

## Modification de maillage EF enrichis par sémantique

**RESUME:** La simulation numérique de comportement des futurs produits est largement utilisée sur les modèles virtuels de produits avant leur fabrication physique. Cependant, le processus pourrait encore être optimisé en particulier pendant la phase d'optimisation du comportement de produit. Ce processus implique la répétition de quatre étapes principales de traitement : conception de CAO, création de maillage, enrichissement de sémantique par la modélisation du comportement physique et enfin calcul par éléments finis (EF). L'analyse de comportement de produit est effectuée à partir de la première solution de conception puis sur les nombreuses boucles successives d'optimisation de produit. Chaque évaluation de solution nécessite le même volume de temps que celui nécessaire pour la première conception de produit, cela est particulièrement crucial dans le contexte de maintenance de produit et d'évaluation de cycle de vie de produit. Cette thèse propose un nouveau cadre de travail pour l'optimisation de produit à partir de simulation par EF menées successivement sans retour à la CAO initiale du produit, ce qui réduit les activités de préparation de maillages et d'enrichissement sémantique E.F. Plus concrètement, l'idée est d'opérer directement le maillage enrichi par la sémantique E.F pour optimiser le produit. Dans cette thèse, les concepts sous-jacents et les composants conçus pour le développement de ces opérateurs de modification sont présentés et analysés. Une spécification d'opérateur de haut niveau est proposée selon une structure modulaire qui permet ensuite une réalisation facile des différents opérateurs de modification de maillage. Enfin, quatre déclinaisons de cet opérateur de maillage de haut niveau sont présentées: la fusion, la fissuration, le perçage et le congé d'arête. Ces opérateurs ont été prototypés et validés sur des modèles E.F. académiques et industriels, permettant de démontrer leur efficacité et la pertinence de l'approche proposée.

**Mots clés :** Conception Assistée par Ordinateur, maillage éléments finis, groupe, sémantique.

## Modification of semantically enriched FE mesh models

**ABSTRACT:** Behaviour analysis is largely performed on the virtual model of the product before its physical manufacturing. Anyhow, the process could be further optimised especially during the product behaviour optimisation phase. This process involves repetition of four main processing steps: CAD design, mesh creation, enrichment of physical semantics and Finite Element Analysis (FEA). The product behaviour analysis is performed on the first design solution as well as on the numerous successive product optimisation loops. Each design solution evaluation necessitates the same time as required for the first product design and it is particularly crucial in the context of maintenance and lifecycle assessment. This thesis proposes a new framework for CAD-less product optimisation through FEA, which reduces the mesh preparation and semantics enrichment activities. More concretely, the idea is to directly operate the firstly created FE mesh, enriched with semantics, to perform the product modifications required to achieve its optimised version. In this thesis, the underlying concepts and the devised components for the development of such CAD-less operator are discussed. A high-level operator specification is proposed according to a modular structure that allows an easy realisation of different mesh modification operators. Finally, four instances of this high-level operator are described: merging, cracking, drilling and filleting. These operators are prototyped and validated on academic and industrial FE mesh models, thus clearly showing the feasibility of our approach.

**Keywords :** Computer Aided Design, Finite Element mesh, group, semantics.

## Modifica di mesh arricchite semanticamente per gli elementi finiti

**SOMMARIO:** L'analisi agli elementi finiti è ampiamente usata sui modelli digitali dei prodotti in quanto consente la valutazione del loro comportamento prima della loro realizzazione. Benché il passaggio al mondo virtuale offra enormi vantaggi, il processo attualmente utilizzato può essere ulteriormente migliorato ed in particolare durante la fase di ottimizzazione del prodotto. Quest'ultima comporta la ripetizione di quattro fasi principali di lavoro: la realizzazione del modello CAD, la creazione della mesh, l'inserimento nella mesh delle informazioni semantiche relative al modello fisico e il calcolo agli elementi finiti (FE). L'analisi del comportamento del prodotto è svolta su tutte le possibili soluzioni proposte per l'ottimizzazione del prodotto stesso. Ogni valutazione richiede la stessa quantità di tempo di quello richiesto per l'analisi della prima soluzione di progettazione, ciò è particolarmente penalizzante quando l'analisi è mirata a risolvere i problemi emersi durante il ciclo di vita del prodotto e la manutenzione. Questa tesi descrive un nuovo approccio per rendere più efficiente la ricerca della soluzione ottimale del prodotto sfruttando l'analisi agli elementi finiti. L'approccio proposto permette di ridurre i cicli di creazione e arricchimento della mesh, evitando l'utilizzo dei sistemi CAD per apportare le modifiche necessarie per ottenere un prodotto con il comportamento desiderato. In questa tesi vengono discussi i concetti di base e le componenti necessarie per lo sviluppo di tali operatori. Viene quindi fornita la specifica di alto livello della struttura modulare del generico operatore di modifica del quale sono state sviluppate alcune istanze. In particolare sono stati realizzati gli operatori unione, foro, taglio e fillet. Il sistema prototipale sviluppato è stato validato su esempi accademici e industriali; i risultati ottenuti hanno dimostrato la fattibilità e le significative potenzialità del approccio qui proposto.

**Parole chiave :** Disegno assistito dall'elaboratore, Griglia di calcolo ad elementi finiti, gruppo, semantica.



Università degli Studi  
di Genova



ParisTech  
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY