

TP Eléments Finis

Initiation à la modélisation sur
le logiciel

ABAQUS

Mme Nawel MEZIGHECHE
Maitre Assistant
Université Badji Mokhtar de Annaba

Organisation du TP:

1) I introduction générale

2) Rappel sur la MEF

3) Prise en main du logiciel

4) Projet en groupe

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Introduction générale

Démarche de l'ingénieur :

- 1) Identifier les phénomènes physiques
Exemples:
Pont soumis aux oscillations horizontales et verticales
Bâtiment soumis au séisme
- 2) Choisir une théorie et un modèle
Linéaire ou non linéaire
Statique ou dynamique
petits ou grands déplacements
- 3) Modéliser l'objet dans son environnement
Chargement
Conditions aux limites
- 4) Calculer et interpréter (résoudre)
Calcul des déplacements
Déduire les contraintes et les déformations

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Introduction générale

Les logiciels CAO de Conception et calculs Assistés par Ordinateur sont nombreux sur le marché

Le plus utilisé : ABAQUS

Abaqus est un code de calcul par Éléments Finis créé en 1978

Abaqus est un logiciel de SIMULATION par Éléments Finis

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Introduction générale

Définition de SIMULATION selon le dictionnaire français Larousse:

Représentation du comportement d'un processus physique au moyen d'un modèle matériel dont les paramètres et les variables sont les images de ceux du processus étudié.

(Les modèles de simulation prennent le plus souvent la forme de programmes d'ordinateurs auxquels sont parfois associés des éléments de calcul analogique.)

Rappel sur la MEF

Concept de la MEF (du milieu continu au milieu discrétisé)

En Elasticité, le comportement d'un solide (milieu continu) traduit par Equations d'Equilibre

Méthode des résidus pondérés

Méthode des Éléments Finis

Forme intégrale (milieu continu)

Forme intégrale approximée avec interpolation entre les nœuds (milieu discrétisé)

Solution numérique

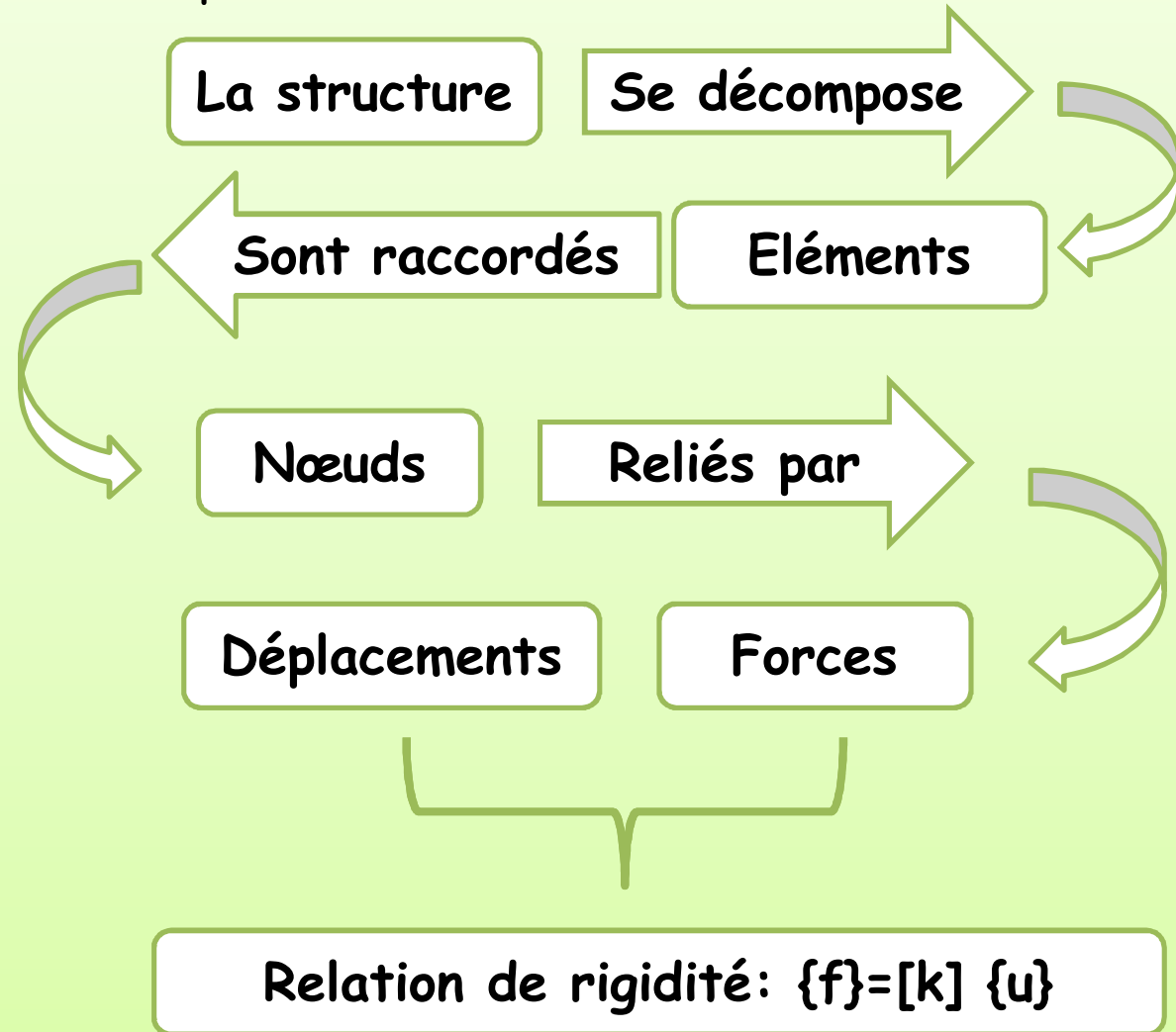
Forme algébrique

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Rappel sur la MEF

Principe de la MEF en calcul des structures



Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Rappel sur la MEF

Un élément Fini :

Est un domaine géométrique

Des nœuds

Des degrés de liberté

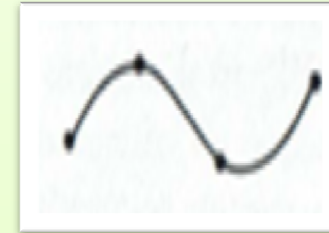
Fonctions mathématiques aux nœuds

Organisation du TP:

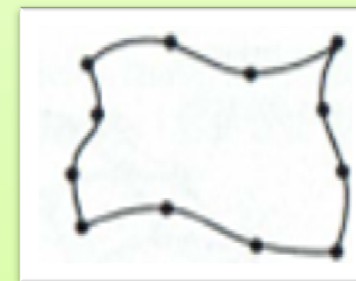
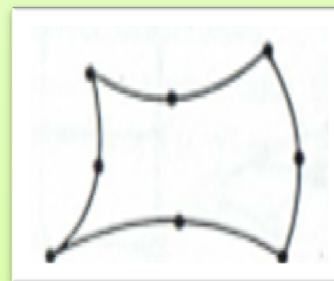
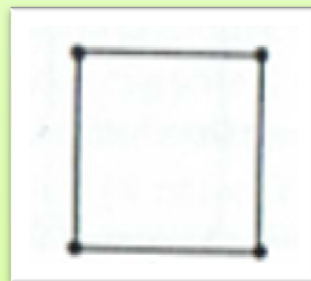
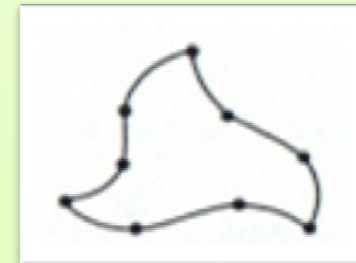
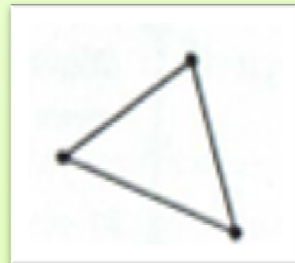
- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
logiciel
- 4) Projet en groupe

Rappel sur la MEF

Eléments Finis 1D:



Eléments Finis 2D:

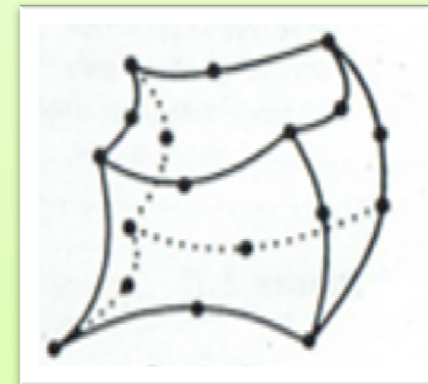
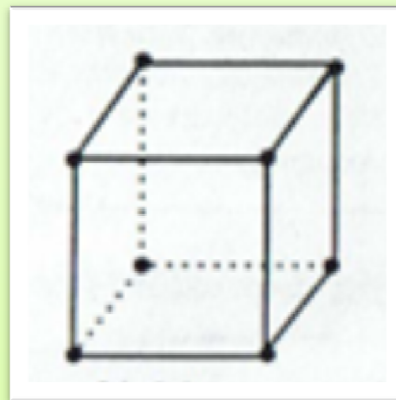
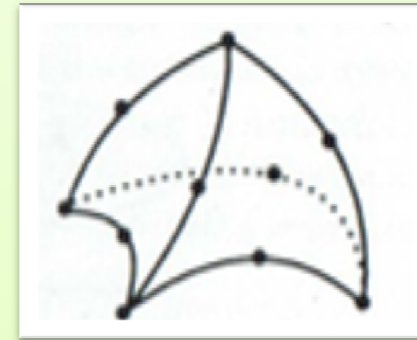
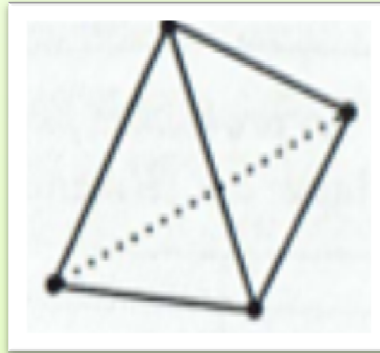


Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Rappel sur la MEF

Eléments Finis 3D:



Organisation du TP:

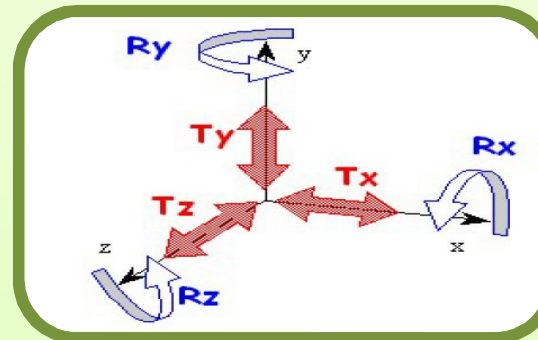
- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Rappel sur la MEF

Degré de liberté

Propriétés de mobilité d'un nœud

3 Translations et 3 Rotations



Élément
Fini

Peut avoir

Plusieurs
nœuds

Nœud

Peut avoir

Plusieurs
DDL

Donc La relation de rigidité
est un système d'équations

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Rappel sur la MEF

Fonction de forme

Permet d'exprimer les déplacements en un point de l'élément à partir des déplacements connus en ses noeuds

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Abaqus est un code de calcul par éléments finis qui à travers lequel on peut simuler la réponse physique des structures soumises à des chargements, des températures ou autres conditions extérieures ...

Divers domaines d'application:

- Mécanique
- Thermique
- Électrique

Problèmes traités

- Statique et dynamique
- Linéaires et non linéaires.....etc

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Types de non-linéarités sur Abaqus

➤ **Géométriques**

- Grandes déformations
- Grands déplacements
- Grandes rotations
- Instabilités (bifurcations, points-limites)

➤ **Matérielles**

- Hyper-élasticité
- Plasticité
- Visco-plasticité
- Endommagement
- Possibilités de programmer de nouvelles lois de comportement (en ForTran)

➤ **Contact**

- Grands déplacements
- Contact 2D et 3D
- Rigide/Rigide, Rigide/Déformable, Déformable/Déformable
- Lois de frottement diverses et complexes
- Possibilités de programmer de nouvelles lois d'interaction (en ForTran)

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Deux solveurs principaux

ABAQUS/Explicit : Algorithme explicite

Sous forme de fichier de données: La structure du fichier de données est un peu complexe : elle doit contenir toutes les définitions géométriques, les descriptions des maillages, des matériaux, des chargements, etc..., suivant une syntaxe précise.

ABAQUS/CAE: interface graphique qui permet de gérer l'ensemble des opérations liées à la modélisation : La génération du fichier de données, Le lancement du calcul proprement dit, L'exploitation des résultats.

