



HAL
open science

Optimisation d'indicateurs de défauts combinés d'engrenages et de roulements par la perception sonore

Nacer Hamzaoui

► **To cite this version:**

Nacer Hamzaoui. Optimisation d'indicateurs de défauts combinés d'engrenages et de roulements par la perception sonore. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-03444597

HAL Id: hal-03444597

<https://hal.science/hal-03444597>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Optimisation d'indicateurs de défauts combinés d'engrenages et de roulements par la perception sonore

R. YOUNES^a, N. OUELAA^a, N. HAMZAOU^b

a. Laboratoire de Mécanique et Structures, Université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie

ramdane_ys@yahoo.com, n_ouelaa@yahoo.fr

b. Laboratoire Vibration-Acoustique INSA de Lyon, France nacer.hamzaoui@insa-lyon.fr

Résumé :

Nous présentons dans ce travail une analyse vibro acoustique des différents signaux, dans le cas d'un ou de plusieurs défauts combinés, tels que, les défauts de roulements et d'engrenages. L'objectif est d'identifier chacun des défauts même lorsqu'ils sont combinés. On commence par l'étude des indicateurs scalaires temporels et spectraux, puis une analyse perceptive des sons correspondant aux différents types de défauts a été établie pour étudier la sensibilité des auditeurs aux défauts combinés et la possibilité de distinguer les différents types de défauts de même ou de natures différentes. D'après l'étude des indicateurs vibratoires et celle du test d'écoute les résultats obtenus sont bien représentatifs de l'évolution de différentes gravités de défauts. La corrélation vibro-acoustique entre les indicateurs scalaires et la perception sonore, n'a donné de bon résultat que pour un seul cas avec deux indicateurs, le kurtosis et le facteur de crête.

Abstract :

One presented in this work a vibro acoustic analysis of various signals in the case of one or several combined defects such as bearings and gears defects. The objective is to identifying each of the defects even when it combined. We begin by studying the temporal and spectral scalar indicators; a perceptive analysis of the sounds corresponding to different types of defects has been established to investigate the sensitivity of listeners to the combined defects, and the ability to distinguish between defects with different types and natures. According to the study of the vibrational indicators and of the listening test, the results are well presentative of the evolution of different defects gravity. The vibro-acoustic correlation between scalar indicators and sound perception, did not give a good result except for one case with two indicators, kurtosis and crest factor.

Mots clefs : Défaut d'engrenage, Défaut de roulement, perception sonore, détection de défauts

1 Introduction

Les engrenages et les roulements sont des organes de transmission d'efforts et de mouvement par contact physique entre pièces. Ce type de transmission génère des vibrations et par conséquent émet du bruit. Les vibrations principales sont produites par les chocs d'entrée en contact des dents d'engrenages.

La surveillance et le diagnostic des défauts de machines tournantes appartiennent aux programmes de la maintenance conditionnelle, qui sont basés à 75% sur l'analyse des vibrations. Plusieurs chercheurs travaillent toujours sur l'amélioration ou le développement des nouveaux indicateurs résultant des signaux vibratoires ou acoustiques. Nous employons dans cette étude une approche acoustique de perception afin de proposer une optimisation des indicateurs de la surveillance pour améliorer la détection des défauts. En effet, les analyses subjectives utilisées par les techniciens de maintenance, basées sur le retour d'expérience, sont souvent corrélées avec l'aggravation des défauts. L'utilisation de test de dissemblance, comme en perception acoustique, a permis de corréler une dimension de l'espace perceptif obtenu avec des défauts d'engrenages [1 et 2].

En écoutant les signaux vibratoire des différentes configurations de défauts, nous espérons construire une corrélation linéaire entre l'aggravation du défaut et une combinaison de 2 indicateurs scalaires utilisés en surveillance. L'avantage sera donc de construire un modèle de détection de défaut avec des indicateurs scalaires, allant de la naissance à l'aggravation du défaut. Pour concevoir ce type de modèle dans un nouveau cas réel, il faudra constituer une base de signaux issus de configurations saines et défectueuses. Cette approche est assez similaire à une méthode de l'intelligence artificielle comme les réseaux de neurones, mais ne nécessite pas d'étape d'apprentissage pour le réglage des paramètres d'optimisation. L'originalité de cet article situe au niveau de l'apport d'une approche subjective par l'audition humaine en complément des méthodes physiques actuelles.

