

INFORMER SUR LES CODES DE CALCUL PAR ELEMENTS FINIS ET LEUR UTILISATION DANS LE GENIE CIVIL

Par :

M.A. MOHAMED-CHERIF

Ingénieur Ecole Polytechnique de Montréal - Magister Génie Civil

Enseignant à l'E.N.T.P. (Alger)

Les codes et programmes de calcul par éléments finis dans la mécanique en général et le génie civil en particulier sont de nos jours d'une large utilisation. Une information actualisée sur le sujet semble opportune dans la rubrique calcul automatique de la revue "Algerie EQUIPEMENT".

Il est connu qu'un programme efficace de calcul nécessite la connaissance de trois disciplines :

- la mécanique,
- l'analyse numérique,
- l'informatique.

La progression rapide de ces différentes disciplines impose une mise à jour continue qui, nous l'espérons, se fera par les lectrices et les lecteurs de la revue "Algerie EQUIPEMENT".

Pour ouvrir cette rubrique, on rappelle brièvement dans cette communication quelques éléments qui seront certainement développés par les lectrices et lecteurs de la revue qui ont accès à une information plus complète et plus actuelle et/ou qui utilisent régulièrement et peut-être d'une manière intensive les programmes de calcul par la méthode des éléments finis (MEF).

Dans les techniques manuelles, il existe des limitations liées à :

- l'hyperstaticité,
- la géométrie,
- les matériaux,
- au calcul dynamique, etc...

Cependant il y a un avantage lié à la simplicité et au "feeling".

L'utilisation des codes de calcul permet de se libé-

rer de ces limitations et connaît un succès considérable à cause notamment de la généralité et de la puissance de calcul.

Mais, elle rencontre des difficultés nouvelles liées à la modélisation, la discrétisation, au volume des données et des résultats et la difficulté d'acquiescer un "feeling". L'illusion de pouvoir "tout calculer", peut conduire à des erreurs multiples.

Les programmes "boîtes noires" qui permettent l'accès à des problèmes très complexes donc souvent moins bien compris sont souvent sources d'erreurs graves.

L'organigramme d'un programme MEF indique les points essentiels à examiner lors d'une évaluation de la performance d'un code de calcul.

On peut d'une manière générale retenir :

- bibliothèque des éléments,
- type d'analyse,
- entrée des données,
- vérification des données,
- mise au point du modèle,
- sortie des résultats,
- documentation.

Ces quelques points feront l'objet d'un commentaire succinct, mais nous comptons sur les lectrices et les lecteurs pour leur développement à la lumière de leur expérience.

Pour répondre aux besoins d'un calcul de structure, on utilise principalement des programmes d'analyse linéaire en statique et dynamique.

Une analyse dynamique (principalement pour le séisme) propose en général plusieurs choix :

- détermination des fréquences propres,
- détermination des fréquences propres suivie du

- détermination des fréquences propres suivie du calcul de la réponse dont on connaît le spectre de réponse,
- calcul de la réponse à une excitation dont on connaît l'historique par intégration directe.

Cependant, plusieurs codes de calcul proposent une analyse non-linéaire en statique et dynamique.

Le programme devrait contenir au moins les éléments nécessaires à l'utilisation que l'on a en vue; principalement la poutre (à 3D), l'élément en contrainte et déformation plane, la plaque, la coque et les éléments de révolution.

Si pour les poutres la formulation est pratiquement universelle, pour les autres éléments (plaque, coque, ...) plusieurs formulations existent.

En général, il faut s'assurer que les éléments utilisés ont été largement testés et qu'ils sont bien documentés.

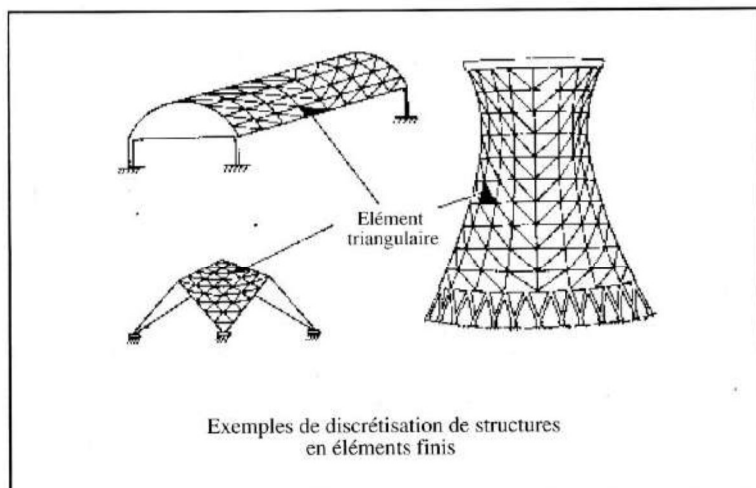
En ce qui concerne l'entrée des données et leur vérification, c'est certainement l'un des critères les plus importants à examiner lors de l'utilisation d'un programme d'éléments finis.

machine correspond bien à celui que l'on veut réellement calculer. La construction d'un jeu de données et sa vérification se fait en général par l'intermédiaire d'un PRE et POST-PROCESSEUR avec visualisation graphique.

