

الجمهورية الجزائرية الشعبية الديمقراطية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تموشنت

Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib Ain Témouchent

Institut de Technologie

Département de Génie Civil



Mémoire Pour L'obtention du Diplôme de MASTER

Filière : GENIE CIVIL

Spécialité : STRUCTURE

Thème :

***DYNAMIQUE DES STRUCTURE PAR  
ANSYS : ETUDES DE QUELQUE EXEMPLES***

Présenté Par :

- M<sup>elle</sup>. BENT BOUFELDJA Asma
- Mr. BENDEKHIS Younes

Devant le jury composé de :

Mr.Djelil Mohamed	MAA	C.U.B.B.A.T	Président
Mr. SAID Abderahmane	MCB	C.U.B.B.A.T	Examineur
Mme.MAROUF Hafida	MCB	C.U.B.B.A.T	Rapporteur
Mme.TAHAR BERRABAH Amina	MCA	C.U.B.B.A.T	Co-Rapporteur

***Année Universitaire 2019/2020***

# Remerciements

*Nos remerciements vont :*

- *Notre parfaite gratitude et nos remerciements à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté de mener à bien ce modeste travail.*
- *A nos pères: qui depuis notre tendre enfance nous avons toujours assisté dans tous les domaines de la vie sans relâche, avec courage générosité, sagesse. Vous nous avez inculqué avec amour et fermeté les vertus qui nous servent de bréviaire, et vous avez été pour nous un modèle d'honneur, de dignité et de droiture à qui je me réfère autant que possible;*
- *A nos mère: femme généreuse, courageuse et sensible qui nous a éduqué depuis notre enfance et qui continue à nous soutenir jusqu'à l'heure actuelle, que Dieu vous paie des efforts que vous avez consentis pour notre réussite*
- *C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions nos encadreurs Mme Marouf Hafida et Mme Tahar Berrabah pour leurs soutiens, leurs conseils et leurs grands encouragements à faire ce travail.*
- *Nous exprimons également nos reconnaissances à tous les membres du jury ayant accepté de lire, de présider et d'examiné ce travail*

*Enfin, à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude, qu'ils voient ici, l'expression de nos sincères remerciements.*

## DÉDICACE :

*Je dédie ce travail a :*

*A mes parents, aucun hommage ne pourrait être a la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler, que dieu leur procure bonne santé et long vie.*

*A celui que j'aime beaucoup pour l'amour, l'attention ; la patience et le soutien qu'il m'a apporté : mon fiancé Oussama*

*A ma sœur Amel et mon frère Abd el Jalile, pour leur patience, d'avoir tendu chaleureusement leurs bras et pour avoir évincé mes moments de doute.*

*A ma chère grand-mère maternelle, dieu l'a gardée pour nous.*

*A mes proche amies Amel et aicha pour leur soutien moral*

*A mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*

*Et enfin a toutes celles et tous ceux qui d'une manière ou d'une autre m'ont aidé et soutenu.*

*Bent boufeldja asma*

## DÉDICACE :

*Rien n'est aussi beau à offrir avec grand respect à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.*

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chers parents qui ont sacrifié leurs vies pour notre bien.*

*Mes sœurs et toute la famille : BENDERAS*

*Mes amis KHALIL et AMINE, Mon binôme Asma et tous mes amis de la promotion de Génie civil.*

*Et en dernier, un grand merci à toutes celles et tous ceux qui d'une manière ou d'une autre m'ont aidé et soutenu.*

**BENDERAS YOUNES**

## **Résumé**

*Une analyse de structure permet de prédire la réponse d'un milieu (solide ou fluide) soumis à des conditions imposées par l'environnement externe (force, déplacement, flux thermique).*

*Le logiciel ANSYS, dans sa version ANSYS Mécanique ou Multiphasique, permet une gamme complète d'analyses structurales notamment l'analyse statique, l'analyse modale, l'analyse harmonique, l'analyse transitoire...Ce travail aidera l'utilisateur novice à savoir comment utiliser le programme et utiliser les compétences les plus importantes qui lui sont associées. Et comment développer une analyse statique (les forces sont appliquées de façon statique, pas de variation au cours du temps) et une analyse dynamique (les analyses des réponses propres de la structures), L'accent sera mis sur le domaine structurel (déformation, Contrainte, réaction) et le comparer manuellement avec les résultats calculés.*

**Mots clés :** ANSYS APDL ; Poutres ; Modélisation, Distorsion ; Vibration ; Propriétés dynamiques ; Modes propres.

## ملخص

يُتيح تحليل الهيكل التنبؤ باستجابة وسط (صلب أو مانع) خاضع للظروف التي تفرضها البيئة الخارجية (القوة الازاحة التدفق الحراري برنامج ANSYS في إصدار ANSYS الميكانيكي أو المتعدد الفيزياء يسمح مجموعة كاملة من التحليلات الهيكلية بما في ذلك التحليل الساكن و التحليل النمطي والتحليل التوافقي والتحليل العابر... سيساعد هذا العمل المستخدم المبتدئ على معرفة كيفية استخدام البرنامج و استخدام المهارات الأكثر أهمية التي هي وكيفية تطوير تحليل ثابت ( يتم تطبيق القوى بشكل ثابت لا يوجد اختلاف بمرور الوقت) وتحليل ديناميكي (تحليلات لاستجابات الهيكل) سيكون التركيز على المجال الهيكلية (التشوه. الإجهاد. رد الفعل) ومقارنتها يدويا مع النتائج المحسوبة.

الكلمات المفتاحية: النمذجة؛ التشوه اهتزاز؛ خصائص ديناميكية؛ أوضاع الذاتية؛ ANSYS APDL

## ***Abstract:***

*A structure analysis makes it possible to predict the response of a medium (solid or fluid) subjected to conditions imposed by the external environment (force, displacement, thermal flux)*

*The ANSYS software, in its ANSYS Mechanical or multiphase version, allows a full range of structural analyzes including static analysis, modal analysis, harmonic analysis, transient analysis ... This work will help the novice user to know how to use the program and use the most important skills associated with it. And how to develop a static analysis (the forces are applied statically, no variation over time) and a dynamic analysis (analyzes of the structure's own responses), the emphasis will be on the structural domain (deformation, Constraint, Reaction) and compare it manually with the calculated results.*

*Keywords: ANSYS APDL; Beams; Modeling ; Distortion; Vibration; Dynamic properties; Clean modes.*

## Table des matières :

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	VII

## SOMMAIRE

Introduction Générale.....	1
<b>Chapitre I : des information de base sur le programme</b>	
I.1 Introduction:.....	2
I.2 L'histoire derrière l'innovation ANSYS .....	2
I.3 Environnements logiciels.....	4
• ANSYS Classique: .....	5
• ANSYS Workbench :.....	5
I.4 Interfaces de programme : .....	6
I.5 Sauvegarder et restauré des emplois : .....	11
I.6 Organisation des fichiers : .....	12
I.7 Impression et traçage :.....	12
I.8 Quitter le programme : .....	13
I.9 Procédure générale : .....	13
I.10 Conclusion: .....	19
<b>Chapitre II : Résistance des matériaux par ANSYS</b>	
II.1 Introduction : .....	20
<b>II.2 Application 01</b> .....	21
Le but de cet exemple : .....	22
II.2.1.1 Définissez le type de problème .....	22
<b>II.3 Application 02</b> .....	36
Le but de cet exemple : .....	36
•Définition des déplacements: .....	40
•Application de charge concentrée: .....	41
•Application de force répartie :.....	42
Remarque .....	43
Remarque .....	43
•Aperçu des résultats :.....	43



•Aperçu des reaction dans les appuis .....	44
•Vérifier les réponses mathématiquement:.....	45
<b>II.4 Application 03</b> .....	45
Le but de cet exemple : .....	45
Remarque .....	47
•Définition des déplacements: .....	50
•Vérifier les charges appliquées aux appuis :.....	54
•Aperçu des résultats :.....	54
•Aperçu du mécanisme de la distorsion sous forme vidéo :.....	55
•Aperçu schématique des forces et contraintes dans les barres : .....	57
Aperçu des réactions dans les appuis : .....	59
II.5 Conclusion.....	59

### **Chapitre III    Dynamique Des Structures par ANSYS**

III.1 Introduction: .....	60
III.2 L'analyse modale :.....	60
III.3 Application .....	61
III.4 Analyse harmonique: .....	76
III.5 Application .....	76
III.6 L'analyse transitoire : .....	89
III.7 Application .....	89
III.8 Conclusion.....	102

## **Liste des figures**

### **Chapitre I**

<b>Figure I .1:</b> section de l'interface principale .....	5
<b>Figure I.2 :</b> menu de l'utilitaire ANSYS.....	6
<b>Figure I-3 :</b> Barre d'outils ansys.....	7
<b>Figure I-4 :</b> menu principal d'Ansys .....	7
<b>Figure I-5 :</b> fenêtre graphique.....	8
<b>Figure I-6 :</b> fenêtre de sortie .....	9
<b>Figure I-7 :</b> enregistrer le fichier de travail .....	10
<b>Figure I-8 :</b> en tant que fichier .....	11
<b>Figure I-9 :</b> imprimer sur imprimante .....	11
<b>Figure I-10 :</b> quitter ANSYS .....	12

<b>Figure I-11</b> : la nature du sujet .....	13
<b>Figure I-12</b> : définitions des éléments utilisés .....	13
<b>Figure I-13</b> : définition des propriétés des matériaux .....	14
<b>Figure I-14</b> : construction du modèle étudié.....	15
<b>Figure I-15</b> : division en élément limites .....	15
<b>Figure I-16</b> : application des charges .....	16
<b>Figure I-17</b> : définition du type d'analyse .....	17
<b>Figure I-18</b> : la solution.....	17
<b>Figure I-19</b> : aperçu des résultats.....	18

## Chapitre II

<b>Figure II-1</b> : plan $\Sigma$ .....	19
<b>Figure II-2</b> : représentation d'une poutre droite dans le repère .....	20
<b>Figure II-3</b> : poutre de consol.....	22
<b>Figure II-4</b> : choix de la nature du sujet .....	23
<b>Figure II-5</b> : choix d'élément propriétés des matériaux.....	24
<b>Figure II-6</b> : propriétés des matériaux définir la section.....	25
<b>Figure II-7</b> : définir la section modalisation.....	26
<b>Figure II-8</b> : modalisation création des points.....	26
<b>Figure II-9</b> : création des points affichage des points .....	27
<b>Figure II-10</b> : affichage des points affichage des points .....	27
<b>Figure II-11</b> : affichage des points affichages des lignes.....	28
<b>Figure II-12</b> : affichages des lignes subdivision du l'élément .....	28
<b>Figure II-13</b> : subdivision du l'élément Fractionner l'élément.....	29
<b>Figure II-14</b> : Fractionner l'élément définition des déplacements .....	29
<b>Figure II-15</b> : définition des déplacements choix du nœud.....	30
<b>Figure II-16</b> : choix du nœud choix du type du déplacement.....	30
<b>Figure II-17</b> : choix du type du déplacement définition des forces moment.....	31
<b>Figure II-18</b> : définition des forces moment application de charge concentrée .....	31
<b>Figure II-19</b> : application de charge concentrée affichage des résultats force concentré.....	31
<b>Figure II-20</b> : affichage des résultats force concentré commencer l'analyse.....	32
<b>Figure II-21</b> : commencer l'analyse définissez la forme déformée.....	33
<b>Figure II-22</b> : définissez la forme déformée la forme déformée.....	33
<b>Figure II-23</b> : la forme déformée aperçu des transferts de rayons .....	34
<b>Figure II-24</b> : aperçu des transferts de rayons aperçu du moment.....	35
<b>Figure II-25</b> : aperçu du moment aperçu de la réaction .....	35
<b>Figure II-26</b> : aperçu de la réaction définition de la section.....	37
<b>Figure II-27</b> : la forme et ses dimensions dessinez le 1er point principale .....	37
<b>Figure II -28</b> : définition de la section .....	38
<b>Figure II.29</b> : Dessinez le 1er point principale .....	38
<b>Figure II-30</b> : affichage des points .....	38
<b>Figure II-31</b> : traçage des lignes .....	39
<b>Figure II-32</b> : déterminer la longueur maximale des éléments.....	40
<b>Figure II-33</b> : le maillage .....	40
<b>Figure II-34</b> : définition des déplacements.....	41
<b>Figure II-35</b> : application de la force concentrée.....	41

<b>Figure II-36</b> : application de charge concentrée .....	42
<b>Figure II-37</b> : application des forces répartie .....	43
<b>Figure II-38</b> : affichage des résultats .....	43
<b>Figure II-39</b> : diagramme du moment.....	44
<b>Figure II-40</b> : les valeurs des réactions .....	45
<b>Figure II.41</b> : poutre en treillis .....	45
<b>Figure II-42</b> : choix type d'élément.....	46
<b>Figure II-43</b> : choix des constants types d'élément.....	46
<b>Figure II-44</b> : définition de la section des barres .....	47
<b>Figure II-45</b> : création des points principaux .....	47
<b>Figure II-46</b> : affichage des points.....	48
<b>Figure II-47</b> : création des lignes .....	49
<b>Figure II-48</b> : affichage des lignes .....	49
<b>Figure II-49</b> : subdivision du l'élément .....	50
<b>Figure II-50</b> : application des forces .....	51
<b>Figure II-51</b> : affichage des appuis .....	52
<b>Figure II-52</b> : choix des nœuds.....	53
<b>Figure II-53</b> : application des forces concentrées .....	53
<b>Figure II-54</b> : vérifier les valeurs des charges .....	54
<b>Figure II-55</b> : voir des résultats (deformed+undeformed shape).....	55
<b>Figure II-56</b> : activation du mécanisme de distorsion sous forme vidéo .....	56
<b>Figure II-57</b> : aperçu numérique des transferts .....	57
<b>Figure II-58</b> : définition les forces pour inspection schématiquement.....	57
<b>Figure II-59</b> : aperçu des forces dans les barres .....	58
<b>Figure II-60</b> : définition des contraintes pour inspection schématiquement .....	58
<b>Figure II-61</b> : aperçu des contraintes dans les barres .....	59
<b>Figure II-62</b> : aperçu des réactions dans les appuis .....	59

### Chapitre III

<b>Figure III-1</b> : la forme et ses dimensions.....	61
<b>Figure III-2</b> : type du problème .....	61
<b>Figure III-3</b> : sélectionnez l'élément à utiliser.....	62
<b>Figure III-4</b> : définir les propriétés du matériau .....	62
<b>Figure III-5</b> : définir les couches et l'épaisseur des éléments .....	63
<b>Figure III-6</b> : aperçu des couches .....	64
<b>Figure III-7</b> : dessiner des points.....	64
<b>Figure III-8</b> : aperçu des points .....	65
<b>Figure III-9</b> : aperçu des lignes .....	65
<b>Figure III-10</b> : aperçu de surface.....	66
<b>Figure III-11</b> : aperçu de la partition .....	67
<b>Figure III-12</b> : définition des appuis.....	68
<b>Figure III-13</b> : aperçu des appuis.....	68
<b>Figure III-14</b> : déterminer le type d'analyse.....	69
<b>Figure III-15</b> : déterminer les options d'analyse.....	69

<b>Figure III-16</b> : commencer l'analyse.....	70
<b>Figure III-17</b> : aperçu de la déformation sous forme vidéo .....	71
<b>Figure III-18</b> : choisissez le numéro de style à pré visualiser .....	71
<b>Figure III-19</b> : afficher les transitions par styles .....	74
<b>Figure III-20</b> : la forme et ses dimensions.....	76
<b>Figure III-21</b> : choix type du matériau.....	76
<b>Figure III-22</b> : définition de la section.....	77
<b>Figure III-23</b> : création des points .....	77
<b>Figure III-24</b> : création des lignes .....	78
<b>Figure III-25</b> : le maillage.....	78
<b>Figure III-26</b> : affichage du maillage.....	79
<b>Figure III-27</b> : choix du type d'analyse.....	79
<b>Figure III-28</b> : définition des déplacements .....	80
<b>Figure III-29</b> : application des forces moment.....	81
<b>Figure III-30</b> : Ajustez les paramètres de champ de fréquence et les étapes partielles .....	81
<b>Figure III-31</b> : commencer l'analyse.....	82
<b>Figure III-32</b> : aperçu de la déformation premier set.....	83
<b>Figure III-33</b> : aperçu de la déformation deuxième set.....	83
<b>Figure III-34</b> : aperçu de la forme déformé ( dernier set).....	83
<b>Figure III-35</b> : déterminer la vitesse verticale .....	84
<b>Figure III-36</b> : choix du point d'application.....	85
<b>Figure III-37</b> :aperçu graphique de la transition verticale ( $U_y$ ) et à l'échelle linéaire .....	85
<b>Figure III-38</b> : déterminer l'échelle logarithmique .....	86
<b>Figure III-39</b> : aperçu graphique de la transition verticale ( $U_y$ ) et à l'échelle logarithmique .....	87
<b>Figure III-40</b> : aperçu des données numérique .....	87
<b>Figure III-41</b> : la forme et ses dimensions .....	88
<b>Figure III-42</b> : définition des charges utiles .....	89
<b>Figure III-43</b> : la sauvegarde des données .....	90
<b>Figure III-44</b> : suggérer un nom de charge utile.....	90
<b>Figure III-45</b> : choix type d'élément .....	91
<b>Figure III-46</b> : définition des déplacements .....	92
<b>Figure III-47</b> : définition des forces moments.....	92
<b>Figure III-48</b> : affichage des forces moments .....	93
<b>Figure III-49</b> : Ajustez les paramètres d'analyse .....	94
<b>Figure III-50</b> : déterminer la vitesse verticale ( $U_y$ ).....	95
<b>Figure III-51</b> : aperçu du digramme de déplacement vertical.....	96
<b>Figure III-52</b> : déterminer la vitesse de travail.....	97
<b>Figure III-53</b> : aperçu le diagramme de vitesse verticale.....	97
<b>Figure III-54</b> : aperçu schématique des données de noeud sélectionnées .....	98
<b>Figure III-55</b> : aperçu des données du noeud sélectionné numériquement.....	98
<b>Figure III-56</b> : aperçu de la réaction.....	99
<b>Figure III-57</b> : déterminer le temps ( $t=5$ ) pour pré visualisé les réactions en elle.....	99
<b>Figure III-58</b> : Inspecter les réactions résultantes temp( $t=5$ ).....	100

## Liste des Tableaux

## Chapitre II

<b>Tableau II .1</b> : les coordonnées des points .....	44
<b>Tableau II .2</b> : Les coordonnées des points .....	45
<b>Tableau II .3</b> : les coordonnées des points .....	53
<b>Tableau II .4</b> : les coordonnées des points .....	54

## Chapitre III

<b>Tableau III.1</b> : déterminer l'épaisseur des couches .....	68
---	----

## ***Glossaire***

***APDL*** : ANSYS parametric design langage

***EX*** : module de Young

***PRXR*** : coefficient de poisson

***CS*** : coordinat system

***LS***: load step

***DOF***: degree of freedom

***NMODE*** : nombre de mode

***DENS*** : la densité

***B*** : largeur

***H*** : hauteur

***NDIV*** : No.of élément divisions

***MOM***: moment

***LOGY***: logarithmic

***FREQ***: fréquence

***HZ*** : hertz

***GUI*** : graphical user interface

***3D*** : trois dimensions

***IA*** : intelligence artificielle

***MAT*** : matériau

***CFD*** : computational fluid dynamics

***A*** : amplitude

# Introduction Générale

Le programme ANSYS est considéré comme l'un des programmes de modélisation numérique les plus forts et les plus célèbres qui se caractérisent par une grande capacité à représenter le problème étudié, peu importe à quel point il est sophistiqué et c'est l'un des programmes anciens. Programme depuis 1970, Sa version est développée chaque année. Le programme est utilisé dans la plupart des régions du monde et dans divers domaines scientifiques tels que les sciences du génie civil, le génie mécanique, l'aviation, l'espace, l'industrie, l'écoulement des fluides, les gaz, les champs électriques et électromagnétiques en plus d'autres domaines. Ce programme étant utilisé par de nombreuses universités de renommée mondiale aux fins de la recherche scientifique et des tests de nouveaux modèles [3].

Nous voulions, à travers cet humble travail, fournir une idée préliminaire et une manière simple et simplifiée de gérer le programme. (ANSYS APDL)

Ce travail consacré à ce sujet est divisé en trois chapitres :

Le premier chapitre fournit des informations de base sur le programme, les définitions nécessaires et comment gérer le programme,

La deuxième chapitre est consacré à effectuer une analyse statique de certains modèles linéaires Il est utilisé pour déterminer les transitions, les contraintes et les déformations sous l'influence de la charge fixe et la négligence de l'effet de ralenti ou d'amortissement.

En fin La troisième chapitre est consacré à étudier la réponse dynamique de structures, les fréquences naturelles et les formes des modes naturels des vibrations en commençons par l'analyse modale puis harmonique puis transitoire.

En conclusion, toute action peut contenir des erreurs ou des observations, car la perfection est pour dieu seul.

# **Chapitre I :**

# **Des Informations de**

# **Base sur le**

# **Programme**



## **I.1 Introduction:**

Ce chapitre vise à fournir un aperçu du programme qui comprend l'identification de ses interfaces et les principales étapes de travail pour la modélisation avec une explication simplifiée des informations pertinentes les plus importantes [1].

## **I.2 L'histoire derrière l'innovation ANSYS**

Si vous avez déjà vu un lancement de fusée, volé dans un avion, conduit une voiture, utilisé un ordinateur, touché un appareil mobile, traversé un pont ou utilisé une technologie portable, vous avez probablement utilisé un produit où le logiciel ANSYS a joué un rôle essentiel dans sa création

ANSYS, est un éditeur de logiciels spécialisé dans la simulation numérique. La société est basée à Canonsburg, en Pennsylvanie, aux États-Unis. ANSYS développe, promeut et accompagne son logiciel de simulation utilisé pour prédire le comportement d'un produit dans son environnement. Ses principaux produits sont des logiciels qui implémentent la méthode des éléments finis, afin de résoudre des modèles précédemment discrétisés. L'entreprise possède de nombreuses filiales<sup>2</sup> dans le monde, notamment en Europe et en Asie. [1]

### **I.2.1 Définition**

ANSYS est un package de modélisation par éléments finis à usage général pour résoudre une grande variété de problèmes mécaniques. Ces problèmes incluent l'analyse statique et dynamique, analyse structurale (linéaire et non linéaire), transfert de chaleur et fluide problèmes, ainsi que des problèmes acoustiques et électromagnétiques.

### **I.2.2 Aspects Techniques :**

#### **I.2.2.1 Structures**

Le logiciel d'analyse structurelle ANSYS vous permet de résoudre des problèmes d'ingénierie structurelle complexes et de prendre de meilleures décisions de conception plus rapidement. Ce produit permet de réaliser des simulations mécaniques en calcul structurel. Ses principales capacités sont :

Analyse statique ;

Analyse modale ;

Analyse harmonique (réponse forcée) ;

Analyse temporelle.

Gestion de différentes situations non linéaires (contacts, plasticité des matériaux, grands déplacements ou grandes déformations).

ANSYS Mechanical Pro ;

ANSYS Mechanical Enterprise ;

ANSYS LS-DYNA [1].

### **I.2.2.2 Conception 3D**

Explorez rapidement des idées, répétez et innovez avec le logiciel de conception 3D ANSYS Découverte. Avec les outils faciles à utiliser, vous pouvez créer et optimiser des produits plus légers et plus intelligents.

ANSYS Discovery AIM ;

ANSYS Discovery Live ;

ANSYS Discovery space Claim.

### **I.2.2.3 Électronique**

La simulation de champ électromagnétique ANSYS vous aide à concevoir des produits électriques et électroniques innovants plus rapidement et à moindre coût

ANSYS HFSS ;

ANSYS Icepack ;

ANSYS Electronics Desktop.

### **I.2.2.4 Logiciels embarqués**

Les logiciels intégrés sont de plus en plus utilisés dans les appareils intelligents, mais le code imparfait peut être la cause de nombreuses défaillances de produits.

Cycle de vie ANSYS SCADE ;

Architecte ANSYS SCADE ;

Affichage ANSYS SCADE.

### **I.2.2.5 Fluides**

La dynamique des fluides numérique (CFD) est un outil avec une flexibilité, une précision et une ampleur d'application incroyables.

ANSYS Fluent ;

ANSYS CFX ;

ANSYS Chemkin Enterprise.

### **I.2.2.6 Matériaux**

Chaque produit est fabriqué à partir de matériaux. Vous devez baser vos décisions et votre analyse sur les bonnes informations sur ces matériaux. Et vous devez appliquer ces informations correctement. La gamme de produits ANSYS Granta peut vous aider.

### **I.2.2.7 Optique**

Les conditions d'éclairage affectent les performances du produit, le confort humain et la perception - la modélisation de la propagation de la lumière et de son impact est donc cruciale.

Appareil de mesure optique ANSYS ;

ANSYS SPEOS.

### **I.2.2.8 Plate-forme**

Les entreprises d'aujourd'hui opèrent dans un environnement hautement compétitif où chaque entreprise s'efforce d'innover plus rapidement tout en réduisant ses coûts de développement et de maintenance des produits.

Simulation multi physique ;

ANSYS Cloud ;

Solutions de maillage ANSYS.

### **I.2.2.9 Semi-conducteurs**

La nouvelle ère des semi-conducteurs permettra des produits de transformation pour les applications d'intelligence artificielle (IA), 5G, automobile, de mise en réseau, de Cloud et de calcul de périphérie.

ANSYS Exalto ;

ANSYS Path Finder ;

ANSYS Path FX.

### **I.2.2.10 Les systèmes**

À mesure que la complexité du produit augmente, le défi d'intégrer des composants individuels au sein d'un système augmente également pour garantir qu'ils fonctionnent ensemble comme prévu.

ANSYS Twin Builder ;

ANSYS VRXPERIENCE.

## **I.3 Environnements logiciels**

Deux environnements logiciels sont utilisés pour implémenter le code ANSYS:

- **I.3.1 ANSYS Classique:**

Première solution logicielle développée par le constructeur. Il est destiné à la construction de modèles d'éléments finis à géométrie simple, facilement constructibles à l'aide d'opérations de base. À partir de cet environnement, l'utilisateur construit directement un modèle d'éléments finis en utilisant le langage de script APDL (ANSYS Parametric Design Language). ANSYS classique est donc destiné aux utilisateurs compétents dans le domaine de la simulation numérique [1].

- **I.3.2 ANSYS Workbench :**

Cette plateforme propose une approche différente dans la construction d'un modèle en réutilisant le code ANSYS initial. Il est particulièrement adapté au traitement des cas à 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 plateforme est donc chargée de convertir les requêtes saisies par l'utilisateur en code ANSYS avant de lancer la résolution. Le modèle par éléments finis généré reste manipulé en insérant des commandes spécifiques au code ANSYS [1].

#### **I.4 Interfaces de programme :**

Le programme s'ouvre selon le chemin suivant :

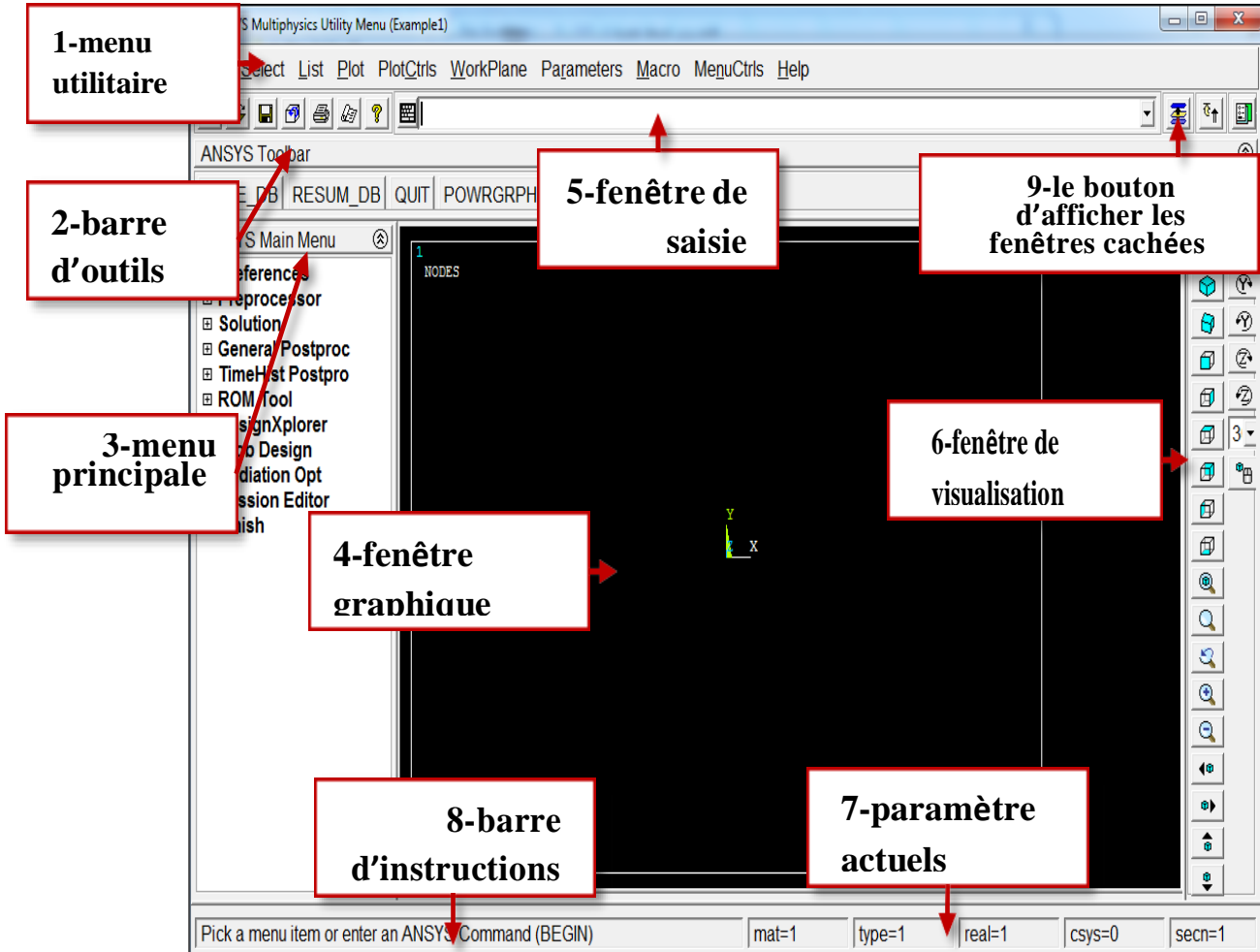
»START→all programs→Mechanical Ansys

Figure : Démarrage de ansys

Lors de l'exécution du programme, deux interfaces apparaissent, la première interface est connue sous le nom d'interface principale(GUI) et la seconde est l'interface de sortie (Output Windows) :

### I.4.1 L'interface principale :(graphical user interface GUI)

Comprend les sections principales dans la figure :

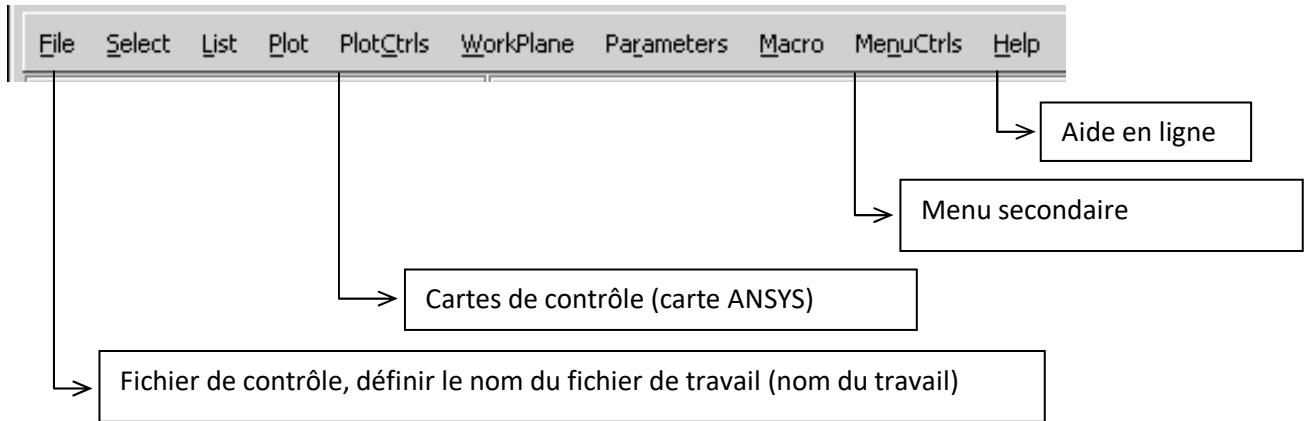


**Figure I -1** : section de l'interface principale

Ces sections sont :

#### I.4.1.1 Menu utilitaire (Utility menu) :

Contient des fonctions disponibles dans la session ANSYS, comme les contrôles de fichiers, les sélections, les contrôles graphiques et paramètre



**Figure I.2 :** menu de l'utilitaire ANSYS

**File :** les paramètres liés au fichier de travail incluent la suppression de données, la lecture d'un fichier d'entrée, l'enregistrement de données dans un fichier ou la restauration de données à partir d'un fichier en plus de quitter le programme.

**Select :** il comprend des commandes qui permettent à l'utilisateur de choisir certaines données et de les regrouper dans un groupe.

**List :** il permet à l'utilisateur de classer toutes les données stockées dans le programme selon des listes.

**Plot :** il permet à l'utilisateur de dessiner des composants spécifiques tels que des points (Key points), des lignes, des zones, des volumes, des nœuds (nodes) ou des éléments.

**PlotCtrls :** les commandes qui contrôlent l'aperçu et la forme d'affichage du formulaire sur l'interface graphique sont incluses.

**Work plane :** il permet d'activer ou de désactiver des axes temporaires en plus de les modifier, de les faire pivoter et de contrôler leurs paramètres, ainsi que des commandes liées aux phrases de coordonnées.

**Paramètres :** il comprend des commandes qui permettent de définir, de modifier ou de supprimer des variables.

**Macro :** il permet à l'utilisateur d'enregistrer une macro (macro) et peut également ajouter ou supprimer des dommages à la barre d'outils (toolbar).

**Menu ctrls :** permettant à l'utilisateur de contrôler les formats de menu ainsi que la barre d'outils.

**Help :** il ouvre le manuel d'aide dans le programme.[2]

### I .4.1.2 Barre d'outils (toolbar):

la barre d'outils contient des boutons poussoirs qui exécutent les commandes Ansys couramment utilisées. D'autres boutons poussoirs peuvent être mis à disposition si vous le souhaitez

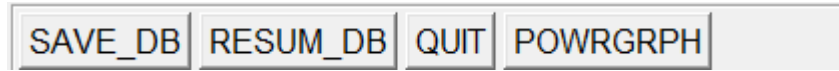


Figure I.3 : Barre d'outils ansys

### I.4.1.3 Menu principal d'ANSYS (main menu) :

Menu principal: le menu principal contient les principales fonctions ANSYS, organisées par préprocesseur, solution, post processeur général et optimiseur de conception. Il est à partir de ce menu, la grande majorité des commandes de modélisation sont émises.

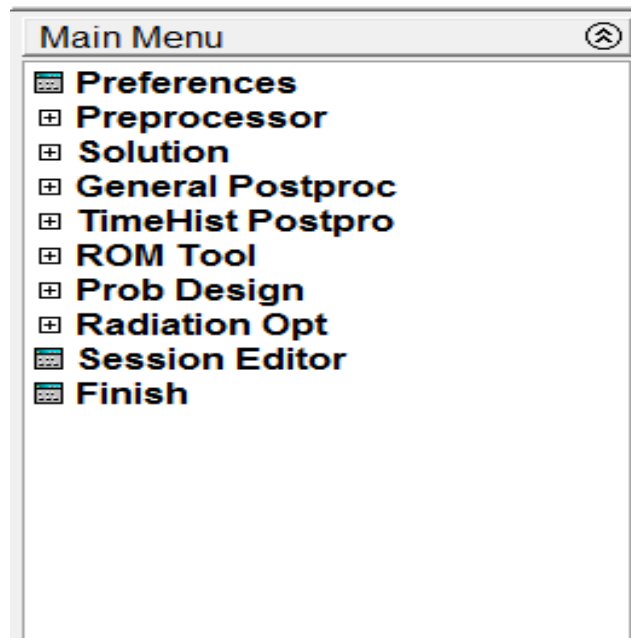


Figure I.4 : menu principal d'Ansys

Le plus important de ces onglets :

1-(Préférence) : A travers lequel la nature de la matière est déterminée thermiquement, le flux électromagnétique,

2-(Preprocessor) : la phase de pré-analyse, dans laquelle la forme d'ingénierie du modèle étudié est construite, les éléments utilisés et les propriétés des matériaux....

3- (Solution) : l'étape d'analyse sont définis dans lesquels les charges et les termes de référence sont appliqués, déterminant le type d'analyse et contrôlant ses options et sa mise en œuvre.

4-(General post processor) : Phase de post-analyse au cours de laquelle les résultats de l'ensemble du formulaire sont pré visualisés a une étape de téléchargement spécifique.

5-(TimeHist Post processor) : La Phase de post-analyse dans laquelle les résultats d'un contrat spécifique du modèle sont pré visualisées tout au long des étapes de téléchargement.

6-Design exploré : Pour développer la conception initiale

7-(Prob design) : Mesurer l'effet de la diffusion et des incertitudes accompagnant les changements utilisées dans l'analyse des éléments finis sur les résultats de l'analyse.

8-(Session editor) : Ils ouvrent une fenêtre de code qui été saisie lors de la modélisation de la question

9-(Finish): Il ferme les onglets précédents s'ils sont ouverts.

#### I.4.1.4 Fenêtres graphiques (graphics window) :

La fenêtre graphique est l'endroit où les graphiques sont affichés et la sélection graphique peut être effectuée. C'est ici que l'analyse peut être visualisée.



Figure I.5 : fenêtre graphique

#### I.4.1.5 fenetre de saisie (input Windows) :

Grâce à lui, les directives du programme peuvent être transmises directement au programme par écrit, et les commandes précédentes peuvent être vues dans la même fenêtre.



#### I.4.1.6 fenetre de visualisation (view window):

Il contient des boutons dont la tâche est de contrôler et de pré visualisé la forme du formulaire dans l'interface graphique.

#### I.4.1.7 parametre actuels (curent setting) :

Affiche les nombres des paramètres actuels des éléments, qui incluent le matériau utilisé (mat), le type d'élément (type), les constantes (real), les phrases de coordonnées (csys) et la section (sec).

#### I.4.1.8 Barre d'instruction (user prompt info) :

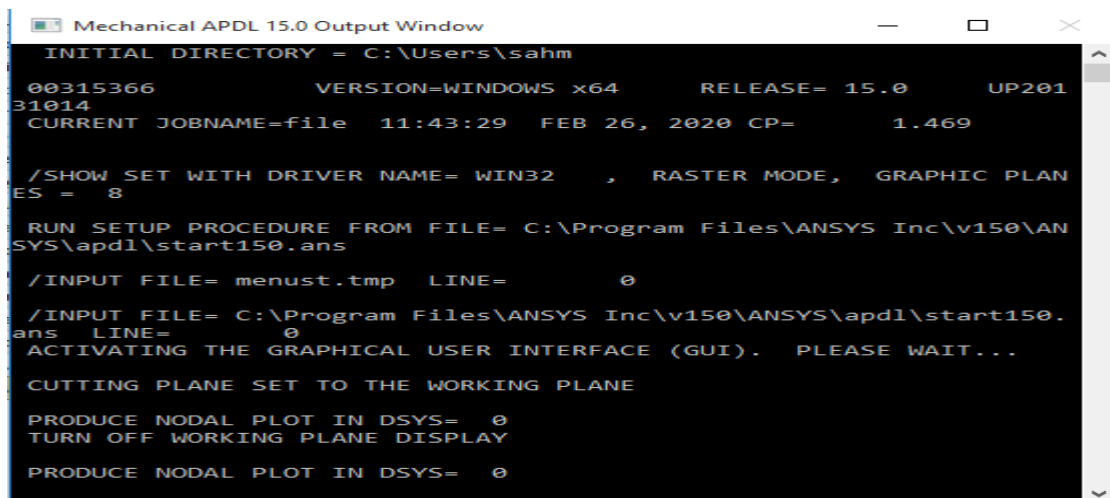
Il comprend des instructions pour aider l'utilisateur lors d'une opération.

#### 1.4.1.9 le bouton d'afficher les fenêtres cachées :

Il affiche les fenêtres contextuelles devant l'interface principale si ces fenêtres se retrouvent derrière l'interface principale.

### I.4.2 La fenêtre de sortie (output Windows) :

Affiche la sortie de texte de programme, les messages d'avertissements, les messages d'erreur, etc. elle est généralement positionné derrière la fenêtre graphique et peut être placé a l'avant si nécessaire.



```

Mechanical APDL 15.0 Output Window
INITIAL DIRECTORY = C:\Users\sahm
00315366          VERSION=WINDOWS x64          RELEASE= 15.0          UP201
31014
CURRENT JOBNAME=file  11:43:29  FEB 26, 2020 CP=          1.469

/SHOW SET WITH DRIVER NAME= WIN32  ,  RASTER MODE,  GRAPHIC PLAN
ES = 8

RUN SETUP PROCEDURE FROM FILE= C:\Program Files\ANSYS Inc\v150\AN
SYS\apdl\start150.ans

/INPUT FILE=  menust.tmp  LINE=          0

/INPUT FILE= C:\Program Files\ANSYS Inc\v150\ANSYS\apdl\start150.
ans  LINE=  0
ACTIVATING THE GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI).  PLEASE WAIT...

CUTTING PLANE SET TO THE WORKING PLANE

PRODUCE NODAL PLOT IN DSYS=  0
TURN OFF WORKING PLANE DISPLAY

PRODUCE NODAL PLOT IN DSYS=  0
    
```

Figure I-6 : fenêtre de sortie

### I.5 Sauvegarder et restauré des emplois :

Le programme n'enregistre pas automatiquement le travail, ni ne contient une commande d'annulation qui est utilisée en cas de confusion, il est utile que le fichier soit enregistré en plusieurs étapes différentes lors de la construction du formulaire.

Là où il est souvent préférable d'enregistrer après l'achèvement réussi d'une étape spécifique et il est conseillé de donner un nom ou un symbole indiquant

Cette étape de cette manière, vous pouvez facilement retourner au fichier requis en cas d'erreur commise ultérieurement ou en cas de problème inattendus.[2]

Le fichier de travail est enregistré de plusieurs manières :

- Lorsque vous souhaitez enregistrer le fichier avec un nom spécial indiquant l'étape de travail pour la réalisation .nous suivons le chemin suivant :

»Utility menu→file→save as...→ok

- Ou, il est enregistré directement dans le même fichier sans change le nom :

»Utility menu→file→save as jobname.db

Pour récupérer les fichiers enregistrés, le processus peut se faire de plusieurs manières :

»Utility menu→file→résumé frome →(déterminer le nom de fichier requis)→ok

S'il est enregistré directement sous le même nom que le fichier ouvert, il peut récupérer de la manière suivante :

»Utility menu→file →resume jobname.db

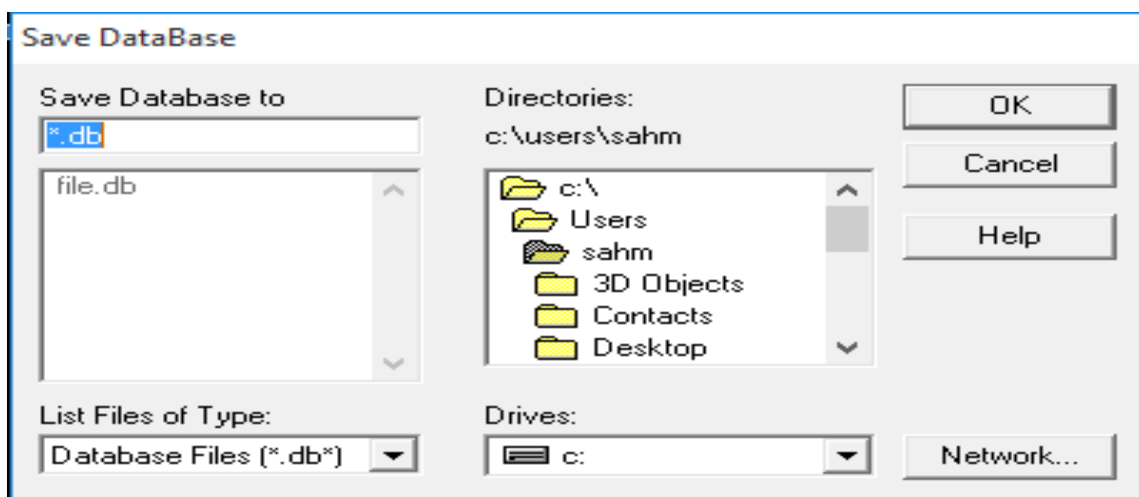


Figure I.7 : enregistrer le fichier de travail

## I.6 Organisation des fichiers :

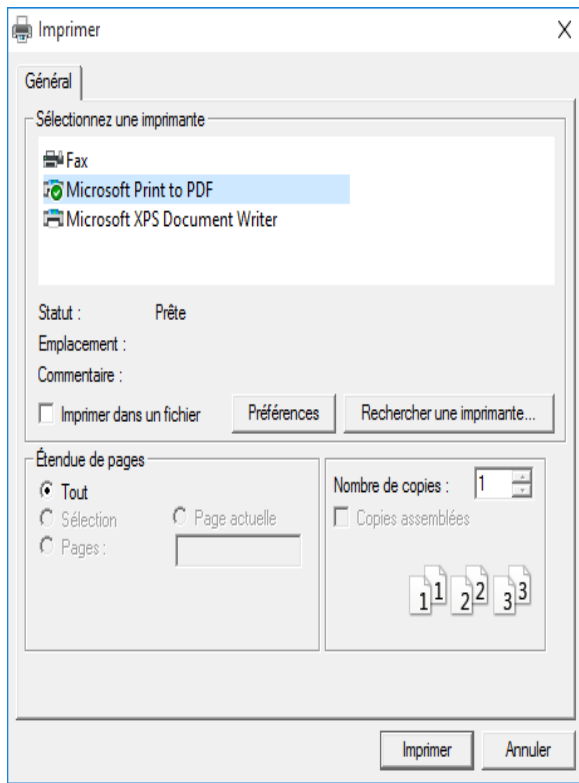
Un grand nombre de fichiers sont créés lors de l'exécution d'Ansys. Si Ansys est démarré sans spécifier de nom de tâche, le nom de tous les fichiers créés sera file. Si le nom de travail est spécifié, les fichiers créés auront tout le préfixe du fichier.

## I.7 Impression et traçage :

Lorsqu'il est nécessaire de sauvegarder rapidement une image de tout ou le courant dans la fenêtre graphique,

»Utility menu → plot ctrl→hard copy.

