

Université de Khemis-Miliana
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de la Technologie

Module: **Calcul assisté par ordinateur**

Calcul Assisté par Ordinateur

Enseignant : **ALI BENYAHIA**

Introduction

Parmi les sociétés internationales spécialisées dans le domaine de création et développement des programmes d'analyse des structures, la société (CSI) computers and structures Inc..

Dans les années 1970 plusieurs programmes de calcul sont créés par cette société, et le plus célèbre programme de calcul est :

SAP : Structural Analysis Program en 1970 par Edward Wilson dans l'université de Californie (USA).

Et par la suite plusieurs programmes sont créés comme SAP80, SAP90, SaP2000.

Historique du programme SAP2000

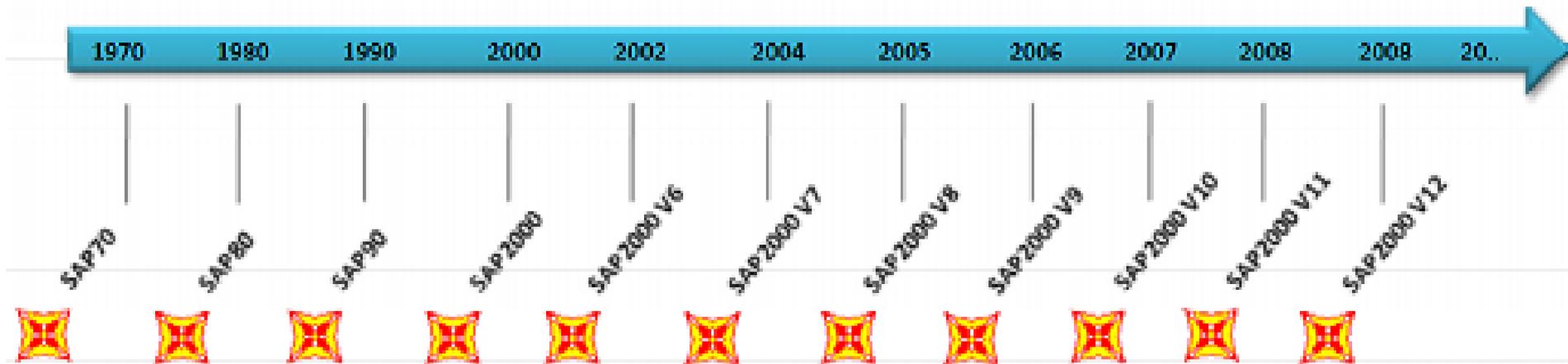
A la fin du 20^{ème} siècle, et dans l'année 2000, première version visuelle SAP2000.

La société CSI a crée d'autres programmes similaires au SAP2000 comme :

ETABS :spécialisé dans les calculs des bâtiments.

SAFE : spécialisé dans les calculs des infrastructures.

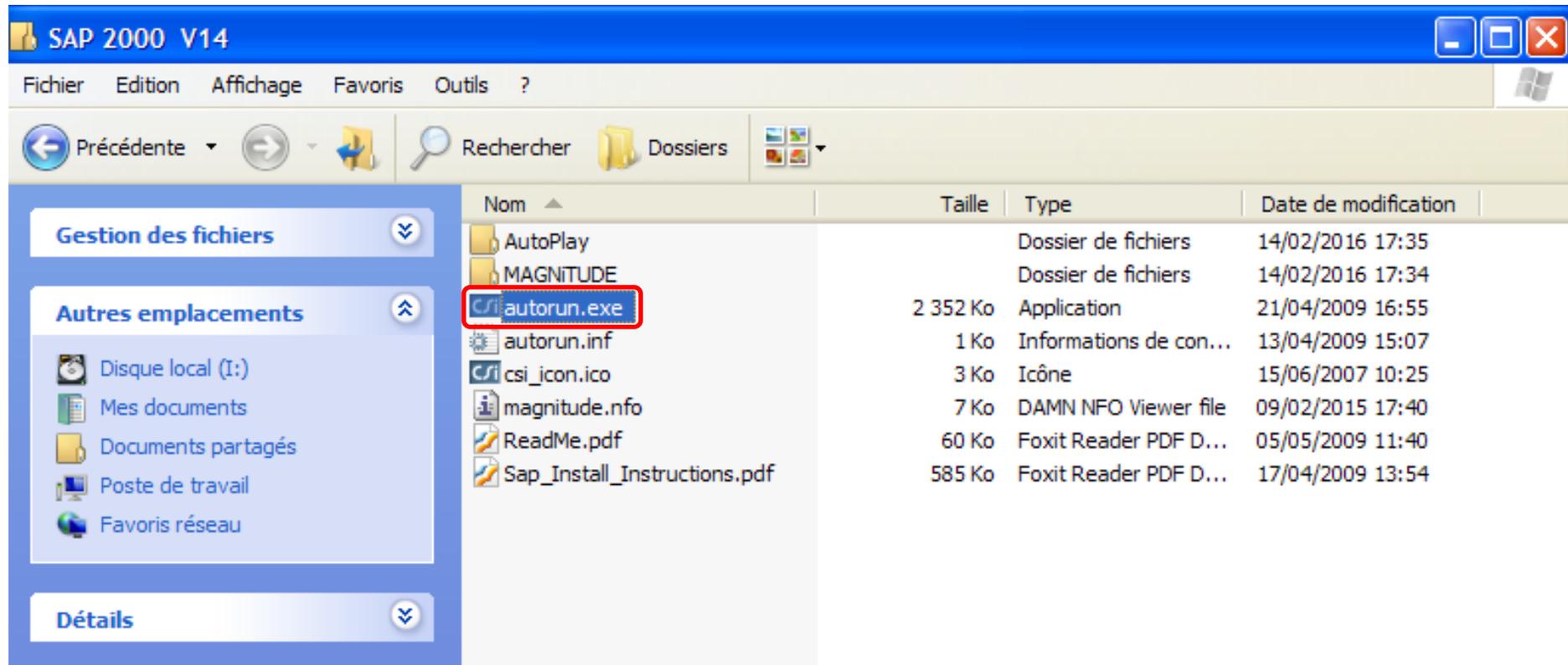
CSI :spécialisé dans les calculs des sections.



