

Analyse fiabiliste de la stabilité des coques minces avec imperfections par la Méthode Asymptotique Numérique

Claudine Noirfalise

Les problèmes d'instabilité rencontrés sur coques minces, tels que le flambement, se traduisent par l'apparition brutale de plis ou d'ondulations au-delà d'un certain chargement pouvant être à l'origine de conséquences catastrophiques. L'extrême sensibilité de ce problème à un certain nombre de paramètres et en particulier aux imperfections géométriques initiales le rend très complexe à étudier. Ces imperfections peuvent avoir une influence déterminante sur la charge critique de la structure étudiée qui peut s'effondrer sous une charge très inférieure à celle prédite en théorie. Ces imperfections étant par nature aléatoires, il est essentiel de prendre en compte cet aléa dans le processus de dimensionnement et la thèse est une contribution dans cette direction. Pour atteindre l'objectif visé, il a été nécessaire d'axer les efforts de recherche sur les trois niveaux suivants : résolution du problème mécanique de flambement basée sur une modélisation aux éléments finis (EF), modélisation stochastique des imperfections géométriques par champ aléatoire et choix des méthodes fiabilistes les plus adaptées au calcul des probabilités de défaillance faibles associées aux problèmes traités.

Concernant la résolution du problème mécanique de flambement, la méthode numérique retenue est la Méthode Asymptotique Numérique (MAN). Cette méthode originale et robuste constitue une alternative aux méthodes classiques de type incrémentales-itératives et permet de détecter de manière efficace et précise les points singuliers des structures étudiées. Les problèmes de flambement ont été résolus avec le code EF EVE développé au LMA de Marseille et dont la résolution est entièrement basée sur la MAN. Afin de traiter numériquement ce type de problèmes, il a été nécessaire d'intégrer au sein de ce code de nouvelles fonctionnalités, notamment telles que la prise en compte de forces suiveuses et de conditions aux limites dans les repères locaux des éléments, dans le cadre de la MAN.

Afin d'être pertinente et réaliste, la représentation stochastique des imperfections initiales doit s'appuyer sur des mesures obtenues sur structures réelles. La construction des modèles présentés dans ces travaux s'appuie sur des données expérimentales issues de la base de données créée par J. Arbocz. Les modèles utilisés font appel soit à un développement en série de Fourier du défaut dont les coefficients sont considérés comme variables aléatoires, soit à une représentation de Karhunen Loève du champ construite à partir des données expérimentales. A défaut de données, les travaux s'appuient sur un modèle dérivé de normes/règlements ou règles pratiques généralement utilisées en conception.

L'évaluation de probabilités de défaillance faibles associées à des structures à niveau de sûreté élevé nécessite l'utilisation d'une méthode de calcul fiabiliste à coût numérique aussi faible que possible, efficace et non intrusive. La méthode des *subset simulations*, considérée comme une alternative plus économique à la méthode de Monte-Carlo classique, répond à ces exigences et a été sélectionnée dans ce travail. Pour des modèles stochastiques d'imperfections de complexité limitée, il a également été fait usage de la méthode d'approximation FORM, qui présente l'avantage de fournir la contribution de chaque variable dans la défaillance.

Deux analyses fiabilistes mettant en œuvre l'ensemble des méthodes présentées ont été menées. Le principal domaine d'application industrielle étant la conception de sous-marins, le choix des structures d'étude s'est porté vers un cylindre lisse et un cylindre raidi sous pression externe qui font référence, de manière simplifiée, à l'architecture de ce type de structures. Ces deux études permettent de mettre en évidence la cohérence et l'adaptabilité de la méthodologie proposée à la résolution du problème fiabiliste de la stabilité des coques minces avec imperfections, représentatives de celles rencontrées industriellement.

Soutenance le **mercredi 8 Juillet 2009 à 10h**, en **amphithéâtre Timoshenko (IFMA)**

Laboratoire : LaMI (UBP/IFMA - EA 3867 - FR TIMS / CNRS 2856)

Directeurs de thèse : Michel Fogli, Bruno Cochelin (LMA)

Co-Encadrant : Jean-Marc Bourinet

Composition du Jury :

- Sergio Bellizzi (Rapporteur, LMA)
- Michel Potier-Ferry (Rapporteur, LPMM)
- Alain Combescure (Examineur, LaMCoS)
- Bernard Auroire (Membre invité, DGA/CTSN)