Là sont deux options, à savoir à l'imprimant (voir figure) et à fichier (voir figure)



**Figure I-8 :** en tant que fichier

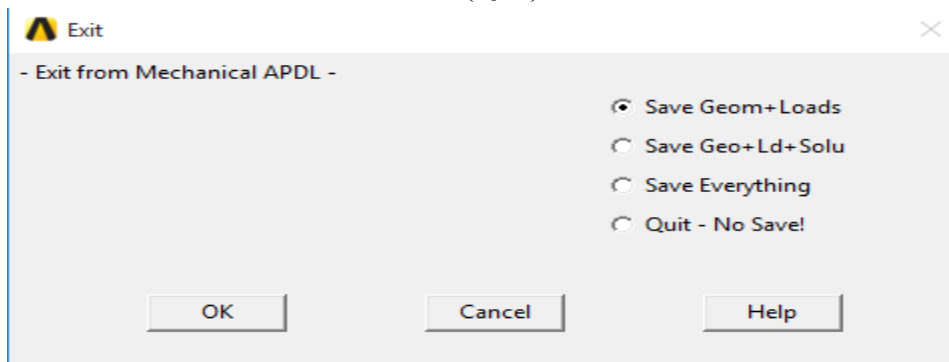
**Figure I.9 :** imprimer sur imprimante

### I.8 Quitter le programme :

Le programme Ansys peut être quitté de différentes manières :

»Utility menu→file→exit..

»Ou via le bouton (Quit) sous la barre d'outils (toolbar).



**Figure I.10 :** quitter ANSYS.

## I.9 Procédure générale :

En général, une solution d'éléments finis peut être divisée en étapes suivantes :

- 1-spécifier la nature du sujet (préférence)
- 2-Définition des éléments utilisés (élément type)
- 3-Définition des propriétés des matériaux (material properties)
- 4-Construction du modèle étudié (modeling)
- 5-Division en éléments limités (meshing)
- 6-Application des charges (loading)
- 7-Définition du type d'analyse (analyse type)
- 8-La solution (solve)
- 9-Aperçu des résultats (post processor)

Chacune de ces étapes sera expliquée dans les paragraphes suivants :

### I .9.1 Pour spécifier la nature du sujet :

La nature du problème est déterminée Par exemple structurelle, ce qui permet de raccourcir certaines options disponible dans la liste (Ansys main menu)

»Main menu→Préférence→structural→ok

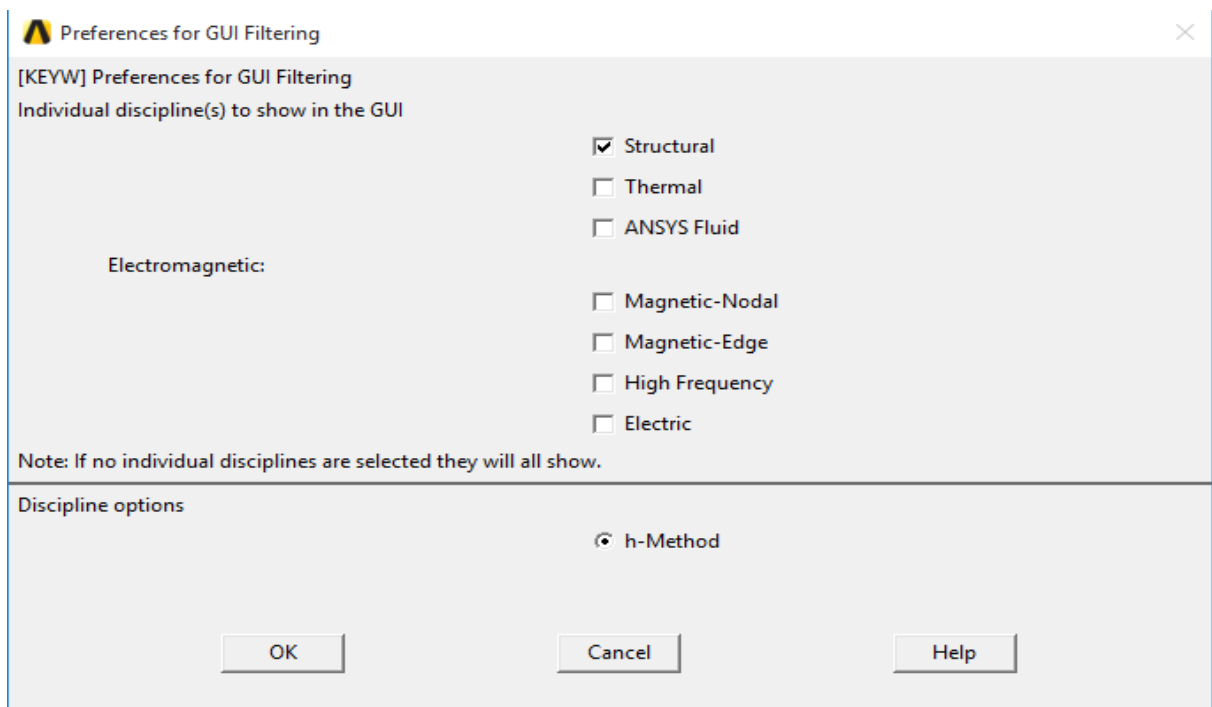


Figure I.11 : la nature du sujet

### I .9.2 Définition des éléments utilisés (élément type) :

Les éléments utilisés pour construire le modèle sont déterminés comme indiqué sur la figure, selon le chemin suivant :

»Main menu →preprocessor →element type →add /edit/delete →add

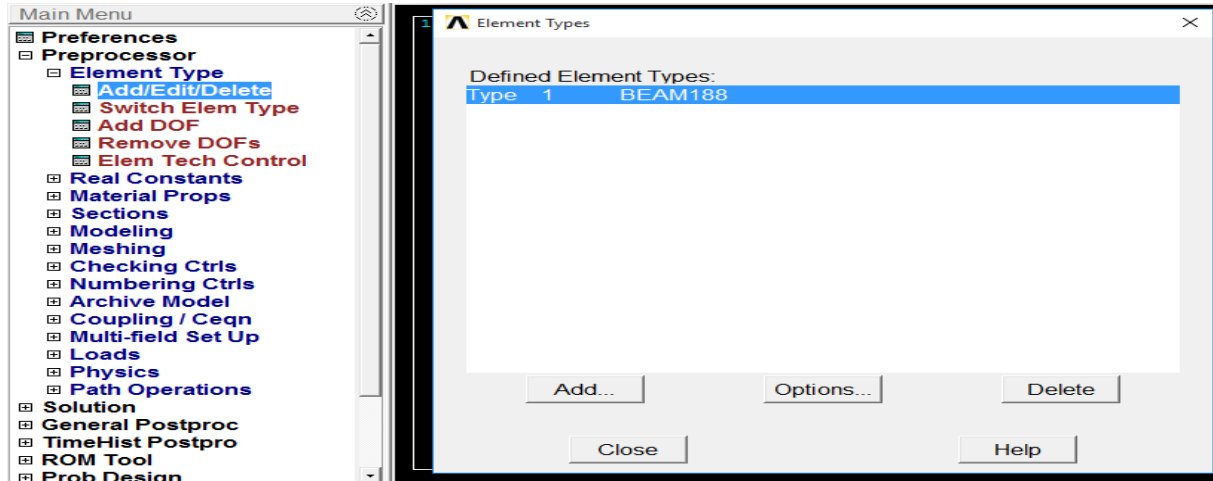


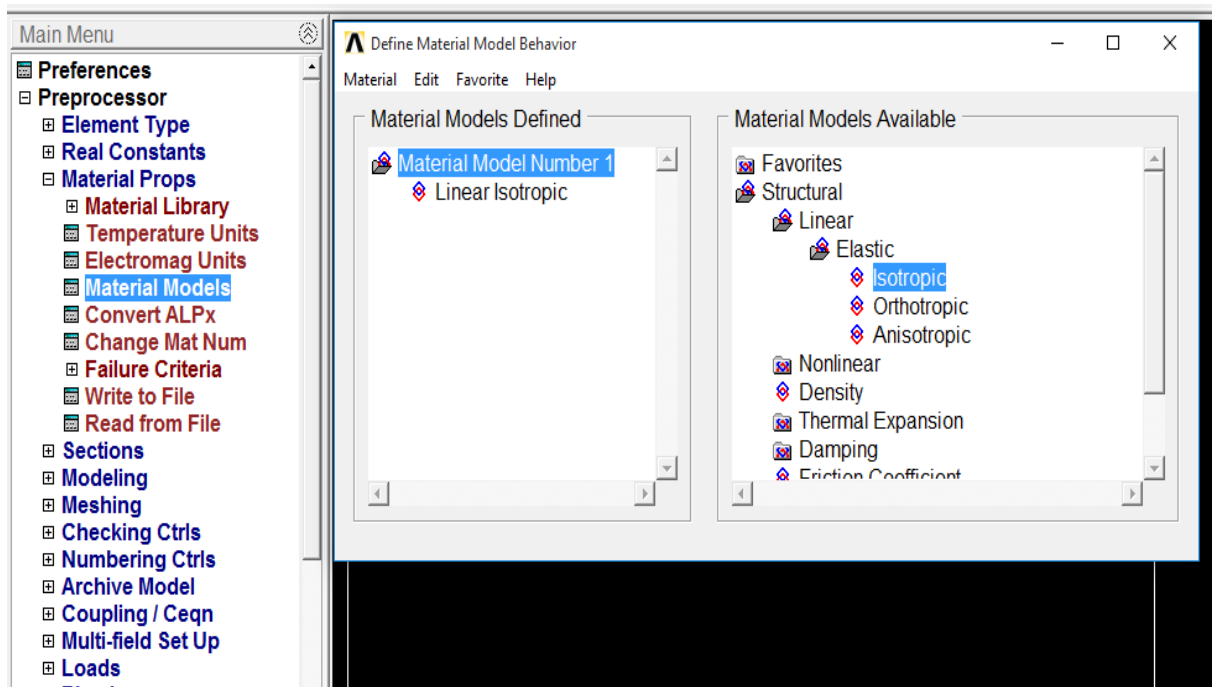
Figure I.12 : définitions des éléments utilisés

Une fenêtre apparaît contenant deux sections, la section de gauche dans laquelle le nom du groupe, puis dans la deuxième section le numéro d'identification d'élément.

### I .9.3 Définition des propriétés des matériaux (material properties) :

Définir les propriétés des matériaux utilisé, tels que le module élastique, le coefficient de poisson, la limite d'élasticité, le diagramme de contrainte selon le chemin suivant !

»Main menu →preprocessor →material props →material models



**Figure I.13** : définition des propriétés des matériaux

Par exemple, pour définir le module d'élasticité et le module de poisson ,nous suivons le chemin suivant :

»Structural → linear → elastic→isotropic

Ex=(Module d'élasticité de la matière)

PRXY=(Coefficient de Poisson de la matière)

- Dans le cas ou il y a plus d'un matériau dans le modele étudié,de nouveaux matériaux sont ajoutés afin de definir ses propriétés par :

»Material →new material

#### **I .9.4 Construction du modèle étudié (modeling) :**

Le processus de construction de la forme géométrique du modèle étudié se fait par :

Main menu →preprocessor → modeling →create→...

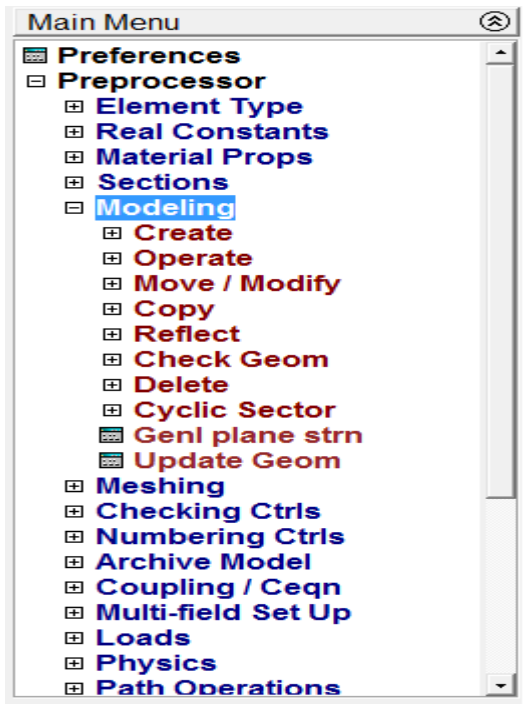


Figure I.14 : construction du modèle étudié

- Un volume se compose de zones, de lignes et de points principaux, sachant qu'ils ne sont pas des éléments et que la solution ne peut être implémentée que si la forme est divisée par la commande (meshing).

### I .9.5 Division en éléments limités (meshing) :

La forme volumique peinte est convertie d'éléments solides en éléments finis à l'aide de la commande (mesh), selon le chemin suivant :

Main menu → preprocessor → meshing → ...

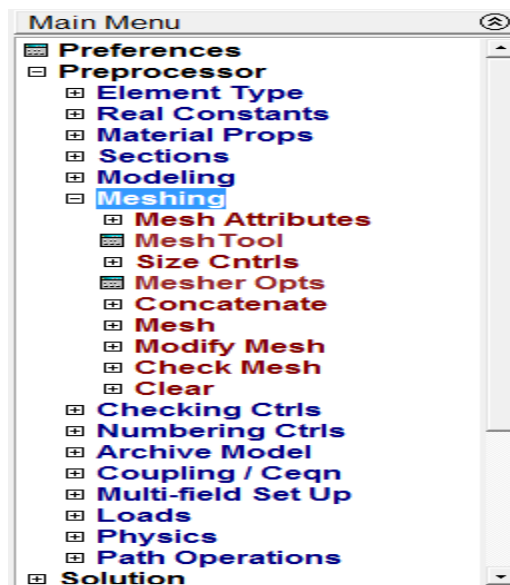


Figure I.15 : division en élément limites

### I .9.6 Application des charges (loading) :

Les charges utiles sont appliquées selon leur type (concentrées réparties), selon le chemin suivant :

Main menu → load → define loads → apply → structural → force/moments

Main menu → load → define loads → apply → structural → pressure

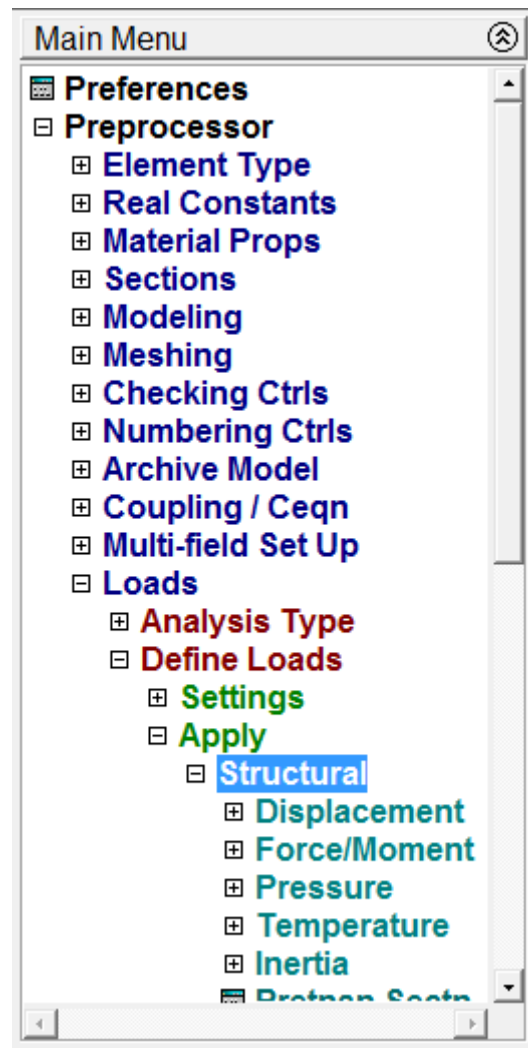


Figure I.16 : application des charges

### I .9.7 Définition du type d'analyse (analyse type) :

L'analyse par défaut dans le programme est statique et le type d'analyse requis est déterminé dans la figure 19, selon le chemin suivant :

»Solution → analysis type → new analysis type → static.



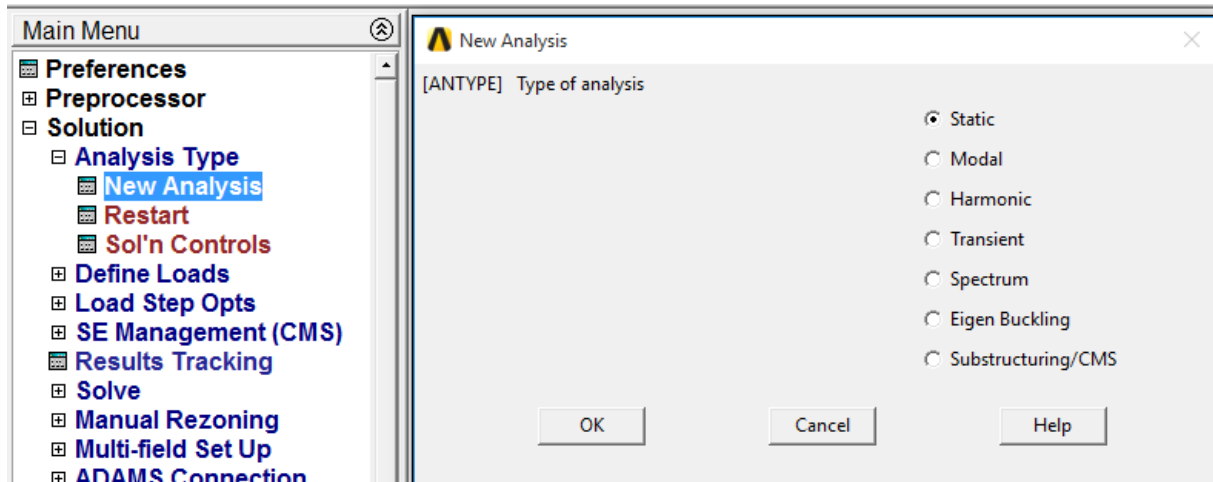


Figure I.17 : définition du type d'analyse

### I .9.8 La solution (solve) :

Le processus d'analyse est démarré par la commande (solve) indiquée dans la figure via le chemin suivant :

»Main menu→solution→solve→current LS

Ensuite, attendez que l'analyse soit terminée, puis les résultats peuvent être pré visualisés.

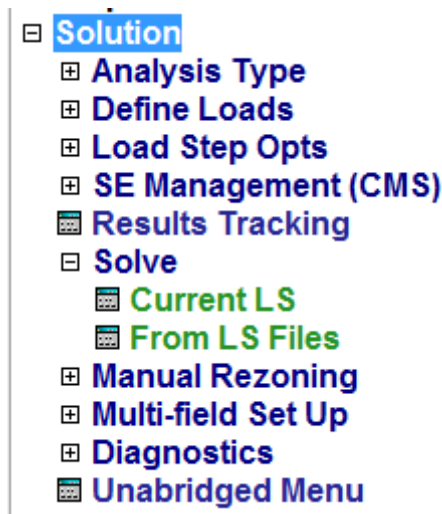


Figure I.18 : la solution

### I .9.9 Aperçu des résultats (post processor) :

Les résultats peuvent être pré visualisés à l'aide des deux méthodes suivantes :

Main menu→general postprocessor

Main menu→time hist postprocessor

Dans la première méthode, les résultats sont pré visualisés pour une partie spécifique ou pour la totalité des parties du modèle dans une phase de téléchargement spécifique, tandis que la

deuxième méthode consiste à pré visualiser les résultats pour des points spécifiques du modèle à toutes les étapes des téléchargements, ou il est possible d'obtenir des diagrammes et des données en fonction du temps.

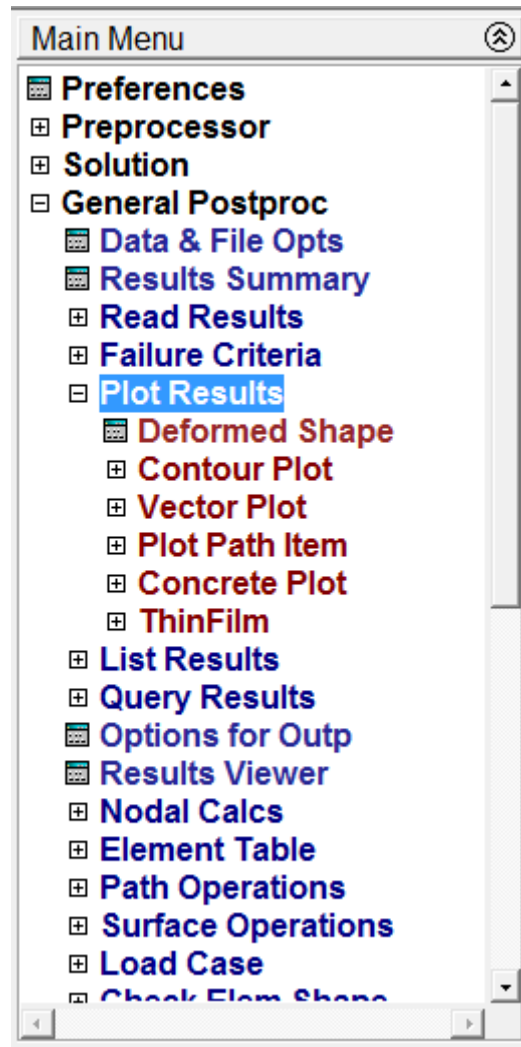


Figure I.19 : aperçu des résultats

### I.10 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons pu fournir un aperçu du programme qui comprend l'identification de ses interfaces et les principales étapes de travail pour la modélisation, tout fournissant une explication simplifiée des informations pertinentes les plus importantes.

# **Chapitre II : Résistance des matériaux par ANSYS**

## II.1 Introduction:

### II.1.1 Les poutres :

On appelle poutre un solide engendré par une surface plane ( $\Sigma$ ) qui peut être variable et dont le centre de gravité  $G$  décrit un segment  $[AB]$ , le plan de ( $\Sigma$ ) restant perpendiculaire à cette courbe. Il faut également que la longueur  $AB$  soit grande devant les dimensions des sections transversales.

Une poutre est une membrure mince soumise à des charges transversales généralement normales à son axe. La poutre est l'élément structural le plus répandu, puisqu'elle fait partie intégrante de la plupart des ouvrages de construction ou des pièces. Une poutre est un solide engendré par une aire plane  $S$  qui est déplacée dans l'espace de manière que durant son mouvement, le centre de gravité  $G$  de la section  $S$  parcourt une ligne donnée  $L$ , et que l'aire se maintienne constamment normale à cette surface. La ligne  $L$  est appelée fibre moyenne de la poutre [4].

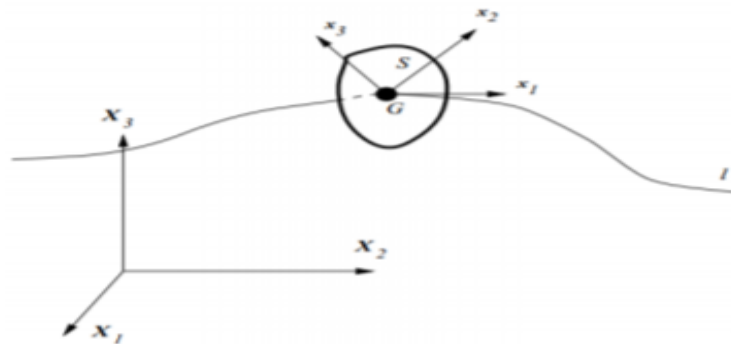


Figure II .1 : plan  $\Sigma$  [4]

Une poutre est caractérisée géométriquement par:

Une section  $S$  suffisamment massive,

- une longueur selon  $L$  grande devant les dimensions transversales ;
- un rayon de courbure de  $L$  grand devant les dimensions transversales.

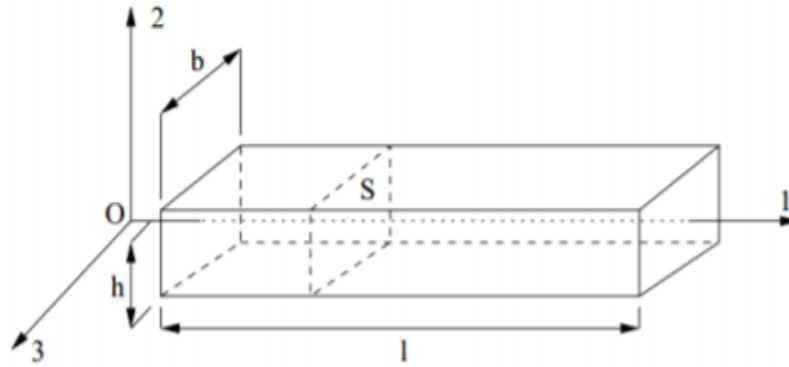


Figure II .2 : représentation d'une poutre droite dans le repère

### II.1.2 Analyse statique :

Utilisé pour définir les transitions, les contraintes et les déformations etc...sous l'influence de charges utiles et négligemment l'effet du ralenti ou de l'amortissement, qui peut entraîner un changement de charge avec le temps.

Les analyses statiques linéaires fournies que les forces sont appliquées de façon statique (pas de variation au cours du temps (inertie), et aucun effet d'amortissement), sur des matériaux présentant un comportement élastique linéaire. Les forces appliquées peuvent être des forces ou des pressions (internes ou externes), des forces inertielles statiques (comme la gravité ou une vitesse de rotation), des déplacements imposés (non nuls). On détermine alors les déplacements occasionnés par les forces appliquées grâce au calcul de la matrice de rigidité  $[K]$ , tel que:  $\{F\} = [K] \{u\}$ . Les analyses statiques non linéaires permettent, elles, de modéliser des situations où les chargements (contacts ou grandes déformations, par exemple) et/ou les propriétés des matériaux (plasticité, écrouissage, hyper-élasticité, ...) associés varient en fonction de la déformation ou de la contrainte imposée.

Cette analyse peut être linéaire ou non linéaire, la non-linéarité peut inclure à la fois la plastification, les grandes déflexion et les grandes passions [5].

Charges utiles pouvant être appliqué dans cette analyse :

- Charge utile extrême tel que force concentré et charges utiles répartie ;
- Force d'inertie constante telle que la gravité, la vitesse de rotation ;
- Charge thermique dans le but d'examiné les excitations thermiques.

### II.2 Application 01

Le faisceau a une section transversale rectangulaire et le matériau est en acier.sa longueur 2 M et sa largeur est 5 cm, sa hauteur est 10 cm, Le module de Young 210 GPa. Coefficient de poisson  $\nu=0,3$ .Il est soumise à une charge appliquée à son extrémité libre, calculer la force de cisaillement et le diagramme du moment de flexion.

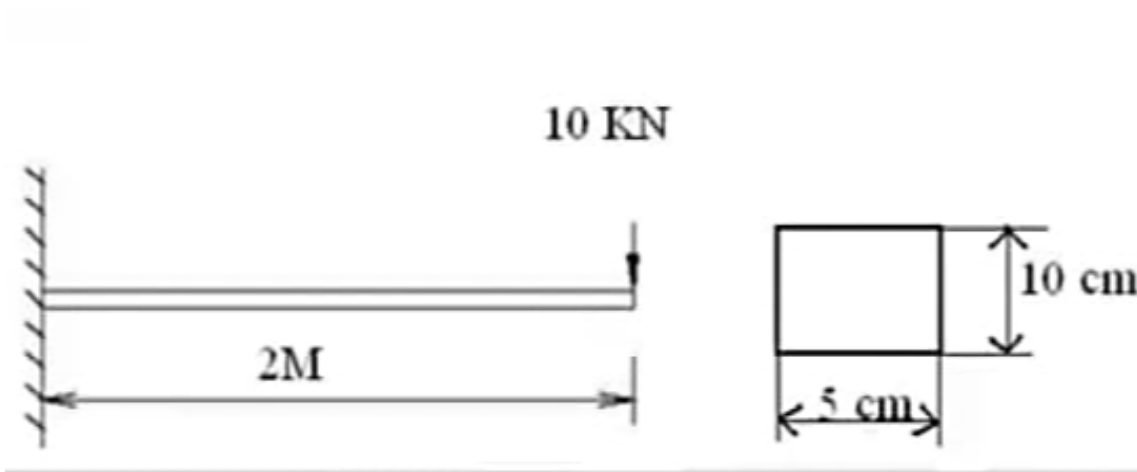


Figure II .3 : poutre consol

**Le but de cet exemple :**

- la modélisation linéaire ;
- la modélisation à partir des points principaux ;
- en appliquant régulièrement les charges ;
- en pré visualisant de couple de déplacement vertical et des moments.

**II.2.1 Les étapes :**

**II.2.1.1 Définissez le type de problème:**

Nous définissons la nature du problème étudié comme structurel, ce qui permet de raccourcir certaines options disponibles en modélisant le problème.

»préférence→Structural→ok

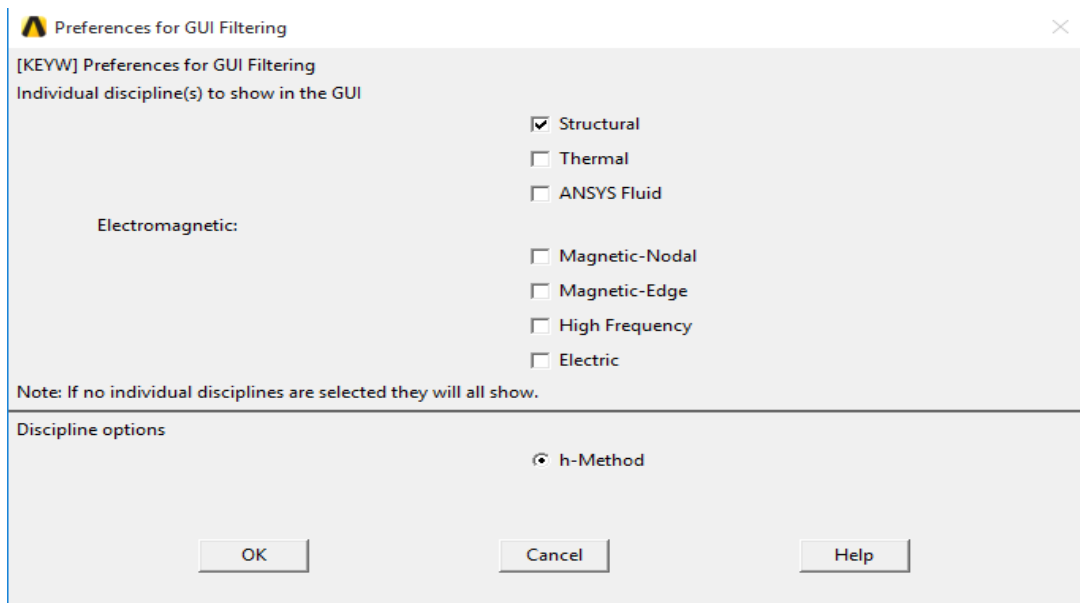


Figure II .4 : choix de la nature du sujet

**II.2.1.2 Définissez le Type d'élément :**

Dans cet exemple, nous utiliserons l'objet linéaire (beam 188) composé de deux nœuds, l'élément est identifié selon le chemin suivant :

2\_Preprocessor→Element type→Add/Edit/Delete→ Add: Beam→2 node 188→OK→Close

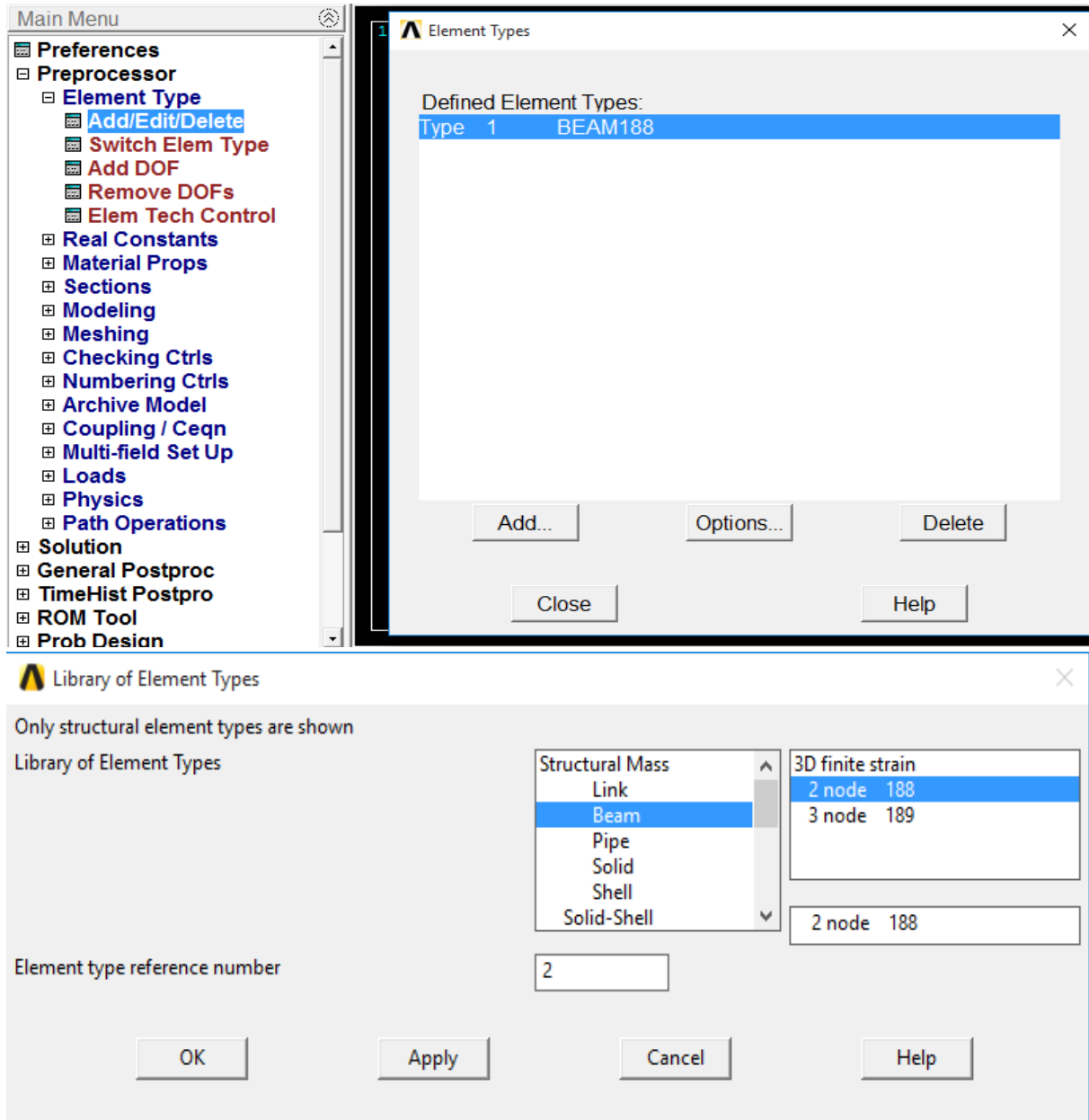


Figure II .5 : choix du l'élément

### II.2.1.3 Propriété du matériau :

Les propriétés du matériau utilise, qui est le module d'élasticité et le coefficient de poisson, sont définies par le chemin suivant :

»preprocessor→Materiel props→Material models→Structural→Linear→Elastic→Isotropic

EX=2e5 (Module d'élasticité de l'acier)

PRXY=0.3 (coefficient de poisson)

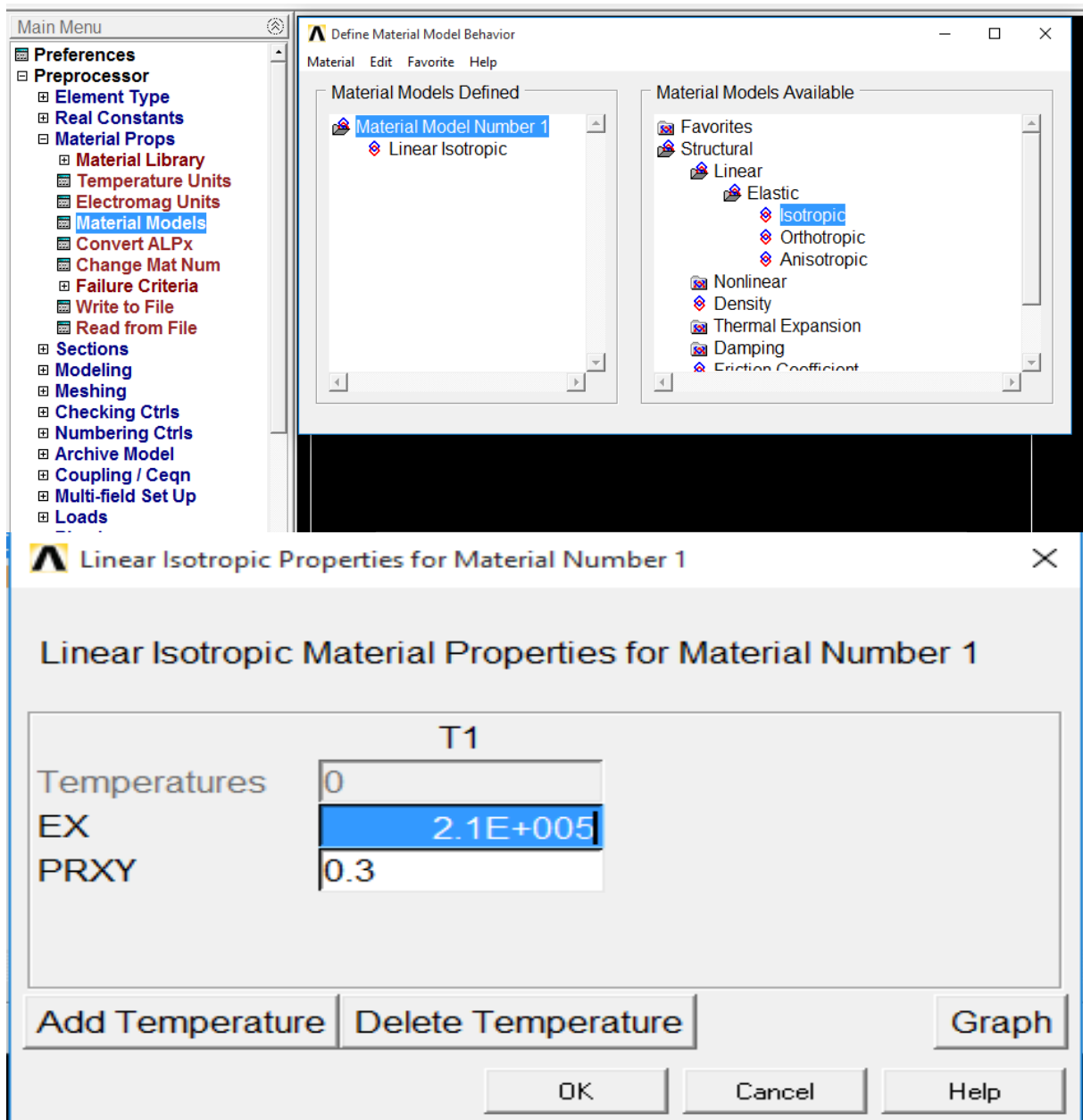


Figure II.6 : propriétés des matériaux

#### II.2.1.4 Définir la section :

Selon les données du problème, la largeur est de 50 mm et la hauteur est de 100 mm et ces données sont définies selon le chemin suivant :

Preproccer → sections → beam → common sections → apply → ok

Name = (nous suggérons un nom pour la section)

Sub-type = (rectangle) ,(nous choisissons la forme étudiée )

B=50 (mm) (la largeur de la forme)

H=100 (mm) (la hauteur de la forme)



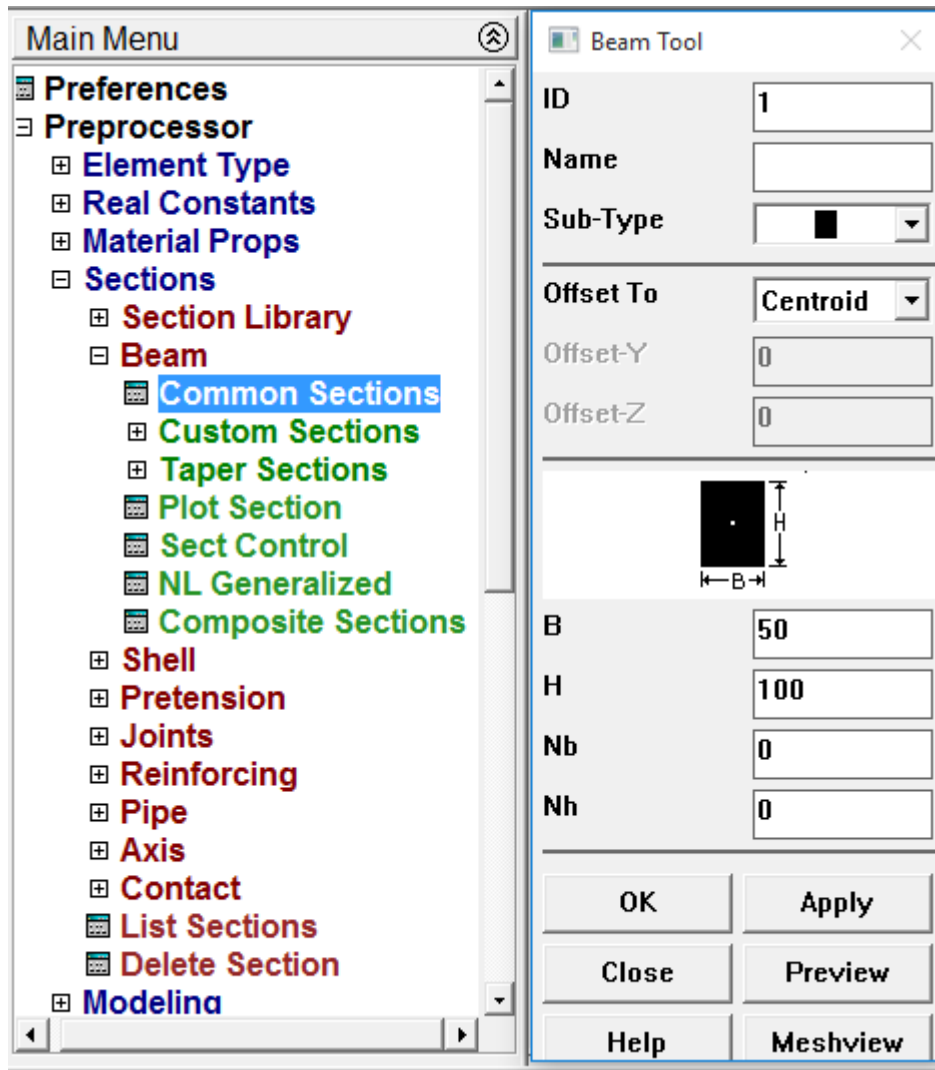


Figure II .7: définir la section

### II.2.1.5 Définir la géométrie :

Pour définir la géométrie, le sous-paragraphe de préprocesseur appelé modélisation est utilisé, à partir de là, des points, des lignes, des surfaces et des volumes sont créés s'il s'agit du cas tridimensionnel.