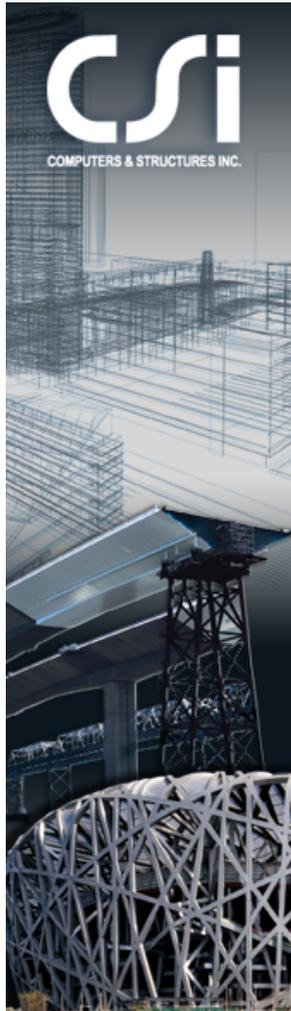
Installation

Pour installer **SAP 2000 version 14.0.0**, il faut suivre les étapes suivantes:

- Ouvrir **SAP 2000 V14**
- Un double click sur **autorun.exe**



➤ Un simple click sur *Install SAP 2000 V14 for Integrated Linear & Nonlinear Analysis & Design*



SAP2000[®]
Integrated Software for Structural Analysis and Design

SAP2000 Version 14 is the latest release in the sophisticated and user-friendly SAP series. Featuring an intuitive and powerful user interface, this program offers an unmatched range of analysis and design tools for engineers working on transportation, industrial, public works, sports, and other, facilities. From its 3D object based modeling environment, to the static and dynamic nonlinear algorithms utilized, this completely integrated program has been optimized to be the most productive general purpose structural program ever.

You may install SAP2000 Version 14 by clicking on the link below. The program will automatically determine whether you have a license for the Basic, Plus or Advanced version.

SAP2000

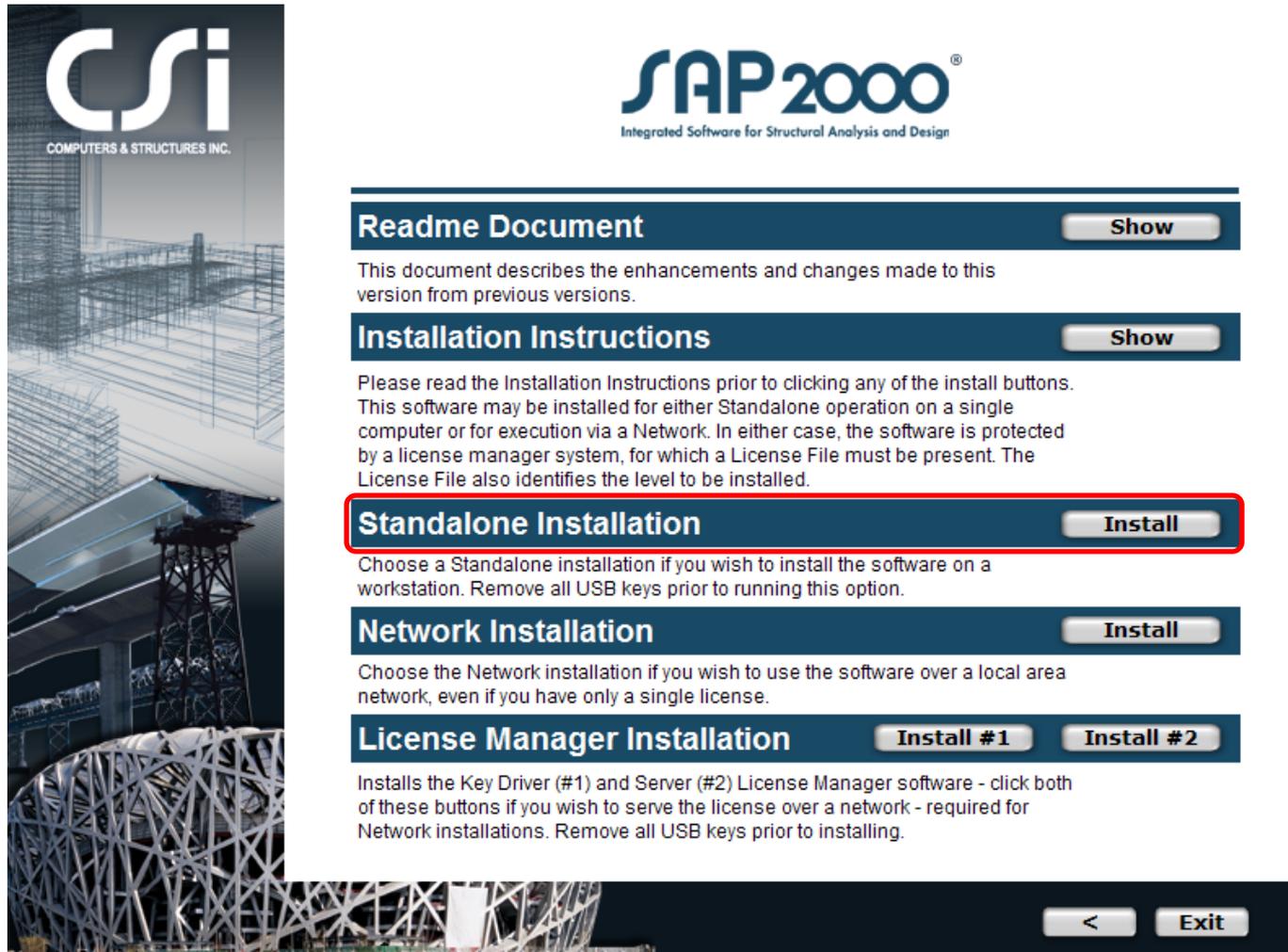
Install SAP2000 V14 for Integrated Linear & Nonlinear Analysis & Design



"Watch & Learn" Series
- movie tutorials with sound

Exit

➤ Un simple click sur *Install (Standalone Installation)*



CSI
COMPUTERS & STRUCTURES INC.

