



NOTE DE RECHERCHE

AOUT 2015 • V.2, N°8.

EFFETS DES AGENTS IGNIFUGES SUR LA DÉFORMATION DE SURFACE DE PANNEAUX SANDWICH AÉRONAUTIQUES ÉVALUÉE PAR LA MÉTHODE DE CORRÉLATION D'IMAGES NUMÉRIQUES (CIN)

Résumé : La méthode de corrélation d'images numériques (CIN) a été utilisée pour étudier la déformation par gonflement des surfaces de panneaux traitées et non traitées par un agent ignifuge. Des panneaux sandwich munis d'un placage décoratif de Bubinga (*Guibourtia spp.*) ont été utilisés dans cette étude. La moyenne du champ de déformation sur chaque surface décorative a été mesurée après exposition à une humidité relative élevée. Les résultats ont confirmé que, suite à une exposition à des humidités élevées, les panneaux traités contre le feu ont plus de déformation que ceux non traités. La méthode 2D CIN s'est avérée appropriée pour analyser et identifier les déformations locales sur la surface des panneaux sandwichs.

Applications potentielles et retombées industrielles : Ce travail confirme l'utilité de la méthode d'analyse de corrélation d'images numériques pour évaluer de manière détaillée la déformation locale des surfaces des panneaux utilisés en aéronautique suite à des changements hygroscopiques.

INTRODUCTION

Les placages décoratifs en bois doivent, pour certaines utilisations, être traités contre le feu. L'application d'un produit ignifuge pourrait réduire les propriétés mécaniques du bois, bloquer la liaison des adhésifs phénoliques du contreplaqué, augmenter l'hygroscopicité du bois et faire varier sa stabilité dimensionnelle. Dans l'industrie aéronautique, les contreplaqués décoratifs ignifugés sont utilisés pour fabriquer des mobiliers d'avion d'affaires (Figure 1). Les méthodes modernes basées sur le traitement d'images sont capables de fournir des mesures de plein champ (déformations localisées) à une haute résolution. La méthode de corrélation d'images numériques (CIN) est une technique optique sans contact qui acquiert des images d'un objet lors de sa déformation. Elle effectue ensuite une analyse de l'image pour obtenir quantitativement les champs de déplacements et de déformations¹. La CIN est un excellent outil pour étudier le comportement des matériaux et des composantes structurales soumises à des contraintes mécaniques ou à des variations environnementales. Le présent travail vise à évaluer l'effet des agents ignifuges sur la déformation de surface des panneaux sandwich utilisés en aéronautique à travers de la méthode de corrélation d'images numériques (CIN)

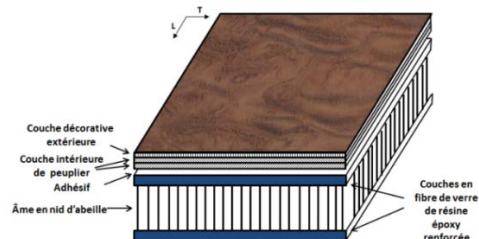


Figure 1. Panneau sandwich avec placage décoratif de Bubinga (*Guibourtia spp.*) utilisé pour la fabrication de mobiliers d'avions.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

- Des échantillons de panneaux avec un placage décoratif de Bubinga traités ou non avec un produit ignifuge à base de phosphore ont été coupés (Figure 1) aux dimensions de 100 x 100 x 150mm.
- Une peinture acrylique de couleur blanche a été pulvérisée sur la surface du placage en créant un patron tacheté adéquat. La couleur du placage, la distribution aléatoire et la taille des taches (de 10-20 pixels) ont créé un net contraste pour mesurer le déplacement et la déformation en utilisant la technique CIN.
- L'échantillon a ensuite été placé dans une chambre de conditionnement à 25°C et 90% d'humidité relative. Une fenêtre dans la chambre permettait d'observer l'échantillon avec un système d'acquisition d'image optique CIN. Une caméra CCD Jai Progressive scan, modèle CV-M4+CL équipée d'un objectif 1:1,2 / 12,5-75mm (de longueur focale fixe 30 mm) a été utilisée pour capturer les images des panneaux durant leur conditionnement. L'échantillon et la caméra furent alignés perpendiculairement à l'objectif. La distance de travail, le format de fichier et la résolution étaient 107mm, 1368x1040 pixels et 256 couleurs bitmap, respectivement. Deux lumières DEL ont été utilisées en parallèle pour garder l'éclairage constant tout au long du processus de mesure (Figure 2). Le logiciel utilisé pour l'analyse CIN a été le VIC 2D (Correlated solutions, USA).
- Les déformations ont été mesurées sur une surface de 10 x 10mm (ou 228 x 228 pixels) choisie au hasard. La résolution de l'image a été de 40µm/pixel et la taille du sous-ensemble fut de 21 pixels, valeur qui est utilisée par défaut dans le logiciel d'analyse VIC 2D.
- Le principe de base de la CIN en deux dimensions (2D) consiste à sélectionner un sous-ensemble de pixels

(points P, Q) dans une zone d'intérêt d'une image de référence (Figure 2). Ce sous-ensemble est utilisé pour suivre son déplacement après que l'image soit déformée (déplacement des points P et Q). Pour déterminer la position des points déplacés, une fonction de corrélation croisée normalisée² est appliquée. Les valeurs du déplacement et la déformation dans les directions tangentielle et longitudinale peuvent ensuite être estimées par les équations suivantes : $\epsilon_{xx} = \frac{\delta u}{\delta x} + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\delta u}{\delta x} \right)^2 + \left(\frac{\delta v}{\delta x} \right)^2 \right\}$ et $\epsilon_{yy} = \frac{\delta v}{\delta y} + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\delta u}{\delta y} \right)^2 + \left(\frac{\delta v}{\delta y} \right)^2 \right\}$, où x et y correspondent aux coordonnées en pixels dans l'image, u et v les déplacements et ϵ_{xx} et ϵ_{yy} et les déformations pour les gonflements tangentielle et longitudinale, respectivement.

