

POD Morphing: une méthode de reparamétrage "a posteriori" des formes maillées pour l'optimisation de forme des structures

Balaji Raghavan¹, Piotr Breitkopf¹, Pierre Villon¹

¹ UMR 6253, Laboratoire Roberval, UTC-CNRS, Compiègne Cedex, 60200 France, {balaji.raghavan,piotr.breitkopf,pierre.villon}@utc.fr

Mots clefs — optimisation de forme, POD, morphing

Dans ce travail, nous proposons une approche "a posteriori" de paramétrage, en utilisant la méthode des clichés, afin de réduire le nombre des variables de conception nécessaires pour décrire la forme structurale. Les variables de conception géométriques sont remplacées par les nouvelles variables de conception, moins nombreuses et qui permettent une meilleure compréhension globale du domaine de conception et de la gamme des géométries possibles. Nous montrons, que ces variables peuvent être utilisées directement dans un algorithme d'optimisation pour obtenir la forme structurale qui minimise un critère choisi. Nous illustrons la méthode sur un cas de conception d'un conduit de climatisation.

Les étapes de notre démarche de réduction dans l'espace des paramètres de conception sont les suivantes:

1. Création des clichés par attribution des valeurs admissibles (plan d'expériences) aux variables géométriques (\bar{X}) et génération de la matrice des clichés
2. Pixellisation des clichés (Si) sur une grille de référence (figure 1)
2. La décomposition POD en gardant m modes significatifs

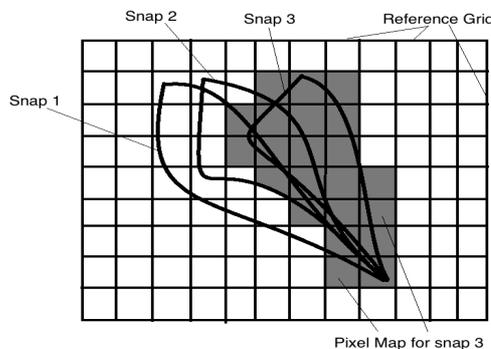


FIG. 1 – LES "pixel maps"

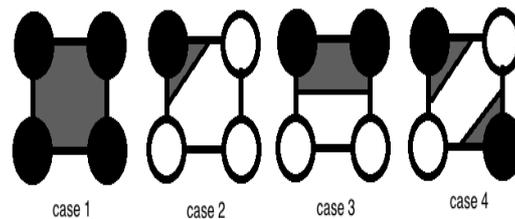


Fig. 2 – Marching Squares

Les coefficients α deviennent alors des nouvelles variables de conception et permettent de reconstruire les clichés

$$S_{POD} = \tilde{S} + \sum_1^m \alpha_i \phi_i^S. \tag{1}$$

L'évaluation de la fonction objectif pour une valeur arbitraire de α nécessite la définition de la frontière, ce qui est fait à l'aide des algorithmes de Canny et de « marching cubes » (Figure 2) issus de la communauté de traitement d'image. La forme reconstruite est lissée par Approximation Diffuse, puis remaillée avec des opérateurs habituels.

Suite à l'optimisation, une étape supplémentaire permet d'identifier les valeurs des paramètres géométriques

\bar{X}_{opt} correspondant aux valeurs optimales des paramètres POD α_{opt} .

Les figures 3-5 illustrent l'application de la technique sur un cas de conduit de climatisation 2D d'un véhicule paramétré à l'origine par 13 variables de conception. La figure 4 montre la reconstruction d'une géométrie pour un nombre de modes variable.