SAP 2000[®]
Integrated Software for Structural Analysis and Design

Readme Document

This document describes the enhancements and changes made to this version from previous versions.

Installation Instructions

Please read the Installation Instructions prior to clicking any of the install buttons. This software may be installed for either Standalone operation on a single computer or for execution via a Network. In either case, the software is protected by a license manager system, for which a License File must be present. The License File also identifies the level to be installed.

Standalone Installation

Choose a Standalone installation if you wish to install the software on a workstation. Remove all USB keys prior to running this option.

Network Installation

Choose the Network installation if you wish to use the software over a local area network, even if you have only a single license.

License Manager Installation

Installs the Key Driver (#1) and Server (#2) License Manager software - click both of these buttons if you wish to serve the license over a network - required for Network installations. Remove all USB keys prior to installing.

➤ Un simple click sur *Next*



➤ Un simple click sur *Next*



SAP2000[®]
Integrated Software for Structural Analysis and Design

SAP2000 14 - InstallShield Wizard

License Agreement

Please read the following license agreement carefully.

Computers and Structures, Inc.
Software End User License Agreement

This is a legal agreement between you (either an individual or entity), the end user, (hereinafter referred to as "Licensee") and COMPUTERS AND STRUCTURES, INC. (hereinafter referred to as "CSI"). If Licensee does not agree to the terms of this Agreement, Licensee shall promptly return the unopened software package and any accompanying items (including written materials or other containers) for a full refund. This package is to be opened only by the Licensee (or authorized representative thereof). By opening this sealed package, the

I accept the terms in the license agreement Print

I do not accept the terms in the license agreement

InstallShield

< Back Next > Cancel

Installs the Key Driver (#1) and Server (#2) License Manager software - click both of these buttons if you wish to serve the license over a network - required for Network installations. Remove all USB keys prior to installing.

< Exit

➤ Un simple click sur *Next*

CSI
COMPUTERS & STRUCTURES INC.

SAP2000®

Integrated Software for Structural Analysis and Design

SAP2000 14 - InstallShield Wizard

Customer Information
Please enter your information.

User Name:
SWEET

Organization:

Install this application for:

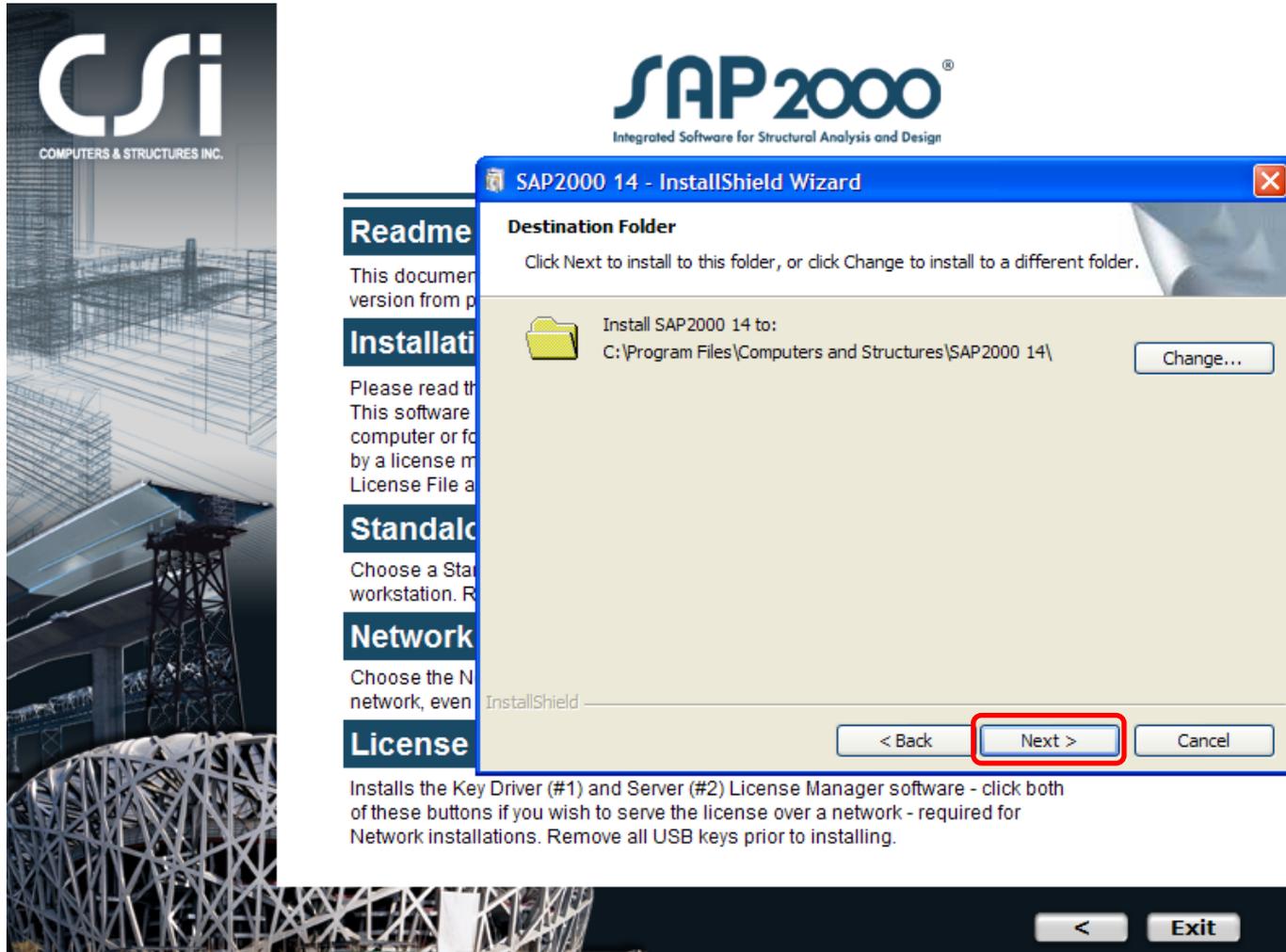
- Anyone who uses this computer (all users)
- Only for me (SWEET)

