



7^{ème} Journée :
Commission Machines Tournantes

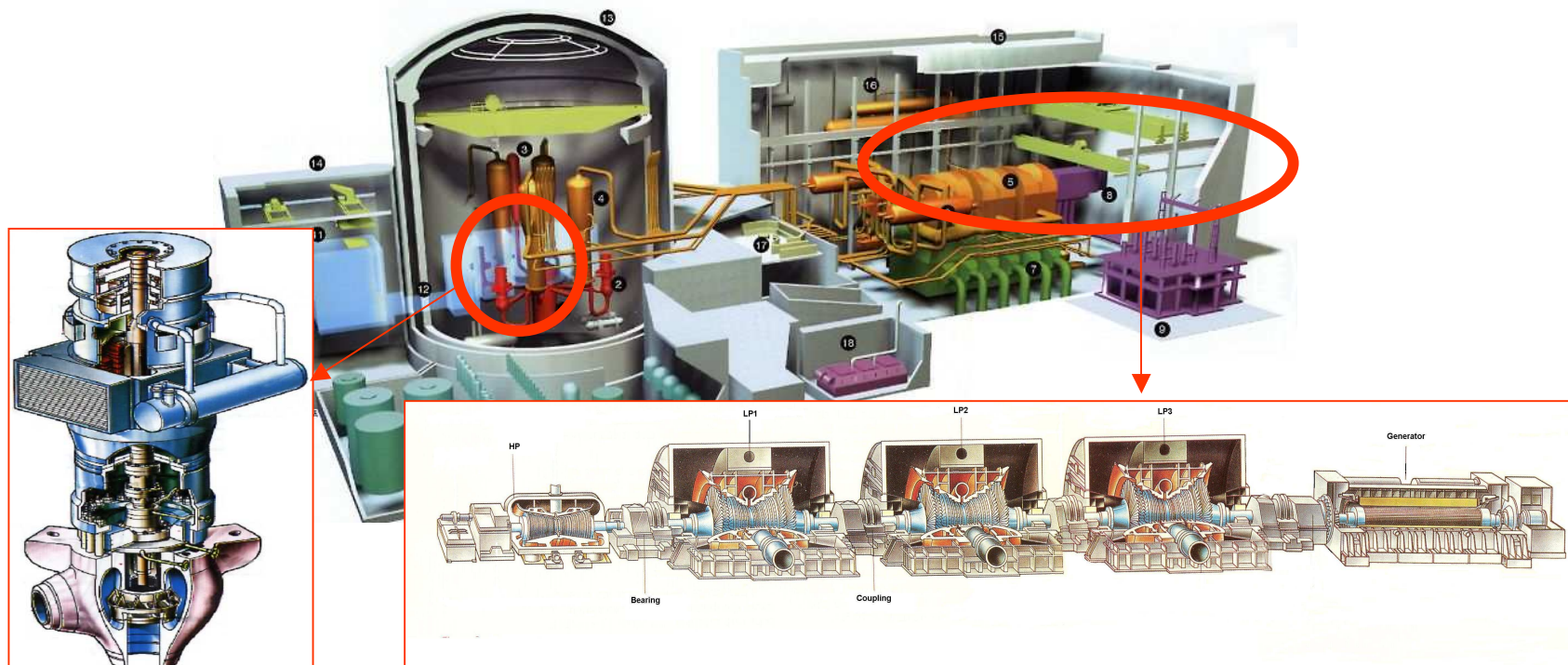
Vibrations Asynchrones

Philippe VOINIS EDF –R&D



Les machines tournantes du parc nucléaire et thermique

Le groupe turboalternateur, le groupe motopompe primaire ...