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Systeme d'unités sur Abaqus

| Quantité | SI | SI (mm) | US Unit (ft) | US Unit (inch) |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Longueur | m | mm | ft | in |
| Force | N | N | lbf | lbf |
| Masse | kg | tonne (10^3 kg) | slug | $\text{lbf s}^2 / \text{in}$ |
| Temps | s | s | s | s |
| Contrainte | Pa (N / m^2) | MPa (N / mm^2) | lbf / ft^2 | Psi (lbf / in^2) |
| Energie | J | mJ (10^{-3} J) | ft lbf | in lbf |
| Masse volumique | kg / m^3 | tonne / mm^3 | slug / ft^3 | $\text{lbf s}^2 / \text{in}^4$ |

Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Organisation de l'interface sur Abaqus

Organisation de l'interface Abaqus CAE (Complete Abaqus Environment)



Organisation du TP:

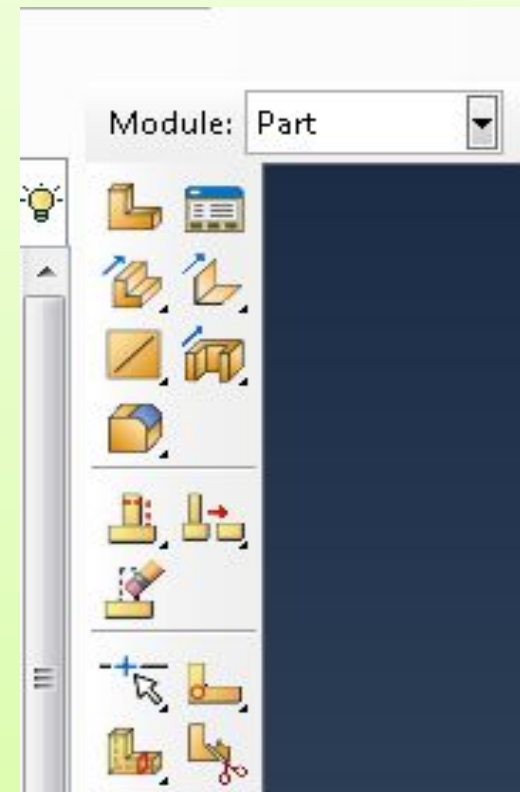
- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Pour réaliser une simulation numérique sur Abaqus CAE, il faut passer successivement dans les modules:

Le module « PART ».

Le module Part permet de créer tous les objets géométriques nécessaires à notre problème, soit en les dessinant dans ABAQUS CAE, soit en les important d'un logiciel de dessin .



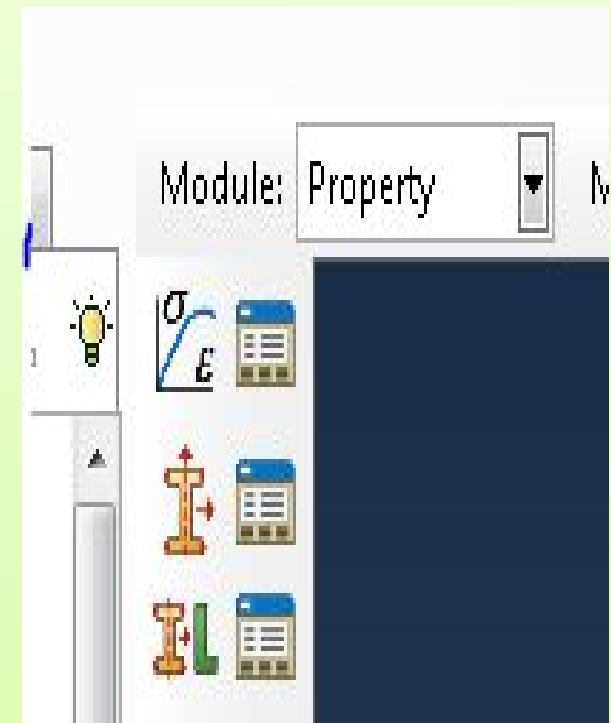
Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « PROPERTY ».

Le module Property permet, comme son nom l'indique, de définir toutes les propriétés d'un objet géométrique ou d'une partie de ces objets.



Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « ASSEMBLY ».

Ce module permet d'assembler les différents objets géométriques créés dans un même repère de coordonnées global.

Un modèle ABAQUS contient un seul assemblage

Le module Assembly permet donc de créer des instances et de positionner ces instances

dans un repère global les unes par rapport aux autres. Une instance peut être indépendante ou dépendante. Les instances indépendantes sont maillées individuellement alors que les dépendantes sont maillées en association avec le maillage de la pièce originale.



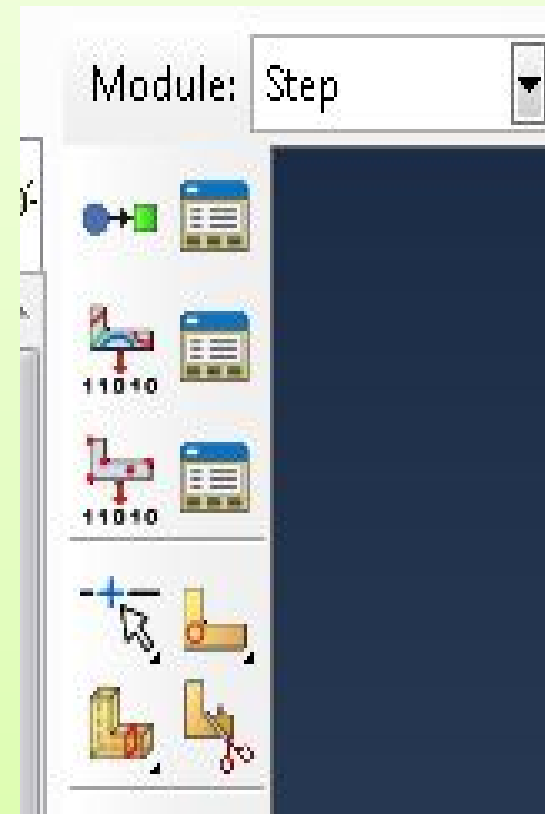
Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « STEP ».

Ce module permet de définir toutes les étapes et les requêtes pour le post traitement, c'est à dire le moment (temps) à partir duquel une force est appliquée et jusqu'à quand, il est aussi possible de créer des forces ou des conditions limites qui s'activent à des moments donnés.



Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « INTERACTION ».

Grâce ce module, il est possible de spécifier toutes les interactions entre les différentes parties et régions du modèle, qu'elles soient mécaniques, thermiques ou autres. Il faut savoir qu'ABAQUS ne prend en compte que les interactions explicitement définies, la proximité géométrique n'étant pas suffisante.



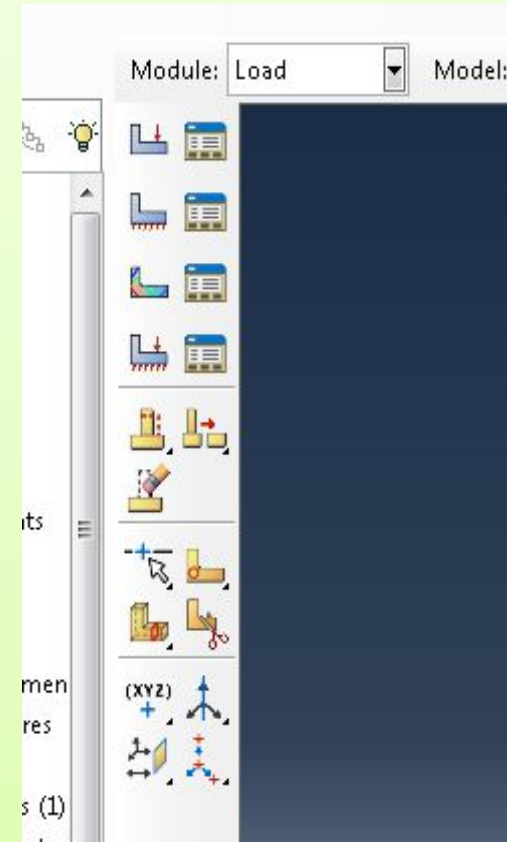
Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « LOAD » .

Le module Load permet de spécifier tous les chargements, conditions limites. Il faut savoir que les chargements et les conditions limites sont dépendants des steps, par exemple une force est appliquée au step 1 mais inactive au step 2.



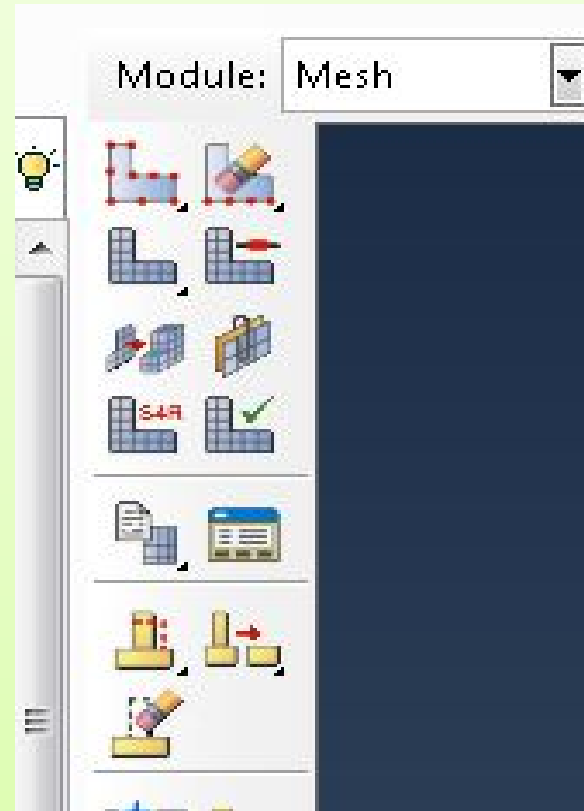
Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « MESH » .

Ce module contient tous les outils nécessaires pour générer un maillage élément fini sur un assemblage



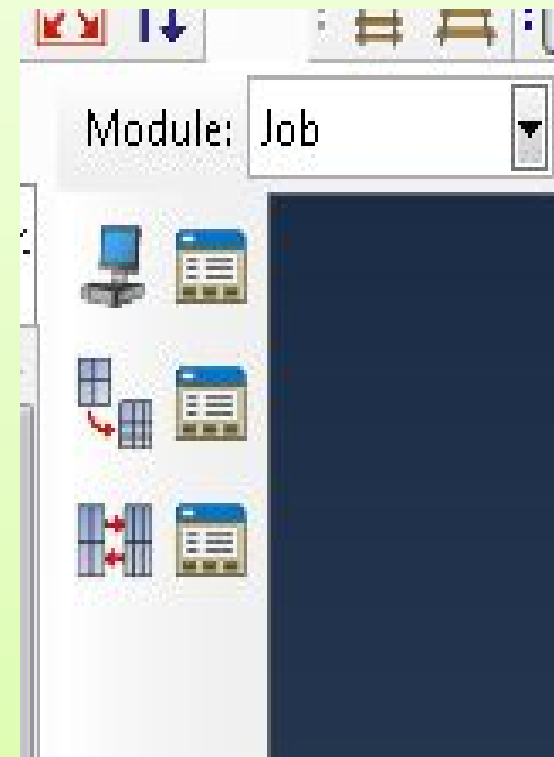
Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « JOB ».

Une fois que toutes les tâches de définition du modèle ont été réalisées, il faut utiliser le module Job pour analyser ce modèle. ABAQUS va alors réaliser tous les calculs nécessaires et en tirer des résultats



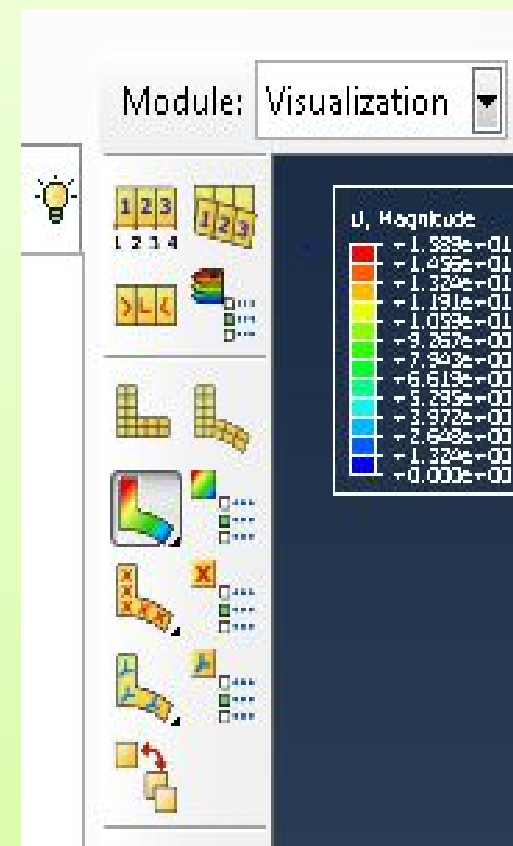
Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « VISUALIZATION ».

