

Commission Machine Tournante

Vibrations Asynchrones dans l'environnement Turbomeca

7 décembre 2010

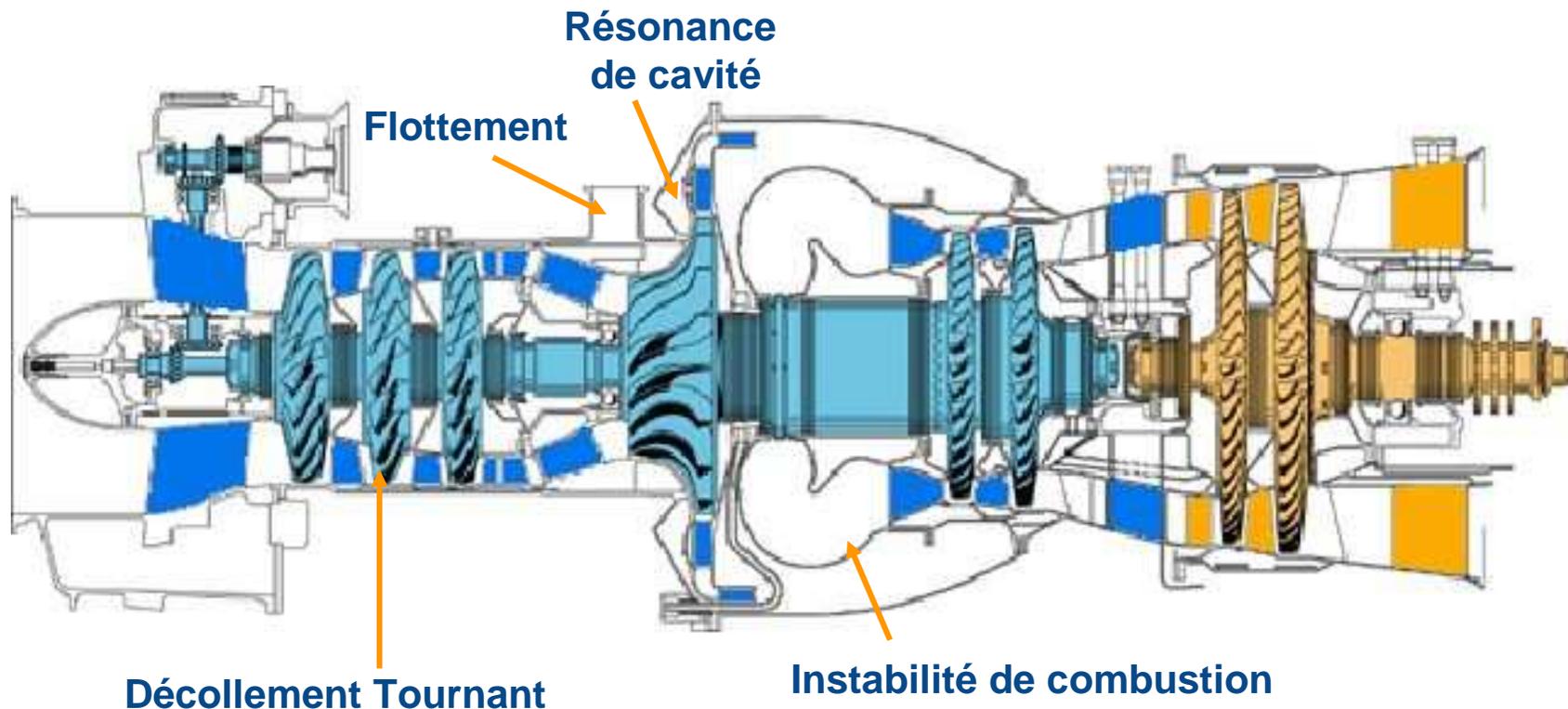
■ Vibrations asynchrones ou auto-entretenues

- Par définition : vibrations dont la fréquence n'est pas un multiple entier de la vitesse de rotation
 - Ce sont des vibrations qui sont visibles dans le repère tournant et le repère fixe
 - En opposition avec les réponses synchrones, les vibrations auto-entretenues ont une réponse harmonique
 - L'énergie vient souvent d'un couplage aérodynamique ou acoustique avec un mode dont la fréquence est voisine dans un repère tournant.
- La présence de vibrations asynchrones n'est pas acceptable dans le domaine de fonctionnement moteur.
- Des essais spécifiques sont effectués pour s'assurer de l'absence de ces phénomènes dans ce domaine de fonctionnement.

Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Contexte

■ Différents phénomènes asynchrones présents dans une turbomachine



Pompage, interaction rotor/stator, détachement de tourbillon ...

