

Diagnostic d'un poteau en bois fissuré par scan3D et photogrammétrie

C.Gerbaud^{1,2}, R.Tautou¹, I.O.Pop^{1,3}, S.Yotte¹, S.Nicolas²

¹ Université de Limoges, GC2D, EA 3178, F-19300 Egletons, France

² ICS NICOLAS, F-87000 Limoges, France

³ PFT Matériaux Bio-Sourcés Et Construction Réhabilitation Durable De Nouvelle-Aquitaine, F-19300 Egletons, France

RESUME Le développement des méthodes de mesure 3D permet aujourd'hui le relevé géométrique des ouvrages de manière non destructive. Cette possibilité peut conduire à la réalisation de diagnostics structurels multi-échelles. Dans ce papier, un poteau en bois a été étudié au travers de deux approches : la photogrammétrie et le scanner 3D. Les représentations de l'objet obtenues grâce à ces outils, sont comparées avec un modèle idéal symbolisant l'état initial du poteau. Cette analyse permet d'observer sur différentes sections de l'objet, son état d'endommagement, grâce à la mesure de l'ouverture de fissure, mais également de l'angle de rotation présumée due à l'ouverture de cette dernière.

Mots-clefs Diagnostic, Photogrammétrie, Scanner3D, Bois

I. INTRODUCTION

Les changements climatiques sont à ce jour un phénomène d'actualité inquiétant, qui impacte les ouvrages par l'apparition d'effets environnementaux indésirables (**Khazalah, 2019**). Cela se traduit par une amplification des sollicitations climatiques au niveau des infrastructures avec un risque accru sur la perte de leur capacité portante (**Mosoarca, 2017**). Dans ces circonstances, il est important d'avoir un suivi régulier de leur état de santé afin d'éviter leur défaillance. L'inspection et la surveillance des ouvrages sont des éléments clés pour l'identification, la localisation et le suivi des désordres qui peuvent engendrer des pathologies et des dégradations pouvant mettre en péril l'intégrité structurelle de l'ouvrage.

D'une manière générale le dimensionnement d'un élément de structure met « ipso facto » la structure à l'abri d'une perte subite de résistance. Cependant, cela suppose une bonne anticipation de l'évolution de la loi constitutive des matériaux sous l'influence des actions mécaniques et/ou environnementales et/ou en présence de défauts. Il est donc nécessaire de développer des méthodes et des outils de diagnostic et de surveillance, comme la photogrammétrie ou le scan 3D qui permettent une inspection rapide et riche en informations (**Franke, 2007**), afin de prédire et de quantifier l'impact de ces différents désordres.

En partant de cette problématique, la présente étude propose l'analyse des désordres d'un poteau en bois par l'utilisation d'un scanner 3D (Modabber, 2016) et de la photogrammétrie (Schenk, 2005). Il s'agit d'un élément porteur d'une charpente, située à l'extérieur, en classe de service 2, et donc soumis à des chargements mécaniques et des variations thermo-hydriques (Figure 1).

II. RÉSULTATS

Le rendu photogrammétrique a été obtenu à l'aide d'un appareil photo Canon EOS 350D et du logiciel Agisoft Metashape®. Soixante-trois photos ont été prises sous différents angles et à des distances différentes de façon à avoir un taux de recouvrement entre les photos d'environ 30%. Le post-traitement permet de reconstruire un rendu 3D grâce à l'identification des points communs entre les prises de vue. L'avantage de cette méthode réside dans le fait que les mouvements, les vibrations ou la température du milieu environnant ont un effet négligeable sur la mesure et que suivant les systèmes de mesure, il est possible d'atteindre une précision de $\pm 0,1\text{mm/m}$.

Le deuxième relevé a été réalisé avec un scanner 3D de type Artec Eva paramétré en 16FPS et le logiciel Artec Studio 13 Professional®. Cet outil fonctionne sur le principe de la lumière structurée. Le scanner va enregistrer la déformation d'un motif lumineux projeté au préalable sur l'objet étudié. L'incertitude de mesure du scanner est estimée à $\pm 0,1\text{mm}$.

