

Soutenance de thèse de Monsieur Stanislas ANTCZAK

Monsieur Stanislas ANTCZAK soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés "*Mécanismes de flambement dans les structures réticulées*", travaux dirigés par Monsieur Claude BOUTIN et Monsieur Antoine RALLU.

/// Résumé de la thèse

Le flambement d'une structure réticulée périodique (c'est-à-dire d'un assemblage régulier de poutres élémentaires) se fait selon des modes à grande ou courte longueur d'onde. L'objectif de ce travail est l'étude analytique du comportement de structures préchargées et de leurs conditions de flambement, dans le contexte de l'Homogénéisation des milieux périodiques discrets (HMPD). Cette méthode repose sur l'hypothèse de la séparation d'échelles entre la taille de la cellule de base de la structure et la longueur caractéristique de variation du phénomène qu'elle supporte. Elle permet d'obtenir un modèle de milieu continu équivalent, construit à partir des

données physiques et géométriques de la microstructure et d'un modèle de comportement local des poutres élémentaires, considérées en configuration déformée et avec prise en compte du moment de l'effort normal de précontrainte. La structure principalement étudiée est une poutre-échelle, c'est-à-dire deux montants reliés par des barreaux. Les dissymétries de l'échelle et du chargement sont prises en compte dès la description discrétisée de la structure. Les déformations de grande longueur d'onde de la structure sont décrites à partir des modèles HMPD à une cellule. Ils sont spécifiques à un jeu donné de contrastes entre les raideurs des éléments. De ces modèles HMPD spécifiques, est déduit un modèle générique de poutre équivalente, dont les modules peuvent dépendre de la charge de précontrainte. Ce modèle est décrit, interprété et utilisé pour un chargement statique additionnel. Les modes de flambement de grande longueur d'onde sont alors obtenus, que ce soit à l'aide des modèles spécifiques ou du modèle générique, par résolution du problème aux valeurs propres issu de l'application de conditions aux limites à la structure macroscopique. Les modes de flambement de courte longueur d'onde, quant à eux, sont obtenus, d'une part, à l'aide de la méthode HMPD en la reformulant sur une période contenant plusieurs cellules élémentaires adjacentes et en adaptant l'hypothèse de séparation d'échelle. D'autre part, l'étude des modes exactement périodiques des structures de taille infinie est menée par une approche de Floquet-Bloch. Pour obtenir la charge critique de ces modes périodiques, il est introduit un diagramme d'instabilité, intrinsèque à une cellule élémentaire et donc relatif à des structures infinies, liant la charge critique au nombre d'onde. L'approche HMPD multicellulaire indique comment exploiter ce diagramme pour prévoir le mode de flambement d'une structure de taille finie. Par comparaison des charges de flambement associées à chaque type de mode possible, la charge critique d'une structure est ainsi identifiée. Le résultat est confronté avec succès aux résultats de calculs aux éléments finis. Une vue d'ensemble du comportement au flambement de la famille de structures étudiées est ainsi produite. Une approche expérimentale a été effectuée à l'aide de structures fabriquées par impression 3D et mises sous presse. Les résultats des expériences confortent les modèles théoriques et les prévisions numériques, à la fois qualitativement et quantitativement. Ces méthodes ont été étendues sur d'autres structures pour compléter certains aspects illustrés par la poutre-échelle. La première est une poutre en X préchargée, c'est-à-dire une structure 1D avec cellule rectangulaire comportant des diagonales non liées en leur milieu, où un couplage entre compression et flexion engendre des comportements spécifiques. La deuxième est un treillis rectangulaire préchargé, qui fait émerger des modes de

flambement à une ou deux dimensions. La troisième est une poutre continue préchargée reliée à intervalles réguliers à un bâti fixe par des liaisons élastiques, ce qui introduit des efforts extérieurs dans la structure. Le manuscrit s'achève par une conclusion donnant les perspectives de prolongement de cette étude.

/// Composition du jury

M. Claude BOUTIN	Ingénieur en chef des travaux publics de l'État	École nationale des travaux publics de l'État	Directeur de thèse
M. Antoine RALLU	Ingénieur divisionnaire des travaux publics de l'État	École nationale des travaux publics de l'État	Co-directeur de thèse
M. Bruno LOMBARD	Directeur de recherche	Aix-Marseille Université	Rapporteur
Mme Claire LESTRINGANT	Maîtresse de conférences	Sorbonne Université	Rapporteure
M. Karam SAB	Directeur de recherche	École nationale des ponts et chaussées	Examinateur
M. Muamar KADIC	Professeur des universités	Université Marie et Louis Pasteur	Examinateur