

# Analyse harmonique d'un Rotor au passage par les vitesses critiques

A. Chellil , A. Nour , S. Lecheb , A. Settat et A. Ahiaoui .

\*Laboratoire Dynamique des Moteurs et Acoustique,,F.S.I, Université de Boumerdes s. 35000.

ALGERIE. Tél/Fax: ( 213)24 91 30 99.

Email : [cchellil@yahoo.fr](mailto:cchellil@yahoo.fr)

## Résumé .

Cet article s'intéresse à l'identification et à l'évaluation du comportement dynamique d'un rotor flexible, et portant des disques afin de simuler quelques phénomènes physiques et aérodynamiques. Un modèle éléments finis a été développé pour caractériser le comportement vibratoire du rotor, ce modèle permet de déterminer les instabilités et d'extraire les formes modales du rotor au passage par les vitesses critiques.

Un balourd dynamique est imposé à la structure en présence des effets gyroscopiques pour simuler numériquement la résonance. Et en fin Les réponses en régime harmonique sont tabliées.

**Mots clés :** Rotor, instabilité , éléments finis, harmonique.

## Introduction :

Une compréhension fine des problèmes vibratoires associés aux systèmes tournants constitue l'heure actuelle un enjeu majeur dans le domaine industriel. Afin d'optimiser le comportement dynamique des rotors et de dimensionner au mieux de tels systèmes, il est nécessaire de comprendre et prédire précisément leur comportement vibratoire. Les phénomènes vibratoires auxquels est soumis le rotor sont de plus en plus importants, et peuvent amener à l'instabilité du système. C'est pourquoi les technologies sont développées contenant le niveau vibratoire en dessous d'un seuil acceptable.

Stodola, A. [1] a élaboré un procédé itératif pour calculer la fréquence fondamentale d'un système vibrant basé sur une forme évidente de mode propre. Par la suite il a fourni des formules pour l'effet de moment gyroscopique sur la vitesse critique d'un rotor.

Ruhl, R. [2] Il a présenté des modèles basés sur les éléments finis des rotors flexibles pour calculer les vitesses critiques de rotor et les modes propres. Ces modèles n'ont pas tenu compte des effets gyroscopiques et des charges axiales.

Durant ces dernières années, le modèle le plus utilisé est développé à partir de la méthode des éléments finis (Nelson [3], Tran [4]). Grâce à cette méthode, il est possible de déterminer avec précision les fréquences propres et les facteurs d'amortissement ainsi que la réponse à diverses excitations. De plus, cette méthode est modulaire car chaque élément du rotor est défini séparément. Des éléments peuvent donc être ajoutés ou retirés selon les phénomènes qui veulent être mis en évidence. La méthode des éléments finis a ainsi été utilisée pour étudier les phénomènes d'amortissement en dynamique des rotors embarqués (Duchemin [5]).

Cette méthode a également été appliquée à l'étude des rotors dont l'arbre tourne à vitesse variable (Al Majid [6]). De nombreux résultats concernant la dynamique des rotors dont le support est fixe pour les modèles de Rayleigh-Ritz et éléments finis sont présentés dans Lalanne [7].

Dans ce papier, le comportement dynamique d'un rotor est discuté. Ces études numériques, consistent à déterminer les réponses en régime harmonique et à valuer le diagramme de Campbell et la réponse balourd du rotor autour de vitesses critiques.

## 2. Modèles et calculs du rotor :

Cette partie a pour but de développer les équations du mouvement et le modèle éléments finis afin de prévoir le comportement dynamique d'un rotor dont le support est soumis à un mouvement quelconque connu. Les caractéristiques de chaque élément composant un rotor sont d'abord développées.

Il s'agissant du calcul du comportement dynamique d'un rotor pas pas dans le temps, donc notre objectif est de présenter la mise en place d'un modèle de calcul à l'aide d'une approche simplifiée.

La construction du maillage est faite à partir des données fournies pour les profils des différents éléments du rotor.

La modélisation éléments finis nécessite la fourniture de données relatives à la géométrie (coordonnées des nœuds, conditions aux limites, description des éléments : arbre, disque, paliers, éléments supplémentaires), de données mécaniques (caractéristiques des matériaux, de raideur et d'amortissement des paliers en fonction de la vitesse de rotation) et d'informations relatives aux excitations.

Le modèle éléments finis permet de réaliser les simulations temporelles du comportement dynamique de la structure. la base modale est constituée de 5 modes.

