

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



# CSCNEWS

Bulletin d'information N° 7  
Juin 2015

## EVENEMENTS



Assises Formation-Recherche et Développement en Industrie



Collaboration entre le CSC  
et l'Université Paris-Sud



Journée Mondiale de la Métrologie

### Perspectives de Coopération Scientifique et Technologique Algéro-Turques



CSC, Route de Dély Ibrahim - BP. 64 - Chéraga, Alger  
Tél/Fax: 021 34 20 19 Site web : <http://www.csc.dz>



**Directeur de publication :**

Dr. YAHY Mostepha.

**Responsable de rédaction :**

Mme. Aicha ZIOUCHE.

**Comité de Rédaction :**

M. AMIR Mounir;

Melle BELGACEM Leila;

Dr. BENAMMAR Abdessalem;

M. CHIBANE Farid ;

Melle HAMCHAOUI Nadia;

Melle HEDID Dounia;

Mme KACEL Taous;

Dr. TALA IGHIL Nacer;

M. NEMAMECHA Oussama.

**Infographie :**

Melle IRID Louiza.

**Publié par le CSC**

E-mail: [csc.news@csc.dz](mailto:csc.news@csc.dz)

[Http://www.csc.dz](http://www.csc.dz)



## CSC NEWS

**Bulletin Semestriel du Centre  
de Recherche en Soudage  
et Contrôle - CSC -**

**Route de Dély-Ibrahim - BP 64 -**

**Chéraga, Alger**

**Tél/Fax: 021 34 20 19**

# Sommaire

**Editorial**



**04**

**Evènements**



**06**

**Recherche et  
Développement**



**09**

**Savoir**



**21**

**Zoom  
sur un Projet**



**24**

**Publications**



**26**

**Félicitations**



**27**



# Editorial

## Du CND et Soudage



**Dr. DRAI Redouane**  
Directeur de la Division Traitement  
du Signal et Imagerie

En 1985, le Commissariat aux Energies Nouvelles a créé l'activité de recherche en Contrôle Non Destructif (CND) et soudage pour prendre en charge les constructions et les inspections des installations dans le domaine du nucléaire. Cette structure a donné naissance au CSC qui a contribué à l'inspection par les techniques de CND des deux réacteurs de DRARIA et de BIRINE.

30 années après, nous assistons à la création d'un nouveau centre de recherche en technologies industrielles (CRTI) qui envisage non seulement de continuer l'activité de CND et de soudage mais aussi de contribuer au développement des programmes nationaux de recherche. Le CRTI est en mesure de lancer des projets de recherche en commun accord avec ses partenaires des ressources minières et des hydrocarbures.

Cette nouvelle appellation (CRTI) est la résultante des exigences des industriels. Leurs problèmes seront nos projets de recherche, nous devons leur proposer de nouvelles technologies et ils seront plus attentifs aux résultats que nous obtiendrions.

Les enjeux sont grands, il s'agit de répondre aux problèmes rencontrés par les techniciens des installations industrielles. Nos chercheurs seront appelés à élaborer de nouveaux matériaux métalliques et non métalliques, de

mettre au point de nouvelles techniques d'analyse et de caractérisation et de développer des technologies permettant un épanouissement de nos partenaires industriels dans l'amélioration de la production.

Par exemple, dans les chaînes de fabrication et montage, la mécatronique est une activité incontournable, les chercheurs sont appelés d'abord à maîtriser l'instrumentation utilisée par les systèmes mécaniques et améliorer les performances de production. Par ailleurs, les différents types de capteurs utilisés sont nombreux. Ils sont basés sur des phénomènes physiques très variés, la recherche menée dans ces domaines devra contribuer dans la rénovation des systèmes électroniques, mécaniques et informatiques de certaines installations vétustes.

Un deuxième exemple que nous citons est le problème de la maintenance des installations industrielles opérationnelles. Ces dernières qui ont été réalisées depuis plusieurs années, voire plusieurs décennies, nécessitent aussi une étude et une contribution de nos chercheurs dans la maintenance prédictive. Il s'agit de développer de nouvelles techniques pour éviter les risques d'endommagement et estimer leur durée de vie.

Dans le but de répondre aux problèmes des différentes



# **aux Technologies Industrielles : 30 années de recherche**

industries du pays, le centre devrait, tout d'abord, investir dans les ressources humaines par la formation doctorale, les stages de perfectionnement. Ensuite, il faudrait les divisions de recherche de moyens matériels nécessaires permettant de mener à bien une recherche appliquée.

Aussi, il est nécessaire de créer plus de structures économiques (filiales, laboratoires, plateformes technologiques,...) performantes avec des modes de management évolués basés sur l'efficacité et non pas sur des pratiques bureaucratiques. Ces structures assureront les liens entre le monde de la recherche et le monde industriel. Par exemple, une structure de prototypage permettra de mettre en valeur les résultats de la recherche dans la mécatronique et d'améliorer ainsi le taux d'intégration des chaînes de montage et de fabrication.

Dans sa nouvelle stratégie, la direction du centre prévoit de créer deux autres filiales, la 1ère aura pour missions la fabrication mécanique et les techniques d'assemblages des installations. La deuxième aura comme principale tâche de proposer des solutions au phénomène de corrosion qui est la préoccupation majeure dans le transport des hydrocarbures. Ces solutions sont réfléchies au niveau des divisions de recherche, expérimentées et proposées à cette filiale pour être commercialisées.

Les défis sont grands, les activités du centre en matière de recherche et de développement technologique devront être à la hauteur de cette nouvelle dénomination.

## Assises Formation-Recherche et Développement en Industrie 13-14 mai 2015

Sous le haut patronage de Monsieur le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et Monsieur le Ministre de l'Industrie et des Mines se sont tenues les 13 et 14 mai 2015 à l'Université de la Science et de la Technologie d'Oran les Assises Formation-Recherche et Développement en industrie.

Ces assises sont organisées dans le cadre de l'entrée en vigueur de la 3ème loi d'orientation de la recherche scientifique et du développement technologique et de l'effort permanent engagé par le secteur de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique afin de renforcer les liens entre la formation-recherche et l'industrie. Cette rencontre a ciblé les filières à vocation industrielle (agriculture, biotechnologie, chimie, électronique, mécanique, métallurgie, agro-industrie, informatique, aéronautique,...).

Le Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle (CSC) n'a pas manqué de participer aux travaux des différents ateliers organisés (journée du 13 mai 2015) à travers ses chercheurs et professionnels activant dans le domaine de la recherche et de l'industrie. Cette double vocation a permis aux intervenants du CSC de donner des avis fiables et ciblés basés sur l'expérience acquise sur le terrain.

Aussi, le CSC avec ses unités de recherche, ses divisions et sa filiale CSC-Expertise a profité de cet important événement pour exposer à travers ses stands établis à l'Université de la Science et de la Technologie d'Oran (journée du 14 mai 2015), toutes les techniques de Contrôle Non Destructif (CND) et les brevets d'invention dont il dispose. Ceci a permis aux étudiants de s'informer sur le domaine du CND et aux industriels de prendre contact avec le centre pour d'éventuelles collaborations futures.



## Collaboration entre le centre de recherche scientifique et technique en soudage et contrôle (CSC) et l'université Paris-Sud



Visite d'une délégation de l'université Paris-Sud au centre de recherche scientifique et technique en soudage et contrôle (CSC) le 27/04/ 2015, dans le cadre d'une collaboration scientifique et technique.

Cette délégation était menée par le Pr. Samir BOUAZIZ, enseignant-chercheur à Polytech Paris-Sud et chargé de mission pour l'Algérie. Les trois membres de la délégation se sont entretenus avec le Pr. Hafid AOURAG, Directeur Général de la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT), Dr. Mostepha YAHI, Directeur Général du CSC et le directeur adjoint Dr. Riad Badji, au sujet des actions d'échanges scientifiques et des formations communes.

## Perspectives de coopération scientifique et technologique Algéro-Turques

Dans le cadre du développement d'un nouveau partenariat avec le Conseil de la recherche scientifique et technologique « TUBI-TAK », principal financier et opérateur de la recherche en Turquie, Dr YAHI Mostepha, directeur du CSC et Prof. Tahar





SAHRAOUI, directeur d'études auprès de la DGRSDT, ont effectué une visite en Turquie du 28 avril au 01 mai courant. Les perspectives de coopération scientifique et technologique ont été au centre de cette rencontre. Un projet cadre de partenariat, d'échanges et de coopération a été élaboré. Il sera signé lors de la prochaine visite d'une délégation du TUBITAK en Algérie.



## Journée mondiale de la métrologie Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie ENSA (ex-INA), El Harrach, le 20/05/2015

La mesure est présente partout et dans tous les domaines. Prise de manière exacte, elle a une influence considérable sur bon nombre de nos résultats. Mais s'assurer de l'exactitude de nos mesures n'est pas chose aisée. Cela implique, entre autres, le choix adéquat des équipements mais surtout l'habilitation du personnel responsable de la prise de ces mesures.

Dans cette optique, le Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle a participé à la journée mondiale de la métrologie que l'on célèbre à l'échelle mondiale en date du 20 mai de chaque année. Pour cette édition 2015, la célébration de cette journée a eu lieu à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie où se tenait également cette semaine le Salon d'Exposition sur l'Instrumentation, l'Accréditation, la Mesure et la Qualité (du 18 au 21 mai).

Cette journée a permis de drainer certains des acteurs majeurs de la métrologie en Algérie à savoir les représentants de l'ONML (Office National de la Métrologie Légale), ceux de l'IANOR, institut algérien en charge de l'élaboration, la publication et la diffusion des normes en Algérie ou encore les représentants d'ALGERAC, organisme qui a pour fonction l'accréditation des organismes d'évaluation de la conformité. Tout cela sous le patronage du ministère de l'Industrie et des Mines et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique qui à travers les allocutions de leurs représentants, ont démontré un réel intérêt pour la métrologie et ont appelé à sa généralisation du fait de sa nécessité pour valider les résultats de mesure et en calculer l'incertitude.

Fort de son expérience acquise dans la métrologie à travers ses laboratoires d'étalonnage, d'essai et de vérification, mais également à travers sa filiale CSC-Expertise, le CSC a tenu à participer à cette journée en présentant sa contribution dans l'industrie nationale et cela dans le domaine de la métrologie. Lors de cette présentation, l'accent a été mis sur l'importance accordée par le CSC à la qualité de ses prestations et cela par l'établissement de systèmes de management pour la gestion de ses laboratoires et de sa filiale qui est accréditée pour l'inspection selon le référentiel ISO/CEI 17020. Les laboratoires d'essais chimiques et d'essais mécaniques au niveau de l'URASM sont pour leur part accrédités selon le référentiel ISO/CEI 17025. Ces accréditations étant un gage de qualité des résultats et des mesures réalisés.

Le CSC a également présenté son projet de création d'un laboratoire de métrologie. La mission de ce laboratoire étant l'étalonnage et la vérification dans différents domaines de la métrologie à savoir : Température et humidité, pression, dimensionnel, électrique.... La priorité étant accordée au domaine de la température et de l'humidité du fait de la forte demande pour ces deux mesures. Le CSC est d'ailleurs en phase d'acquisition d'équipements pour l'étalonnage et la vérification d'instruments de mesure de la température et de l'humidité afin de couvrir la demande de différentes industries à savoir : pétrole et gaz, métallurgie et sidérurgie, pharmaceutique et biologique, agroalimentaire,...

La journée s'est close par un débat où les différents intervenants ont répondu aux interrogations de l'assistance curieuse d'en savoir plus sur un domaine d'une grande importance et en plein expansion en Algérie.





