

# Système d'analyse de vibrations mécaniques basé sur un capteur optique de l'INO

*Fabien Claveau, étudiant 2<sup>e</sup> cycle*

*Dr Paul Fortier, directeur de recherche*

*Dr Denis Gingras, co-directeur de recherche, INO*

*Abstract: A laser-based contactless displacement measurement system developed at the National Optics Institute is used for data acquisition in order to analyse the mechanical vibrations exhibited by vibrating structures and machines. The analysis of these vibrations requires a number of signal processing operations in order to determine the system's conditions through a classification of various observed vibration signatures.*

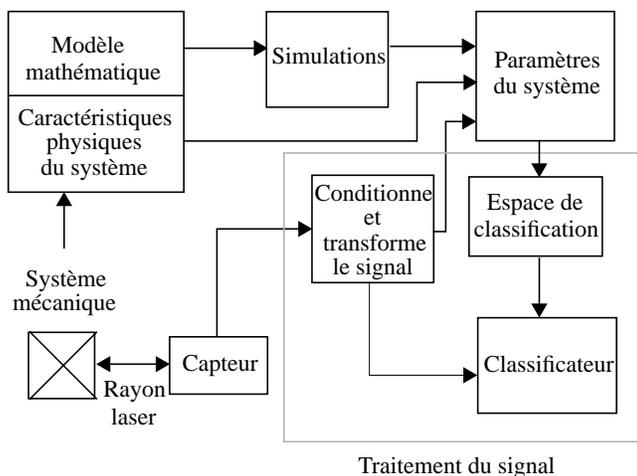
*Résumé: Un système laser de mesure de déplacement sans contact développé à l'Institut National d'Optique (INO) est utilisé comme capteur afin d'analyser les vibrations mécaniques générées par les structures vibrantes et les machines. L'analyse de ces vibrations requiert certaines opérations en traitement du signal afin de déterminer l'état de santé du système à l'aide d'une classification des signatures de vibration observées*

Cette recherche a pour but la conception d'un système capable de déterminer l'état de santé d'un système mécanique donné à l'aide d'une classification des signatures vibratoires possibles. La classification des signatures vibratoires nécessite une connaissance a priori du système dans des conditions normales ainsi que dans les différentes conditions possibles de défaillance. Si possible, le système devrait être modélisé mathématiquement. L'utilisation d'un tel modèle sert à interpréter correctement les observations puisque l'on peut prédire le comportement dynamique de la structure, c'est-à-dire, sa signature vibratoire.

## **Processus d'analyse de vibrations**

L'analyse de vibrations peut être considérée comme un processus montré schématiquement à la Figure 1. La première étape d'un tel processus est l'identification d'un ensemble de paramètres qui sera utilisé pour l'analyse de vibrations. Ces paramètres reflètent les caractéristiques physiques du système. Chaque paramètre devrait idéalement représenter un aspect particulier

de la signature vibratoire. Les paramètres peuvent être déterminés théoriquement à partir d'un modèle mathématique, intuitivement par simple déduction, ou expérimentalement.



**Figure 1** Processus d'analyse de vibrations

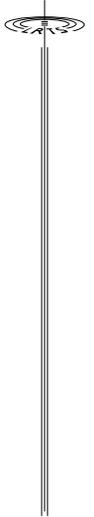
La seconde étape est la création d'un espace de classification basé sur l'ensemble des paramètres. L'espace de classification contient une région ou sous-espace correspondant au comportement dynamique normal, ainsi qu'une ou plusieurs régions correspondant aux différentes défaillances possibles. Les régions sont obtenues par apprentissage à l'aide de données expérimentales ou à partir de simulations. Chacune des régions obtenues forme alors un amas dans l'espace de classification.

## Besoins en traitement du signal

Le traitement du signal destiné à l'analyse de vibrations comprend deux fonctions. Premièrement, la signature vibratoire doit être conditionnée et transformée en termes de paramètres du système. Deuxièmement, des algorithmes de décision doivent être en mesure d'évaluer l'état du système en classifiant les paramètres observés selon les règles de discrimination. Ces règles de discrimination, qui ont pour but de choisir dans quelle région se situe une observation donnée, sont basées sur une technique de reconnaissance de formes. Les techniques les plus populaires comprennent "nearest-neighbour", les réseaux de neurones, "template matching", les méthodes statistiques, etc.

## Application aux engrenages

Les systèmes comprenant des roues d'engrenage présentent des caractéristiques vibratoires étroitement liées aux composantes physiques du système. Ces composantes sont la vitesse de révolution des roues et le nombre de dents sur chaque roue. La nature périodique des forces



d'excitation d'un tel système en rotation a pour effet de générer un spectre de vibration comportant plusieurs raies situées à des fréquences bien déterminées. Ces fréquences sont principalement les multiples entiers des vitesses de révolution des roues. En particulier, on retrouvera une raie plus importante au multiple entier correspondant aux nombre de dents sur la roue. Cette raie constitue la fréquence fondamentale d'engrènement des dents d'une paire de roues.

La présence de défauts sur les dents de l'une ou l'autre des roues vient moduler la fréquence d'engrènement ce qui a pour effet de générer des raies spectrales additionnelles. L'espacement et l'allure de ces raies autour de la porteuse dépend du type de défaut rencontré.

Des essais furent effectués avec un montage expérimental comportant deux roues afin d'étudier les effets d'une dent fracturée sur la signature vibratoire. L'espacement observé entre les nouvelles raies de modulation correspondait à la fréquence de révolution de la roue comportant la dent fracturée. Ceci s'explique par le fait que la dent fracturée vient s'engrèner au rythme d'une fois par révolution.

Afin de pouvoir détecter une dent fracturée sur une des roues, il fallait pouvoir identifier la présence de raies de modulation équidistantes dans le spectre. La méthode utilisée fut l'autocorrélation spectrale qui permettait de détecter les périodicités présentes dans le spectre.

Les paramètres du système choisis pour la classification furent les valeurs de l'autocorrélation aux "retards fréquentiels" correspondant à la fréquence de révolution de chaque roue ce qui donnait un espace de classification à deux dimensions.

Trois cas furent étudiés: le comportement normal sans roue défaillante, le comportement en présence d'une dent fracturée sur une des deux roues, puis sur l'autre roue. Toutes ces situations furent séparées en trois classes distinctes dans l'espace de classification choisi.