



Proposition de stage de Master

Analyse modale expérimentale 3D par corrélation d'images numériques

Les outils de métrologie actuels concernant la mesure des vibrations sont principalement basés sur l'utilisation d'accéléromètres ou de vibromètres laser. Cependant, afin d'obtenir une description des déformées modales suffisamment précise, il est nécessaire d'instrumenter la structure étudiée avec un nombre important de capteurs. L'utilisation d'accéléromètres introduit un amortissement supplémentaire, en raison des câbles les reliant aux systèmes d'acquisition, mais également un ajout de masses additionnelles dû aux capteurs eux-mêmes. Les vibromètres laser nécessitent quant à eux des surfaces dont la direction de réflexion doit rester relativement invariante durant l'essai et sans effets de bord, conditions qui sont difficiles à garantir dans certains cas. Pour réaliser des mesures de champs (de vitesse ou de déplacement), les vibromètres par balayage exigent de plus l'usage d'une excitation stationnaire périodique, ce qui est limitant.

Depuis une décennie, la Corrélation d'Images Numériques (CIN) est de plus en plus employée en mécanique des matériaux et des structures afin, notamment, de déterminer des champs de déformation en 2D comme en 3D. En effet, lorsque les conditions expérimentales sont optimales, il est possible d'obtenir des résolutions en déplacement inférieures au dixième voire au centième de pixel. Cette technique peut être mise en œuvre pour l'analyse de sollicitations dynamiques grâce à l'utilisation de caméras rapides. Toutefois, ces dernières sont souvent limitées en termes de résolution d'image, ce qui restreint la résolution spatiale de l'analyse et est pénalisant sur des structures élancées telles que celles rencontrées en génie civil. Des générations récentes de caméras, présentant une grande variété de combinaisons de résolution d'image et de fréquence d'acquisition, permettent de repousser ces limites et constituent ainsi des alternatives potentielles aux systèmes classiques d'analyse modale.

Le laboratoire Navier a fait l'acquisition de deux caméras de ce type (12 MPixels à 189 Hz) et développe, depuis deux ans, une nouvelle thématique portant sur l'analyse modale expérimentale de structures par CIN, l'application finale visée étant la détection d'endommagements dans les structures par méthodes vibratoires. Avant de pouvoir utiliser ces méthodes pour détecter des endommagements, il convient de déterminer avec précision les paramètres modaux des structures étudiées et en particulier les déformées modales. Un premier travail sur ce sujet a été mené en 2017 dans le cadre d'un post-doctorat financé par le Labex MMCD ([1]-[4]). Le travail réalisé a permis de mieux appréhender les capacités de la corrélation d'images pour l'analyse modale expérimentale, en s'attachant particulièrement à la qualité du mouchetis appliqué sur les structures testées. Les paramètres modaux de poutres de différentes longueurs (0,5 m et 7 m) ont ainsi été identifiés.

Dans la continuité de cette étude, l'étape suivante consiste à réaliser des analyses modales sur des structures dont les vibrations ont lieu suivant plusieurs dimensions de l'espace, comme par exemple des plaques ou des assemblages de poutres. Par rapport au cas des poutres étudiées jusqu'à présent, l'ajout d'une ou deux dimensions supplémentaires rend les choses beaucoup plus complexes. L'intérêt des mesures de champ par techniques optiques sans contact prend ici tout son sens puisque beaucoup de points de mesures sont nécessaires afin d'obtenir une représentation correcte de la déformée modale.

Le stage proposé s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre différents laboratoires (Navier (ENPC), EMGCU (Ifsttar) et LaSTIG (ENSG)) autour de cette thématique. Les structures à tester pourront l'être à différentes échelles, au Laboratoire Navier pour des structures de taille réduite et à

l'Ifsttar, à l'aide de la plateforme d'essais, pour des structures de taille plus importante, comme cela a déjà été le cas pour l'étude menée sur la poutre de 7m de long. Concernant le post-traitement des images, le LaSTIG développe depuis plusieurs années le logiciel MicMac qui est un logiciel de photogrammétrie open source pouvant être utilisé dans divers scénarios de reconstruction 3D. Il s'agira donc, dans un premier temps, de post-traiter les images acquises au cours d'essais dynamiques réalisés sur des structures vibrant en 3D à l'aide du logiciel MicMac et, dans un second temps, de réaliser les développements logiciels appropriés afin d'améliorer les résultats de l'analyse modale expérimentale.

Le sujet proposé comporte une partie expérimentale importante. Le candidat devra être autonome et avoir des compétences en corrélation d'images. Des connaissances en dynamique des structures seraient un plus appréciable.

Le stage se déroulera du mois d'avril à septembre (6 mois) au laboratoire EMGCU sur le site de l'Ifsttar à Marne-La-Vallée. L'encadrement sera réalisé par une équipe dont les expertises couvrent l'ensemble des aspects à traiter lors du stage. Outre l'étude des aspects scientifiques préalablement décrits, ce stage vise à initier une collaboration à long terme entre le LaSTIG, Navier et EMGCU.

Contacts :

Michel BORNERT (ENPC, NAVIER)	michel.bornert@enpc.fr	tel : +33 (0)1 64 15 37 90
Gwendal CUMUNEL (ENPC, NAVIER)	gwendal.cumunel@enpc.fr	tel : +33 (0)1 64 15 37 80
Marc QUIERTANT (IFSTTAR, EMGCU)	marc.quiertant@ifsttar.fr	tel : +33 (0)1 81 66 83 22
Ewelina RUPNIK (ENSG, LaSTIG)	Ewelina.Rupnik@ign.fr	
Marc PIERROT-DESEILLIGNY (ENSG, LaSTIG)	Marc.Pierrot-Deseilligny@ensg.eu	

tel : +33(0)1 64 15 31 48

Références bibliographiques :

[1] X. Régál, G. Cumunel, M. Bornert, M. Quiertant, Analyse modale d'une poutre par corrélation d'images numériques. 11 pages (<http://hdl.handle.net/2042/63348>) Compte rendu du 23^{ème} Congrès Français de Mécanique Lille, 28 Août au 1er Septembre 2017

[2] X. Régál, G. Cumunel, M. Bornert, M. Quiertant, Mise en œuvre de la Corrélation d'Images Numériques pour l'analyse modale d'une poutre, Présentation orale et résumé d'une page, Journée Mesure De Champs en dynamique des structures (JMDC 2017), 02 juin 2017, Besançon (FEMTO-ST).

[3] X. Régál, G. Cumunel, M. Bornert, M. Quiertant, Dynamic behavior of a civil engineering beam. Oral presentation (plenary session) and 2 pages abstract in the digital book. Photomechanics 2018, 6th PhotoMechanics conference: International conference on full-field measurement techniques and their applications in experimental solid mechanics. 19-23 March 2018 Toulouse (France).

[4] Xavier Régál, Gwendal Cumunel, Michel Bornert, Marc Quiertant, Optimization of digital image correlation for modal analysis of beams. To be submitted to Mechanical Systems and Signal Processing