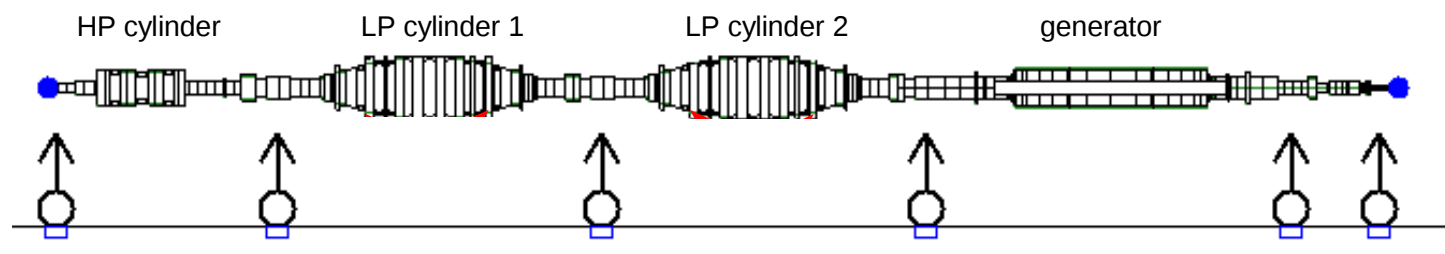


... et les turbines à gaz



Le Groupe Turbo-alternateur

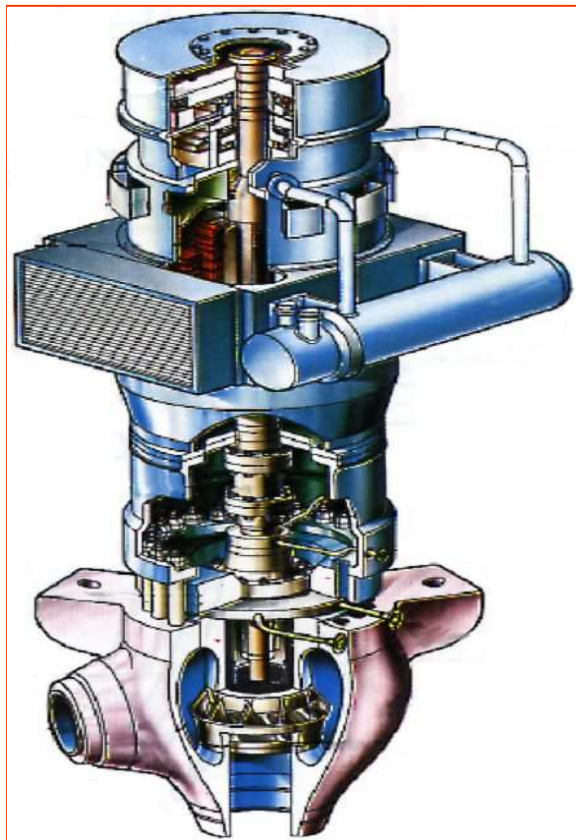
Modèle rotor des tranches CP2 (920 MW)



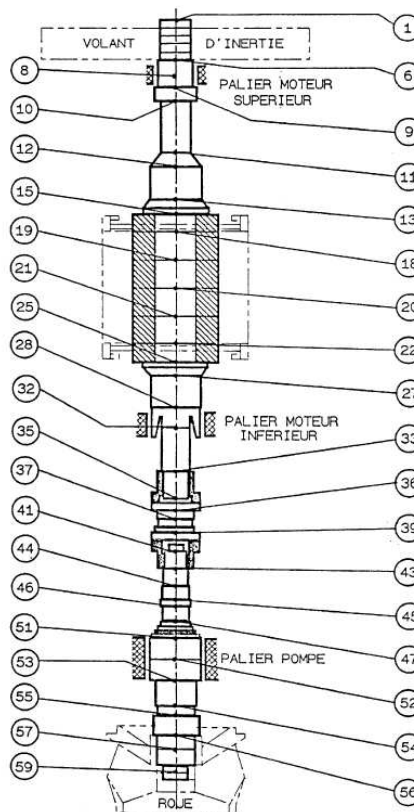
- masse en rotation : 700 à 1 000 Tonnes,
 - vitesse de rotation nominale : 1 500 tr/mn,
 - paliers à patins oscillant garantissant une grande stabilité,
- Pas de phénomène vibratoire asynchrone observé

Les Groupes Moto Pompe Primaire : GMPP

Écorché d'un GMPP



Modèle Ligne d'arbres



En quelques chiffres :

masse ligne d'arbres : 17 000 Kg,
volant d'inertie : 6 500 Kg,
vitesse de rotation nominale : 1 485 tr/mn,
Puissance moteur : 6.5 à 8 MW
Primaire : 155 bars, 300°C,