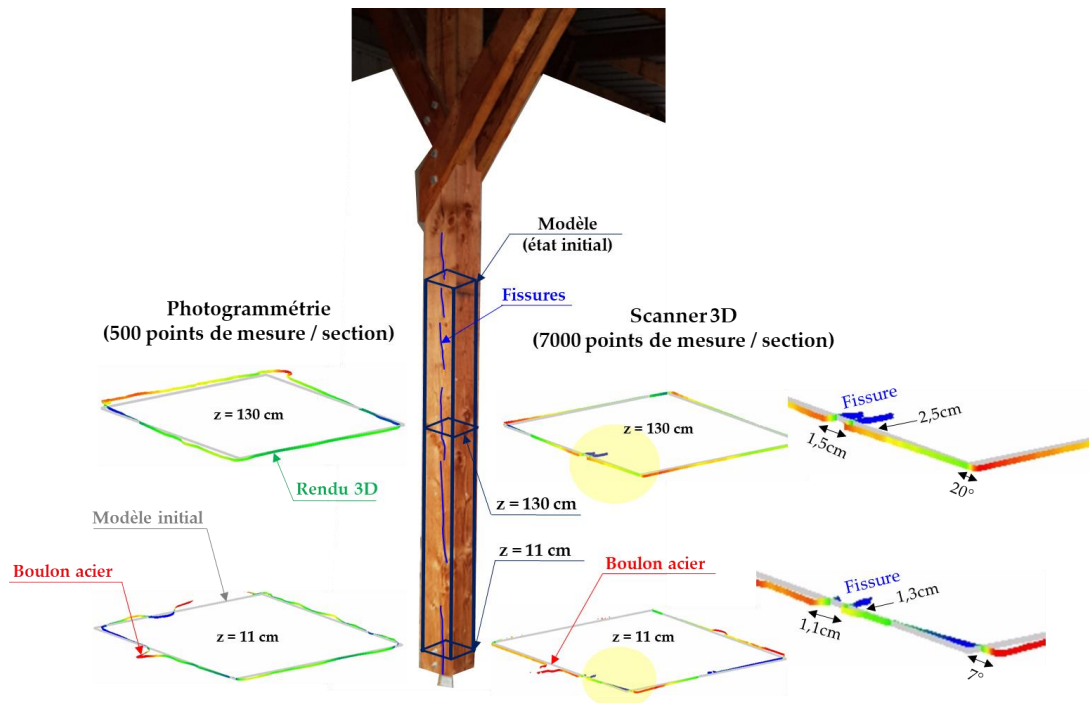


FIGURE 1. Superposition du modèle initial et du modèle réel : résultats de mesures des techniques et zooms sur fissures (l'échelle de couleur est reprise de l'historique de la figure 2)

En absence du relevé de l'état initial du poteau, un parallélépipède rectangle de section $19 \times 23 \text{ cm}^2$ a été modélisé afin d'avoir une représentation de cet état. Afin d'interpréter les résultats, les rendus 3D obtenus par scan et photogrammétrie ont été confrontés au modèle représentant l'état

initial. Cette comparaison permettra d'observer les différentes déformations de l'état actuel du poteau, mais aussi de pouvoir comparer les techniques entre elles. Comme illustré sur la Figure 1, l'analyse des désordres a été effectuée à des hauteurs de 11 cm et 130 cm par rapport à la base du poteau. Les résultats de ces relevés sont également représentés sur la Figure 1.

La comparaison des résultats réalisée avec le logiciel CloudCompare®, nous permet d'observer l'état d'endommagement du poteau. La photogrammétrie ayant les contours de ses sections discrétisés sur la base de 500 points de mesure et le scanner 3D sur la base de 7000 points de mesure, le niveau des détails observés pour les deux relevés est donc différent ; la photogrammétrie étant davantage impactée par les conditions matérielles de l'essai (nombre et qualité de photos). Dans ces conditions l'interprétation des désordres ne se fera que sur les mesures réalisées par le scanner 3D.

Sur le rendu 3D obtenu au scanner, il est possible d'observer la présence des fissures, ainsi qu'une déformation d'ensemble des sections et en l'occurrence du poteau. Sur les deux détails sur fissures présents sur la figure 1, une profondeur de fissure de 1,3 cm en pied de poteau et 2,5 cm à 130 cm de hauteur ont été relevées. Les ouvertures des fissures, sont quant à elles sensiblement égales, 1,1 cm et 1,5 cm, respectivement. L'angle de rotation des sections semble évoluer tout au long du poteau (de 7° à 20° sur la partie observée).

La Figure 2 présente des histogrammes montrant le nombre de points représentant les contours de deux sections en fonction de l'écart entre leur position actuelle et leur position dans le modèle initial. Il faut préciser que l'échelle de couleurs représentant l'amplitude de ces écarts est la même que celle utilisée sur la Figure 1. Ces résultats montrent que pour la section située à 11 cm de hauteur, 94% des points présentent un écart de plus d'1 mm par rapport à l'état supposé initial du poteau. Alors que pour la section située à 130 cm, 98% des points présentent un écart de plus d'1 mm par rapport à l'état initial. Cette analyse permet de définir des écarts seuils pour quantifier le degré d'endommagement de la section. Les résultats montrent une déformation du poteau plus prononcée au niveau de son sommet. De plus, cette analyse peut être révélatrice des phénomènes de retrait/gonflement pour un suivi à long terme du poteau.