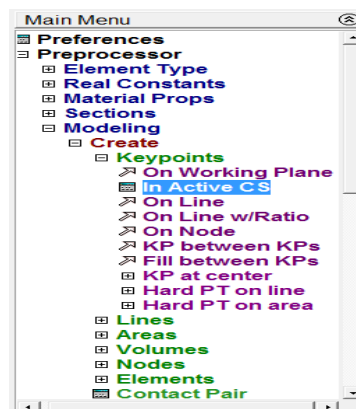


Figure II .8 : modalisation

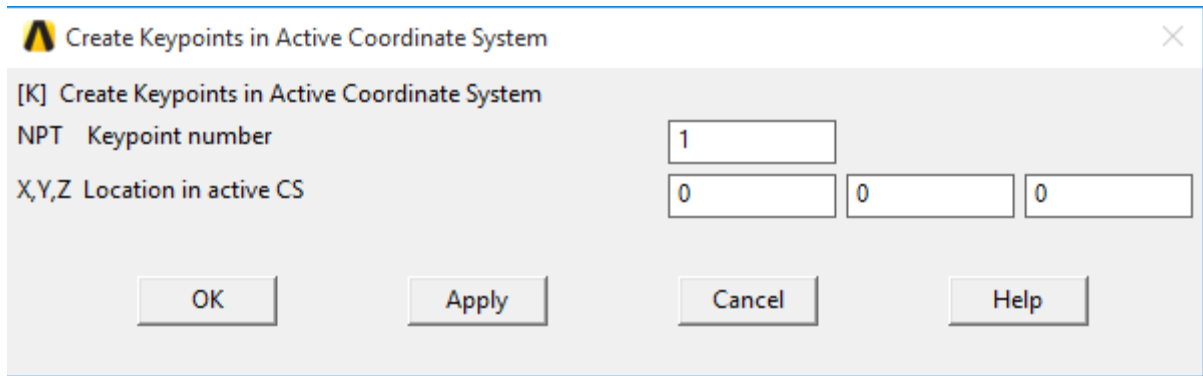
### II.2.1.6 Création des points on CS actif :

Deux points sont tracés qui sont les points des extrémités libres aux extrémités, les points sont tracés selon le chemin suivant :

Preprocessor → modeling → create → keypoints → in active CS

NPT    Keypoint number = 1

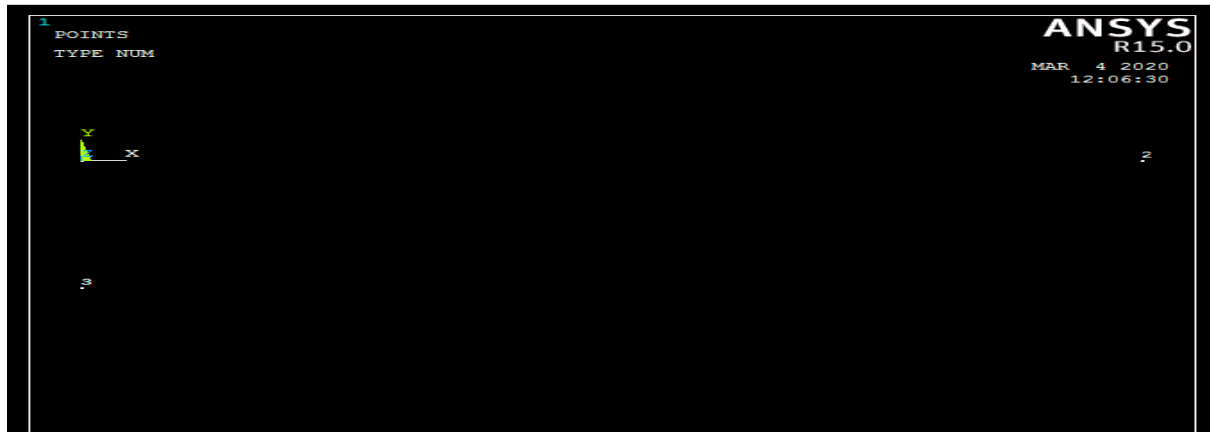
X,Y,Z    location in active CS = 0,0,0 >apply



**Figure II .9 :** création des points.

Nous faisons de même pour le point 2 avec les coordonnées suivantes :

2 (x=2000 ; y=0 ; z=0)



**Figure II .10 :** affichage des points

### II.2.1.7 Création des lignes :

Une ligne sera tracée en utilisant les deux points principaux en suivant le chemin suivant :

Preprocessor → modeling → create → lines → lines → straight line

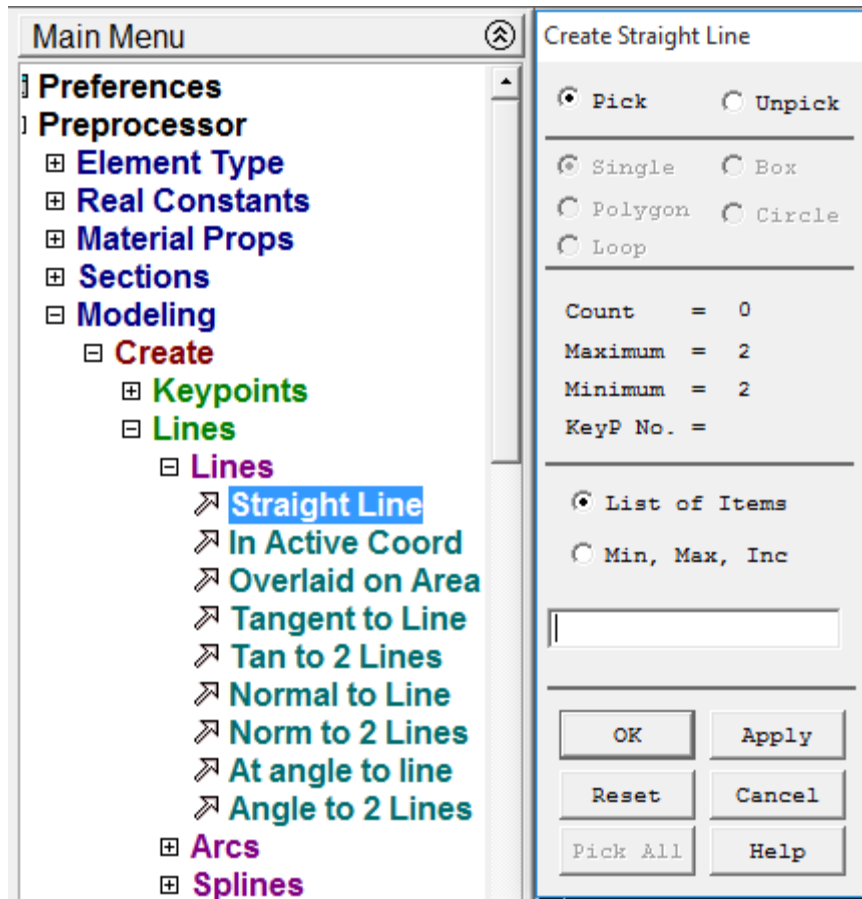


Figure II .11 : création des lignes

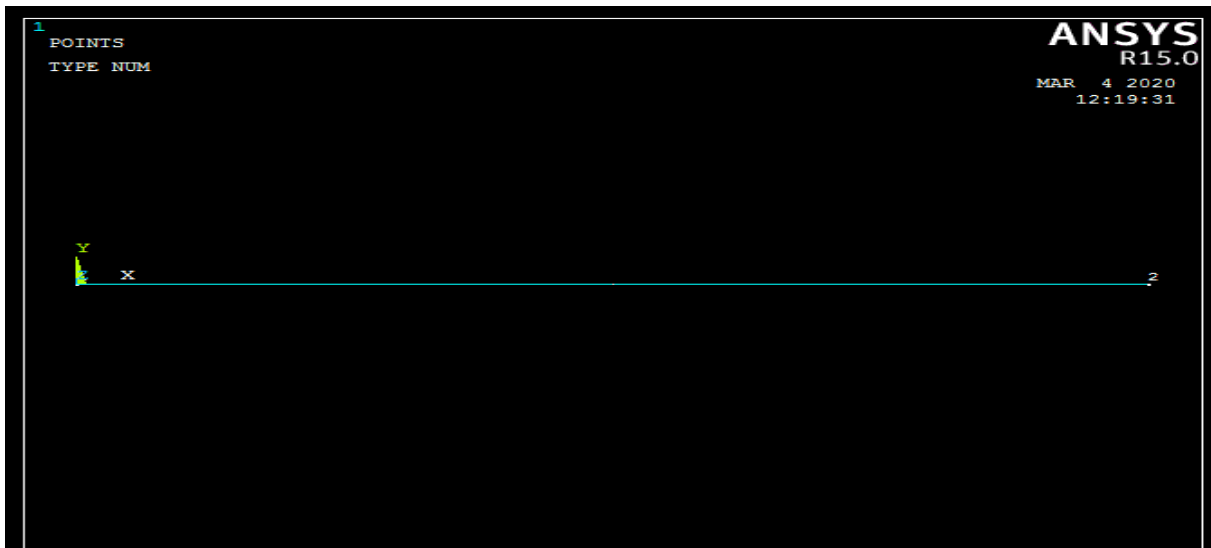


Figure II .12 : affichages des lignes

### II.2.1.8 Maillage :

La longueur maximale des éléments résultants sera déterminées par une devisions par 10,le processus se fera selon le chemin suivant :

»Meshing→Mesh →lines→picked All.

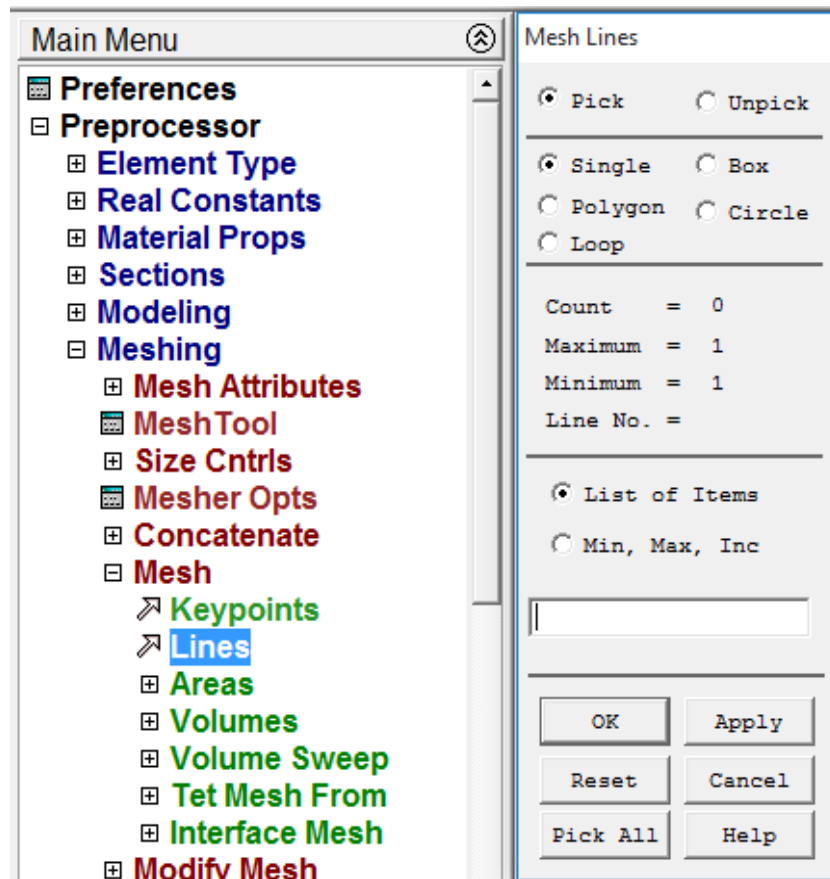


Figure II .13 : subdivision de l'élément

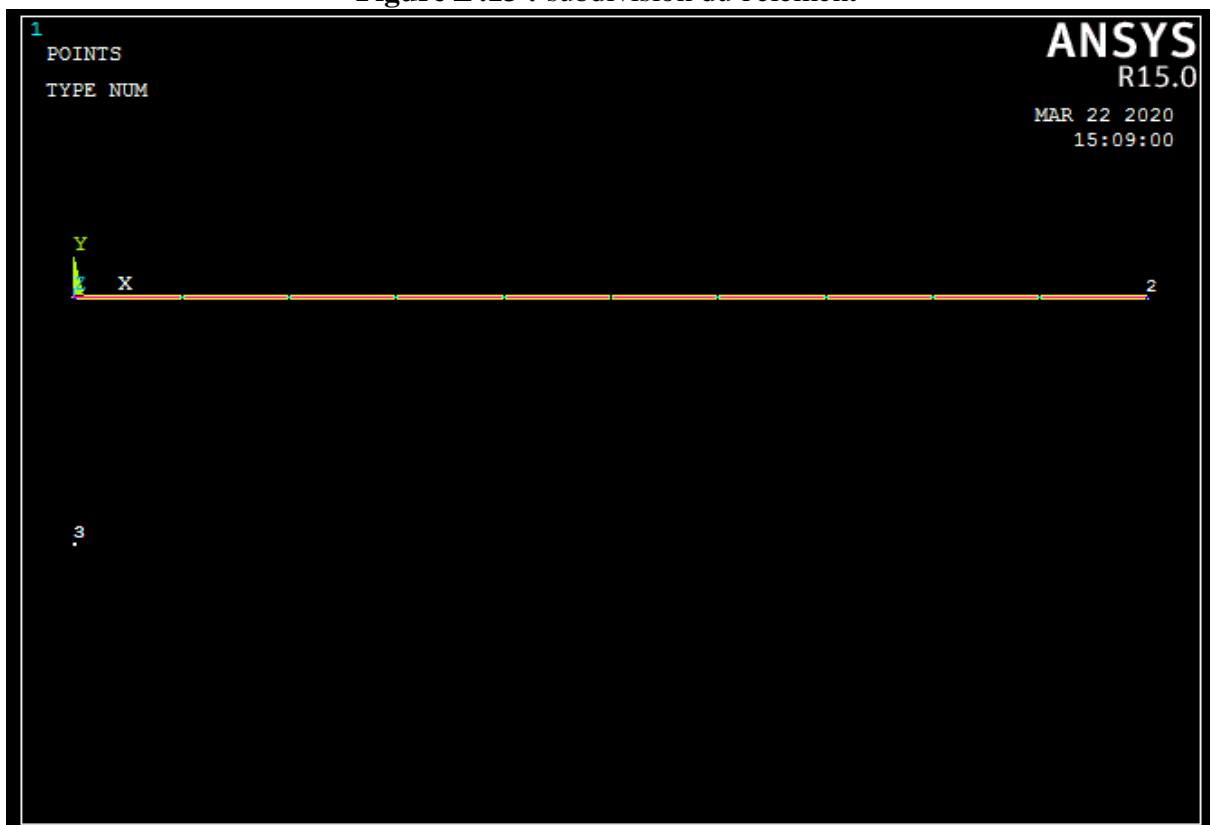


Figure II .14 : Fractionner l'élément

### II.2.1.9 Définition des charges:

- **II.2.1.9.1 Définition des déplacements:**

7-solution → define loads → apply → structural → displacement → on nodes → (nous définissons le noeud situé à l'extrémité gauche) → ok.

→ Lab2 dofs to be constrained = all dof → apply (installer la translation et la rotation)

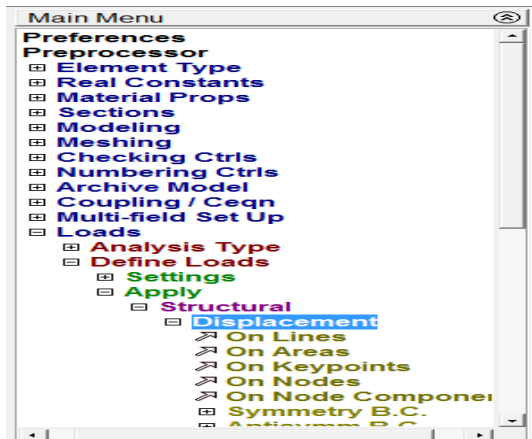


Figure II .15 : définition des déplacements

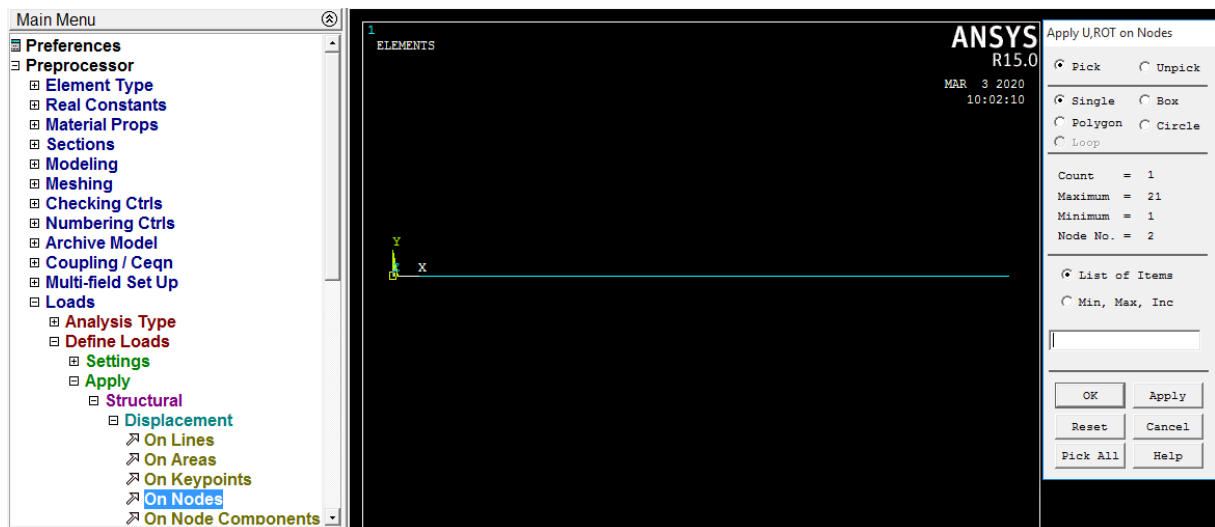


Figure II .16 : choix du nœud

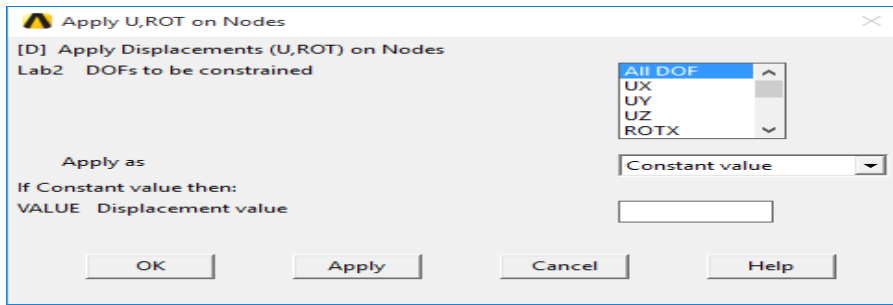


Figure II .17 : choix du type du déplacement

• **II.2.1.9.2 Définition des forces moments :**

Une charge utile concentrée de 1000 N est appliquée à l'extrémité libre droite ,selon le chemin suivant :

8\_solution → define loads → apply → structural → force /moment → on nodes → ok.

Direction of force/ mom = FY (direction de l'axe de la force)

Value = -1000 (N) (la valeur de la force avec attention au signal)



Figure II .18 : définition des forces moment

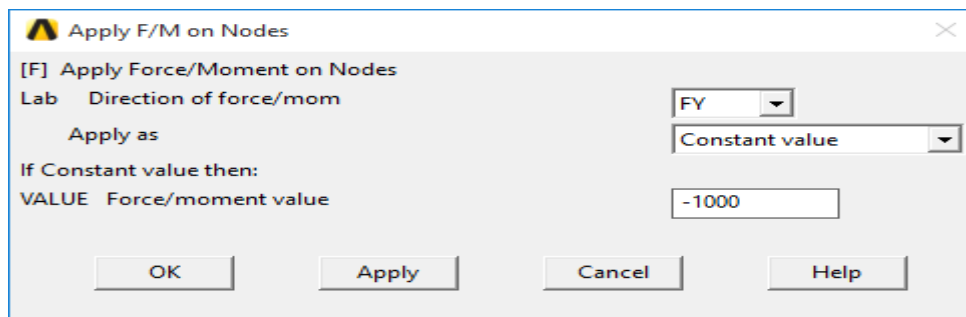


Figure II .19 : application de charge concentrée

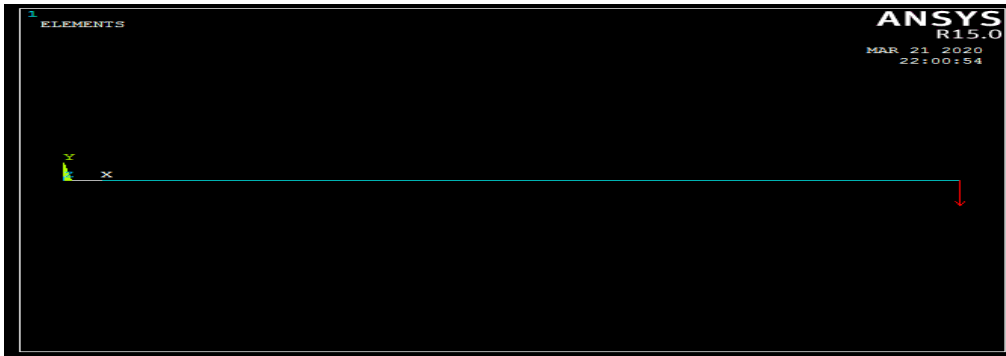


Figure II .20 : affichage des résultats force concentré.

### II.2.1.10 Solution :

Le processus d'analyse est démarré via la commande (solve) indiquée sur la figure et via le chemin suivant :

»Solution→solve→current LS→ok→close.

Ensuite, nous attendons que l'analyse soit terminée. Dans cet exemple, le programme envoie un message (solution is done), puis les résultats peuvent être pré-visualisés.

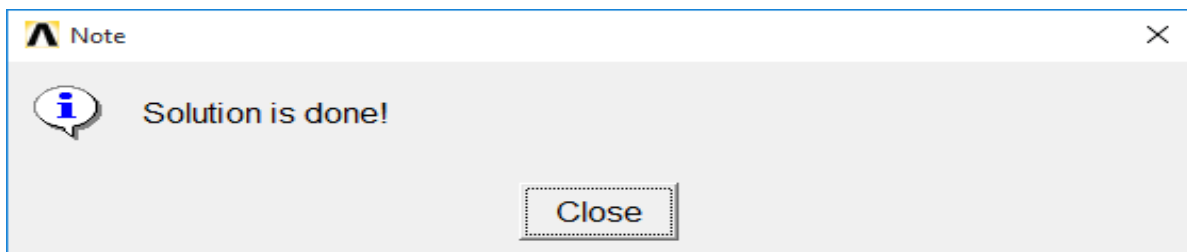
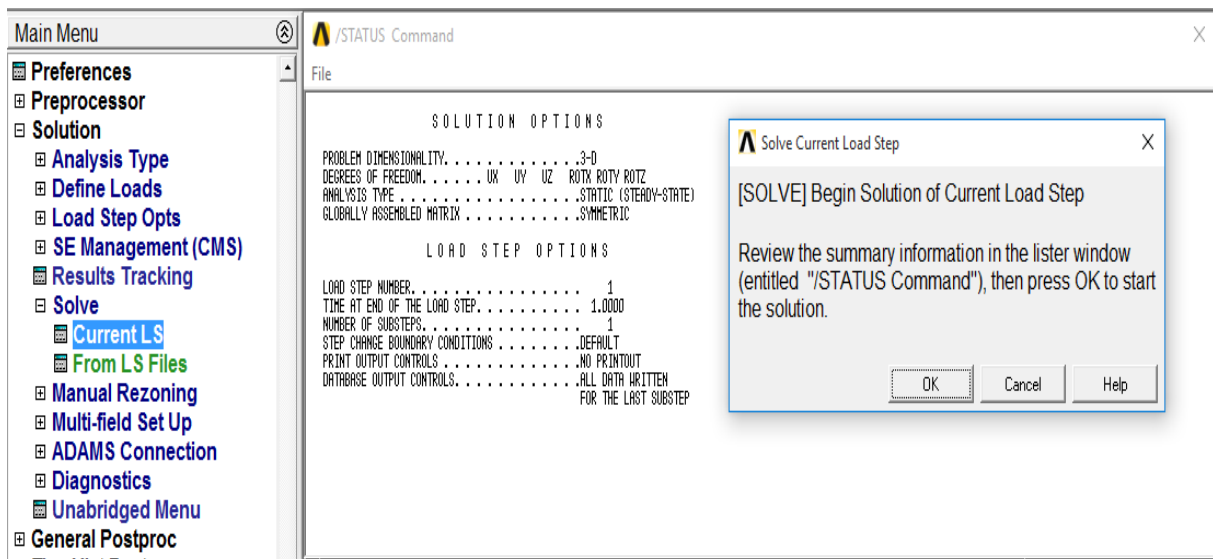


Figure II .21 : commencer l'analyse

### II.2.1.11 Post processor general:

La déformation de la forme due à charges appliquées est pré visualisée via le chemin suivant indiqué sur la figure.

»General postprocessor→plot results→deformed shape→def+undeformed→ok.

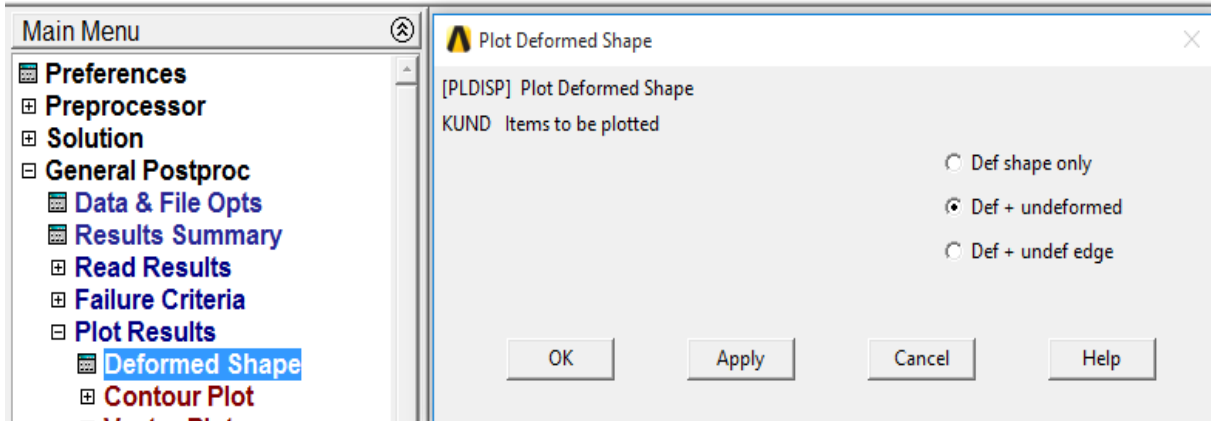


Figure II .22 : définissez la forme déformée

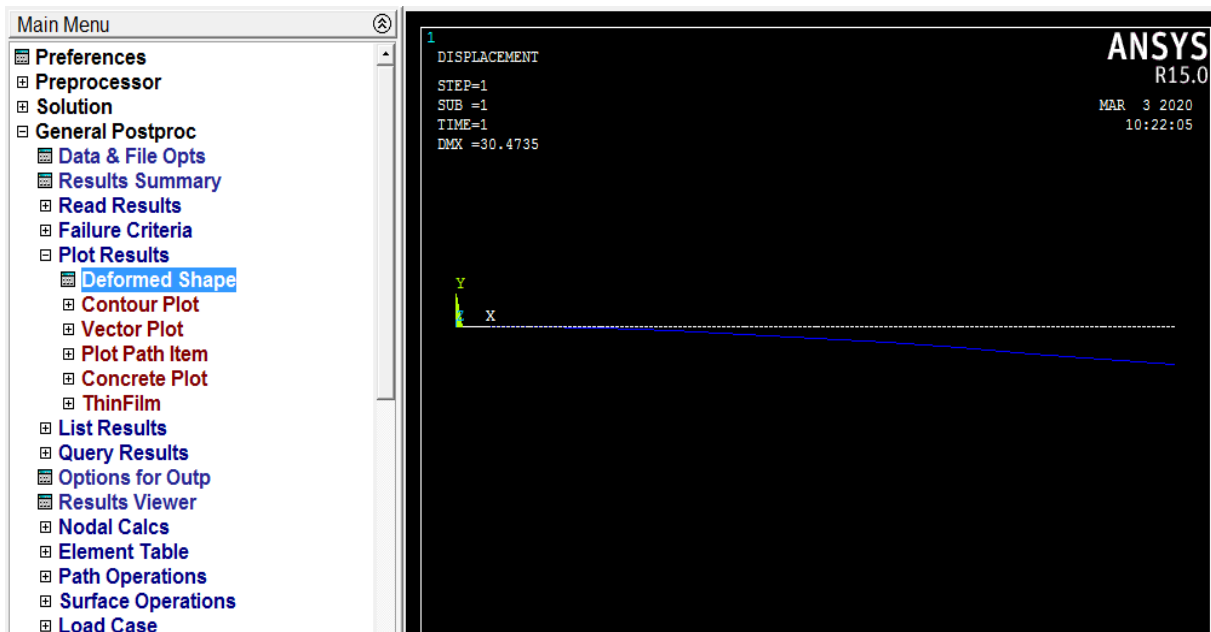


Figure II .23 : la forme déformée

Pour faciliter l’inspection, le diagramme de transfert peut être montré sous une lumière rayonnante à travers le chemin suivant montré dans les deux figures.



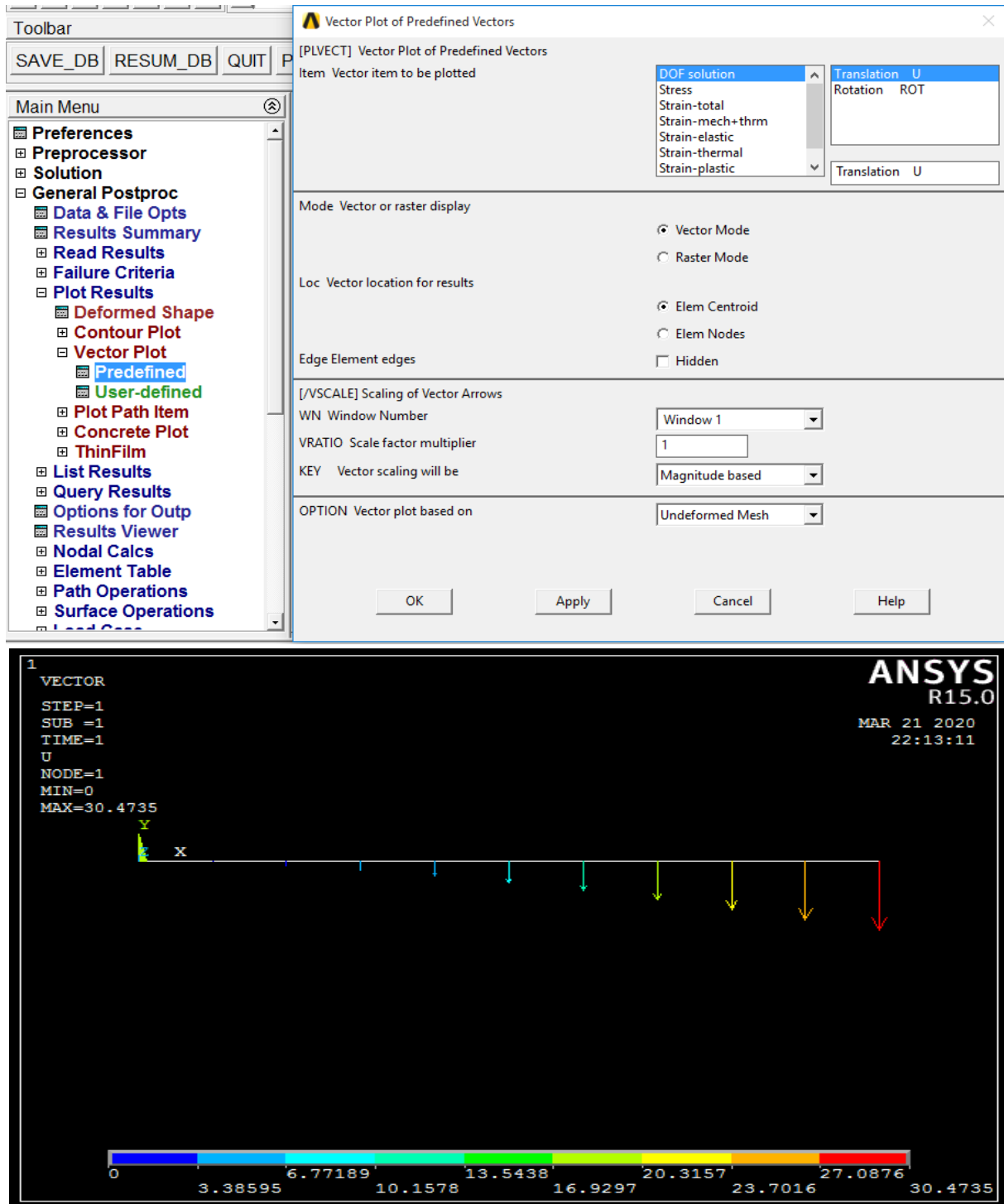


Figure II .24 : aperçu des transferts de rayons

**II.2.1.12 Méthode d'inspection du moment :**

General postproc → plot results → contour plot → line elem res → ok

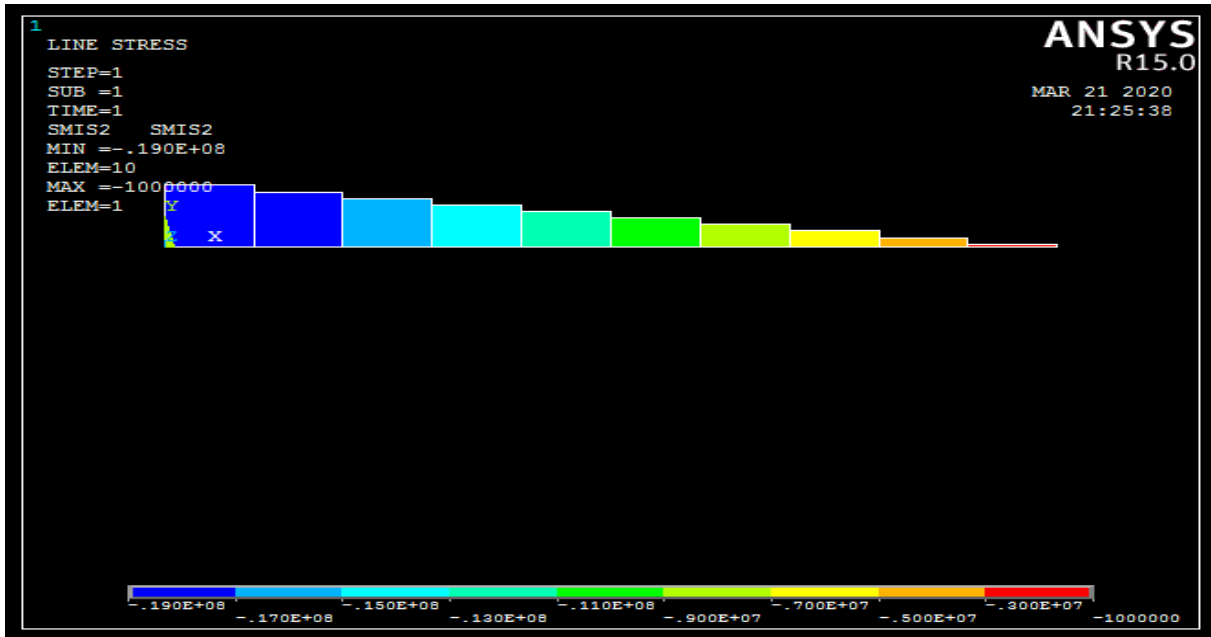


Figure II .25 : aperçu du moment

II.2.1.13 Aperçu des réactions dans les appuis :

General postproc → list results → reaction solu → all items → ok

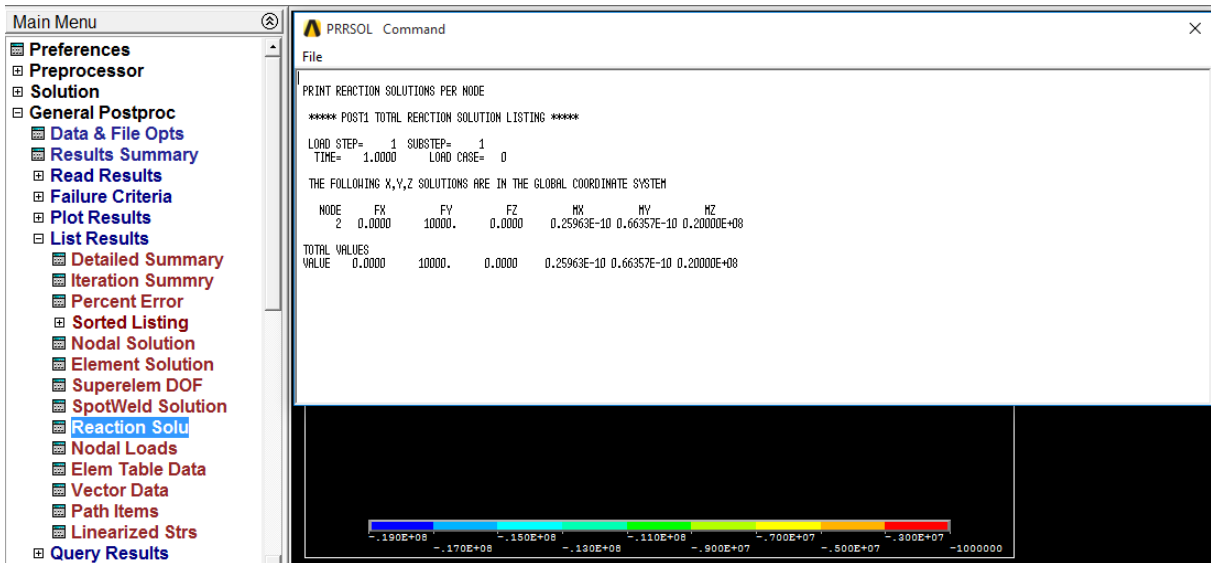


Figure II .26 : aperçu de la réaction

II.2.1.14 Vérifier les réponses mathématiquement:

$$\sum f/y = (10 \cdot 10^3) - R_a = 0$$

$$\Rightarrow R_a = 10000 \text{ N}$$

$$\sum M/a = M_a - (10 \cdot 10^3 \cdot 2) = 0$$

$$\Rightarrow M_a = 20000 \text{ N.m}$$

Et par rapport aux résultats analytiques présentés dans la figure précédente, on remarque que les valeurs sont les mêmes.

### II.3 Application 02

Une poutre en acier, sa longueur est (13m), la largeur (200mm) et la hauteur de la section transversale (300mm) sont basées sur un appui simple et une autre double qui soumise à une charge concentrée et une charge répartie montré ci-dessus :

$$E=2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

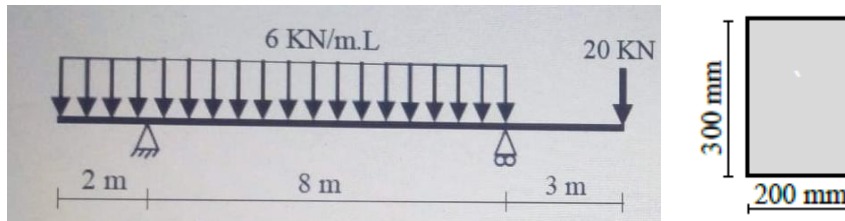


Figure II.27 : la forme et ses dimensions

**Le but de cet exemple :**

- la modélisation linéaire.
- la modélisation à partir des points principaux.
- en appliquant régulièrement les charges.
- en pré visualisant les diagrammes du déplacement et du moment

#### II.3.1 Les étapes de la solution :

**Remarque :** s'il y a des étapes similaires au premier exercice, nous ne les répéterons pas

##### II.3.1.1 Définition de la section :

Selon les données du sujet, la largeur est (200mm) et la hauteur est (300mm),et ses données sont définies selon le chemin suivant :

»Preprocessor→sections→beam→common sections→apply→ok

Name (nous suggérons un nom)

Sub-type =rectangle

B=200 (mm)

H=300 (mm)

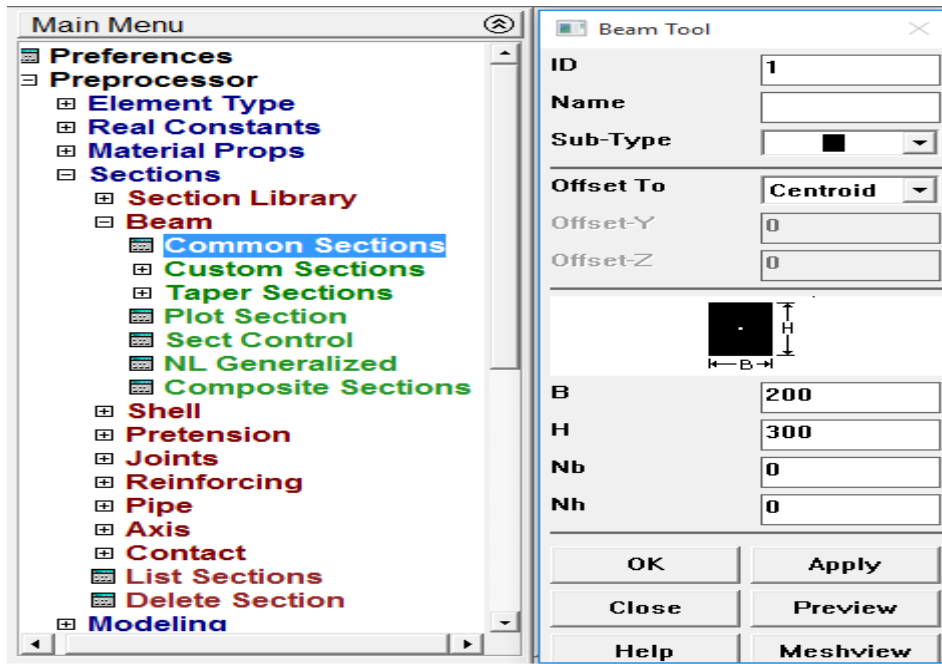


Figure II .28 : définition de la section.

### II.3.1.2 Dessinez les points principaux:

Nous dessinons quatre points principaux, qui sont les points d'extrémités libres et les points qui sont basés sur des appuis, selon le chemin suivant :

»preprocessor → modeling → create → key points → in active CS →

NPT key points number = 1 (nom du point)

X, Y, Z location in active CS = 0, 0, 0 → apply (coordonnées du point)

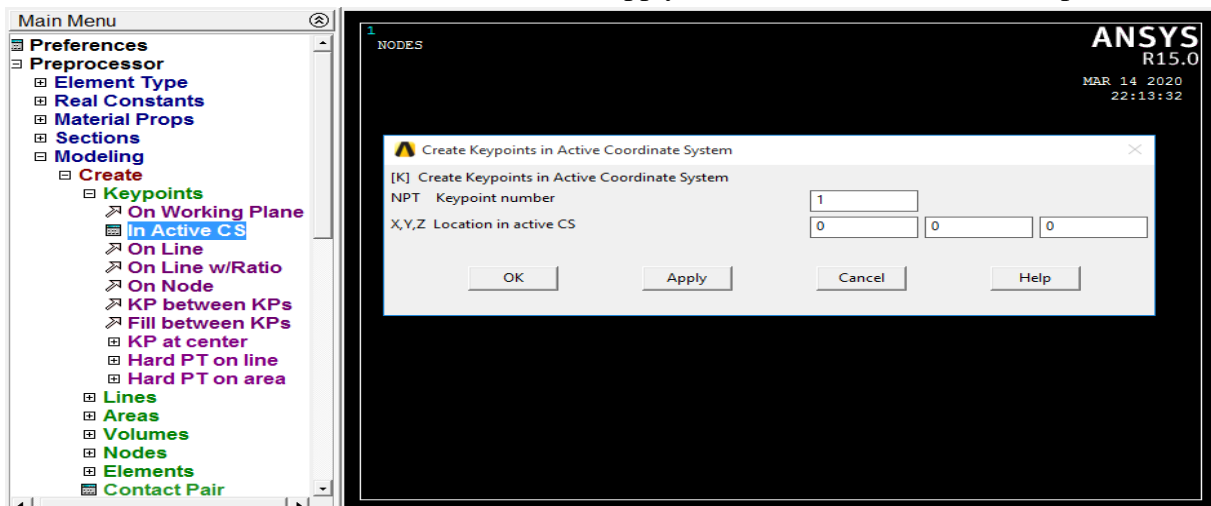


Figure II .29 : dessinez le 1er point principal.

Ensuite, les points restants sont tirés selon le tableau suivant :

**Tableau II .1** : les coordonnées des points

Key point number	X	Y	Z	
2	2000	0	0	→apply
3	10000	0	0	→apply
4	13000	0	0	→ok

La figure montre les principaux points qui ont été tirés :



**Figure II .30** : affichage des points

**Remarque :**

Si nous voulons modifier les coordonnées d'un point particulier, cela peut être fait en entrant le numéro de ce point puis les nouvelles coordonnées sans avoir besoin de supprimer le point.

**II.3.1.3 Tracer des lignes :**

Trois lignes seront tracées en utilisant les quatre points principaux précédents en suivant le chemin suivant :

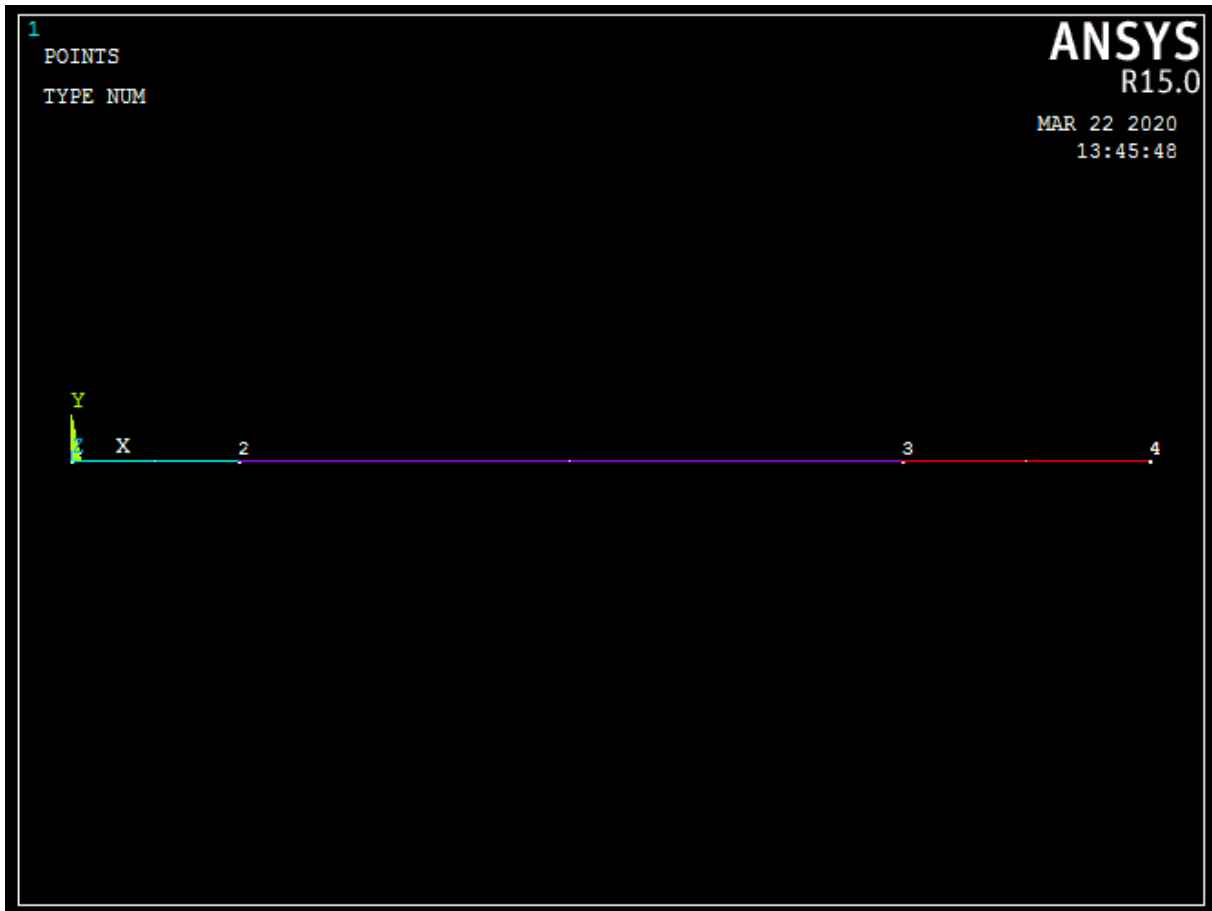
Preprocessor→modeling→create→lines→lines→straight line

Nous définissons chacun de deux points consécutifs comme indiqué dans le tableau.

