

PRÉDICTION DE LA RÉPONSE VIBRATOIRE D'AUBES FAN EN ROTATION AMORTIES PAR PATCHS VISCOÉLASTIQUES

Contexte



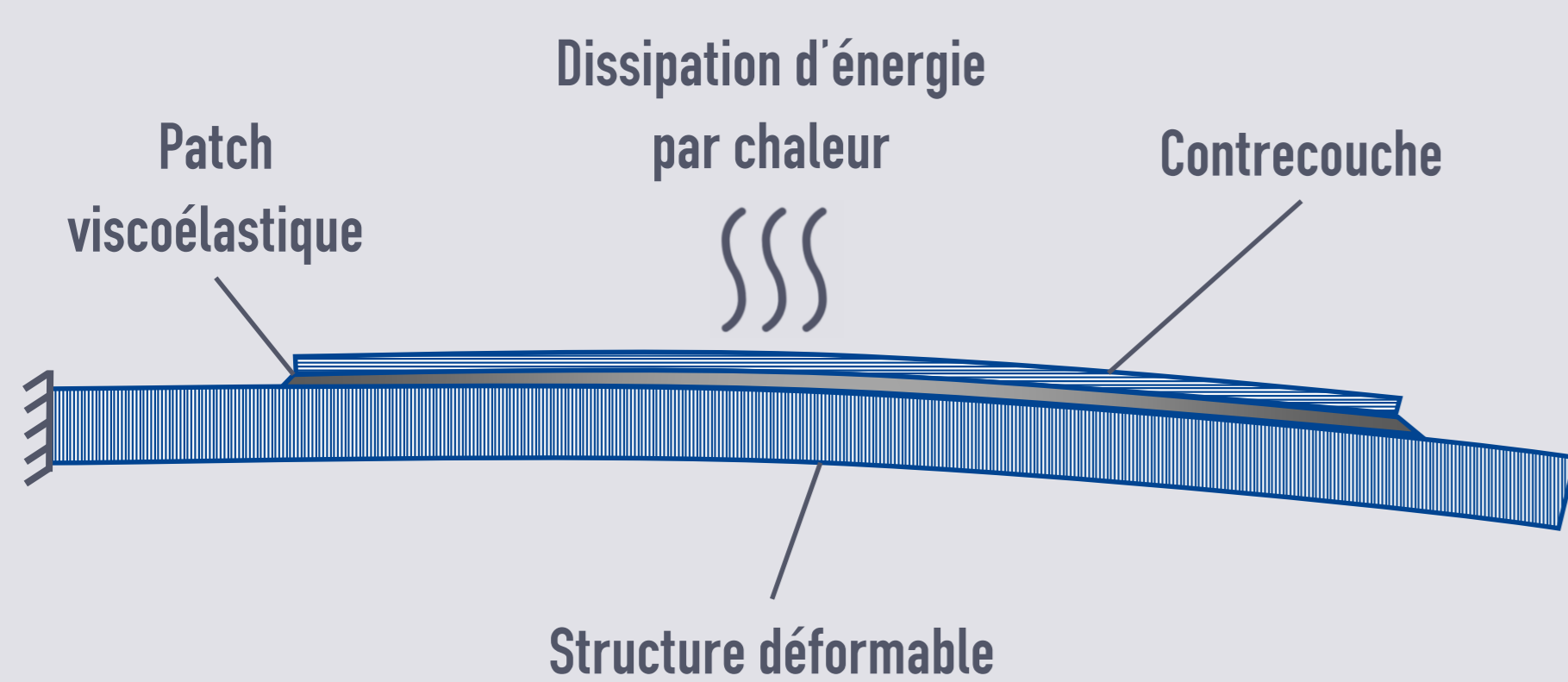
- Etude d'une roue de turbine basse pression composée de 12 aubes Fan
- Augmentation des sollicitations extérieures avec les nouvelles architectures type Open Rotor : nouvelles excitations, longueur des aubes plus importante
- Nécessité d'augmenter l'amortissement structural de l'aube sans modification de sa géométrie

