



HAL
open science

Utilisation de calculs partiellement convergés pour la construction de métamodèle

Nicolas Courrier, Pierre-Alain Boucard, Bruno Soulier

► **To cite this version:**

Nicolas Courrier, Pierre-Alain Boucard, Bruno Soulier. Utilisation de calculs partiellement convergés pour la construction de métamodèle. 11e Colloque National en Calcul des Structures (CSMA 2013), May 2013, Giens, France. hal-01696651

HAL Id: hal-01696651

<https://hal.science/hal-01696651>

Submitted on 30 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation de calculs partiellement convergés pour la construction de métamodèle

Nicolas COURRIER¹, Pierre-Alain BOUCARD¹, Bruno SOULIER¹

¹ ENS Cachan, Laboratoire LMT, (courrier,boucard,soulier)@lmt.ens-cachan.fr

Résumé — Les métamodèles sont de plus en plus utilisés comme modèles de substitution à un modèle mécanique. Ces métamodèles s'alimentent de simulations numériques réalisées sur le modèle mécanique, et le coût de ces calculs augmente rapidement avec le nombre d'appels à ce modèle. Afin de diminuer ces coûts, on se propose d'utiliser comme préliminaire des données partiellement convergées afin de construire un métamodèle. Celui-ci sera alors amélioré et enrichi à l'aide d'une technique appelée "évo-fusion" qui permet d'améliorer localement ou globalement la qualité de la réponse. Des gains de temps important (allant de 3 à 30 selon le problème traité) sont alors atteints : ces gains dépendent du nombre de points initiaux utilisés pour la construction du métamodèle, mais aussi du niveau de précision associé aux calculs partiellement convergés.

Mots clés — métamodèle, calculs partiellement convergés, evofusion, assemblage

1 Contexte

L'utilisation des métamodèles [1] dans le contexte du calcul de structures prend une place importante. Utilisés comme modèles de substitution au modèle mécanique complet, ils permettent alors de traiter des problèmes inverses, de propager des incertitudes, de réaliser des études d'optimisation... Néanmoins ces modèles de substitution souffrent de deux inconvénients : les coûts de calcul inhérents aux simulations nécessaires pour leur génération, et leur relative imprécision par rapport au modèle mécanique complet. En réponse à ce dernier inconvénient, il existe des stratégies d'enrichissement probabiliste du métamodèle, comme l'"expected improvement" [2], qui permettent de trouver plus précisément les zones d'intérêt (et ainsi accélérer une étude d'optimisation par exemple).

Les travaux présentés ici ont pour objectif de réduire les coûts de calcul par une stratégie de convergence partielle lors de la construction du métamodèle, tout en repérant une zone d'intérêt. En effet, il paraît inutile de fournir un effort de calcul important pour certains points alors que ceux-ci se situent loin de la zone recherchée.

Des premières études [3, 4] montrent qu'il est possible d'obtenir une information relativement correcte sur le gradient de points calculés alors que le calcul de ceux-ci n'est pas convergé. Fort de cette observation d'autres travaux [5] montrent qu'un métamodèle construit à partir de données partiellement convergées (80 itérations de calcul) fournit une corrélation supérieure à 0.96 avec un métamodèle complètement convergé (250 itérations). Puisque des données partiellement convergées peuvent rendre compte de la bonne forme d'un métamodèle de référence, une stratégie de correction du métamodèle partiellement convergé a été mise en place pour améliorer les données disponibles et cibler plus précisément les zones d'intérêt : l'"evofusion" [6]. Nous présentons alors les résultats de l'application de cette démarche de construction de métamodèle partiellement convergé, puis évofusé, appliquée sur des cas d'assemblage en contact frottant [7].

2 Démarche

Pour construire le métamodèle à l'aide de données issues de simulations partiellement convergées, il faut disposer d'un outil permettant de générer une réponse de la structure sur tout l'intervalle de chargement à un niveau de précision donné. Les algorithmes incrémentaux classiques ne le permettent pas

puisque'ils progressent itérativement par pas de charge successifs et que la convergence est imposée à chaque pas de charge et non de manière globale. Nous nous appuyons donc ici sur la méthode LATIN [8] dont l'un des points forts est de permettre de définir une solution approchée par suite d'itérations sur tout l'intervalle de chargement.