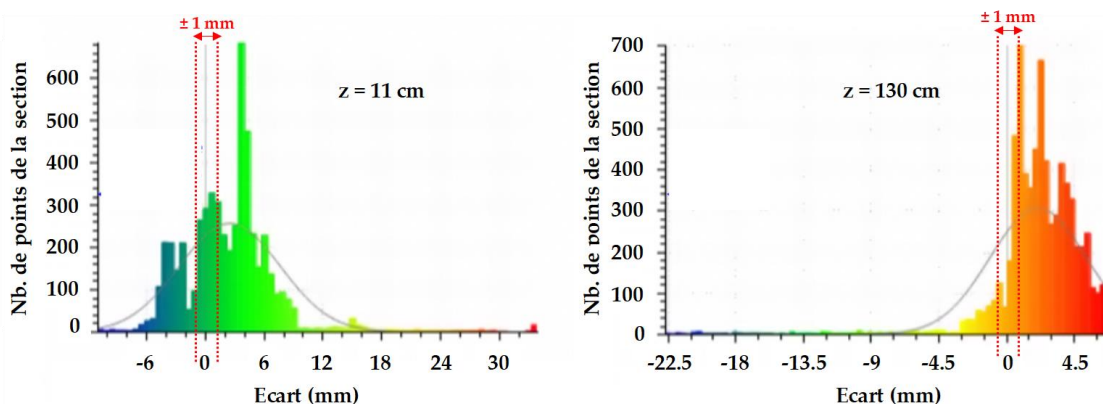


FIGURE 2. Représentation de l'écart entre les mesures du scanner et le modèle

III. CONCLUSION

L'utilisation de la photogrammétrie et du scanner sur le poteau en bois a permis de tester ces techniques, afin d'évaluer leur capacité à mettre en évidence des défauts. D'après l'état de déformation actuel, observé grâce à l'analyse comparée, il est pertinent de s'interroger sur la capacité portante du poteau. En effet, les résultats révèlent une dégradation structurelle de celui-ci, qui s'observe au travers l'ouverture de fissures qui provoque un semblant de rotation de l'objet autour de son axe longitudinal.

Ces résultats apportent par ailleurs quelques précisions préliminaires sur les éventuelles limitations de ces outils. Il a été possible d'observer notamment leur limitation à relever la totalité de la profondeur de fissure. Cette limitation est très marquée dans le cas de la photogrammétrie, où la résolution de la méthode ne permet pas d'avoir des informations sur la profondeur de fissuration. Dans le cas du scanner cette information s'avère incomplète, car les faisceaux lumineux du scanner n'ont pas atteint la pointe de fissure.

En ce qui concerne les aspects logistiques, il faut préciser que la durée d'acquisition du scanner et de la photogrammétrie, ainsi que leur temps de traitement, sont sensiblement équivalents. Le scanner requiert un matériel plus coûteux et une mise en œuvre moins accessible, que la simple utilisation d'un appareil photo, qui peut être par ailleurs contenu dans un smartphone (Gerbaud, 2019). Pour la photogrammétrie, il faut envisager un nombre de prises de photo plus important, et par conséquent, un temps de traitement plus long, afin d'obtenir un rendu aussi fidèle.

REFERENCES

- Franke, S., Franke, B. & Rautenstrauch, K. (2006). Strain analysis of wood components by close range photogrammetry. *Materials and Structures*, 40, 37–46. <https://doi:10.1617/s11527-006-9152-6>
- Gerbaud, C., Tautou, R., Yotte, S., Nicolas, S., Pop, O., Marsavina, L., Morel, S. & Dubois, F. (2019). Health assessment of timber structures by using the photogrammetry and 3d scanner, *SHATIS 2019 - 5th International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures*, 684-692.
- Khazalah, M. & Gopalan, B. (2018). Climate Change—Causes, Impacts, Mitigation: A Review. *GCEC 2017 Lecture Notes in Civil Engineering*, 715–721. https://doi:10.1007/978-981-10-8016-6_53
- Modabber, A., Peters, F., Kniha, K., Goloborodko, E., Ghassemi, A., Lethaus, B., ... & Möhlhenrich, S. C. (2016). Evaluation of the accuracy of a mobile and a stationary system for three-dimensional facial scanning. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 44(10), 1719-1724.
- Mosoarca, M., Keller, A.I., Petrus, C. & Racolta, A. (2017). Failure analysis of historical buildings due to climate change. *Engineering Failure Analysis*, 82, 666–680. <https://doi:10.1016/j.engfailanal.2017.06.013>
- Schenk, T. (2005). Introduction to photogrammetry. *The Ohio State University, Columbus*, 106.