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

Commission Machine Tournante / DT/MD/EAC – O.TUOT / 7 décembre 2010

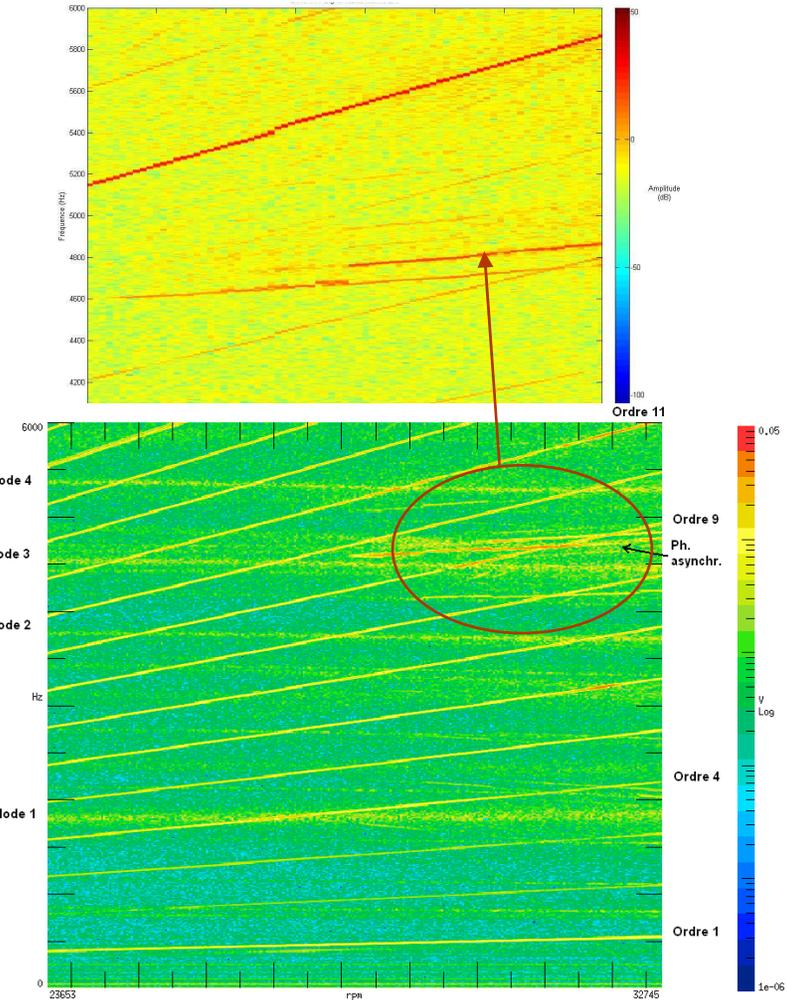
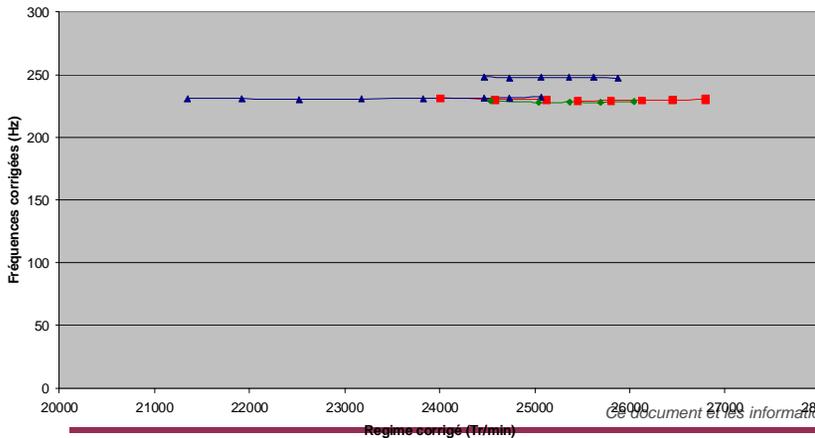
Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Définition

Résonance de cavité ou résonance acoustique

- Mise en résonance de la cavité par cisaillement de la couche limite
- Couplage de 2 ondes tournantes de fréquences voisines dans le même repère
- La fréquence réduite ne dépend pas de la température ni du régime