Dans un calcul par MEF, il faut traduire la réalité d'un problème par une bonne modélisation. Il faut toujours avoir à l'esprit que la machine donnera des résultats qui peuvent avoir une certaine cohérence même si le modèle introduit est complètement erroné. (garbage in garbage out).

L'un des premiers codes d'analyse par MEF développé à l'université Berkeley (SAP IV) par Wilson et Bathe, est actuellement du domaine public et il est encore utilisé dans certaines entreprises à l'aide d'un pré et post-processeur. La recodification de ce programme pour l'adapter sur des micro-ordinateurs a donné naissance à plusieurs versions (SAP V, SAP 80, SAP 86,...).

Aujourd'hui un programme de MEF peut être acquis pour moins de 1000 \$ US chez au moins une douzaine si ce n'est plus de fournisseurs bien établis.



Il faut se rappeler que l'on doit fournir au programme de calcul, les coordonnées des noeuds, les conditions limites la description des éléments, et les cas de charges. Certaines vérifications classiques sont faites automatiquement par le programme (longueur d'un élément nulle ou double description d'un élément par exemple). Cependant il ne peut y avoir des vérifications de tout ordre et pour tous les cas. Il faut savoir qu'en pratique il est très rare, sinon impossible, de pouvoir construire un jeu de données sans erreurs dès le premier passage. C'est pour cela que la vérification est toujours nécessaire et demeure un point important

Les compagnies The MacNeal-Schwendler Corp. (MSC/NASTRAN) et Swanson Analysis System Inc. (ANSYS) demeurent les leaders reconnus pour leur large base d'utilisateurs (*).

Cependant, des fournisseurs relativement nouveaux dans le domaine Hibbit, Karlsson & Sorensen Inc. (ABAQUS), Marc Analysis Research Corp. (MARC) et Engineering Mechanics Research Corp. (NISA II) proposent des produits performants et de bonne qualité (*).

PDA engineering & structural dynamic Research Corp. capitalise une bonne expérience

dans le développement de pré et post-processeur pour son propre produit d'analyse par MEF (PATRAN). (*)

De nouveaux codes sont introduits tel que celui de Westinghouse Electrical corp. (WECAN) pour des analyses statique et dynamique dans le domaine linéaire avec un pré et post-processeur. (*)

Il y a lieu également de rappeler les fournisseurs tels que Algor Interactive Systems (SUPERSAP), Structural Research & Analysis Corps. (COSMOS/M) et Casa-Gifts (GIFTS) qui développent leurs produits d'analyse par MEF sur des micros (*).

(*) Informations recueillies dans un article de l'Editeur en Chef Nancy.E Rouse de la revue Machine Design (Applied Technology for design Engineering- Avril 87).

EVENEMENT

"Algerie EQUIPEMENT" organise le 3 décembre 1991

UNE JOURNEE D'ETUDE ET D'ECHANGES sur l'utilisation des programmes MEF

La participation, gratuite, est ouverte à tous les professionnels des institutions publiques et privées (administrations, bureaux d'études, établissements universitaires et centres de recherche).

BULLETIN DE PARTICIPATION

à retourner à



Revue "Algerie EQUIPEMENT" - ENTP
Rue Sidi-Garidi - 16051 KOUBA-GARIDI (Alger)
Tél : 58/50/37 Téléc : 62 550 Fax : 58/80/48

Nom : Prénom :

Institution :

Adresse :

Tél : Téléc : Fax :

Nature de la participation :

☐ Communication

☐ Présentation d'un logiciel

☐ Démonstration sur un logiciel

Les codes et programmes de calcul par éléments finis dans la mécanique en général et le génie civil en particulier sont de nos jours d'une large utilisation.

Une information actualisée sur le sujet semble opportune dans la rubrique calcul automatique de la revue "Algerie EQUIPEMENT".

CAN FEA BE DONE ON PCs? ()**

Whether FEA can be done on personal computers is debatable. There are three schools of thought on the subject. The first school holds that personal computers provide users with a means of learning basic finite-element techniques and doing small problems (often described by vendors as "trivial").