Auteurs

- Matteo COUET (LMSSC, LTDS, SAFRAN AE)
- Lucie ROULEAU (LMSSC)
- Jean-François DEÛ (LMSSC)
- Fabrice THOUVEREZ (LTDS)
- Marion GRUIN (SAFRAN AE)

1. Le patch viscoélastique

- Couche de matériau viscoélastique de quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur
- Contraint entre la structure composite et une couche rigide de moins d'1mm d'épaisseur



- Travail en cisaillement lorsque l'aube se déforme
- Dissipation d'une partie de l'énergie de déformation sous forme de chaleur
- Intégré dans la matrice composite proche de la surface pour ne pas perturber le flux aéro
- Efficacité dépendante de nombreux paramètres : fréquence d'excitation, température, précontrainte, amplitude de déformation...

2. Calcul statique non-linéaire

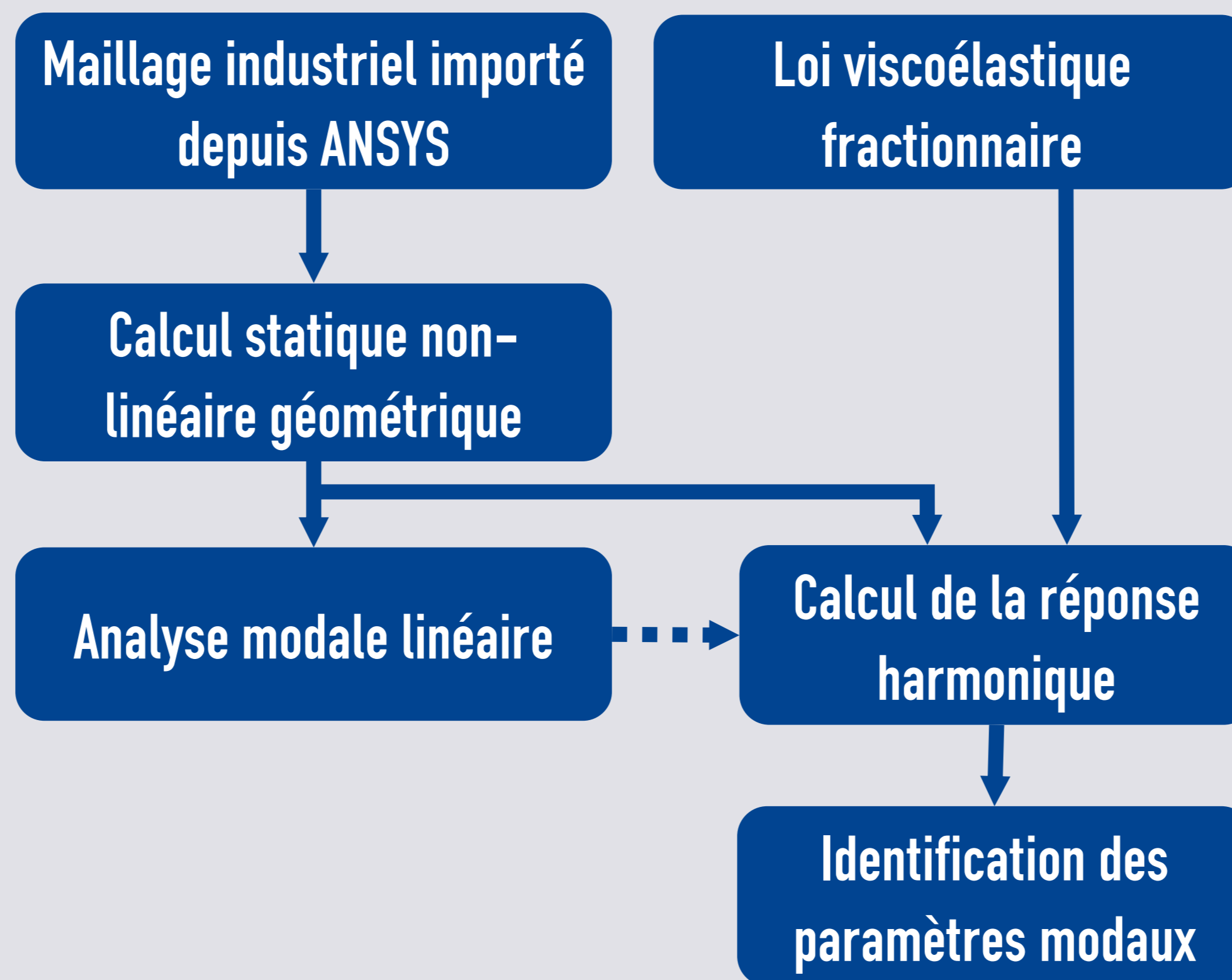
- Aube encastrée en pied en matériau isotrope équivalent au composite avec patch
- Maillage par EF3D à 20 nœuds hexaédriques (675 000 ddl)
- Chargement centrifuge : 1 000 rpm
- Prise en compte de la non-linéarité due aux grands déplacements :