■ Altitude 0m / 15°C ■ Altitude 0m / -45°C ■ Altitude 6000m / 16°C

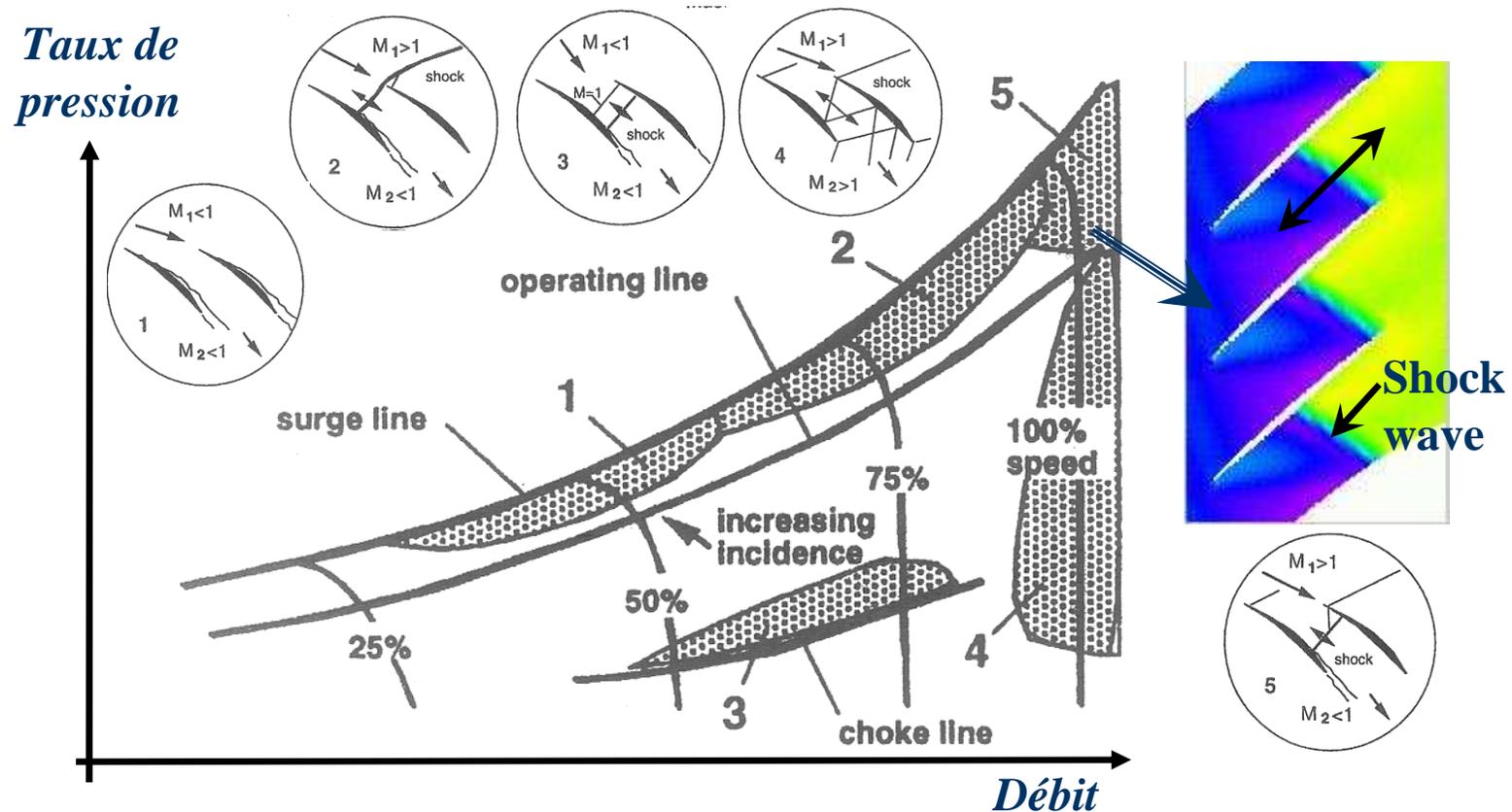


Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

■ Flottement

- **Instabilité aéroélastique associée au couplage fluide/structure**
- **Dépend des propriétés modales de la structure : fréquence et déformée**
- **En cas de flottement, la puissance aéroélastique est telle que les dissipations d'origines visqueuses par exemple ne sont plus suffisamment stabilisatrice.**
- **La stabilité d'un mode de vibration est caractérisé par le pourcentage d'énergie cinétique dissipée par l'énergie aérodynamique emmagasinée par la structure (l'aube pour une turbomachine) pendant une période de vibration**
- **Exemple le plus connu : Pont de Tacoma**

Positionnement dans le champ compresseur



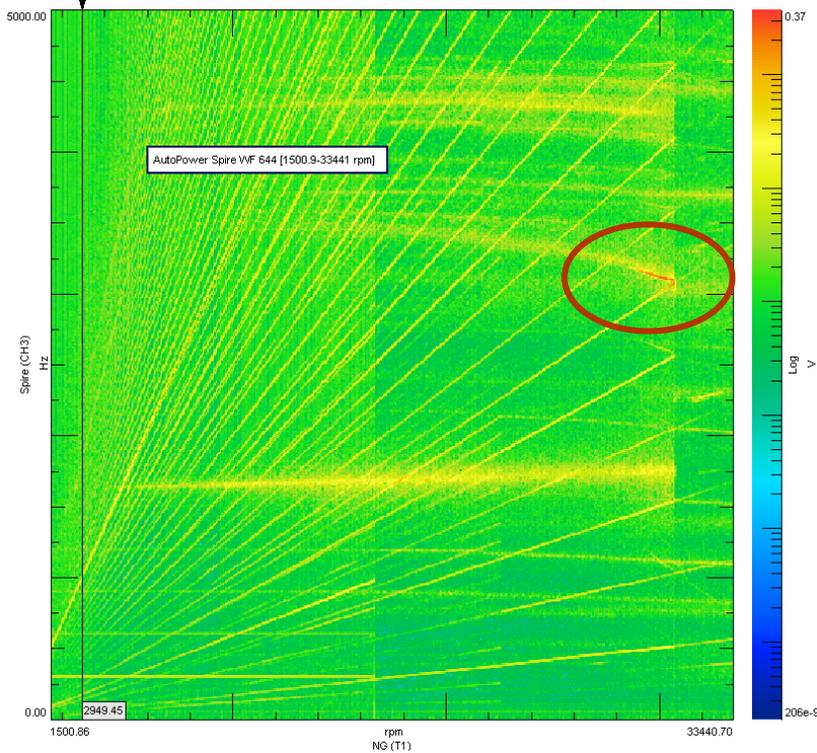
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

