



Compte rendu de la Commission Machines Tournantes de l'AFM du 4 juin 2019

GARRETT ADVANCING MOTION - 2 Rue de l'Avenir
88150 Thaon-les-Vosges



Présents

- GARRETT ADVANCING MOTION: Kostandin GJIKA, Laurent DIVOUX, Antoine COSTEUX, Thomas DUBOIS, Frédéric DAGUIN,
- AIR LIQUIDE : Laurent BARRA
- CRYOSTAR : Pascal MEYER, Joseph WALCH
- INSA Lyon, LaMCoS : Régis DUFOUR, Yvon BRIEND
- VIBRATEC : Renaud BERTONI, Hervé GOUTAGNY

1- Présentation de GARRETT ADVANCING MOTION – Laurent

La société GARRETT est constituée de 7500 personnes (dont 1200 ingénieurs) réparties sur 13 sites de production et 5 sites R&D (Torrance, Thaon-les-Vosges, Shanghai, Bucarest et Bangalore). 50 000 turbos sont fabriqués chaque jour. La gamme de produit principale concerne les véhicules de tourisme (essence et diesel).

Les produits fabriqués sont : les turbo compresseurs (essence et diesel : double étage, waste gate, ...), les produits électriques (electric boosting) et les logiciels embarqués (détection panne / intrusion). Le marché est globalement en hausse (prévision de +40% en 2028) principalement grâce aux produits pour véhicules hybrides.

Le site de Thaon-Les-Vosges, créé en 1979, est composé de 650 personnes dont 240 en développement, 40 en fonction support et 370 en production. La différenciation par rapport aux autres sites est principalement liée aux faits que : tous les corps de métier sont présents ; la position est centrale et à proximité par rapport aux clients ; le centre est doté d'une forte innovation et excellence technique et opérationnelle au niveau qualité (production / délai).

La chaîne de développement des produits (puissance, roue, cinétique, paliers, structure) est organisée en prenant en compte le design, la simulation, les prototypes, réalisation de tests divers, et la métallurgie.

2- Présentations techniques

Les présentations sont mises en ligne sur le site de l'AFM.

• Intégrité des rotors embarqués sur exciteur 6 axes – INSA : Yvon BRIEND

AdViTAM est un laboratoire commun entre INSA Lyon – LaMCoS et AVNIR Engineering. Il est financé sur 3 ans par programme LabCom ANR- PME.

L'objectif final est de pouvoir réaliser des essais aggravés sur des rotors embarqués à partir d'une excitation multi axes de la base (pouvant induire des phénomènes de résonance et d'instabilité). Cette problématique se retrouve sur différents systèmes avec des bases mobiles : aéronautique (excitation déformation structure), éolien (mouvement du mat sous excitation du vent), marine (turbine bateau sous excitation houle), nucléaire (excitation séisme), ...

Ces essais aggravés permettront d'identifier les points faibles du système (premières défaillances) et ensuite d'améliorer la fiabilité des rotors embarqués.

L'approche est la suivante :

- Réalisation d'un modèle numérique de machine sous sollicitation extrême
- Validation et recalage du modèle avec un démonstrateur expérimental
- Réalisation d'essais aggravés sur une machine

La présentation porte principalement sur la thèse d'Yvon Briend. La modélisation d'un rotor par EF prend en compte les excitations de balourds et par les mouvements de la base, combinaison de 6 translations et 6 rotations. Les équations prennent en compte les grands déplacements pour les arbres et les phénomènes instationnaires. Le code de calcul développé sous Matlab se nomme AdVISOR. Les résultats permettent de caractériser les phénomènes transitoires non linéaires, l'influence des mouvements de base sur les orbites, les instabilités et les contraintes.

Les essais sont réalisés sur l'excitateur 6 axes (banc INSA de Equipex Phare). Les principales caractéristiques sont : masse embarquée jusqu'à 450 kg ; profil d'excitations (sinus, aléatoire, choc, réplique de signaux), effort par vérin jusqu'à 62 kN en dynamiques, accélération maximale de 10g.

Le démonstrateur académique, en cours de montage est très polyvalent et permettra de tester de nombreuses configurations (type et position des paliers, disque, variation de vitesse, ...). L'instrumentation mise en œuvre est assez exhaustive : capteurs de déplacement micro epsilon, codeurs et accéléromètres

Une des difficultés consiste à réaliser le pilotage du cube lors des mouvements de rotation (observation de mouvements parasites avec un pilotage classique). Une approche spécifique a dû être mise en œuvre pour optimiser ce pilotage par la création d'un modèle cinématique 6ddl pour l'excitateur 6 axes dénommé Cube (approche avec problème inverse).