< Back **Next >** Cancel

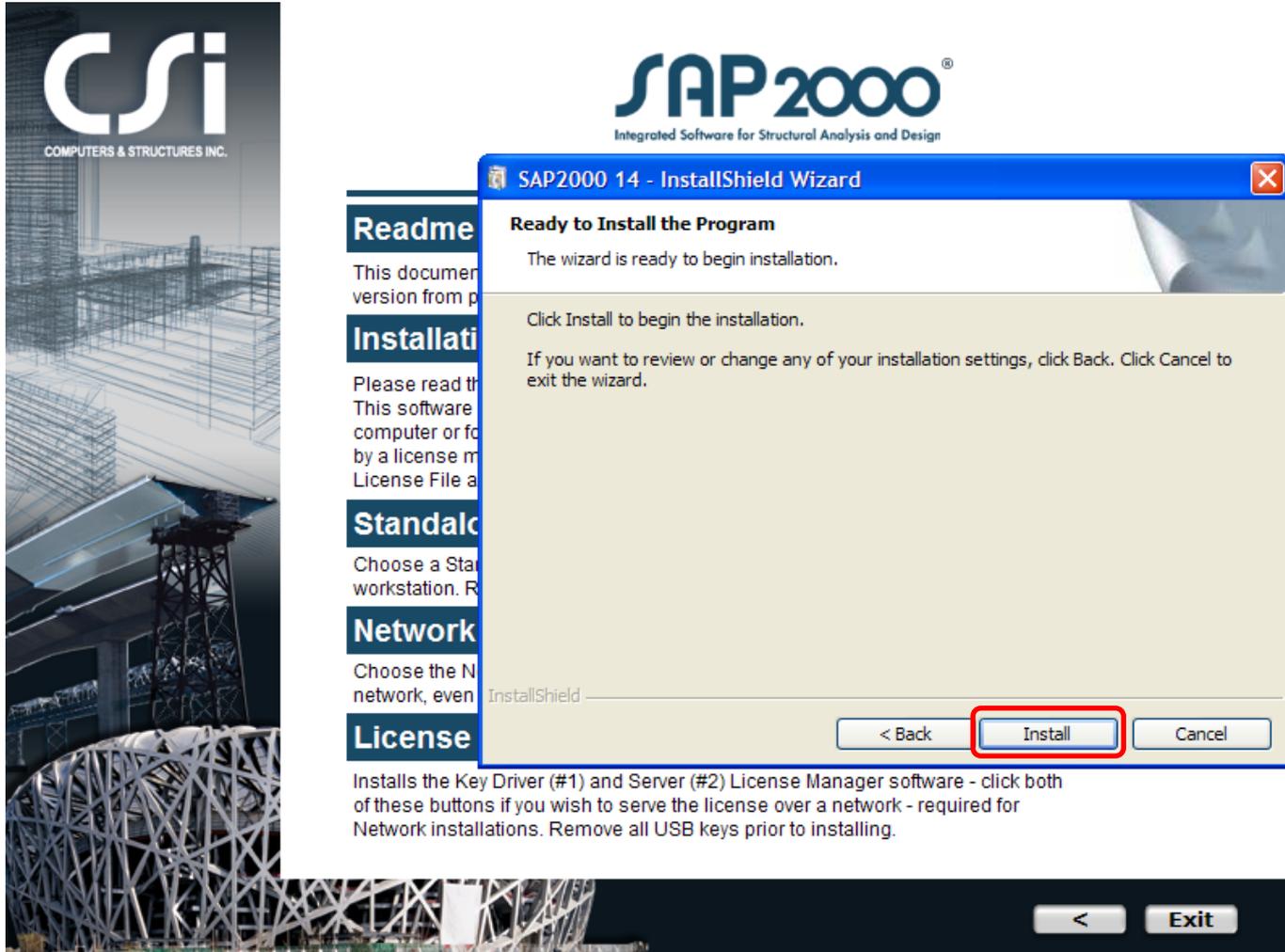
Installs the Key Driver (#1) and Server (#2) License Manager software - click both of these buttons if you wish to serve the license over a network - required for Network installations. Remove all USB keys prior to installing.

