



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université de Mohamed Boudiaf de M'sila (UMB)  
Faculté de Technologie  
Département de Génie Mécanique



# Analyse par éléments Finis

**TP N° 01 : Introduction à l'analyse par éléments finis**

**Niveau : Master 1, construction Mécanique/ Fabrication Mécanique.**

*Dr. A, ZERROUKI*

*2019/2020*

## **Aperçu :**

Lorsqu'une entreprise cherche à décrire un phénomène et à résoudre une problématique, elle a souvent besoin d'expérimenter les implications de divers facteurs sur une situation initialement connue. Or, une expérimentation en situation réelle peut se révéler extrêmement coûteuse, prendre un temps considérable à l'entreprise, et donner des résultats dont la fiabilité n'est pas garantie. Dans ce cadre, la modélisation et la simulation numérique apportent une réelle valeur ajoutée à l'entreprise.

## **Modélisation vs simulation**

La modélisation (modélisation) et la simulation sont deux applications informatiques étroitement liées qui jouent aujourd'hui un rôle majeur dans les sciences et l'ingénierie. Ils aident les scientifiques et les ingénieurs à réduire les coûts et la consommation de temps de la recherche. Ils sont également utiles pour les gens ordinaires à comprendre et à être formés pour quelque chose facilement.

### **La modélisation**

La modélisation consiste à créer un "modèle" qui représente un objet ou un système avec son ensemble ou un sous-ensemble de propriétés. Un modèle peut être exactement le même que le système d'origine ou parfois, les approximations le rendent différent du système réel. À titre d'exemple, un modèle informatique d'un navire peut fournir la visualisation 3D du navire de sorte que l'utilisateur puisse faire pivoter et zoomer pour avoir une idée claire des dimensions du navire. Un modèle mathématique est quelque chose de différent d'un modèle 3D. Un modèle mathématique décrit un système avec des équations

### **La simulation**

La simulation d'un système est l'exploitation d'un d'un modèle par des outils appropriés. Une simulation permet de comprendre le fonctionnement d'un système, d'analyser et de prévoir son comportement, d'étudier les moyens de modifier son comportement pour le faire évoluer dans le sens souhaité. Les simulations informatiques sont souvent basées sur des méthodes itératives de calcul de l'état détaillé de l'ensemble d'un système à l'instant «  $t + 1$  » en fonction de son état à l'instant «  $t$  ».

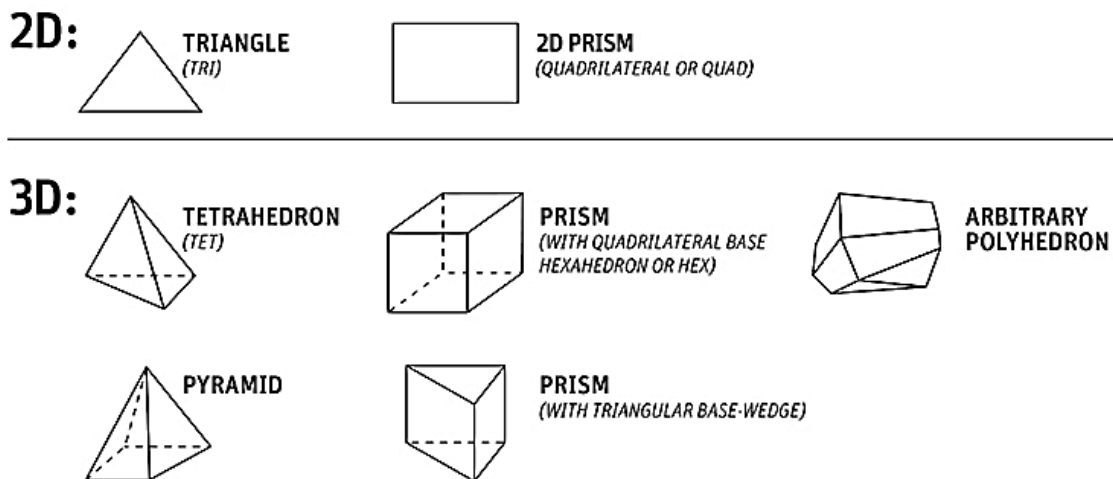
### **Différence entre modélisation et simulation**

1. La modélisation et la simulation par ordinateur sont des applications informatiques qui représentent un système réel ou imaginaire.
2. La modélisation informatique et les simulations aident les concepteurs à économiser temps et argent.
3. Une simulation change une ou plusieurs variables d'un modèle et observe les changements qui en résultent.
4. Bien qu'un modèle essaie toujours de représenter le système réel, une simulation peut essayer d'observer les résultats en effectuant des modifications impossibles (dans le monde réel).