**Tableau II .1 : Les coordonnées des points**

Point (1)	Point (2)
1	2
2	3
3	4

→ok



**Figure II .31 : traçage des lignes**

#### II.3.1.4 Le maillage :

La longueur maximale des éléments résultants sera déterminée après division par (10mm), ensuite, l'ordre de division est donné, le processus se fait selon le chemin suivant :

Preprocessor→meshing→size cntrls→manual size→global→size

SIZE Elements Edge Lengh =10 (mm) (la longueur du segment divisé)

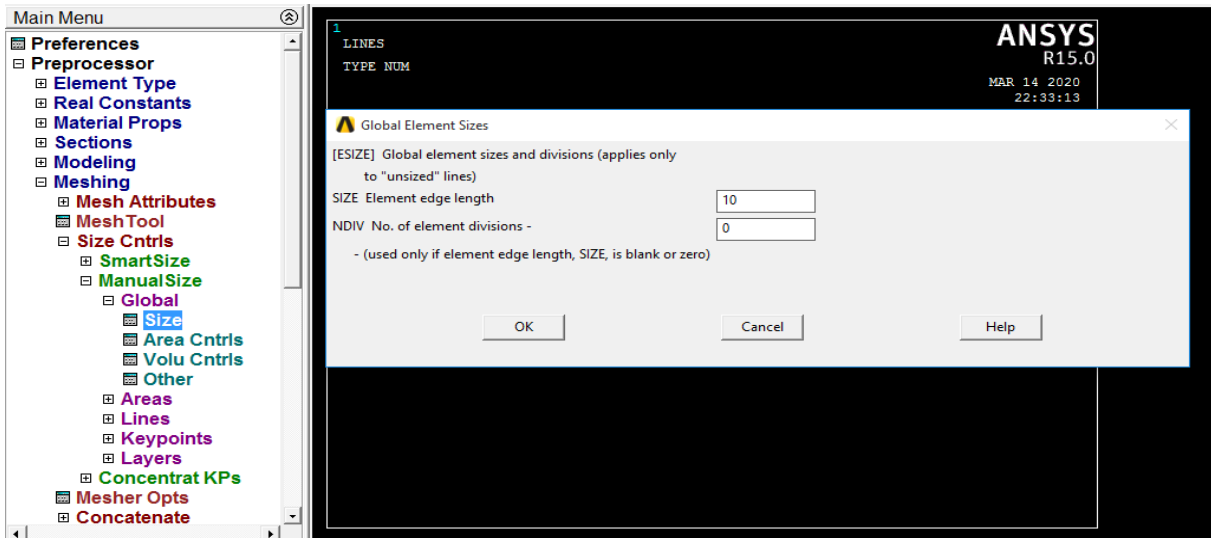


Figure II .32: déterminer la longueur maximale des éléments

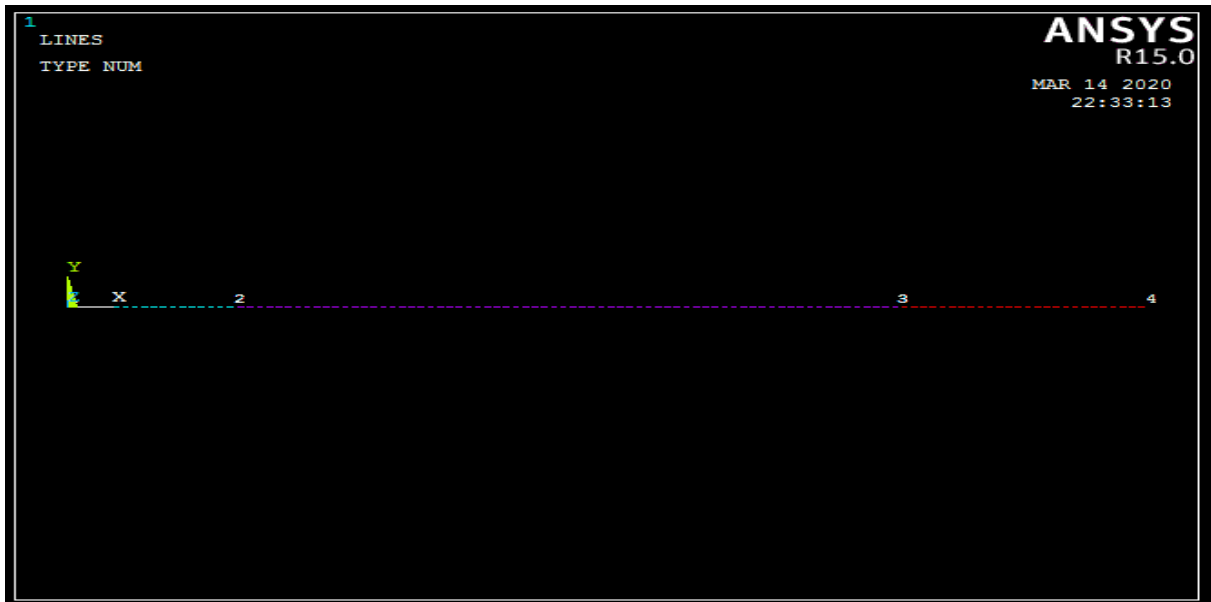


Figure II .33: le maillage

### II.3.1.5 Définition des charges:

- **II .3.1.5.1 Définition des déplacements:**

Fixation des appuis simple et double selon le chemin suivant :

»Solution→define loads→apply→structural→displacement→ on Key point→(nous définissons le point principal 2)→ok

LAB2 DOFs to be constrained=UX-UY-UZ-ROTX-ROTY→apply (appui double)

»Nous définissons le point principal 3→ok

LAB2 DOFs to be constrained=UY-UZ-ROTX-ROTY→apply (appui simple)

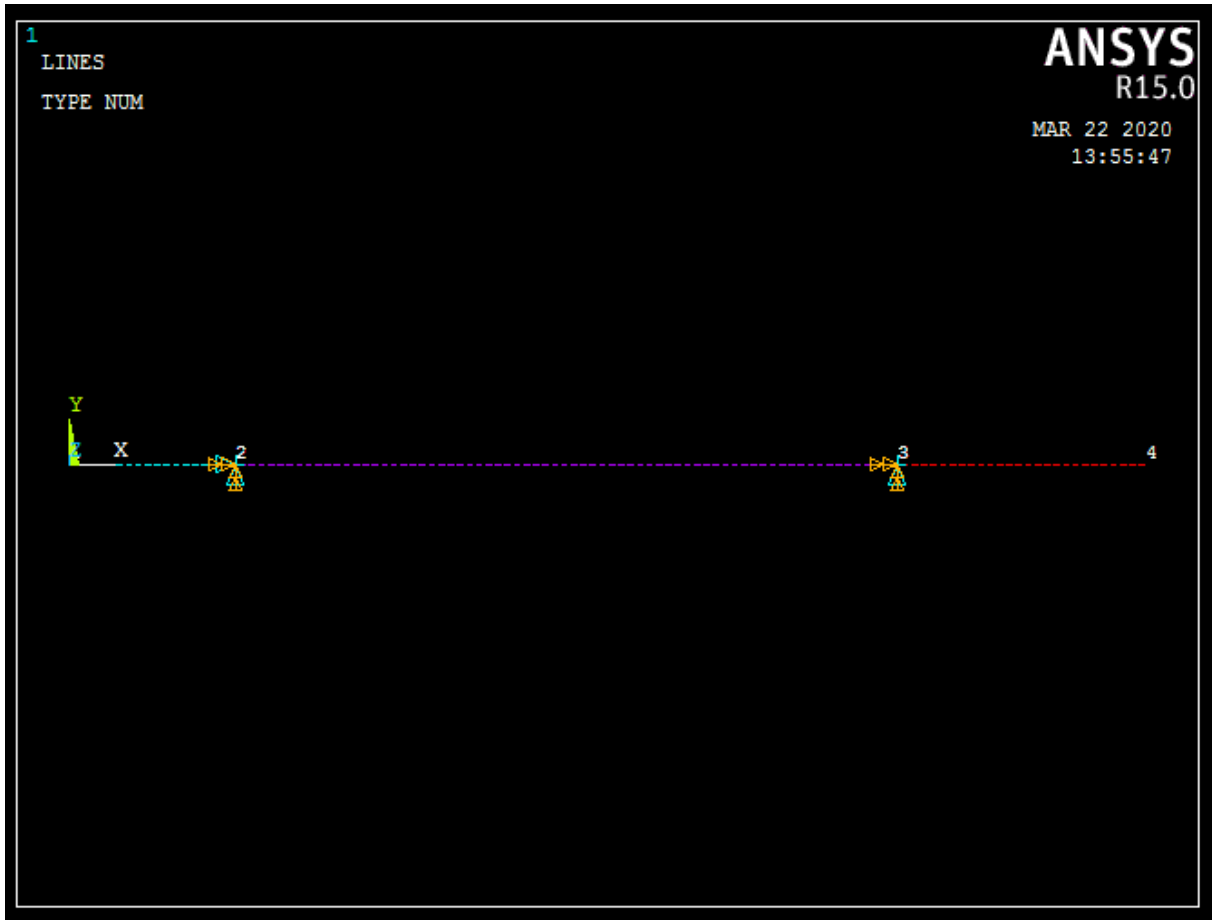


Figure II .34: définition des déplacements

• II .3.1.5.2 Application de charge concentrée:

La charge utile concentrée de 20000 N est appliquée a l'extrémité libre droite indiquée sur la figure selon le chemin suivant :

Solution →define loads→apply→structural →(force /moment)→on Key point→( nous définissons le point principal 4)→ok

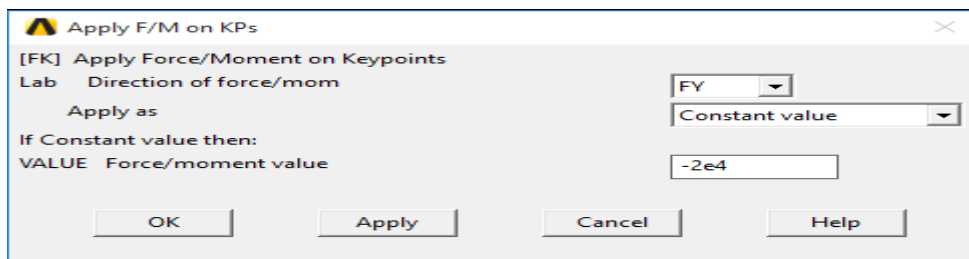


Figure II .35 : application de la force concentrée

Direction of force/ Mom=FY (direction de l'axe de la force)

Value= -20000 (N) (la valeur de la force avec attention au signal)



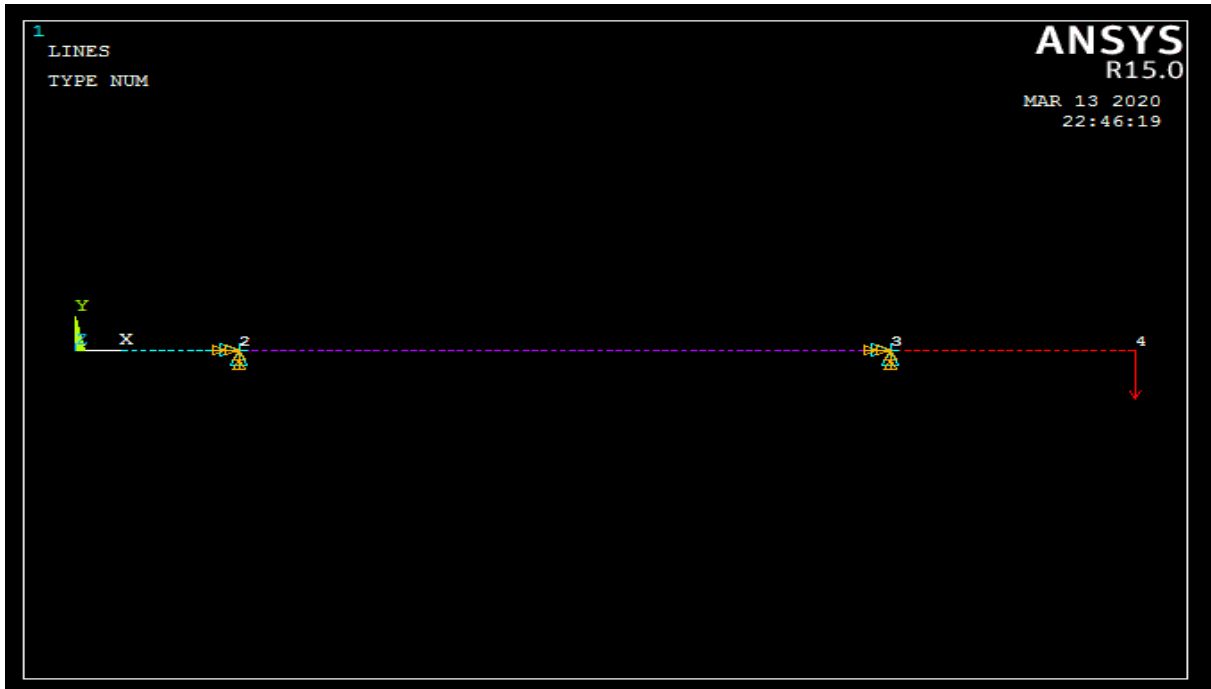


Figure II .36: application de charge concentrée

- **II .3.1.5.3 Application de force répartie :**

Une charge utile uniformément répartie de 6000 N est appliquée à l'élément concerné, comme indiqué sur la figure, selon le chemin suivant :

Solution → define loads → apply → structural → pressure → on beams →

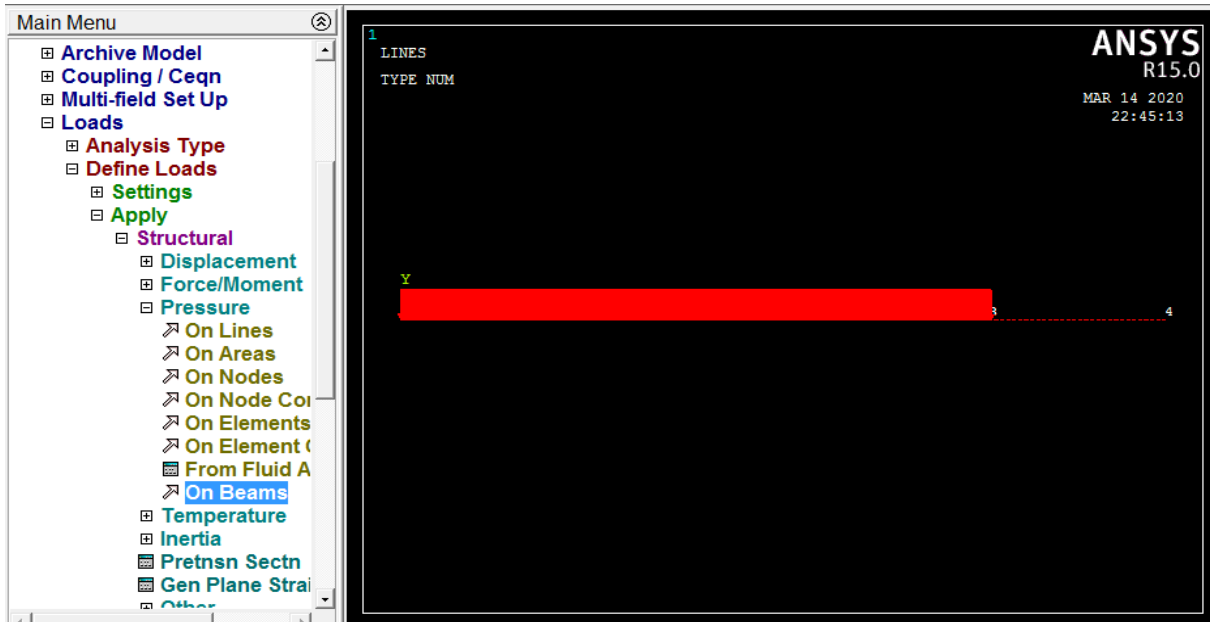
→ Box → (détermination des composants linéaires soumis a la charge)

→ Zoom model (nous nous assurons que les éléments sont identifiés avec précision)

→ Ok

Load key = 2 (direction de la charge)

Pressure value at node = 6 (N /mm/l) (la valeur de la force)



**Figure II .37:** application des forces répartie

**Remarque :** Le signal positif lors de l'application de la charge répartie indique que la charge appuie sur l'élément, ce que signifie que la direction de force est l'opposé de la direction de l'axe Y dans cet exemple, et l'inverse est vrai.

**Remarque :** Dans la fenêtre de l'application de charge (apply pres on beams), nous avons :

(Load Key =1) : la charge est appliqué conte l'axe (Z)

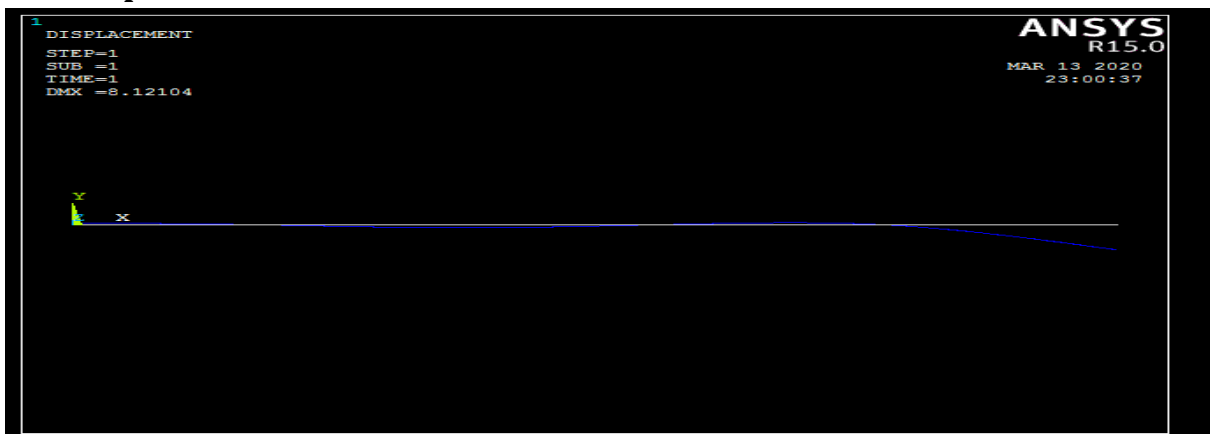
(Load Key=2) : la charge est appliqué conte l'axe (Y)

(Load Key=3) : la charge est appliqué conte l'axe (X)

### II.3.1.6 L'analyse a commencé :

Le processus d'analyse se fait en suivant le chemin mentionné dans le premier exemple.

- **Aperçu des résultats :**



**Figure II .38:** affichage des résultats

### II.3.1.7 Méthode d'inspection du moments :

General postproc → plot results → contour plot → line elem res → ok

1-Lab I Elem table Item at node I =moment-I

Lab J Elem table Item at node J =moment-J

→ok

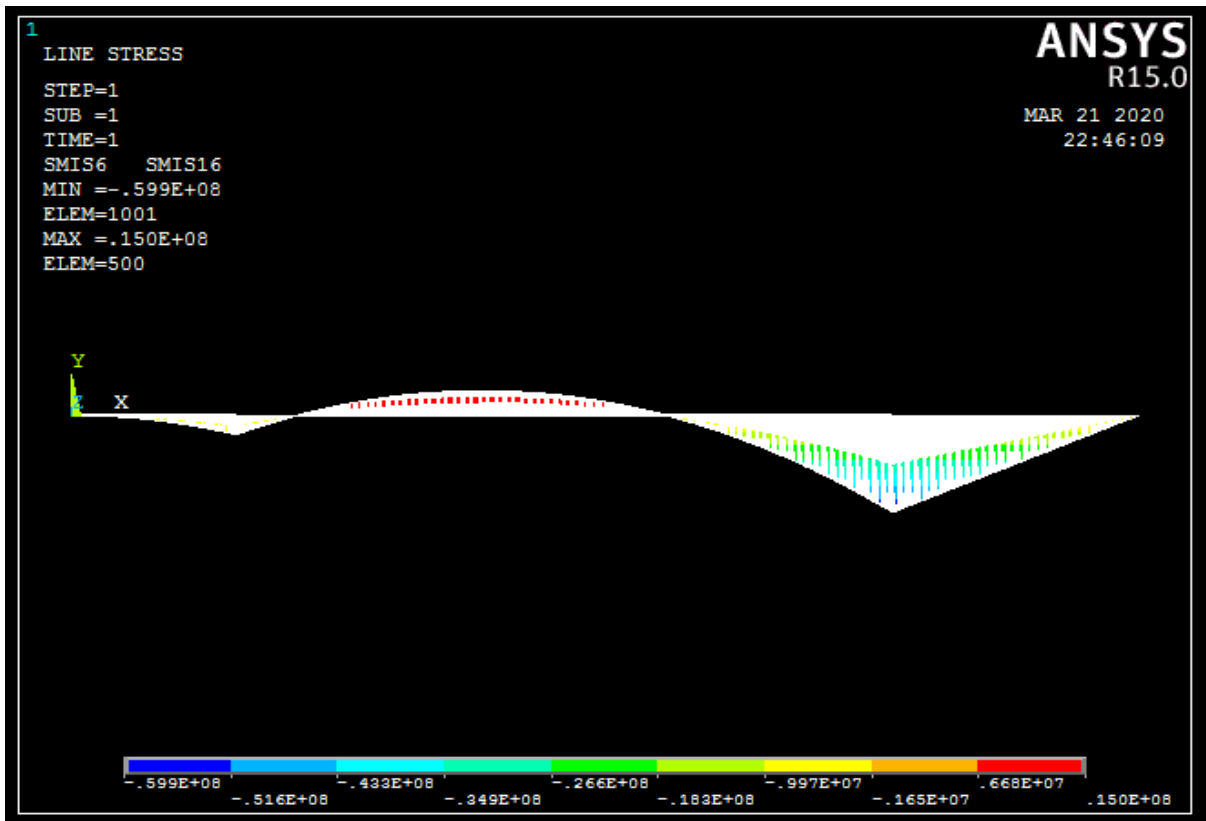


Figure II .39 : diagramme du moment

- II .3.1.8 Aperçu des reaction dans les appuis

Les valeurs de réaction dans les appuis sont prévisualisées numériquement suivant le chemin :

General postproc → list results → reaction solu → all items → ok

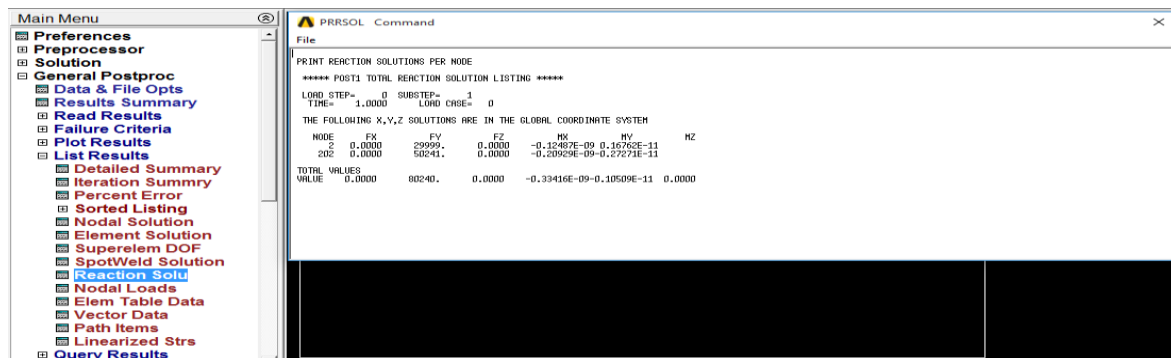


Figure II .40 : les valeurs des réactions

• **II.3.1.9 Vérifier les réponses mathématiquement:**

$$\sum f/y = (6 \cdot 10^3) \cdot 10 + (20 \cdot 10^3) + R_a + R_b = 0$$

$$\Rightarrow R_a + R_b = 80000 \text{ N}$$

$$\sum M/b = (6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 5) - (R_a \cdot 8) - (20 \cdot 10^3 \cdot 3) = 0$$

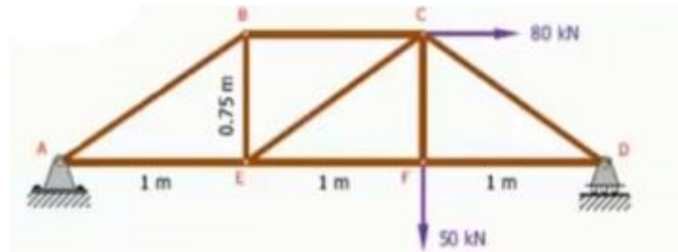
$$\Rightarrow R_a = 30000 \text{ N}$$

$$\Rightarrow R_b = 50000 \text{ N}$$

Et par rapport aux résultats analytiques présentés dans la figure précédente, on remarque que les valeurs sont les mêmes.

**II.4 Application 03**

Poutre en treillis, sa longueur est 3 m, la section des barres 400 mm<sup>2</sup>, la poutre est basé sur deux appuis (simple et double) soumis aux charges externes 23, ce qui nécessaire c'est la modélisation de la poutre en treilles et l'examen des forces et des contraintes.



**Figure II .41 :** poutre en treillis

**Le but de cet exemple :**

Modélisation poutre en treillis (truss beam)

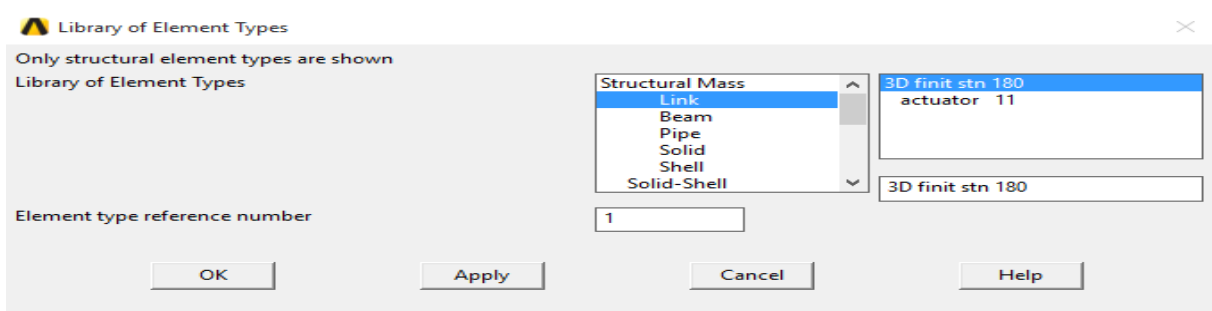
Aperçu des déplacements

Aperçu des forces et des contraintes dans les barres

**II.4.1 Etapes de la solution :**

L'élément est utilisé (link 180), il est déterminé selon le chemin suivant :

»Preprocessor→element type→add /edit/delete→add: link→3d finite stn 180→ok→close



**Figure II .42 :** choix type d'élément

### II.4.1.1 Définissez les constants de l'élément utilisé:

La section des barres d'élément utilisé (Link 180) qui est égale a 400 mm est définie par le chemin suivant indiqué sur la figure :

»Preprocessor →real constant → add /edit/delete → add: link180→ok

Area =400 mm<sup>2</sup> (la section des barres)

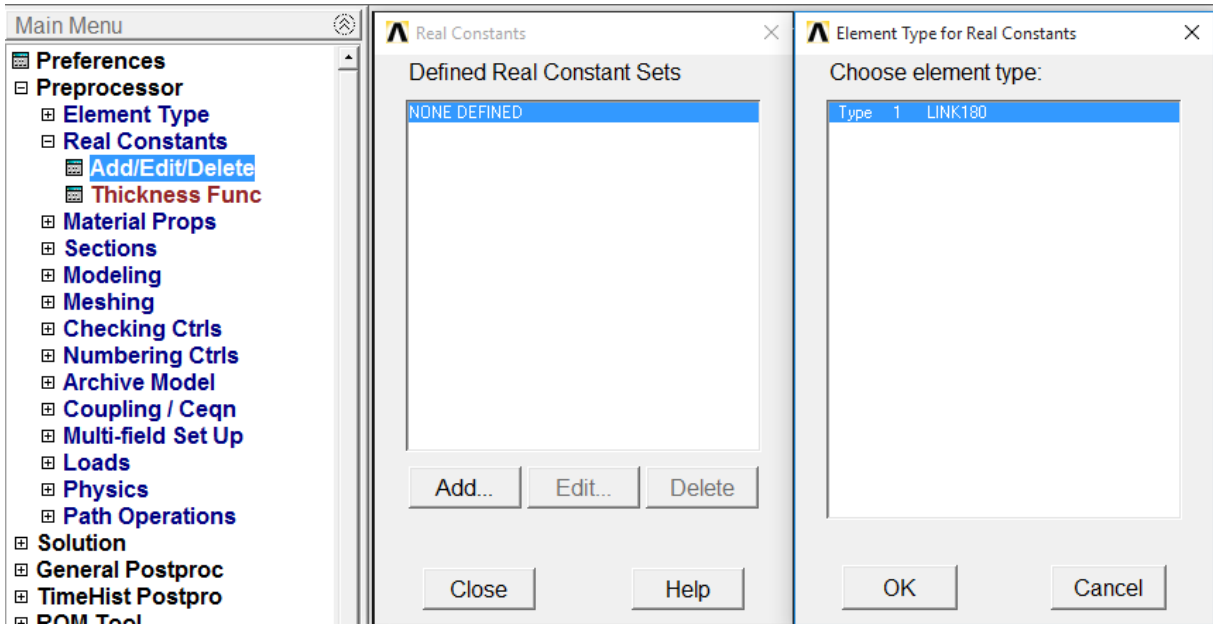


Figure II .43 : choix des constants types d'élément

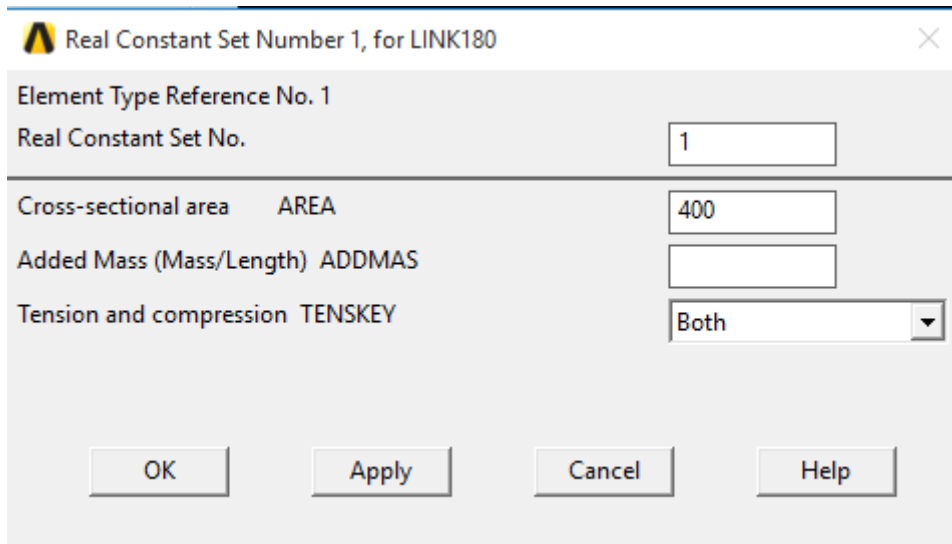


Figure II .44: définition de la section des barres

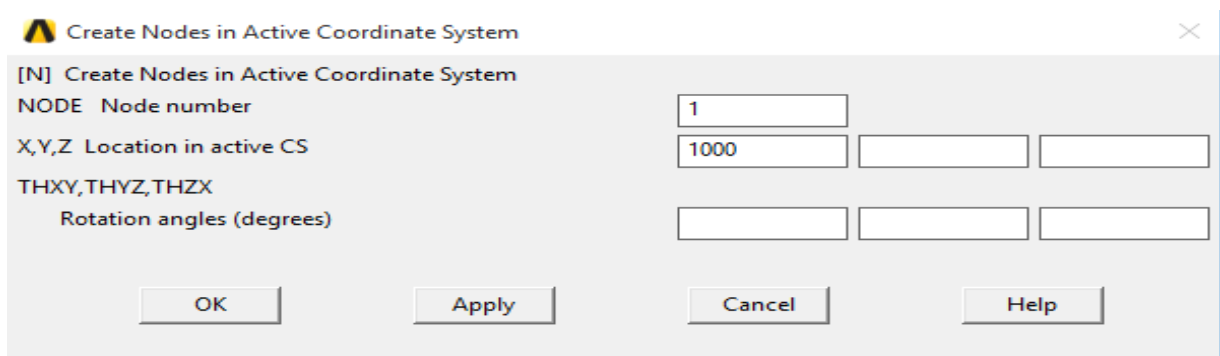
**Remarque :** les unités internationales peuvent être appelées en écrivant (/unit, si) dans la fenêtre de saisie..., puis nous ouvrons la fenêtre de sortie (Ansys output Windows) pour pré visualiser ces unités internationales.

### II.4.1.2 Dessinez les points principaux :

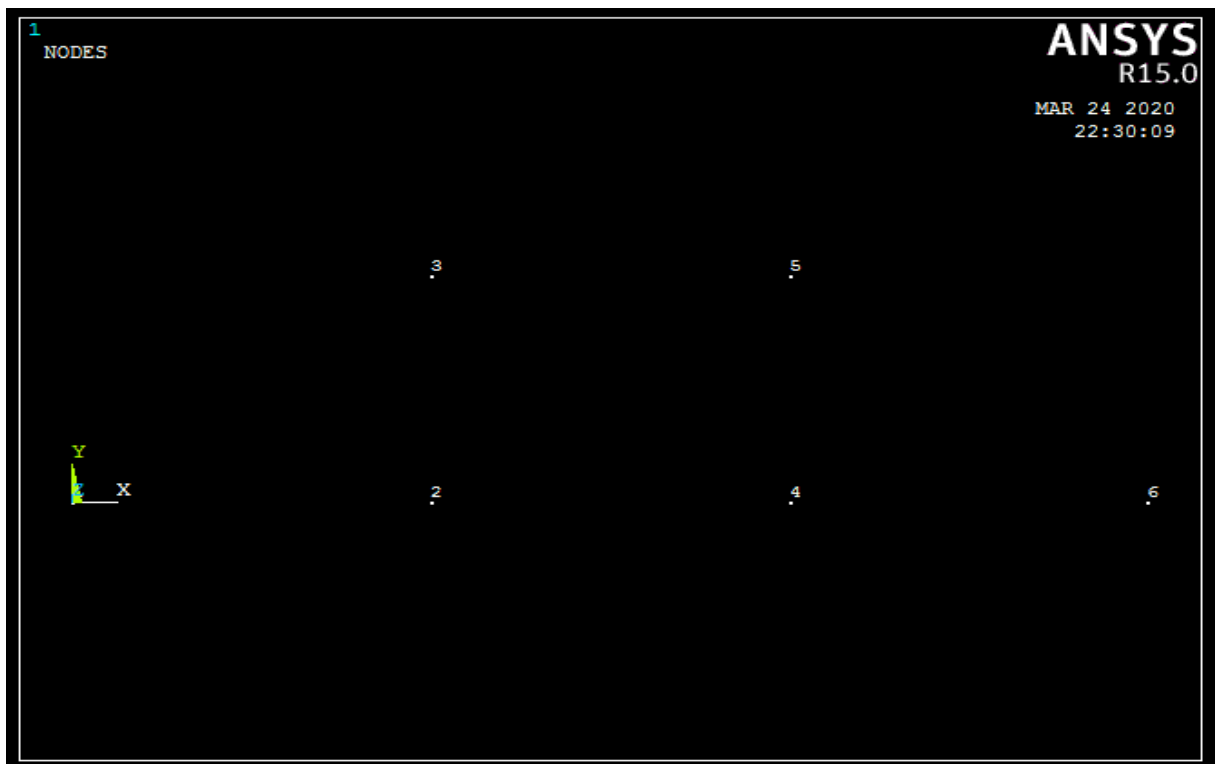
Six points principaux sont tracés selon les chemins mentionnés dans les exemples précédents indiqués sur la figure, selon le tableau suivant :

**Tableau II .2 :** les coordonnées des points

key point number	X	Y	Z	
1	0	0	0	Apply
2	1000	0	0	Apply
3	1000	750	0	Apply
4	2000	0	0	Apply
5	2000	750	0	Apply
6	3000	0	0	Ok



**Figure II .45 :** création des points principaux



**Figure II .46:** affichage des points

### II.4.1.3 Dessiner les barres d'élément :

Neuf lignes sont tracées en utilisant le chemin mentionné dans l'exemple précédent à travers le tableau suivant indiqué sur la figure :

Tableau II .3 : les coordonnées des points

Point 01	Point 02
1	2
2	4
4	6
6	5
5	3
3	1
2	3
4	5
2	5

→ok

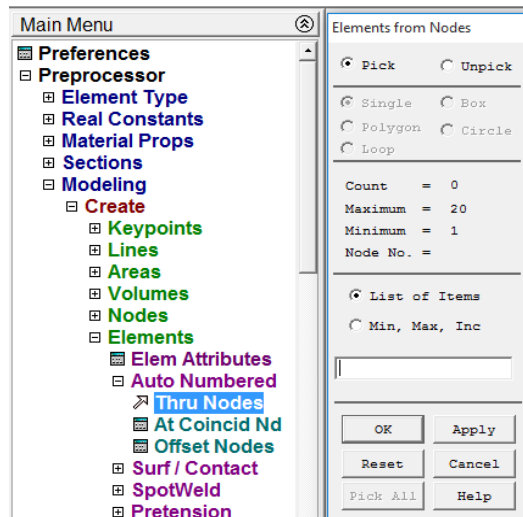


Figure II .47: création des lignes

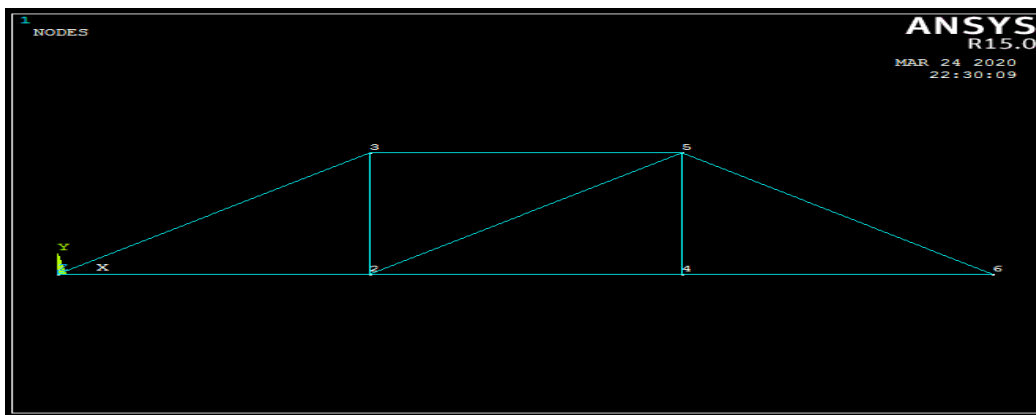


Figure II .48 : affichage des lignes

### II .4.1.4 Le maillage :

On considéra que chaque barre est composée d'un seul élément puis l'ordre de division est donné, ce processus est effectué selon le chemin :

»Preprocessor→meshing→mesh tool→lines→set→pick all

No, of element divisions =1 →ok→mesh→pick all

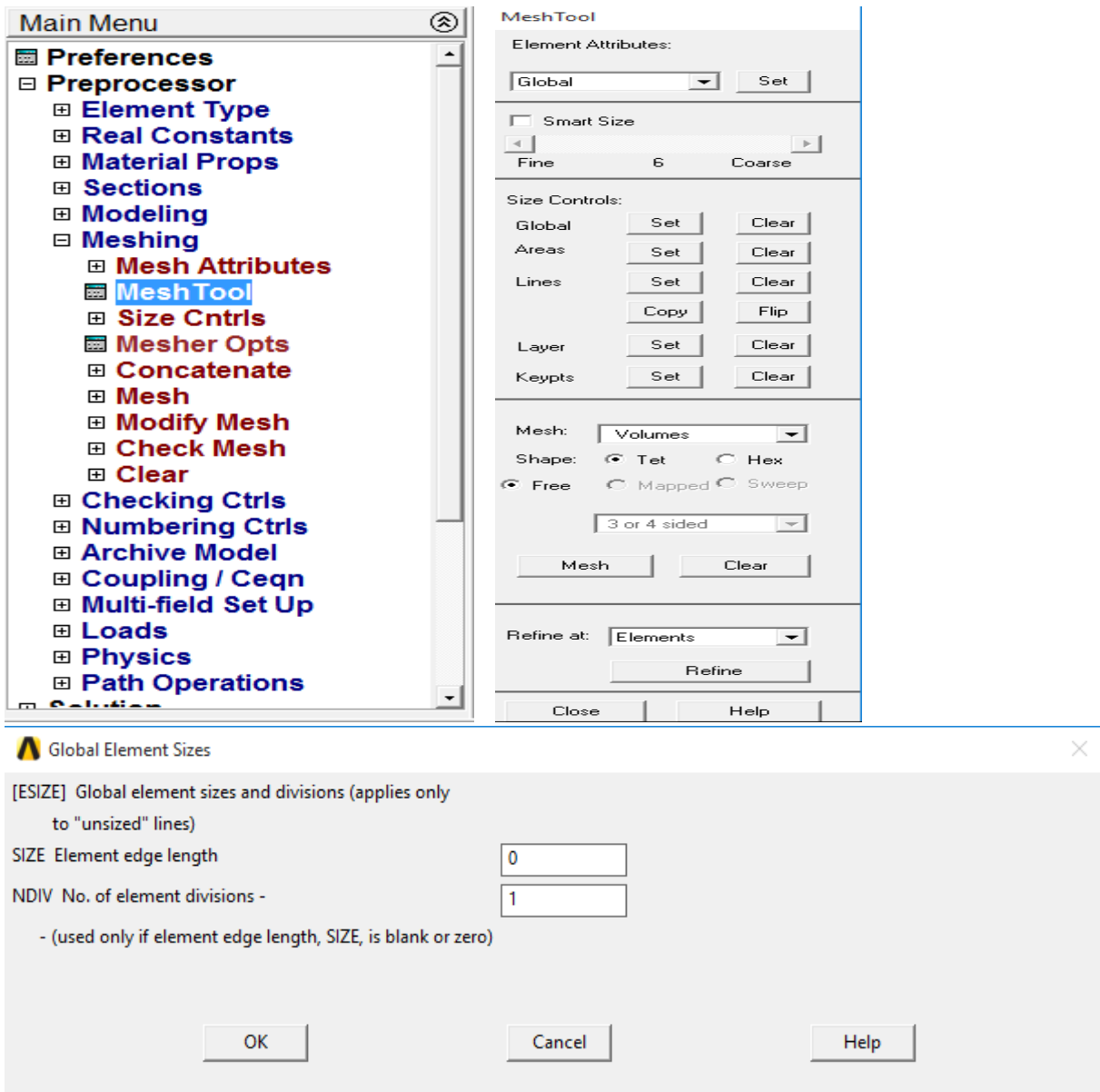


Figure II .49: subdivision du l'élément



### II.4.1.5 Définition des charges:

- **II .4.1.5.1 Définition des déplacements:**

Fixation des appuis simple et double selon le chemin suivant :

»Solution→define loads→apply→structural→déplacement→ on Key points →(nous définissons le point principal 1)→ok

LAB2 DOFs to be constrained=all dof→apply (appui double)

»Nous définissons le point principal 6→ok

LAB2 DOFs to be constrained=UY →ok (appui simple)

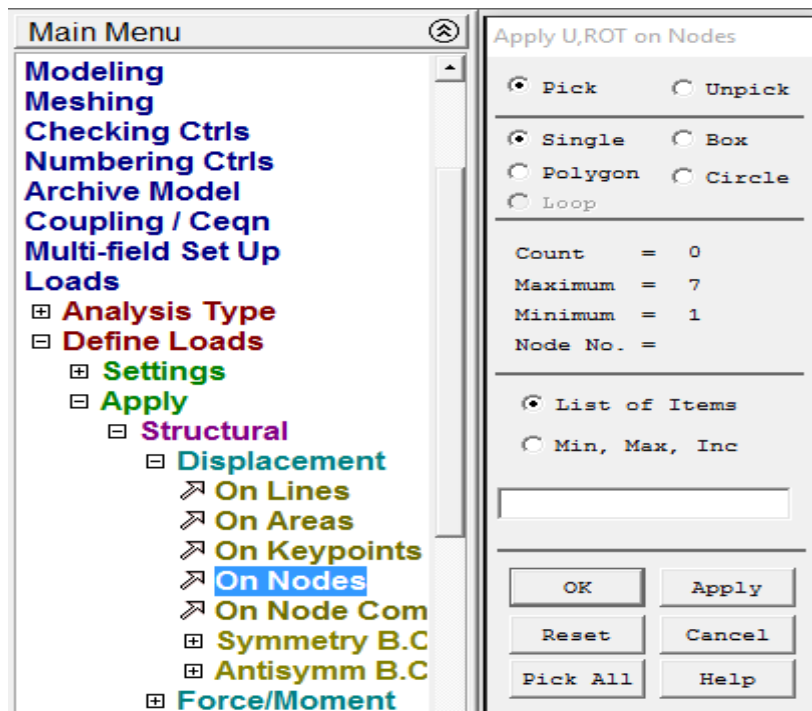


Figure II .50: application des forces

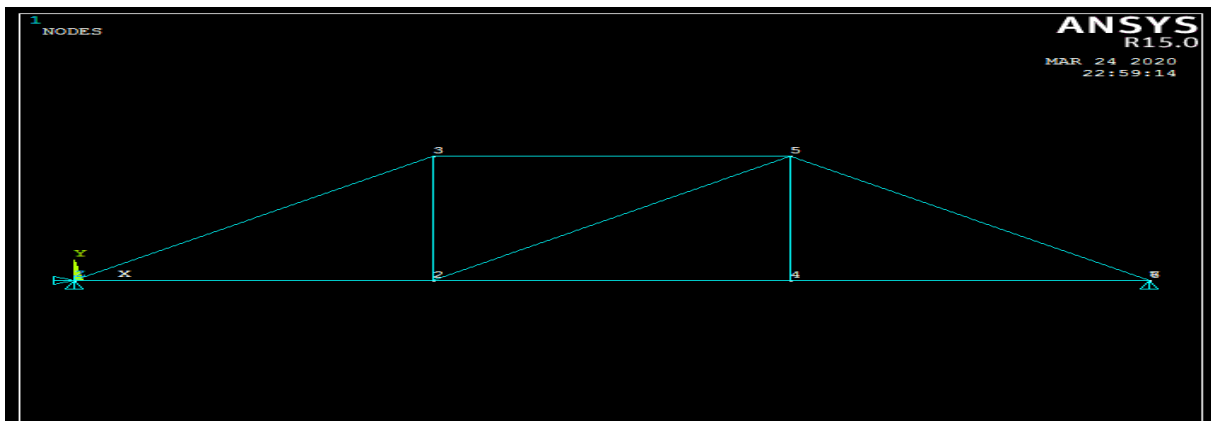


Figure II .51: affichage des appuis

### II.4.1.5.2 Application de charge concentrée:

Les charges utiles concentrées sont appliquées à l'extrémité libre droite indiquée sur la figure selon le chemin suivant :

»Solution →define loads→apply→structural →(force /moment)→on Key points→( nous définissons le point principal 5)→ok

Direction of force/ Mom=FX (direction de l'axe de la force)

Value=80000 (N) (la valeur de la force avec attention au signal)

→Apply

»on Key points →(nous définissons le point principal 4)→ok

Direction of force/ Mom=FY (direction de l'axe de la force)

Value=-50000 (N) (la valeur de la force avec attention au signal)

→Ok

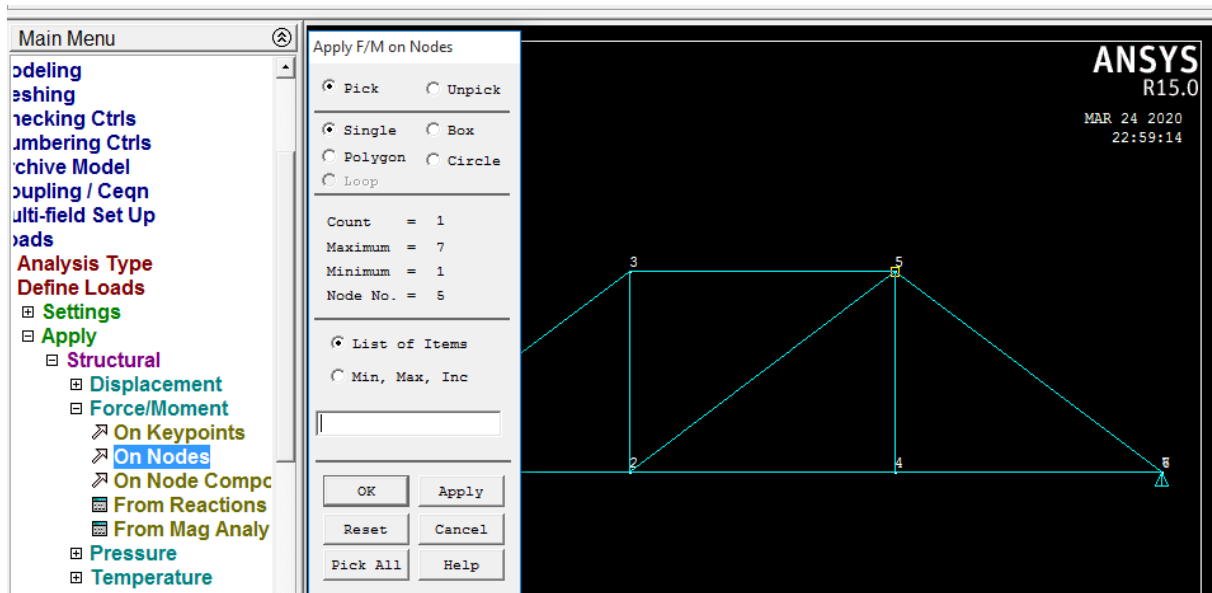


Figure II .52 : choix des nœuds

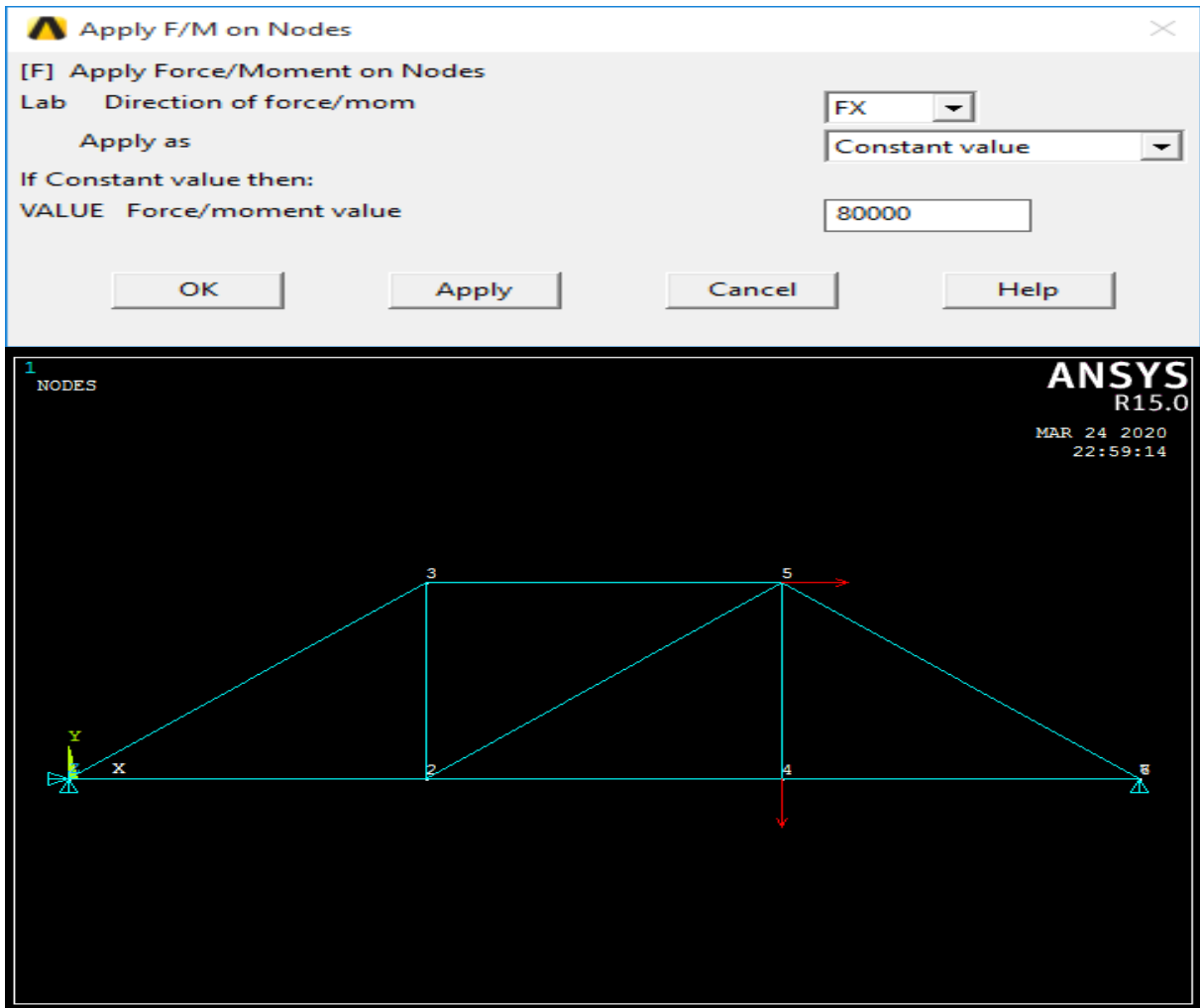


Figure II .53: application des forces concentrées

• **II 4.1.6 Vérifier les charges appliquées aux appuis :**

Les noms des nœuds sur lesquels les charges utiles sont appliquées, la direction de leurs axes et leurs valeurs sont vérifiés numériquement a travers le chemin suivant indiqué :

»List → load → force → on all nodes.