En complément aux travaux concernant l'étude des défauts réels et simulés d'engrenages [1,2], nous présente dans ce qui suit une étude sur les défauts combinés d'engrenages et de roulements par la perception acoustique ; le but ici est d'étendre l'application de l'approche perceptive présentée dans [1,2] pour le cas des défauts de nature et de gravité différentes.

2 Partie expérimentale

2.1 Le banc d'essai expérimental

On utilise un dispositif conçu par le laboratoire de mécanique et structures permettant la réalisation des simulations des défauts isolés sur des roulements et/ou sur des engrenages. Ce plan d'expérience est réalisé pour différentes vitesses de rotations et différentes bandes fréquentielles.

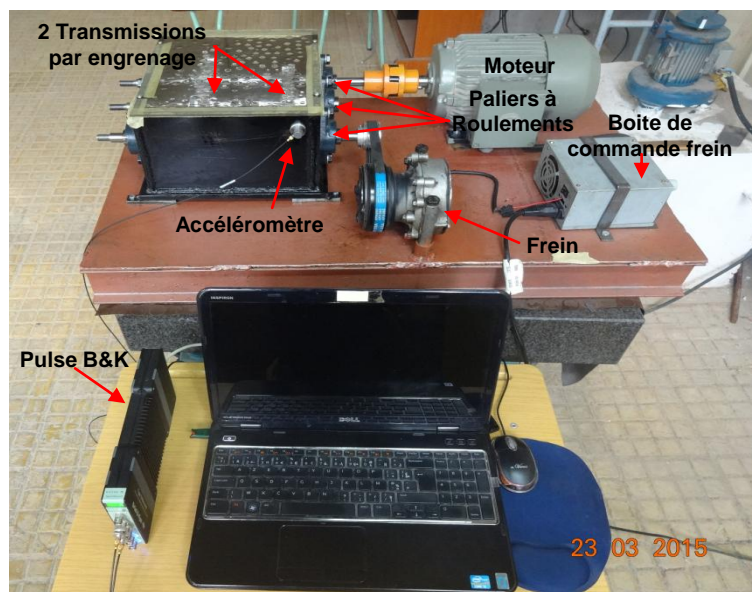


Figure 1. Photo du banc d'essais

2.2 Configurations des défauts simulés

Dans ce plan expérimental, nous avons fait l'acquisition des signaux vibratoires pour deux fréquences de rotations et deux bandes de fréquences et cela pour différents types de défauts. Nous avons commencé par le cas sans défaut, après nous avons créé trois défauts, petit, moyen et grand sur trois différents roulements pour assurer la possibilité de combiner ces défauts avec trois défauts d'engrenages (petit, moyen et grand) que nous avons créés sur la face d'une dent du pignon 2, voir Tableau 1.

Tableau 1 : Désignation des sons

Sons	Défauts correspondant
S1	Sans Défaut SD
S2	Petit Défaut Roulement Palier2 PDRP2
S3	Moyen Défaut Roulement Palier2 MDRP2
S4	Grand Défaut Roulement Palier2 GDRP2
S5	Petit Défaut PignonG2 PDG2+ Sans Défaut Roulement PDG2+SDRP2
S6	Petit Défaut PignonG2 PDG2+Petit Défaut Roulement Palier2 PDG2+PDRP2
S7	Moyen Défaut PignonG2 MDG2+Sans Défaut Roulement Palier2 MDG2+SDRP2
S8	Moyen Défaut PignonG2 MDG2+Moyen Défaut Roulement Palier2 MDG2+MDRP2
S9	Grand Défaut PignonG2 GDG2+Sans Défaut Roulement Palier2 GDG2+SDRP2
S10	Grand Défaut PignonG2 GDG2+Grand Défaut Roulement Palier2 GDG2+GDRP2

