



**HAL**  
open science

## Traiter la diversité des modèles d'entrée et préparer rapidement un modèle EF: proposition d'un ensemble de traitements contribuant à cet objectif

Jean-Claude Léon, Lionel Fine, Philippe Véron

### ► To cite this version:

Jean-Claude Léon, Lionel Fine, Philippe Véron. Traiter la diversité des modèles d'entrée et préparer rapidement un modèle EF: proposition d'un ensemble de traitements contribuant à cet objectif. 7e colloque national en calcul des structures, CSMA, May 2005, Giens, France. hal-01812957

**HAL Id: hal-01812957**

**<https://hal.science/hal-01812957v1>**

Submitted on 12 Jun 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.

Public Domain

---

## Traiter la diversité des modèles d'entrée et préparer rapidement un modèle EF : proposition d'un ensemble de traitements contribuant à cet objectif

**J-C. Léon\*, L. Fine<sup>+</sup>, P. Véron<sup>#</sup>**

\*Laboratoire Sols, Solides,  
Structures UMR CNRS 5521-  
INPG – UJF  
Domaine Universitaire, BP 53  
38041 Grenoble Cedex 9  
email:  
Jean-Claude.Leon@inpg.fr

<sup>+</sup>EADS CCR  
5, quai Marcel  
Dassault 92152  
Suresnes  
email :  
Lionel.Fine@eads.net

<sup>#</sup>Laboratoire des Sciences de  
l'Information et des Systèmes  
UMR CNRS 6168  
ENSAM Aix-en-Provence,  
2, cours des Arts et Métiers  
13617 Aix-en-Provence email:  
Philippe.Veron@aix.ensam.fr

---

*RÉSUMÉ. Actuellement, les moyens de créer des modèles de composants ou de systèmes en vue de leur analyse EF tendent à se diversifier (CAO, digitalisation, réutilisation de maillages EF, ...) et les besoins en termes de simulation sont de plus en plus variés (comportement structurel, thermique, acoustique, ...). Face à cette situation, il est important, pour faciliter l'insertion des étapes de simulation dans le processus de développement de produits, de permettre la préparation de modèles EF à partir de ces possibilités sans imposer de passage par un logiciel de CAO comme cela est principalement le cas actuellement. Afin de tenir compte de cette diversité, différents traitements sont proposés sur la base d'opérateurs de changement de forme appliqués à des modèles polyédriques. Des exemples illustrent les opérateurs proposés.*

*ABSTRACT. Currently, the possibilities to create models of components or systems to perform their FE analysis is diversifying more and more (CAD, digitization, FE mesh reuse, ...) and the needs in terms of simulation are widening (structural behavior, thermal behavior, acoustics, ...). Facing this situation, it appears critical, to ease the insertion of the simulation within the product development process, to enable the preparation of FE models from all these possibilities without prescribing the use of CAD software as it is often the case at the moment. In order to take advantage of this diversity, several treatments are proposed based on shape modification operators applied to polyhedral models. Examples illustrate the proposed operators.*

*MOTS-CLÉS : modèles EF, CAO, digitalisation, suppression de détails, idéalisation, opérateurs de changement de forme.*

*KEYWORDS: FE models, CAD, digitization, detail removal, idealization, shape changing operators.*

---

## 1. Introduction

Au cours de la mise en œuvre d'une simulation mécanique, les données initiales comprennent généralement des éléments géométriques plus ou moins complexes. Compte tenu des objectifs de la simulation, certains de ces éléments peuvent être considérés comme des détails (Armstrong et al, 2002), (Fine et al, 2000), (Sheffer et al, 1997) car ils n'ont pas d'effet significatif sur les résultats de la simulation. Certaines zones de ce modèle ne sont pas non plus de nature géométrique compatible avec les hypothèses de modélisation formulées par l'analyste et doivent être transformées par des opérations d' « idéalisation » (Rezayat, 1996), (Drieux et al, 2003).

Par ailleurs, les simulations mécaniques tendent à être de plus en plus utilisées tout au long du développement des produits industriels mais également dans des secteurs comme la bio-mécanique, ... Ceci, a pour conséquence de diversifier la nature des modèles géométriques qui constituent une des données d'entrée pour l'élaboration d'un modèle de simulation. De plus, la diversité des simulations (statique, thermique, acoustique, électromagnétique, ...) nécessite de plus en plus des fonctions de transport de champs entre des maillages s'appuyant sur des formes différentes d'un même objet.