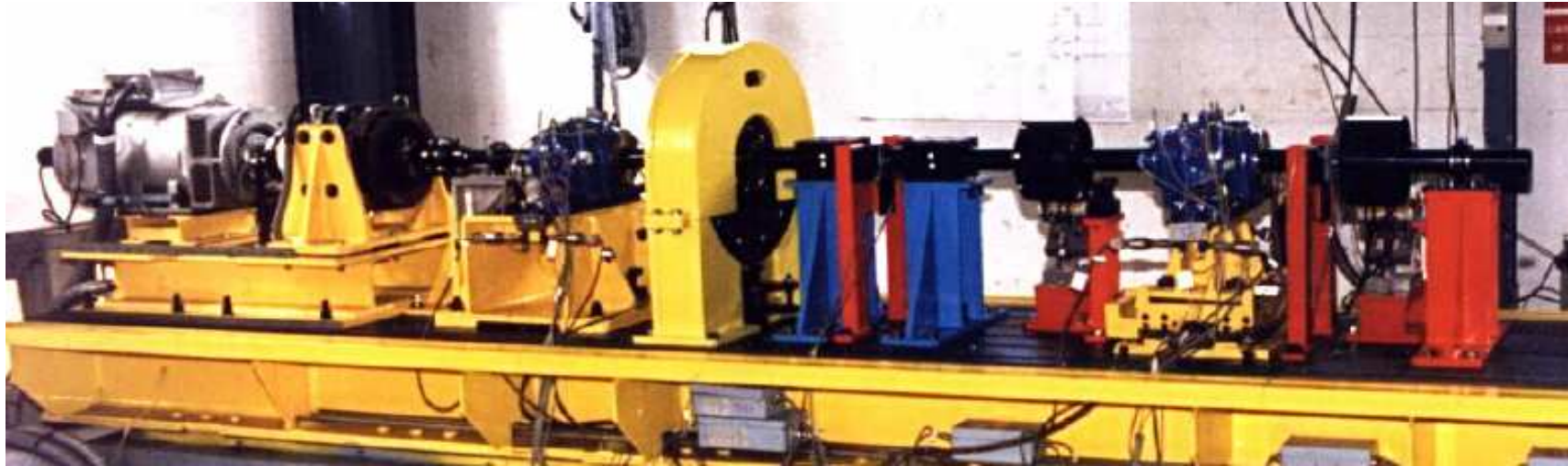
-Technologie des paliers :

- paliers moteurs : hydrodynamique-huile à à 6 ou 7 patins,
- palier pompe : circulaire hydrodynamique à eau,

Retour d'expérience : **quelques cas de GMPP présentant des composantes vibratoires à l'harmonique $\frac{1}{2}$, niveau global erratique**

Expertise : Phénomène naissant d'instabilité engendrée par le palier pompe (circulaire) et combiné à un matériel à axe vertical → palier pompe peu chargé

Le banc EUROPE



Longueur du banc : 3 à 4 m selon configuration

Masse du rotor : 250 à 450 Kg

Vitesse de rotation : 2 500 tr/mn (maxi 3 000 tr/mn)

Paliers : hydrodynamiques à 3 lobes,

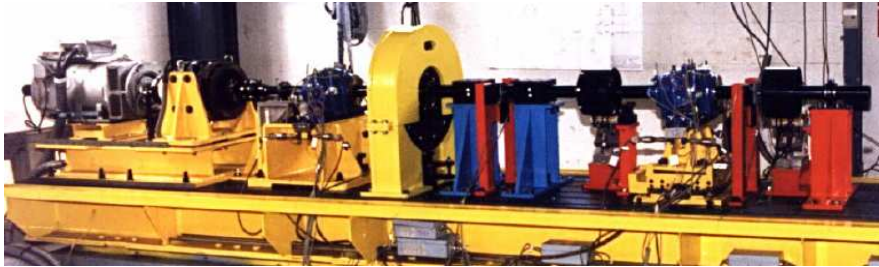
Banc d'essais général : ailette, fissuration rotor, contact rotor-stator, ...

Un régime de fonctionnement instable vers 2820 – 2850 tr/mn :