3. Traitement des résultats

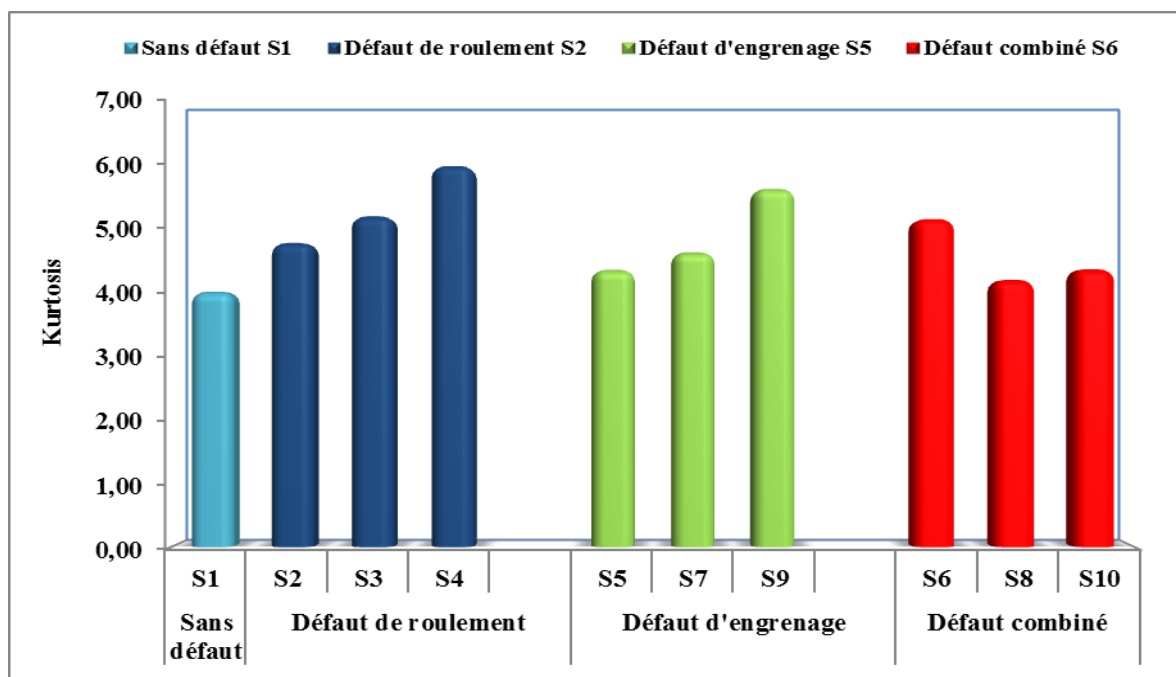
3.1 Les indicateurs scalaires

L'évolution des indicateurs scalaires dans le temps peut donner des informations sur l'aggravation du défaut. Nous présentons sur le tableau 2, les valeurs de ces indicateurs calculées à partir des différents signaux temporels recueillis par des accéléromètres. L'évolution de chaque indicateur n'est pas linéaire avec l'aggravation des défauts combinés ; il est donc difficile de suivre l'état de défectuosité avec un seul indicateur.

Tableau 2 : Les valeurs des indicateurs scalaires

		Vc	RMS	FC	K	NG	FK	CGS
Sans défaut	S1	15,60	3,28	4,75	4,03	2,68	51,21	351,28
Défaut de roulement	S2	21,60	3,47	4,83	4,80	2,84	75,04	363,88
	S3	23,30	4,04	5,77	5,22	3,30	94,03	401,96
	S4	30,80	4,01	7,67	6,02	3,28	123,65	433,38
Défaut d'engrenage	S5	16,80	3,33	5,04	4,37	2,72	55,96	334,74
	S7	18,50	3,66	5,05	4,65	2,99	67,72	361,28
	S9	29,60	4,07	7,28	5,66	3,32	120,42	342,69
Défaut combiné	S6	18,70	3,50	6,49	6,13	2,86	65,45	359,42
	S8	19,70	3,66	5,38	4,21	2,99	72,19	339,63
	S10	19,90	3,80	5,23	4,38	3,10	75,67	361,73

Le kurtosis est un indicateur sensible à la forme du signal et non pas à son énergie, cela est confirmé par l'histogramme de la figure 2, où nous remarquons son augmentation avec la gravité du défaut dans les deux cas de défauts isolés, sur le roulement et l'engrenage. La combinaison des deux défauts diminue sa sensibilité et provoque une diminution de son niveau.