< Exit

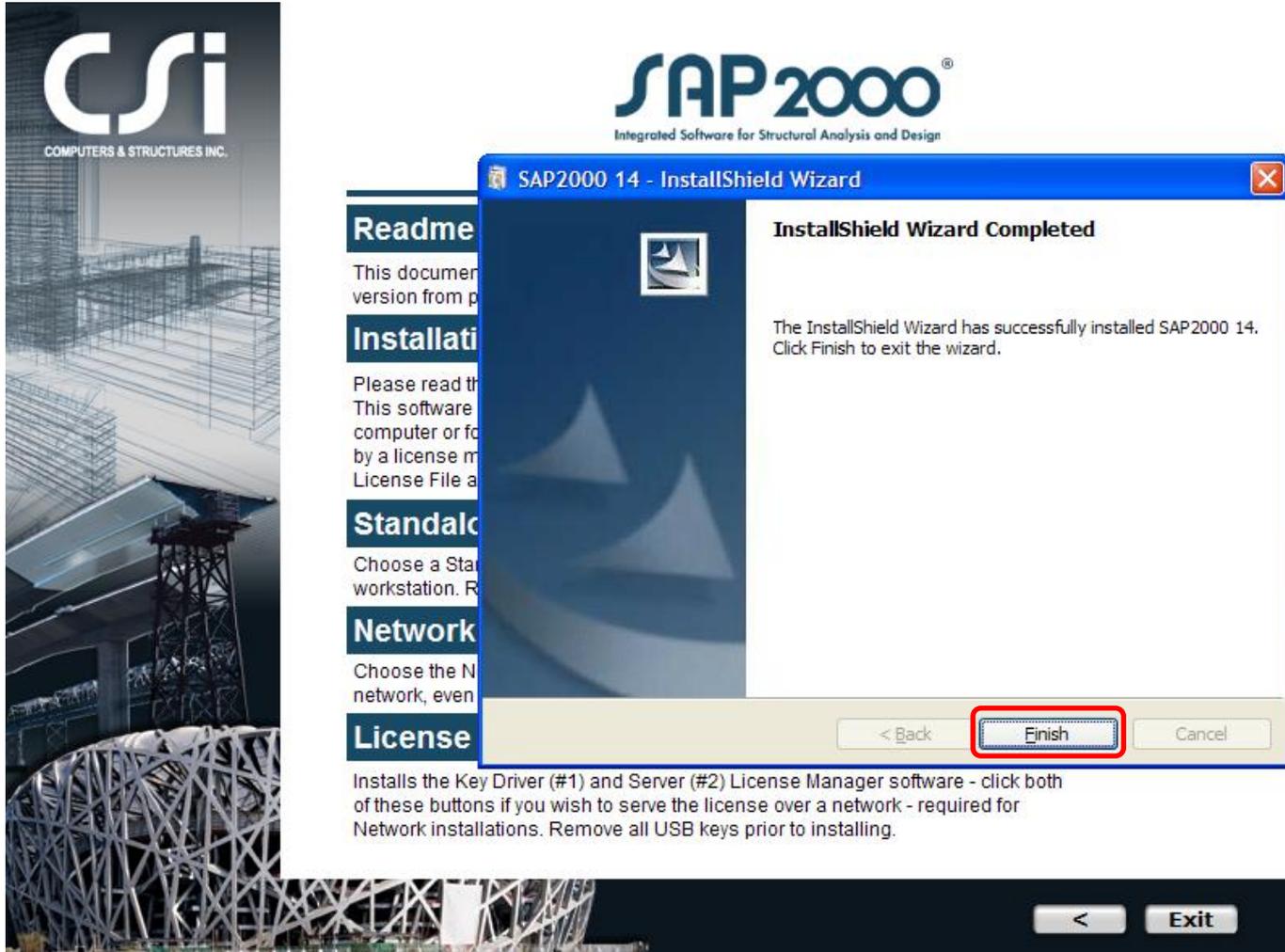
➤ Un simple click sur *Next*



➤ Un simple click sur *Install*



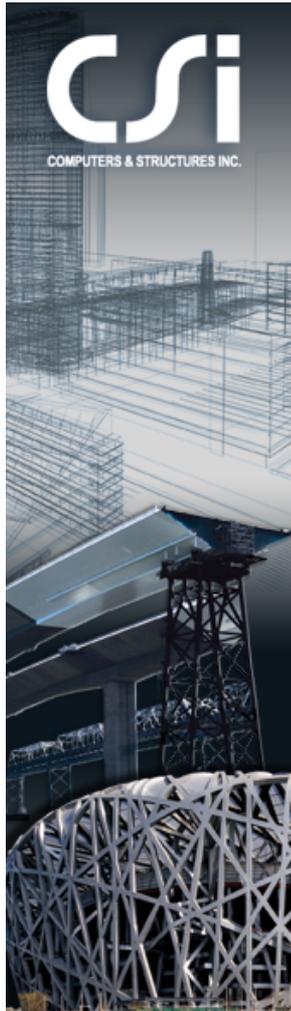
➤ Un simple click sur *Finish*



➤ Un simple click sur *Exit*



➤ Un simple click sur **Exit**



COMPUTERS & STRUCTURES, INC.

STRUCTURAL AND EARTHQUAKE ENGINEERING SOFTWARE

The Industry Standard Of Excellence and Innovation

A Tradition Spanning Four Decades

For technical support, please review the instructions provided in the "Getting Started" manual.

Computers and Structures, Inc.