## Atelier « Les Hydrocarbures d'origine Conventi- tionnelles et Non Conventi- tionnelles » 26-27 Mai 2015 au CSC de Chéraga, Alger



26-27 Mai 2015 au CSC de Chéraga, Alger

L'énergie est un enjeu stratégique et un vecteur de développement incontournable. Les ressources énergétiques naturelles peuvent être d'origines conventionnelles ou non conventionnelles. L'Algérie donne une importance particulière au développement des ressources énergétiques que sont le pétrole et le gaz.

Afin de créer une synergie entre le secteur industriel des hydrocarbures et la Recherche Scientifique, le Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle (CSC) a abrité un atelier thématique sur « les hydrocarbures d'origine conventionnelles et non conventionnelles »

Cet atelier s'inscrit dans le cadre du programme d'action de la Commission Intersectorielle « Matières Premières et Energie » et porte sur l'identification des besoins socio-économiques, des problématiques et des attentes liées aux hydrocarbures d'origine conventionnelles et non conventionnelles exprimés par les différents acteurs des secteurs socio-économiques à l'effet de les traduire en actions de recherche pour leur prise en charge dans un cadre concerté avec le secteur de la recherche scientifique. L'atelier a connu la participation d'universitaires, de chercheurs permanents et de plusieurs partenaires du secteur socio-économique (Energie, défense nationale, ressource en eau et environnement, industrie et mines, agriculture,...).

Le CSC a eu le privilège d'abriter cet atelier très intéressant et a contribué par la participation de ses chercheurs permanents (Dr Amar BOUTAGHANE, Dr Nacer TALA IGHIL, Dr Sonia DJILLI, Dr Toufik CHOUCANE et M. Seddik OUALLAM)

à enrichir le débat sur la thématique « les hydrocarbures d'origine conventionnelles et non conventionnelles ». A cet effet, les chercheurs du CSC, spécialistes et experts dans les domaines de recherche en soudage, contrôle non destructif et technologies industrielles, ont contribué activement à définir des axes de recherche découlant directement des problématiques posées par le partenaire industriel.

Les domaines d'intervention des chercheurs du CSC ont été clairement identifiés en amont et en aval des processus industriels. Ces domaines d'intervention au profit du partenaire industriel (Ministère de l'énergie et des mines/SONATRACH) sont nombreux et diverses. Nous pouvons citer :

- Transport et canalisation ;
- Corrosion et protection ;
- Problèmes opérationnels ;
- Modélisation, simulation et optimisation ;
- Développement des matériaux innovants.

Durant cet atelier, l'ensemble des participants ont manifesté la nécessité de créer des cellules de communications au sein des établissements industriels et de recherche dans le but de rapprocher la recherche de l'industrie. Par ailleurs, il a été signalé l'importance d'établir une banque de données regroupant l'ensemble des experts par domaine de compétence et par spécialité et d'encourager le travail en transversalité.





## Application of Wavelet Transform for Fault Diagnosis of Rotating Machinery

Hocine Bendjama<sup>1</sup>, Salah Bouhouche<sup>1</sup>, Mohamed Seghir Boucherit<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Welding and NDT Research Centre (CSC), BP 64 Cheraga, Algiers, Algeria  
e-mails: h.bendjama@csc.dz

<sup>2</sup> Department of Automatic, Polytechnic National School (ENP),  
BP 182 El-Harrach, Algiers, Algeria

**Abstract**—Vibration analysis is essential in improving condition monitoring and fault diagnosis of rotating machinery. Many signal analysis methods are able to extract useful informations from vibration data. Currently, the most of these methods use spectral analysis based on Fourier Transform (FT). However, these methods present some limitations; it is the case of non-stationary signals. In the present work, we are interested to the vibration signal analysis by the Wavelet Transform (WT). The WT is one of the most important methods for signal processing; it is especially suitable for non-stationary vibration measurements obtained from accelerometer sensors. The monitoring results indicate that the WT can diagnose the abnormal change in the measured data.

**Index Terms**—Vibration analysis, fault diagnosis, rotating machinery, spectral analysis, wavelet transform

### I. INTRODUCTION

Growing demand for higher performance, safety and reliability of industrial systems has increased the need for fault diagnosis. Fault diagnosis has been becoming more and more important for process monitoring. During the last two decades, various sensors have been developed and employed for condition monitoring and fault diagnosis, include; displacement, vibration, dynamic force, acoustic emission, temperature, etc. The vibration signal analysis is one of the most important methods used for condition monitoring and fault diagnostics, because they always carry the dynamic information of the system. Effective utilization of the vibration signals, however, depends upon the effectiveness of the applied signal processing techniques for fault diagnostics. With the rapid development of the signal processing techniques, the analysis of stationary signals has largely been based on well-known spectral techniques such as: Fourier Transform (FT), Fast Fourier Transform (FFT) and Short Time Fourier Transform (STFT) [1], [2]. Unfortunately, the methods based on FT are not suitable for non-stationary signal analysis [3]. In addition, they are not able to reveal the inherent information of non-stationary signals. These methods provide only a limited performance

for machinery diagnostics [4]. In order to solve these problems, Wavelet Transform (WT) has been developed. WT is a kind of variable window technology, which uses a time interval to analyze the high frequency and the low frequency components of the signal [5], [6]. The data using WT can be decomposed into approximation and detail coefficients in a multiscale, presenting then a more effective tool for non-stationary signal analysis than the FT. Many studies present the applications of WT to decompose signals for improving the performance of fault detection and diagnosis in rotating machinery [7]–[10].

In this work, we propose to implement the WT for condition monitoring of rotating machinery. It is evaluated using the experimental measurements data in the cases of mass unbalance and gear fault. The main goal of this technique is to obtain more detailed information contained in the measured data.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 presents WT method and its formulations. System and faults descriptions are presented in Section 3. The monitoring results are discussed in Section 4. Finally, Section 5 concludes our contributions.

## II. WAVELET TRANSFORM

In the last twenty years, WT has grown at an explosive rate. Wavelets have appealed to scientists and engineers of many different backgrounds. WT has led to exciting applications in signal analysis and numerical analysis, and many other applications are being studied [11], [12].

WT is a time-frequency analysis technique. Due to its strong capability in time and frequency domain, it is applied recently by many researchers in rotating machinery. It decomposes a signal in both time and frequency in terms of a wavelet, called mother wavelet. The WT includes Continuous Wavelet Transform (CWT) and Discrete Wavelet Transform (DWT). Let  $s(t)$  is the signal; the CWT of  $s(t)$  is defined as

$$CWT(a,b) = 1/(\sqrt{|a|}) \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \psi^*((t-b)/a) dt \quad (1)$$

where  $\psi^*(t)$  is the conjugate function of the mother wavelet  $\psi(t)$  (2),  $a$  and  $b$  are the dilation (scaling) and translation (shift) parameters, respectively. The factor  $1/\sqrt{a}$  is used to ensure energy preservation.

$$\psi(t) = 1/(\sqrt{a}) \psi((t-b)/a) \quad (2)$$

The mother wavelet must be compactly supported and satisfied with the admissibility condition

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\hat{\psi}(w)|^2 / |w| dw < \infty \quad (3)$$

where

$$\hat{\psi}(w) = \int \psi(t) \exp(-j\omega t) dt \quad (4)$$

The DWT is derived from the discretization of CWT. The most common discretization is dyadic. The DWT is given by

$$DWT(j,k) = 1/(\sqrt{2^j}) \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \psi^*((t-2^j k)/2^j) dt \quad (5)$$

where  $a$  and  $b$  are replaced by  $2^j$  and  $2^j k$ ,  $j$  is an integer.

A very useful implementation of DWT, called multiresolution analysis [13], is demonstrated in fig. 1. DWT analyzes the signal at different scales. It employs two sets of functions, called scaling functions and wavelet functions [13], [14], which are associated with low pass and high pass filters,

respectively. The discrete signal is passed through a high pass filter (H) and a low pass filter (L), resulting in two vectors at the first level; approximation coefficient (A1) and detail coefficient (D1) [15], [16]. Application of the same transform on the approximation (A1) causes it to be decomposed further into approximation (A2) and detail (D2) coefficients at the second level. Finally, the signal is decomposed at the expected level. The approximations are the high-scale, low-frequency components and the details are the low-scale, high-frequency components of the signal.

The wavelet decomposition for level 3 is illustrated in fig. 1. Each vector  $A_j$  includes approximately,  $N/2^j$  coefficients, where  $N$  is the number of data points in the input signal  $s$ , and provides information about a frequency band  $[0, F_s/2^{j+1}]$ , where  $F_s$  is the sampling frequency. In fig. 1 H and L represent the decomposition filters, and  $\downarrow 2$  denotes a down sampling by a factor of 2. An important property of the DWT is:

$$s = A_3 + D_1 + D_2 + D_3 \quad (6)$$

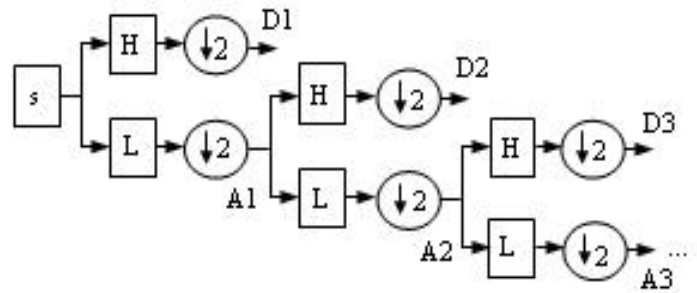


Fig. 1. Principle of DWT decomposition.

## III. EXPERIMENTAL SETUP

### A. System description

The measurement of vibration applied to condition monitoring and fault diagnosis requires different types of equipments and techniques. These depend on the investment and available expertise. It is essential to have a mean of analysis of vibration which may consist of the following: in addition to the studied structure itself, sensors, data collectors and the analyzer.

The experiment equipment used throughout this paper performs the condition monitoring of rotating machinery. It consists of two gears 1 and 2 (1 with 60 teeth and the other with 48 teeth), four bearing housings (H1, H2, H3 and H4), coupling and disk, as shown in fig. 2. The system is driven by a 0.18 kW induction motor, giving an output of 0-1500 rpm, controlled by a variable speed drive. In order to predict any anomalies that may occur under different measurement conditions, we collected real vibration signals from this experimental system. The vibration signals were taken on bearing housing H1 through a piezoelectric accelerometer measured the radial vibration. These





measurements were repeated for different states of the system at different rotation speeds of the motor. The data acquisition was performed using the OROS25 software. Each measured vibration signal is available over a window of 400 milliseconds. Two kinds of faults were simulated in this work; mass unbalance and gear fault.

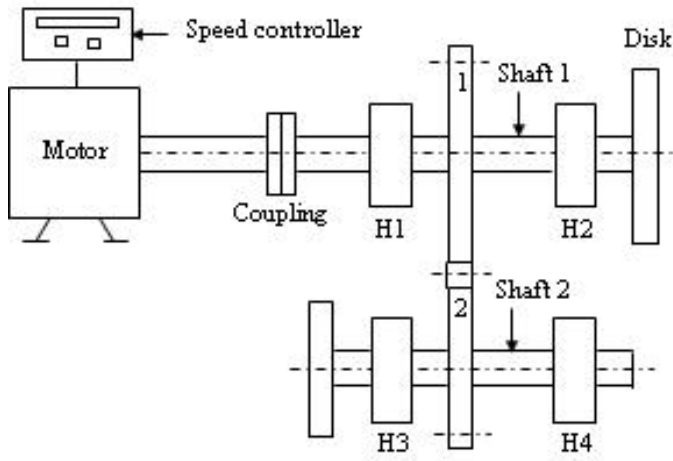


Fig. 2. Illustration of experimental system.