$$\underbrace{(K_e - K_c + K_g(U_0))}_{K_{lin}} U_0 = F_\Omega$$

- Résolution par méthode de Newton-Raphson
- Linéarisation autour de l'état précontraint final pour les calculs dynamiques :

$$U = U_0 + U^*$$

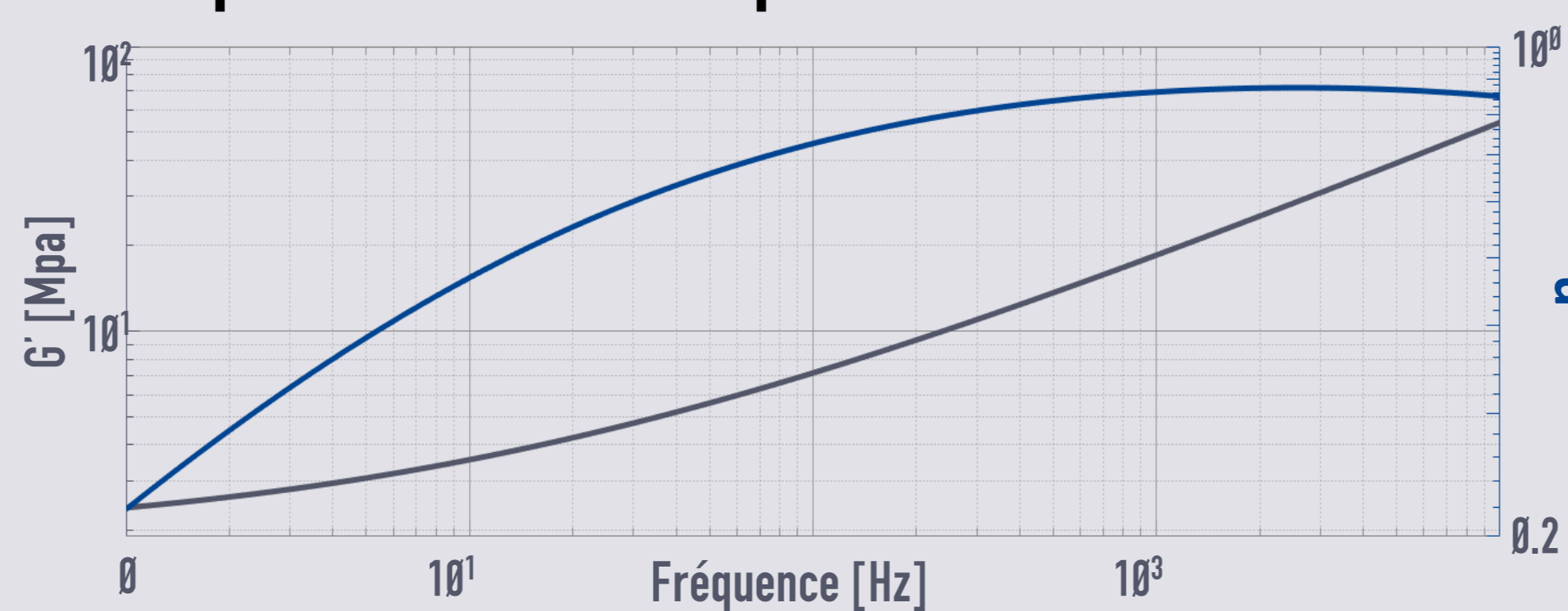


3. Loi viscoélastique fractionnaire

- Coefficient de cisaillement complexe et dépendant de la fréquence d'excitation :

$$G^*(\omega) = \frac{G_0 + G_\infty (i\omega\tau)^\alpha}{1 + (i\omega\tau)^\alpha}, \alpha \in [0, 1]$$