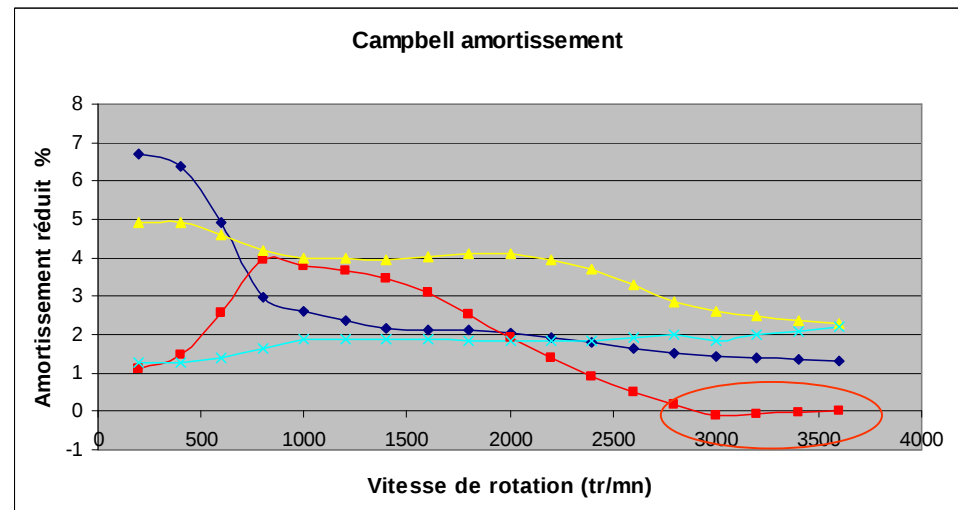
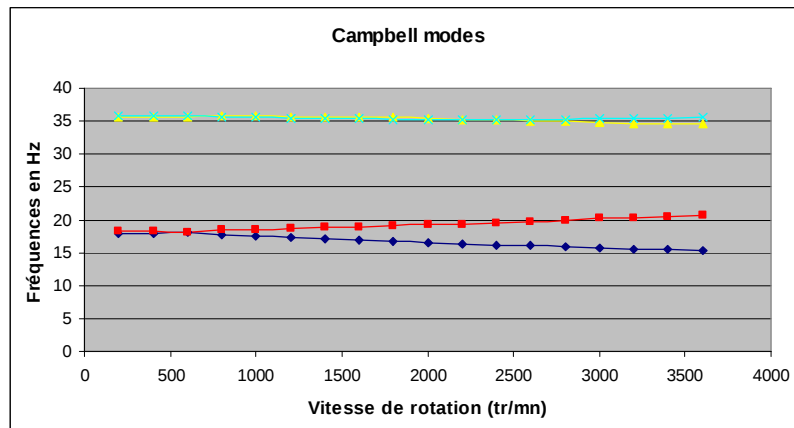
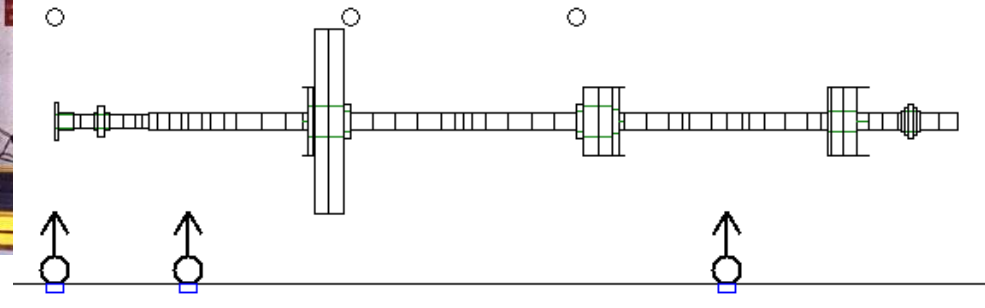
- mode de flexion instable 20 Hz,