5. Un modèle peut être considéré comme statique et une simulation aussi dynamique que les variables d'une simulation sont toujours modifiées.

Le maillage fait partie intégrante du processus de simulation d'ingénierie où les géométries complexes sont divisées en éléments simples qui peuvent être utilisés comme approximations locales discrètes du domaine plus large. Le maillage influence la précision, la convergence et la vitesse de la simulation. De plus, comme le maillage consomme généralement une partie importante du temps nécessaire pour obtenir des résultats de simulation, plus les outils de maillage sont performants et automatisés, plus la solution est rapide et précise.

Les méthodes disponibles couvrent le spectre de maillage d'éléments d'ordre élevé à linéaires et tétraédriques et polyédriques rapides à hexaédriques et mosaïques de haute qualité. Des valeurs par défaut intelligentes sont intégrées au logiciel pour faire du maillage une tâche simple et intuitive offrant la résolution requise pour capturer correctement les gradients de solution pour des résultats fiables.



*Représentation des éléments de maillage.*

## 1. Présentation du code de calcul utilisé (ANSYS)

**ANSYS, Inc.** est un éditeur de logiciels spécialisé en simulation numérique. L'entreprise a son siège à Canonsburg en Pennsylvanie aux États-Unis. Ses produits majeurs sont des logiciels qui mettent en œuvre la méthode des éléments finis, afin de résoudre des modèles préalablement discrétisés. La société possède de nombreuses filiales à travers le monde, notamment en Europe et en Asie.

Deux environnements logiciels permettent de mettre en œuvre le code ANSYS :

- ✓ **ANSYS Classic** : Chronologiquement, c'est la première solution logicielle développée par le constructeur. Elle est destinée à la construction de modèles éléments finis à la géométrie simple, facilement constructible à l'aide d'opérations basiques. À partir de cet environnement, l'utilisateur construit directement un modèle éléments finis en utilisant le langage de script APDL (*ANSYS Parametric Design Language*). *ANSYS classic* est donc destiné à des utilisateurs compétents dans le domaine de la simulation numérique.
- ✓ **ANSYS Workbench** : Cette plate-forme propose une approche différente dans la construction d'un modèle en réutilisant le code ANSYS initial. Elle est particulièrement adaptée au traitement de cas à la géométrie complexe (nombreux corps de pièces) et aux utilisateurs non confirmés dans le domaine du calcul. Dans cet environnement, l'utilisateur travaille essentiellement sur une géométrie et non plus sur le modèle lui-même. La plate-forme est donc chargée de convertir les requêtes entrées par l'utilisateur en code ANSYS avant de lancer la résolution. Le modèle éléments finis généré reste néanmoins manipulable en insérant des commandes propres au code ANSYS.

## 2. Organisation du logiciel

De façon générale, une résolution par éléments finis comporte trois étapes (figure 1) :

**a. Préparation des données ou Pré-processing:** définir le problème; les étapes majeurs sont données ci-dessous :

- Définition des points clés (keypoints) /lignes/surfaces/volumes;

- Définir le type d'élément fini, ses propriétés géométriques et les propriétés physiques des matériaux;

- Maillage des lignes /surfaces/volume si cela est requis.

Les données nécessaires dépendent évidemment de la dimension du problème. (i.e. 1D, 2D, axisymétrique, 3D).

**b. Traitement ou Processing:** assigner les charges, contraintes (conditions aux limites) et résolution; on spécifie notamment la nature des charges (localisées et/ou distribuées), contraintes ou conditions aux limites (translation et rotation) et, finalement, on résout le système d'équations.

**c. Post-processing:** analyse et visualisation des résultats; lors de cette étape, on peut examiner:

- La liste des déplacements nodaux ;

- Les forces et des moments au niveau des éléments;

- Tracé des déformées.