## B. Faults description

### 1) Mass unbalance

Mass unbalance is one of the most common causes of vibration; it is simulated in our application by an additional weight on the disk. Unbalance is a condition where the centre of mass does not coincide with the centre of rotation, due to the unequal distribution of the mass about the centre of rotation. The unbalance creates a vibration frequency exactly equal to the rotational speed, with amplitude proportional to the amount of unbalance (see fig. 3).

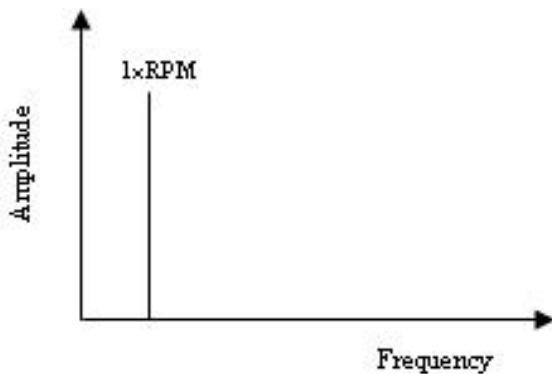


Fig. 3. Frequency spectrum of mass unbalance.

### 2) Gear fault

The vibrations of a gear are mainly produced by the shock between the teeth of the two wheels. Gear fault is simulated with filled between teeth. The vibration monitored on a faulty gear generally exhibits a significant level of vibration at the tooth meshing frequency GMF (i.e. the number of teeth on a gear multiplied by its rotational speed) and its harmonics of which the distance is equal to the rotational speed of each wheel (see fig. 4).

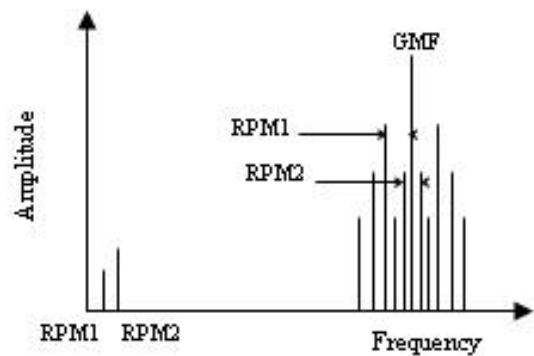
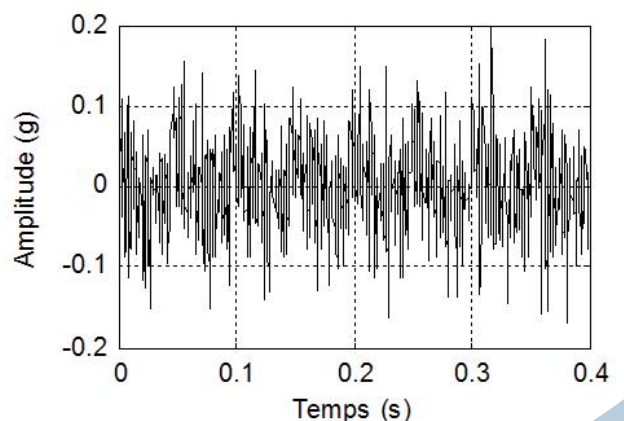


Fig. 4. Frequency spectrum of gear fault.

## IV. RESULTS AND DISCUSSIONS

The vibration signals used in this work were gained through the practical measurement. They were taken in radial direction at different rotating speeds, including a mass unbalance and a gear fault. The number of data points for each signal is 2048.

Fig. 5 represents the vibration signal in time domain and its spectrum. The signal is collected from the mass unbalance at a speed of 1200 rpm (20Hz) on bearing housing H1 of the shaft1 only i.e. without meshing. It is not easy to detect fault from this figure.



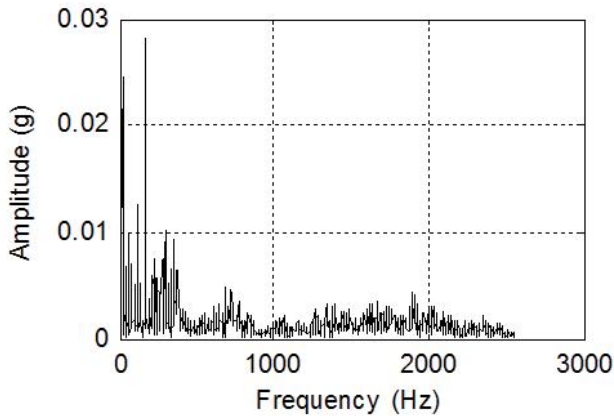


Fig. 5. Vibration signal of mass unbalance and its spectrum.

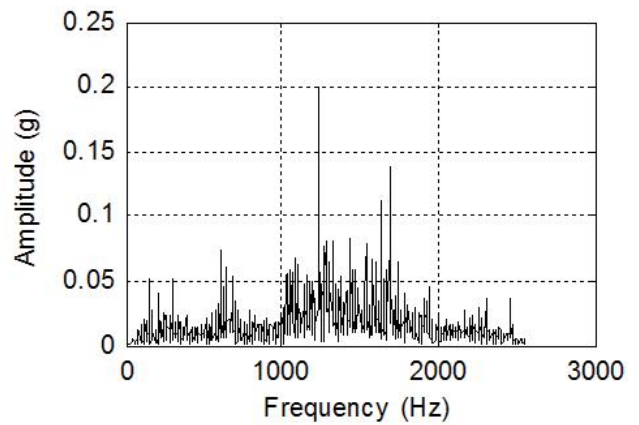


Fig. 6. Vibration signal of gear fault and its spectrum.

The vibration signal of the gear fault measured at a speed of 600rpm (10 Hz) in time and frequency domain is shown in fig. 6. Obviously, there is no particularly clear demonstration i.e. the characteristic gear fault frequency is not clear from the frequency spectrum.

The identification and the monitoring of the mass unbalance and the gear fault using the spectral analysis are difficult, due to the non-stationary. To extract the fault information, the WT will be applied to the vibration signals.

The selection of the appropriate wavelet is very important in signals analysis. There are many functions available can be used such as Haar, Daubechies, Meyer, and Morlet functions [17]. Different wavelets serve different purposes. In this application, we used the Daubechies wavelet [18] and the Morlet wavelet [19], [20] for the fault diagnosis of mass unbalance and gear, respectively.

The multiresolution analysis is applied by using the Daubechies wavelet of order 4 (db4). In which, level 4 decomposition is employed to extract the approximation coefficient from vibration signals. The result of db4 decomposition of the vibration signal of the mass unbalance collected at a rotation speed of 1200 rpm is given in fig. 7.

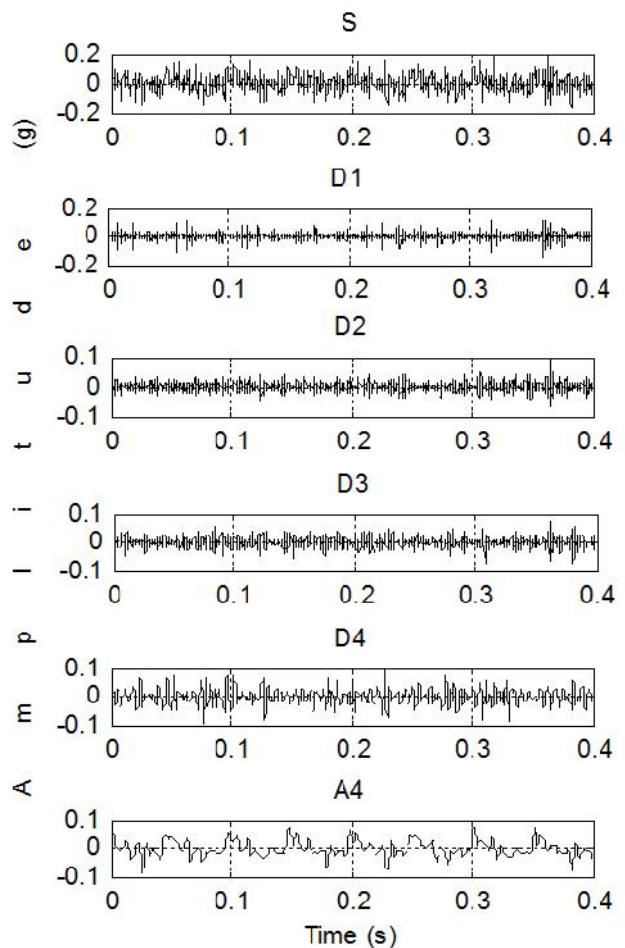
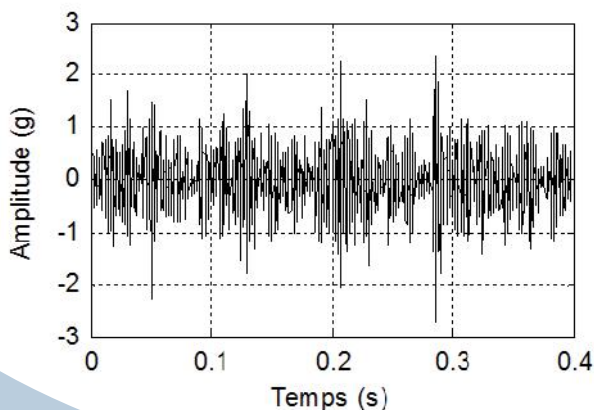


Fig. 7. Decomposition of vibration signal of mass unbalance at a speed of 1200 rpm with db4 wavelet.



Fig. 8 shows the approximation 4 (A4) and its spectrum. A frequency peak at 20 Hz is present, which could be related to a mass unbalance fault, and its harmonics (40, 60, 80 Hz...) could be identified, these frequency components are well differentiated from the adjacent frequency in the spectrum, confirming the presence of a mass unbalance fault.

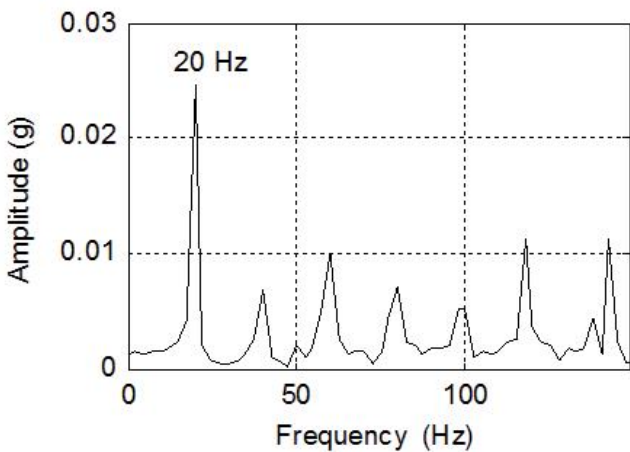
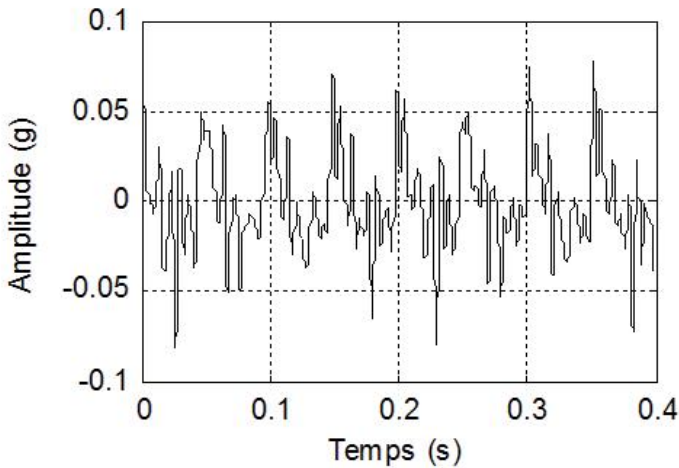


Fig. 8. A4 of mass unbalance and its spectrum.