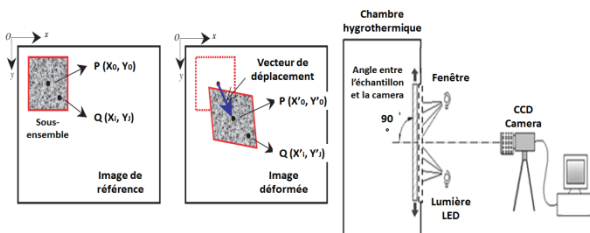


Figure 2. Principe de base de la technique CIN et système typique d'acquisition d'images optiques pour la méthode 2D CIN

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

- La déformation de la surface des panneaux sandwich ne fut pas uniforme. Ce résultat s'explique par l'influence de l'orientation du fil et de l'anatomie du bois (Figure 3). Certains auteurs ont constaté, pour le pin gris, que la déformation des surfaces tangentielles et longitudinales varie en fonction de l'anatomie et de la position dans l'arbre³.
- Le panneau ignifugé a montré une déformation supérieure à celle du panneau non traité. Le déplacement et la déformation furent plus élevés en direction tangentielle que longitudinale ($\epsilon_{xx} > \epsilon_{yy}$) (Tableau 1).
- Les résultats confirment que la présence du traitement ignifuge sur la surface du contreplaqué provoque une augmentation de la déformation. L'hygroscopicité du panneau est aussi augmentée par ce traitement. Ce dernier résultat a également été observé par certains auteurs³.

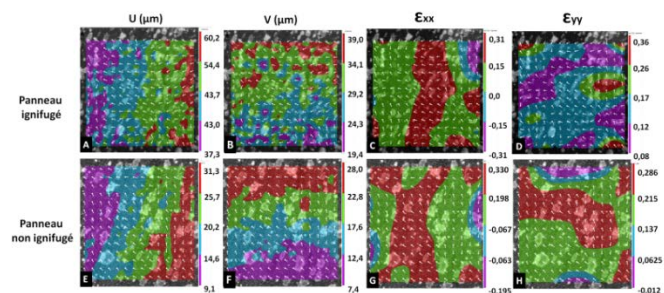


Figure 3. Déplacements et déformations de gonflement de la surface des panneaux traités et non traités de Bubinga. A, E déplacement tangentielle U (µm), B, F déplacement longitudinale V (µm), C, G déformations en direction tangentielle ϵ_{xx} , D, H déformations en direction longitudinale ϵ_{yy} .

Table 1. Valeurs de déplacement (U et V) et de déformation (ϵ_{xx} et ϵ_{yy}) tangentielle et longitudinale de la surface des panneaux sandwich aéronautique

Traitement	Teneur en humidité (%)	Paramètres	U (µm)	V (µm)	ϵ_{xx} (µm/µm)	ϵ_{yy} (µm/µm)
Ignifugé	5.1	Moyenne	47.4	29.7	0.234	0.158
		SD	5,000	4,378	0,065	0,045
		Max.	63,978	41,955	0,338	0,226
		Min.	33,771	14,367	0,000	0,000
		N°	1722	1722	1722	1722
		erreur type	0,120	0,106	0,001	0,001
Non Ignifugé	4.5	Moyenne	20.5	17.6	0.102	0.088
		SD	5,748	5,805	0,027	0,027
		Max.	34,949	30,426	0,172	0,149
		Min.	6,563	6,079	0,038	0,034
		N°	1722	1722	1722	1722
		erreur type	0,139	0,140	0,0006	0,0006

III. CONCLUSIONS

- La technique 2D CIN a permis de quantifier et d'identifier sur la surface de panneaux sandwich les zones de déformation produite par une humidification.
- La technique 2D CIN a montré que le déplacement et la déformation de la surface du bois de Bubinga est plus grande pour les panneaux traités contre le feu que pour ceux non traités.
- Les déformations des panneaux furent plus élevées en direction tangentielle qu'en direction longitudinale.
- Le traitement ignifuge pourrait augmenter l'hygroscopicité et la déformation des panneaux sandwich utilisés en aéronautique.

¹Sutton, M.A.; Wolters, W.J.; Peters, W.H.; Ranson, W.F.; McNeill, S.R. 2009. Determination of displacements using an improved digital correlation method. Image and Vision Computing, vol 1n3, aout 1983, 133-139.

²Tong, W. An evaluation of digital image correlation criteria for strain mapping application. Strain 41:167-175.

³Peng, M.; Chui, Y.H.; Ho, C.H.; Wang, W.C.; Zhou, Y. 2011. Investigation of shrinkage in softwood using digital image correlation method. In: Applied mechanics and materials, Vol 83: Experimental mechanics and materials. Dümten, Zurich, CHE: Trans tech publications.

Auteurs: Jedi Rosero-Alvarado M.Sc., Roger Hernández Ph.D. et Bernard Riedl Ph.D.

Pour plus d'informations: Jedi Rosero-Alvarado, étudiant de doctorat
jediros@gmail.com; (418) 656-5852

Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, Pavillon Gene-H.-Kruger,
 2425 rue de la Terrasse, Université Laval, Québec, Qc, Canada G1V 0A6

<http://www.materiauxrenouvelables.ca>