- très forte amplitude vibratoire à une composante asynchrone (instable),

Le banc EUROPE

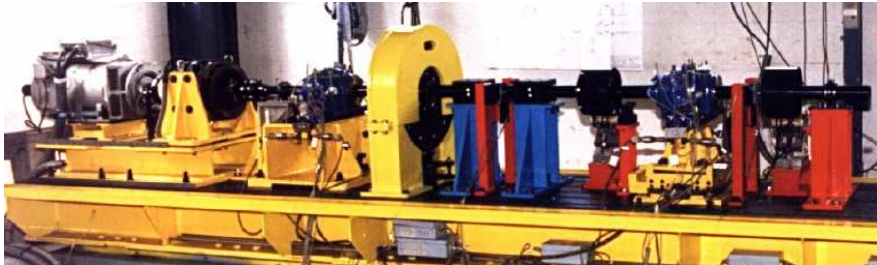


Modèle Cadyac du banc EUROPE

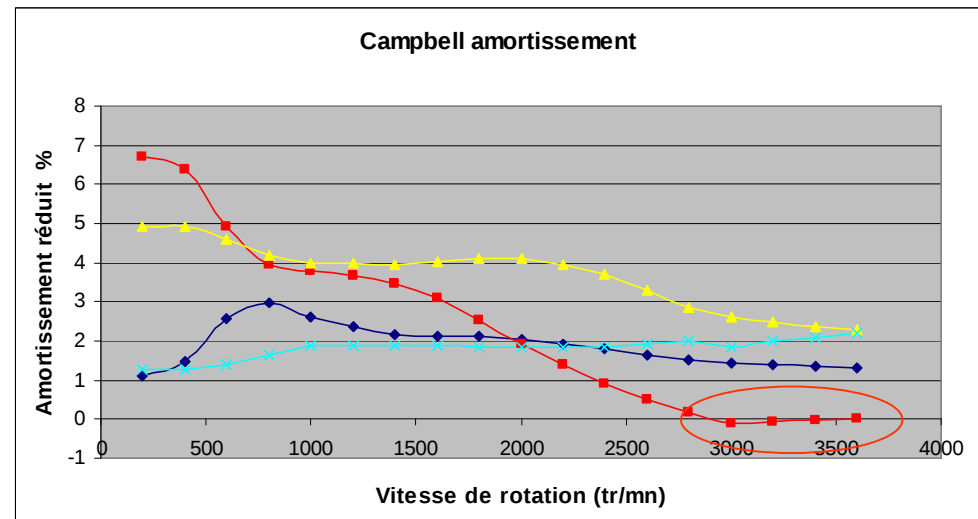
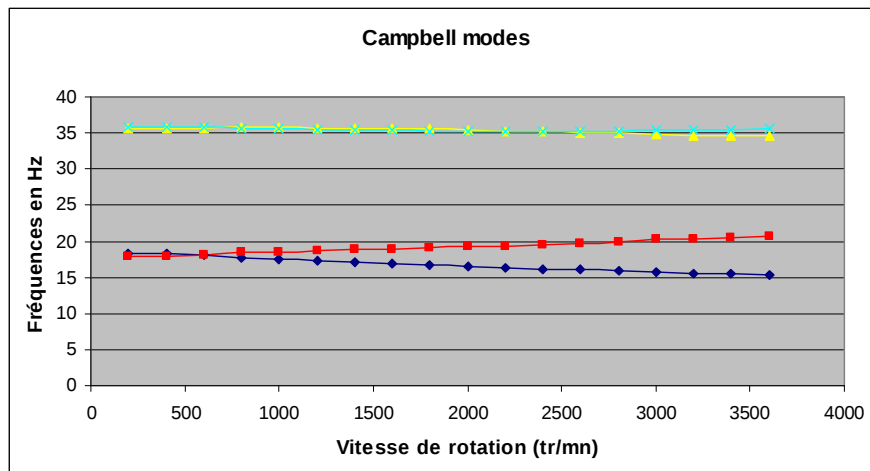
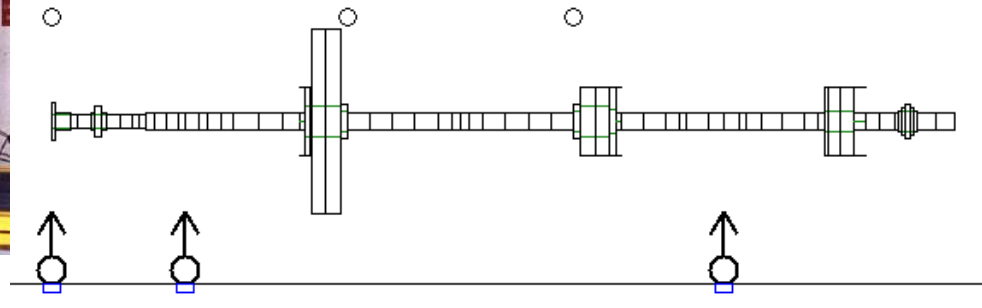


L'amortissement du mode 2 devient négatif pour une vitesse de rotation proche de 2800 tr/mn

Le banc EUROPE



Modèle Cadyac du banc EUROPE



L'amortissement du mode 2 devient négatif pour une vitesse de rotation proche de 2800 tr/mn