Fig. 9, and 10 show the vibration signals of the mass unbalance collected at a speed of 900 and 1125 rpm (15 and 18.75 Hz) and the corresponding approximation and detail coefficients (obtained by db4) up to four levels. In this case the vibration signals are measured on bearing housing H1 of the shaft 1 meshed with the shaft 2. Fig. 11, and 12 represent the FT of A4. It is clear that the peaks at 15 and 18.75 Hz are present; this is due to a mass unbalance fault, which is consistent with the theory.

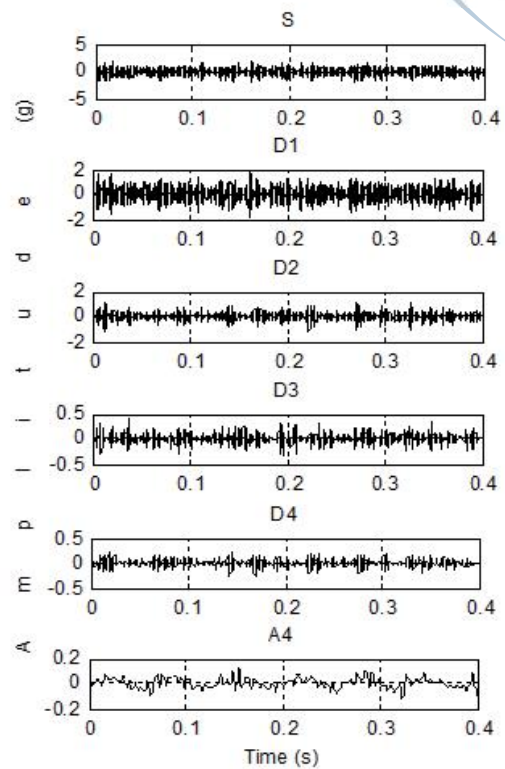


Fig. 9. Decomposition of vibration signal of mass unbalance at a speed of 900 rpm with db4 wavelet.

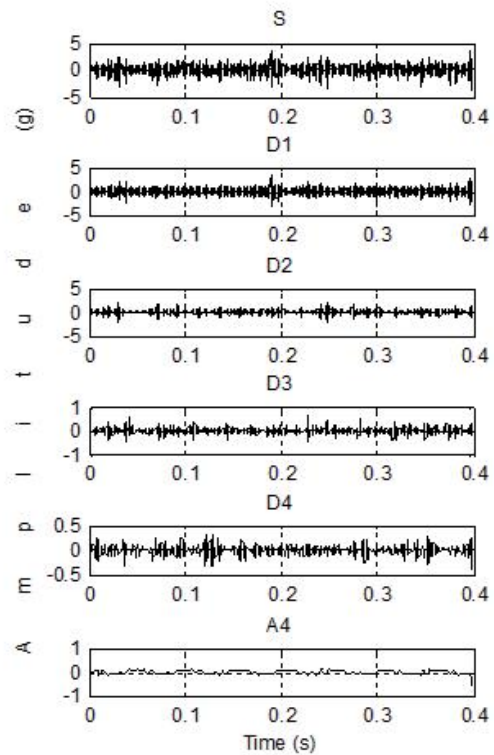


Fig. 10. Decomposition of vibration signal of mass unbalance at a speed of 1125 rpm with db4 wavelet.



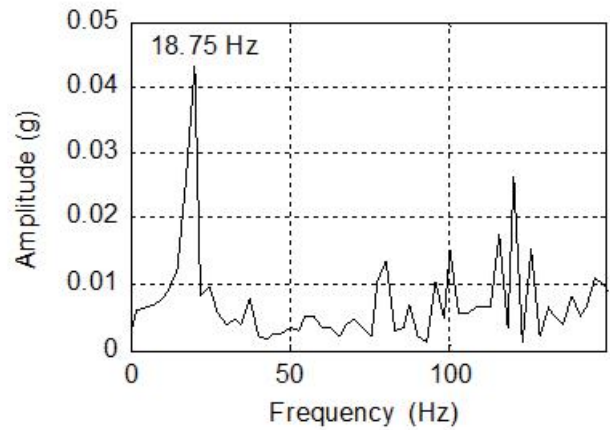
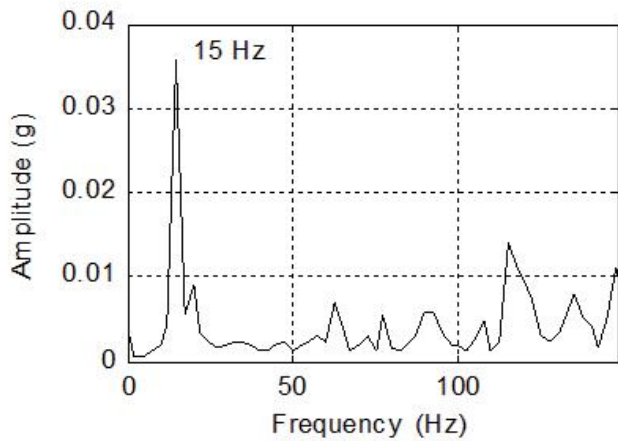
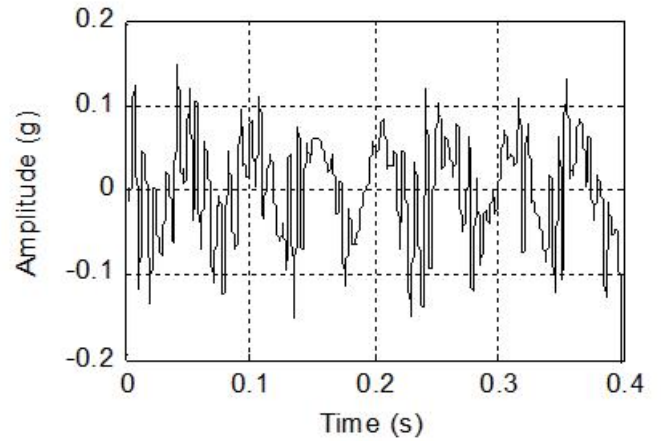
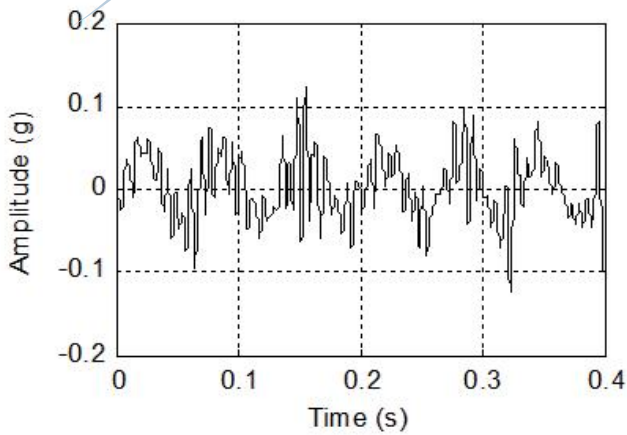


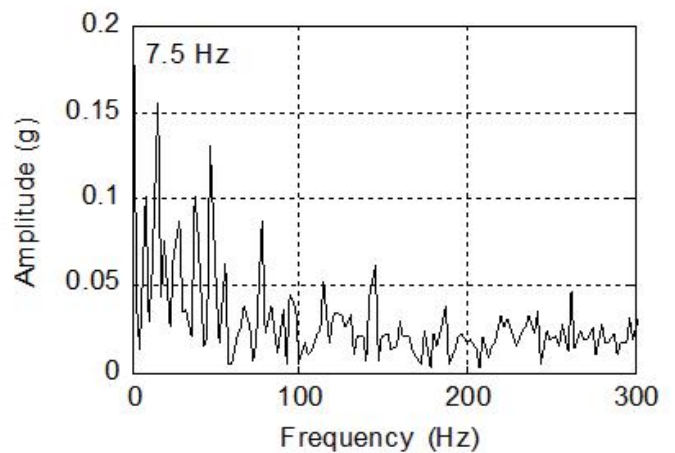
Fig. 11. A4 of mass unbalance and its spectrum.

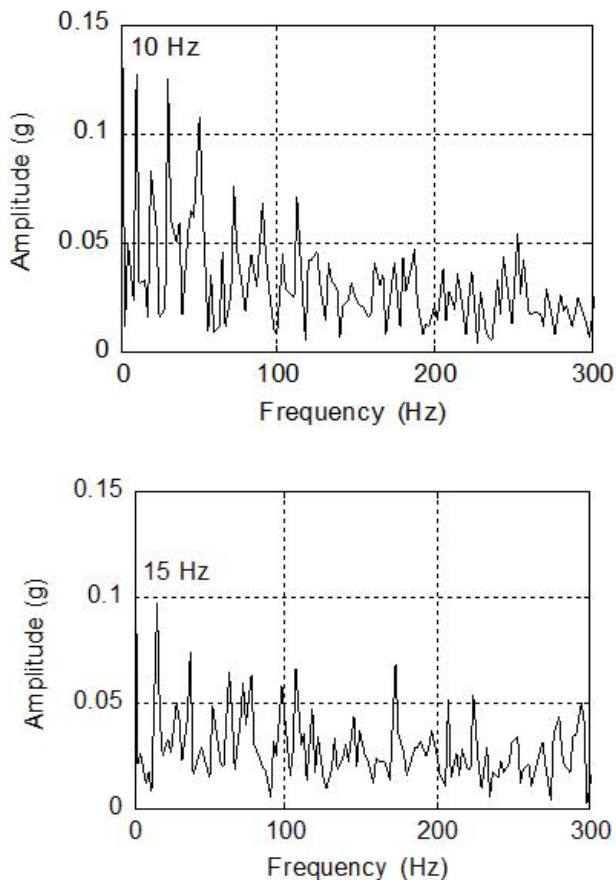
Fig. 12. A4 of mass unbalance and its spectrum.

The identification of the gear fault is possible by using the Morlet wavelet, it is also called CWT. It can be seen from fig. 13 that the peaks at the rotation frequencies of the shaft (7.5, 10 and 15 Hz) and its multiples are present in the frequency spectrum. This clearly indicates a gear fault.

## V. CONCLUSION

This paper presents a fault diagnosis method based on the WT. DWT and CWT have been tested on real measurement signals collected from a vibration system containing mass unbalance and gear fault. Better results are obtained by identifying the type of fault. Such method is useful for improving the conditions monitoring and faults diagnosis of rotating machines. It remains to test its application on a signal containing two or more types of faults.