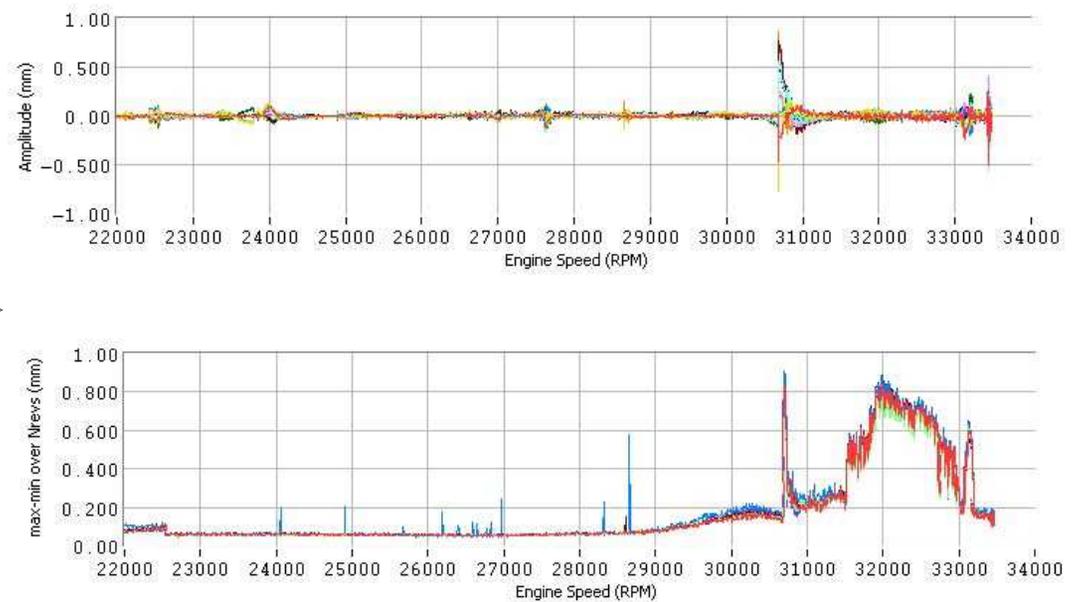
Flottement

Signature vibratoire

Repère Tournant



Repère Tournant



Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

■ Décollement Tournant

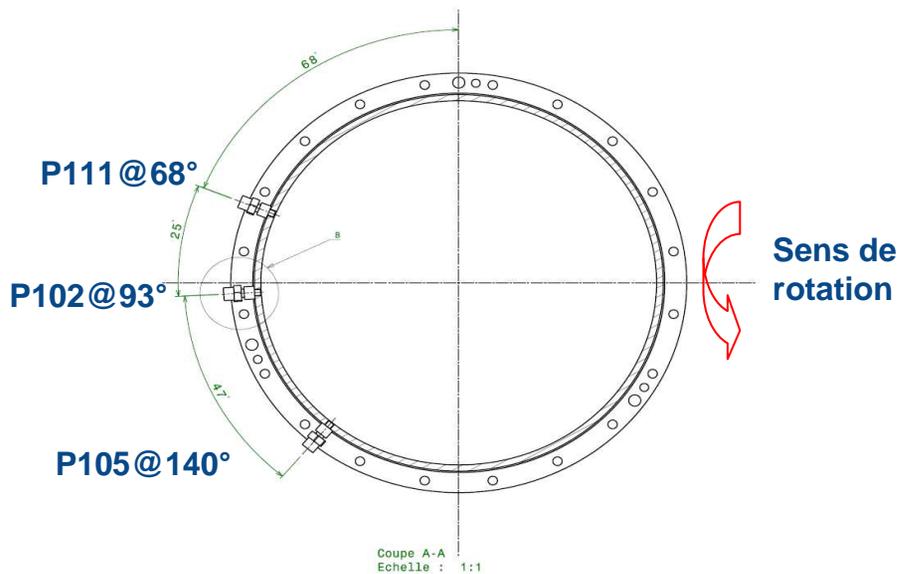
- Le décollement tournant est un phénomène aérodynamique qui se produit à basse vitesse de rotation
- La perturbation se propage en sens inverse de la vitesse de défilement des profils à une vitesse inférieure à vitesse de rotation.
- Il peut y avoir une organisation en une ou plusieurs poches.
- C'est une instabilité à N poches en rotation à une fréquence variant de $0.2Ng$ à $0.8Ng$ dans le repère fixe
- Le saut de fréquence est caractéristique d'une modification du nombre de poche
- La mesure dans les repères fixe et tournant permet de déterminer la vitesse de rotation du décollement tournant. Cette vitesse peut également être obtenue via les mesures instationnaires et l'analyse temporelle du signal.

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

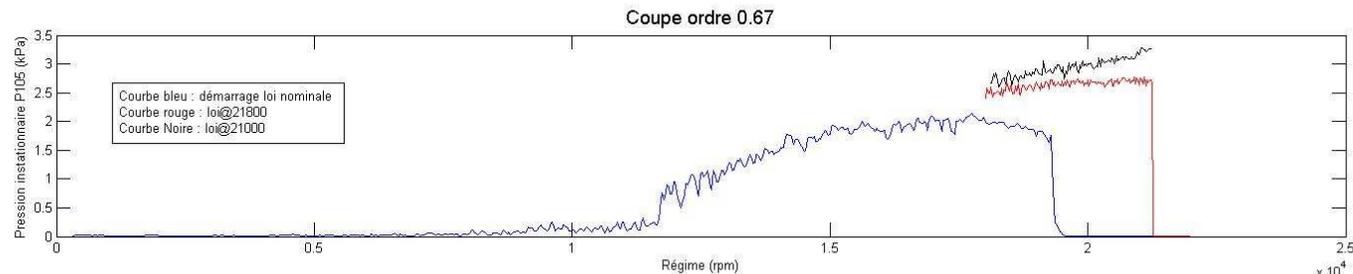
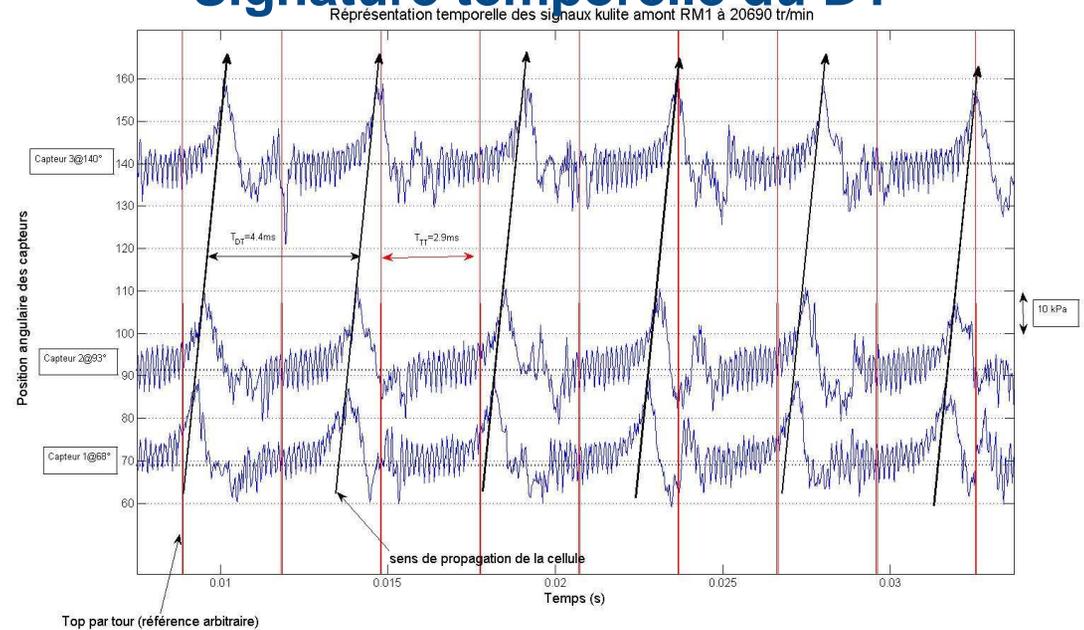
Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Décollement Tournant