- Module de compressibilité K constant
- Utilisation de Deltane 350 pour les calculs
- Propriétés identifiées par essais DMA :

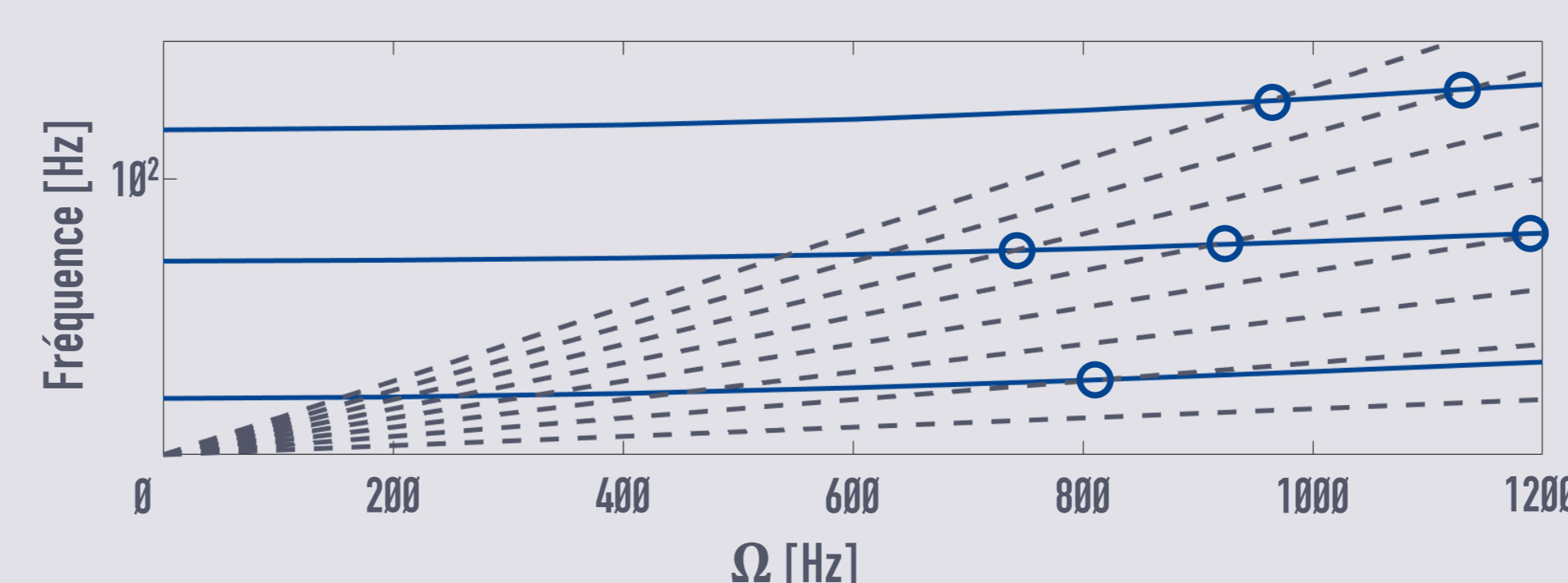


4. Analyse modale linéaire

- Résolution du problème aux valeurs propres sur le système conservatif :