1995 University Avenue, Suite 540
Berkeley, CA 94704
USA

Web: <http://www.csiberkeley.com>

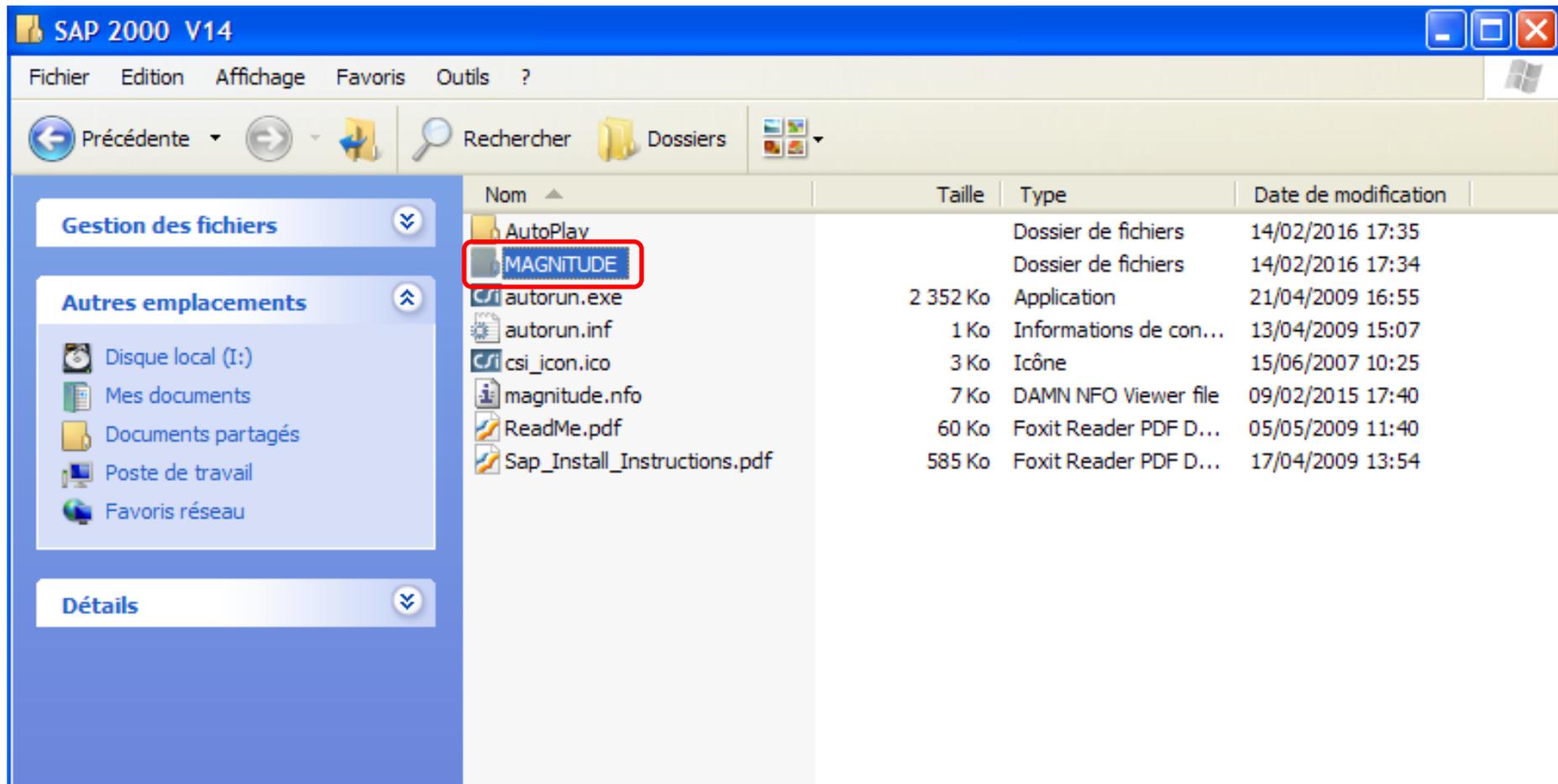
Support: support@csiberkeley.com

Phone (510) 649-2200

FAX (510) 649-2299