Les perspectives pour la suite des essais sont le recalage du modèle pour les essais en régime sinusoïdal (translation / rotation / combinaison), la réalisation d'essais aggravés et d'essais en fatigue sur le démonstrateur, la réalisation d'essais aggravés sur systèmes industriels.

- **Hybrid Approach for « Turbocharger- Vehicle » Vibration Management – GARRETT
ADVANCING MOTION : Kostandin GJIKA**

Ce projet (approche hybride vibratoire) a été réalisé en collaboration avec VIBRATEC

Quelques éléments concernant le turbo :

- Le turbo permet d'augmenter la performance moteur et de réduire la pollution
- Le palier est le cœur de la machine et différentes technologies existent (flottants, semi flottants, roulements et paliers à feuille)
- Le challenge concernant les paliers : le concept est simple mais l'environnement est complexe (température, viscosité, charge axiales élevées (géométrie variable), vibration moteur, problèmes de bruit)),
- Différentes technologies doivent être impliquées dans le développement (lubrification, dynamique des rotors, matériaux, équilibrage, ...)
- L'objectif est de mettre dans la même boucle d'optimisation toutes les performances à obtenir dès le stade de la conception pour aller au plus vite avec une optimisation des coûts

Pour optimiser la démarche de conception d'un point de vue vibratoire, il est nécessaire de prendre en compte l'environnement du turbo (catalyseur, ligne d'échappement, ...). Ces données numériques (CAO, modèles) ne sont pas toujours disponibles côté fournisseur et l'approche hybride permet de s'en affranchir par la mise en œuvre de mesures vibratoires.

Une méthode de sous structuration est réalisée en utilisant une approche basée sur des mesures de FRF (FBS : FRF based sub-structuring) : les FRF finales peuvent être combinées entre différents systèmes (FRF obtenues par des mesures (sur externes par exemple) et par des calculs (sur turbo)). La connexion entre les composants est un point important à caractériser

La validation « locale » de la méthode (les FRF sont obtenues entre 2 ddl est réalisée par comparaison des FRF mesurées turbo / échappement par rapport à FRF combinée expérimental / numérique entre les mêmes points. La validation du comportement global est basée sur un critère plus global (somme des vitesses vibratoires sur les composants).

- **Gear and bearing faults detection : from instrumentation to classification – VIBRATEC :
Renaud BERTONI**

Les enjeux de cette approche sont de pouvoir détecter les défauts, leur localisation, leur évolution et leur criticité (qui peut être différente en fonction du domaine : aéronautique ou industriel). La surveillance des machines engendre un volume de données assez conséquent qu'il est parfois difficile à traiter.

VIBRATEC propose une approche basée sur de l'instrumentation et de la modélisation (mesure de la vitesse instantanée de rotation avec simulation numérique et intelligence artificielle).

Cette approche est conduite sur un banc spécifique (moteur électrique, engrenage, frein, inerties, accouplements souple) ou la charge est maîtrisée sur les dentures. Une instrumentation détaillée est mise en œuvre : codeurs, reluctance variable, sondes de proximité, accéléromètres, jauges (ponts de torsion), télémesures.

Pour arriver à la rupture de la denture (essais aggravés), la fréquence d'engrènement est calée sur le mode de torsion : le couple dynamique est 2 fois supérieur au couple statique >> génération de claquement.

Un modèle éléments finis est réalisé et recalé par rapport aux essais (outil ADAMS GEAR multi corps). Ce modèle est utilisé pour estimer la durée de vie de la denture (19h environ). La casse est observée sur le banc après 20h d'essais.

A ce jour seuls les signaux d'accélération ont pu être analysés. Les indicateurs classiques utilisés n'ont pas pu mettre en évidence de défauts. Des indicateurs sur le signal synchrone ont permis de révéler les défauts.

L'idée est d'aller plus loin sur l'analyse et la classification des signaux. Dans cet objectif, VIBRATEC a utilisé une base de données externe obtenue sur un banc d'essai (2 étages de réduction, différents engrenages, paliers, ...), ce qui a permis de tester des algorithmes d'IA. Certains indicateurs sont plus pertinents pour certains défauts.

