

**Titre:** Adaptation et réduction de modèle dans les couplages local-global non-intrusifs: application à la conception robuste

**Mots clés:** Couplage non-intrusif de modèles, Estimation d'erreur a posteriori, Erreur de modèle, Réduction de modèle, Techniques adaptatives, Conception robuste

**Résumé:** Ce travail de recherche porte sur la méthode de couplage local-global non-intrusive qui a été développée et largement analysée et appliquée en mécanique des structures durant la dernière décennie. Cette méthode constitue un outil de simulation à la fois flexible et performant pour l'analyse de phénomènes localisés avec un effort de mise en œuvre réduit. Dans ce contexte, le travail propose une technique spécifique de vérification, construite à partir du concept d'erreur en relation de comportement, qui permet de certifier la qualité des solutions approchées obtenues par une telle méthode de couplage. Elle fournit des estimateurs et indicateurs d'erreur *a posteriori* fiables afin de rendre compte quantitativement du niveau global d'erreur et de ses diverses sources. Elle permet notamment le con-

trôle d'erreur sur des quantités d'intérêt utiles pour le dimensionnement. Un algorithme adaptatif est alors construit afin de piloter efficacement et automatiquement la procédure de couplage, et ajuster de façon optimale les paramètres associés (position de l'interface de couplage, taille du maillage local, nombre d'itérations) pour atteindre une tolérance cible avec un coût numérique minimal. L'approche est analysée pour différents scénarios de couplage impliquant par exemple des modèles non-linéaires ou l'utilisation locale de modèle réduit par PGD. Ses performances sont illustrées via plusieurs exemples numériques, et son intérêt pour l'analyse de tolérance est aussi montrée avec le calcul rapide et certifié de quantités pour la conception optimale ou robuste.

**Title:** Adaptive and reduced order modeling in non-intrusive local-global couplings: application to robust design

**Keywords:** Non-intrusive model coupling, A posteriori error estimation, Modeling error, Model reduction, Adaptive techniques, Robust design

**Abstract:** This research work focuses on the so-called non-intrusive local-global model coupling procedure which has been proposed and widely analyzed and applied in structural mechanics during the last decade, and which constitutes a flexible and effective engineering simulation tool for the analysis of localized phenomena with low implementation effort. In this context, we propose a specific verification technique, constructed from the Constitutive Relation Error concept, that enables to certify the quality of approximate solutions obtained from such a non-intrusive model coupling. It consists in computable and reliable *a posteriori* error estimator and indicators in order to quantitatively assess the overall error level and its various sources. It particularly permits

the practical control of the error on outputs of interest which are used for design purposes. An adaptive algorithm is then defined in order to effectively and automatically drive the coupling process, and optimally adjust the coupling parameters (location of the coupling interface, local mesh size, number of iterations) so that a given error tolerance is reached with minimal computing resources. The approach is analyzed for various coupling scenarios, including nonlinear local models or local use of PGD reduced order modeling. Its performance is shown on several numerical experiments involving various quantities of interest. It is also applied in the context of tolerance analysis in order to conduct fast and certified computations for optimal or robust design.