La préparation d'un modèle EF doit donc prendre en compte cette diversité de configurations qui indique que les modèles CAO ne forment pas systématiquement la source la plus adaptée et la plus efficace pour préparer une simulation EF.

## 2. Analyse des sources de modèles pour la préparation de modèles EF

Dans ce contexte, l'approche proposée consiste à définir et à évaluer les relations nécessaires entre différents modèles géométriques ainsi que les traitements associés contribuant aux objectifs ci-dessus. Le recensement des sources de données a conduit à distinguer les données issues de :

- processus de digitalisation (tomographie, scanners laser, imagerie médicale, ...) et pour lesquels l'influence de la technique de digitalisation sur la phase de préparation d'un modèle EF a été évaluée (Fine et al, 2004),

- modèles CAO dont le mode de description est principalement de type B-Rep (Boundary-Representation) et utilise des modèles géométriques paramétriques de type NURBS,

- simulations et qui sont donc de nature « maillage EF ». Dans ce cas, ils ont la particularité d'être conformes et de répondre à des critères de forme imposés par le contexte EF,

ou bien des combinaisons de certaines de ces catégories. Une première approche (Léon et al, 2004) a été proposée et évaluée sur la base de modèles polyédriques à

laquelle peuvent être ajoutées des informations propres aux modèles issus d'environnements CAO (Hamri et al, 2004). Une telle approche permet de s'appuyer sur le concept de modèles multi-résolution qui fait également l'objet de développements importants dans le domaine de l'infographie (Luebke et al, 2003) et conduit à spécifier des traitements qui sont intrinsèques à la forme des objets plutôt que spécifiques à des modèles géométriques particuliers.

### 3. Principaux opérateurs proposés pour préparer le support de modèles EF

Sur la base de ces trois catégories, les principales caractéristiques des traitements qui ont été recensés et dont l'évaluation est partiellement réalisée seront présentées:

- opérateurs de mise en conformité du modèle initial car celui-ci comporte le plus souvent des imperfections dues aux approximations des modeleurs CAO, aux algorithmes de triangulation de points digitalisés. Une condition de base du processus de préparation de simulation incluant un modèle polyédrique est que celui-ci soit équivalent à une triangulation conforme,

- opérateurs permettant de changer la forme d'un objet sans changer sa topologie (pour la suppression de bossages, de rayons de raccordement, ...) (voir figure 1),

- opérateurs transformant la topologie d'un objet et se décomposant en deux catégories complémentaires :

- opérateurs agissant sur le genre d'un objet (nombre de trous débouchant) (voir figure 2),

- opérateurs permettant de connecter des partitions d'un objet (Véron et al, 2002) particulièrement nécessaires dans le cas de traitements d'assemblages mécaniques. Chaque pièce de l'assemblage peut alors être maillée avec ses critères spécifiques tout en garantissant la cohérence du maillage au niveau des interfaces. La figure 3 illustre ce type d'opérateur sur un assemblage de deux pièces.

- opérateurs permettant de réduire la dimension de la variété géométrique d'une partie d'un objet (opérateurs souvent qualifiés d' « idéalisation »),

- opérateurs assurant le transfert d'informations (lieux de conditions aux limites, critères de simplification, ...) au cours du processus de suppression de détails. Ces opérateurs conduisent à introduire le concept d' « images réciproques » (Foucault et al, 2004) entre triangulations non structurées et non imbriquées les unes dans les autres. Ces opérateurs constituent également une contribution au transport de champs entre maillages (voir figure 4),