**Fig. 13. Spectrum of gear fault obtained with Morlet wavelet.**

## REFERENCES

- [1] K. Shibata, A. Takahashi, T. Shirai, "Fault diagnosis of rotating machinery through visualisation of sound signal," *Journal of Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 14, pp. 229-241, 2000.
- [2] S. Seker, E. Ayaz, "A study on condition monitoring for induction motors under the accelerated aging processes," *IEEE Power Engineering*, vol. 22, no. 7, pp. 35-37, 2002.
- [3] J. C. Cexus, "Analyse des signaux non-stationnaires par Transformation de Huang, Opérateur de Teager-Kaiser, et Transformation de Huang-Teager (THT)," Thèse de Doctorat, Université de Rennes-France, 2005.
- [4] J. D. Wu, C.-H. Liu, "Investigation of engine fault diagnosis using discrete wavelet transform and neural network," *Expert Systems with Applications*, vol. 35, pp. 1200-1213, 2008.
- [5] S. H. Cao, J. C. Cao, "Forecast of solar irradiance using recurrent neural networks combined with wavelet analysis," *Applied Thermal Engineering*, vol. 25, no. 2-3, pp. 161-172, 2005.
- [6] G. Strang, "Wavelet transforms versus Fourier transforms," *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 28, pp. 288-305, 1993.
- [7] Z. K. Peng, F. L. Chu, "Application of the wavelet transform in machine condition monitoring and fault diagnostics: a review with bibliography," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 18, pp. 199-221, 2004.
- [8] S. Prabhakar, A. R. Mohanty, A. S. Sekhar, "Application of discrete wavelet transform for detection of ball bearing race faults," *Tribology International*, vol. 35, pp. 793-800, 2002.
- [9] C. K. Sung, H. M. Tai, C. W. Chen, "Locating defects of a gear system by the technique of wavelet transform," *Mechanism and Machine Theory*, vol. 35, pp. 1169-1182, 2000.
- [10] A. Djebala, N. Ouelaa, N. Hamzaoui, "Detection of rolling bearing defects using discrete wavelet analysis," *Meccanica*, vol. 43, no. 2, pp. 339-348, 2008.
- [11] I. Daubechies, *Ten Lectures on Wavelets*, Philadelphia, PA: SIAM, 1992.
- [12] Jianguo Yang. "An anti-aliasing algorithm for discrete wavelet transform," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 17, no. 5, pp. 945-954, 2003.
- [13] S. G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation," *IEEE Trans Pattern Anal Machine Intelligence*, vol. 11, no. 7, pp. 674-693, 1989.
- [14] N. Lu, F. Wang, F. Gao, "Combination method of principal component and wavelet analysis for multivariate process monitoring and fault diagnosis," *Ind. Eng. Chem. Res*, vol. 42, pp. 4198-4207, 2003.
- [15] D. E. Newland, "Wavelet analysis of vibration, part I: theory, part II: wavelet maps," *Journal of Vibration and Acoustics*, vol. 116, pp. 409-416, 1994.
- [16] D. E. Newland, "Wavelet analysis of vibration, part I: theory, part II: wavelet maps," *Journal of Vibration and Acoustics*, vol. 116, pp. 417-425, 1994.
- [17] Ch. K Chui, *An Introduction to Wavelets*, Academic Press: New York, 1992.
- [18] I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," *Communication on Pure and Applied Mathematics*, vol. 41, pp. 909-996, 1988.
- [19] P. Goupillaud, A. Grossmann, J. Morlet, "Cycle-octave and related transforms in seismic signal analysis," *Geoexploration*, vol. 23, pp. 85-102, 1984.
- [20] P. S. Addison, J. N. Watson, T. Feng, "Low-oscillation complex wavelets," *Journal of Sound and Vibration*, vol. 254, no. 4, pp. 733-762, 2002.

## Wavelet Transform for Bearing Faults Diagnosis

H. Bendjama and S. Bouhouche

Welding and NDT Research Centre (CSC), Cheraga, Algeria

hocine\_bendjama@yahoo.fr

A.k. Moussaoui

Laboratory of Electrical Engineering, 08 May 1945 University, Guelma, Algeria

a\_k\_moussaoui@yahoo.fr

**Abstract**—Fault diagnosis is useful for ensuring the safe running of machines. Vibration analysis is one of the most important techniques for fault diagnosis of rotating machinery; as the vibration signal carries the dynamic information of the system. Many signal analysis methods are able to extract useful information from vibration data. In the present work, we are interested to the vibration signal analysis by the wavelet transform. The monitoring results indicate that the wavelet transform can diagnose the abnormal change in the measured data.

**Keywords**—fault diagnosis; vibration analysis; rotating machinery; monitoring; wavelet transform

### I. Introduction

Fault diagnosis is extremely important task in process monitoring. It provides operators with the process operation information. Early diagnosis of process faults like bearing faults can help avoid abnormal event progression and reduce productivity loss. Various monitoring techniques have been developed, such as dynamics, vibration, tribology and non-destructive techniques [1], [2], [3].

The vibration signal analysis is one of the most important methods used for fault diagnosis, because it always carries the dynamic information of the system. Vibrations caused by defective bearing elements account for the vast majority of problems with rotating machinery. Each element such as inner race or outer race has a characteristic rotational frequency. With a fault on a particular element, an increase in the vibration energy at this element rotational frequency may occur. The monitoring of these elements has a primary importance for the correct operation of the machine.

Effective utilization of the vibration signals, however, depends upon the effectiveness of the applied signal processing techniques. A wide variety of techniques have been introduced to monitor vibration signals such as: time domain and frequency domain [4], [5], [6]. Unfortunately, they are not able to reveal the inherent information of non-stationary signals. These methods provide only a limited performance for machinery diagnostics. In order to solve this problem, Wavelet Transform (WT); also called time-frequency analysis, has been proposed. WT is a kind of variable window technology, which uses

a time interval to analyze the frequency components of the signal.

In this work, we propose to implement the WT for bearing faults diagnosis. It is evaluated using the vibration measurements obtained from accelerometer sensors. The main goal of this technique is to obtain more detailed information contained in the measured data.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 presents system and bearing faults descriptions. Signal processing techniques and monitoring results are presented and discussed in section 3. Finally, Section 4 concludes our contributions.

### II. Experimental Setup and Data Acquisition

The experimental measurements presented in this paper are entirely based on the vibration data obtained from the Case Western Reserve University Bearing Data Centre [7]. As shown in Fig. 1, the motor is connected to a dynamometer and torque sensor by a self-aligning coupling. The data were collected from an accelerometer mounted on the motor housing at the drive end of the motor. Data was obtained from the experimental system under the four different operating conditions: (1) normal condition; (2) with inner race fault; (3) with outer race fault; and (4) with ball fault. The data is sampled at a rate of 12 kHz and the duration of each vibration signal was 10 seconds. More details about experimental setup were reported in [7].



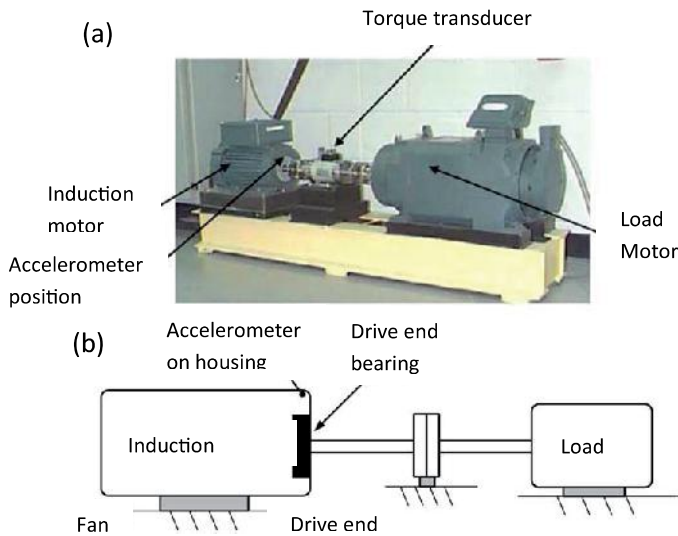


Fig. 1. (a) Bearing test rig and (b) its schematic description [8].

The bearings used in this study are deep groove ball bearings manufactured by SKF. Faults were introduced to the test bearings using electro-discharge machining method. The defect diameters of the three faults were the same: 0.018, 0.036, and 0.053 mm. The motor speed during the experimental tests is 1797–1720 rpm. Each bearing was tested under the four different loads: 0, 1, 2, and 3 horse power (hp).

In order to evaluate the proposed method, the data measured under 0-load (0 hp) at rotation speed of 1797 rpm including the faults on the inner and outer races were used. The original data were divided into segments of samples that each sample covered 4096 data points.

Figs. 2a, 2b and 2c represent respectively a vibration signal collected at 1797 rpm (30 Hz) from the normal state, inner race fault and outer race fault.

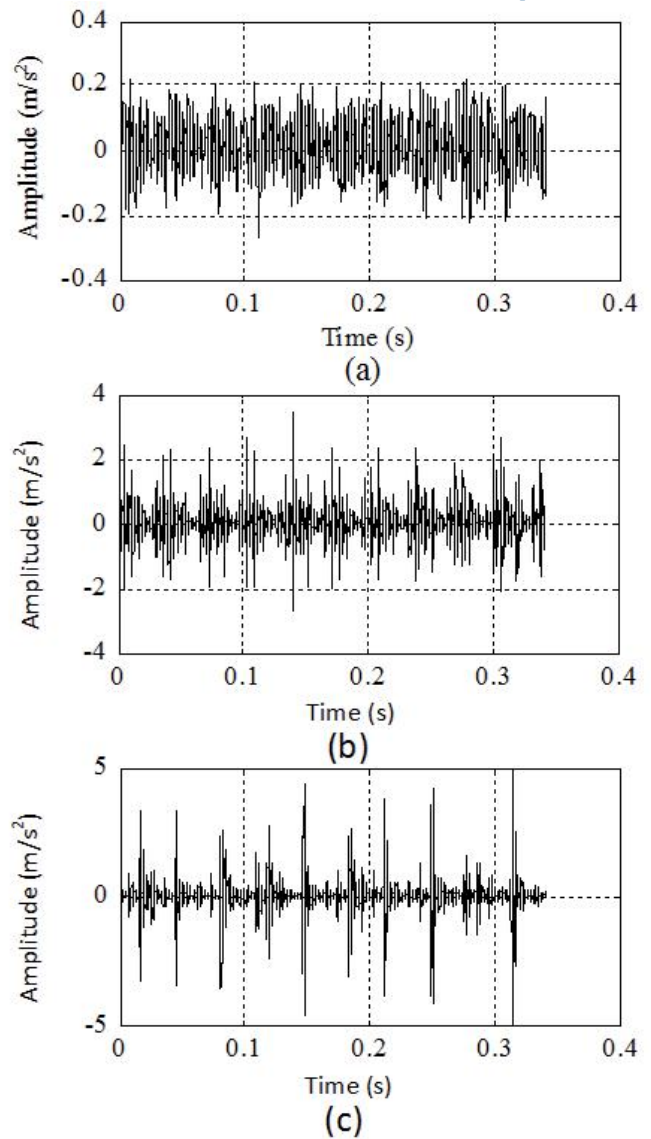


Fig. 2. Vibration signals of: a) normal state, b) inner race fault and c) outer race fault.

The fault frequency can be calculated from the geometry of the bearing and element rotational speed. Frequencies associated with defective inner and outer races are as follows:

$$f_{IR} = (n/2)f_r(1 + (d/D)\cos \alpha) \quad (1)$$

$$f_{OR} = (n/2)f_r(1 - (d/D)\cos \alpha) \quad (2)$$

where,  $f_r$  is the rotational frequency,  $d$  the ball diameter,  $D$  the pitch diameter,  $n$  the number of balls and  $\alpha$  the contact angle. The fault frequencies of inner race and outer race are, respectively, calculated 162 and 107 Hz.



### III. Fault Diagnosis Methods

In order to predict any anomalies that may occur under different measurement conditions, some cases require simply a calculation or statement of an indicator followed by a comparison with a threshold. Others require a more detailed analysis by signal processing techniques. We present in this section some signal processing methods appropriate for fault detection and diagnosis.

#### A. Temporal Analysis

The first possible observation of a vibration signal is the temporal representation. Several parameters or indicators are evaluated from the temporal signal, such as peak value, peak to peak value, root mean square value, kurtosis, and crest factor [4]. The computed indicator can give some interesting information about the process faults.

The condition monitoring using these indicators is referred to the overall vibration level. To illustrate this method, we use the kurtosis as an indicator of bearing faults detection. The computed values are: 2.76 in normal state, 7.44 with inner race fault and 21 with outer race fault.

These parameters are simple to implement. However, the computed parameter allows to track the machine states, but it does not establish a diagnosis. The monitoring by these indicators represents only a security policy.

With the rapid development of signal processing techniques, it became possible to extract useful information from the vibration data.

#### B. Spectral Analysis

The characteristic frequencies of the bearing elements are proportional to the rotational frequency. The spectral analysis allows to identify the different frequencies of the original signal  $s(t)$ . To obtain the spectrum  $S(w)$  of  $s(t)$ , we apply the Fourier Transform (FT):

$$S(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t)e^{-iwt} dt \quad (3)$$

where,  $w$  is the frequency.