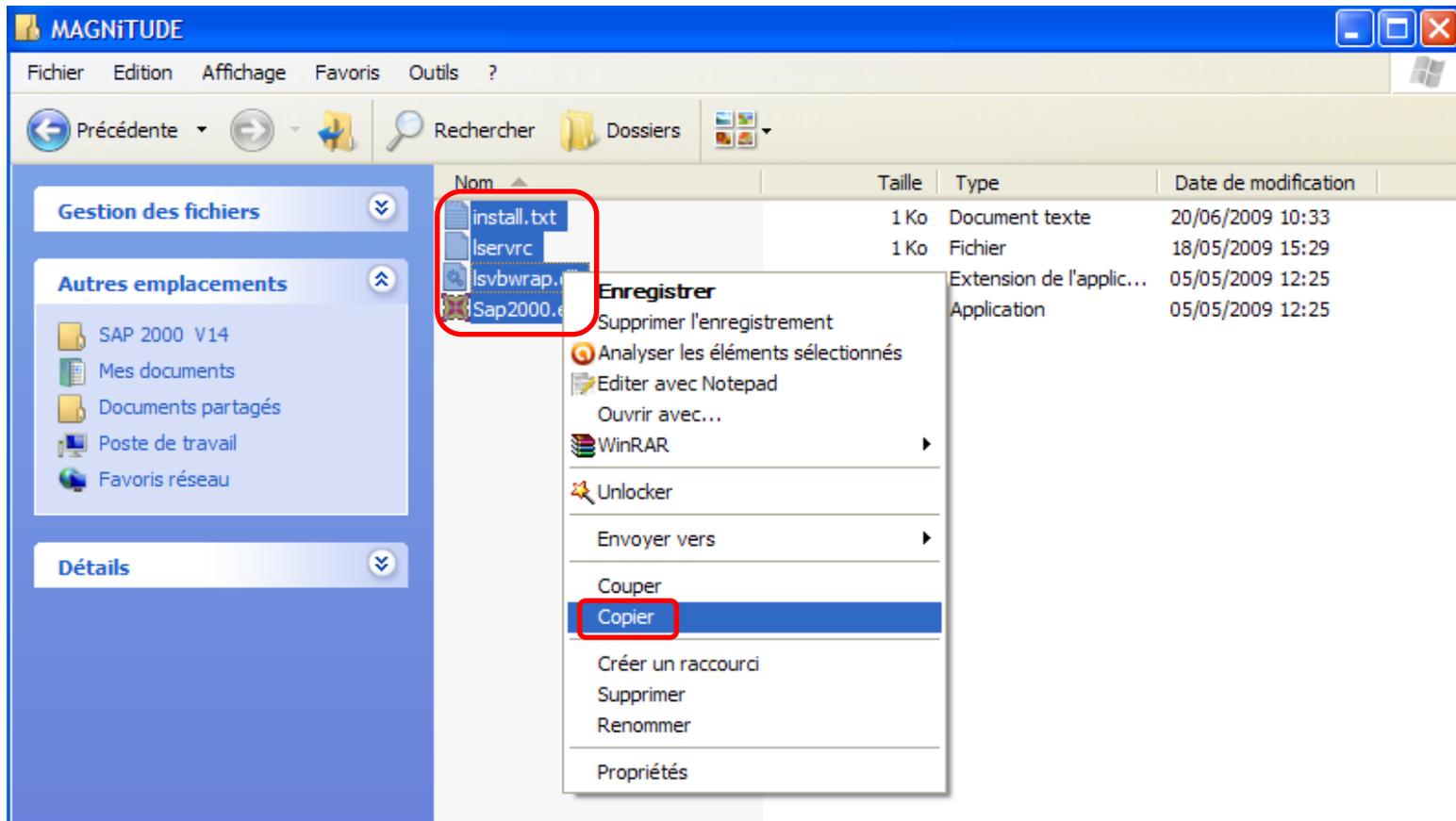


➤ Aller au SAP 2000 V14 (CD-ROM) et ouvrir le répertoire *Magnitude*

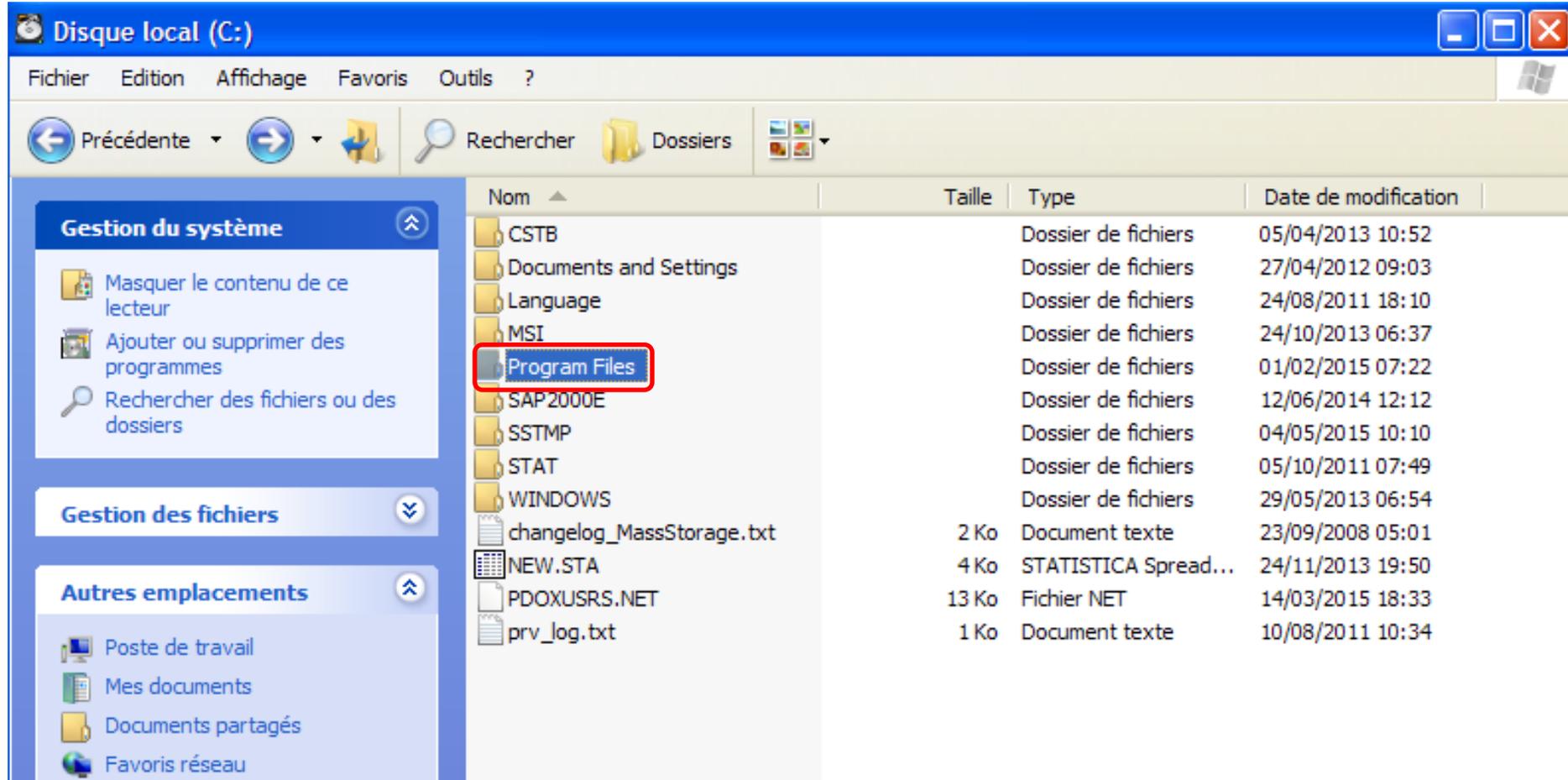


➤ Copier les quatre fichiers se trouvant dans le répertoire Magnitude :