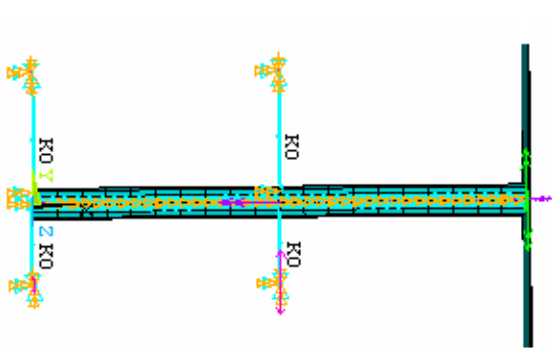


FIG. 1 Rotor modèle élément finis

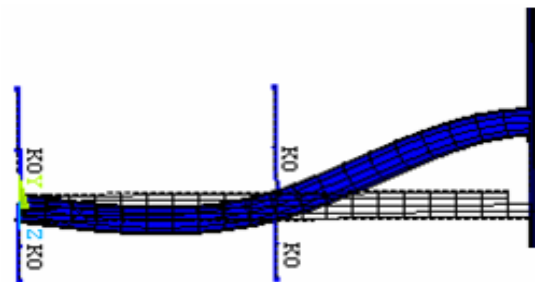


FIG. 2 mode 5 de vibration

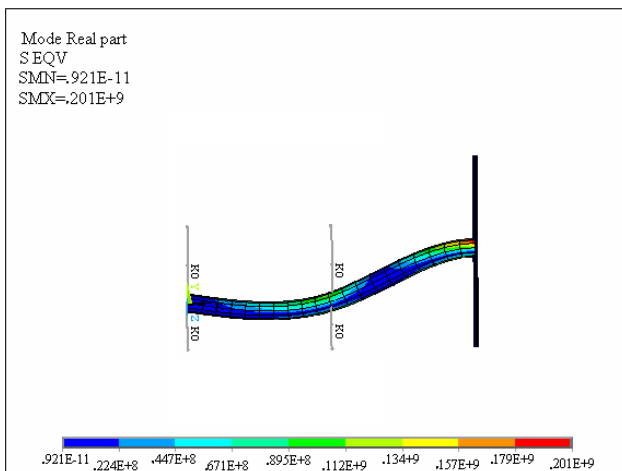


FIG. 3 Contrainte équivalente de von Mises

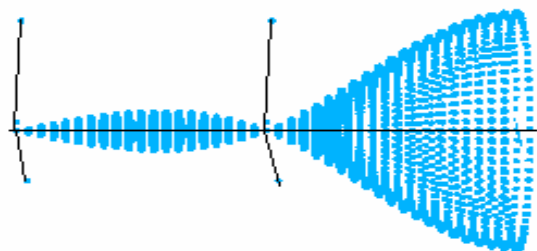


FIG. 4 Les déformées en rotation

Les fréquences propres sont représentées au tableau ci-dessous :

mode	1	2	3	4	5
Fréquence (Hz)	27	42	120	220	310

### Tableaux. Fréquences propres du rotor

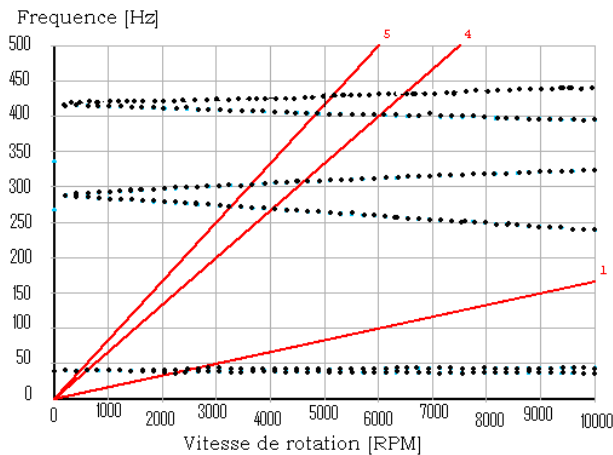


FIG. 5 Diagramme de Campbell

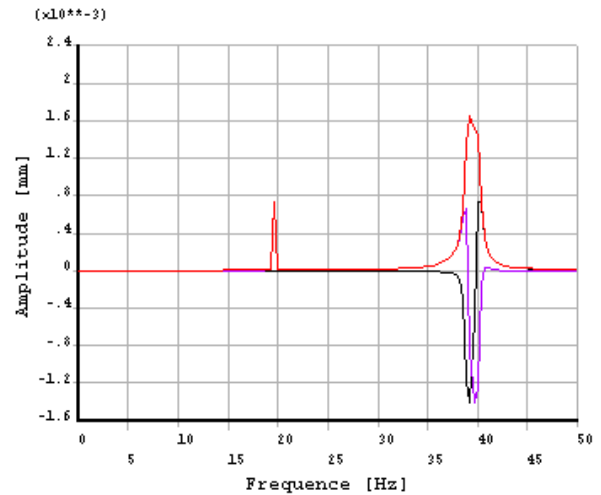


FIG. 5 Spectre de la réponse harmonique.

### Conclusion :

Le modèle éléments finis du rotor a été conçu à partir d'une géométrie bien définie. Une extraction efficace des fréquences et des formes modales du modèle a été effectuée. La distribution des contraintes le long du rotor a été identifiée.

Le tracé du diagramme de Campbell permet de déterminer les vitesses critiques, ce qui montre la nécessité de prolonger dans ce domaine de recherche.

### Reference bibliographique:

- 1 Stodola, A. Steam and Gas Turbines, vol. I, McGraw-Hill, New York. (1927).
- 2 Ruhl, R.L. and Boozer, F., A finite element model for distributed parameter turborotor systems, Trans.ASME, J. Eng. Ind., 94, 126, (1972).
- 3 Nelson, H.D., A Finite Rotating Shaft Element Using Timoshenko Beam Theory, Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME, vol. 102, pp.793-803.(1980).
- 4 Fran D. M. Etude du comportement dynamique des rotors flexibles, Thèse Université C.Bernard, Lyon, (1981).
- 5 DUCHEMIN, M. Contribution à l'étude du comportement dynamique d'un rotor embarqué, Thèse de doctorat de l'INSA-Lyon, (2003).
- 6 Al Maïd A., Alley A., Dufour R. Metric of MDOF systems in high transient motion, Proceedings of ASME Design Engineering Technical Conferences, 26 September, Chicago, Illinois, USA, 6 p, (2003).
- 7 Lalanne M., Ferraris. Rotordynamics prediction in engineering, 2nd Edition, Chichester, John Wiley, 254 p, (1998).