The vibration signal of the bearing with inner race fault in frequency domain is shown in Fig. 3. Obviously, it is difficult to extract the fault information i.e. the characteristic fault frequency is not clear from the frequency spectrum. As illustrated in Fig. 3, the dominant frequency component is 2880Hz, which was attributed to the resonance frequency.

The identification and the monitoring of the bearing faults using the spectral analysis are difficult, due to the non-stationary. In order to make a correct diagnosis, it is useful to push investigations using more appropriate techniques.

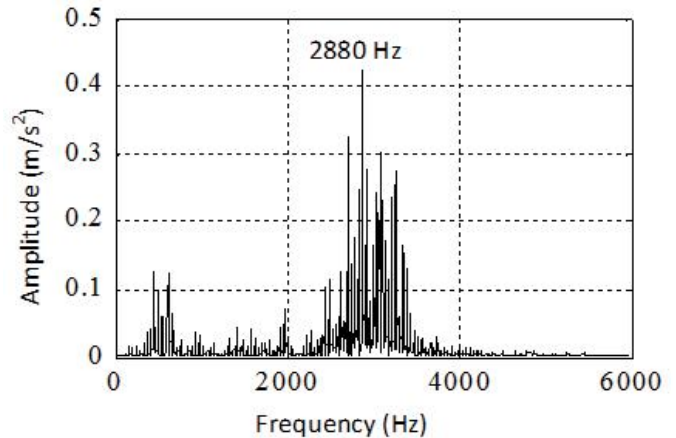


Fig. 3. Spectrum of vibration signal with inner race fault.

#### C. Envelope Analysis

Envelope analysis is especially suitable for fault diagnosis inducing periodic shocks or amplitude modulations such as gears and bearings. It is the method of extracting the modulating signal from an amplitude-modulated signal. Envelope analysis consists in filtering the vibration signal by a band-pass filter. The resulting signal is then processed by the Hilbert Transform (HT) in order to obtain the envelope and its spectrum. For a given signal  $s(t)$ , the HT in time domain is defined as [9]:

$$\tilde{s}(t) = \frac{1}{\pi} \int (s(\tau)/(t-\tau)) d\tau \quad (4)$$

The analytical signal of signal  $s(t)$  can be constituted through  $s(t)$  and its HT :

$$\hat{s}(t) = s(t) + j\tilde{s}(t) \quad (5)$$

The process can be followed by taking the absolute value of analytic signal to generate the envelope:

$$|\hat{s}(t)| = \sqrt{s(t)^2 + \tilde{s}(t)^2} \quad (6)$$



Generally, the faults generating shocks cause a modulation of the signal. Using envelope analysis, the peak present in the envelope spectrum corresponds to the characteristic frequency of the fault.

To identify the nature of the anomalies using this technique, we use the vibration signals of inner and outer races. Figs. 4b and 5b show the characteristic frequencies of the two races. The filter is selected according to the resonance frequencies. After filtering the signals in the bandwidth [2400-3200] Hz, the envelope spectrum presents many frequency components, at the rotation frequency, also at the characteristic frequency and its harmonics, which could be related to inner and outer races bearing faults.

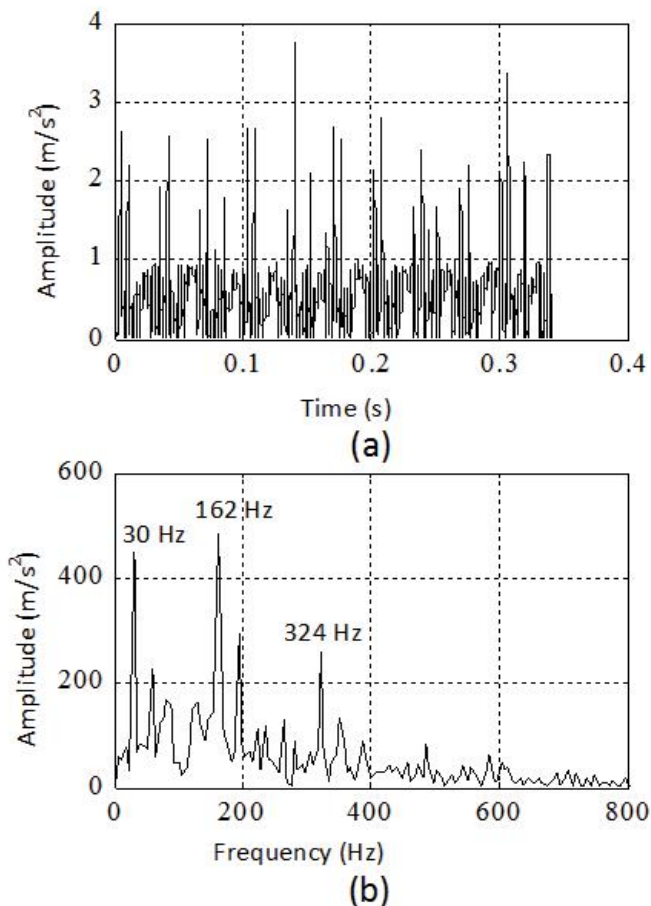


Fig. 4. (a) Envelope of inner race fault and (b) its spectrum.

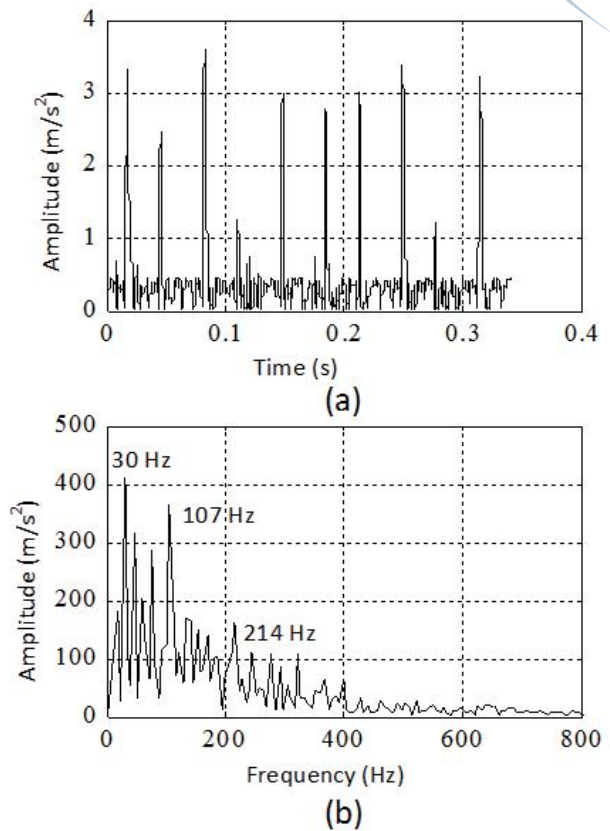


Fig. 5. (a) Envelope of outer race fault and (b) its spectrum.

The envelope method is robust to noise ratio; due to filtering around the resonance frequency. It is beneficial for the identification of the bearing faults. However, this method has its drawbacks: the preliminary research of the resonance frequencies is required. To extract the fault information, the wavelet transform will be applied to the vibration signals.

#### D. Wavelet Transform

WT is one of the most important methods in signal analysis. It is particularly suitable for non-stationary measures. WT is a time-frequency analysis technique. Due to its strong capability in time and frequency domain, it is applied recently by many researchers in rotating machinery [10], [11], [12].

WT is described below: let  $s(t)$  be the original signal; the WT of  $s(t)$  is defined as:

$$WT(a,b) = \left(1/\sqrt{a}\right) \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \psi^*((t-b)/a) dt \quad (7)$$



where,  $\psi^*$  is the conjugate function of the mother wavelet (8),  $a$  and  $b$  are the dilation (scaling) and translation (shift) parameters, respectively. The factor  $1/\sqrt{a}$  is used to ensure energy preservation.

$$\psi(t) = \left(1/\sqrt{a}\right) \psi\left((t-b/a)\right) \quad (8)$$

The mother wavelet must be compactly supported and satisfied with the admissibility condition:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left( |\psi(w)|^2 / |w| \right) dw < \infty \quad (9)$$

The selection of the appropriate wavelet is very important in signals analysis. There are many functions available can be used such as Haar, Daubechies, Meyer, and Morlet functions [13].

In the present study, the identification of the bearing faults is possible by using the Morlet wavelet; it is also called continuous wavelet transform. It can be seen from Fig. 6 and 7 that the peaks at the rotation frequency of the shaft (30 Hz), also at the characteristic frequencies of the inner race fault and outer race fault and their multiples are present in the frequency spectrum

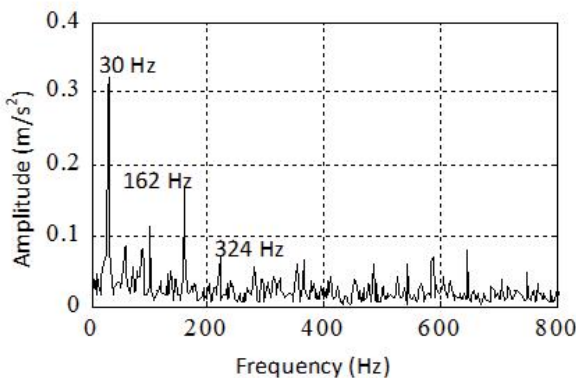


Fig. 6. Spectrum of inner race fault obtained with Morlet wavelet.

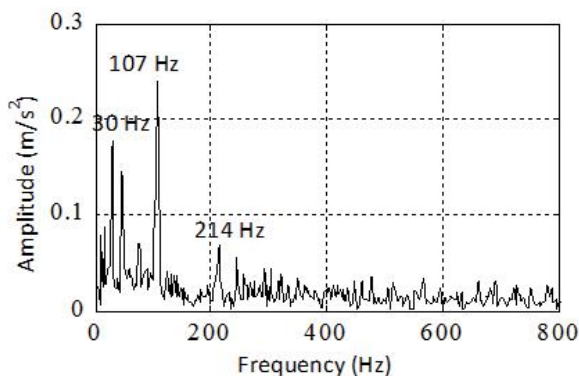


Fig. 7. Spectrum of outer race fault obtained with Morlet wavelet.

## IV. Conclusion

In this paper wavelet transform was presented in order to improve the faults diagnosis of rotating machinery. It was applied on real measurement signals collected from a vibration system containing bearing faults. Better results are obtained by identifying the type of fault. It remains to test its application on a signal containing other types of faults.

## References

- [1] D. Baillie and J. Mathew, "Diagnosing rolling element bearing faults with artificial neural networks", *Acoustics Australia*, vol. 22, pp. 79-84, 1994.
- [2] J. Altmann, "Application of discrete wavelet packet analysis for the detection and diagnosis of low speed rolling-element bearing faults", Ph.D thesis, Monash University, Melbourne, Australia, 1999.
- [3] H. Yang, "Automatic fault diagnosis of rolling element bearings using wavelet based pursuit features", Ph.D thesis, Queensland University of Technology, Australia, 2004.
- [4] N. Tandon and A. Choudhury, "A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearings", *Tribology International*, vol. 23, pp. 469-480, 1999.
- [5] K. Shibata, A. Takahashi, and T. Shirai, "Fault diagnosis of rotating machinery through visualisation of sound signal," *Journal of Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 14, pp. 229-241, 2000.
- [6] S. Seker and E. Ayaz, "A study on condition monitoring for induction motors under the accelerated aging processes," *IEEE Power Engineering*, vol. 22, pp. 35-37, 2002.
- [7] K.A. Loparo, *Bearings vibration data set*, Case Western Reserve University, (<http://www.eecs.cwru.edu>), 2003.
- [8] Y. Huang, C. Liu, X.F. Zha, and Y. Li, "A lean model for performance assessment of machinery using second generation wavelet packet transform and Fisher criterion", *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 3815-3822, 2010.
- [9] Bruel and Kjaer, "Détection des défauts de roulement par calcul du facteur de crête et analyse d'enveloppe", *Notes d'applications*, BO 0367-11-Copenhagen, 11 p, 1994.
- [10] H. Bendjama, S. Bouhouche, and M.S. Boucherit, "Application of wavelet transform for fault diagnosis in rotating machinery", *International Journal of Machine Learning and Computing*, vol. 2, pp.82-87, 2012.
- [11] Y.P. Zhang, S.H. Huang, J.H. Hou, T. Shen, and W. Liu, "Continuous wavelet grey moment approach for vibration analysis of rotating machinery", *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 20, pp. 1202-1220, 2006.
- [12] Z.K. Peng and F.L. Chu, "Application of the wavelet transform in machine condition monitoring and fault diagnostics: a review with bibliography", *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 18, pp. 199-221, 2004.
- [13] C. K. Chui, *An Introduction to Wavelets*, Academic Press: New York, 1992.



