

# Les principales étapes de la simulation par éléments finis

## Introduction à la simulation par éléments finis

Lionel GENDRE

Edité le 10/01/2013

La réalisation d'une simulation par éléments finis suit une démarche dont nous présentons ici les particularités.

### 1 - Définir l'objectif

Cette étape est primordiale car les éléments finis offrent un cadre extrêmement riche pour modéliser les produits, leurs environnements et les phénomènes qui s'y déroulent, plus encore que d'autres techniques de simulation. Le concepteur peut généralement effectuer de très nombreux choix susceptibles d'influer sur le résultat, et ces choix doivent être guidés en premier lieu par l'objectif de l'étude, qu'il s'agisse de la finesse d'un maillage, de la modélisation d'une action de contact, ou encore du comportement d'un matériau...

### 2 - Choisir une théorie et des modèles de comportements.

En éléments finis, la théorie est obtenue par la discrétisation d'une théorie continue, par exemple issue de la physique des milieux continus. Nous nous limitons ici à la statique des solides déformables en petites perturbations et à des modèles de comportements élastiques linéaires.

- La théorie continue peut être n'importe quelle théorie de la mécanique des milieux continus. En éléments finis (et, de manière générale, en simulation numérique), lorsque plusieurs théories conviennent, il est généralement judicieux de choisir la plus simple, car cela permet d'abaisser les coûts des calculs de façon parfois considérable sans pour autant nuire à la pertinence des résultats ; la ressource " *Choix raisonné du degré de complexité du modèle* » illustre ce propos pour les théories des poutres et des coques.
- La discrétisation, quant à elle, dépend du maillage, c'est-à-dire du modèle du produit (étape 4).

### 3 - Choisir un solveur

En statique linéaire, tous les logiciels d'éléments finis appliquent la même méthode de simulation. En revanche, tous les logiciels ne proposent pas les mêmes types d'éléments, ou encore les mêmes modèles d'environnements. Le choix d'un logiciel peut donc influencer sur les résultats de la simulation, mais uniquement par le biais du choix des modèles. A cela s'ajoutent les considérations liées à l'ergonomie (qui peuvent être déterminantes, surtout en formation, vu la difficulté d'apprentissage de certains logiciels) et, naturellement, au coût.

### 4 - Modéliser le produit.

La plupart du temps, cette étape s'appuie sur une maquette numérique existante et fait appel à un mailleur automatique. La réalisation du maillage s'effectue alors en trois temps et consiste à :

- Adapter la géométrie à la théorie utilisée (en extrayant la ligne moyenne dans le cas de la théorie des poutres ou en prenant en compte des symétries) et aux contraintes techniques de la méthode (en supprimant des petits détails trop difficiles à mailler, par exemple) ;
- Choisir le type et la taille des éléments en fonction de l'objectif, de la géométrie à modéliser et de l'allure des champs à représenter ;
- Générer et contrôler le maillage.

## 5 - Modéliser l'action de l'environnement sur le produit

En éléments finis, il s'agit souvent de la principale cause des écarts observés entre les résultats de la simulation et la réalité. En effet, de nombreux modèles d'environnement proposés dans les logiciels possèdent des domaines de validité très restreints, que les utilisateurs respectent rarement en pratique. Une méthode permettant, lorsqu'elle est applicable, d'éviter cet écueil est proposée dans la ressource « *Le modèle de modélisation d'un produit par éléments finis : 4. Modélisation du monde extérieur* ».

## 6 - Calculer

Cette étape est réalisée automatiquement par le logiciel et, sous les hypothèses de cette ressource, ne contribue généralement pas aux écarts. Toutefois, le post-traitement des résultats est régulièrement à l'origine d'erreurs d'interprétation, notamment en ce qui concerne les champs de contrainte, et peut masquer des écarts dus à la discrétisation.

## 7 - Diagnostiquer et contrôler la qualité

Les logiciels de simulation comportent de nombreux outils d'aide au diagnostic, pouvant aider à éliminer ou maîtriser certaines sources d'écarts.

- En ce qui concerne la modélisation, la plupart des logiciels proposent des outils semi-empiriques capables d'aider l'utilisateur à maîtriser l'écart dû à la discrétisation.
- En ce qui concerne les fautes, les logiciels vérifient généralement que les modèles respectent les règles de la théorie (i.e. un modèle non équilibré en statique ou un maillage invalide, par exemple, provoquent un message d'avertissement) et sont testés afin de ne pas commettre d'erreurs de calcul significatives.

L'utilisation de ces outils permet de faciliter le diagnostic : seules la modélisation proprement dite (c'est-à-dire le passage du réel aux modèles) et certaines fautes de l'utilisateur (dont, notamment, l'interprétation des résultats) restent fondamentalement hors de portée des logiciels.

Dans la liste ci-dessus, nous avons omis l'étape d'observation/identification des phénomènes, étant donné qu'elle ne présente aucune particularité par rapport aux autres techniques de simulation. A la place, nous avons fait figurer la définition de l'objectif qui, quant à elle, guide fortement chacun des choix effectués lors de la modélisation, plus encore que dans d'autres techniques.

Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>