Ce module permet de visualiser le modèle et les résultats, les courbes de charges, les déformations...



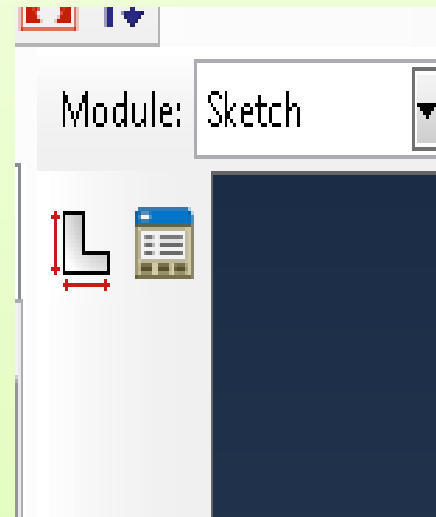
Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Prise en main du logiciel

Le module « SKETCH ».

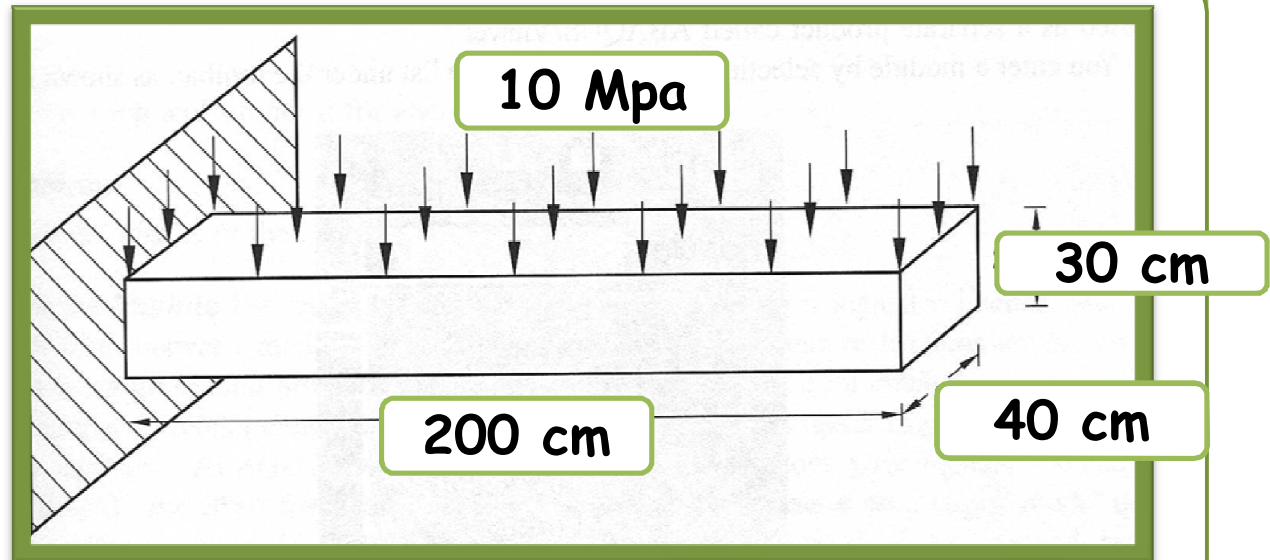
Ce module permet de créer des formes bidimensionnelles qui ne sont pas associés à un objet. Il peut être utilisé pour des extrusions par exemple.



Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

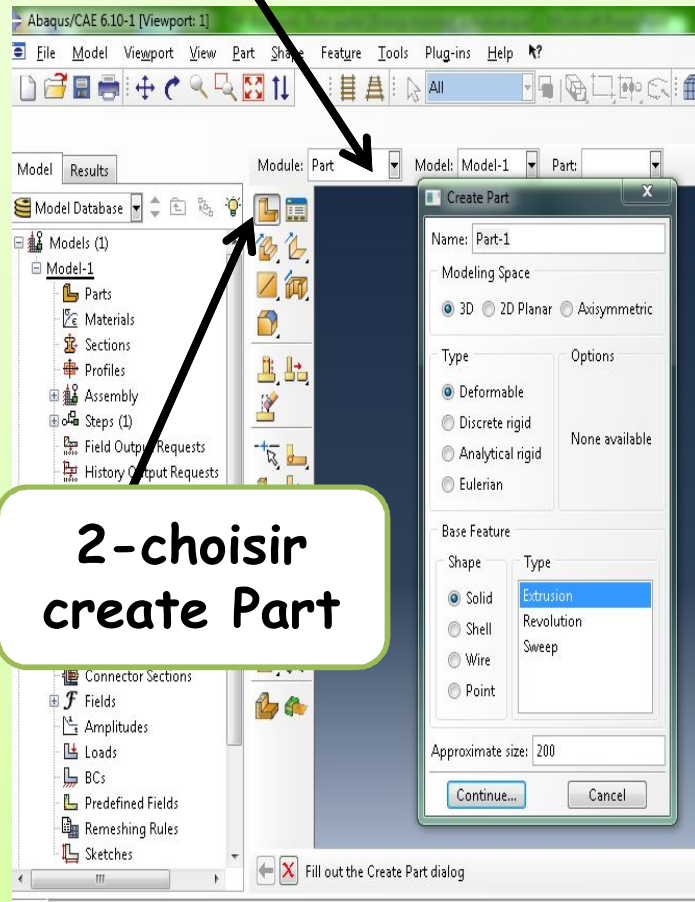
Projet en groupe



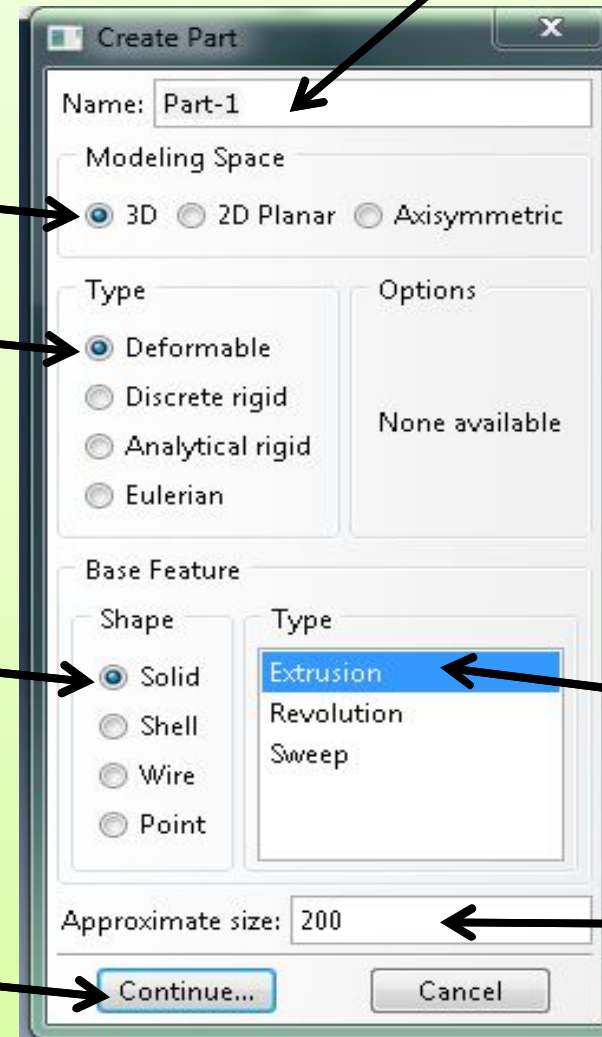
**Poutre Béton Armé ,
encastrée et uniformément chargée**
 $E=25\ 000 \text{ Mpa}$
 $\nu=0.2$