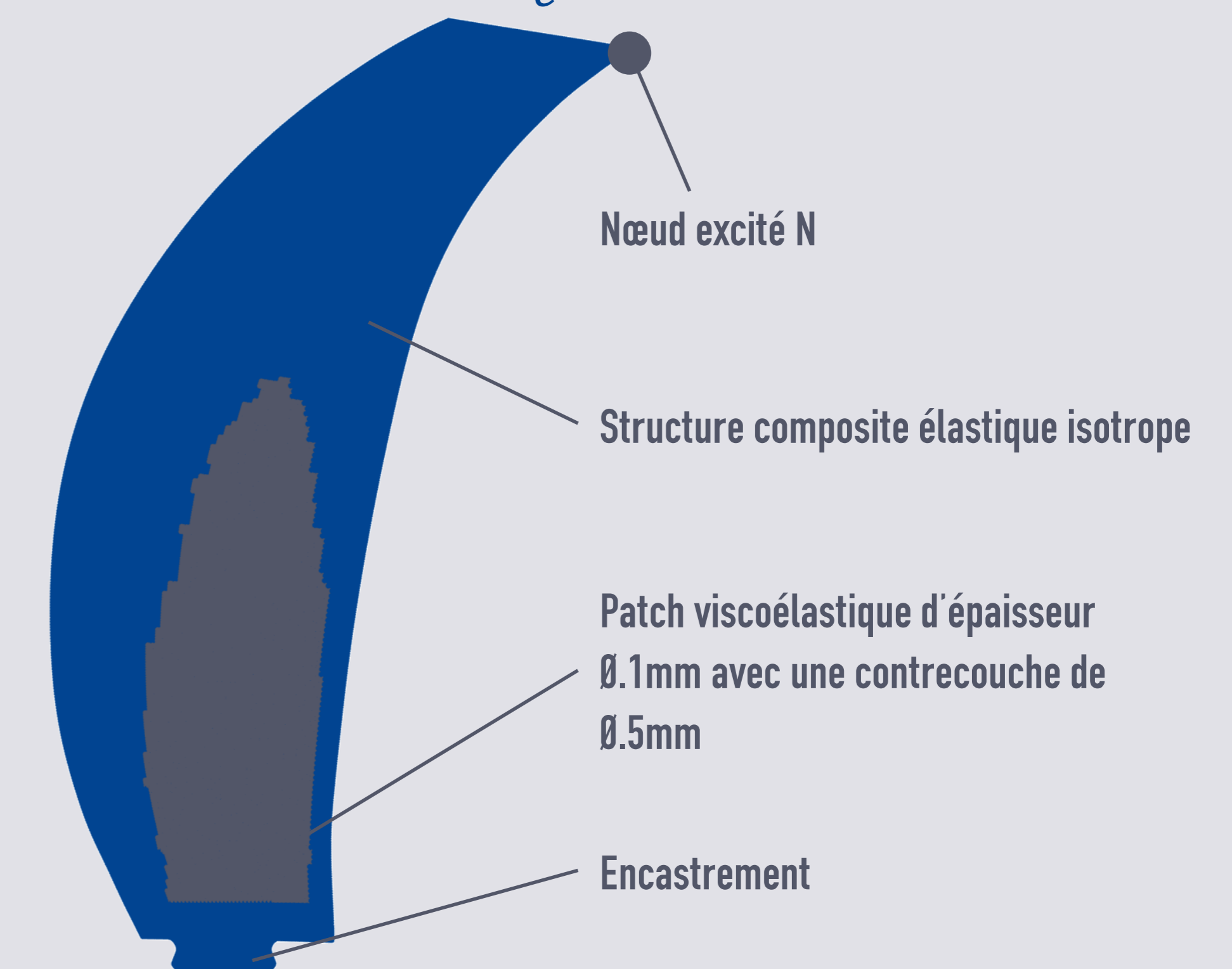
$$M\ddot{U}^* + (K_{lin_e} + G^*(\Omega)K_{lin_v})U^* = 0$$