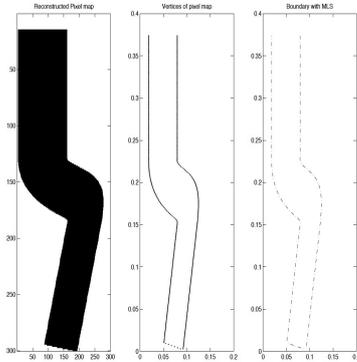


FIG. 3 – Pixellisation

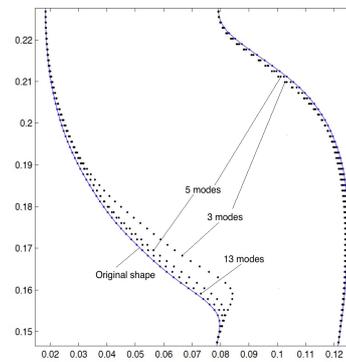


Fig. 4 – Reconstruction

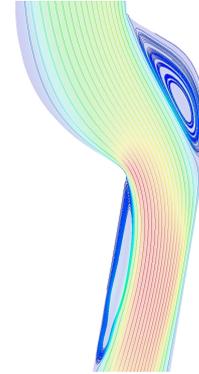


Fig. 5 – Un résultat (5 MODES)

Dans le tableau 1, les résultats correspondent à des différents niveaux de réduction, avec 5, 6, 7 et 8 modes retenus, ainsi que les valeurs des variables originales identifiées à partir du résultat d'optimisation.

modes	5	6	7	8	LB	UB
α^{opt}	-22.6226 13.4301 5.8149 -9.4755 3.1751	-22.4873 14.2647 6.2187 -9.3431 3.0856 3.7891	-22.7028 14.4708 5.6493 -9.5091 3.1863 3.9603 5.2279	-22.3745 14.7165 5.1094 -9.7710 3.2653 3.9784 5.2527 -4.2108		
$\alpha_{rev}(S(\alpha^{opt}))$	-21.8192 13.7669 6.6731 -8.8569 3.2854	-22.0924 13.9274 5.8194 -9.2671 3.0162 4.2320	-22.1531 13.8087 5.2442 -9.1170 2.8065 4.2241 4.6575	-22.0974 13.8794 5.6017 -9.4991 2.4682 5.2825 4.7886 -2.3602		
$X1(\alpha-opt)$	7.8528	8.2695	8.4067	8.0782	6.1096	9.1644
$X2(\alpha-opt)$	25.7555	28.9527	30.1149	28.7854	21.3080	31.9620
$X3(\alpha-opt)$	13.3979	14.1076	13.8989	13.8898	10.1464	15.2196
$X4(\alpha-opt)$	7.8255	8.3505	8.4015	8.6217	6.0832	9.1248
$X5(\alpha-opt)$	64.2028	65.4544	65.4339	64.5703	43.6000	65.4000
$X6(\alpha-opt)$	1.9279	2.2016	2.2544	2.3511	1.6000	2.4000
$X7(\alpha-opt)$	2.0009	2.0609	2.0628	1.9503	1.6000	2.4000
$X8(\alpha-opt)$	35.6519	29.3352	30.7665	33.2524	24.0000	36.0000
$X9(\alpha-opt)$	35.9963	33.4178	34.0429	35.0498	24.0000	36.0000
$X10(\alpha-opt)$	37.1714	36.7973	37.8723	36.7600	24.0000	36.0000
$X11(\alpha-opt)$	26.4866	30.8812	30.5599	33.0657	24.0000	36.0000
$X12(\alpha-opt)$	4.9232	5.5084	5.4175	5.7500	4.0000	6.0000
$X13(\alpha-opt)$	5.4837	5.0370	5.3058	5.4318	4.0000	6.0000
$J1(\alpha-opt)$	1.9684	1.9754	1.9626	1.9580		
$J2(X(\alpha-opt))$	2.1344	2.1335	2.1389	2.1312		
Shape error (%)	0.847	0.33	0.248	0.563		

Tableau 1 – Identification des paramètres géométriques et "reverse checking"

Dans la version « longue » de cette contribution, nous proposons d'autres exemples. Nous discutons aussi les aspects liés à l'interprétation des contraintes dans l'espace réduit.

Références

- [1] A. Kaufman, D. Cohen, R. Yagel, "Volume Graphics", IEEE Computer, Vol.26, No.7, pp.51-64, 1993.
- [2] P. Breitkopf, "An algorithm for construction of iso-valued surfaces for finite elements", *Engineering with Computers*, vol.14, no.2, pp.146-149, 1998.
- [3] G. Berkooz, P. Holmes, J. L. Lumley, "The proper orthogonal decomposition in the analysis of turbulent flows", *Annu Rev Fluid Mech*, Vol.25, pp.539-575, 1993.