Position des Kulites



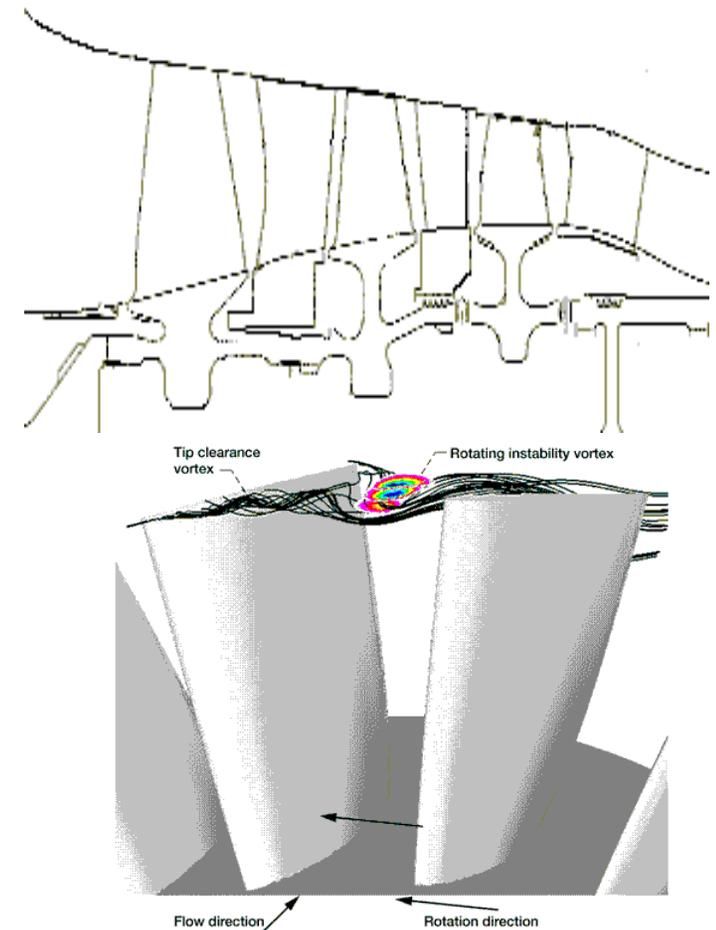
Signature temporelle du DT



Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

■ Détachement tourbillonnaire

- Phénomène observé dans les deux repères (fixe et tournant)
- Les tourbillons sont des instabilités tournantes générées en tête de pale et se propageant au travers des étages
- Ces instabilités peuvent conduire à des ruptures sur des étages aval.
- Le nombre de source est déterminé en comparant les mesures dans les repères fixe et tournant.
- Le nombre de Strouhal caractérise la fréquence du phénomène associé un indice de déphasage



Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Détachement tourbillonnaire

Repère fixe

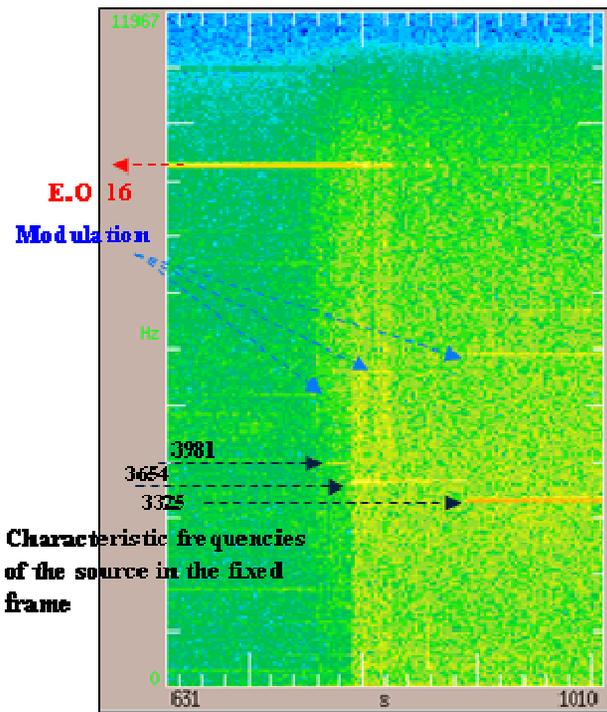


Figure 1 : Instability in the Fixed frame

Repère tournant

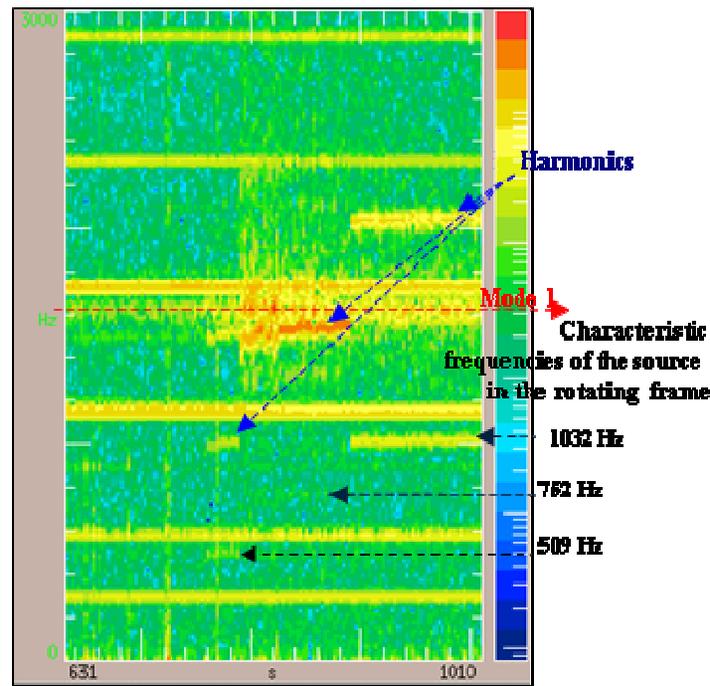
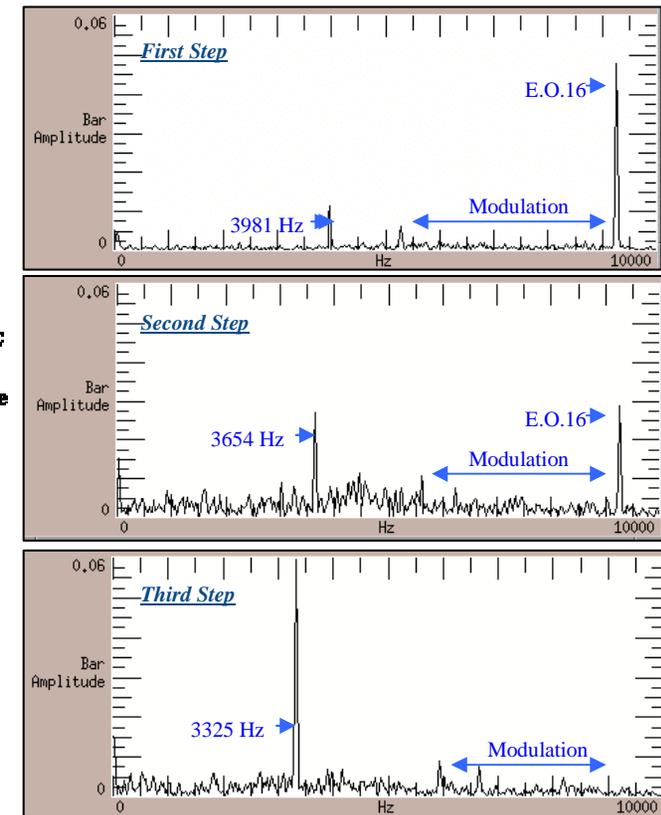