The second school of thought, championed by companies such as Algor Interactive Systems, holds that full-featured, linear finite-element analysis is possible on PCs. Algor's program, Supersap, is a version of the public-domain program SAP from USC. Algor added a graphics-oriented user interface and has been aggressively marketing the program. Priced at \$995, it is significantly less expensive than many other PC FEA packages. The company is providing links with popular CAD drafting programs such as Cadkey from Micro Control Systems. Company vice-president Chuck Paulsen says users of PC programs are only limited by the amount of time they want to wait for a solution.

The third line of reasoning maintains that full-featured FEA, including nonlinear analysis, is possible using PCs beefed-up with additional hardware. SRAC is promoting use of a PC/AT configuration that includes a 32-bit, 68020-based board from Definicon, Westlake City, CA. The board runs MS/DOS and links to the AT's main processor through a loader program. The sole purpose of the board is to speed analysis of large problems. According to SRAC's Victor Weingarten, a PC/AT with 68020 board can handle linear static problems of 20,000 degrees of freedom (DOF), dynamics problems of 10,000 DOF, and nonlinear problems of 5,000 DOF. By contrast, Msc/pal 2 is limited to linear static problems of less than 3,000 DOF.

SRAC's program, Cosmos/M, also offers users features such as substructuring, which usually are associated with high end FEA. Substructuring is a method used to divide large or complex models into sections that can be more easily handled. "Superelements" are used to reduce the number of problem matrices. If several analysts are working on a problem, each may substructure all elements except those of specific interest. Later, the substructured analyses can be merged into one solution. Since in the past most PC FEA programs were designed for smaller problems, substructuring was an unnecessary feature.

Swanson Analysis Systems sells a modular version of its Ansys program for the PC. Swanson's approach differed from many vendors in that it does provide a program compatible with its high end product. The movement of Ansys to the PC was accomplished by eliminating a few features and writing much of the code in assembly language. Ansys PC products are offered in modules. Ansys PC Linear forms the heart of the system, with other capabilities added by solid modeling, thermal, and optimisation modules. For \$100 users can buy a 2D version of Ansys-PC Linear called Ansys-PC/ED. It is designed to train engineers and educators in finite-element techniques. The program solves and evaluates 2D linear static and modal problems with limited wavefront. (The wavefront solution technique refers to the way a problem is set up for solution. In wavefront programs, node numbers are arbitrary and certain nodes are ignored in analysis, thus limiting the size of the problem. In bandwidth-based programs nodes must be numbered and rigidly sequenced. Bandwidth can be limited using mathematical techniques.)

PC program users must remember that prices among vendors varies wildly. For instance, users of Cosmos/M can expect to pay about \$ 14,000 for hardware and software if using a PC/AT with 68020 processor board. However, the Cosmos/M system provides a solution similar to that of many workstations, at about half the cost. Programs such as Msc/pal 2 and Supersap cost less than \$2,000 and will run on hardware costly less than \$5,000. Other programs are inexpensive, but do only 2D analysis.

(**) Extrait de la revue "MACHINE DESIGN : applied technology" - Avril 1987

Il est connu qu'un programme efficace de calcul nécessite la connaissance de trois disciplines :

- la mécanique
- l'analyse numérique,
- l'informatique.

La progression rapide de ces différentes disciplines impose une mise à jour continue qui, nous l'espérons, se fera par les lectrices et les lecteurs de la revue "Algerie EQUIPEMENT".

Pour ouvrir cette rubrique, on rappelle brièvement dans cette communication quelques éléments qui seront certainement développés par les lectrices et lecteurs de la revue qui ont accès à une information plus complète et plus actuelle et/ou qui utilisent régulièrement et peut-être d'une manière intensive les programmes de calcul par la méthode des éléments finis (MEF).

Dans les techniques manuelles, il existe des limitations liées à :

- l'hyperstaticité,
- la géométrie,
- les matériaux,

- au calcul dynamique, etc...

Cependant il y a un avantage lié à la simplicité et au "feeling".

L'utilisation des codes de calcul permet de se libérer de ces limitations et connaît un succès considérable à cause notamment de la généralité et de la puissance de calcul.

Mais, elle rencontre des difficultés nouvelles liées à la modélisation, la discrétisation, au volume des données et des résultats et la difficulté d'acquiescer un "feeling". L'illusion de pouvoir "tout calculer", peut conduire à des erreurs multiples.

Les programmes "boîtes noires" qui permettent l'accès à des problèmes très complexes donc souvent moins bien compris sont souvent sources d'erreurs