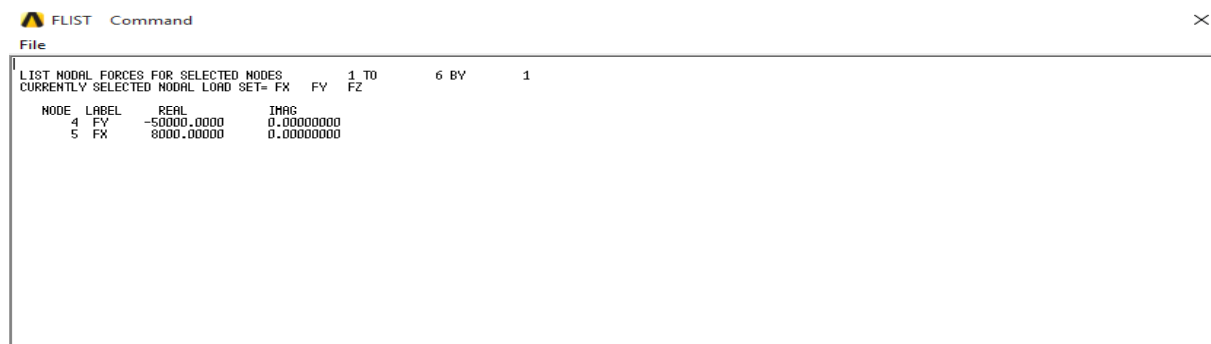


Figure II .54 : vérifier les valeurs des charges

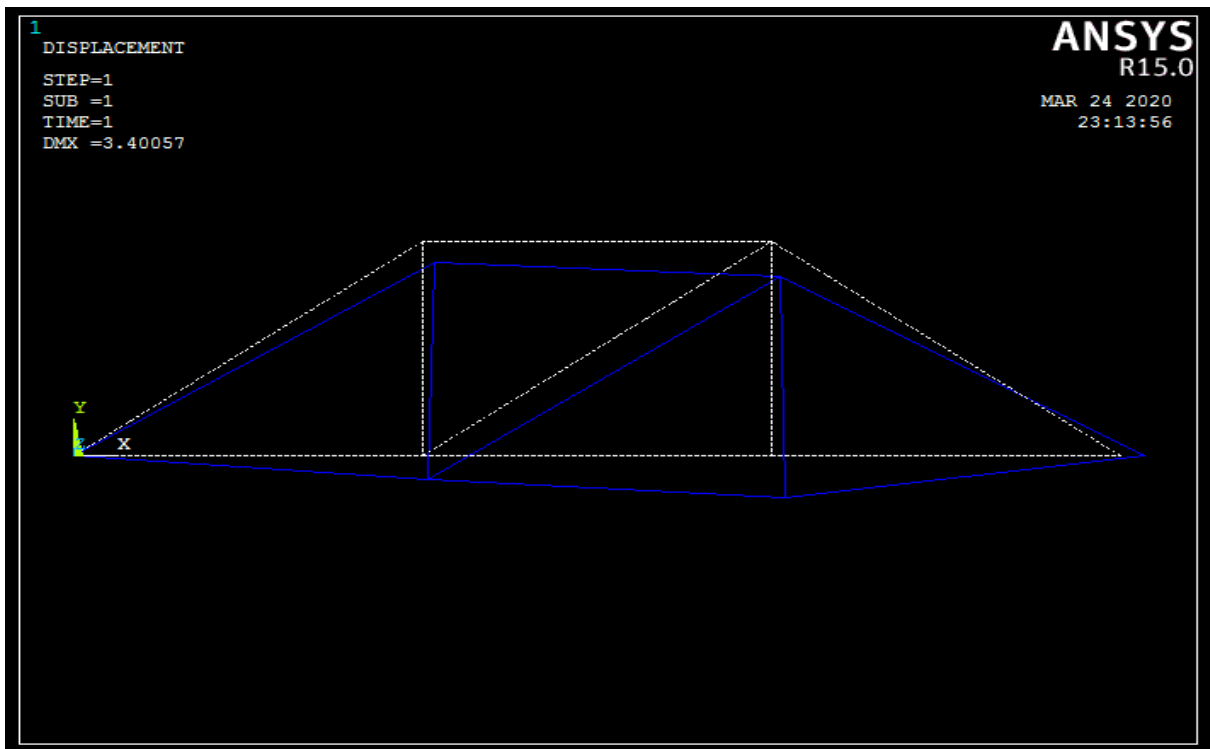
### II.4.1.7 L'analyse a commencé :

Le processus d'analyse se fait en suivant le chemin mentionné dans le premier exemple.

- **II 4.1.8 Aperçu des résultats :**

Pré visualisez la déformation due aux charges appliquées a travers le chemin suivant indiqué dans la figure :

»General Postproc→plot results→deformed shape→def+undeformed →ok



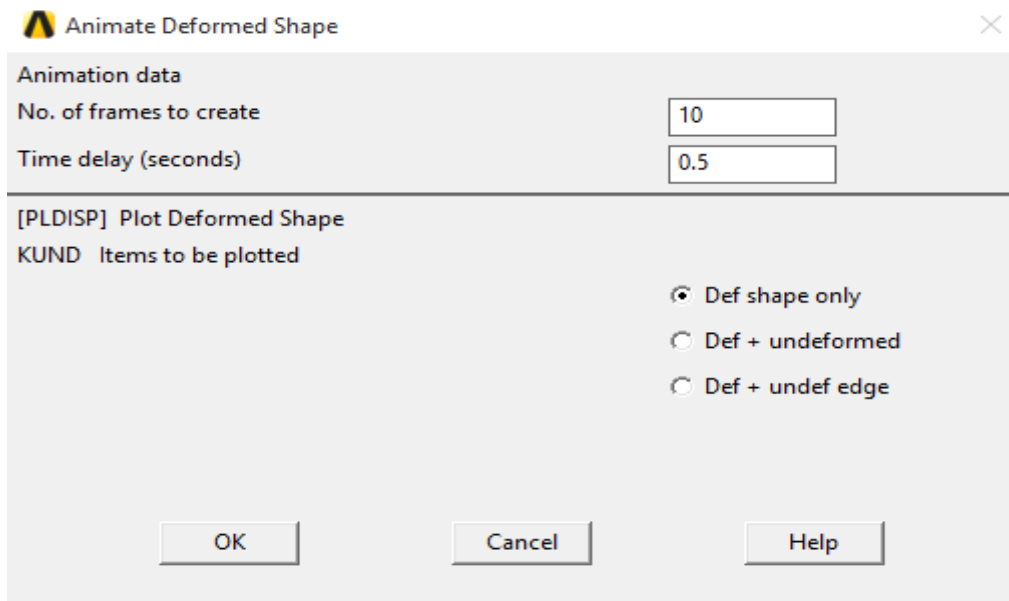
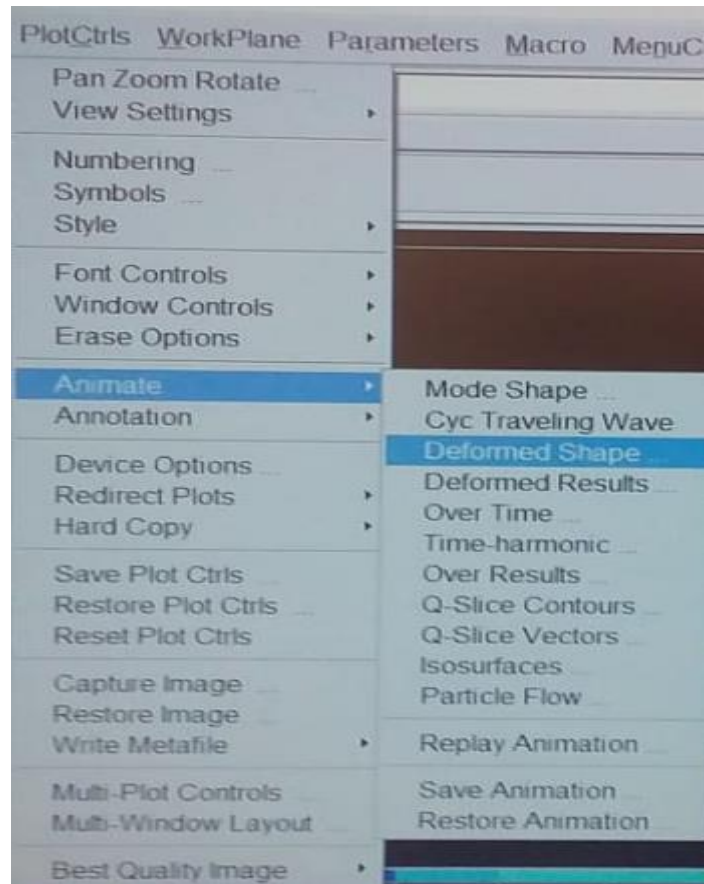
**Figure II .55:** voir des résultats (deformed+undeformed shape)

Notez à partir de la figure qu'il n'y a pas de transition dans l'appui double, un décalage horizontal s'est produit dans l'appui simple, et dans l'autre nœud, une transition verticale s'est produit.

- **II 4.1.9 Aperçu du mécanisme de la distorsion sous forme vidéo :**

Pré visualisez le mécanisme de la distorsion sous forme vidéo a travers le chemin suivant montré dans la figure :

»Plotctrls→animate→deformed shape→def+undeformed→ok



**Figure II .56:** activation du mécanisme de distorsion sous forme vidéo

- **II .4.1.10 Aperçu des déplacements dans les nœuds :**

Les transferts dans les nœuds sont pré visualisées numériquement via le chemin suivant indiqué dans la figure :

»General Postproc → list results → nodal solution → DOF solution → displacement vector sum → ok

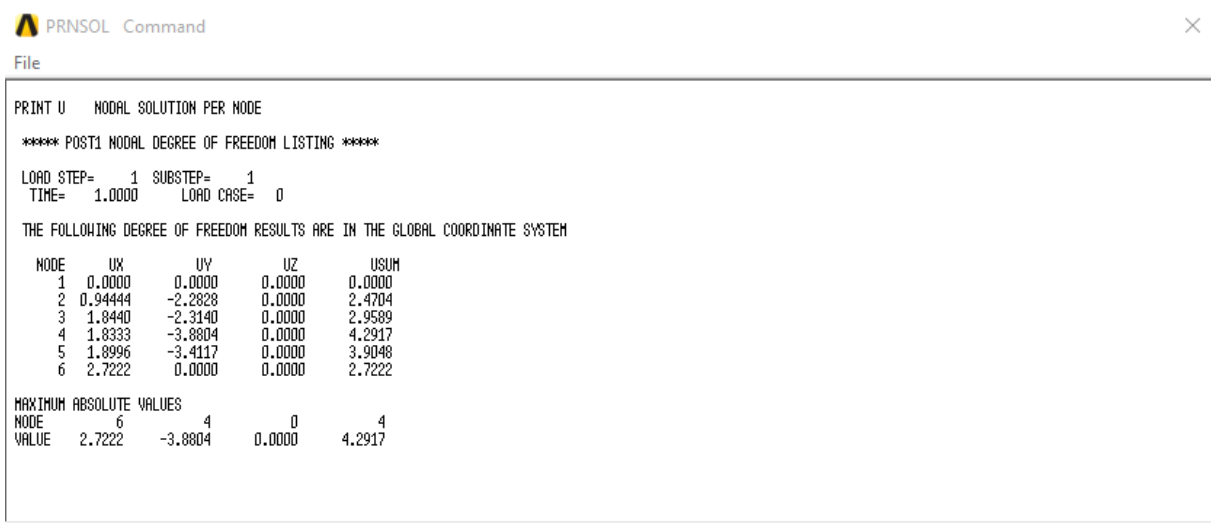


Figure II .57 : aperçu numérique des transferts

• **II.4.1.11 Aperçu schématique des forces et contraintes dans les barres:**

Les forces et contraintes dans les barres sont examinées a travers les étapes suivantes illustrées sur la figure :

»General Postproc → plot results → contour plot → line elem res →

1-Lab I Elem table Item at node I =NFORCE

Lab J Elem table Item at node J =NFORCE

→Apply

2- Lab I Elem table Item at node I =STRESS-I

Lab J Elem table Item at node J =STRESS-J

→Ok

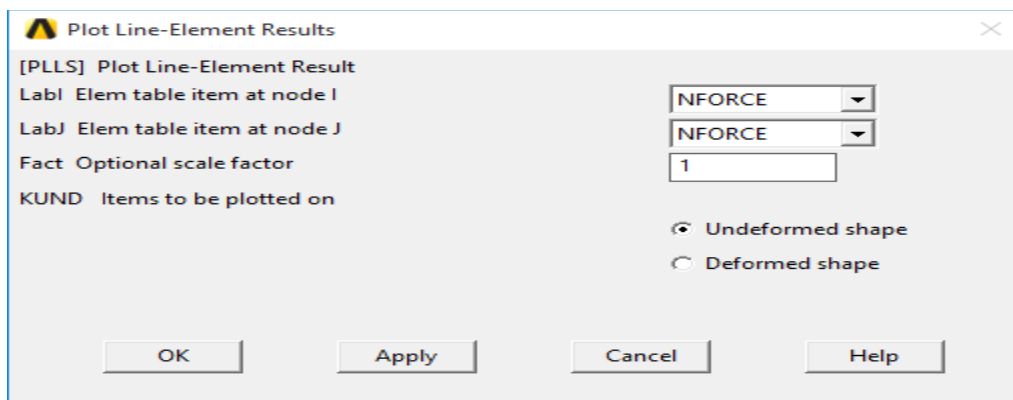


Figure II .58: définition les forces pour inspection schématiquement

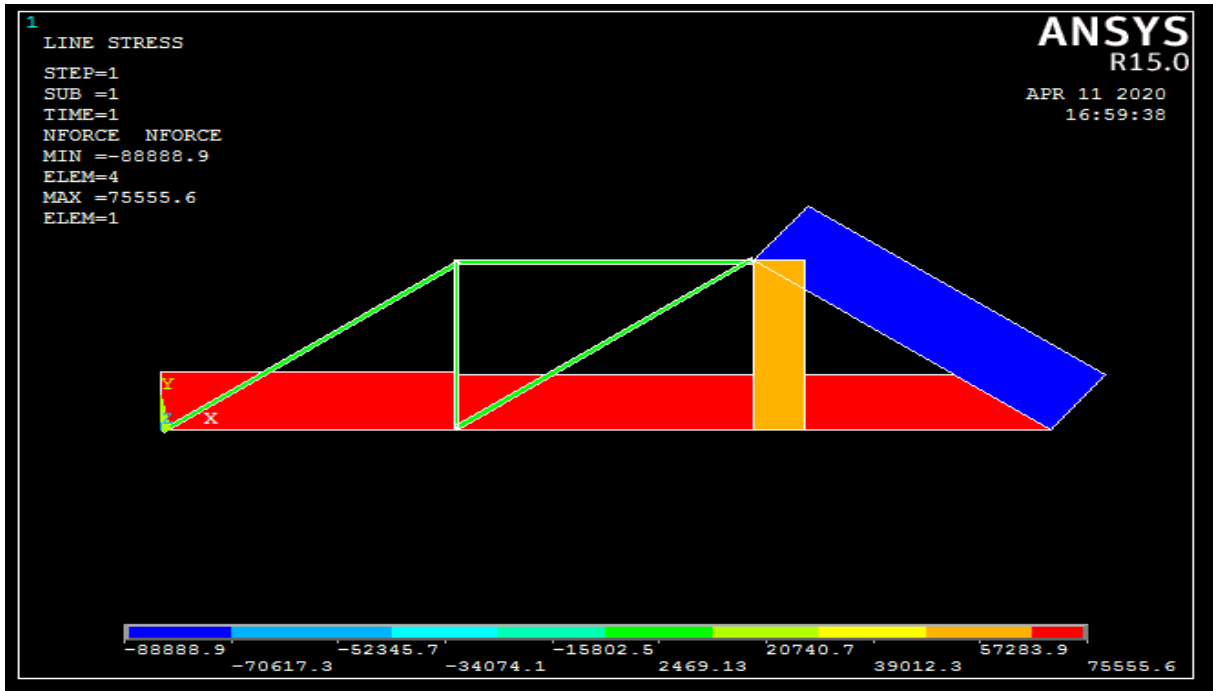


Figure II .59 : aperçu des forces dans les barres

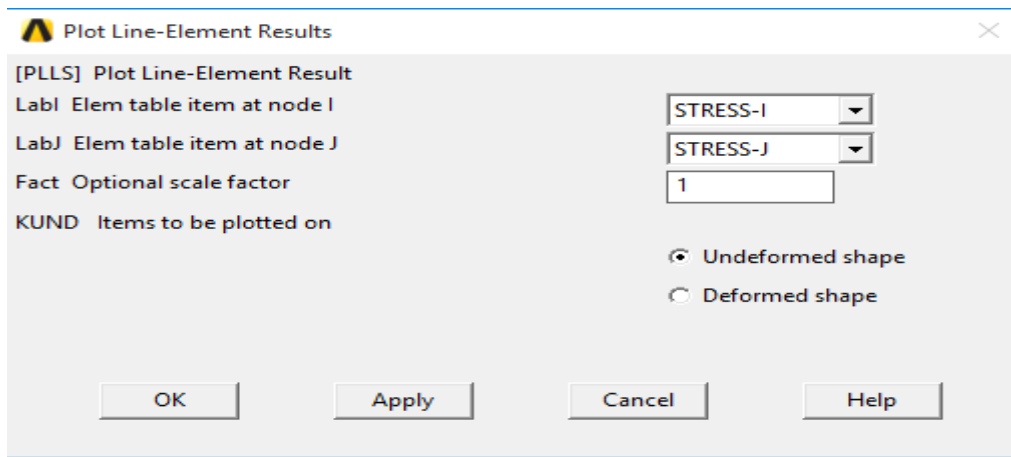


Figure II .60: définition des contraintes pour inspection schématiquement

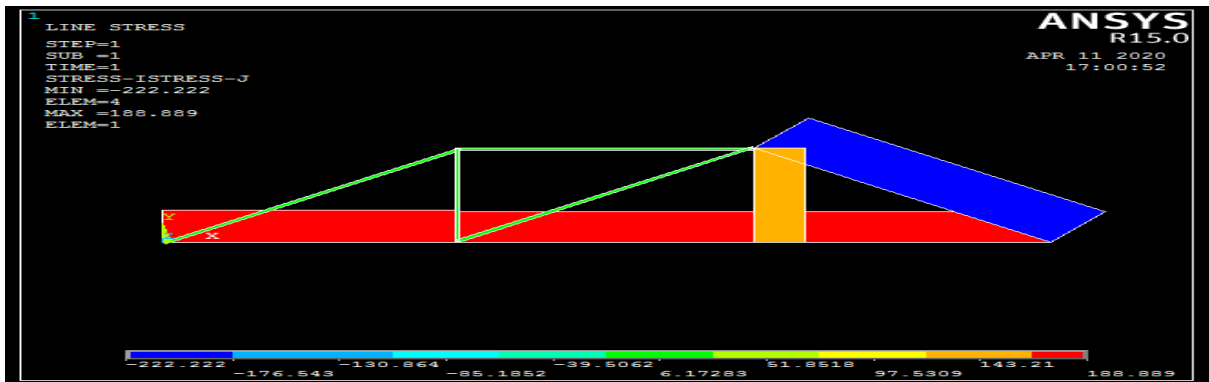


Figure II .61 : aperçu des contraintes dans les barres

• **II.4.1.12 Aperçu des réactions dans les appuis :**

Les réactions dans les appuis sont pré visualisées a travers les étapes suivantes illustrées dans la figure:

»General Postproc → list results → reaction solu → all items → ok

```

PRRSOL Command
File
PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE
**** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING ****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM
  NODE    FX      FY      FZ
   1    -8000.0   14667.   0.0000
   6      35333.
TOTAL VALUES
VALUE -8000.0   50000.   0.0000
    
```

**Figure II .62 :** aperçu des réactions dans les appuis

**II.5 Conclusion :**

Les problemes traités dans le cadre de la mécanique statique des solives et des structures, on suppose que le chargement imposé (déplacement, efforts, température,...) passe progressivement dans sa valeur initiale à sa valeur finale faisant ainsi passer le milieu sollicité d’une configuration initiale à sa configuration finale. Les paramètres à calculer (contraintes, déformations, déplacements, réactions,...) sont relatifs à l’état final fixe et par consequent ne dependent pas du temps.



# **Chapitre III: Dynamique Des Structures par ANSYS**

### **III.1 Introduction:**

Les analyses dynamiques sont utilisées pour déterminer la réponse dynamique d'une structure à une contrainte causée par la propagation d'une onde, un impact ou encore le changement rapide d'une force dépendante du temps. Typiquement on utilise les analyses dynamiques pour des cas où les échelles de temps sont de l'ordre de la seconde, typiquement de l'ordre de la milliseconde (pour des échelles de temps plus grandes, on considèrera une analyse structurale transitoire). Ces analyses peuvent également être utilisées pour modéliser des phénomènes mécaniques fortement non linéaires, que ce soit des non linéarités induites par les matériaux (par exemple, hyper-élasticité ou rupture), par des contacts (collisions à grandes vitesses par déformations géométriques (flambage ou effondrement) [5].

Dans ce chapitre, des analyses dynamiques sont effectuées, en commençant par l'utilisation d'une analyse modale pour calculer les fréquences naturelles et les modes de réponse de la structure, qui sont importants lors de la conception du modèle pour résister aux charges dynamiques, et cette analyse est considérée comme un point de départ si des analyses dynamiques avec de plus grandes durées sont effectuées telles que l'analyse dynamique et l'analyse harmonique ou La spectroscopie fournit un programme lorsque des méthodes pour extraire des motifs

### **III.2 L'analyse modale :**

L'analyse modale est l'étude des propriétés dynamiques (résonance structurelle) d'un système qui est défini séparément des charges qui lui sont appliquées et des réponses qu'il fournit. Les propriétés dynamiques (ou caractéristiques modales) d'une structure ou d'un système sont constituées de ce qu'on appelle les modes propres (ou naturels): un mode est défini par sa fréquence naturelle (ou sa fréquence de résonance), son amortissement et sa déformée modale. La dynamique que la structure étudie la réponse des structures lors de la mise en charge de leurs charges. Très souvent, on utilise, sous une forme ou une autre, les caractéristiques modales de la structure pour déterminer la réponse du système [6].

L'analyse modale est une solution efficace pour identifier la cause principale des problèmes engendrés par des niveaux de bruit et de vibrations excessifs dans une structure ou un système mécanique. L'analyse modale expérimentale nécessite très peu de matériel et est principalement utilisée pour des dépannages rapides. Néanmoins, elle fournit des informations précieuses que l'on n'obtient pas toujours lors des mesures effectuées au simple niveau opérationnel. Les résultats de l'analyse modale expérimentale permettent d'améliorer de façon notable la précision des modèles de simulation et ainsi d'améliorer la précision de la réponse des conditions opératoires. En conséquence, l'analyse modale ne doit pas seulement être considérée comme un outil de dépannage, mais comme un élément fondamental dans la conception du produit. Dans une approche globale du système, l'analyse modale fournit les informations nécessaires à la mise à jour du modèle de simulation afin de refléter la simulation précise de la situation réelle.

### III.3 Application

Dans cette partie, nous comparons des résultats de vibration d'une structure simple, cet exemple consiste en une plaque carrée simplement appuyée, les dimensions et les conditions de bord sont illustrées ci-dessus, la plaque est réalisée dans un matériau ayant les propriétés suivantes :

$$E= 2e^5 \text{ N /mm}^2 \quad \rho= 7.85e^{-6} \text{ Kg/m}^3 \quad \nu= 0.3$$

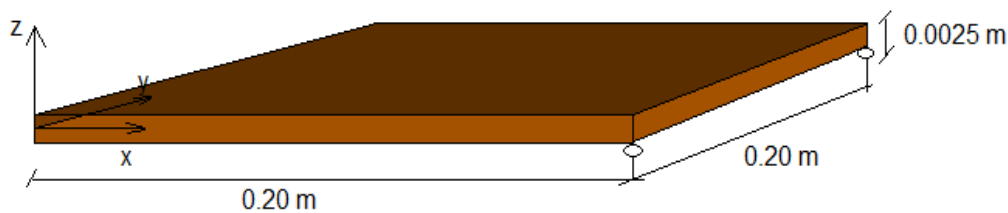


Figure III.1 : la forme et ses dimensions

**Le but de l'exemple :**

- Effectuer l'analyse modale ;
- Déterminez le nombre de modes et obtenez des formes possibles de repli et pré visualisez les résultats en fonction de chaque mode ;
- Définir une section composée de plusieurs couches différentes.

#### III.3.1 Etapes de la solution :

##### III.3.1.1 Préférence:

Définissez le type de problème: structurel, thermique, magnétique,...

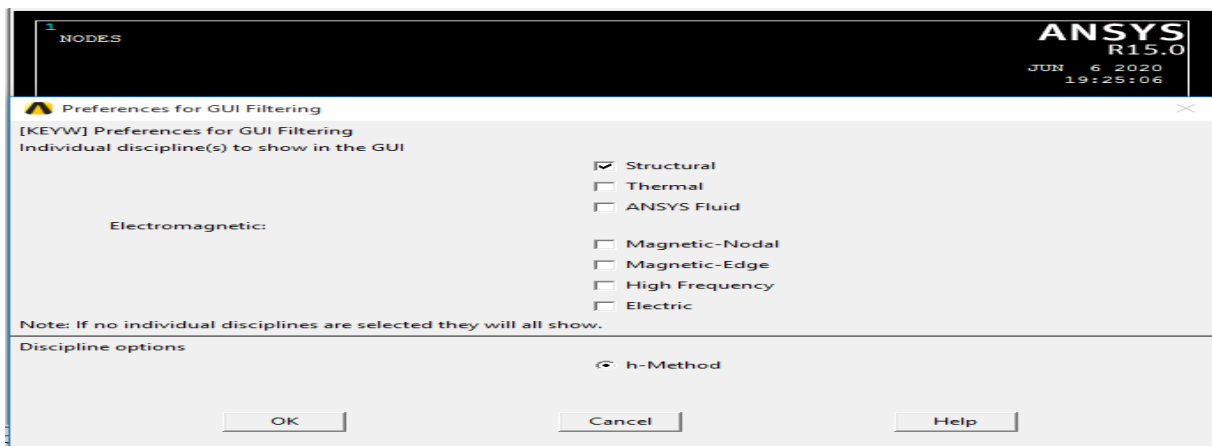


Figure III.2: type du problème

### III.3.1.2 Type d'Element:

Élément (coque 281) à 8 nœuds sera utilisé et déterminé selon le chemin suivant indiqué dans la figure

Preprocessor → element type → add /edit/delete → shell → 8node 281 → ok

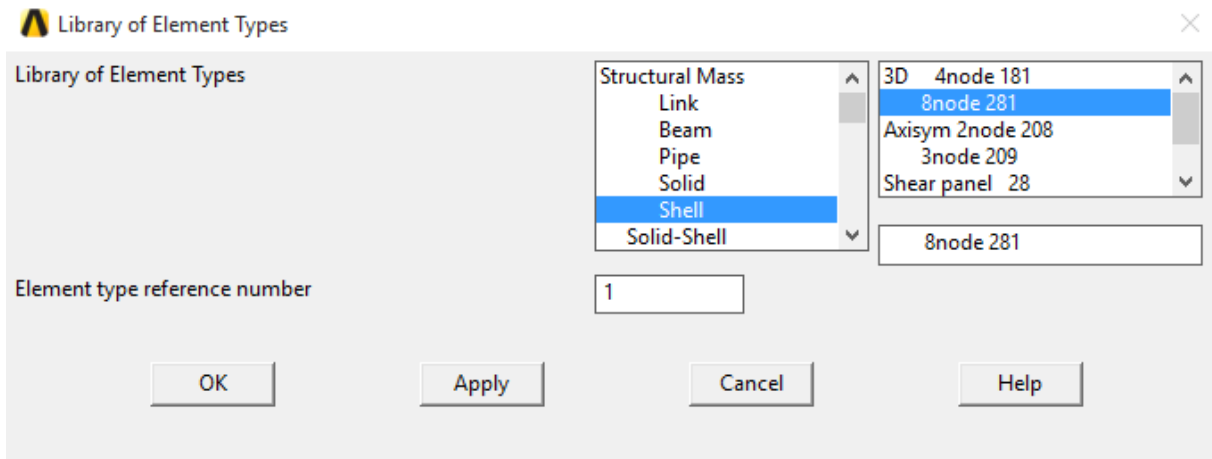


Figure III.3 : sélectionnez l'élément à utiliser

### III.3.1.3 Propriété des matériaux :

Les propriétés du matériau utilisé, qui sont le module d'élasticité, le coefficient de poisson et la densité, sont définies par le chemin indiqué sur la figure.

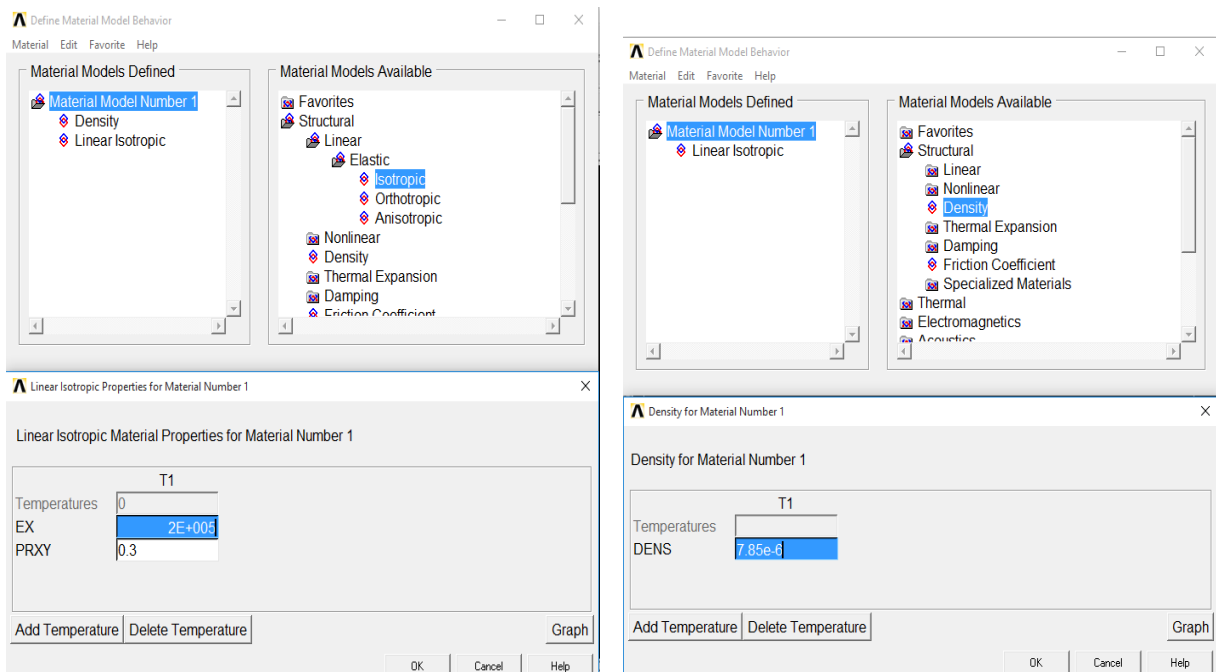


Figure III.4 : définir les propriétés du matériau

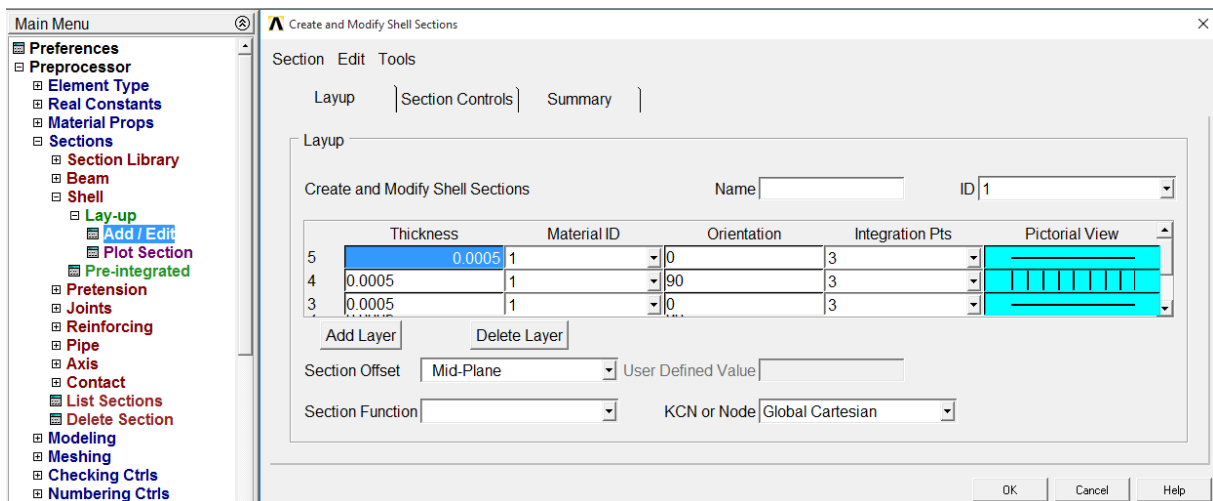
Le segment cortical à 5 couches est défini par le chemin suivant indiqué sur la figure ou l'épaisseur de la couche est de 0.0005 m

Preprocessor → section → shell → lay-up → add/edit → add layer

→ L'épaisseur de chaque couche est déterminée comme indiqué dans le tableau

**Tableau III.1** : déterminer l'épaisseur des couches

	Thickness	Material ID	Orientation	Pictirial view
1	0.0005	1	0	_____
2	0.0005	1	90	
3	0.0005	1	0	_____
4	0.0005	1	90	
5	0.0005	1	0	_____

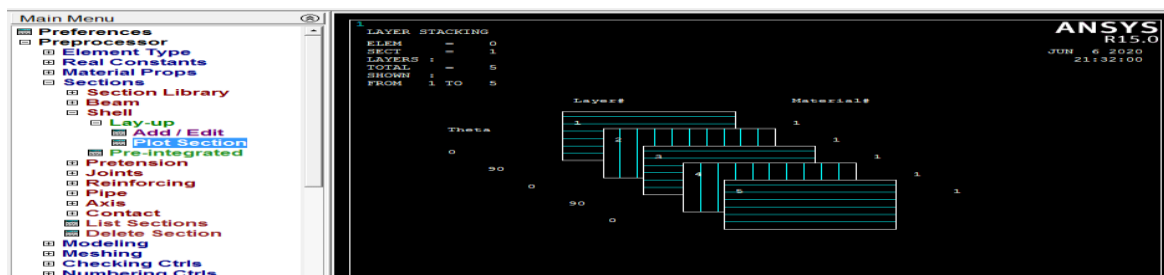


**Figure III.5** : définir les couches et l'épaisseur des éléments

- les couches, leurs direction et leur matériaux sont pré visualisés a travers le chemin suivant indiqué dans la figure.

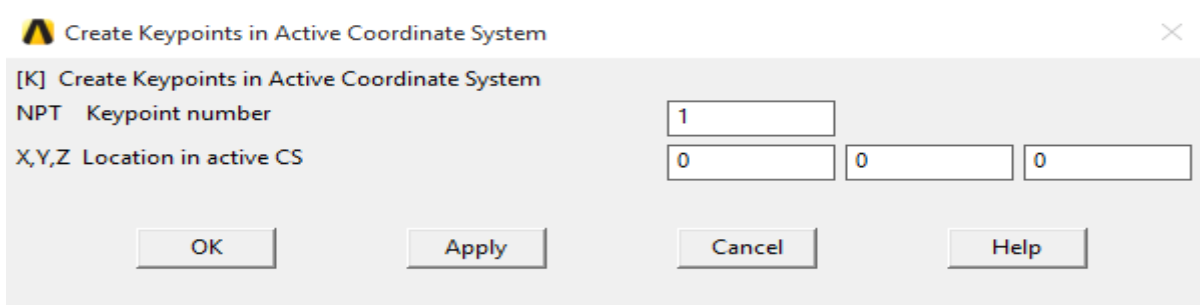
Preprocessor → section → shell → lay-up → plot section → ok

**Remarque** : dans le cas ou le nombre de couches est important, peut être spécifié un champ pour pré visualiser les couches qu'il contient.



**Figure III.6**: aperçu des couches

### III.3.1.4 Création de points: in active CS



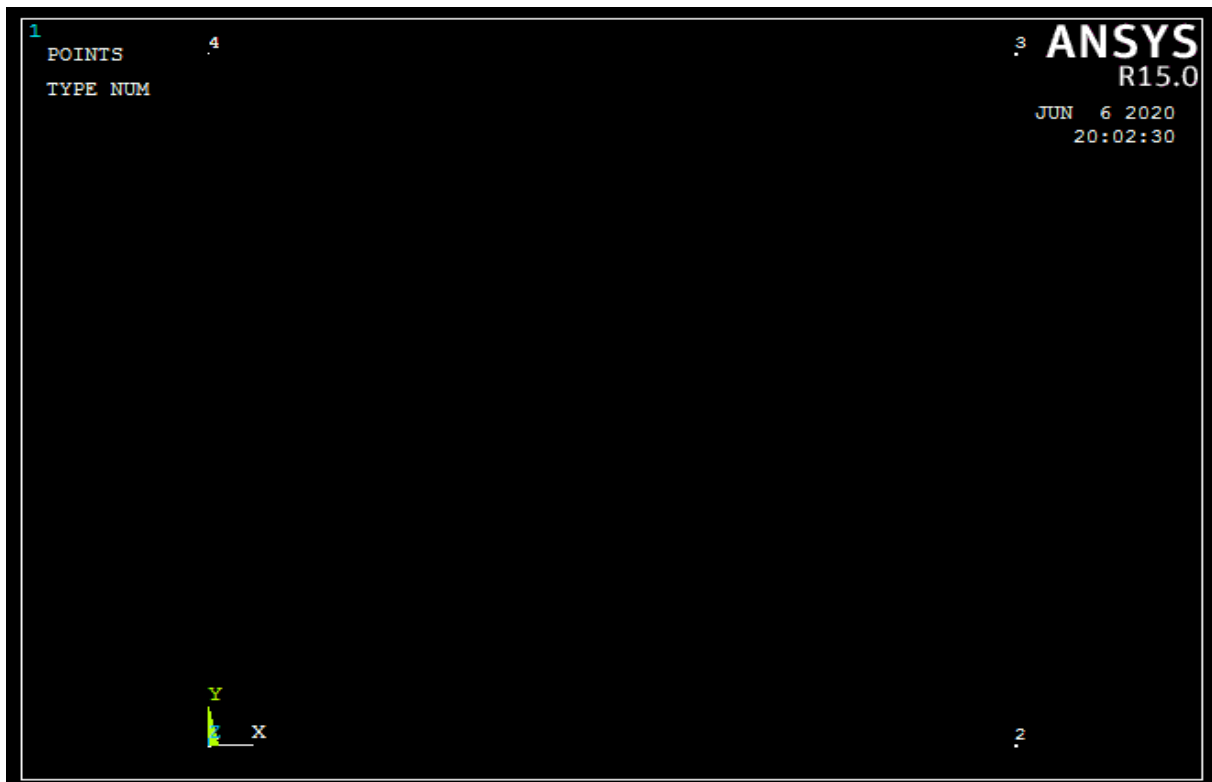
**Figure III.7 :** dessiner des points

On fait la même pour les points 2, 3 et 4 avec les coordonnées suivantes:

2 ( $x = 0,2; y = 0; z = 0$ )

3 ( $x = 0,2; y = 0,2; z = 0$ )

4 ( $x = 0; y = 0,2; z = 0$ )



**Figure III.8:** aperçu des points

### III.3.1.5 Création de lignes: Ligne droite

Créez des lignes droites en appuyant simplement sur deux points définis précédemment.