Figure 2 : Instability in the rotating frame

Réponse du phénomène durant les 3 étapes



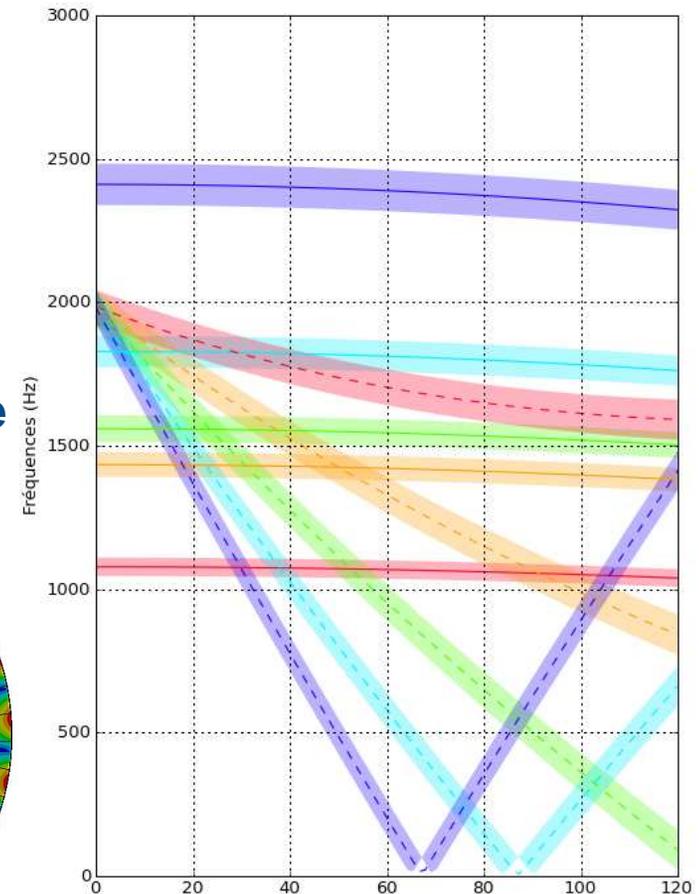
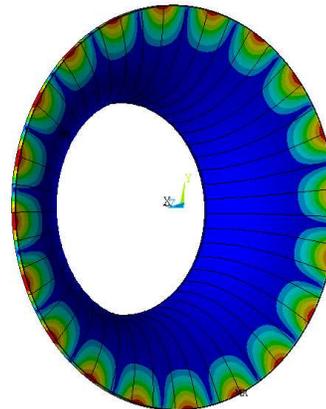
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Définition

Interaction rotor/stator

- L'interaction rotor/stator est un phénomène généré lors d'une touche légère entre les pales de la roue mobile et le couvercle ou le carter. Cette touche est divergente
- Cette touche légère n'est pas suffisante pour provoquer l'interaction, elle doit être associée à une situation modale favorable, c'est-à-dire
 - ✓ Une condition fréquentielle : une même fréquence pour le rotor et le stator
 - ✓ Une condition d'appropriation modale

