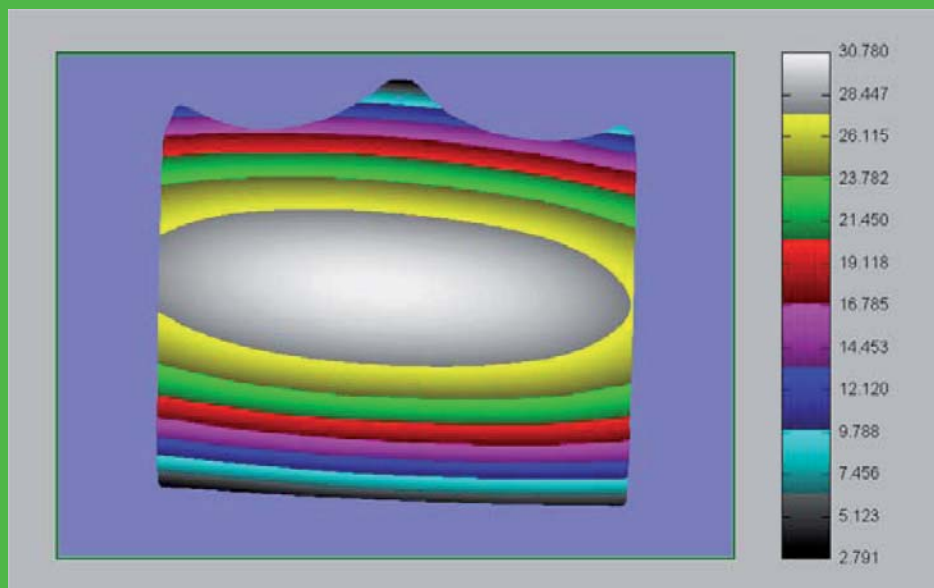


Figure 3 :
Forme 3D reconstruite

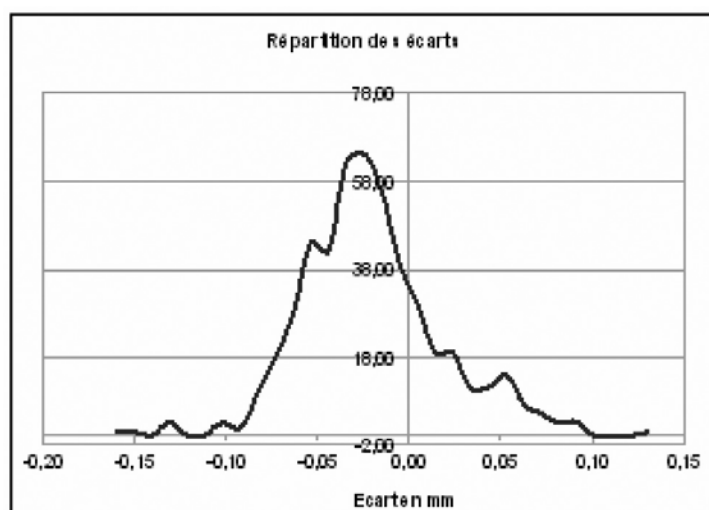


Figure 4 :
La répartition des écarts
obtenus

Conclusion

	Valeur (μm)	Commentaires
Incertitude sur la valeur vraie de la pièce (1σ)	40	Donnée constructeur du bras de mesure
Répétitivité des mesures	1.3	
Reproductibilité des mesures	40	
Ecart type composé u_c	56	
Ecart type élargi U	112	

Dans le budget d'incertitude, l'incertitude sur la valeur vraie de la pièce a un poids similaire à la reproductibilité de notre équipement. Le moyen choisi pour fournir les dimensions réelles de la pièce est donc insuffisamment précis et il est probable que l'équipement étudié permet de fournir des mesures avec une incertitude meilleure que celle annoncée dans le tableau ci-dessus.

Référence :

12-15 juin 2009

11^e salon de Glass Performance Days - Tampere (Finlande)
Article : « A structured lighting for 3 D shape measurement of glass surface ».

Auteurs : J.P. Chambard, V. Chalvidan - Holo 3

22-25 juin 2009

14^e Congrès international de Métrologie - Paris
Article : « Un procédé sans contact pour la numérisation 3D de surfaces optiques ».

Auteurs : J.P. Chambard, V. Chalvidan - P. Jourot