Une donnée totalement convergée est une donnée calculée en dessous d'un certain niveau de référence de l'estimateur d'erreur. Une donnée partiellement convergée est donc une donnée calculée au dessus de cette référence.

Deux types de stratégie d'"evofusion" ont été mises en place. La première est décrite par Forrester et al. [6] et permet la recherche de la zone d'intérêt à l'aide du critère d'enrichissement qu'est l'"expected improvement". La seconde consiste à venir recalculer un métamodèle partiellement convergé sur un modèle complètement convergé.

Les stratégies d'"evofusion" consiste à créer un premier métamodèle \widehat{F}_{pcv} à l'aide de données partiellement convergées \mathbf{x}_{pcv} . Par la suite on vient créer un métamodèle d'erreur \widehat{F}_{err} construit en faisant la différence entre des données partiellement convergées et totalement convergées en un certain nombre de points \mathbf{x}_{cv} issus d'un critère d'enrichissement. Ce métamodèle d'erreur vient corriger le métamodèle partiellement convergé (\widehat{F}_{pcv}) pour ainsi créer le métamodèle evofusé \widehat{F}_{evof} . On itère ensuite l'algorithme en un nouveau point s'ajoutant à \mathbf{x}_{cv} . Ce point correspond au maximum de l'erreur quadratique moyenne du métamodèle d'erreur lors d'une stratégie de recalage. Lors d'une stratégie de recherche de la zone d'intérêt, il correspond au maximum de l'expected improvement sur le métamodèle evofusé.

Le but est alors de minimiser les coûts de calcul issus d'une part de la construction du métamodèle partiellement convergé et, d'autre part, de la technique d'évofusion. Ces coûts dépendent de deux paramètres [6] : le nombre de points initiaux et le niveau de l'indicateur d'erreur choisi pour les simulations partiellement convergées.

3 Exemples

Ces stratégies ont été appliquées sur des cas d'assemblage à contact frottants avec jeu, avec différents tirages de \mathbf{x}_{pcv} et différents niveaux d'erreur de convergence partielle. On compare alors les gains de temps entre la stratégie proposée (calculs partiellement convergés puis évofusés) et une stratégie classique (calculs totalement convergés). Il en résulte des gains de temps variant de 3 à 30. Sur les exemples traités, le gain quasi-optimal est obtenu pour un nombre de points initiaux et un niveau de l'indicateur d'erreur des données partiellement convergées qui ne dépend pas du problème traité.

4 Références bibliographiques

Références

- [1] D.R. Jones, *A taxonomy of global optimization methods based on surface response surfaces*, Journal of Global Optimization, Springer, 345-383, 2001.
- [2] D.R. Jones, M. Schonlau, W.J. Welch *Efficient global optimization of expensive black-box functions*, Journal of Global Optimization, Springer, 455-492, 1998.
- [3] A. Dadone, B. Grossman *Progressive optimization of inverse fluid dynamic design problems*, Computer and fluids, Elsevier, 1-32, 2000.
- [4] A. Dadone, B. Grossman *Fast convergence of inviscid fluid dynamic design problems*, Computer and fluids, Elsevier, 607-627, 2003
- [5] A.I.J Forrester N.W. Bressloff A.J. Keane *Response surface model evolution*, 16th AIAA Computational Fluid Dynamics Conference, 2003.
- [6] A.I.J Forrester N.W. Bressloff A.J. Keane *Optimization using surrogate models and partially converged computational fluid dynamics simulations*, Proceedings of the Royal Society A, 2177-2204, 2006.
- [7] P.A Boucard, L. Champaney *A suitable computational strategy for the parametric analysis of problems with multiple contact*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Wiley, 1259-1282, 2003.
- [8] P. Ladeveze. *Nonlinear Computational Structural Mechanics - New Approaches and non-Incremental Methods of Calculation*, Springer-Verlag, 1999