Projet en groupe

1-choisir le module Part

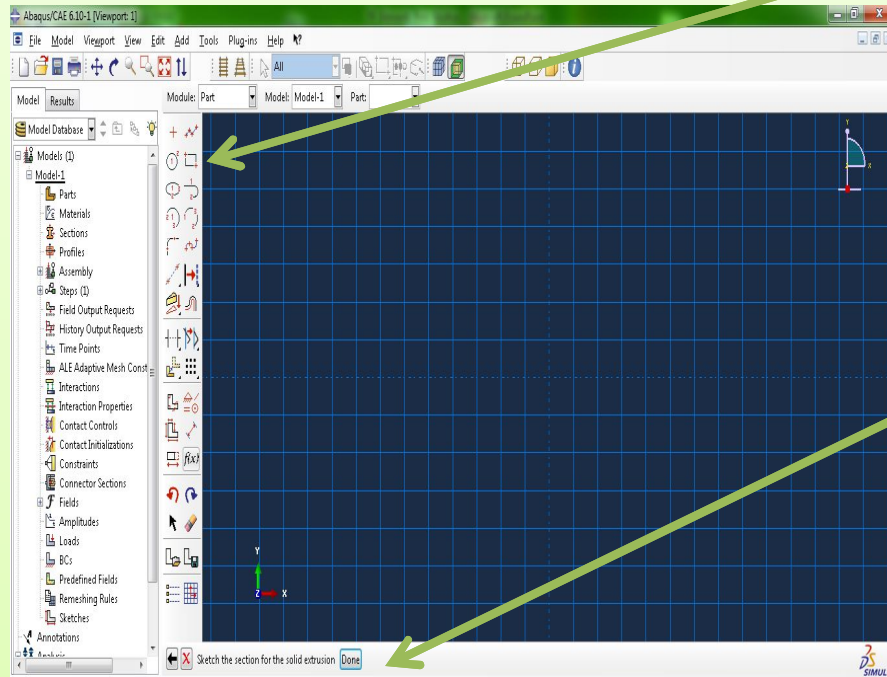


2-choisir create Part



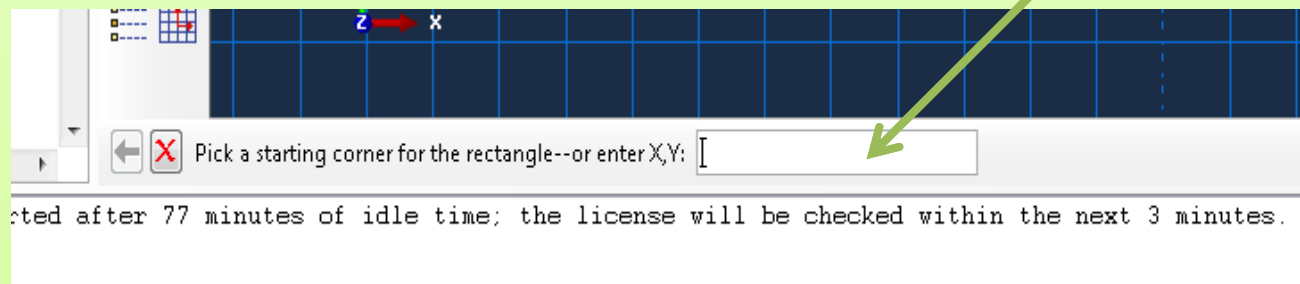
Projet en groupe

10. Créez des lignes
rectangle (4 lignes)

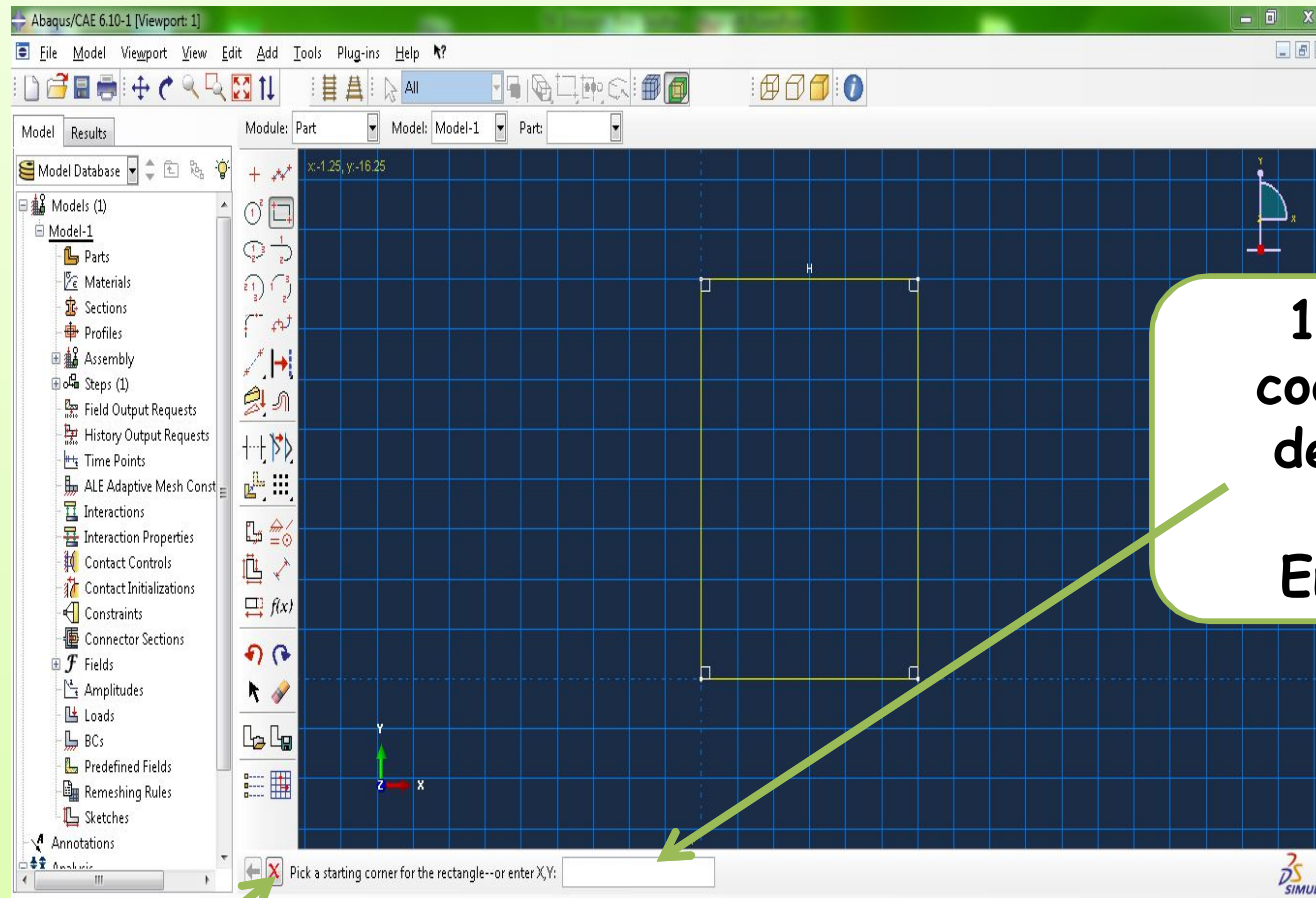


11

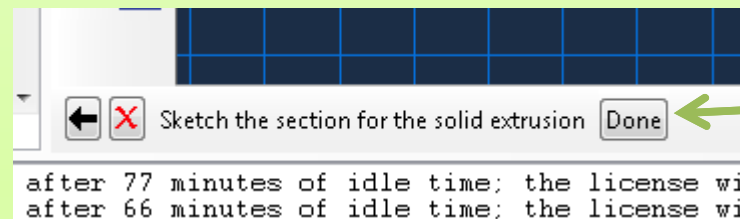
12. Saisir les
coordonnées du
premier coin (0,0)
Ensuite entré



