



Commission Machines Tournantes

Compte rendu de la 6^{ème} rencontre

Lieu : CETIM à Senlis

Date : 1^{er} juin 2010

Thème de la rencontre : « Equilibrage »

I. Présentation des membres participants

Organisations	Prénoms	Noms
Arkema	Jean-Christophe	Courcol
Cetim	Arnaud	Caracciolo
Cetim	Patrice	Huver
Foster Wheeler	Dominique	Jourdan
GE Energy Services	Nicolas	Peton
LaMCoS INSA-Lyon	Régis	Dufour
LaMCoS INSA-Lyon	Jarir	Mahfoud
Lloyd's Register ODS	Philippe	Loustau
KSB	Florence	Fouet
RuhrPumpen	Gérard	Lascaux
Total Petrochemicals	Patrick	Ferrage
Turboméca	Céline	Bordegaray
Turboméca	Sylvain	Votié
Vibratec	Stéphane	Michel
Vibratec	Christian	Clerc
Voith	Frédéric	Sohn

II. Mot de bienvenue et présentation du CETIM par Monsieur PAPIN

Le CETIM a pour vocation d'apporter un appui à l'industrie mécanique et d'être un pont entre la recherche et la technique.

Son Chiffre d'Affaire est d'environ 100M€ constitué de

- 40% de prestations (conseil formation Expertise 28%, Ingénierie 37%, Essais 45%)
- 60% de ressources collectives (veille technologique 5%, R&D 70%, diffusion 25%) avec le soutien de 8000 cotisants

L'activité est répartie sur les 3 sites de Senlis, Nantes et Saint-Etienne, auxquels viennent s'ajouter 3 centres associés : CERMAT, CERTEC et PAU pour les matériaux non métalliques.

Le CETIM est un appui aux professions de la mécanique par le biais de commissions dans lesquelles siègent les industriels. Le CETIM est par ailleurs un institut Carnot.

Il y a 15 pôles de compétences (Etanchéité, bruit et vibration, ...)

III. Election d'un nouveau secrétaire

Philippe Loustau ne pouvant plus assurer sa fonction de secrétaire au sein de la commission, l'élection d'un nouveau secrétaire s'est tenue. Christian Clerc de Vibrattec a été élu à l'unanimité.

IV. Présentations sur le thème de l'équilibrage

a. INSA – Jarir Mahfoud – Dernières techniques d'équilibrages

Les objectifs qui motivent le développement de nouvelles techniques sont l'équilibrage de rotors non-linéaires, la réduction de durées d'essais, l'optimisation des plans d'équilibrage et la mise en place de méthodes automatiques d'équilibrage. Les travaux présentés pour illustrer la démarche concernent des cas d'équilibrage actif ou adaptatif, des cas d'équilibrage appuyé par modèle EF et l'optimisation des plans d'équilibrages sur un rotor non linéaire.

b. Nicolas Péton (GE) – Equilibrage d'une turbine à gaz GE type 9FA (250MW)

Présentation d'un cas d'équilibrage in-situ d'une machine de masse importante (80T pour le rotor, 250MW). Les masselottes de test utilisés doivent permettre de générer un effort de l'ordre de 5% du poids du rotor). La situation est compliquée par la stabilisation thermique qui peut-être longue. Les diagrammes polaires sont utilisés pour équilibrer. Plusieurs essais doivent être répétés à froid et à chaud (problème de temps, le refroidissement pouvant prendre plusieurs jours sur un rotor de centrale). L'équilibrage est pratiqué sur la deuxième vitesse critique.

c. Patrick Ferrage (Total Petrochemical) : problème d'équilibrage sur un rotor neuf sur turbine vapeur

Machine de 13,5MW avec 1 rotor tournant à 9500 rpm soumise à l'API 612. Les ailettes peuvent jouer un rôle important sur le déséquilibre du rotor. La prise en compte du poids moment des ailettes et leur répartition est importante pour minimiser les balourds à corriger a posteriori du montage des ailettes.

L'équilibrage est réalisé à basse vitesse puis à vitesse nominale (dont une survitesse). Un contrôle à basse vitesse est ensuite réalisé pour enregistrer les balourds résiduels et leur localisation (l'objet est de pouvoir faire un contrôle en basse vitesse avant la mise en place du rotor dans la machine (5ans plus tard)) . Le rotor étant flexible, le contrôle en basse vitesse nous a montré un rotor hors tolérance si on ne tenait compte que du critère équilibrage basse vitesse.

Le rotor est monobloc (arbre forgé), plusieurs plans équipés de trous taraudés permettent de positionner les masses d'équilibrage.

d. Philippe Loustau (ODS) – Equilibrage suite à un diagnostic

Ensemble moteur électrique - réducteur - compresseur. Le moteur tourne à 1500rpm et l'on constate que l'amplitude vibratoire varie avec la charge. Lors d'un premier test avec une masse d'essai, on constate qu'il n'y a pas de modification de l'amplitude vibratoire ; le constat est le même lorsqu'on multiplie le balourd par 8. La solution du problème n'est donc pas dans l'équilibrage. Des investigations complémentaires mettent en évidence des problèmes de torsion de la chaîne cinématique.

e. Sylvain Votié (Turboméca) – Méthode d'équilibrage

Cas d'un turbomoteur à turbine libre (arbres coaxiaux).

Equilibrage en rotor rigide : Il s'agit d'une turbine à pales rapportées. Les aubes sont pesées et rapportées sur la roue. On procède à un équilibrage par tierçage ce qui exige une bonne répétabilité au niveau des liaisons. On travaille à 1000rpm.

Equilibrage en rotor flexible (vitesse supérieure à la première critique) : On travaille par mesure de flèche au passage de la vitesse critique.

f. Florance Fouet (KSB) – Equilibrage sur pompe centrifuge

Pompe monocellulaire. Vitesse de synchronisme 3600rpm max. (inférieur de 20% à la première vitesse critique.

Objectif: fonctionnement tranquille, silencieux, fiable. Pièces moulées: avoir une qualité géométrique suffisante ; Pièces usinées: tolérance d'usinage faibles ; Pièces assemblées : précision de l'assemblage.

Diamètre 300mm max. Equilibrage G2.5 à basse vitesse (1000rpm).

Existe aussi pompes multi étages. Les pompes sont extrêmement compactes, les arbres reposent sur des paliers hydrodynamiques, les roues sont de pièces de fonderie avec des faces usinées. On procède parfois à des équilibrages partiels successifs avec une puis deux puis trois...roues. L'équilibrage se fait par enlèvement de matière sur chaque roue, sur la face arrière qui n'est pas une surface fonctionnelle.

Sur des machines comme des pompes centrifuges, la question de l'équilibrage est la base du travail. Particularité : la cavitation peut générer un balourd par enlèvement de matière et est donc une source potentielle de déséquilibre en fonctionnement.

V. agenda

La prochaine réunion (7^{ème} rencontre) se tiendra, sur le thème des Vibrations Asynchrones, dans les locaux de Turboméca à Bordes (Pau) le mardi 7 décembre 2010. La réunion débutera à 9h00 pour permettre un retour en milieu d'après-midi.

La réunion suivante (8^{ème}) se tiendra dans les locaux de Vibratex à Ecully et portera sur les nouvelles technologie et les actions de R&D pour les machines tournantes.