Synthèse vibrations asynchrones

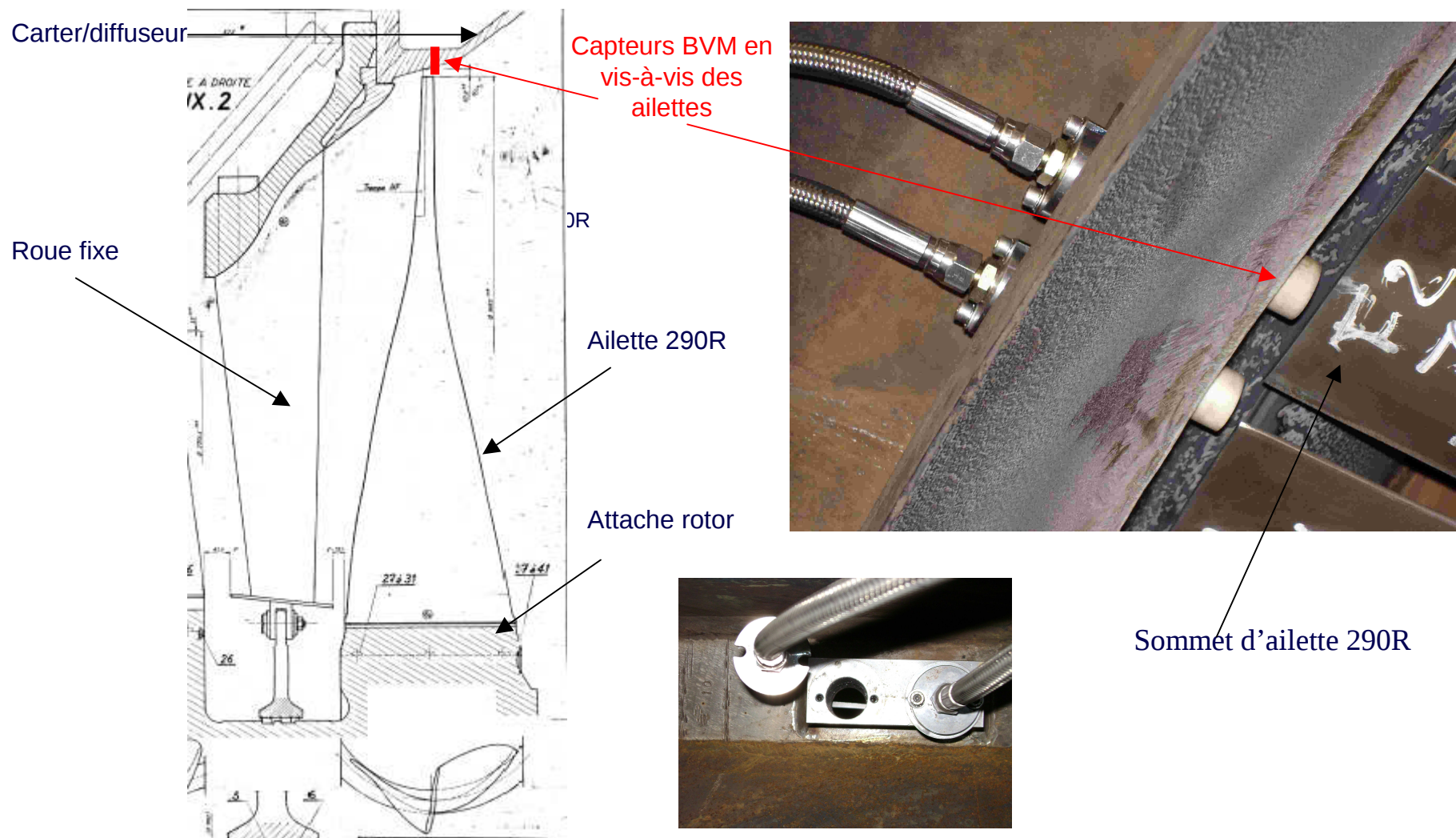
Peu de retour d'expérience sur les matériels EDF :

- Cas des Groupes Moto Pompe Primaire
 - Instabilité vibratoire (H1/2) d'un palier circulaire hydrodynamique peu chargé,
- Banc d'essai EUROPE
 - Évolution de l'amortissement d'un mode de flexion vers une valeur négative → déclenchement d'instabilités de fortes amplitudes