## La surveillance des machines tournantes

Les systèmes industriels sont devenus de plus en plus complexes. Leur surveillance est primordiale en raison de la demande d'un rendement élevé, d'une grande sûreté et d'une bonne fiabilité. Plusieurs techniques de surveillance ont été développées telles que l'analyse des forces dynamiques, la vibration, la tribologie et les techniques non destructives des structures et des machines tournantes.

L'utilisation de l'analyse vibratoire pour la surveillance des machines tournantes est effectuée suite à l'importance de ces dernières dans l'industrie. Il est constaté que ces machines jouent un rôle très important dans diverses industries et technologies. L'utilisation des machines tournantes apparaît dans les grandes installations telles que les turbines, les pompes, les avions et les bateaux. On les trouve aussi dans des petites installations dans les ateliers et dans les automobiles.

La surveillance par l'analyse des vibrations est essentielle, du fait que celles-ci sont porteuses d'informations qui caractérisent l'état de fonctionnement de certains composants ou éléments mécaniques de la machine. Elle permet de mettre en évidence un grand nombre de défaillances causant une diminution de la durée de vie de la machine. Les défauts les plus rencontrés sont :

- le défaut de balourd ou d'équilibrage des parties tournantes
- un mauvais alignement d'une ligne d'arbre
- des engrenages usés ou endommagés
- une tension trop élevée des courroies de transmission
- des roulements défectueux
- les frottements

Toutes ces défaillances provoquent des vibrations qui causent des contraintes périodiques non désirées sur les composants de la machine, ce qui conduit à la fatigue, à l'usure et à l'endommagement. Leur surveillance est donc primordiale pour assurer en permanence la conduite optimale de la machine. A cet effet, plusieurs travaux de recherche ont été réalisés dans le but de détecter d'éventuels dysfonctionnements et de suivre leur évolution. Dans ces travaux, les auteurs ont utilisé une analyse basée sur les outils de traitement du signal afin de localiser les éléments défectueux.

## Principe de la surveillance vibratoire

La surveillance est principalement responsable du diagnostic des défauts. Un diagnostic fiable et précis n'est possible que si l'on connaît les signes associés à chaque défaut.

L'analyse fréquentielle d'une vibration produite par un élément de la machine se compose, généralement, d'amplitudes et de fréquences. Les fréquences caractéristiques des différents éléments ne changent pas pendant le mouvement vibratoire bien que leurs niveaux puissent changer d'un

endroit à l'autre. L'augmentation de ce dernier dans le spectre est révélatrice d'un signe de défaillance. Malheureusement, un même signal vibratoire peut correspondre à plusieurs défauts. Il faut donc établir la liste de tous les défauts correspondant aux différents éléments mécaniques et leurs fréquences caractéristiques, pour aller progressivement vers l'hypothèse la plus probable.

## Mesures expérimentales des vibrations

Une surveillance fiable ne peut être obtenue que si le matériel de mesure est en adéquation avec les caractéristiques vibratoires fournies par les machines, de même que les données soient traitables avec les outils de post-traitement qui doivent faciliter le diagnostic.

L'analyse des vibrations peut être mise en œuvre par différents niveaux de matériels et de techniques. Ceux-ci dépendent de l'investissement et des compétences disponibles. Il est indispensable de posséder un matériel de mesure des vibrations, tels que les capteurs d'accélération ou les accéléromètres, un système d'acquisition de données et un banc d'essais.

## Accéléromètre

L'accéléromètre piézoélectrique est l'élément clé dans toute chaîne de mesure qui utilise l'analyse vibratoire. Son principe repose sur le fait qu'un élément piézoélectrique, soumis à une contrainte, délivre une charge électrique dont l'amplitude est proportionnelle à la force exercée.

L'accéléromètre est, aujourd'hui, le capteur le plus utilisé dans l'analyse des vibrations pour les raisons suivantes : une bande passante très étendue, une bonne dynamique (rapport signal à bruit) et une taille réduite et solide.



Accéléromètres dans la direction radiale

## Systeme d'acquisition

Le système d'acquisition OR25 est un collecteur de données multivoies. Son objectif est d'acquérir les mesures vibratoires des machines en fonctionnement. Il fonctionne en liaison avec un logiciel installé sur ordinateur (OR763). Ce dernier est conçu spécifiquement pour traiter les signaux temporels enregistrés sur les organes tournants.

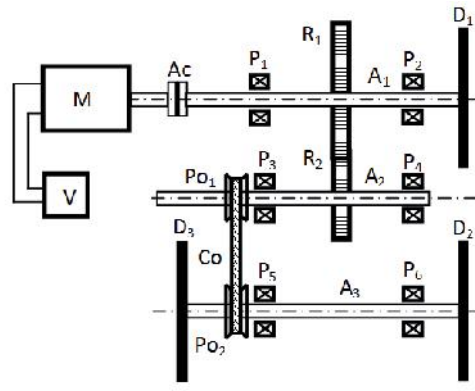
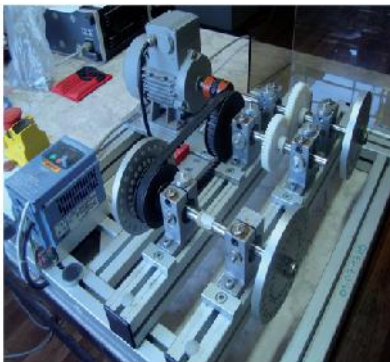


Systeme d'acquisition OR25

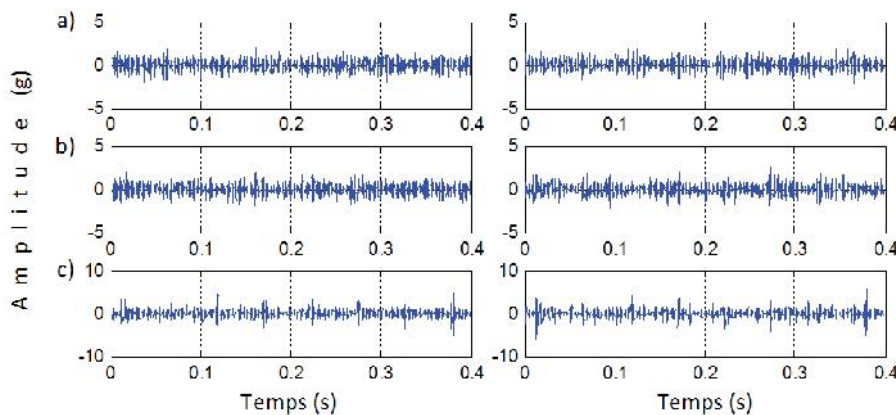
## Banc d'essais

Le banc d'essais de notre système expérimental est constitué d'un châssis en Aluminium. Sur ce châssis sont montées trois lignes d'arbre par l'intermédiaire de six paliers à roulement de type rotule. Les trois lignes d'arbre sont liées en rotation par des roues dentées ayant 60 et 48 dents et une courroie de transmission.

Le système est conduit par un moteur à induction délivrant une puissance de 0,18 kW, ce qui donne des vitesses de rotation nominales de 1500 tr/mn contrôlées par un variateur de vitesse.



Banc d'essais et sa description schématique



Signaux temporels dans la direction radiale mesurés à 900 tr/mn

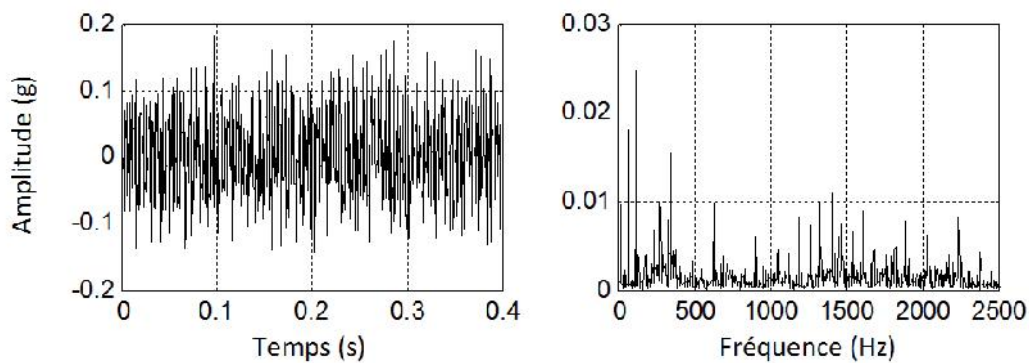
Les outils de diagnostic sont généralement basés sur les mesures expérimentales des signaux vibratoires recueillis sur la machine en fonctionnement.



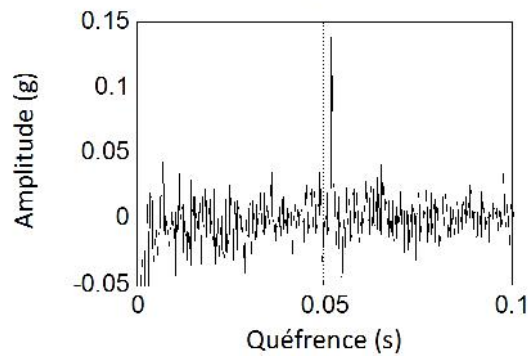


## Outils de la surveillance des défauts

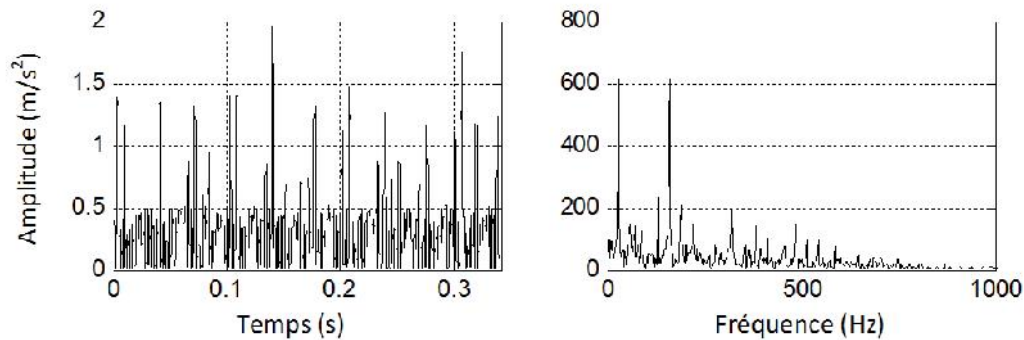
Les machines en fonctionnement induisent généralement des vibrations. Pour assurer leur surveillance ; on doit prendre en considération l'analyse de ces vibrations. Afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements et de suivre leur évolution, certains cas nécessitent simplement un calcul ou un relevé d'un indicateur suivi d'une comparaison avec un seuil connu. D'autres cas, nécessitent une analyse plus fine par des outils de traitement du signal afin de localiser les éléments défectueux. Les outils adéquats au diagnostic des défauts sont : l'analyse temporelle, l'analyse spectrale, l'analyse cepstrale, l'analyse d'enveloppe et la transformée en ondelettes.