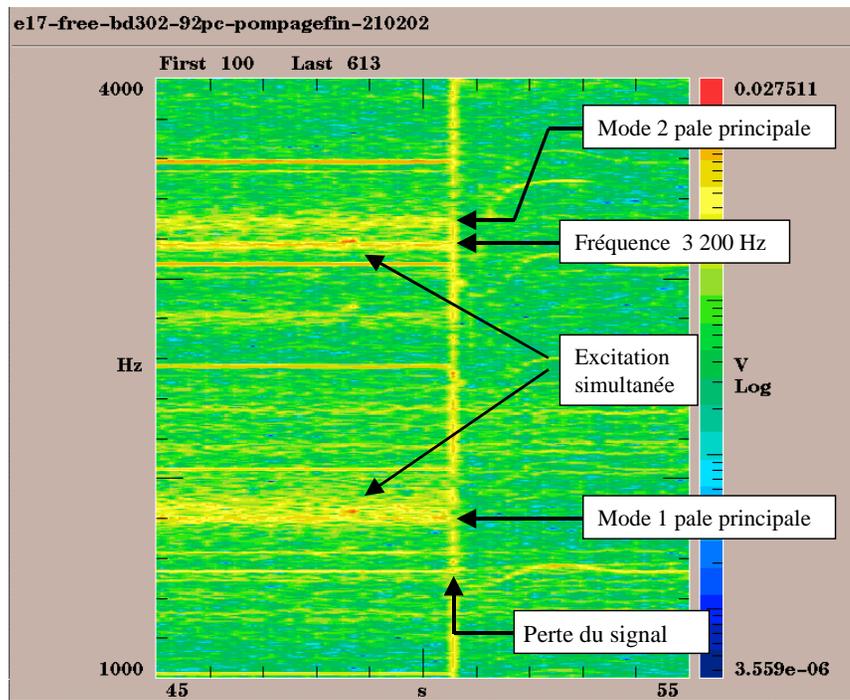


Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

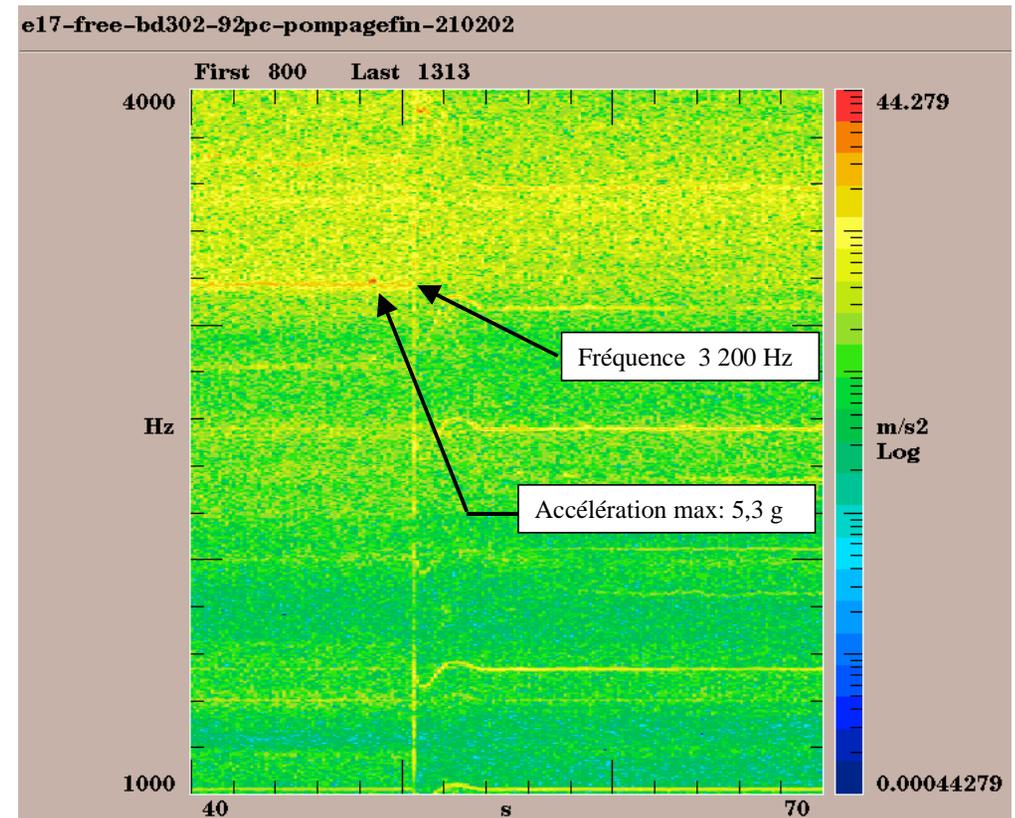
Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Interaction rotor/stator

Mesure repère tournant



Mesure repère fixe



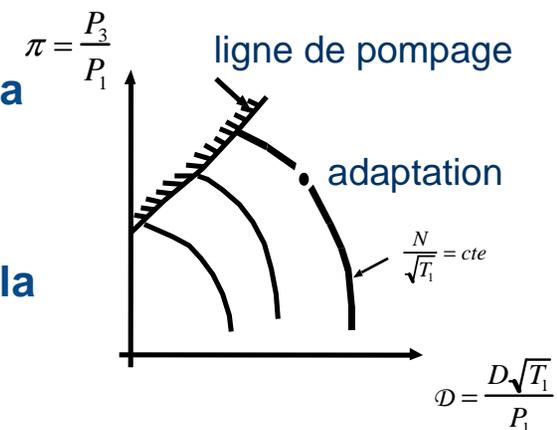
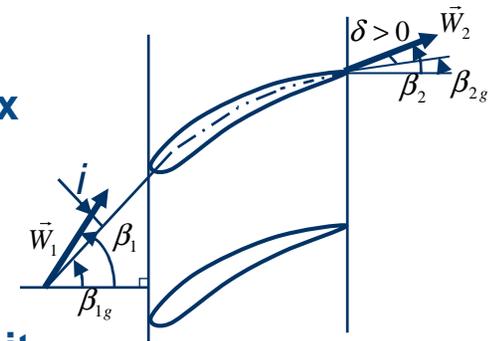
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Définition

Pompage

- Pour une isovitesse donnée, l'incidence augmente avec le taux de compression.
- Décollement à l'extrados engendrant des tourbillons jusqu'à décrochage du profil.
- Chute brutale du taux de compression avec annulation du débit
- Le volume aval se déverse dans le volume amont : inversion de l'écoulement avec une vitesse axiale négative.
- Chute du taux de compression, et de la pression avale dans la chambre de combustion, puis réamorçage du compresseur.
- Ce cycle est très rapide $\sim 0.1s$ et s'auto-entretient.
- Ce cycle peut-être interrompu via une vanne de décharge ou la diminution du débit carburant faisant ainsi dévanner le compresseur.