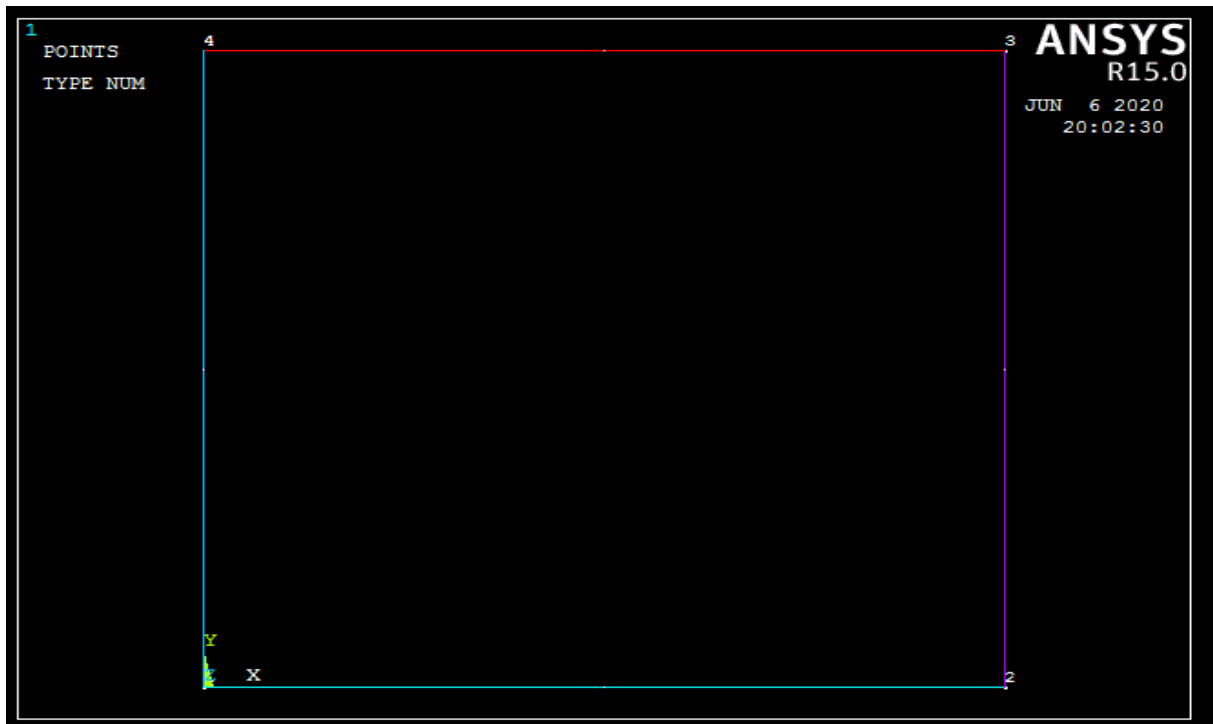


Figure III.9 : aperçu des lignes

### III.3.1.6 Création de zones: By line

Crée une surface définie par des lignes précédemment créées suivant le chemin :

Preprocessor → modeling → create → area → arbitrary → by lines → ok

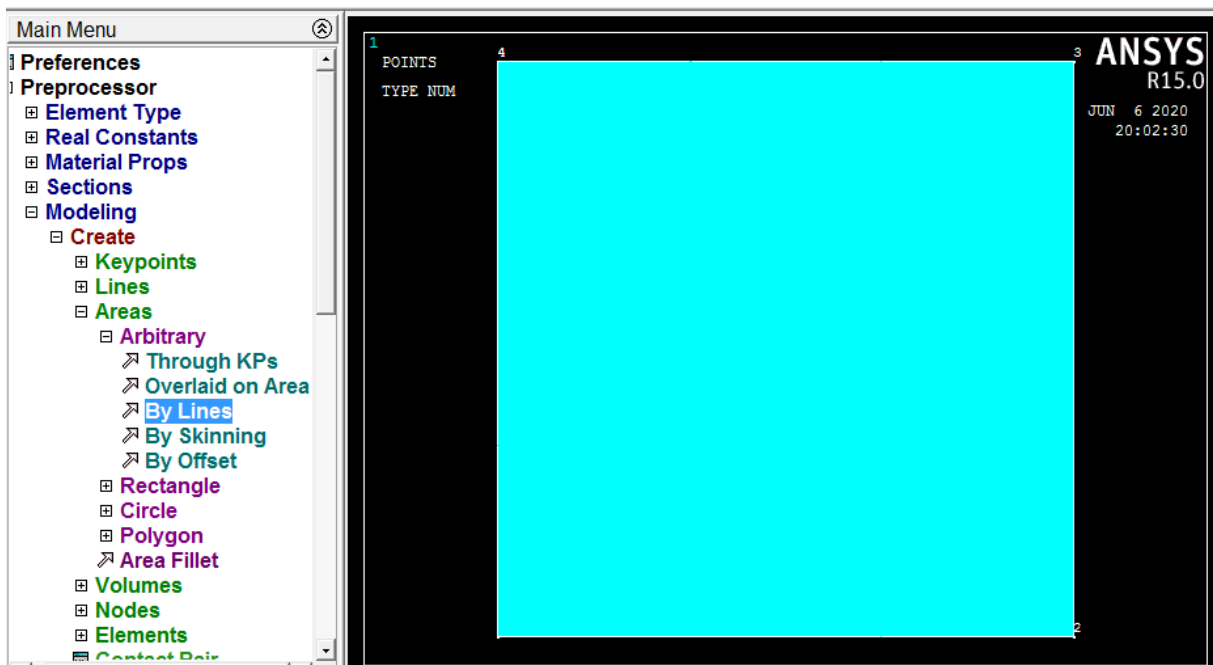


Figure III.10: aperçu de surface.

### III.3.1.7 Maillage

Une fois la zone où le volume crée, nous pouvons maintenant créer le maillage suivant le chemin suivant :

Preprocessor → Meshing → mesh tool → global:set → 40 division → mesh → Après avoir sélectionné la zone → apply → ok

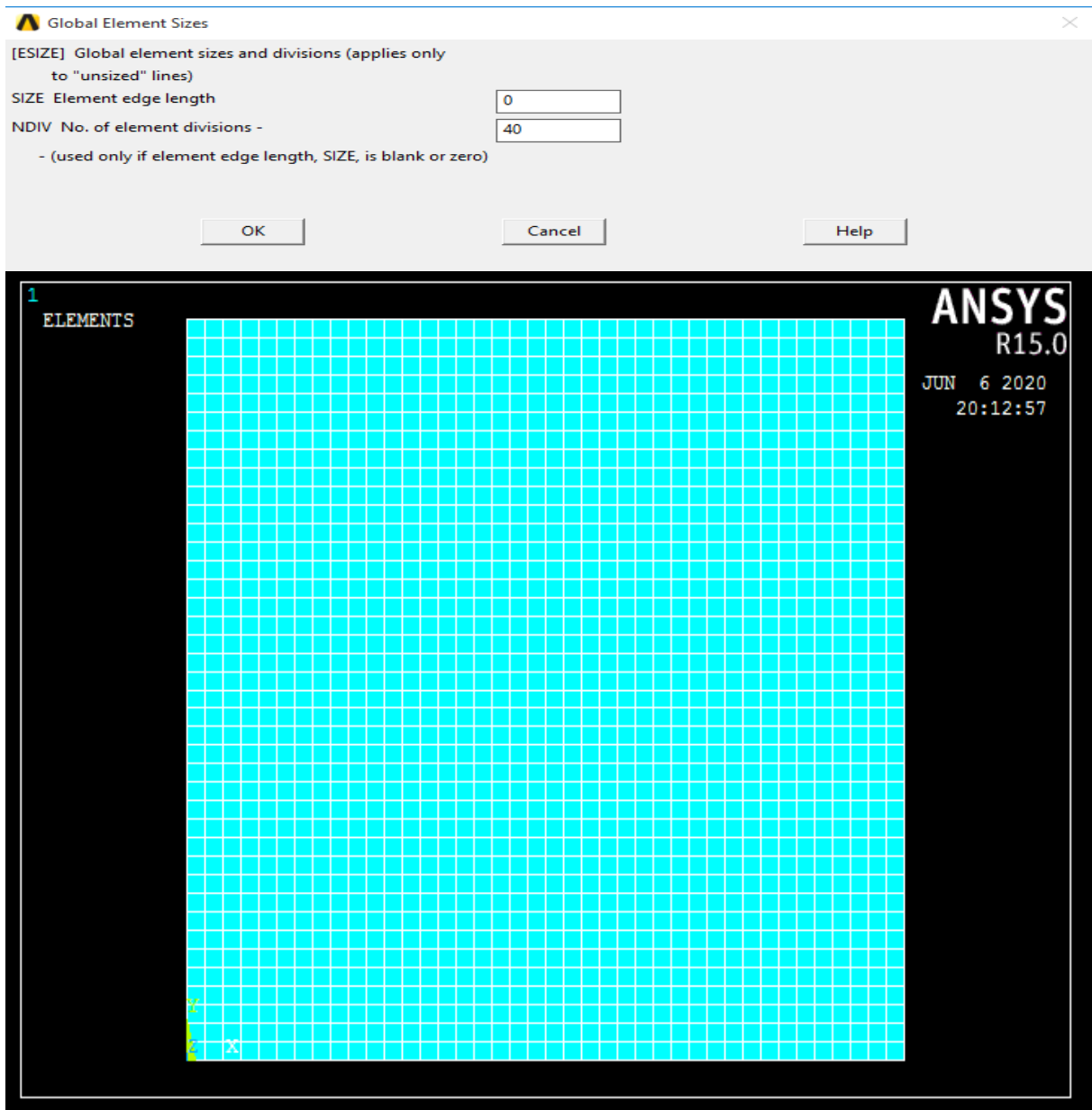


Figure III.11: aperçu de la partition

### III.3.1.8 Solution

Une fois que j'ai défini le type d'élément, le matériau, le modèle constitutif, la géométrie et le maillage, nous passons à la phase suivante, qui est l'application des conditions aux limites et l'application de la charge.

Dans cette section, ils seront définis :



- Conditions de bord ;
- Le processus de charge.

### III.3.1.9 Conditions aux limites: Déplacement

Solution → Define Loads → Apply → Structural → Displacement

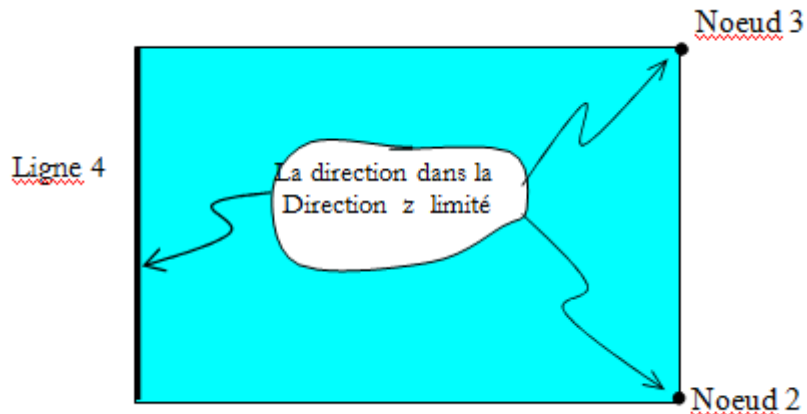


Figure III.12 : définition des appuis

- Notez que lors de la sélection du nœud, le numéro de nœud a été automatiquement sorti, dans ce cas le nœud 2, la même chose avec le nœud 3. 2

OK ou APPLY vous permet de sélectionner le nœud où vous souhaitez restreindre le mouvement dans la direction Z.

Quand il y a une ligne entière que le mouvement est restreint, il est plus pratique d'utiliser [En line]

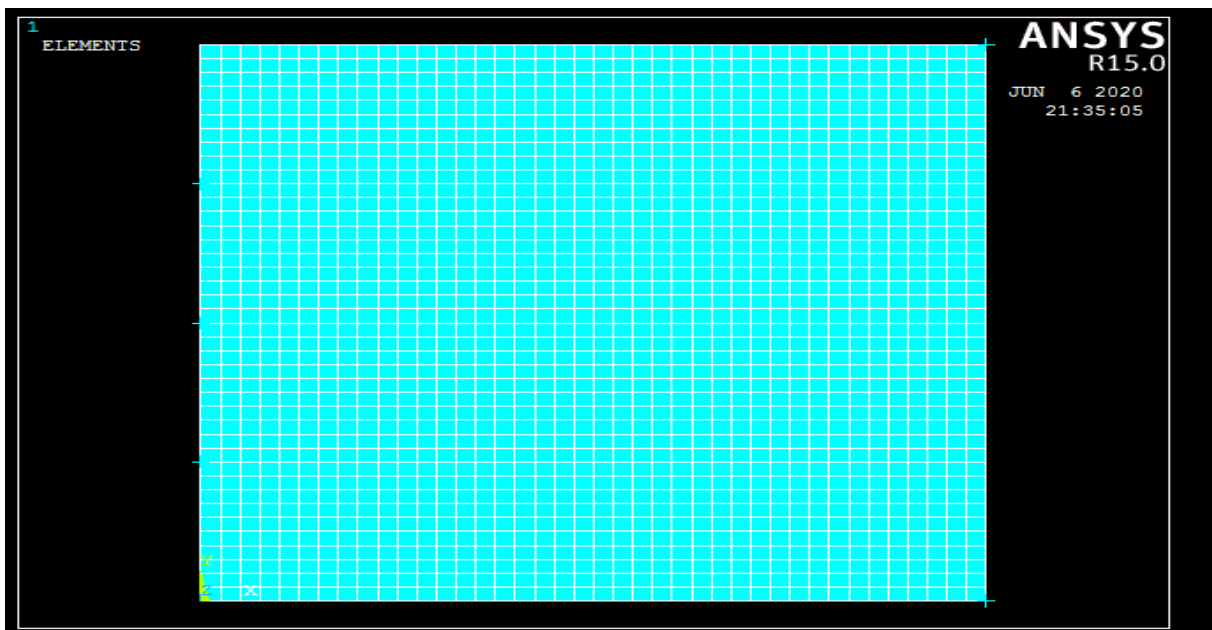


Figure III.13: aperçu des appuis

### III.3.1.10 Déterminer le type d'analyse :

Le type d'analyse est déterminé comme modale par le chemin suivant indiqué sur la figure :

solution → analysis type → new analysis type → modal

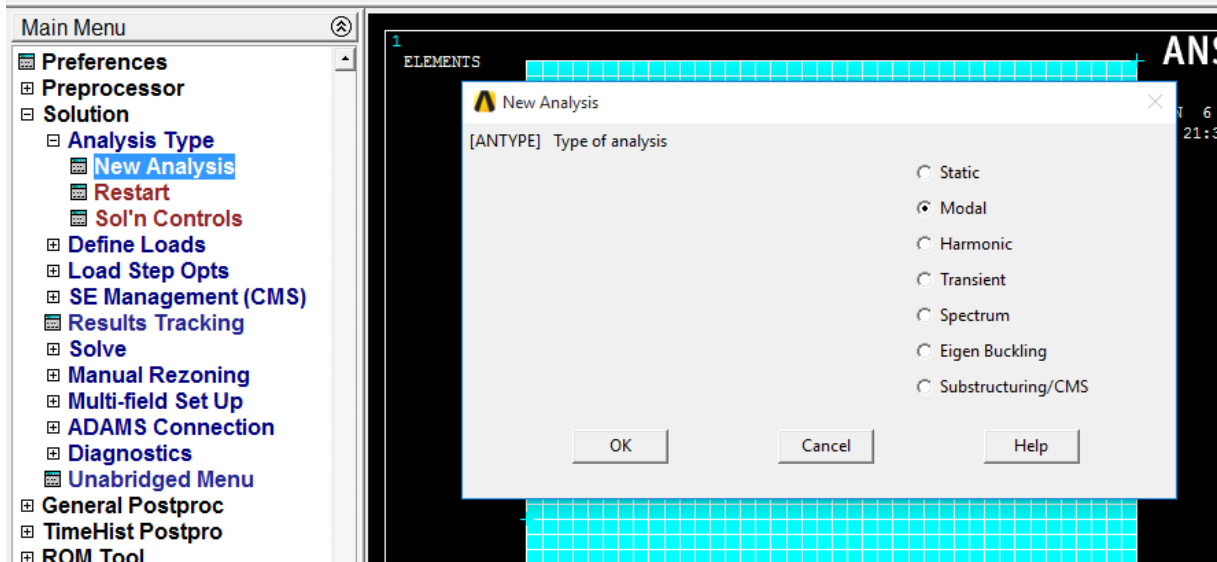


Figure III.14 : déterminer le type d'analyse

Les options de cette analyse sont définies et le nombre de modes est déterminé par le chemin suivant indiqué dans la figure.

Solution → analysis type → analysis options → ok

No .of modes to extract =10 (le nombre de modes extraits)

NMODE.of mode to expand=10 (le nombre de modes visualisés)

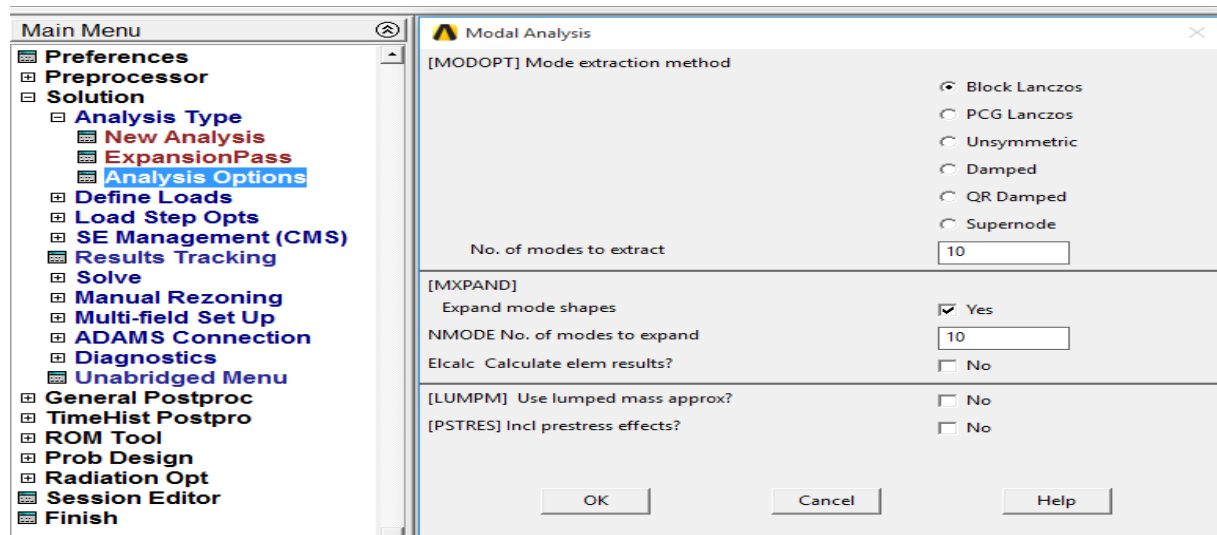


Figure III.15 : déterminer les options d'analyse

### III.3.1.11 Commencer l'analyse :

Solution → solve → current ls → ok

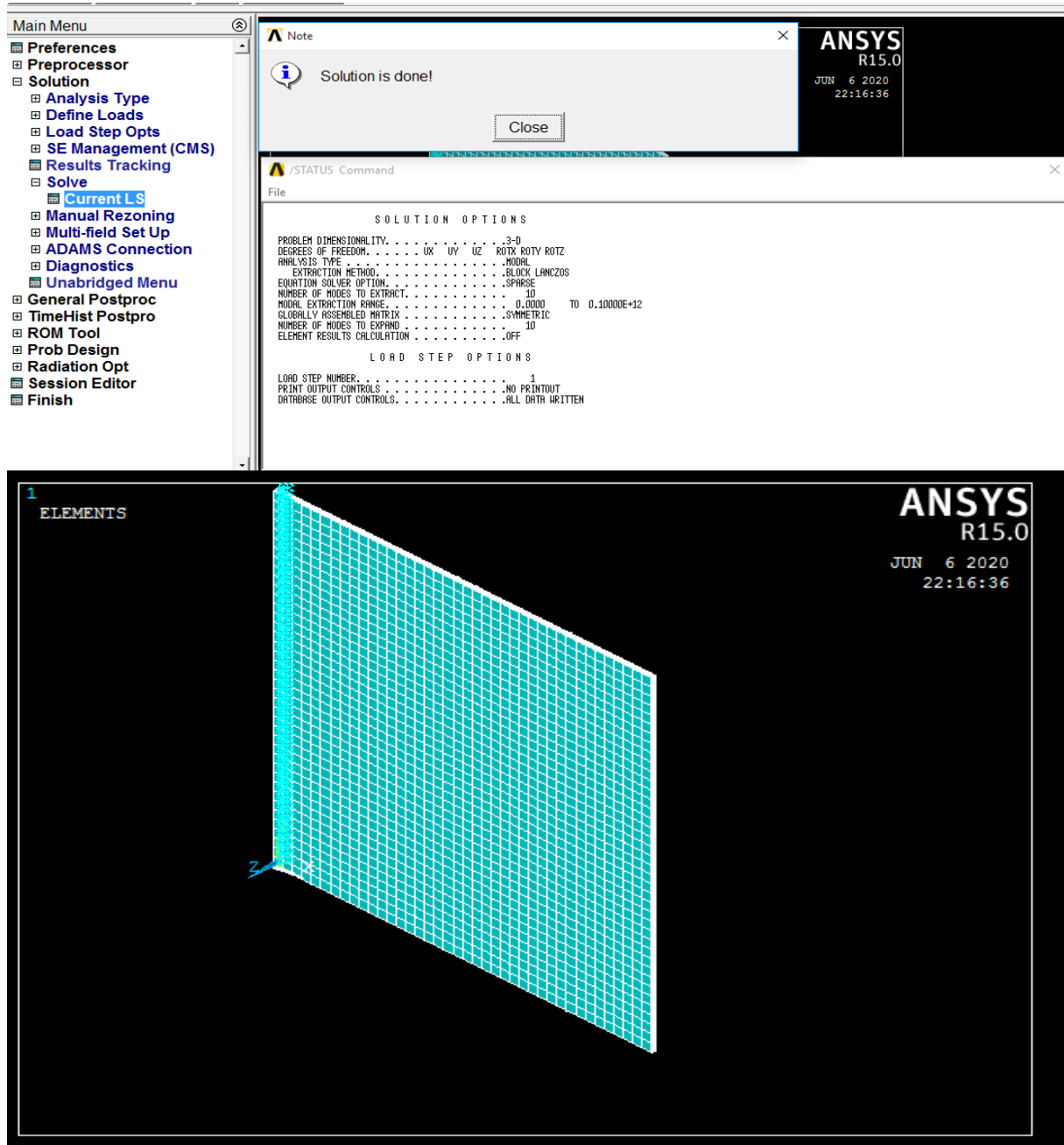


Figure III.16: commencer l'analyse

### III.3.1.12 Les résultats :

Pré-visualisez les résultats en fonction de chaque mode en utilisant le chemin suivant :

1. Oblique view ;
2. General postproc → read results → first sit ;
3. Plotctrls → animate → mode shape.



Figure III.17: aperçu de la déformation sous forme vidéo

Le mode suivant est choisi à l'aide de la commande (next set)

Le numéro de mode à pré-visualiser peut également être sélectionné directement en utilisant le chemin suivant :

General postproc → read results → by pick

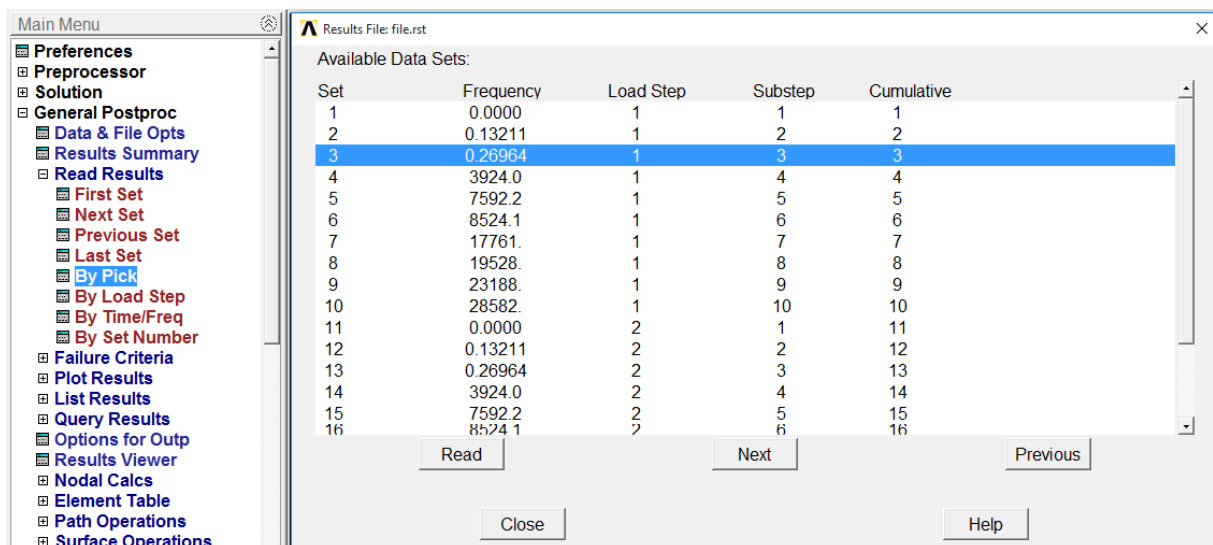
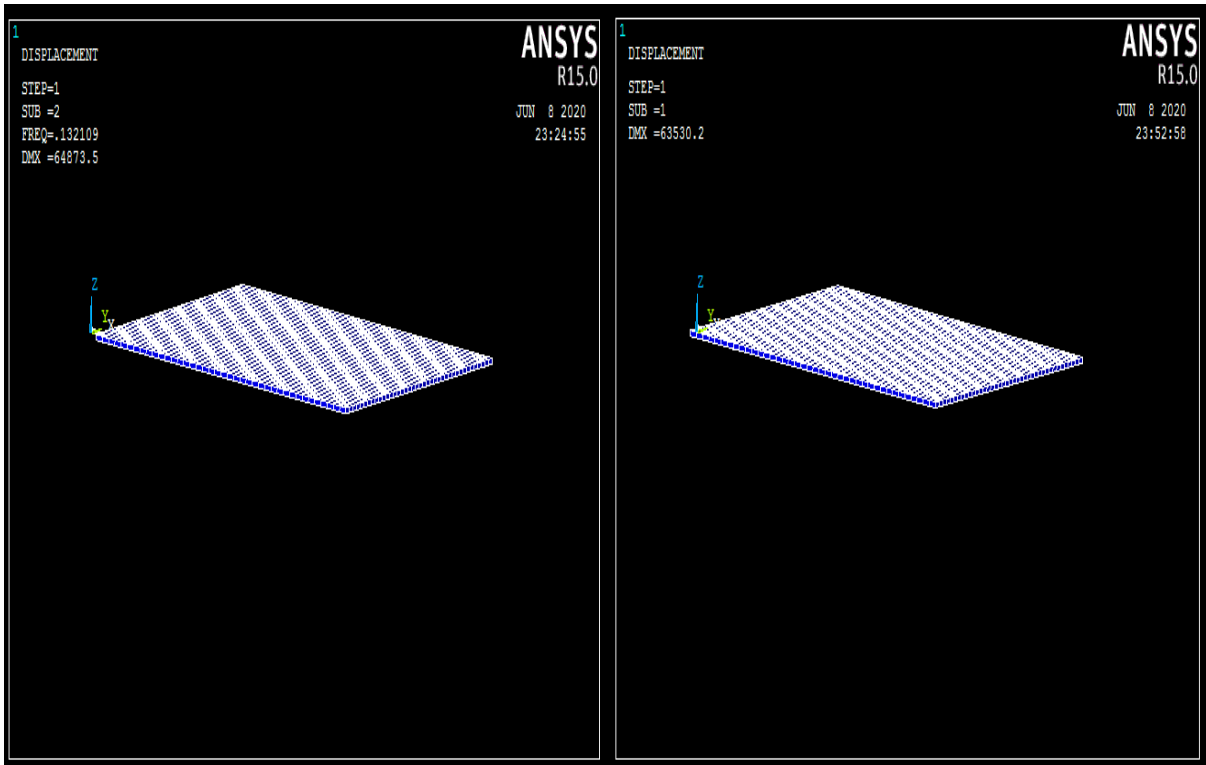


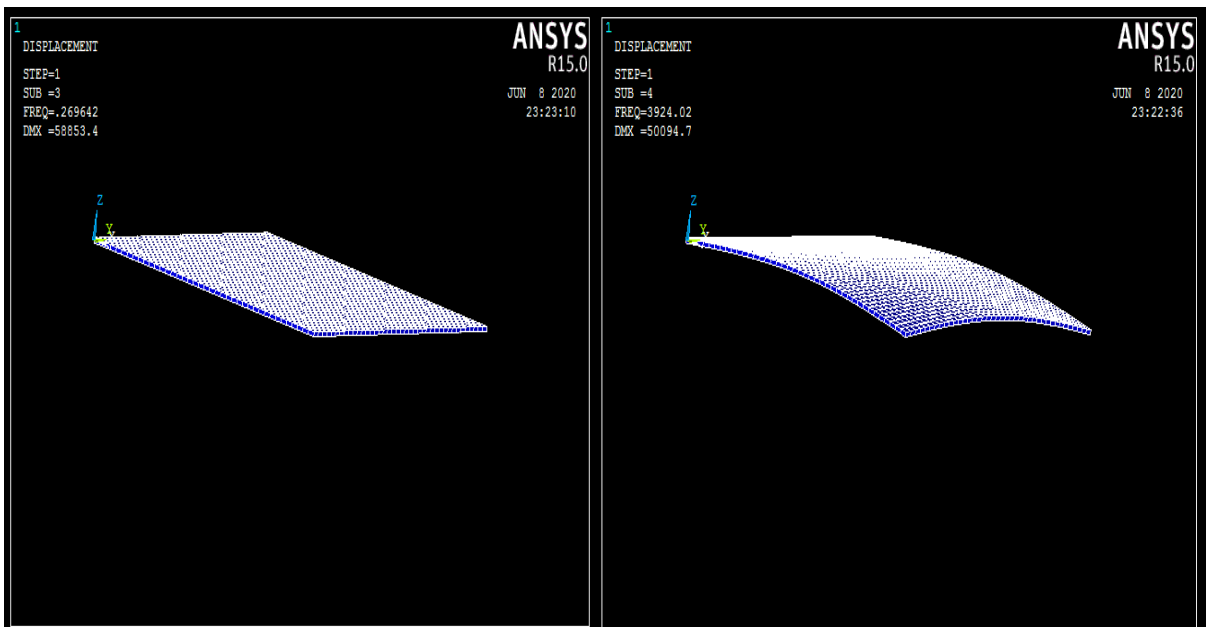
Figure III.18 : choisissez le numéro de style à pré visualisé

Les figures montrent les mécanismes de distorsion selon chaque mode.



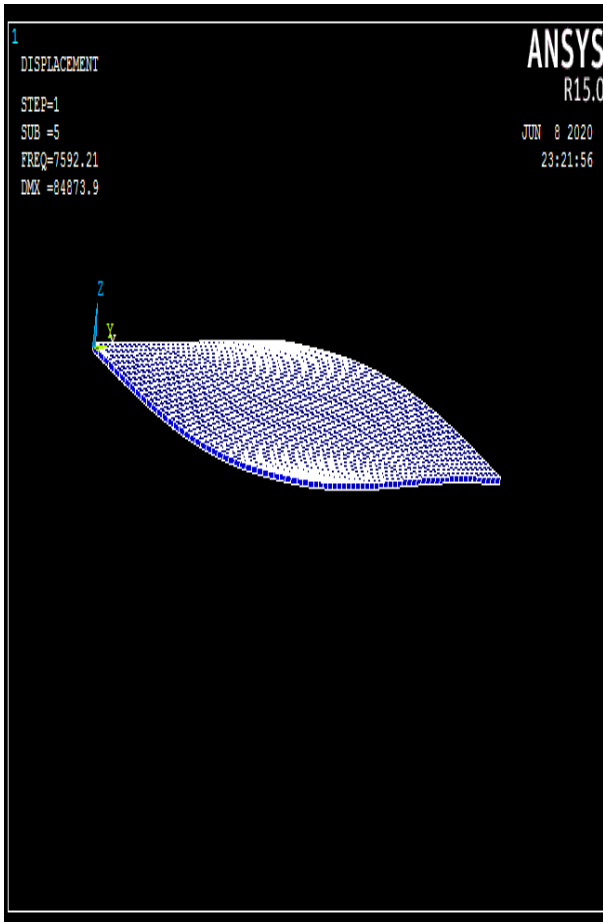
Mode 01

mode 02

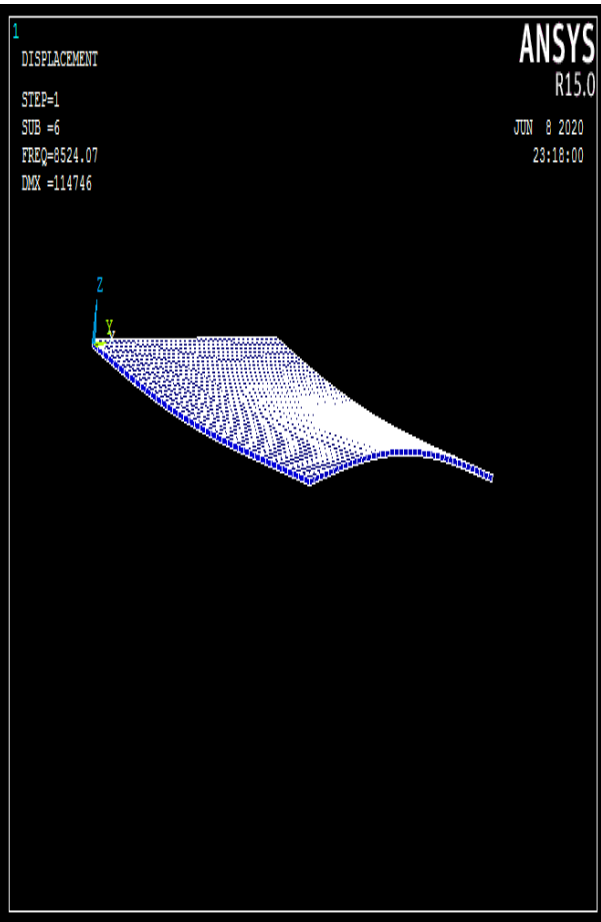


Mode 03

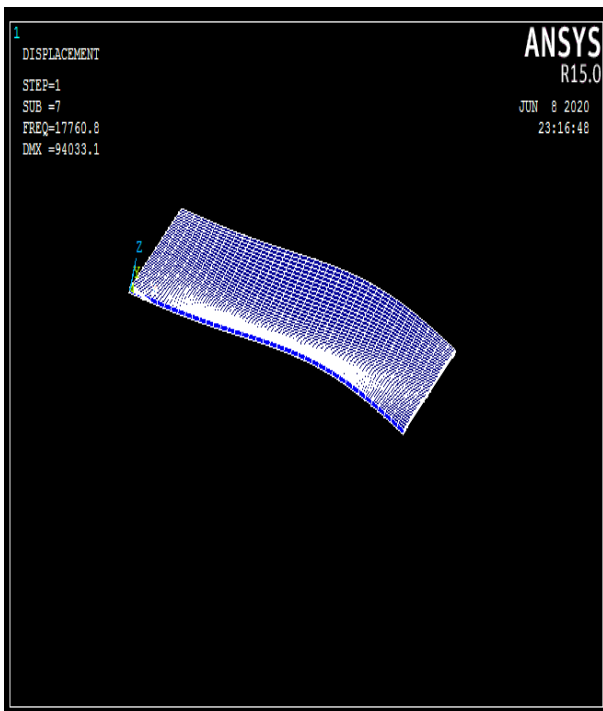
mode 04



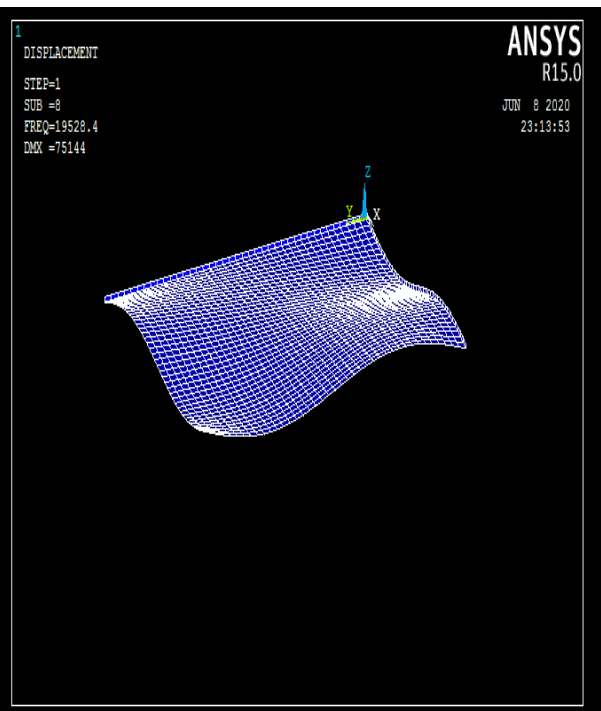
Mode 05



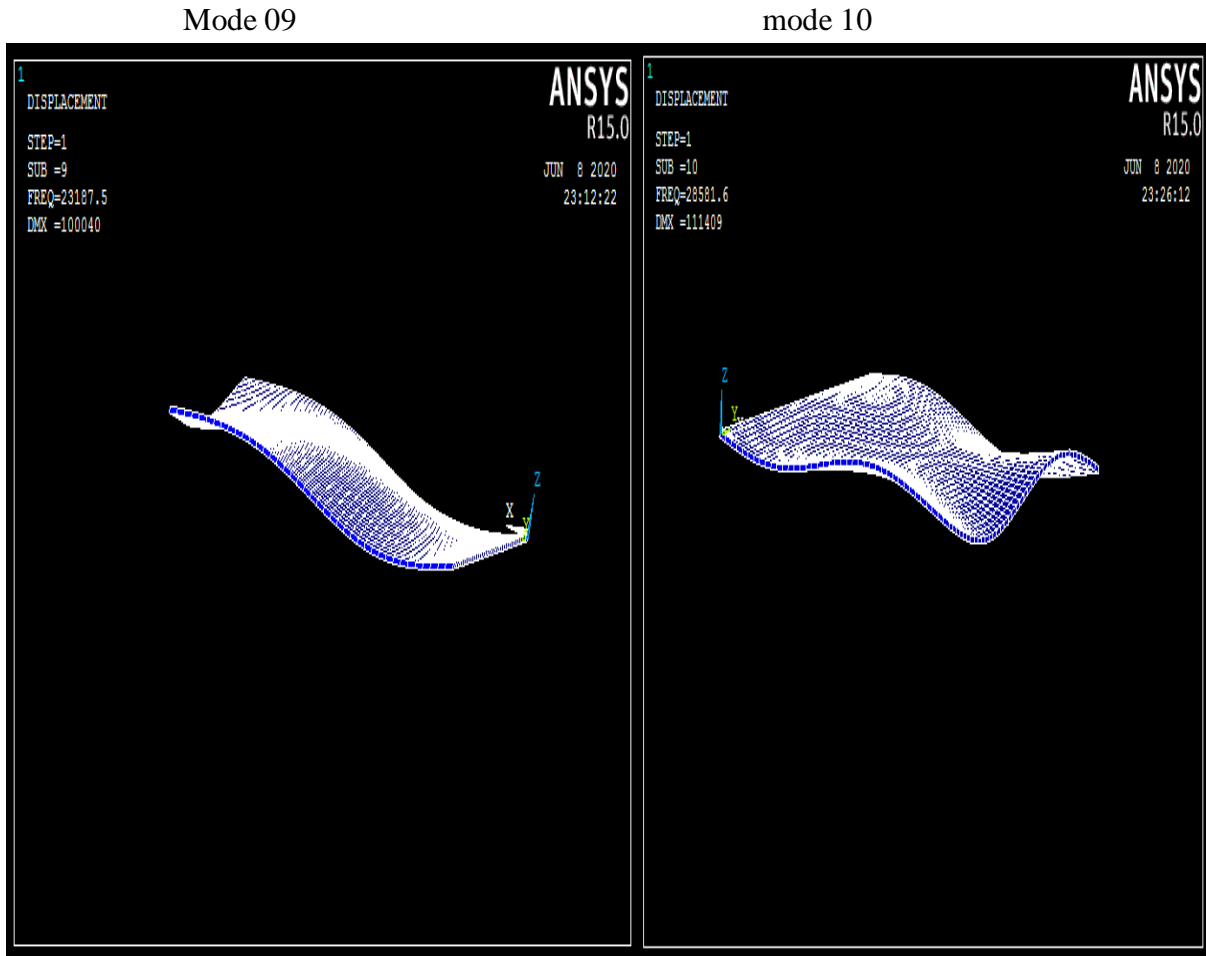
mode 06



Mode 07



mode 08



**Figure III.19** : afficher les transitions par styles

Les modes de vibration sont les suivants (les fréquences sont indiquées sur la figure ci-dessus) :

Les premier 3 mode est ont une fréquence de très faible nous concluons que pas de vibration majeure puis pas de distorsion.

Le 4eme mode Il s'agit du premier mode de flexion de la plaque. Il ne présente pas de nœud de vibration.

Mode 5 : a une fréquence beaucoup plus élevée. Il s'agit du premier mode de torsion. On l'appelle mode de torsion par comparaison avec le phénomène de torsion des poutres. Il s'agit bien évidemment d'un mouvement de flexion de la plaque

Mode 6 :deuxième mode de flexion, il présente un nœud de vibration.

Mode 7 : troisième mode de flexion. Il présente deux nœuds de vibration. On commence à constater sur ce mode un couplage. Ce couplage est due aux effets Poisson.

Mode 8 : deuxième mode de torsion.

Mode 9 :quatrième mode de flexion

Mode 10 : troisième mode de torsion. Nous nous sommes volontairement limités à 10 modes pour la construction de la base modale réduite. Rappelons que la base modale complète comporte autant de modes. Il était possible de chercher des modes supplémentaires que nous aurions obtenu en tenant compte la qualité des éléments utilisés. La suite nous montrera que ces six premiers modes sont largement suffisants.

### III.4 Analyse harmonique:

Cette analyse est utilisée pour déterminer la réponse d'origine aux charges variables harmoniques dans le temps, Comme on le sait, pour toute charge utile qui change périodiquement, il en résultera une réponse périodique C'est ce qu'on appelle une réponse harmonique Par conséquent, cette analyse permet de vérifier que l'efficacité du modèle étudié est de résister aux résonance, à la fatigue et à d'autres effets causés par les vibrations [3].

### III.5 Application

Une poutre en acier encastrée d'un côté et libre de l'autre côté. Ses dimensions sont montrés ci-dessus, où sa longueur est 1.2 m, la hauteur est 0.01 m et la largeur de 0.01 m, sa section est soumise à une charge harmonique appliquée à son extrémité libre. L'analyse harmonique est requise.

$$P=100 \text{ N Cyclic}$$

$$\omega =100 \text{ cyclic}$$

$$E=2*10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\text{Dens} =7800 \text{ kg/m}^3$$

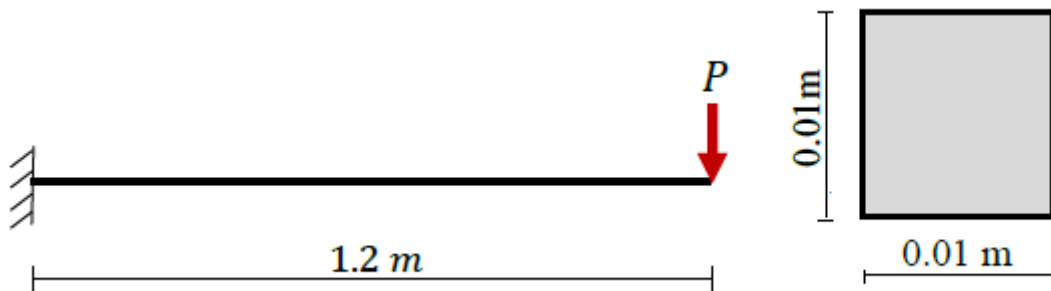


Figure III.20 : la forme et ses dimensions

#### L'objectif de l'exemple :

Savoir comment effectuer une analyse harmonique

Pré-visualiser les graphiques en utilisant l'échelle logarithmique

#### III.5.1 Etapes de travail :



La nature du problème étudié est déterminée comme structurale, L'élément (beam188) est utilisé selon le chemin mentionné dans les exemples précédents.

### III.5.1.1 Définir les propriétés du matériau utilisé :

Les propriétés du matériau utilisé, le module d'élasticité, le coefficient de Poisson et la densité sont définis par le chemin mentionnée dans les exemples précédents.

EX=2 e11 (module d'élasticité)

PRXY=0.3 (coefficient de poisson)

DENS=7800 (la densité de l'acier)

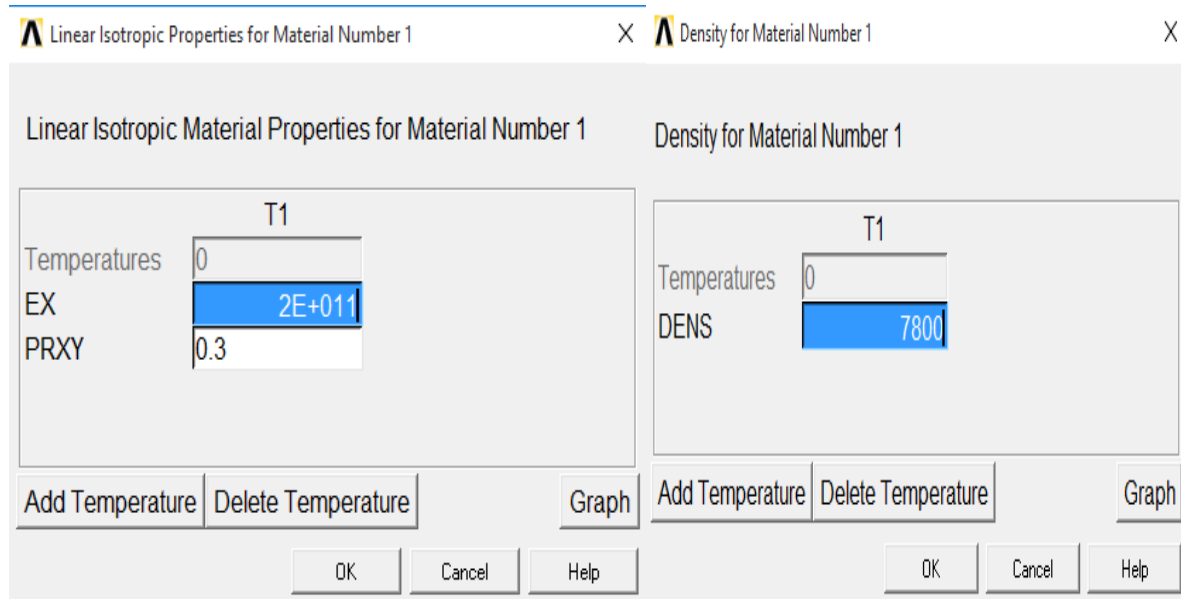


Figure III.21 : choix type du matériau

### III.5.1.2 Définir la section :

Preprocessor → section → beam → common sections

Name = (un nom est suggéré pour l'article)

Sub-type = (rectangle)

B = 0.01 m

H = 0.01 m

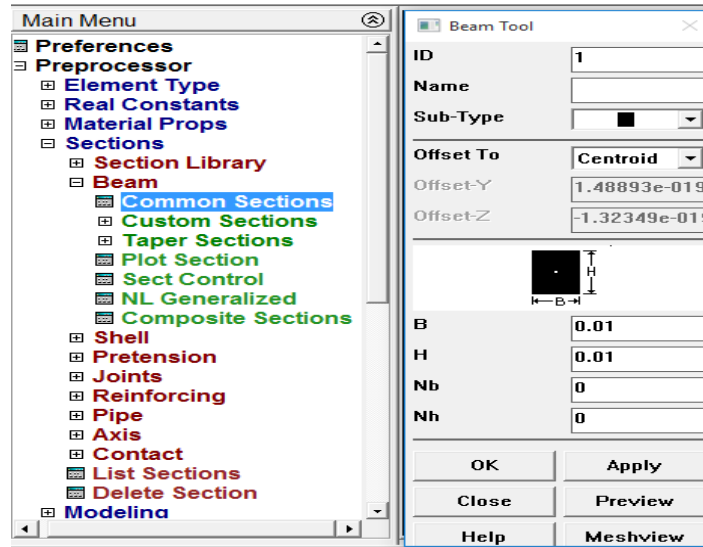


Figure III.22 : définition de la section

### III.5.1.3 Dessinez les points principaux :

Deux points principaux sont dessinés représentant les points de début et de fin de l'élément.

Preprocessor → modeling → create → keypoints → in active CS

X, Y, Z location in active CS = 0,0,0 → apply (le point de début de l'élément)

X, Y, Z location in active CS = 1.2,0,0 → ok (le point final de l'élément)



Figure III.23 : création des points

### III.5.1.4 Dessiner la ligne :

Une ligne est tracée entre les deux points principaux précédents selon le chemin indiqué sur la figure.