Projet en groupe

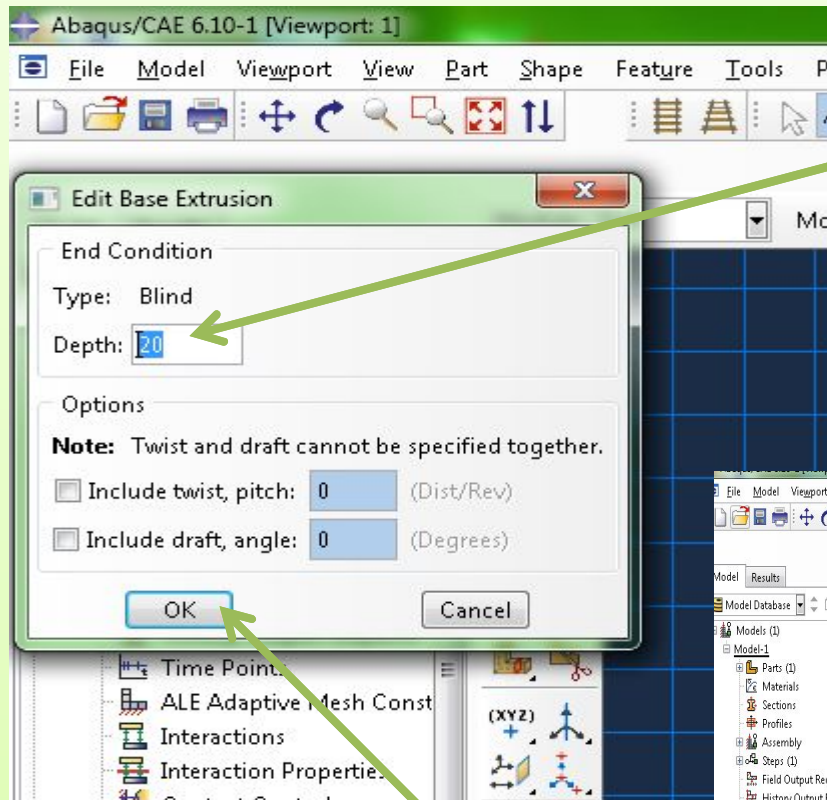


14



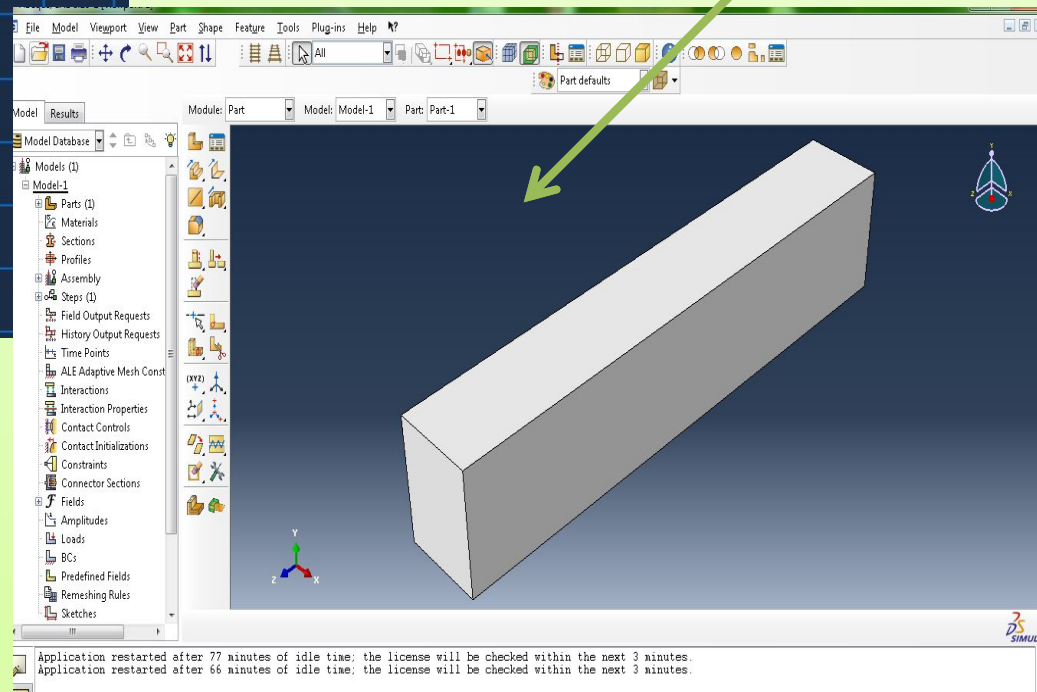
15

Projet en groupe



16. Saisir la longueur de la poutre 200 cm

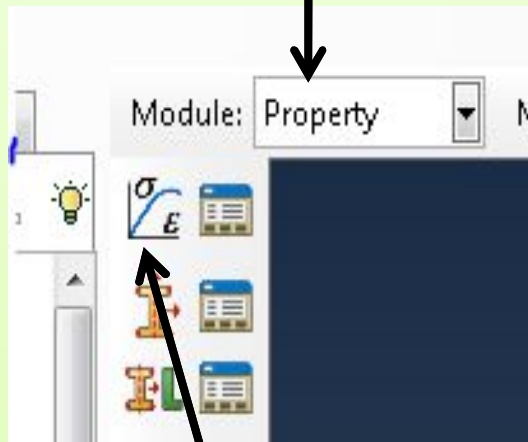
18



17

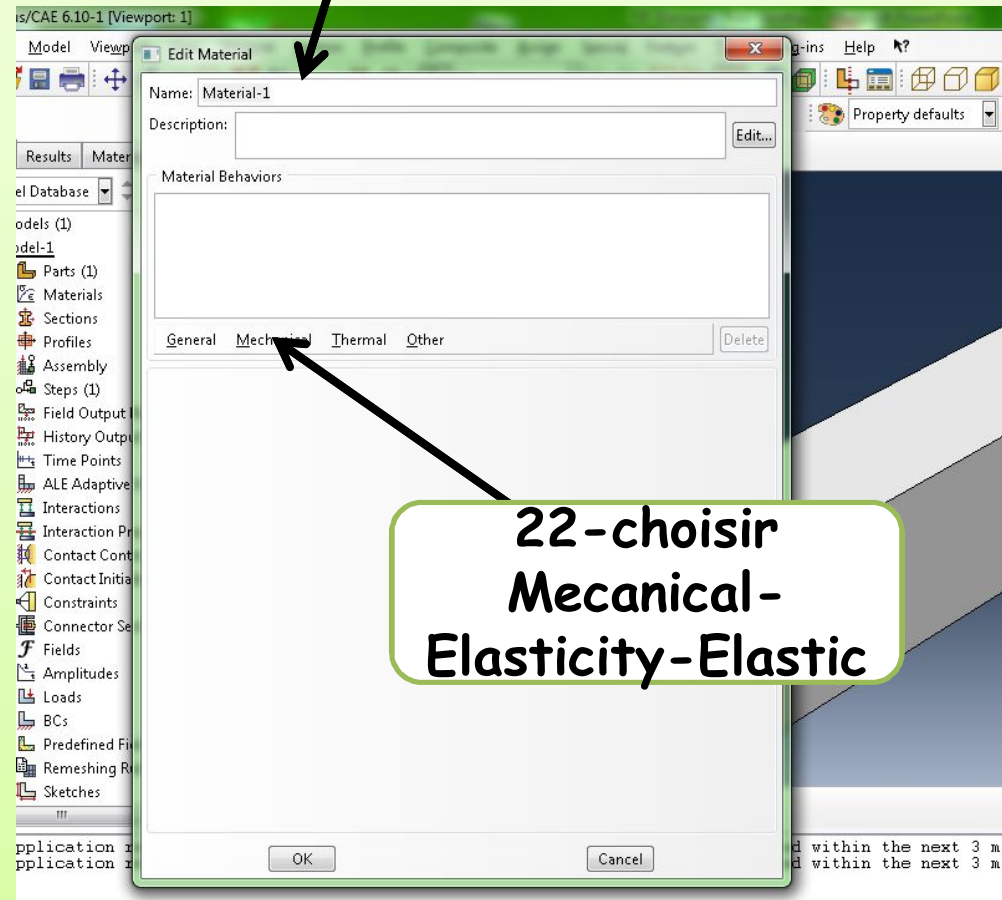
Projet en groupe

19-choisir le module Property



20-choisir create material

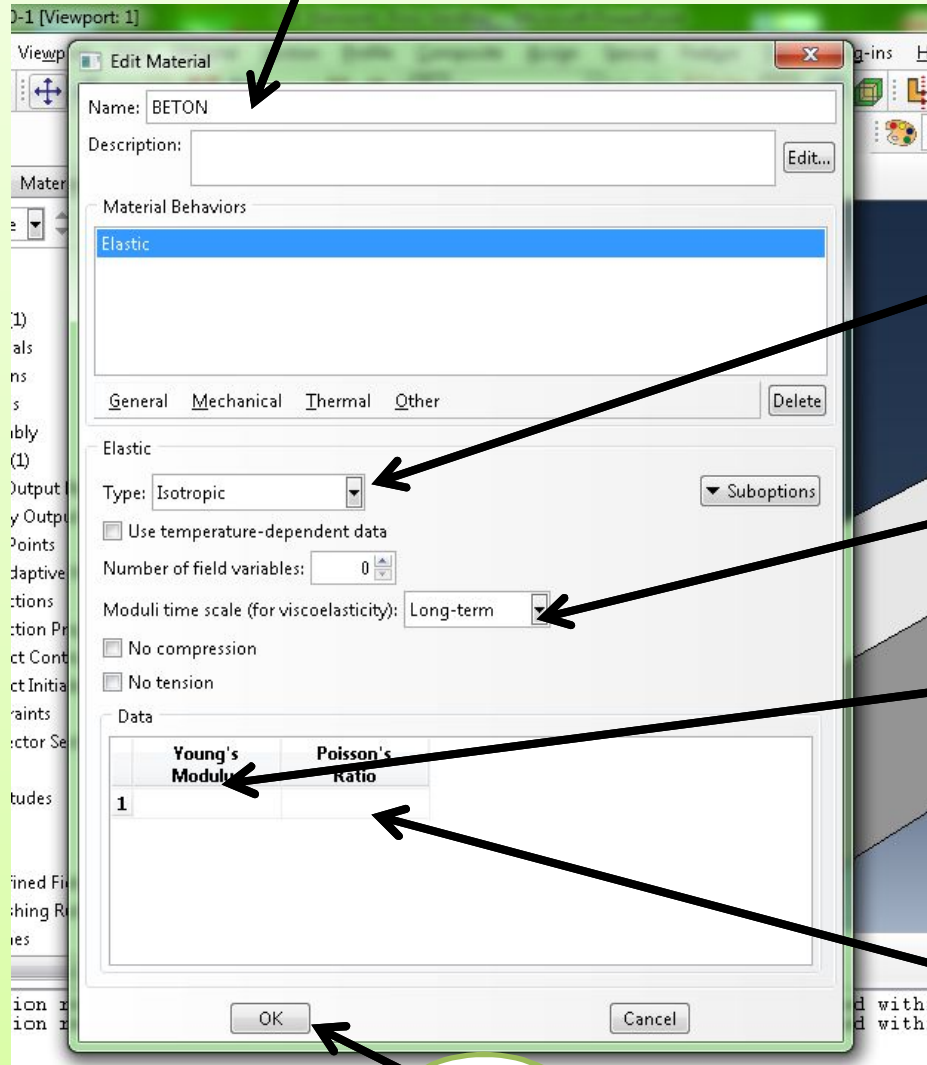
21



22-choisir Mechanical-Elasticity-Elastic

Projet en groupe

23



24-choisir Isotropic

25-choisir
Instantaneous

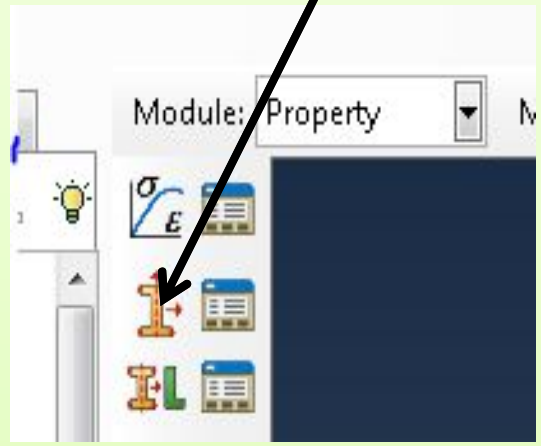
26-Saisir 25000
(module d'élasticité
du béton)

27-Saisir 0.2
(coefficient de
poisson du béton)

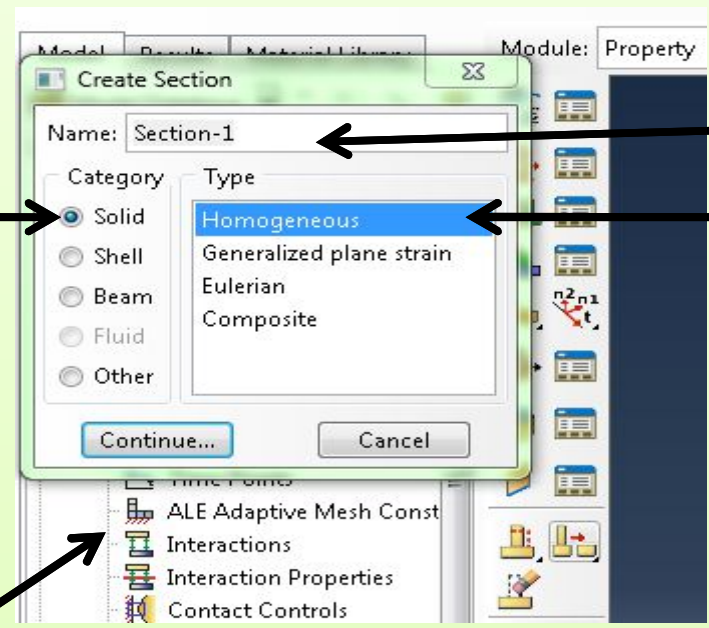
28

Projet en groupe

29-choisir
create Section



31

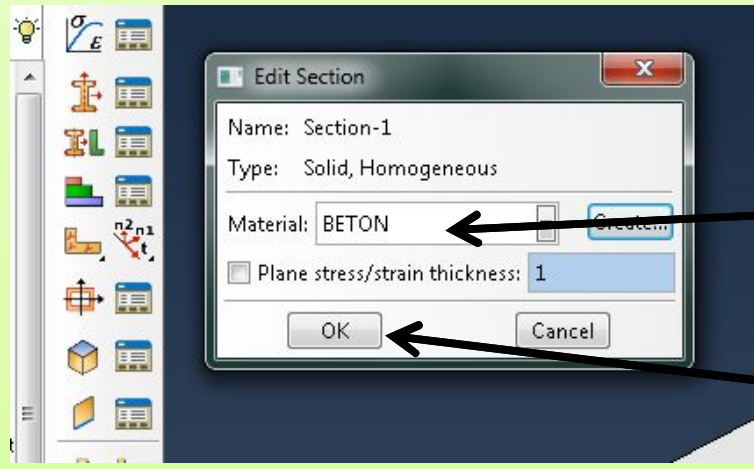


30

32

33

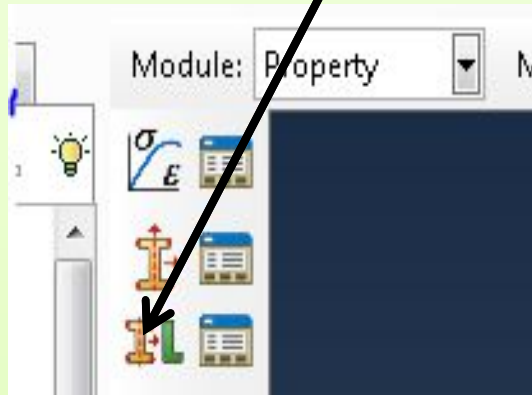
34-choisir Béton



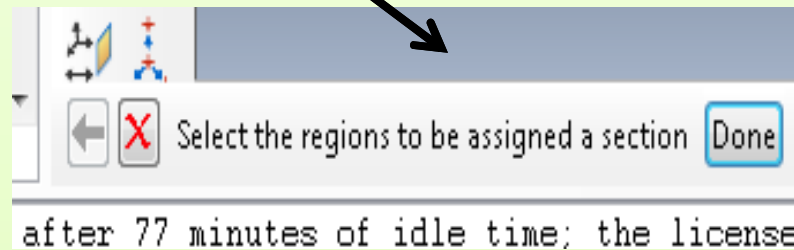
35

Projet en groupe

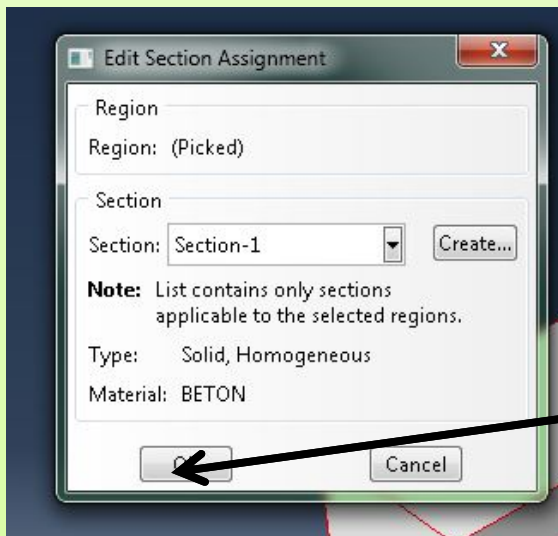
36-choisir Assigne Section



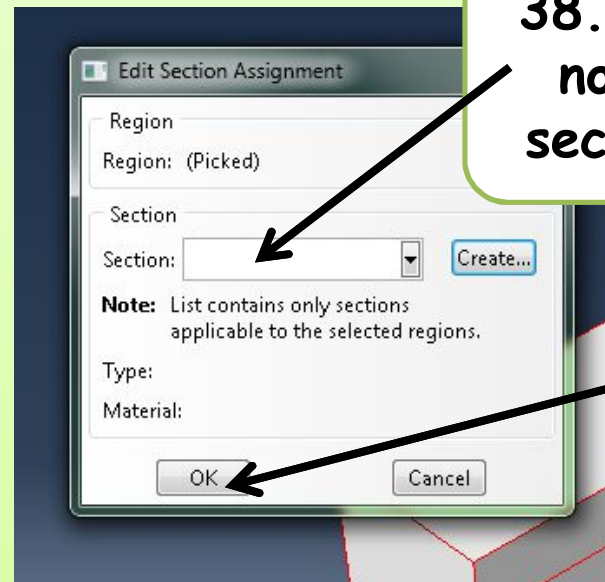
37. Selectionner la poutre ensuite (Done)