**Figure 2.** Evolution du kurtosis en fonction du type de défaut

3.2. Approche perceptive

On traite dans ce travail, uniquement les signaux mesurés pour une vitesse de 15 Hz et une bande de fréquence 12800 Hz. Ces derniers sont exportés du logiciel Pulse Labshop en format *.wav. Nous avons sélectionné 10 sons qui feront l'objet du test d'écoute.

Le test d'écoute a été effectué sur les différents sons, en utilisant la méthode de comparaison par paire, une analyse multidimensionnelle MDS INDSCAL a été appliquée par la suite pour le traitement des résultats [1 et 2].

3.2.1. Espace de perception à 2 dimensions

On présente sur la figure 3, l'espace de perception à 2 dimensions ; on constate que selon DIM1, les sons apparaissent dans l'ordre de dégradation du défaut du moins dégradé (S1) jusqu'au plus dégradé (S10) et cela pour les différents degrés de dégradations et types de défauts (roulement ou engrenage).

Le premier groupement des sons S2, S3 et S4 correspond respectivement au petit, moyen et grand défaut de roulement. Les auditeurs les ont classés juste après le son S1 (sans défaut).

Le deuxième groupement des sons S5, S7 et S9 correspond respectivement au petit, moyen et grand défaut d'engrenage. En se référant à l'analyse de DIM1, les auditeurs ont classé les défauts d'engrenage comme étant des défauts plus graves (important) que les défauts de roulement, notamment le grand défaut S9, qui a été classé avec le défaut S10 qui est la combinaison de deux grands défauts sur le roulement et l'engrenage.

Le troisième groupement des sons des défauts combinés S6, S8 et S10 correspond respectivement aux petit-petit, moyen-moyen et grand-grand défauts de roulement et d'engrenage. Le son S6 peut être groupé avec les sons S5 et S7 de l'engrenage, vu le peu d'influence du défaut de roulement par rapport au défaut d'engrenage. Alors que les sons S8 et S10 ont été perçus par les auditeurs comme des défauts plus graves que les défauts petit et moyen de l'engrenage. Les sons S8 et S9 et S10 peuvent être regroupés ensemble comme étant des défauts de plus grande gravité.

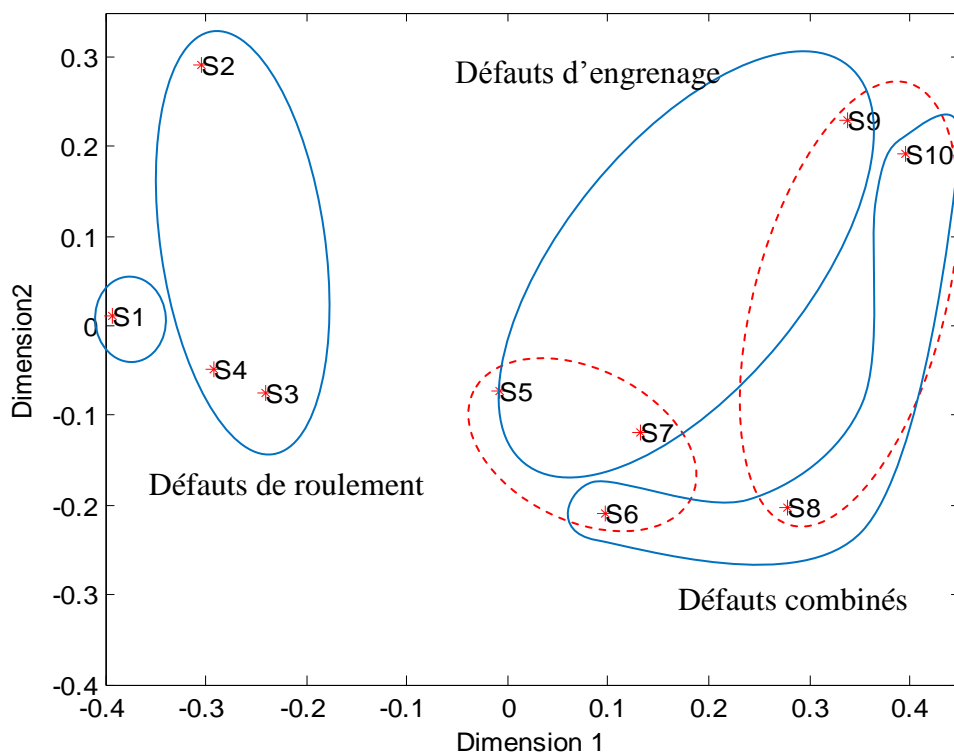


Figure 2. Espace de proximité

Nous présentons par l'histogramme de la figure 3 les coordonnées de DIM1 des 10 sons. Les résultats de cette figure, confirment l'analyse que nous avons présentée dans [2], où nous avons constaté que le passage des valeurs de DIM1 du négatif au positif signifie qu'on a atteint un stade de dégradation qui nécessite l'arrêt de la machine.