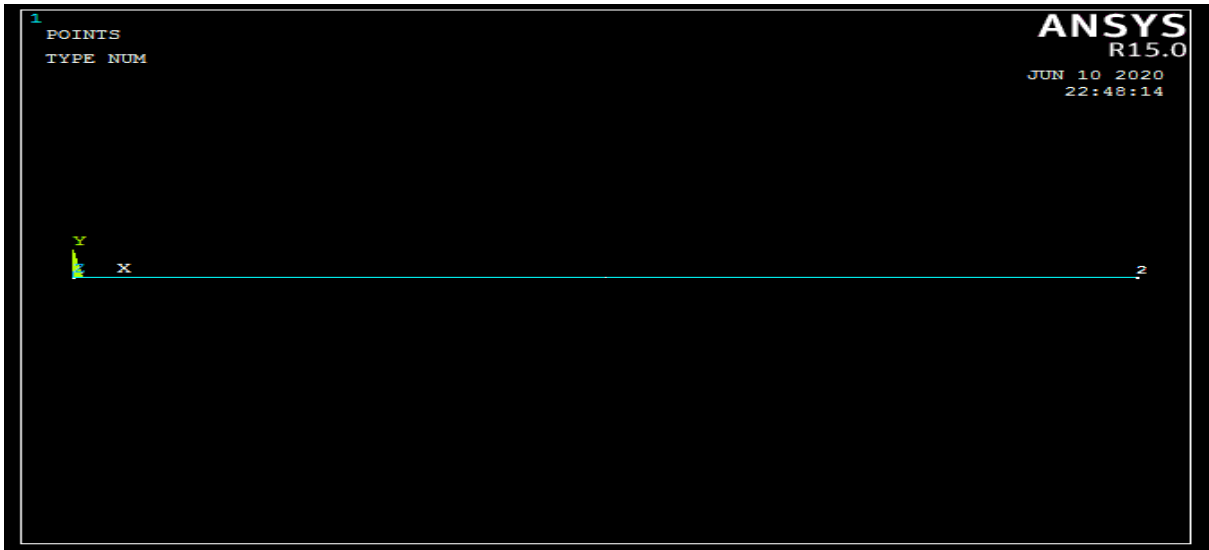


Figure III.24 : création des lignes

### III.5.1.5 Division de l'élément :

La ligne reliant les points principaux est divisée en 10 parties suivant le chemin :

Preprocessor → meshing → mesh tool → lines :set → pick all

NDIV No.of element divisions =10 ( le nombre de pieces )

Preprocessor → meshing → mesh tool → pick all

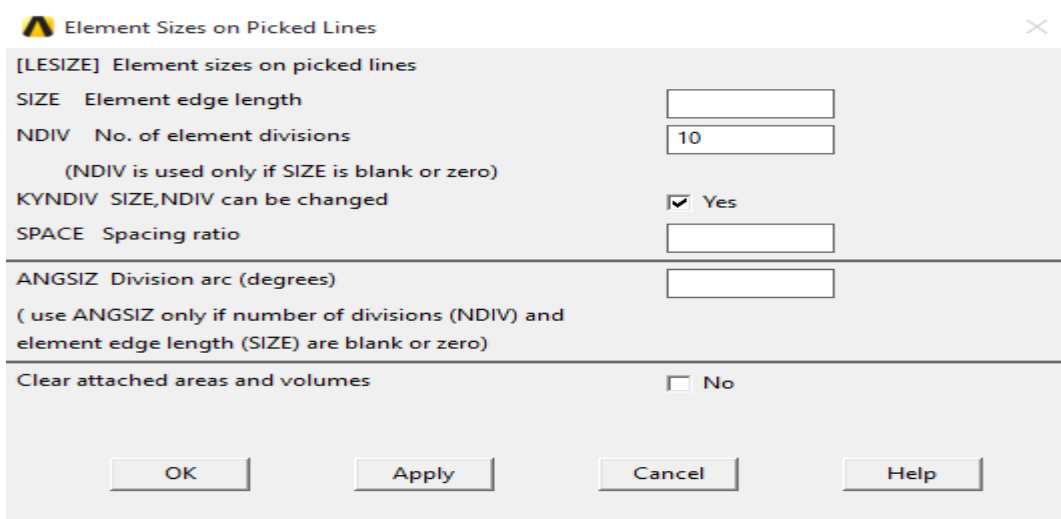


Figure III.25 : le maillage

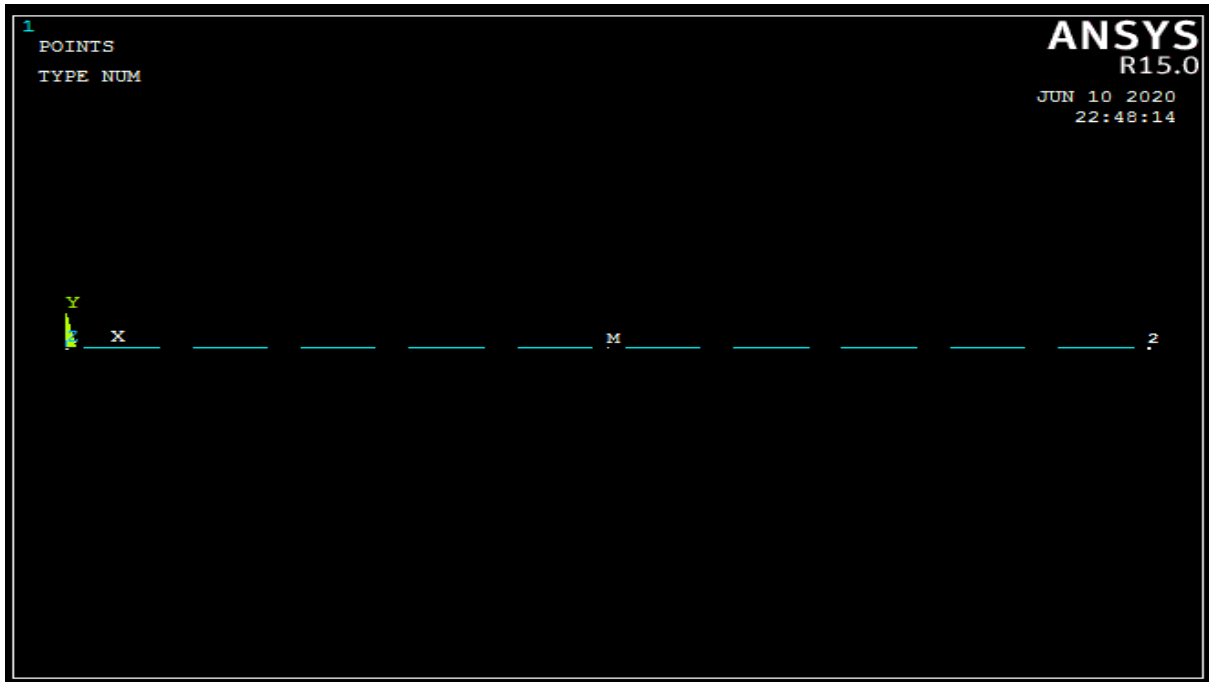


Figure III.26 : affichage du maillage

### III.5.1.6 Déterminer le type d'analyse :

Le type d'analyse est déterminé comme harmonique par le chemin suivant indiqué sur la figure

Solution → analysis type → new analysis type → harmonic

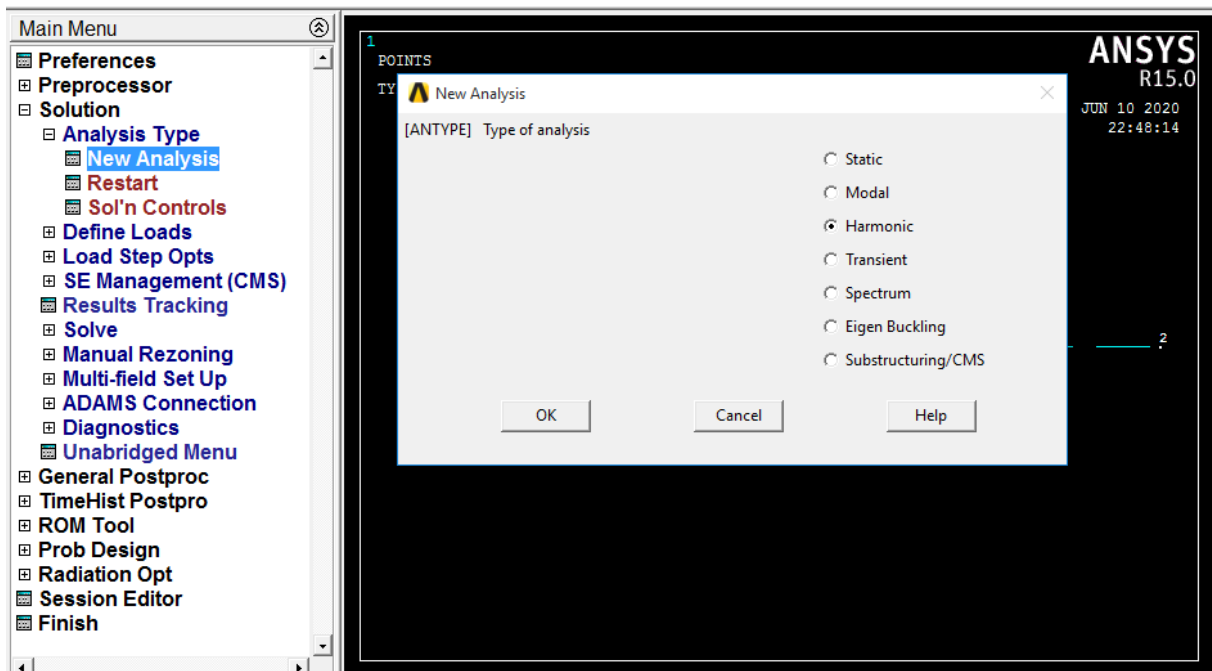


Figure III.27 : choix du type d'analyse

### III.5.1.7 Définition des charges:

- **III.5.1.7.1 Définition des déplacements:**

solution → define loads → apply → structural → displacement → on keypoints → (nous définissons le noeud situé a l'extrémité gauche) → ok.

→ Lab2 dofs to be constrained = all dof → ok

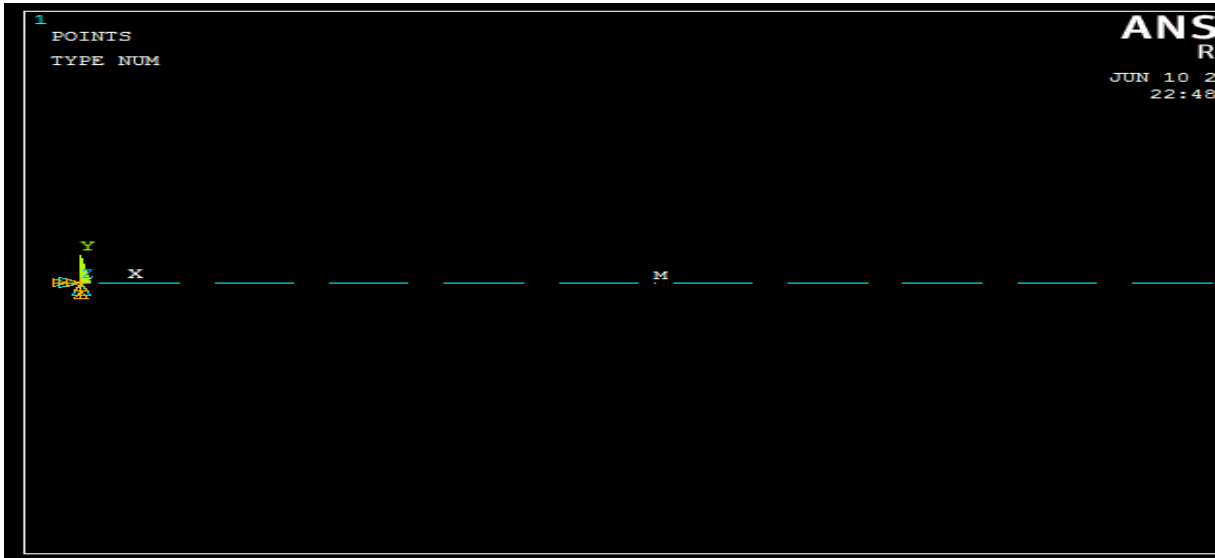


Figure III.28: définition des déplacements

- **III.5.1.7.2 Définition des forces moments :**

Une charge utile concentrée de 100 N est appliquée a l'extrémité libre droite ,selon le chemin suivant :

8\_solution → define loads → apply → structural → force /moment → on keypoints → ok.

Direction of force/ mom = FY

Value = -100 (N)

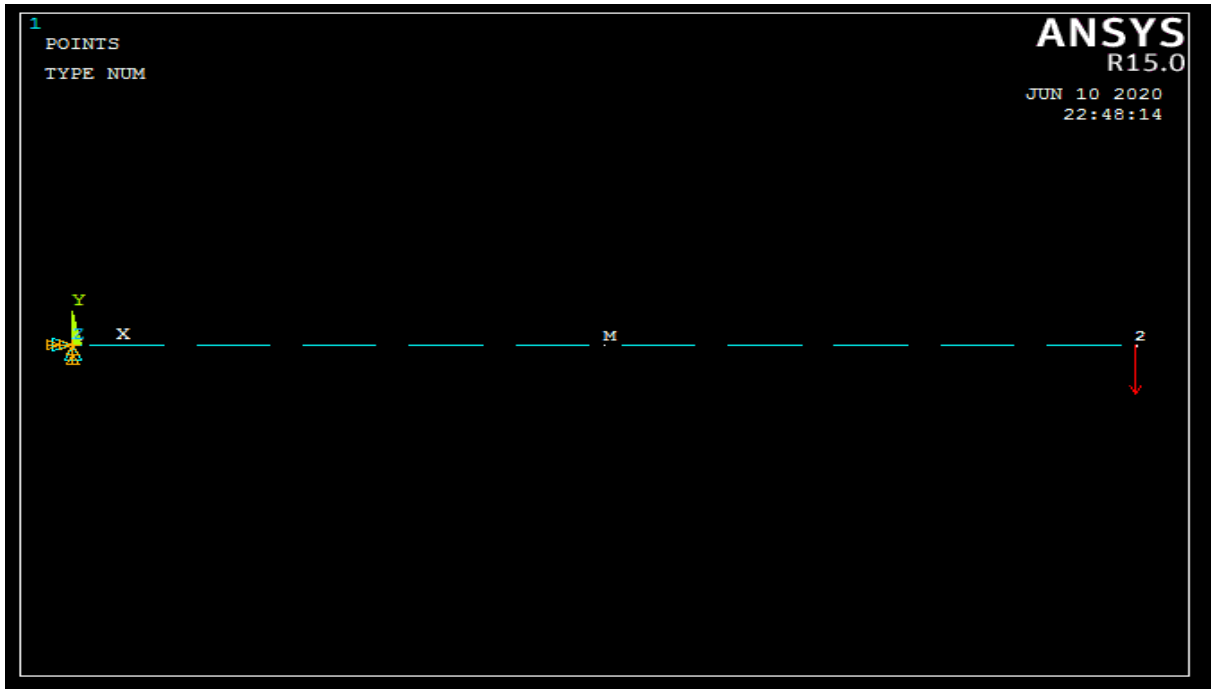


Figure III.29 : application des forces moment

### III.5.1.8 Configurer les options d'analyse :

Le champ de fréquence est déterminé en suivant le chemin suivant indiqué sur la figure :

Solution → load step opts → time /frequence → freq and substps

Harmonis freq range = 0,100 (le champ de fréquence)

Number of substeps =100 (le nombre de sous-étapes)

Stepped or ramped = ramped (degradé ou itaque)

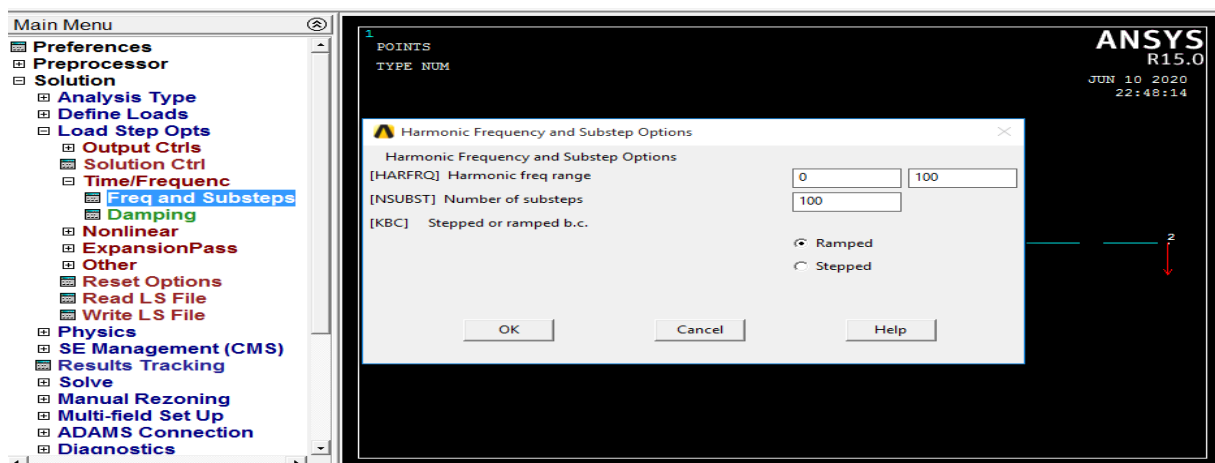


Figure III.30: Ajustez les paramètres de champ de fréquence et les étapes partielles

**Remarque 01 :** Étant donné que le champ de fréquence est de 0 à 100 et que le nombre de sous-étapes pour ce champ est de 100, la solution est donc effectuée à partir de la fréquence 1 puis 2 puis 3 et ainsi de suite jusqu'à la fréquence 100. Dans le cas où une seule sous-étape est donnée, la solution ne sera à la fréquence que 100.

**Remarque 02 :** S'il y a plusieurs sous-étapes, la charge utile peut être appliquée de plus en plus (ramped). Ou il est entièrement implémenté lors de la première sous-étape (stepped)

### III.5.1.9 L'analyse a commencé :

Le processus d'analyse est démarré en utilisant la commande (solve) montrée sur la figure et en attendant que l'analyse soit terminée, car le programme donne dans cet exemple un message (solution is done) et ensuite les résultats peuvent être pré-visualisés.

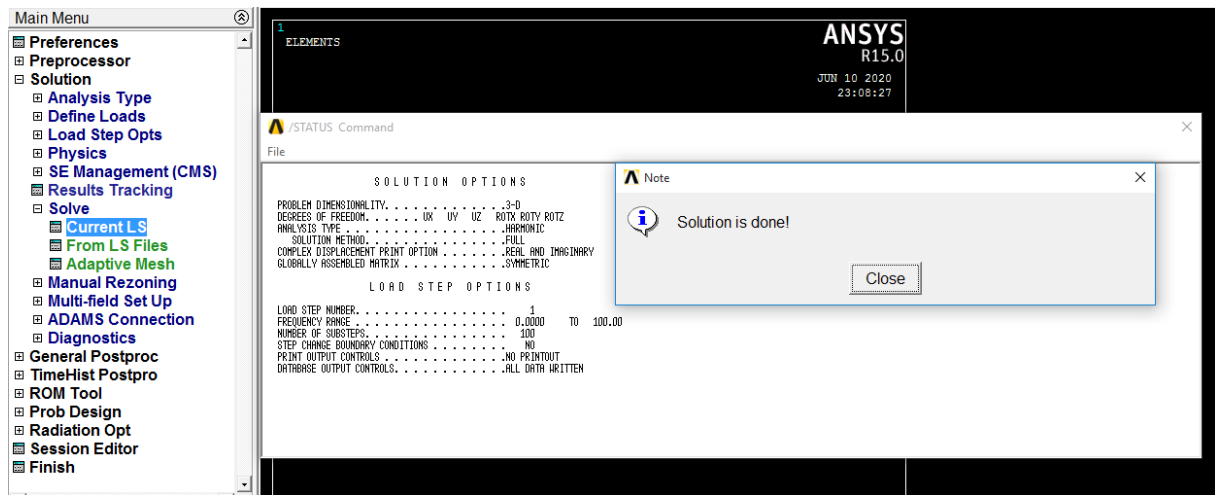


Figure III.31 : commencer l'analyse

### III.5.1.10 Prévisualisez les résultats :

La déformation de la forme due aux charges appliquées est pré visualisée via le chemin suivant indiqué sur la figure.

»General postprocessor → read results → first set → plot results → deformed shape → def+undeformed → ok.

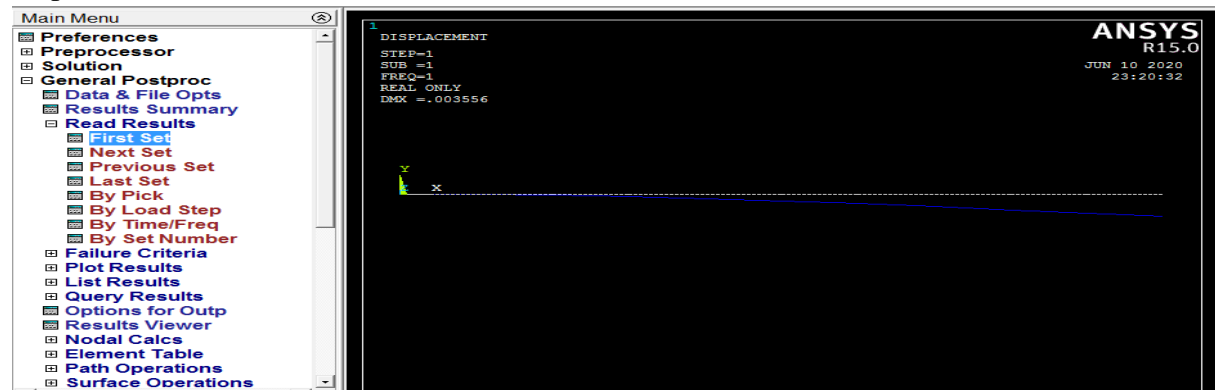


Figure III.32: aperçu de la déformation premier set

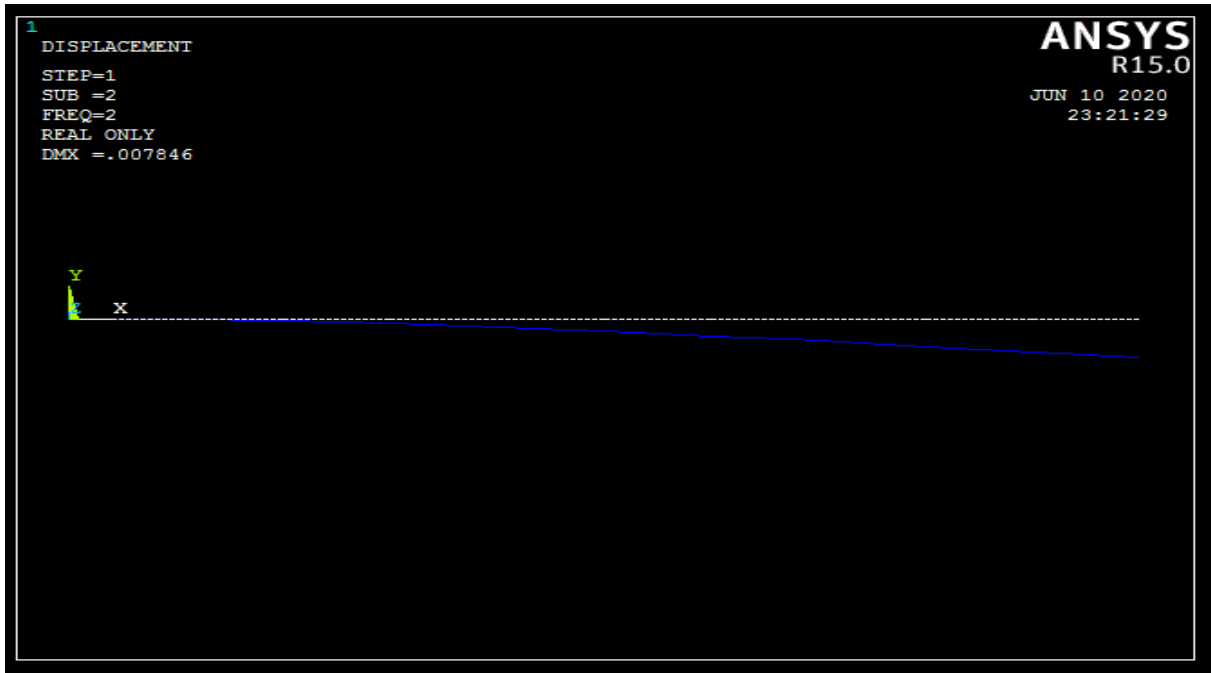


Figure III.33 : aperçu de la déformation deuxième set

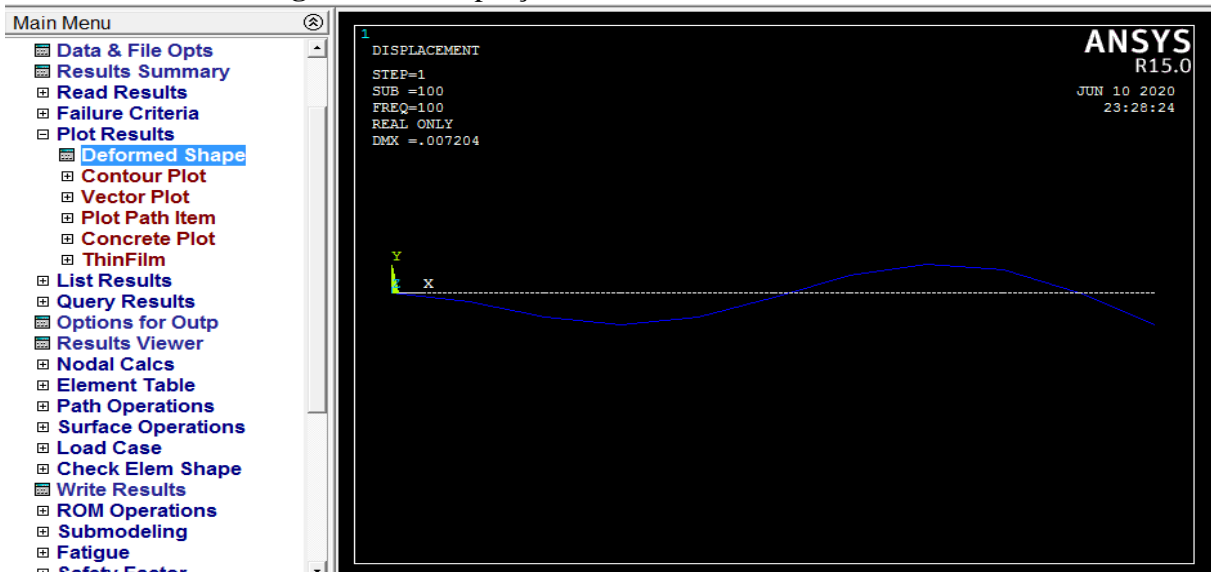


Figure III.34: aperçu de la forme déformé ( dernier set)

Les transitions verticales seront inspectées au point d'application de la charge, par comparaison avec la fréquence. Ce processus est effectué selon le chemin suivant indiqué sur la figure.

TimeHist Postpor

→Add→Nodal solution →Dof solution →Y-component of Displacement→ok



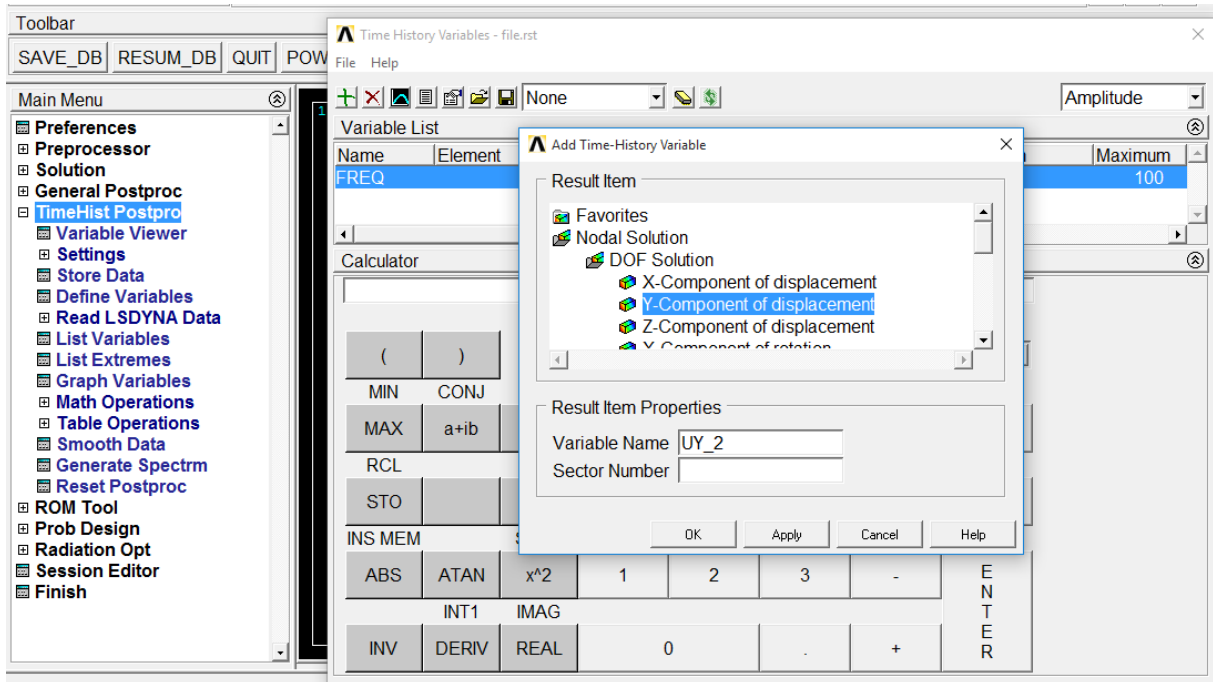



Figure III.35 : déterminer la vitesse verticale

→(le point choisi a l'extrémité libre)→ok→Graph DATA →  (aperçu des données schématiques)

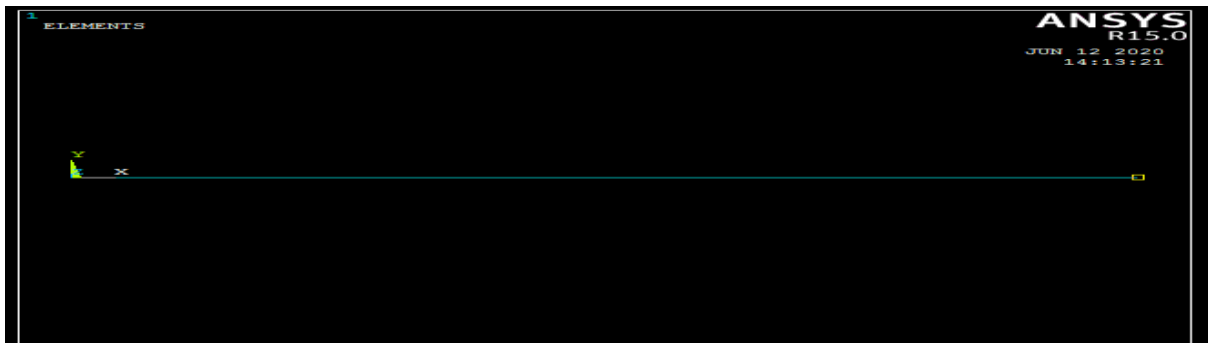


Figure III.36 : choix du point d'application

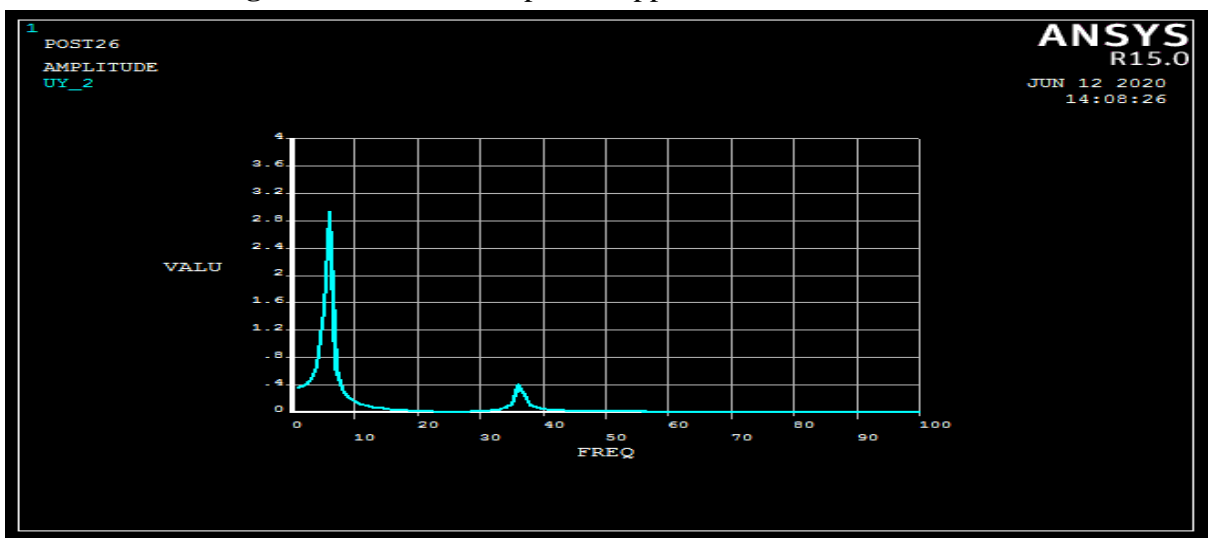


Figure III.37 : aperçu graphique de la transition verticale (Uy) et à l'échelle linéaire

### III.5.1.11 Utilisation de l'échelle logarithmique :

L'échelle verticale est changée en échelle logarithmique par le chemin suivant indiqué sur la figure

Plotctrls → Style → Graph → Modify Axes →

LOGY Y-Axis Scale =Logarithmic

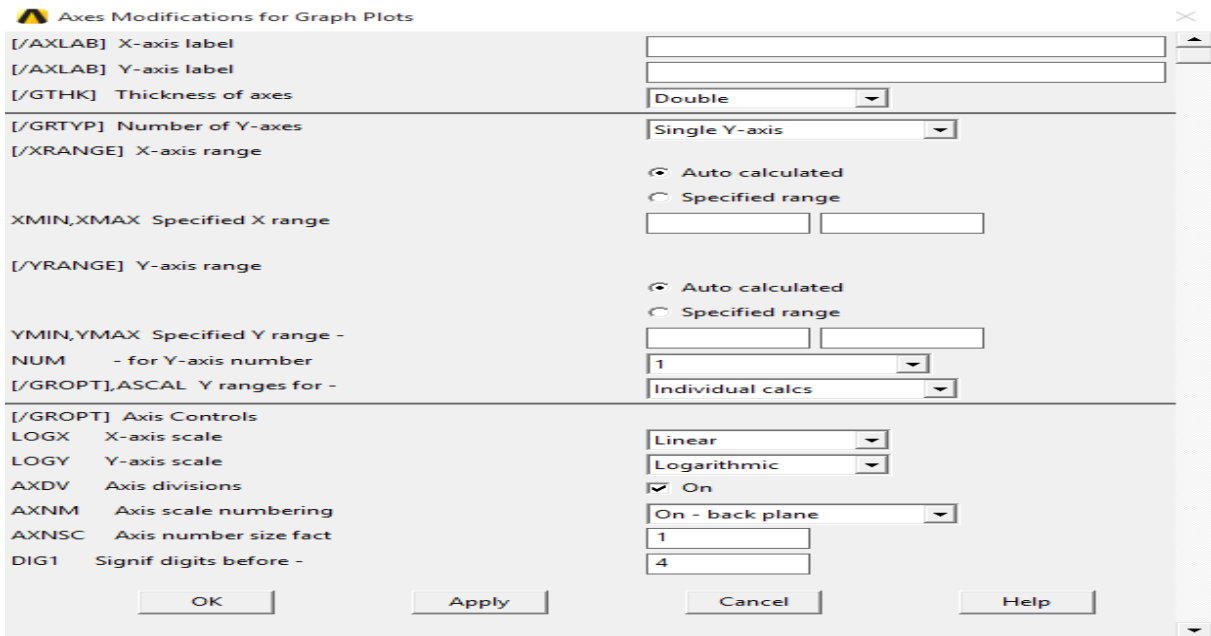


Figure III.38 : déterminer l'échelle logarithmique

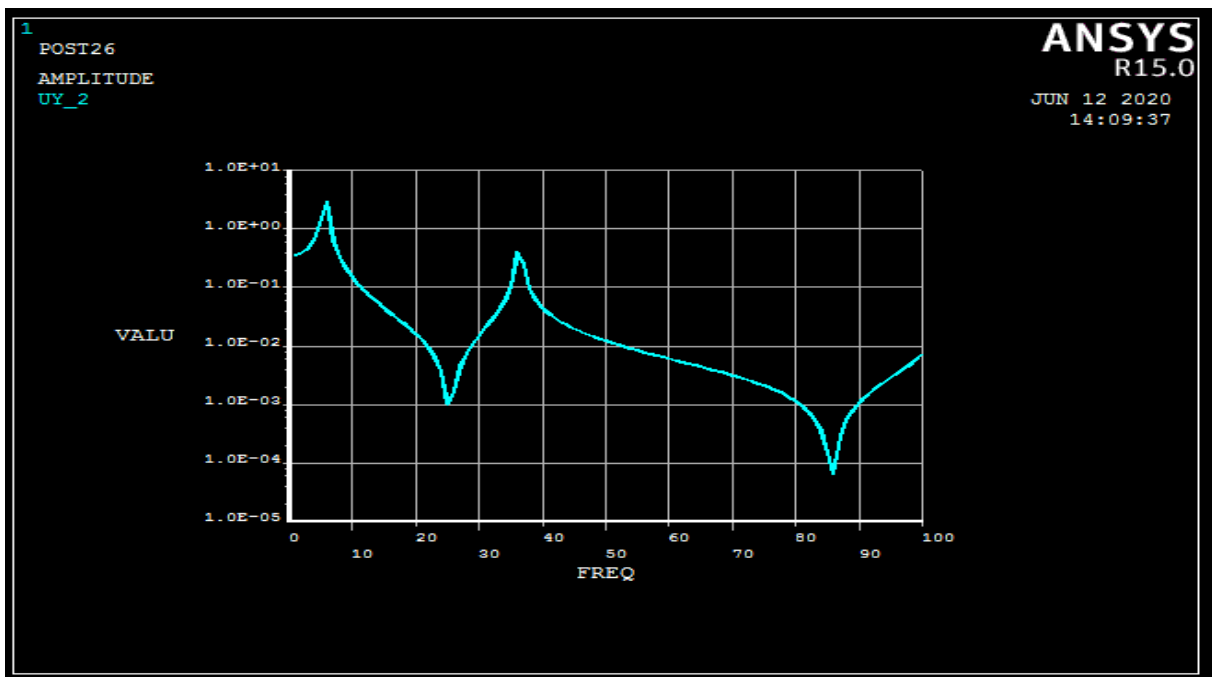


Figure III.39 : aperçu graphique de la transition verticale (Uy) et à l'échelle logarithmique

Les données peuvent être prévisualisées numériquement en cliquant sur le bouton (list data) dans la fenêtre (Time History Variables) représentée sur la figure, puis les données numériques représentées sur la figure sont obtenues.



**Figure III.40:** aperçu des données numériques

On remarque sur la figure et par comparaison avec les graphes que la transmission maximale se produit à la fréquence 6 Hz.

### III.6 L'analyse transitoire :

l'analyse transitoire parfois appelée analyse historique de temps (time history analysis), il est utilisé pour déterminer la réponse des structures à toutes les formes de charges variables dans le temps d'une manière qui peut être calculée et cette analyse prend en compte l'effet du ralenti et de l'amortissement, l'équation principale pour le mouvement qui est résolue en utilisant l'analyse dynamique transitoire est :

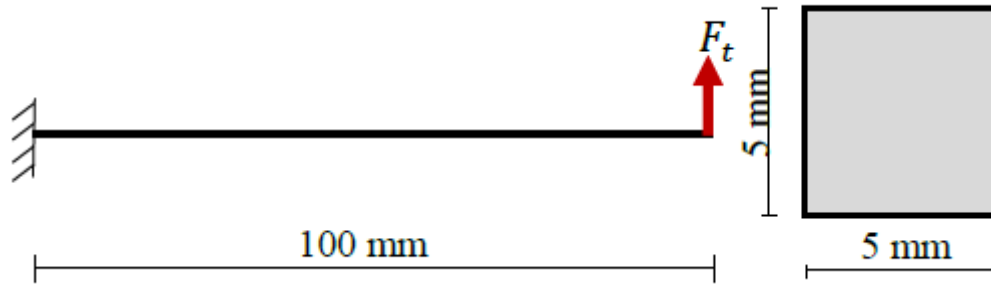
$$m \cdot \ddot{u} + c \cdot \dot{u} + k \cdot u = F(t)$$

Où :

$m$  : matrice de la masse,  $c$  : matrice d'amortissement,  $k$  : matrice de rigidité,  $\ddot{u}$  = vecteur d'accélération,  $\dot{u}$  = vecteur de la vitesse,  $u$  = vecteur de déplacement,  $F(t)$  : vecteur de la charge.[3]

### III.7 Application

Une poutre en acier, Ses dimensions sont montrées ci-dessus, car il est de 100 mm de long, 5 mm de haut, 5 mm de large, encadrée d'un côté et libre de l'autre côté soumise à une charge ( $F_t$ ) appliquée à son extrémité libre. Une analyse de transition est requise.



**Figure III.41** : la forme et ses dimensions

$$F_t = A \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot t\right)$$

$$A = 1000 \text{ N}$$

$$E_s = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$$

### Le but de l'exemple

Savoir comment réaliser l'analyse transitoire

Pré-visualiser les réactions dans ce type d'analyse pour un temps précis

### III.7.1 Les étapes de la solution :

Nous suivons les étapes des exercices précédents

#### III.7.1.1 Définir la charge utile :

L'intensité de la charge ( $F_t = 1000 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot t\right)$ ) est donnée par la relation et est définie selon le chemin suivant indiqué sur la figure

Parameters → functions → define/edit →

$$\text{Result} = 1000 * \sin\left(\frac{PI}{4} * \{\text{time}\}\right)$$

Ou :

Sin : est obtenu en cliquant sur le bouton sin

PI : est obtenu en cliquant sur le bouton (INV) ... puis le bouton (PI)...

TIME : est obtenu en cliquant sur l'option (TIME) indiquée sur la figure

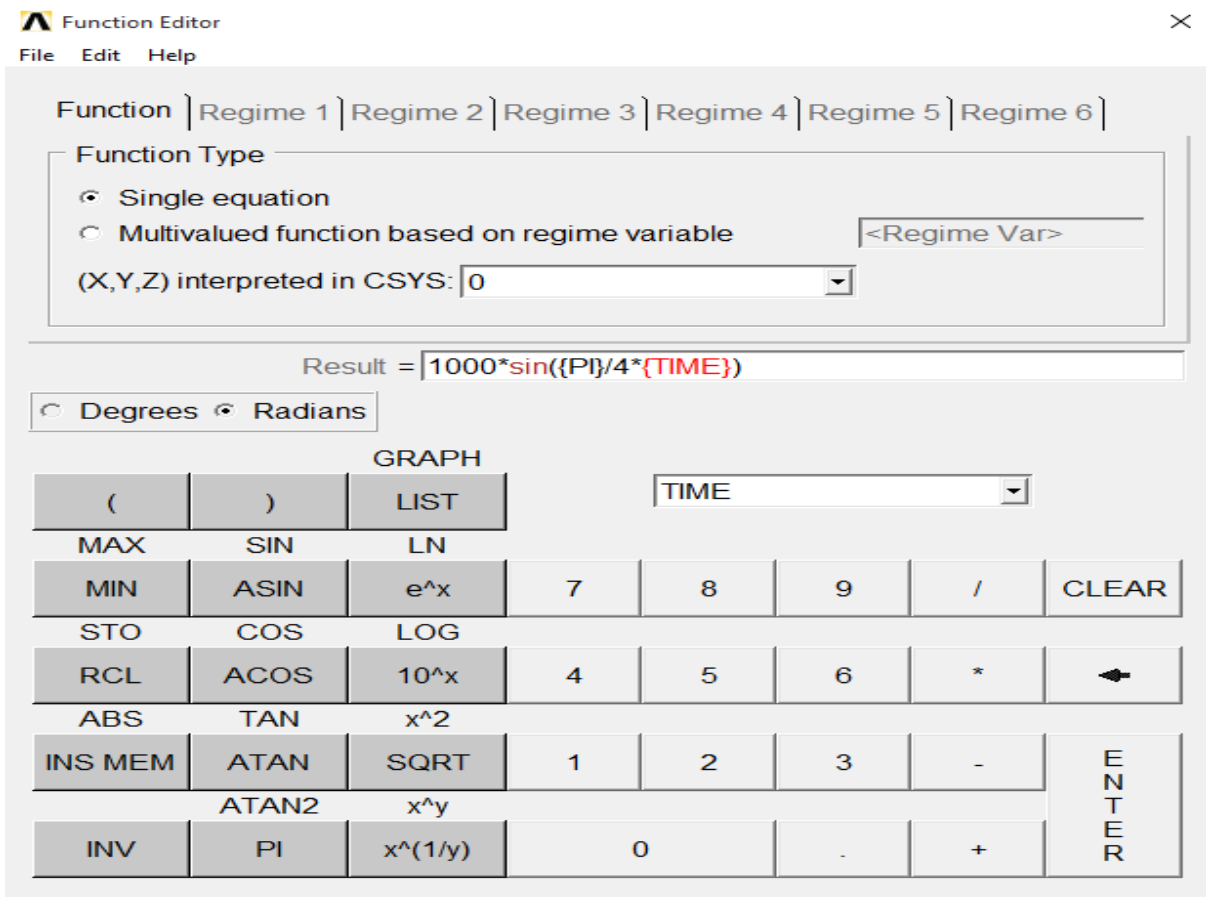


Figure III.42: définition des charges utiles

Le fichier de charge est enregistré avec un nom spécifique en cliquant sur le bouton (file) puis le bouton (save) dans une fenêtre (function editor), Le fichier de charge utile est enregistré sous un nom spécifique, par exemple (trans load).