38. Choisir le nom de la section créée



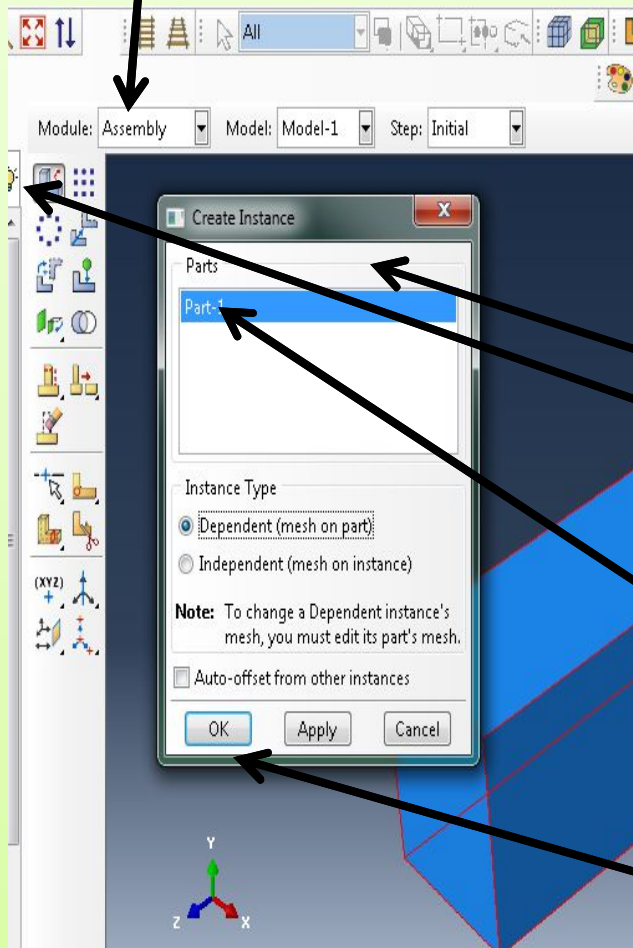
40



39

Projet en groupe

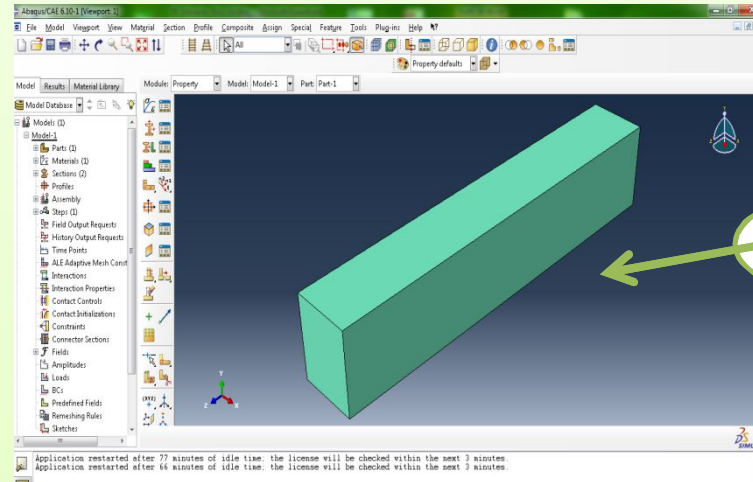
42. Choisir le module Assembly



43. Choisir Instance ensuite Create instance

44. Choisir le nom que vous avez donné à la poutre

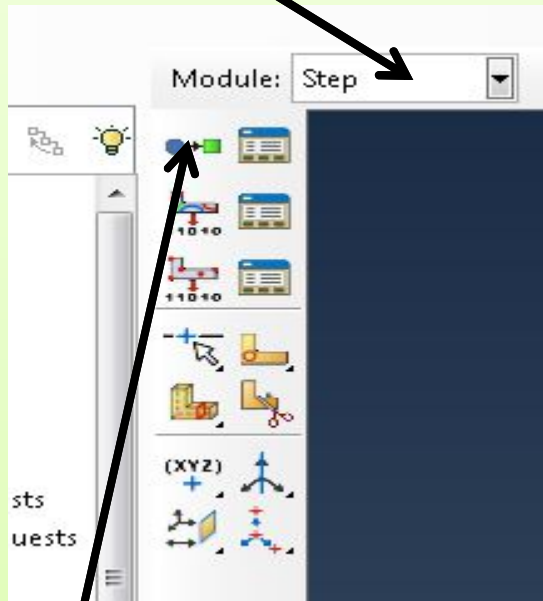
45



41

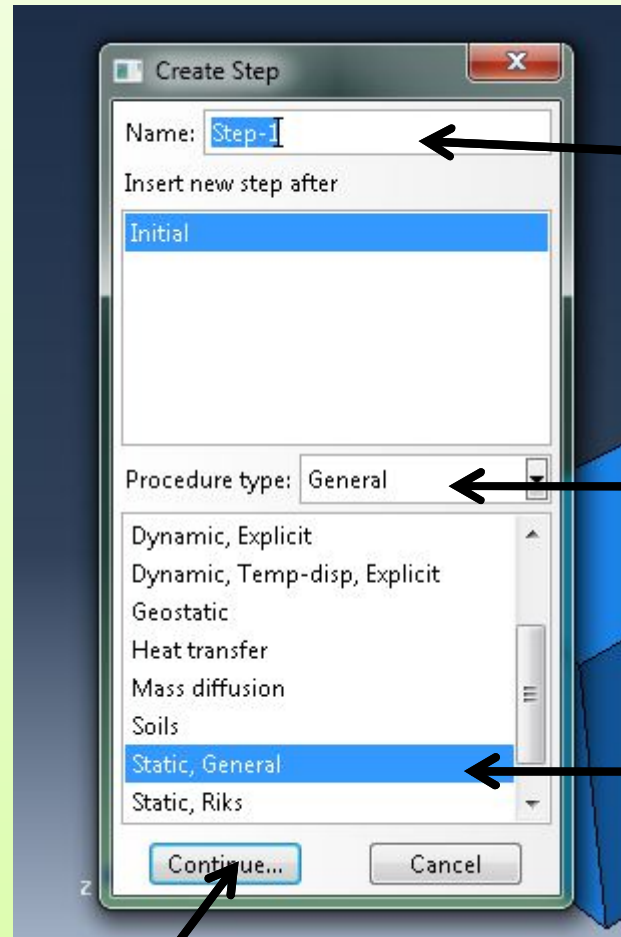
Projet en groupe

46-choisir le module Step



47-choisir Create Step

51



48

49-choisir General

50-choisir Static General

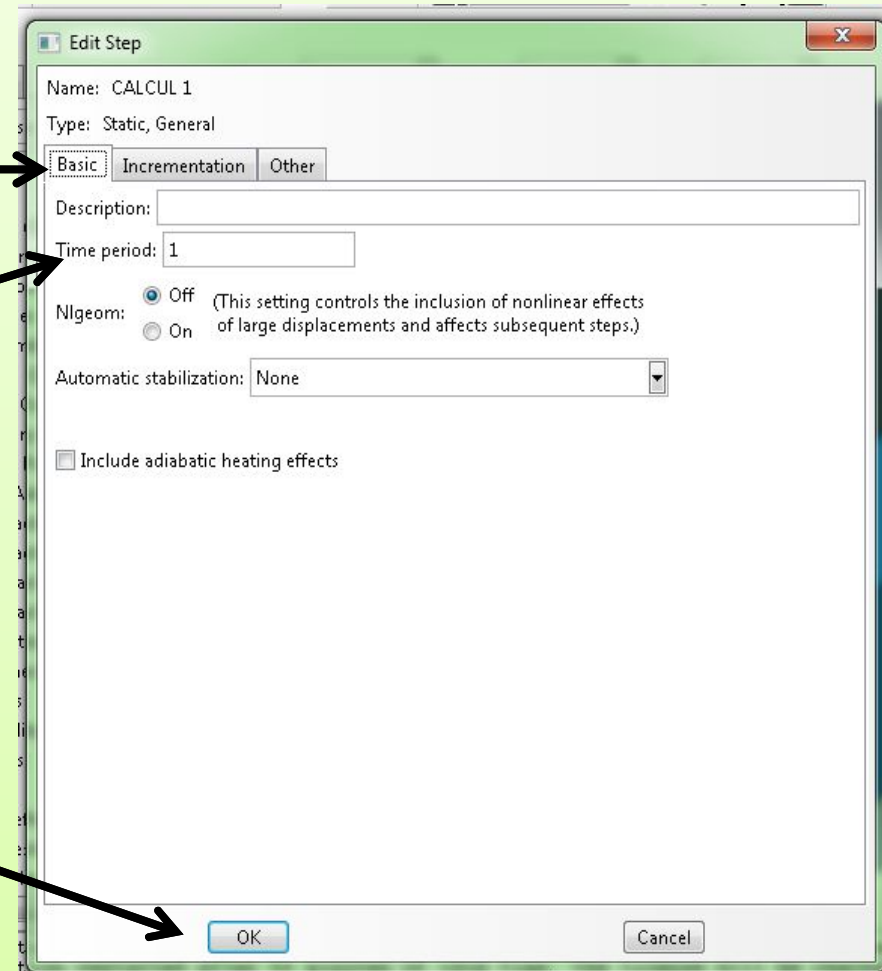
Projet en groupe

Dans ce tutorial,
il sera seulement
nécessaire de
regarder ces
options et d'accepter
les valeurs par défaut.

52

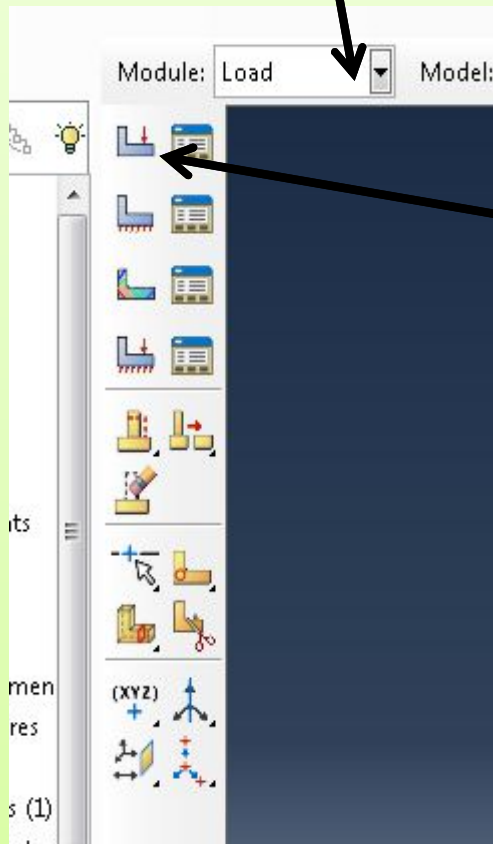
53

54



Projet en groupe

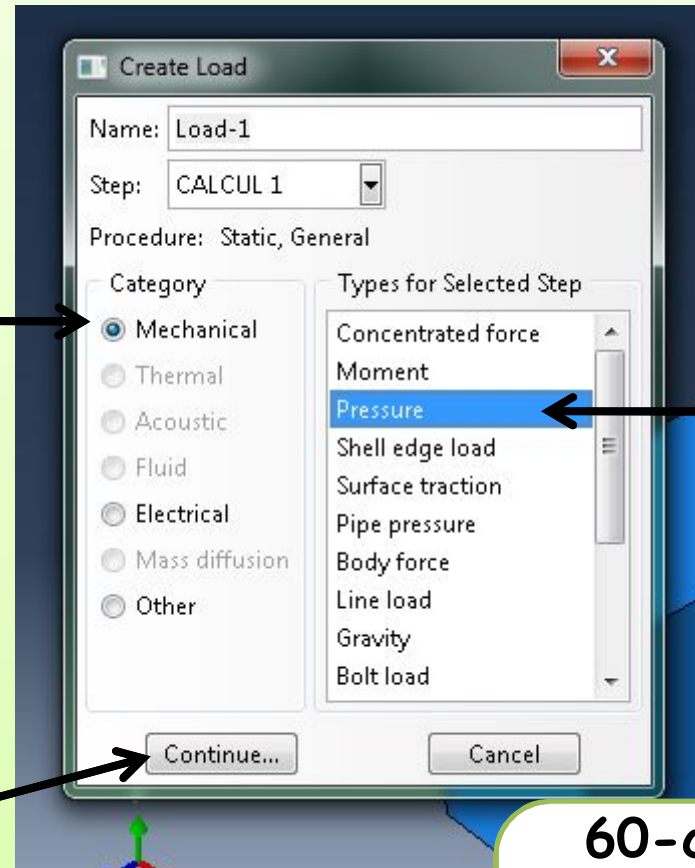
55-choisir le module Load



57

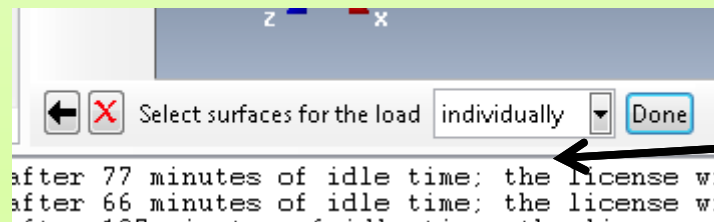
56

59

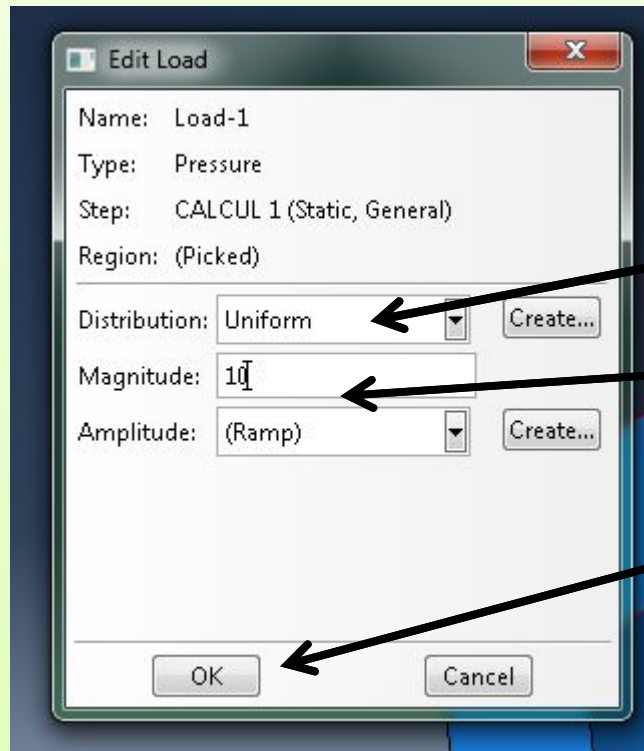


58

60-choisir la surface d'application de la charge ensuite (Done)