- Propriétés viscoélastiques fixées pour chaque vitesse de rotation Ω

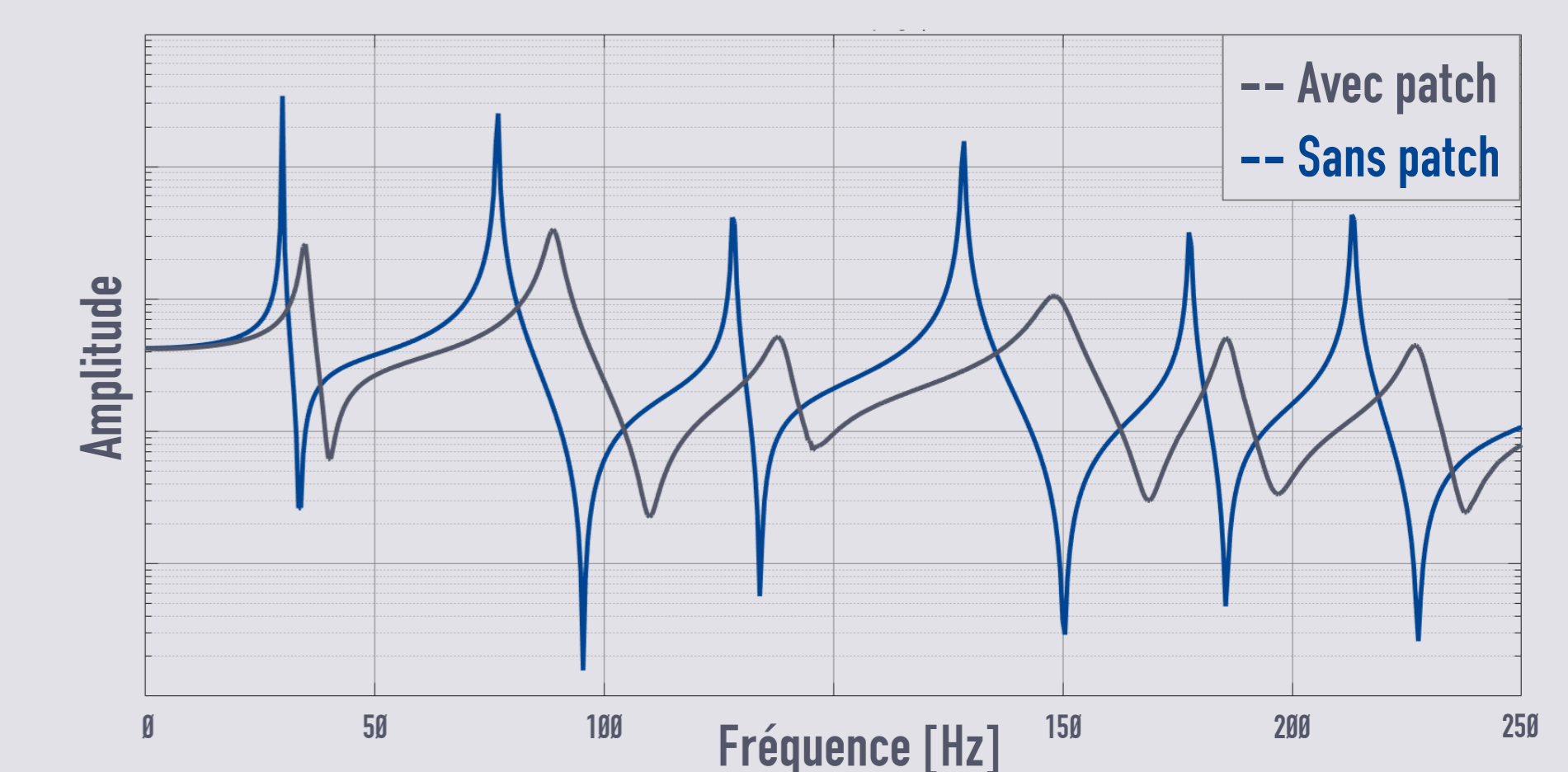


5. Calcul de réponse harmonique

- Formulation du problème dynamique linéarisé autour de l'état précontraint : $M\ddot{U}^* + (K_{lin_e}^* + G^*(\omega)K_{lin_v})U^* = F_{ext}$
- Effet gyroscopique négligé
- Amortissement hystérétique sur les parties élastiques : $K_{lin_e}^* = (1 + i\eta_e)K_{lin}$



- Excitation unitaire orthoradiale sur le nœud N
- Réponse en déplacement sur le degré de liberté excité
- Réduction de modèle par projection multi-modale : projection des matrices du problème sur un espace composé de deux bases modales évaluées à ω_{min} et ω_{max} et orthogonalisées



Perspectives

- Prise en compte d'une loi hyper-élastique
- Optimisation des propriétés matériau et de la géométrie du patch
- Corrélation calcul/essais avec des essais en rotation sous vide sur le banc PHARE au LTDS