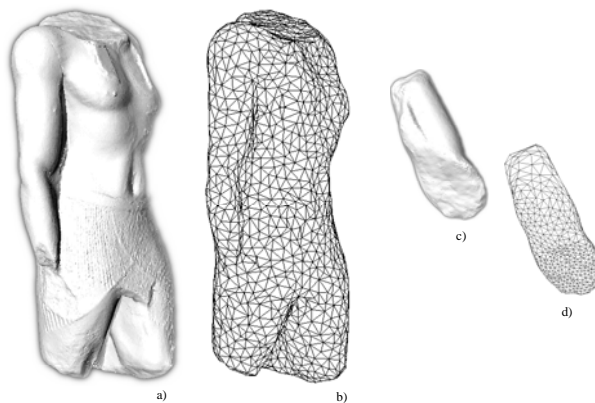
- opérateurs permettant de spécifier des lieux géométriques de conditions aux limites et de propager les contraintes correspondantes durant la phase de préparation d'un modèle de simulation,

- opérateurs basés sur des représentations par ondelettes pour permettre à l'utilisateur d'exprimer des contraintes sur des paramètres mécaniques (pression,

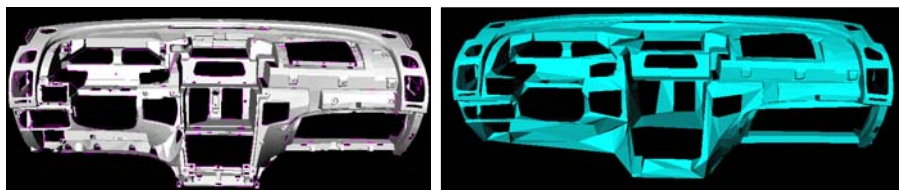
flux, ...) au cours de la préparation du modèle de simulation. D'autres opérateurs permettent l'évaluation de l'influence des modifications de forme sur des paramètres mécaniques de la simulation EF (énergie de déformation) (Léon et al, 2004).

L'ensemble de ces opérateurs est structuré de façon à être le plus indépendant possible de tout modèle de description de la forme de l'objet servant de support à la préparation d'une simulation.

### 3. Exemples de préparation de modèles



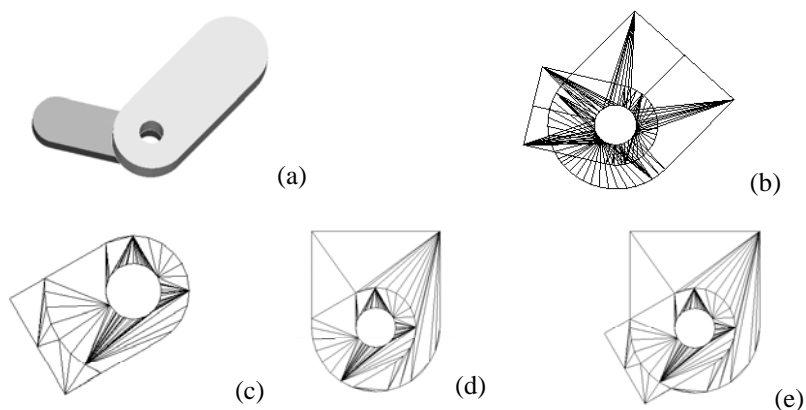
**Figure 1.** Exemple de combinaison de modification de forme avec le processus de génération de maillage EF à partir d'un modèle digitalisé (Courtoisie EDF). a), c) Modèle digitalisé obtenu par scanner laser de blocs de pierre d'une statue. Ces modèles initiaux a) et c) ont 599 697 et 51600 faces, b) maillage EF avec 3656 faces directement obtenu à partir du buste, d) maillage EF de 1414 faces directement obtenu à partir du bras et soumis à des contraintes d'adaptation de maillage.



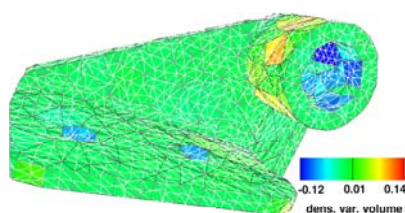
**Figure 2.** Exemple de préparation d'un modèle de planche de bord (Courtoisie Renault) à partir d'une représentation CAO. Les traitements réalisés comportent à la fois des changements de forme et de topologie.

Dans cette section figure divers exemples illustrant la diversité des modèles pouvant être fournis en entrée et les résultats obtenus à l'aide des opérateurs listés à

la section précédente. Les temps de préparation du maillage EF ont été très largement réduits : une heure environ pour la figure 1, un jour environ pour la figure 2. La figure 4 illustre l'intérêt de nouveaux opérateurs qui ne possèdent pas d'équivalent actuellement.