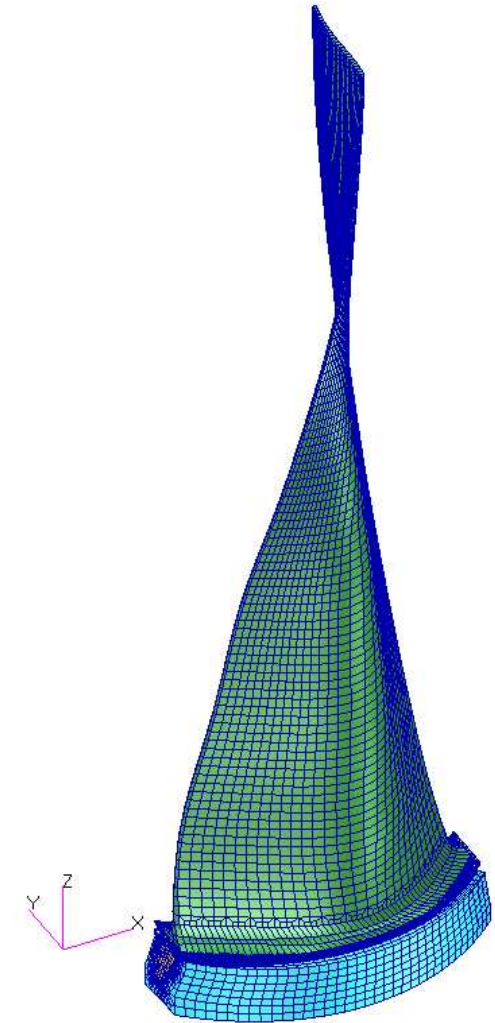
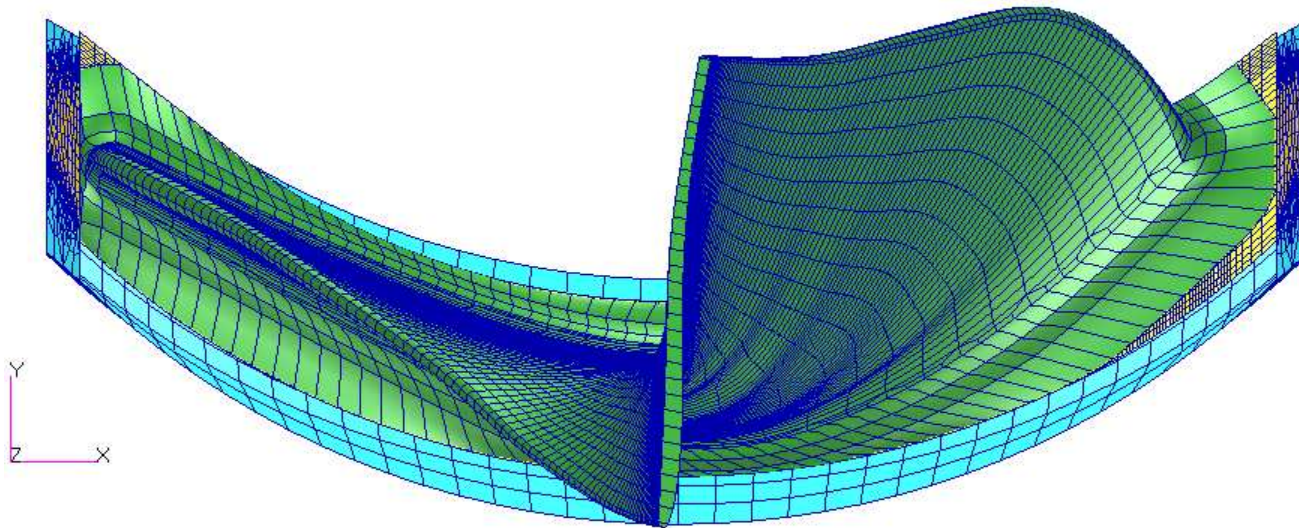
Vibrations asynchrones des ailettes :

- Identification de cas de vibration asynchrone des ailettes :
 - Couplage aéro-élastique des ailettes,
 - Gestion du dés-accordage des ailettes (en cours d'investigation et de mise en œuvre industrielle à EDF),