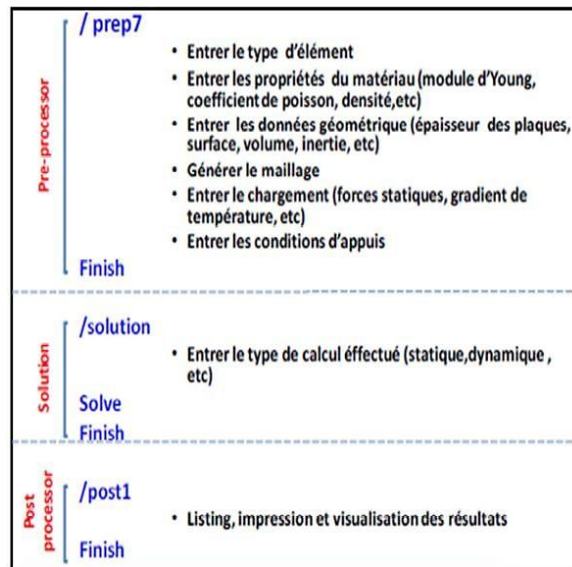
- Tracé des iso-contours des contraintes.

L'analyse des éléments finis par ANSYS peut être réalisée par trois méthodes:

a. Interactive (*Graphical User Interface* GUI)

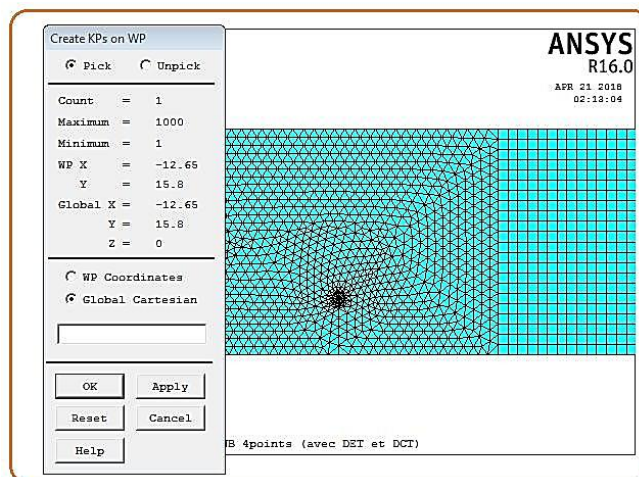
b. Programmation par le fichier d'analyse

c. Mixage des deux méthodes mentionnées



**Fig.1** : Schéma d'utilisation classique d'ANSYS

- ✓ Dans la méthode interactive ou GUI, les données peuvent être entrées par les fenêtres préparées par ce logiciel éléments finis. Ces fenêtres sont plus simples pour les petits calculs, mais elles ne sont pas adaptées pour les calculs compliqués et répétitifs. A titre d'exemple, une fenêtre est présentée dans la figure 2.

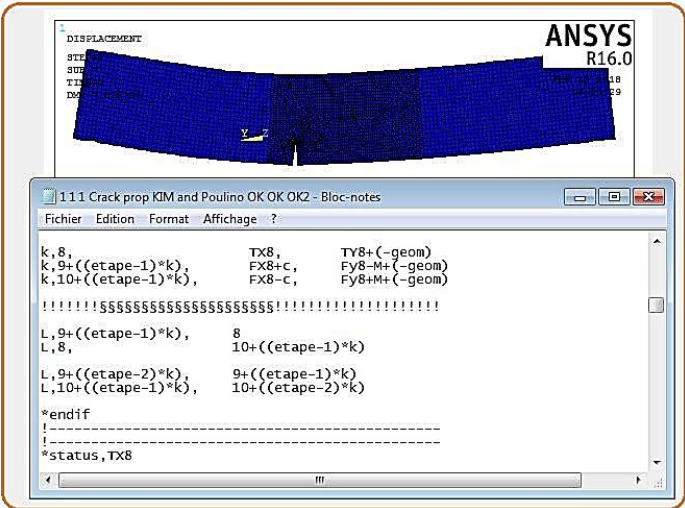


**Fig. 2** : Utilisation du logiciel d'éléments finis par GUI.

Dans la méthode de la programmation pour le fichier d'entrée, les paramètres du comportement des matériaux, la géométrie et la résolution sont facilement contrôlés par la

méthode de programmation. Un autre avantage de cette application est la mise en évidence dans les calculs compliqués qui se font en plusieurs pas, en utilisant par exemple, la technique «sub-modeling», « super élément » et le calcul de la mécanique linéaire de la rupture.

Le Mixage des deux méthodes mentionnées (GUI et Programmation) est généralement plus efficace dans les calculs par éléments finis. La figure 3 illustre un exemple de l'utilisation générale de la programmation, le fichier TEXT est fréquemment utilisé.



**Fig. 3 :** Utilisation du logiciel par la méthode de programmation