**Figure 3.** Exemple de mise en conformité d'interface entre pièces dans un assemblage (a) configuration initiale, (b) interface non-conforme, (c) et (d) interface adaptée de chaque pièce, (e) interface conforme.



**Figure 4.** Opérateur de transfert d'information entre triangulations non imbriquées. Les arêtes grises représentent les arêtes du polyèdre courant. Les blanches sont celles du polyèdre initial. Les couleurs indiquent les variations locales de volume entre les deux polyèdres.

## 9. Conclusion

Sur la base de la diversité des modèles pouvant servir de base à une analyse EF, une série d'opérateurs a été proposée afin de transformer le domaine d'étude en fonction des hypothèses et des besoins d'une telle analyse. Ces opérateurs ont été illustrés à travers différentes configurations pour mettre en évidence leur impact sur le temps de préparation de modèles EF.

L'approche proposée valide l'utilisation de modèles polyédriques comme support géométrique pour appliquer les changements de forme requis pour une

analyse EF, les critères géométriques et mécaniques qui peuvent être fournis à l'utilisateur pour évaluer l'impact des simplifications effectuées et mieux maîtriser les transformations effectuées. Les travaux ultérieurs concernent à la fois le développement de critères de simplification faisant appel à des grandeurs mécaniques, les spécificités de traitement de systèmes mécaniques plutôt que de composants isolés, les traitements particuliers requis pour exploiter efficacement des modèles digitalisés.

## 10. Bibliographie

- C.G. Armstrong, D.J. Monaghan, M.A. Price, H. Ou, J. Lamont, "Integrating CAE Concepts with CAD Geometry", in *Engineering Computational Technology* edited by B. H. V. Topping and Z. Bittnar, Saxe-Coburg Publications, 75-104 (2002).
- L. Fine, L. Rémondini, J.-C. Léon, "Automated Generation of FEA models through idealization operators", *Int. J. Num. Meth. In Eng.*, Vol 49, n°1-2, 83-108, (2000).
- A. Sheffer, T. D. Blacker, M. Bercovier, "Clustering: Automated detail suppression using virtual topology", *DETC ASME*, 57-64 (1997).
- M. Rezayat, "Midsurface abstraction from 3D solid models: general theory and applications", *CAD*, Vol. 28, 905-915, (1996).
- G. Drieux, L. Fine, J.-C. Léon, "Shell or Plate idealization on a polyhedral model for finite element analyses", *Proc. Int. Conf. ASME Computers in Engineering Conference DETC*, Chicago, 2-6, September, (2003).
- L. Fine, J.-C. Léon, P. Véron, P. Wyniecki, "Defining a process flow for the numerical simulation of structure behaviour from digitized models", *Int. Conf. Numérisation 3D*, Paris, 26-27 Avril, (2004).
- J.-C. Léon, L. Fine, "A new approach to the Preparation of models for F.E. analyses", à paraître dans *Int. J. Comp. Appl.*, (2004).
- O. Hamri, J.-C. Léon, F. Giannini, B. Falcidieno, "From CAD models to FE simulations through a feature-based approach", *Conférence int. ASME DETC Computers in Engineering Conference*, Salt Lake City, 28 Septembre- 3 Octobre, (2004).
- D. Luebke, M. Reddy, J.D. Cohen, A. Varshney, B. Watson, R. Huebner, *Level of details for 3D graphics*, Morgan Kaufmann Publishers, (2003).
- P. Véron, S. Moisan, C. Mascle, "Identification and re-meshing of part interfaces in a polyhedral model of mechanical assembly", *4th Int. Conf. on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*, Clermont-Ferrand, France, 14-16 mai, (2002).
- G. Foucault, P. Marin, J.C. Léon, "Mechanical criteria for the preparation of FE models", *Int. Meshing Roundtable*, Williamsburg (USA), 20-22 Sept., (2004).
- J.C. Léon, P. Marin, G. Foucault, "Operators and criteria for integrating FEA in the design workflow: Toward a multi-resolution mechanical model", *ECMI04*, Eindhoven, 22-25 Juin, (2004).