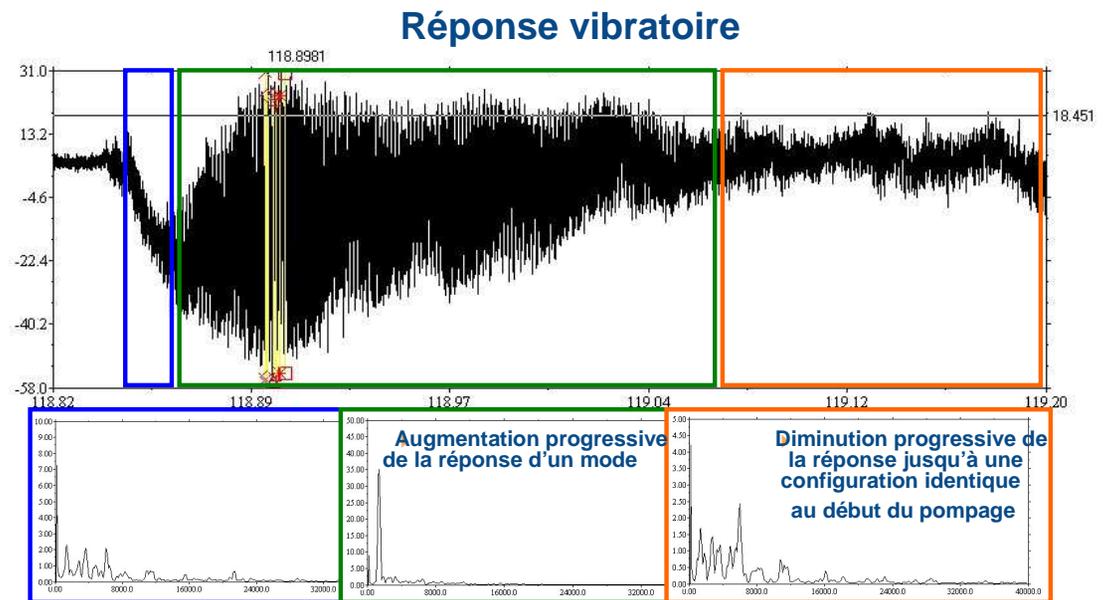
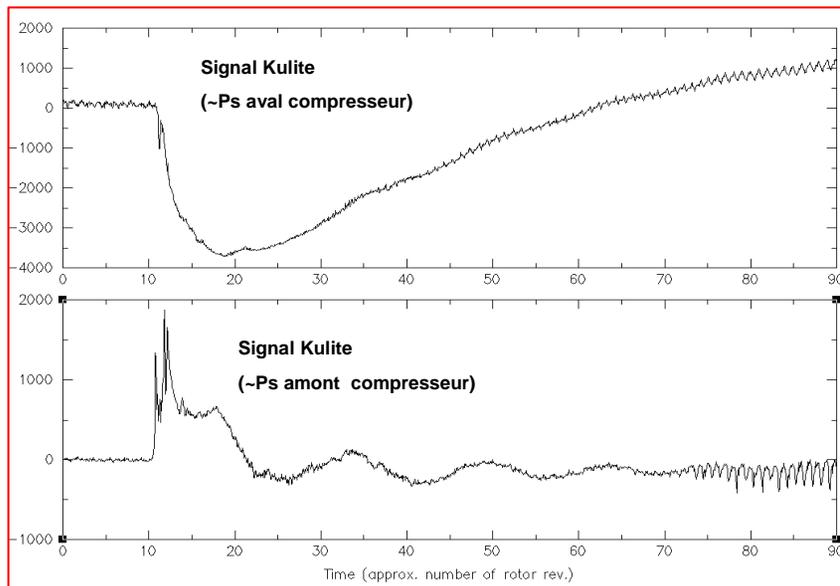


Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

Vibrations Asynchrones dans l'environnement TM

Pompage

- Le pompage est une excitation longitudinale à 0 diamètre et similaire à un choc.
- C'est une excitation large bande qui met donc en résonance plusieurs modes de pale.
- Le pompage provoque donc une réponse statique des aubages à laquelle se superpose une réponse vibratoire.



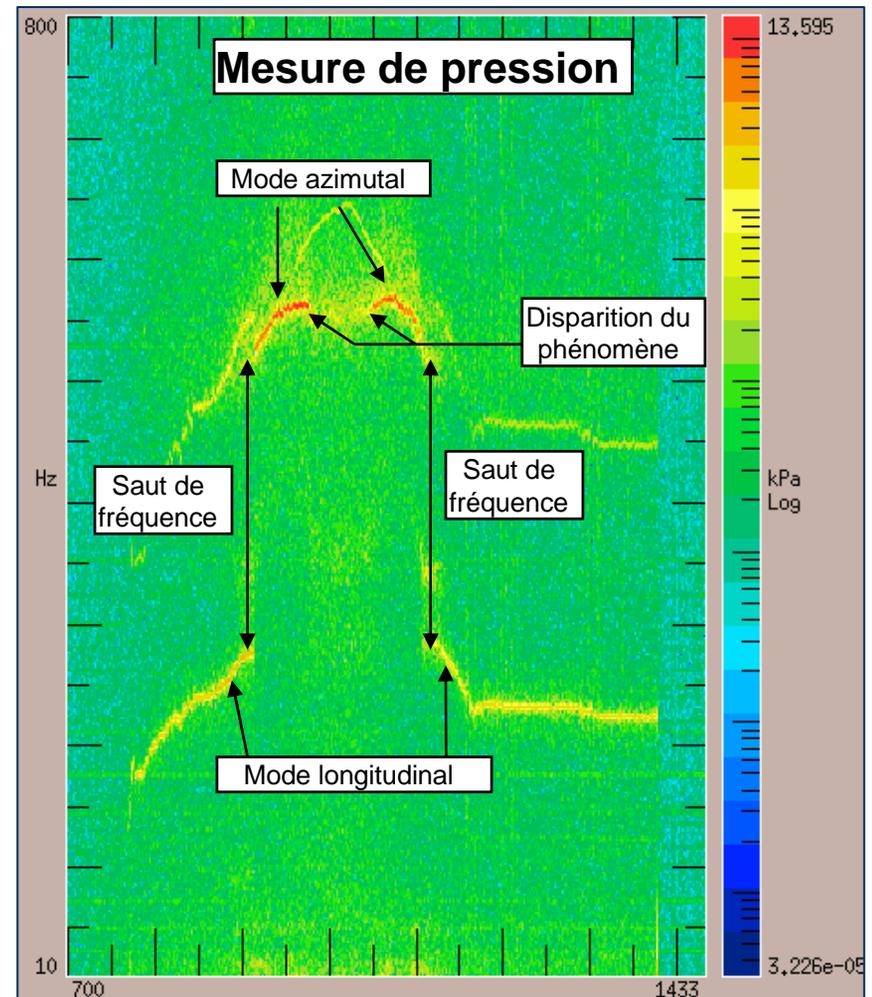
Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.

■ Instabilité de combustion

- Elle se manifeste par des oscillations intenses des différents paramètres de l'écoulement capable de rendre la flamme instable et provoquant des phénomènes résonnants

- ✓ Mode propre acoustique,
- ✓ Mode de structure,
- ✓ Fluctuation de débit carburant, ...

- Les vibrations asynchrones sont une conséquence générée par l'instabilité de combustion.



Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété de Turbomeca. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite de Turbomeca.