Signal temporel et son spectre fréquentiel



Cepstre d'un signal vibratoire avec un défaut d'engrenage



Enveloppe d'un signal vibratoire de roulement défectueux et son spectre

## Contribution à l'évaluation des processus et de la qualité des produits par des techniques avancées

**Chef d'équipe : BENDJAMA Hocine** Maître de recherche (classe B)

### Membres de l'équipe :

- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. LAIB DIT LEKSIR Yazid | Maître de recherche (classe B) |
| 2. GHERFI Kaddour        | Attaché de recherche           |
| 3. IDIOU Daoud           | Attaché de recherche           |

### Objectifs du projet :

Les principaux objectifs scientifiques et techniques sont :

- Connaître les bases de la surveillance,
- Maîtrise de nouvelles techniques,
- Définir et apprécier la cause et l'évolution des défaillances par l'application des techniques avancées,
- Maîtrise des installations industrielles,
- Contrôle de la qualité des produits,
- Application et extension des méthodes existantes de diagnostic de défauts et les introduire dans nos laboratoires de recherche,
- Obtention des algorithmes de diagnostic pour améliorer le contrôle et l'évaluation de processus,
- Perfectionner la sûreté de fonctionnement,
- Réduire les arrêts de production,
- Faire un lien entre la recherche et le monde industriel,
- Améliorer la recherche scientifique par des applications réelles dans le domaine industriel.

### Résumé :

Le contrôle de la durée de vie et de la qualité des équipements et des produits joue un rôle important dans la sécurité et la productivité. Il fournit aux opérateurs des informations relatives au fonctionnement des processus et de la qualité des produits. Il peut être effectué manuellement dans les cas simples. Dans les autres cas, un apport d'outils avancés sera nécessaire pour l'analyse. Cette assistance contribue à mieux interpréter les données, c'est-à-dire suivre l'évolution des processus ainsi que l'état des produits. Les travaux présentés dans ce projet se situent dans le cadre de l'extension des méthodes existantes et la proposition des nouvelles approches pour l'analyse et le diagnostic des systèmes et des produits.



## Problématique du projet :

La disponibilité et le bon fonctionnement des équipements et des produits sont parmi les préoccupations majeures dans l'industrie. Leur sûreté et fiabilité passent par le diagnostic des défauts. En effet, il est indispensable de mettre en œuvre des méthodes fiables de diagnostic afin de détecter de façon précise l'apparition de signes de défaillance. Ces méthodes se basent essentiellement sur des données issues d'un processus qui sont habituellement des signaux et/ou des images. L'analyse des différentes données est capitale pour l'obtention de nouvelles connaissances et ce dans le but de décrire, de réduire, de classer et de caractériser les données. L'objectif majeur du diagnostic est de déterminer l'état d'un système ainsi que la qualité d'un produit, dans le but de prévenir un dysfonctionnement et d'écarter toutes ambiguïtés pouvant ralentir la production.

## Résultats obtenus :


- Application de l'analyse en ondelettes sur les défauts de balourd et d'engrenage,
- Diagnostique du défaut de surface dans le procédé de moulage par modèle perdu,
- Isolation des défauts de roulement (la bille, la bague intérieure et la bague extérieure) par une méthode combinée entre l'Analyse en Composante Principale (ACP) et la carte auto-organisée (SOM).
- Etude des variantes de l'ACP telles que : Dynamic ACP (DACP) et Window ACP (WACP), et leurs applications sur les systèmes dynamiques.





# PUBLICATIONS

## Publications 2015

- F. Boukazouha, G. Poulin-Vittrant, L.P. Tran-Huu-Hue, M. Bavencoffe, F. Boubenider, M. Rguiti, M. Lethiecq, A comparison of 1D analytical model and 3D Finite Element Analysis with experiments for a Rosen-type piezoelectric transformer, *Ultrasonics*, Volume 60, July 2015, Pages 41–50.
  - N. Tala-ighil, M. Fillon, A. Brick Chaouche, A. Mokhtari, Numerical study of thermal Effects in the hydrodynamic Behavior of textured journal bearings, *AIP Conf. Proce.* 1648, 850076 (2015).
  - Nacer TALA IGHIL, Michel FILLON, Surface texturing effect comparative analysis in the hydrodynamic journal bearings, *Mechanics & Industry* 16, 302 (2015).
  - Ahcene MOKHTARI, Mohand Ould Ouali, Nacer Tala-Ighil, Damage modelling in thermoplastic composites reinforced with natural fibres under compressive loading, *International Journal of Damage Mechanics*, vol. 24, pp. 1-22, 2015.
  - Elkahina Sari, M. Zergoug, FEM Techniques Comparison for SIF Computing of Cracked Plate, *Arb J for Sci Eng* (2015) 40 : 1165-117.
  - Mounir AMIR, Mourad ZERGOUG, Siham AZZI, Med. SAHNOUN, Mounir BOUDJERDA, Optimization of distribution functions for the Inverse Preisach Model by Genetic Algorithms, *Key Engineering Materials*, Key Engineering Materials, Vol.644, pp 240-249, 2015.
  - N. Hamouda, K. E. Hemsas, H. Benalla, A. Boutaghane, An advanced control approach for current harmonic cancellation using shunt active power filter, *International Journal of Industrial Electronics and Drives* Vol. 2, pp 35-42 No. 1, 2015
  - N. Hamouda, K. E. Hemsas, H. Benalla, A. Boutaghane, An advanced control approach for current harmonic cancellation using shunt active power filter, *International Journal of Industrial Electronics and Drives* Vol. 2, pp 35-42 No. 1, 2015
  - Yassine SOUKKOU, Salim LABIOD, Adaptive Backstepping Control Using Combined Direct and Indirect Adaptation for a Single-Link Flexible-Joint Robot, *Int. J. Industrial Electronics and Drives*, Vol. 2, No. 1, pp. 11-19, 2015.
  - Zoubeida MESSALI, Nabil CHETIH, Amina Serir, Abdelwahab Boudjelal, A Quantitative Comparative Study of Back Projection, Filtered Back Projection, Gradient and Bayesian Reconstruction Algorithms in Computed Tomography (CT), *International Journal of Probability and Statistics* 2015; 4(1): 12-31.
  - N. Nacereddine, S. Tabbone, D. Ziou, Similarity Transformation Parameters Recovery based on Radon Transform. Application in Image Registration and Object Recognition, *Pattern Recognition*, vol. 48,n°7, 2227–2240, 2015.
  - N. Nacereddine, D. Ziou, Hybrid Shape Descriptors for an Improved Weld Defect Retrieval in Radiographic Testing, *Advances in Intelligent Soft Computing*, AISC, vol.313, 127-135, 01/2015.
- 

# Félicitations

Au nom de l'ensemble du personnel de l'établissement, les plus vives félicitations sont adressées à Monsieur le directeur YAHI Mostepha, Dr. BADIDI BOUDA Ali et Dr. TALA IGHIL Nacer, promus pour le grade de directeur de recherche par la Commission Nationale d'Evaluation des Chercheurs Permanents (CNEC), lors de sa dernière session, ainsi qu'au Dr. NACEREDDINE Nafaa pour le grade de Maître de recherche classe A, leur souhaitant beaucoup de succès dans leurs travaux de recherche à venir, et que leur réussite serve d'exemple à suivre par d'autres chercheurs du centre.

## Lancement du forum « C'est Quoi »

De la discussion jaillit la lumière !

Dans l'optique de rassembler les communautés scientifique et estudiantine algériennes autour des thèmes de recherche développés au niveau de notre centre, le CSC a lancé une plateforme de discussion scientifique (<http://forum.csc.dz>) intitulée « C'est Quoi ». Ayant pour vocation première de favoriser la communication et l'échange scientifique cette plateforme a l'avantage d'être facilement accessible grâce à des intervenants disponibles et des réponses rapides.

Par le biais de ce forum, le CSC à travers ses compétences, ambitionne d'apporter des réponses appropriées aux interrogations des différents acteurs sur cette plateforme ainsi que son aide aux étudiants intéressés par les différents sujets de discussion proposés online. Cet espace d'échange contribuera aussi à créer des rencontres scientifiques, à faciliter le contact entre chercheurs et enseignants chercheurs, entre chercheurs et étudiants ou tout simplement rapprocher plusieurs personnes de différents horizons autour d'un certain nombre de thèmes communs.

**CSC** Le forum de discussion qui répond à vos questions

RECHERCHER... RECHERCHER RECHERCHE AVANCÉE

INDEX DU FORUM		FAQ	INSCRIPTION	CONNEXION			
CARACTÉRISATION ET INSTRUMENTATION DC-CSC					SUJET(S)	MESSAGE(S)	DERNIER MESSAGE
		Caractérisation des Matériaux	3	17	par YOUCEF2012	01 Juin 2015, 13:26	
Modérateurs : HOUHATN, DJERIRW, DILIS							
		Matériaux Composites	1	5	par YOUCEF2012	24 Mai 2015, 15:13	
Modérateurs : HOUHATN, DJERIRW, DILIS							
		Caractérisation des Structures Soudées	1	2	par MAOUICHEH	27 Mai 2015, 11:33	
Modérateurs : HOUHATN, DJERIRW, DILIS							
		Spectroscopie Mécanique	1	2	par HOUHATN	02 Juin 2015, 10:21	
Modérateurs : HOUHATN, DJERIRW, DILIS							
CORROSION, PROTECTION ET DURABILITÉ DES MATÉRIAUX DCPDM-CSC					SUJET(S)	MESSAGE(S)	DERNIER MESSAGE
		Revêtements et traitement de surface	1	1	par ADMIN	21 Avril 2015, 23:40	
Modérateurs : HOUHATN, IDIRB, KOUACHEA							
		Inhibiteurs de corrosion	1	1	par Ali	21 Avril 2015, 22:58	
Modérateurs : HOUHATN, IDIRB, KOUACHEA							
		Phénomènes de corrosion et protection cathodique	0	0	Aucun message		
Modérateurs : HOUHATN, IDIRB, KOUACHEA							
		Corrosion dans les matériaux soudés	1	1	par ATHMANIM	24 Mai 2015, 09:29	
Modérateurs : HOUHATN, IDIRB, KOUACHEA							
MATÉRIAUX À USAGE EXTRÊME DMUE-URTI					SUJET(S)	MESSAGE(S)	DERNIER MESSAGE

# CSCNEWS

1 4 3 6

Ramadan رمضان

2015

JUN/JUL

Sunday	الأحد	Monday	الاثنين	Tuesday	الثلاثاء	Wednesday	الأربعاء	Thursday	الخميس	Friday	الجمعة	Saturday	الجمعة
								1	1	2	2	3	3
								رمضان RAMADAN 18 <sup>th</sup> Jun			19		20
4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
	21		22		23		24		25		26		27
11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17
	28		29		30	1 <sup>st</sup> Jul			2		3	17	17
												غزوة بدر GHAZWAT BADR 4 <sup>th</sup> Jul	
18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24
	5		6		7		8		9		10		11
25	25	26	26	27	27	28	28	29	29				
		ليلة السابع والعشرين EVE OF 27 <sup>th</sup> NIGHT											
	12	13 <sup>th</sup> Jul		14		15		16					

Bulletin d'information N° 7  
Juin 2015

CSC, Route de Dély Ibrahim - BP. 64 - Chéraga, Alger

Tél / Fax : 021 34 20 19 Site web : <http://www.csc.dz>