3- Visite du site

Cette visite s'est déroulée en 2 temps :

- Visite du site de production très fortement automatisé (Usine 4.0) : livraison des pièces sur les ilots et production. La fabrication des turbos est réalisée en suivant 4 process successifs : assemblage shaft wheel (soudage, rectification / usinage, équilibrage 2 plans), assemblage complet dans le carter central, équilibrage de l'ensemble tournant (CHRA) et assemblage final. La force de cette organisation permet d'optimiser la qualité des produits ainsi que d'optimiser les délais de fournitures des pièces vis-à-vis de l'exigence clients.
- Visite du laboratoire, fonctionnant 7j / 7j et 24h / 24. Le laboratoire (constitué de plusieurs bancs de tests : power loss, gaz test, mapping, choc thermiques, ...) est géré comme le site de production.

4- Informations diverses

- Le lieu de la prochaine session reste à préciser : prochainement, il y aura un appel à accueil et organisation de cette journée.
- Merci de partager les informations concernant l'existence de cette commission avec vos contacts, clients et fournisseurs de telle sorte à faire connaître son existence. Les échanges sont très riches et les visites fort intéressantes.
- Mise à jour des cotisations : à ce jour les sociétés suivantes sont à jour de leur cotisation : KTR France, EDF R&D, VIBRATEC, JOHN CRANE France

Merci donc aux autres sociétés adhérentes de régulariser leur situation auprès du secrétariat de l'AFM : <http://afm.asso.fr/Home/Adhérer-à-IAFM>

4- Prochaines manifestations scientifiques et techniques sur la dynamique des rotors

a- Conférences spécialisées Dynamique des rotors

- IMechE-Vibrations in Rotating Machinery - VIRM 12
Liverpool - 08 September 2020 - 10 September 2020
<https://events.imeche.org/ViewEvent?code=CON6882>
- IMechE - 14th International Conference on Turbochargers and Turbocharging
Twickenham Stadium, London. 13 May 2020 - 14 May 2020
<https://events.imeche.org/ViewEvent?code=CON6796>
Lead partner: Garrett Advancing Motion
- IMechE - Steam Turbine and Generator user group 2020
Manchester, 18- 19 March 2020
<https://events.imeche.org/ViewEvent?code=CON6885>
"Excellent networking event which should NOT be missed by UK customers and suppliers"
Siemens
- ASME IGTI - Turbo Expo
Turbomachinery Technical Conference & Exposition. ASME International Gas Turbine Institute
Phoenix Convention Center, Phoenix AZ, USA
Conference : June 17-21, 2019. Exhibition : June 18-20, 2019
<https://event.asme.org/Turbo-Expo>
- IFToMM Rotordynamics Conference 2022
Beijing (China). Dossier présenté au VIRM2020
- VETOMAC - 15th International Conference on VIBRATION ENGINEERING AND TECHNOLOGY OF MACHINERY -
Curitiba, Brazil, from 10 to 15 November 2019
<https://sites.google.com/view/vetomac-2019>
- 18th EDF – Pprime Workshop
"Challenges in Sliding Bearing Technologies for Clean and Low Carbon Energy Applications"

EDF Lab PARIS-SACLAY – October 10 & 11, 2019

<https://edf-pprime-2019.sciencesconf.org/>

b- Conférences générales avec symposium en Dynamique des rotors :

- IFToMM 2019 World Congress
June 30 to July 4, 2019 Krakow, Poland. AGH University Science & Technology
<http://iftomm2019.com/>
- The 18th Asian Pacific Vibration Conference (APVC 2019)
University of Technology Sydney from 18th - 21st November 2019.
<http://www.apvc2019.org/>
- Congress on Sound and Vibration (ICSV26)
Montréal 7–11 July 2019.
<https://www.icsv26.org/>
- ASME IDETC-CIE
Hilton Anaheim, Anaheim, CA.
Conference: August 18 – 21, 2019. Exhibition: August 18 – 21, 2019
<https://event.asme.org/IDETC-CIE>
- SUR-VISHNO-EVA Surveillance, Vibration Shock and Noise, Experimental Vibration Analysis
8-10 juillet INSA Lyon
<https://survishno.sciencesconf.org/>

5- Remerciements

Un grand merci à GARRETT ADVANCED MOTION pour son accueil très professionnel et la grande qualité des visites. La CMT adresse toute sa gratitude à GARRETT et particulièrement à Mr Konstandin GJIKA pour l'excellence de cette journée.

Un grand merci aussi à tous les participants pour la qualité des échanges techniques.