# Titre:

Finite element method based analysis and modelling of nonlinear dynamics of rotor

# Mots clés:

rotordynamic; finite element method; geometrical non-linearity; beam element; plate element; solid element

# Résumé (en français):

Le but de cette thèse est de développer des formulations d'éléments finis pour l'analyse de la dynamique du rotor. La nouvelle formulation d'éléments finis développée couvre une gamme relativement large de différents types d'éléments (des éléments de poutre unidimensionnels, élément de coque bidimensionnel à l'élément solide tridimensionnel).

En premier lieu, l'auteur a développé une nouvelle méthodologie uniforme à la fois dans le référentiel rotatif (RRF) et le référentiel stationnaire (SRF) en considérant l'effet d'inertie des grands déplacements sans aucune approximation pour dériver les équations de mouvement avec la formulation de Lagrange et le processus de linéarisation sera enfin présenté.

Ensuite, afin d'exploiter le comportement vibrationnel dynamique non linéaire d'une structure en rotation avec un déplacement massif, l'auteur a étudié dans un premier temps l'élément de poutre planaire tourant. Ensuite, deux approches différentes (la méthode totale-lagrangienne et la méthode de co-rotation) sont appliquées pour prendre correctement en compte la non-linéarité géométrique pour la poutre plane en rotation.

Par la suite, l'auteur a développé un nouvel élément de poutre avec un déplacement massif arbitraire pour étendre l'élément de poutre plan avec un déplacement massif dans l'élément de poutre tridimensionnel général. Une série de techniques qui comprend la méthode de co-rotation, le vecteur de rotation conformale (CRV) et l'interpolation linéaire sphérique (SLERP) sont d'abord appliquées pour la dérivation d'éléments finis.

Ensuite, afin de prédire correctement le comportement vibrationnel d'une structure en rotation sous une forme géométrique complexe correctement et est d'une dimension plus grande où l'effet d'inertie est considérablement significatif, l'auteur applique la théorie de coque la plus générale (la théorie de Midlin-Ressiner) avec grande déformation, et l'angle de décalage arbitraire pour développer un nouvel élément de coque rotatif pour simuler la forme géométrique complexe.

Enfin, l'auteur a développé un nouvel élément solide pour l'analyse de la dynamique du rotor dans lequel le moment d'inertie de rotation ou le mouvement de rotation du continuum et son effet parasite d'adoucissement du spin et de renforcement des contraintes sont inclus. Pour ce faire, la référence dynamique attachée et l'approximation cohérente du mouvement de rotation sont appliquées.

# Abstract (in English):

The purpose of this dissertation is to develop a series of finite element formulations for rotor-dynamic analysis. The developed novel finite element formulation cover a relative large range of different types of elements (from one-dimensional beam elements, two-dimensional shell element to three-dimensional solid element).

In the first place, author developed a new uniform methodology in both rotating reference frame (RRF) and stationary reference frame (SRF) by considering the inertia effect of large displacements without any approximation for deriving the equations of motion with Lagrange formulation and the linearization process will be introduced at last.

Next, in order to exploit the nonlinear dynamic vibrational behaviour of a rotating structure of massive displacement, the author studied the rotating planar beam element firstly. Then, two different approaches (the total-Lagrangian method and the co-rotational method) are applied to take the geometrical nonlinearity into account correctly for the rotating planar beam.

Subsequently, author developed a new beam element with arbitrary massive displacement extend the planar beam element with massive displacement into the general three-dimensional beam element. A series of techniques which includes the corotational method (CR), the conformal rotational vector (CRV) and the spherical linear interpolation (SLERP) are first applied for finite element derivation.

Then, in order to correctly predict the vibrational behaviour of a rotating structure in a complex geometric form correctly and is of a larger dimension where the inertia effect is considerably significant, the author applies the most general shell theory (the Midlin-Ressiner theory) with large deformation, and the arbitrary stagger angle to develop a new rotating shell element to simulate the complex geometric form.

At last, author developed a new solid element for rotor-dynamic analysis in which the rotational moment of inertia or the rotational motion of continuum and its parasite spin-softening and stress-stiffening effect are included. To achieve this, the attached dynamic reference and the consistent approximation of rotational motion are applied.