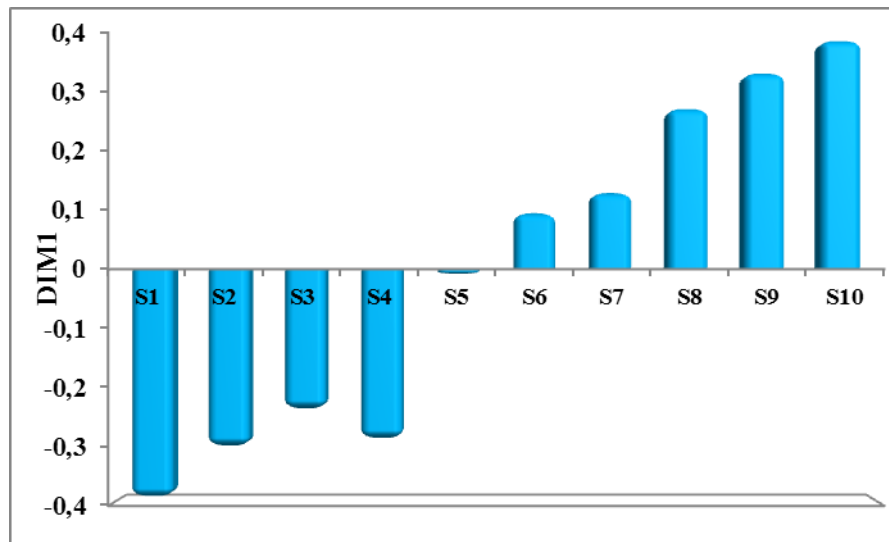


Figure 3. Valeurs de DIM1 des 10 sons

3.2.2. Corrélations entre indicateurs scalaires et dimensions

La corrélation des indicateurs scalaires du tableau 2 avec les résultats obtenus par la perception sonore, ne donne de bon résultat que pour la dimension DIM2 avec deux indicateurs : le Kurtosis et le Facteur de Crête. Nous obtenons un modèle (1) mathématique avec un coefficient de corrélation $R^2=0.72$.

$$\text{DIM2} = -0.462 * \text{Kurtosis} + 0.287 * \text{facteur de crête} + 0.598 \quad (1)$$

La dimension DIM1 qui est bien corrélée physiquement avec l'état de dégradation (roulement et/ou engrenage) ne peut être modélisée via une combinaison linéaire des indicateurs du tableau 1 ; il faudra donc en analyser d'autres indicateurs.

4. Conclusions

L'objectif de ce travail est d'étendre l'application de l'approche perceptive pour l'étude des défauts simples et combinés de nature différente (engrenage et roulement). Le but est de proposer des modèles mathématiques pour DIM1 et DIM2 permettant la corrélation de certains indicateurs avec la perception sonore. Pour la perception sonore, les auditeurs ont pu classer les sons selon le type et le niveau de gravités des défauts. Alors que la corrélation entre les indicateurs scalaires et la perception sonore, n'a donné de bon résultat que pour la seconde dimension avec deux indicateurs : le Kurtosis et le Facteur de Crête.

L'application de l'approche perceptive a montré son efficacité dans les cas étudiés dans [1,2], défauts réels et simulés d'engrenage, mais son application dans le cas de plusieurs défauts de type et de nature peut être encore utile en élargissant à d'autres indicateurs.

Références

- [1] R. Younes, N. Ouelaa, N. Hamzaoui, & A. Djebala, Experimental study of real gear transmission defects using sound perception. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 76(2014), 927-940.
- [2] N. Hamzaoui, R. Younes, N. Ouelaa, Indicators of real gear transmission defects using sound perception, NOVEM 2015 Noise and vibration, Dubrovnik- Croatia, April 13-15 2015.