Ailette 290R - Capteurs BVM



Maillage 3D ailette 290R



7^{ème} journée de la commission Machines Tournantes



Ailette 39 : Visualisation des spectres de vibrations en 3 dimensions

Diagramme Waterfall temporel de l'amplitude vibratoire RMS de l'aillette 39

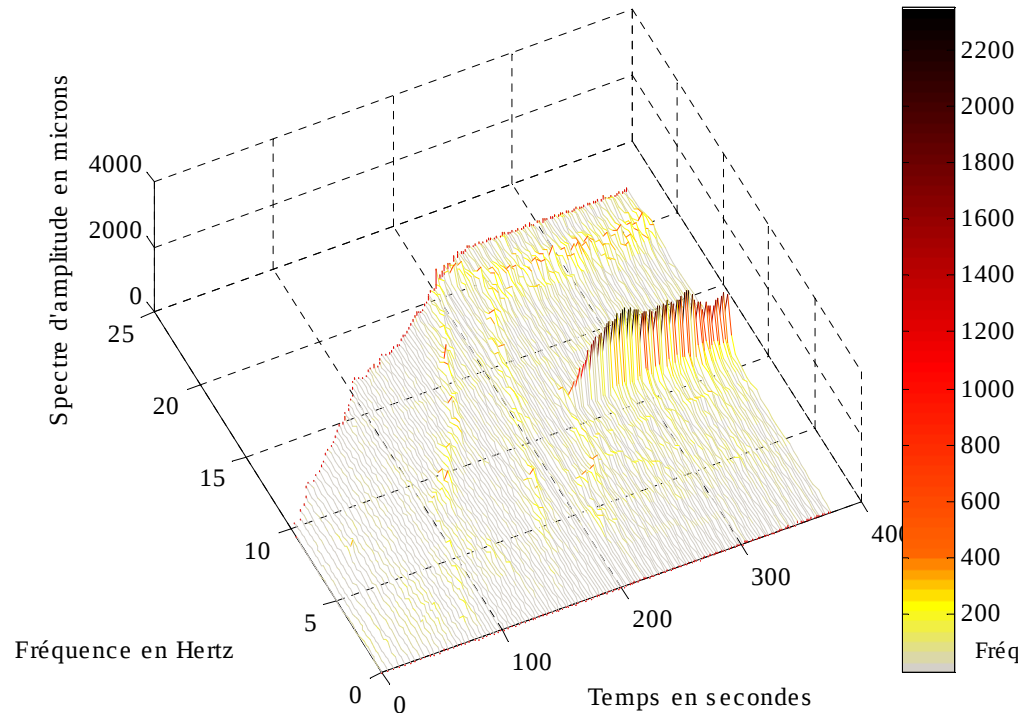
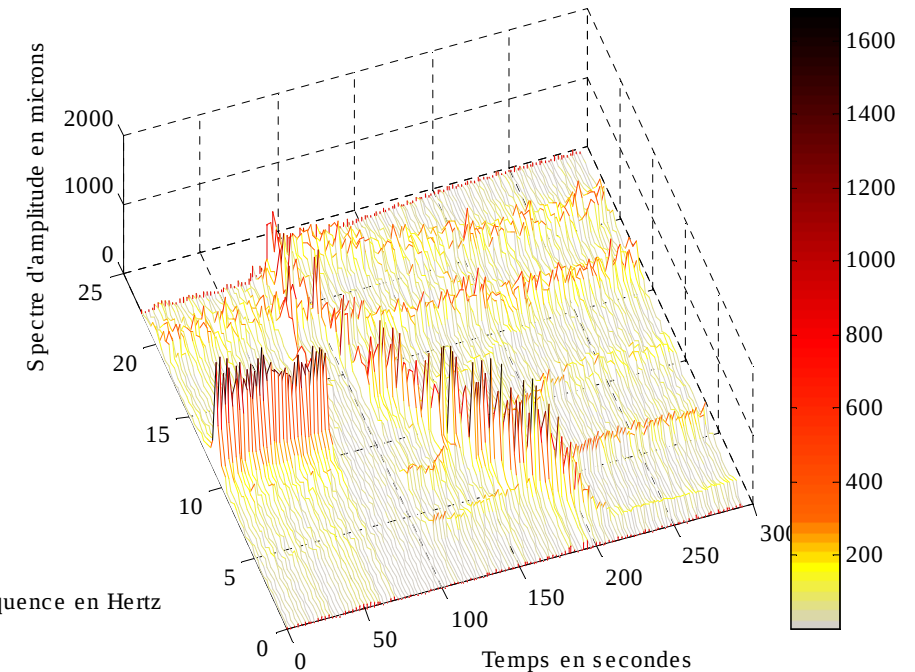


Diagramme Waterfall temporel de l'amplitude vibratoire RMS de l'aillette 39



- On retrouve les modes 1 et 2 des ailettes
- Un autre mode apparaît à la fréquence apparente 11.5 Hz lorsqu'on arrive à 2 700 tr/mn, avec un niveau vibratoire bien supérieur aux autres

Modes de vibration associé

L'analyse des pentes P1 et P2 permet d'identifier la fréquence du mode

Mode 5 de l'ailette = 402 Hz