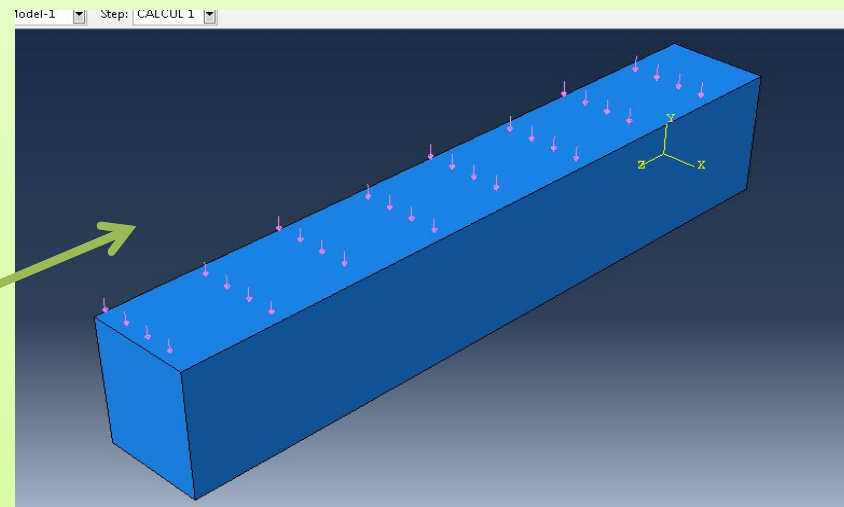
Projet en groupe



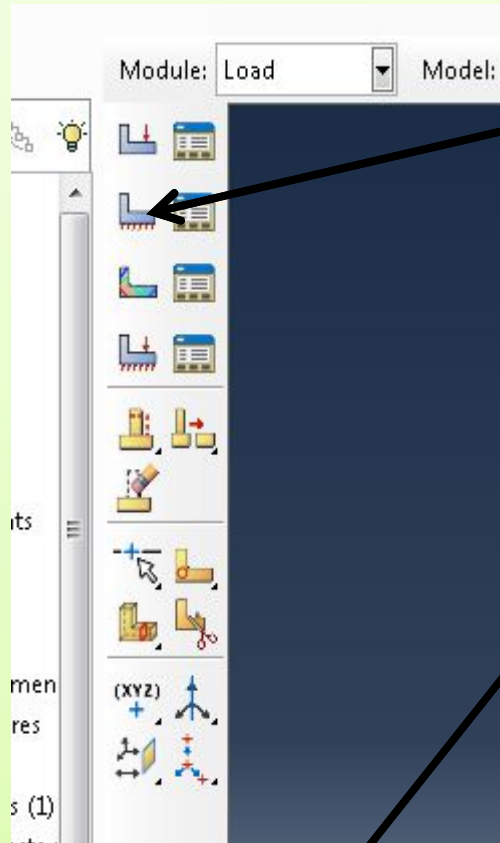
61-choisir
Uniform et
saisir la valeur
de la charge

62

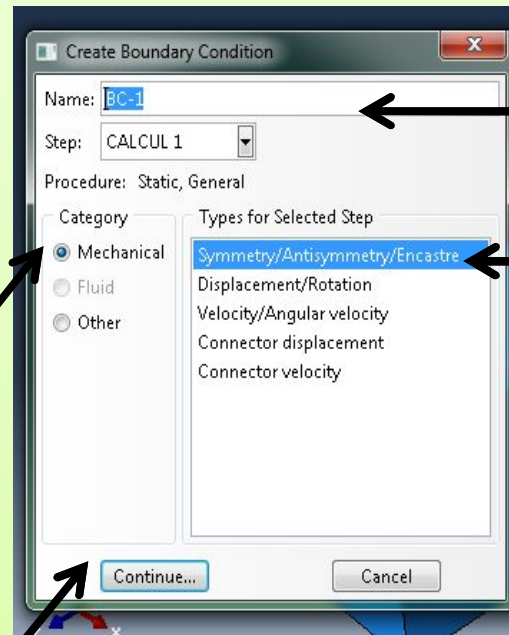
63



Projet en groupe



64-choisir le
Create boudary
condition



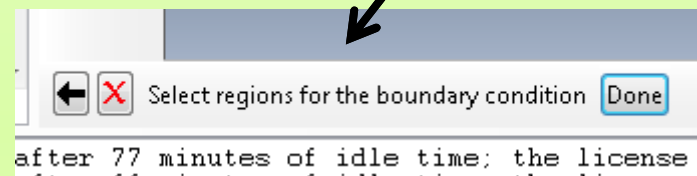
65

67

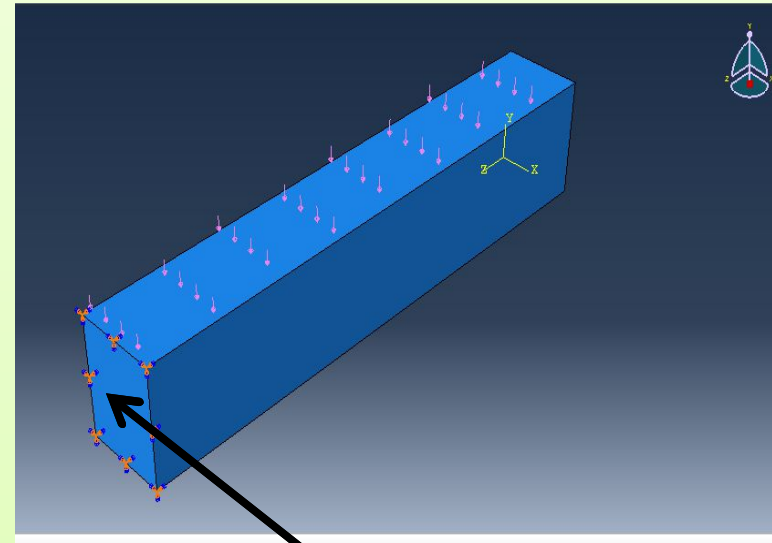
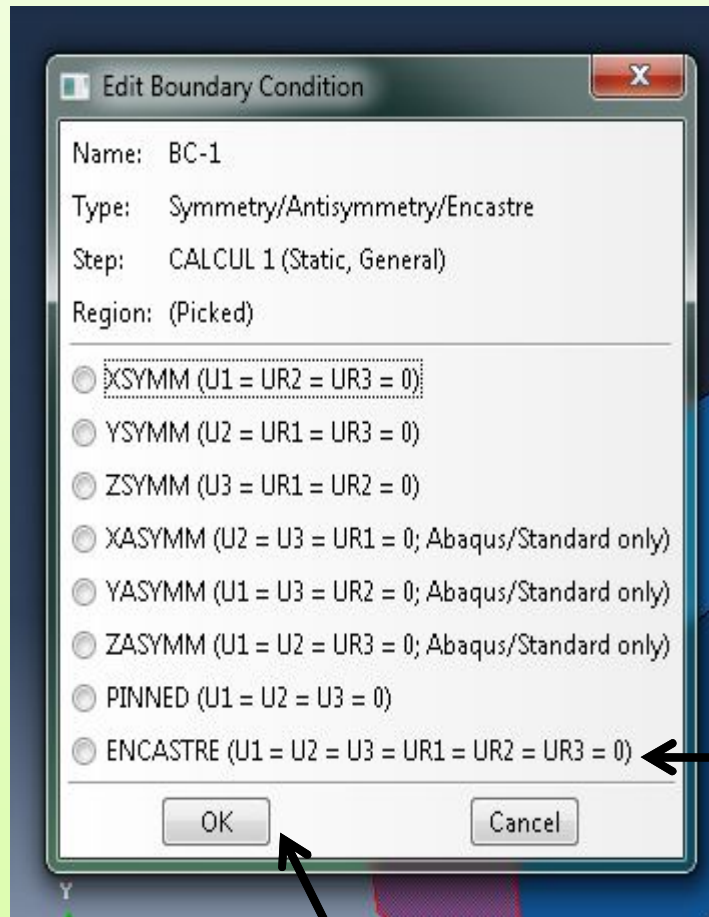
69-choisir la
surface
d'application de
L'encastrement
ensuite (Done)

66

68



Projet en groupe



70

71

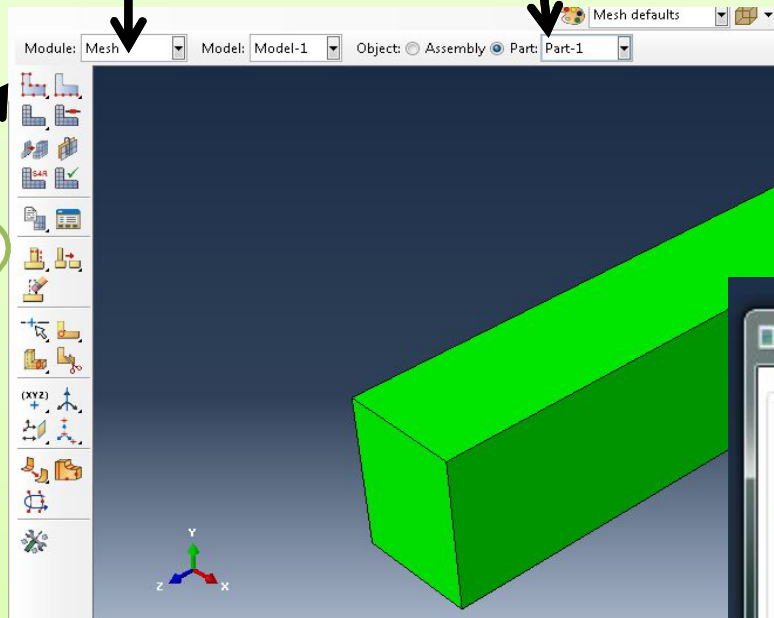
Projet en groupe

73-choisir le
Module Mesh

74-choisir le nom que
vous avez donné à la
poutre

76-choisir la densité
du maillage

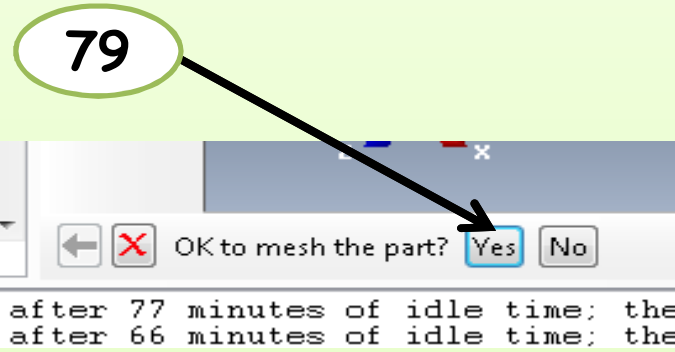
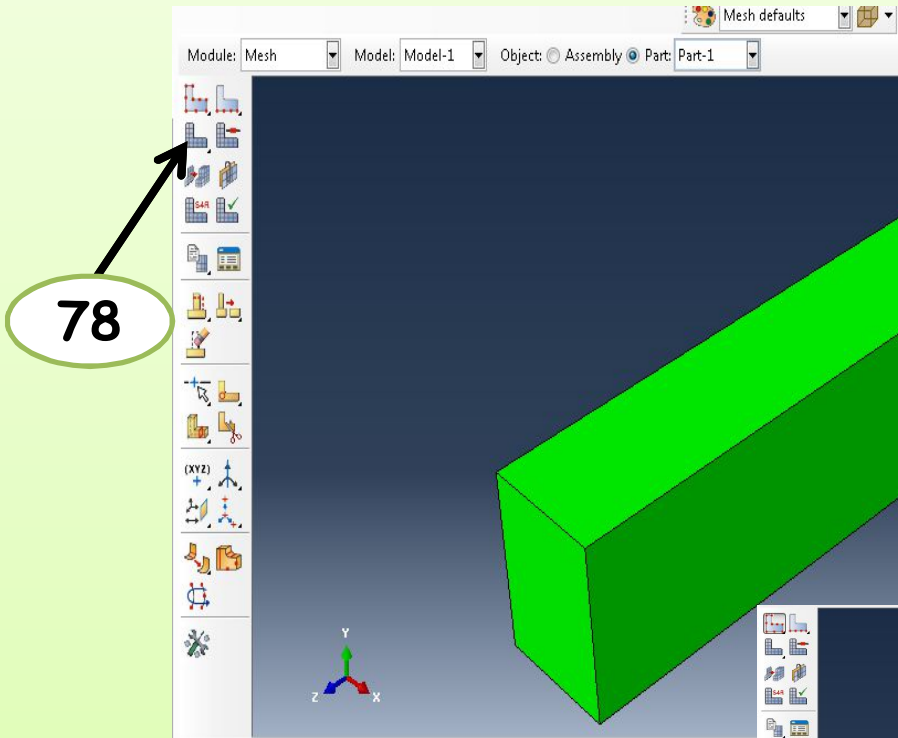
75