File (function editor) → Save → (Trans load)

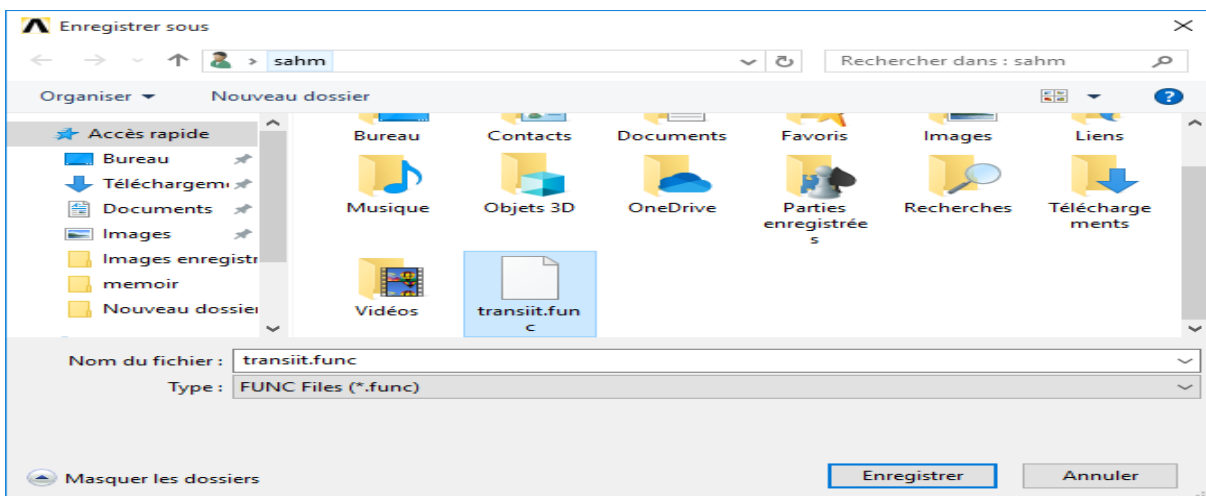


Figure III.43 : la sauvegarde des données

Le fichier de charge utile est lu selon les étapes ci-dessous, où il est préférable de vérifier l'équation de charge dans une fenêtre (function loader) au bas de l'onglet (equation) et de suggérer un nom pour la charge par exemple Ft.

Parameters → functions → read from file → (nous ouvrons l'emplacement d'enregistrement du fichier) →

Trans load → open

Table parameter name = Ft → OK

(suggestion de nom)

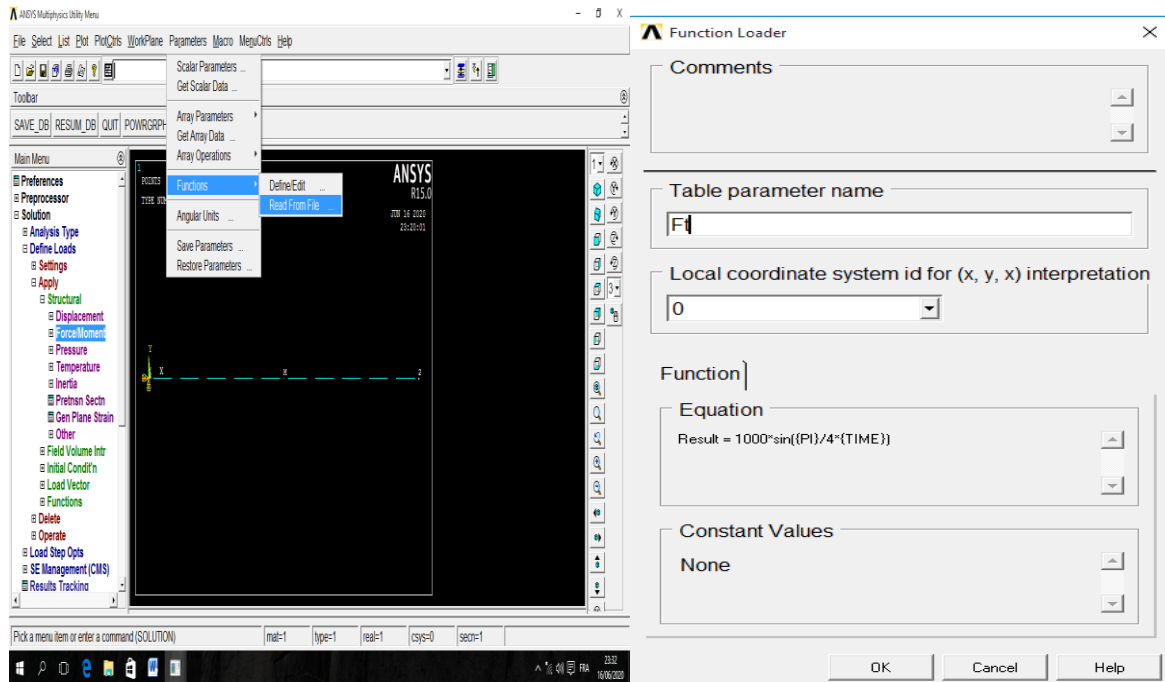


Figure III.44 : suggérer un nom de charge utile

### III.7.1.2 Détermination du type d'analyse transitoire :

Le type d'analyse transitoire est déterminé comme par le chemin suivant indiqué sur la figure :

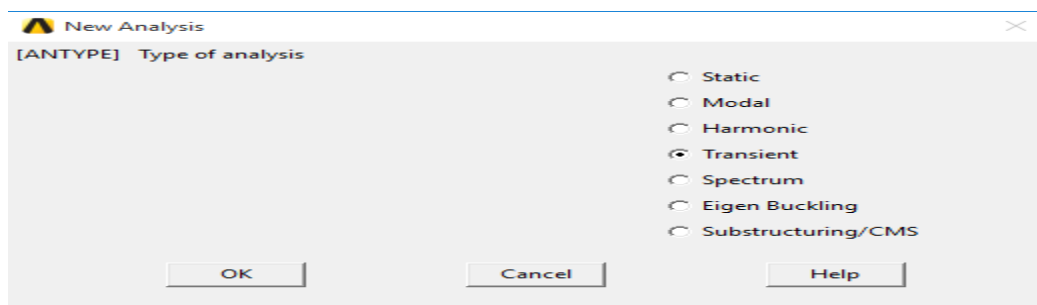


Figure III.45 : choix type d'élément

### III.7.1.3 Définition des charges:

- **III.7.1.3.1. Définition des déplacements:**

solution → define loads → apply → structural → displacement → on keypoints → (nous définissons le noeud situé a l'extrémité gauche) → ok.

→ Lab2 dofs to be constrained = all dof → ok

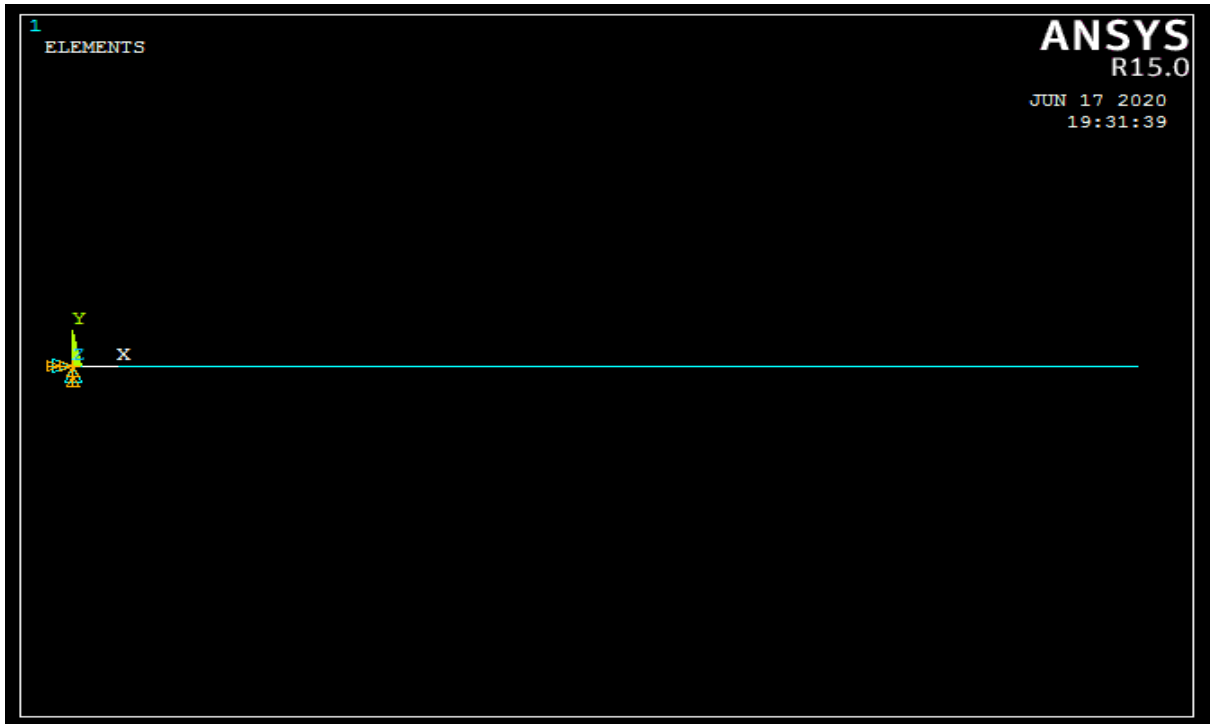


Figure III.46 : définition des déplacements

- **III.7.1.3.2 Définition des forces moments :**

Une charge utile concentrée de  $(Ft=1000.\sin(\frac{\pi}{4}.t))$  est appliquée a l'extrémité libre droite, selon le chemin suivant :

8\_solution → define loads → apply → structural → force /moment → on keypoints → ok.

Direction of force/ mom = FY

Apply as = Existing table → ok → ok.

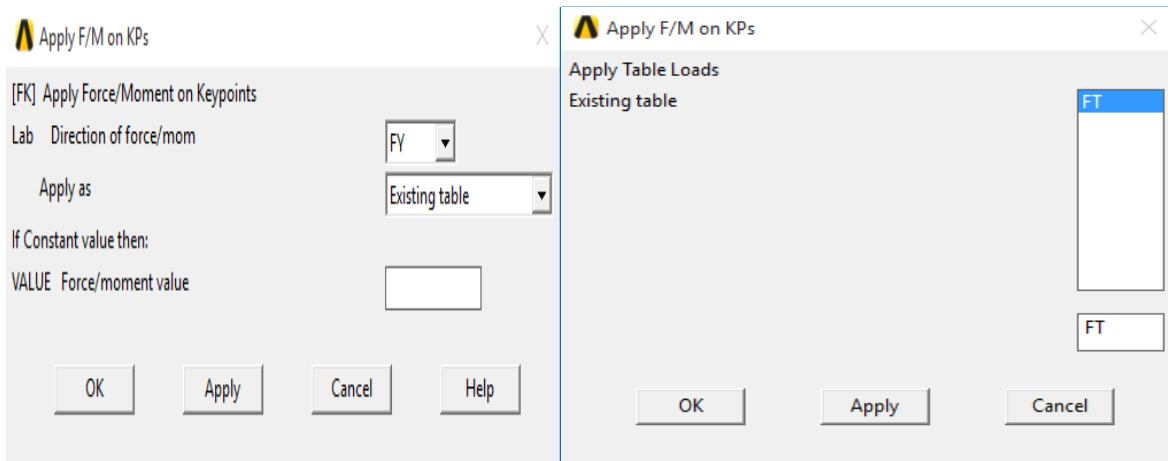


Figure III.47 : définition des forces moments

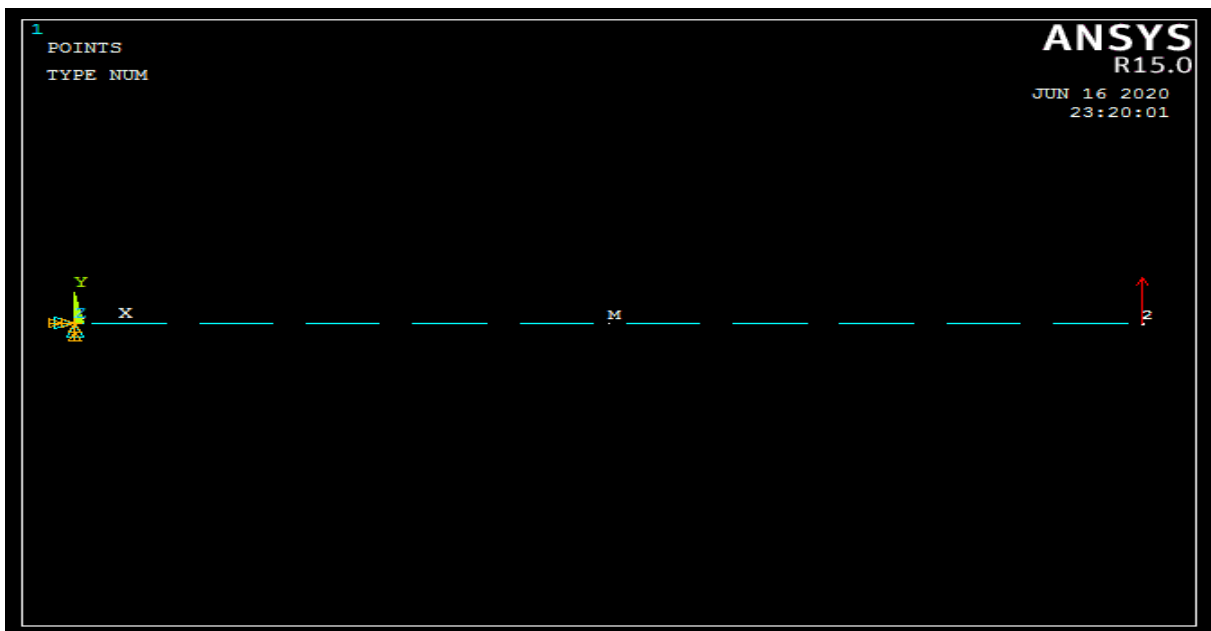


Figure III.48: affichage des forces moments

#### III.7.1.4 Configurer les options d'analyse:

Les options d'analyse sont définies en fonction du chemin suivant indiqué dans la figure.

Solution → analysis type → sol'n controls →

» Basic :

Small displacement static

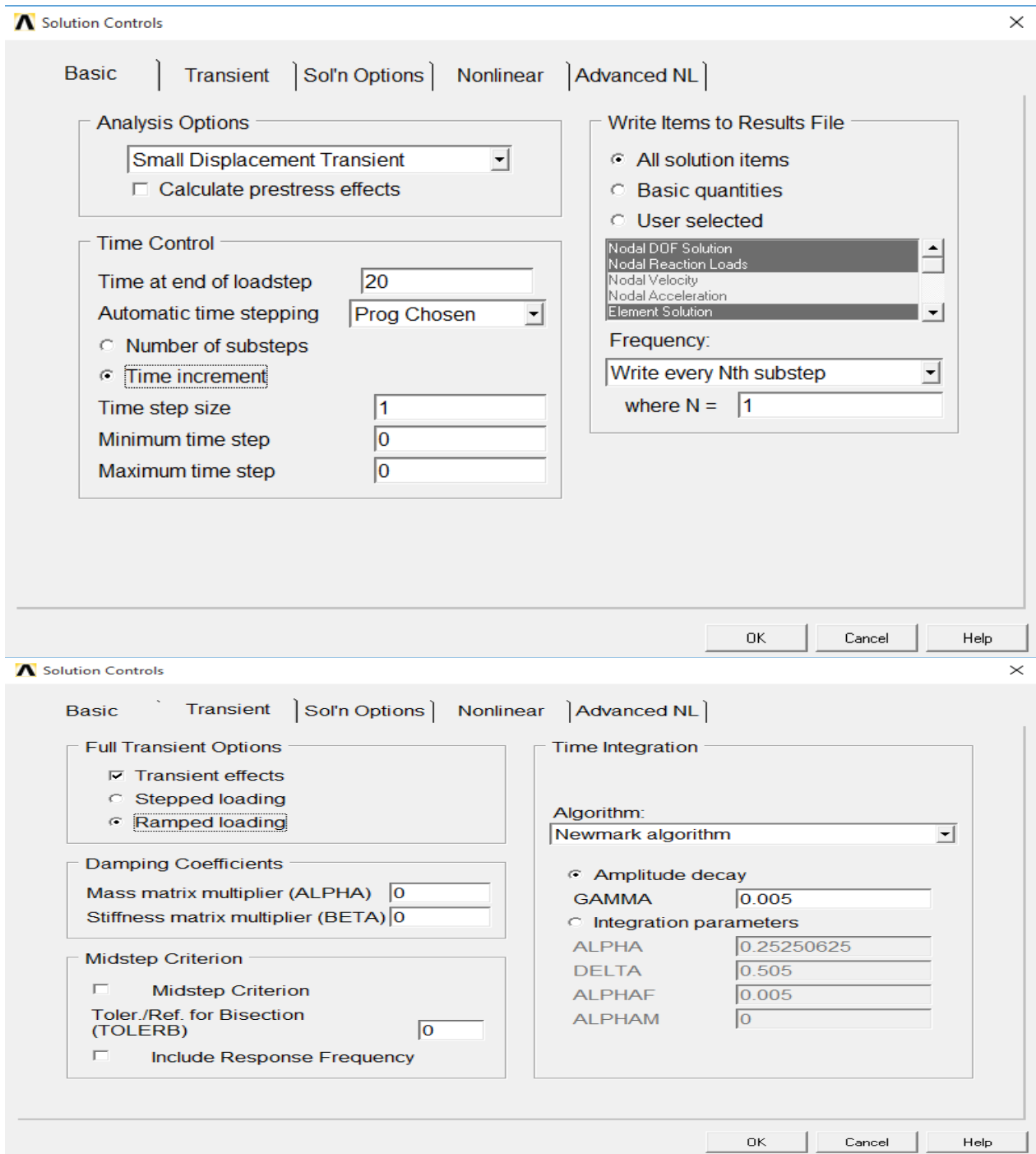
Time at end of load step = 20 (temps à la fin de l'étape de chargement)

Automatic Time Stepping = prog chosen

Time increment :



Time Step Size =1 ( taille de pas de temps)  
Minimum Time Step =0 (pas de temps minimum)  
Maximum Time Step =0 (pas de temps maximum)  
Frequency =Write every substep (afficher les resultats a chaque sous-etape )  
»Transient :  
Transient effects = ramped loading →ok



**Figure III.49 :** Ajustez les paramètres d'analyse

### III.7.1.5 Prévisualisez les résultants:

Les transitions verticales (UY) seront pré-visualisées au point situé sur l'application de la charge, par comparaison avec la fréquence. Ce processus est effectué selon le chemin suivant indiqué dans la figure

timehist postpor → add → nodal solution → DOF solution → Y-Component of Displacement → OK → (selection de point à l'extrémité libre) → Next → OK → Graph Data ....

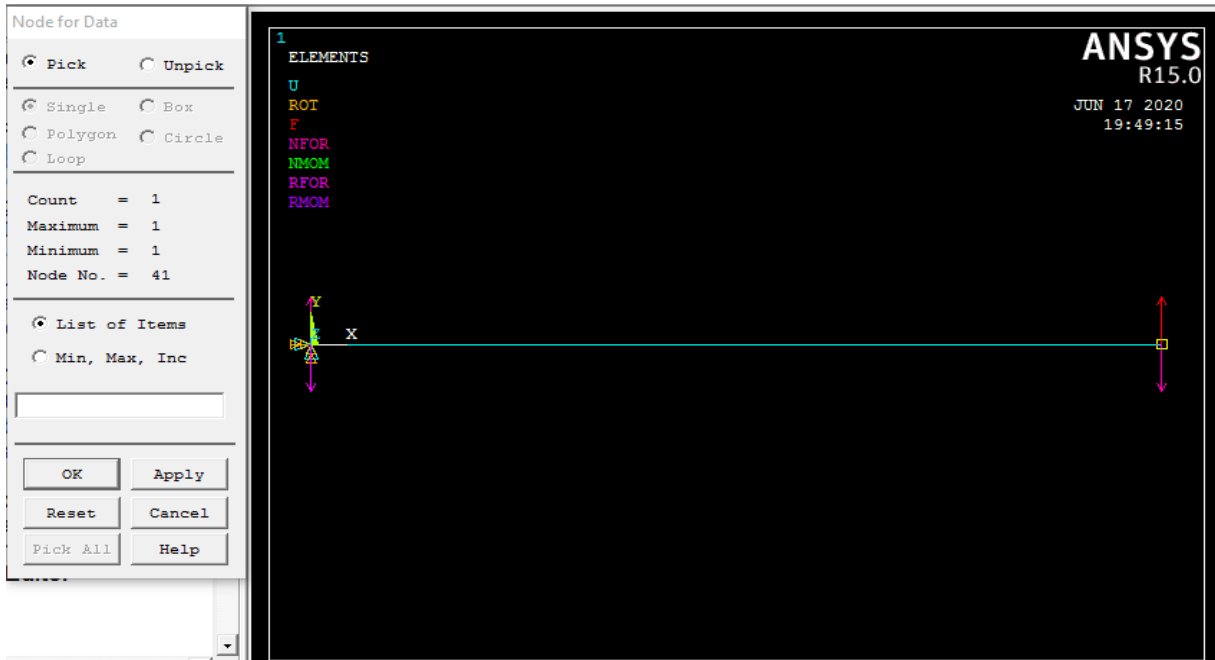
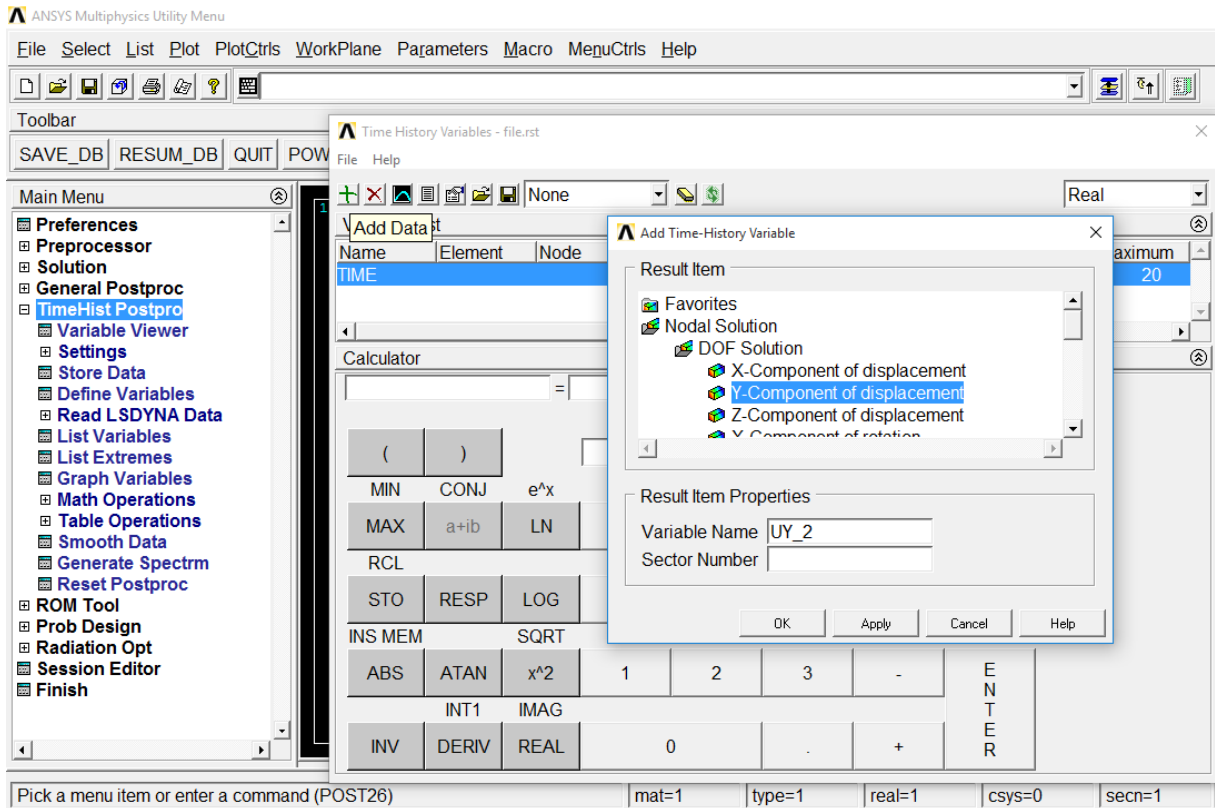
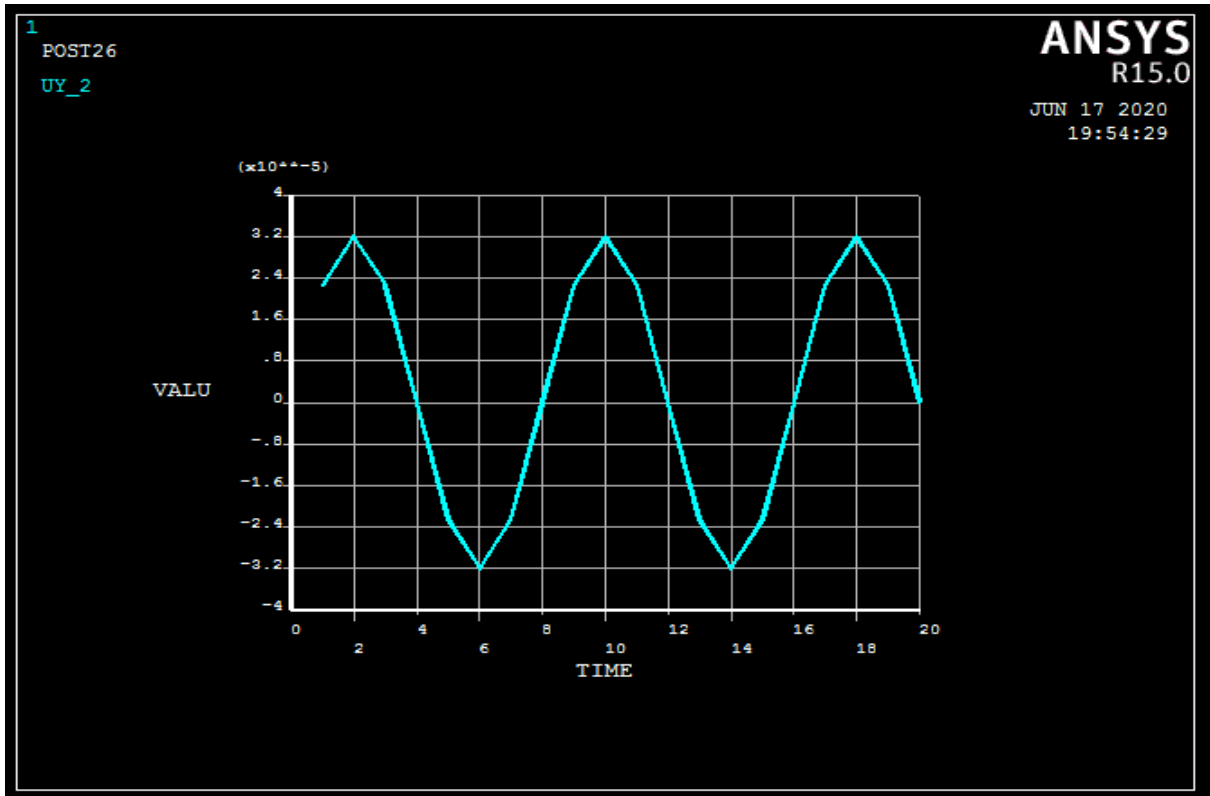


Figure III.50: déterminer la vitesse verticale (Uy)



**Figure III.51** : aperçu du digramme de déplacement vertical

**Remarque :** Comme la charge utile est cyclique et donc le transfert vertical prend la forme de la charge, c'est-à-dire qu'elle devient également un modèle cyclique, comme le montre la figure.

- D'autres informations peuvent être obtenues de la même manière, par exemple, afin d'obtenir la vitesse vers Y, nous suivons les étapes suivantes illustrées sur la figure

Add → nodal solution → DOF solution → Y-Component of velocity → OK

Plot → Element

Selection de point a l'extrémité libre) → next → OK → Graph DATA...

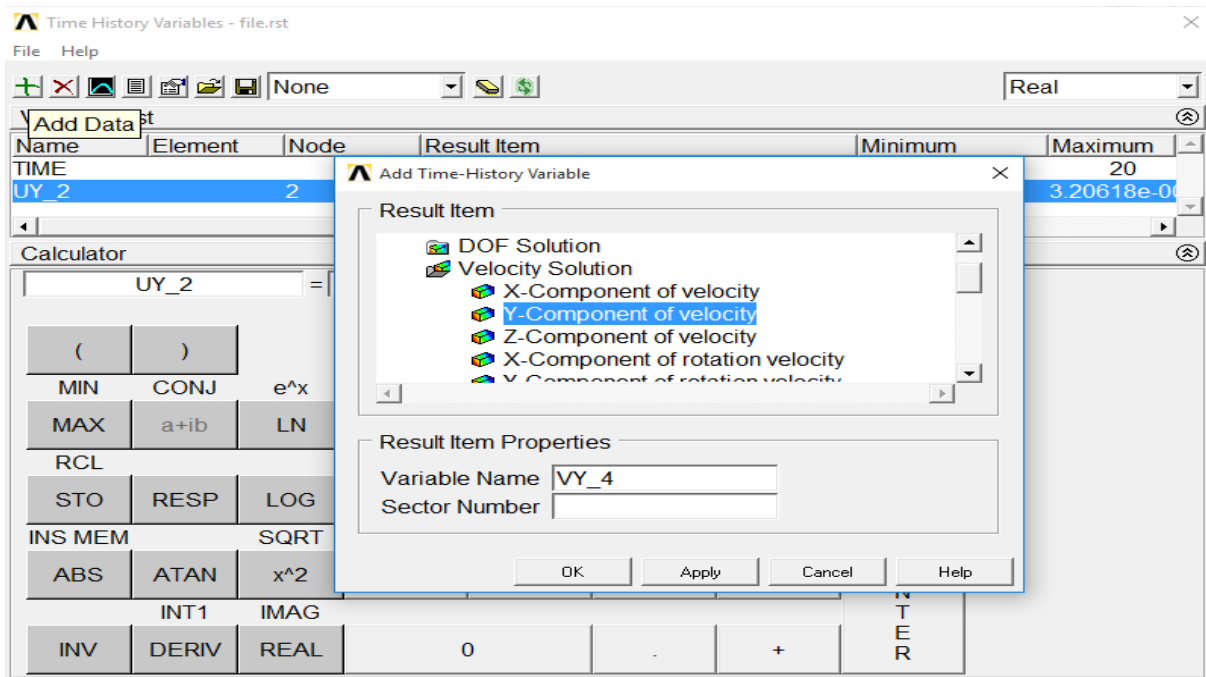


Figure III.52 : déterminer la vitesse de travail

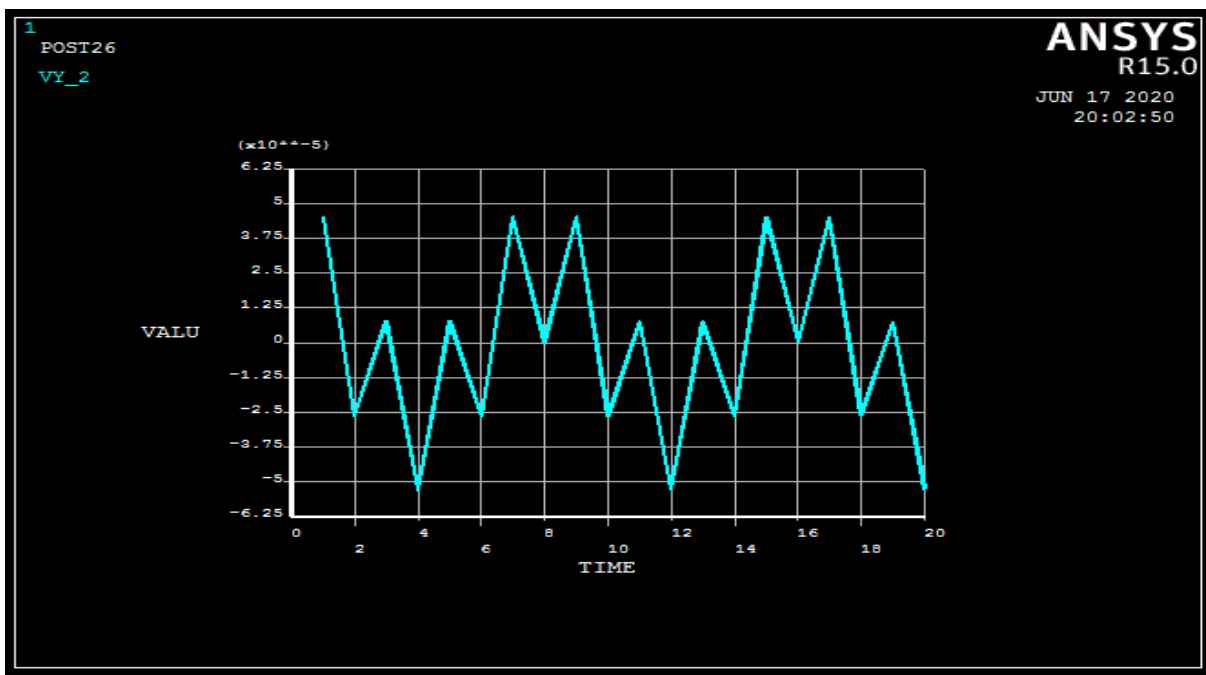


Figure III.53: aperçu le diagramme de vitesse verticale

- Des informations peuvent être obtenues sur n'importe quel point le long de l'élément, par exemple, pour un point au milieu de l'élément, la planification et les données numériques peuvent être obtenues selon les étapes précédentes illustrées sur les figures.

Add→nodal solution→DOF Solution→Y-Component of displacement→ok

Plot→Element→(selectionner le point au milieu )→next→ok→graph data →list data

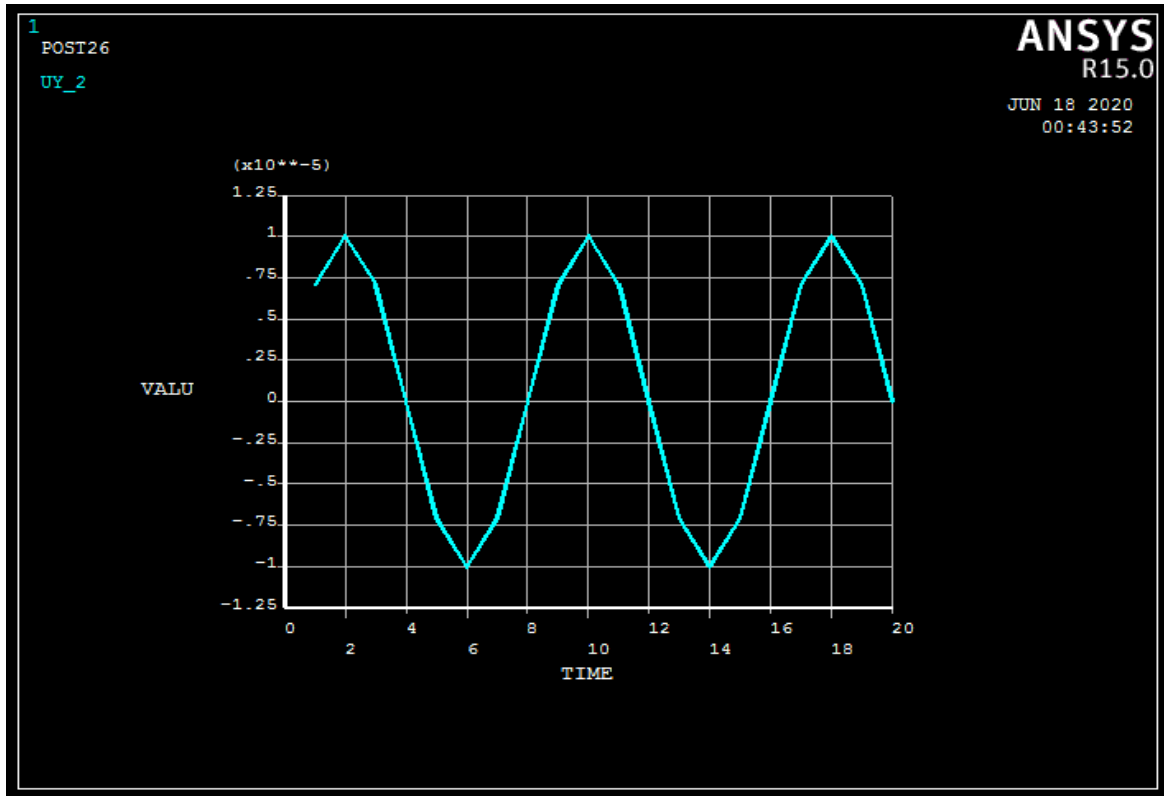


Figure III.54: aperçu schématique des données de noeud sélectionnées

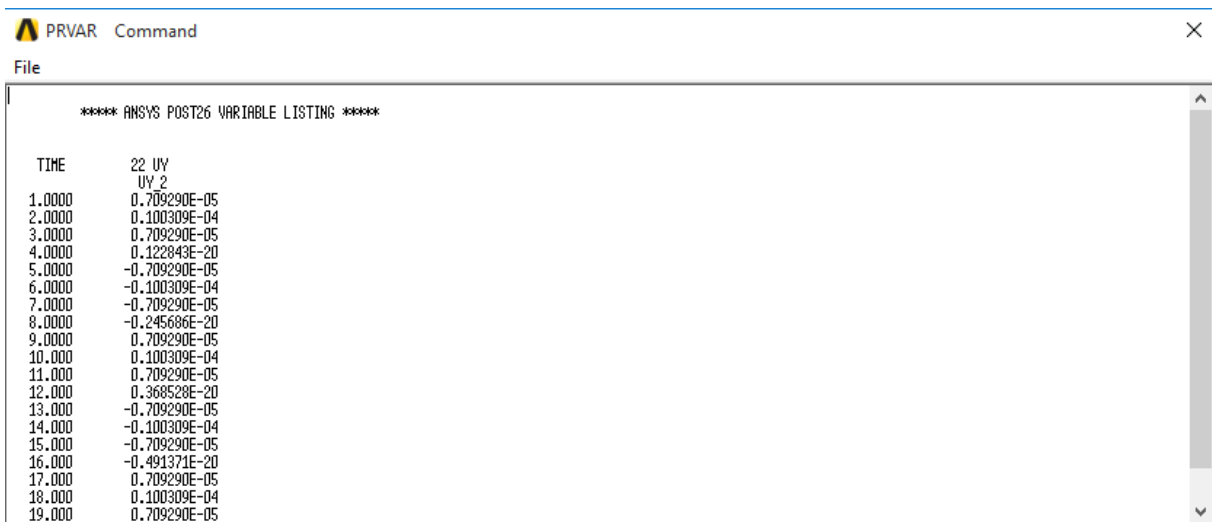


Figure III.55 : aperçu des données du noeud sélectionné numériquement

- Pour lire les réactions de l'encastrement, nous suivons le chemin suivant indiqué dans la figure.

General Postproc → list results → Reaction Solu → All items → OK

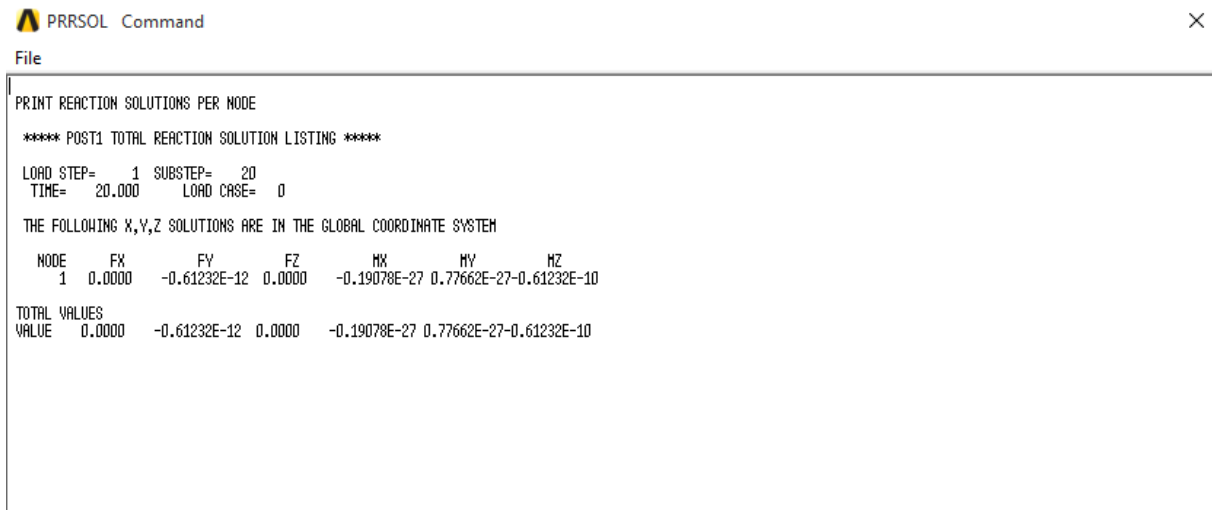


Figure III.56 : aperçu de la réaction

- Pour pré-visualiser les réactions à un moment (time) précis, nous suivons le chemin suivant indiqué dans la figure.

General Postproc → read results → by time/freq →

TIME value of time or freq = 5

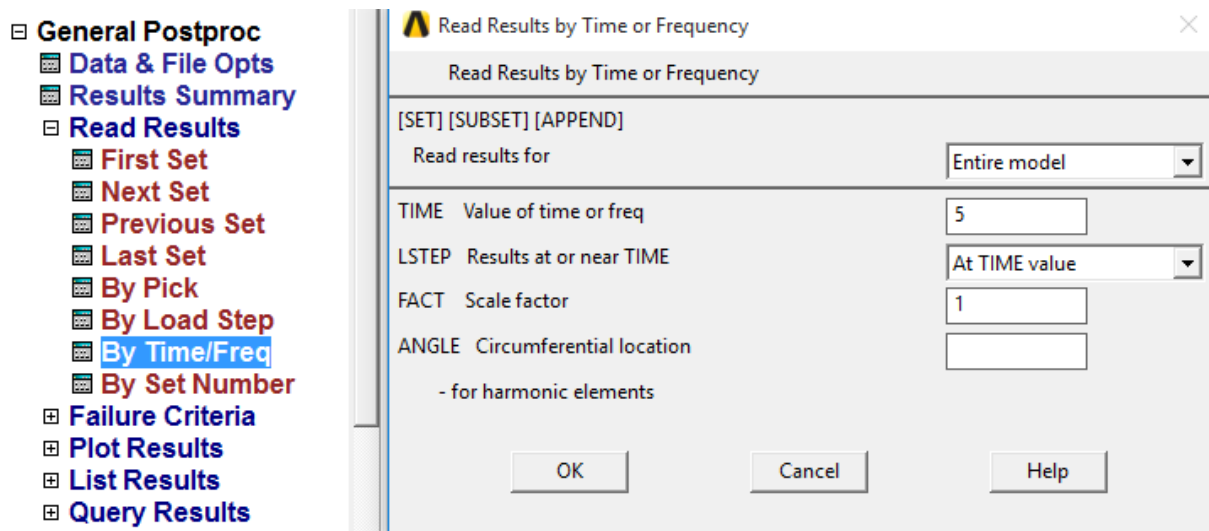


Figure III.57 : déterminer le temps (t=5) pour pré visualisé les réactions en elle

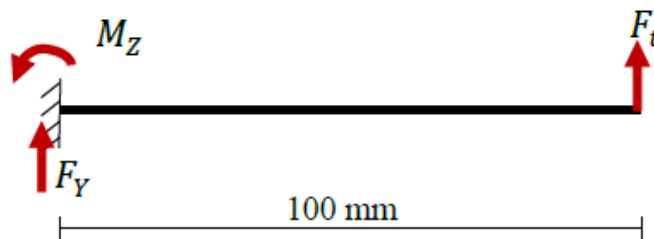
General postproc → list results → reaction solu → all items → ok

```

PRRSOL Command
File
PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE
**** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING ****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 5
TIME= 5.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM
NODE   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
  1    0.0000   707.11   0.0000  0.22032E-12 -0.89684E-12  70711.
TOTAL VALUES
VALUE  0.0000   707.11   0.0000  0.22032E-12 -0.89684E-12  70711.
    
```

**Figure III.58 :** Inspecter les réactions résultantes à temps (t=5)

- La valeur de la réaction de l'encastrement peut être vérifiée mathématiquement au temps (t=5), comme suit :



$$\sum f/y = 0$$

$$F_y = -F_t \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot t\right) =$$

$$1000 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot 5\right) = 707.11 \text{ N}$$

- La valeur du moment de l'encastrement peut être vérifiée mathématiquement au temps (t=5), comme suit :

$$\sum M(z) = 0$$

$$M_z = -F_t \cdot L = -1000 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot t\right) \cdot 100 = 1000 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot t\right) \cdot 100 = 70711 \text{ N.mm}$$

- En comparant les résultats mathématiques avec les résultats analytiques montrés dans la figure qui montre l'aperçu des réactions produites à (t=5), nous remarquons que les résultats sont identiques.



### **III.8 Conclusion :**

La réponse dynamique d'une structure, les fréquences naturelles et les formes des modes naturels des vibrations, dépendent de la manière dont on répartit les masses, les rigidités et les amortissements le long de la structure. La présence d'une fissure, qui peut se produire suite à une sollicitation à la fatigue, conduisant à l'apparition des vibrations non linéaires dont le comportement dynamique de la structure. Pendant le mouvement de vibration, la rigidité de la zone de la fissure se modifie en permanence au fil du temps, dans le cadre de la dynamique au contraire les chargements imposés, ainsi que les propriétés géométriques et matériaux, peuvent varier dans le temps. De plus, même dans la configuration initiale, le milieu peut être caractérisé par des fonctions du temps. Les paramètres à calculer sont donc également des fonctions du temps, et des nouveaux paramètres apparaissent pour caractériser le mouvement, c'est-à-dire la variation de configuration dans le temps. Ce sont les paramètres cinématiques tels que les vitesses, les accélérations, les fréquences, ... qui n'existent pas dans le cas de la statique.

## **Conclusion Générale**

Le programme ANSYS se distingue par sa grande capacité à représenter le problème étudié quel que soit le degré de complexité. Ce programme est considéré comme l'un des programmes de modélisation numérique le plus solide et le plus important qui utilise la méthode des éléments finis, et il est applicable dans divers domaines tels que l'écoulement des fluides statiques, non linéaire, thermodynamique, dynamique,... et peuvent combiner ensemble un ou plusieurs de ces champs. Le programme propose plusieurs types d'analyse, parmi lesquelles nous mentionnons : l'analyse statique, l'analyse harmonique, l'analyse transitionnelle, l'analyse spectrale, l'analyse de granulation... et il a la capacité d'effectuer le processus de conception d'optimisation et de conception probabiliste. Etant donné que le programme est très vaste et possède des nombreuses fonctionnalités (même dans un seul de ces domaines), il est donc difficile de couvrir toutes les informations qui se rapportent dans un seul document.

Dans cet mémoire, nous avons utilisé un programme pour identifier les transitions, les contraintes et les déformations sous l'influences des charges fixes et pour connaître les fréquences naturelles et les modes de réponse des poutres, ce qui est important lors de la conception du modelé pour résister aux charges dynamiques et autres effets des vibrations

## Références Bibliographiques

- [1] Wikipédia ;
- [2] Eduardo .C, «Introduction d'ANSYS », Université Cactilla – La Mancha Ciudad Real, Version Espagnole ;
- [3] Mouaatez .H and Mohamed .S, 2017, «Programme d'ANSYS en Génie Civil» version Arabe ;
- [4] Bouchareb .Med Nacer, 2017, Mémoire pour l'obtention de diplôme de Master « Analyse Modal d'une Poutre encastré-libre »; BADJI MOKHTAR ANNABA UNIVERSITE
- [5] Sophie .E, 2019, Travaux Pratiques « Simulation Numérique par Eléments Finis Code de Calcul ANSYS Mechanical » ;
- [6] Jenny Lau, «L'analyse Modale Expérimentale », PP 03