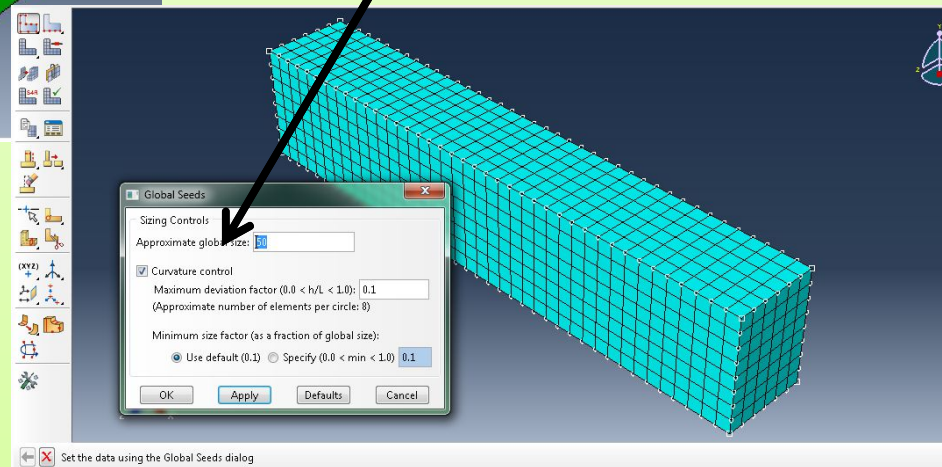
77



Projet en groupe

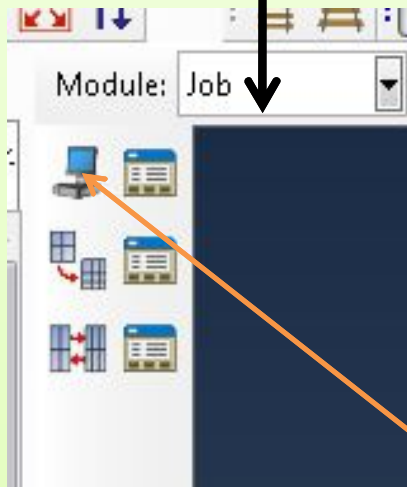


80. Maillage avec une densité de 5



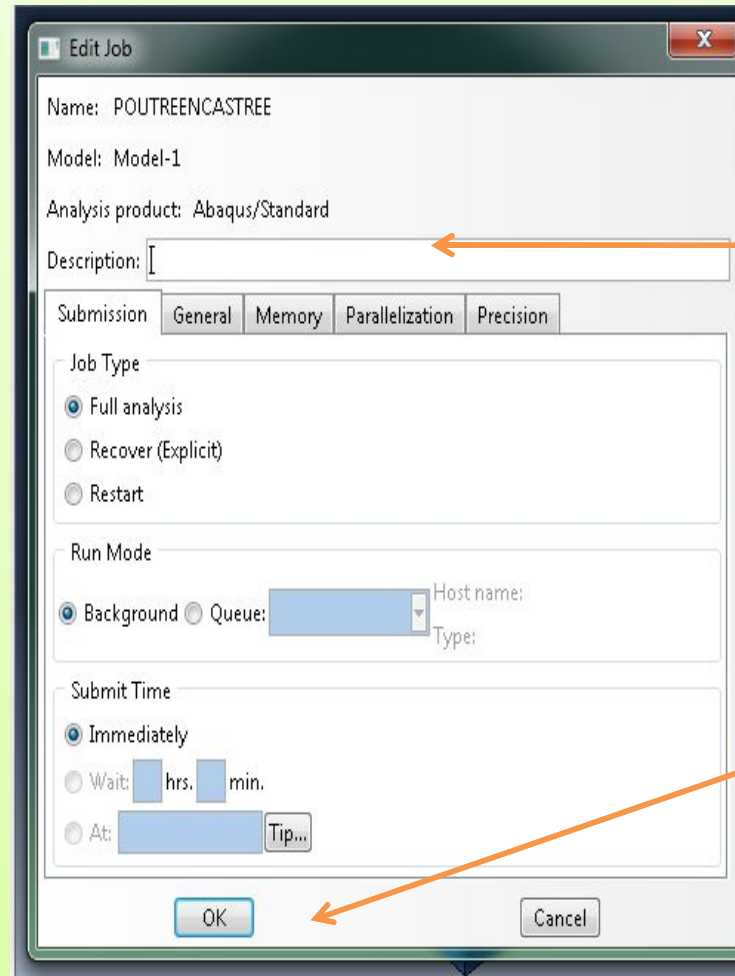
Projet en groupe

81-choisir le
Module Job



82

83



84

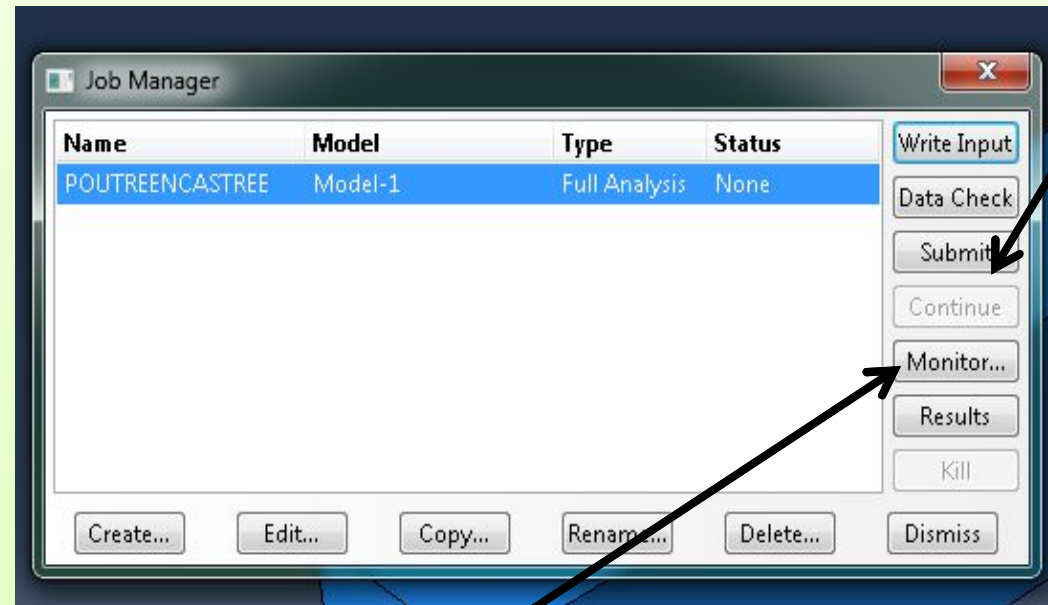
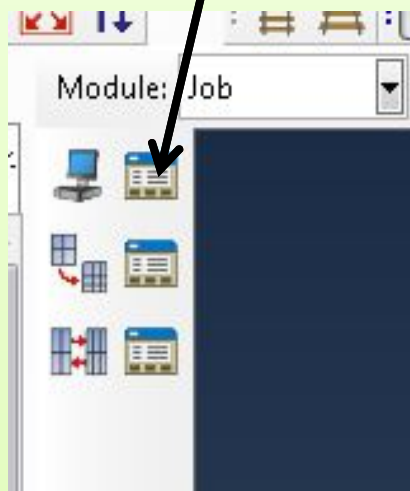
85

OK

Cancel

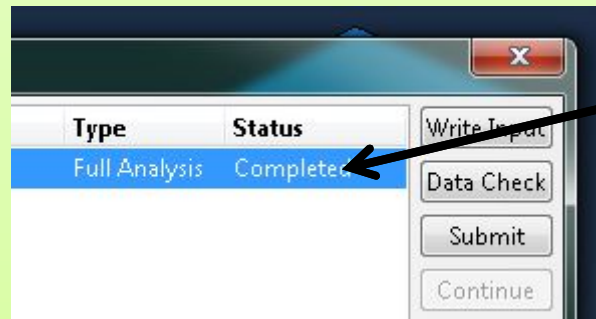
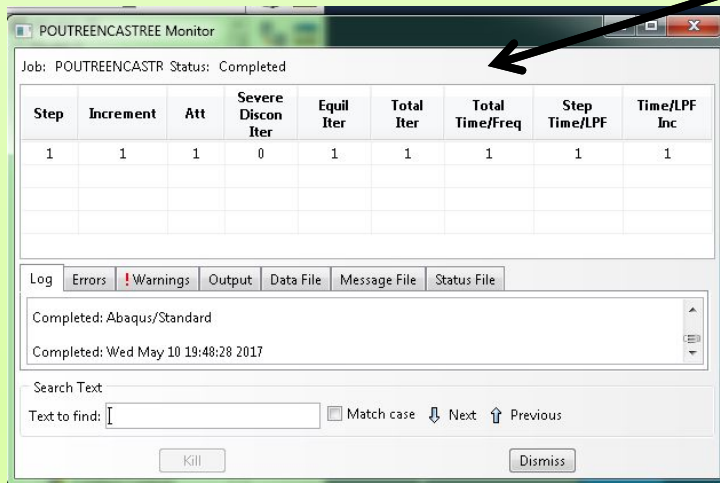
Projet en groupe

86-choisir Job Manager



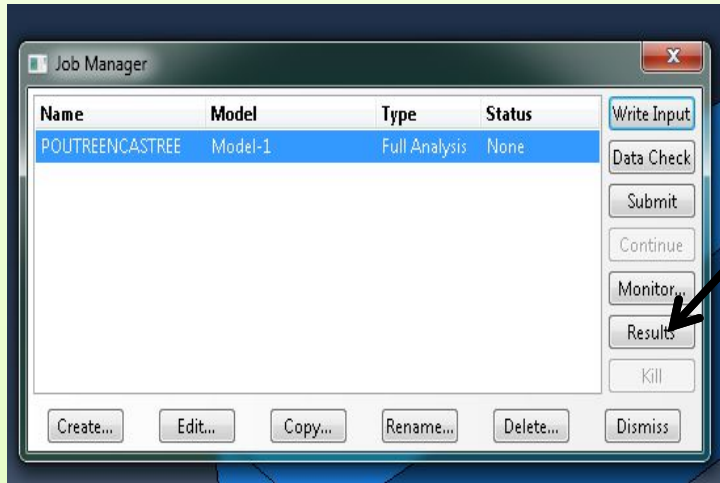
87

88



89

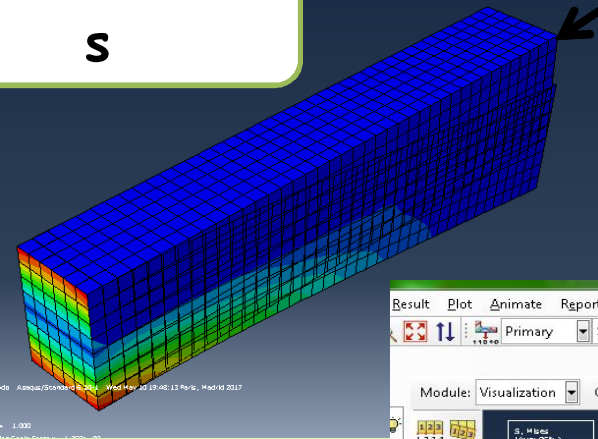
Projet en groupe



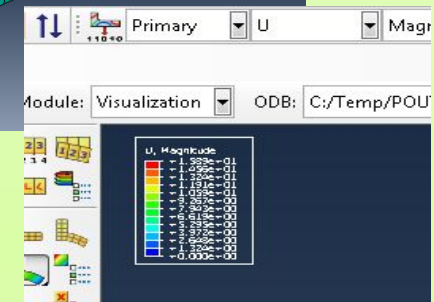
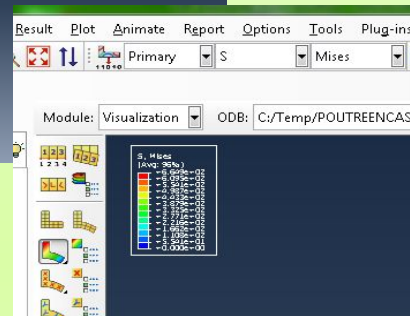
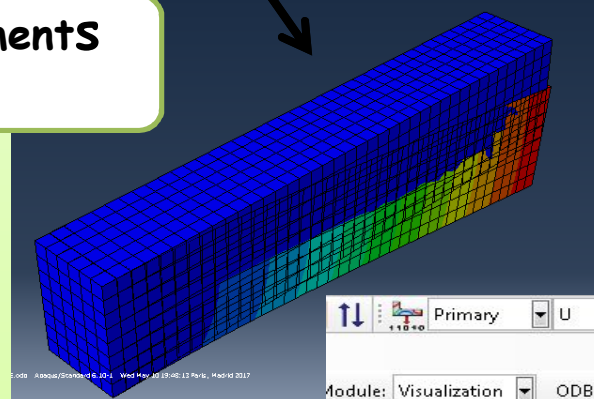
90

91 - Résultats graphiques

Contraintes
S



Déplacements
U



Organisation du TP:

- 1) Introduction générale
- 2) Rappel sur la MEF
- 3) Prise en main du logiciel
- 4) Projet en groupe

Bibliographie

- Notes de cours, Université d'Évry Val d'Essonne, septembre 2009.
- Notes de cours, Université Badji Mokhtar Annaba , Dr kamel DJEGHABA.
- Introduction à la Méthode des Éléments Finis, Khaled Saleh, Laboratoire Jacques-Louis Lions, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- Comprendre les éléments finis ,Alaa Chateayneuf, MC à I'institut Francais de Mécanique Avancée , TECHNOSUP .
- Thermomécanique. Introduction à la CAO sur le logiciel ABAQUS. Par Julien Briche.
- Initiation à l'utilisation du logiciel ABAQUS/CAE. KEBIR Hocine Université de Technologie de Compiègne Laboratoire Roberval / UMR UTC-CNRS.
- FINITE ELEMENT ANALYSIS IN ABAQUS.
- Siddhartha Ghosh. Assistant Professor Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology, Bombay