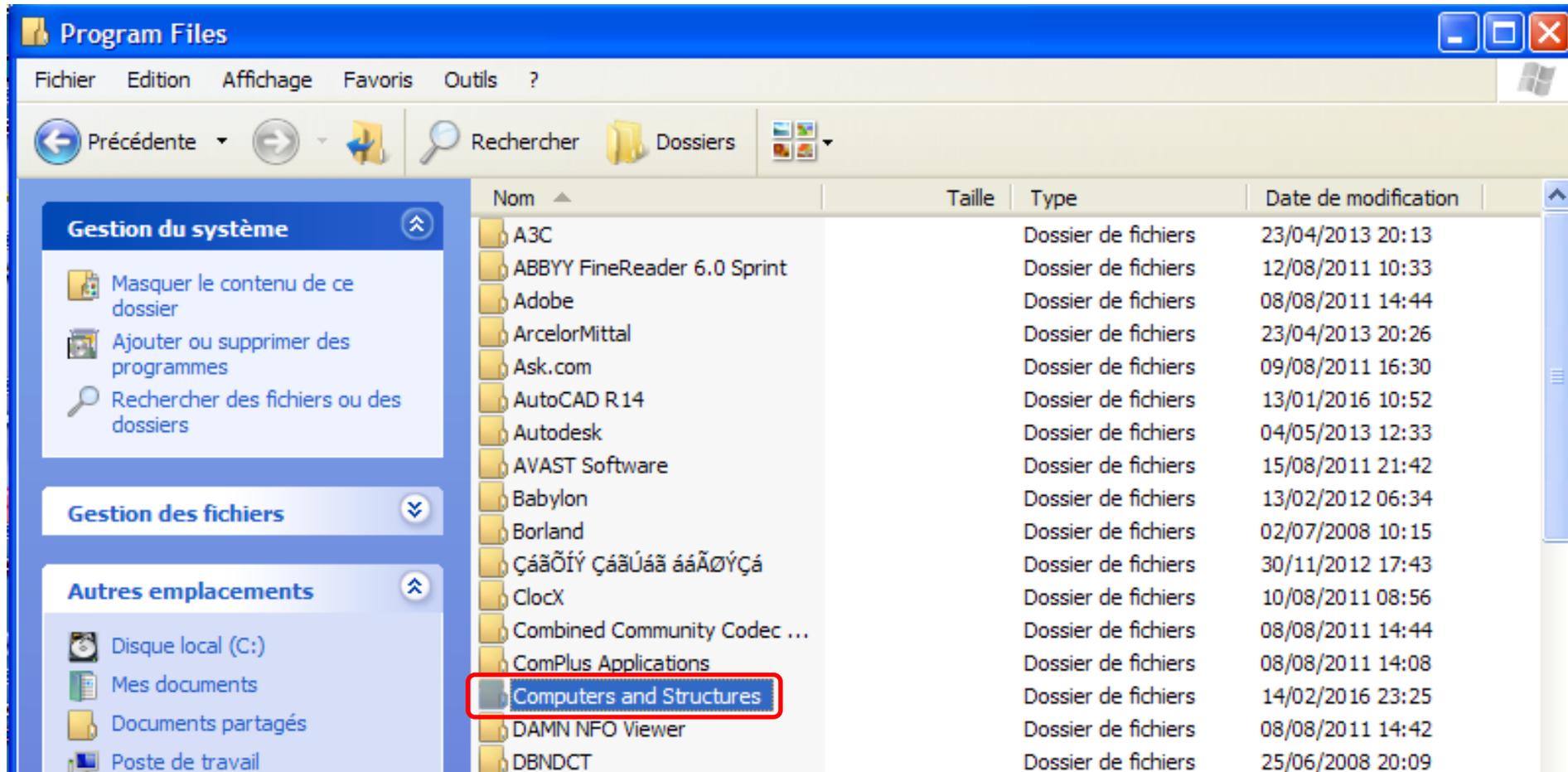
- Install.txt
- Iservrc
- Isvbwrap.dll
- Sap 2000.exe



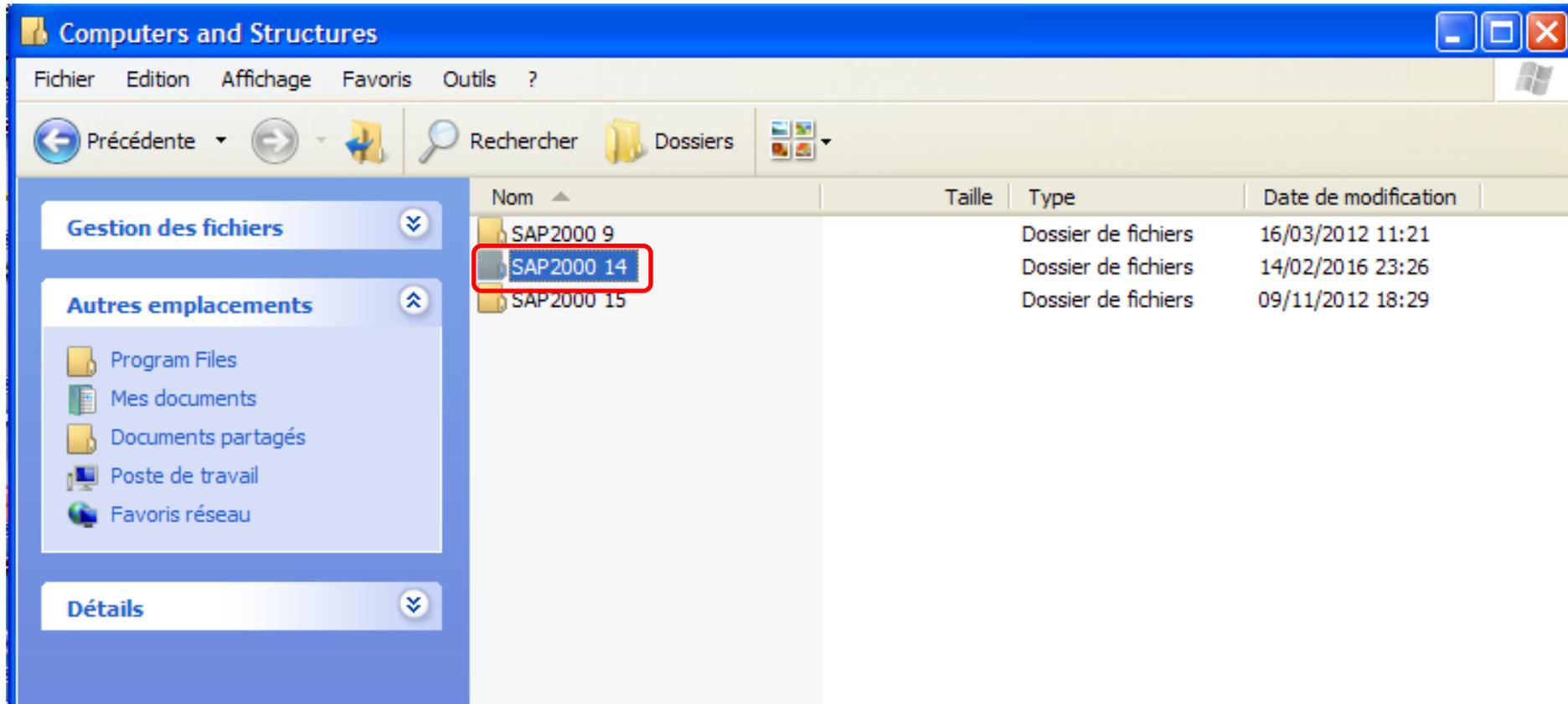
- Aller au **disque local (C)** où SAP 2000 V14 est installé:
- Ouvrir **Program Files**



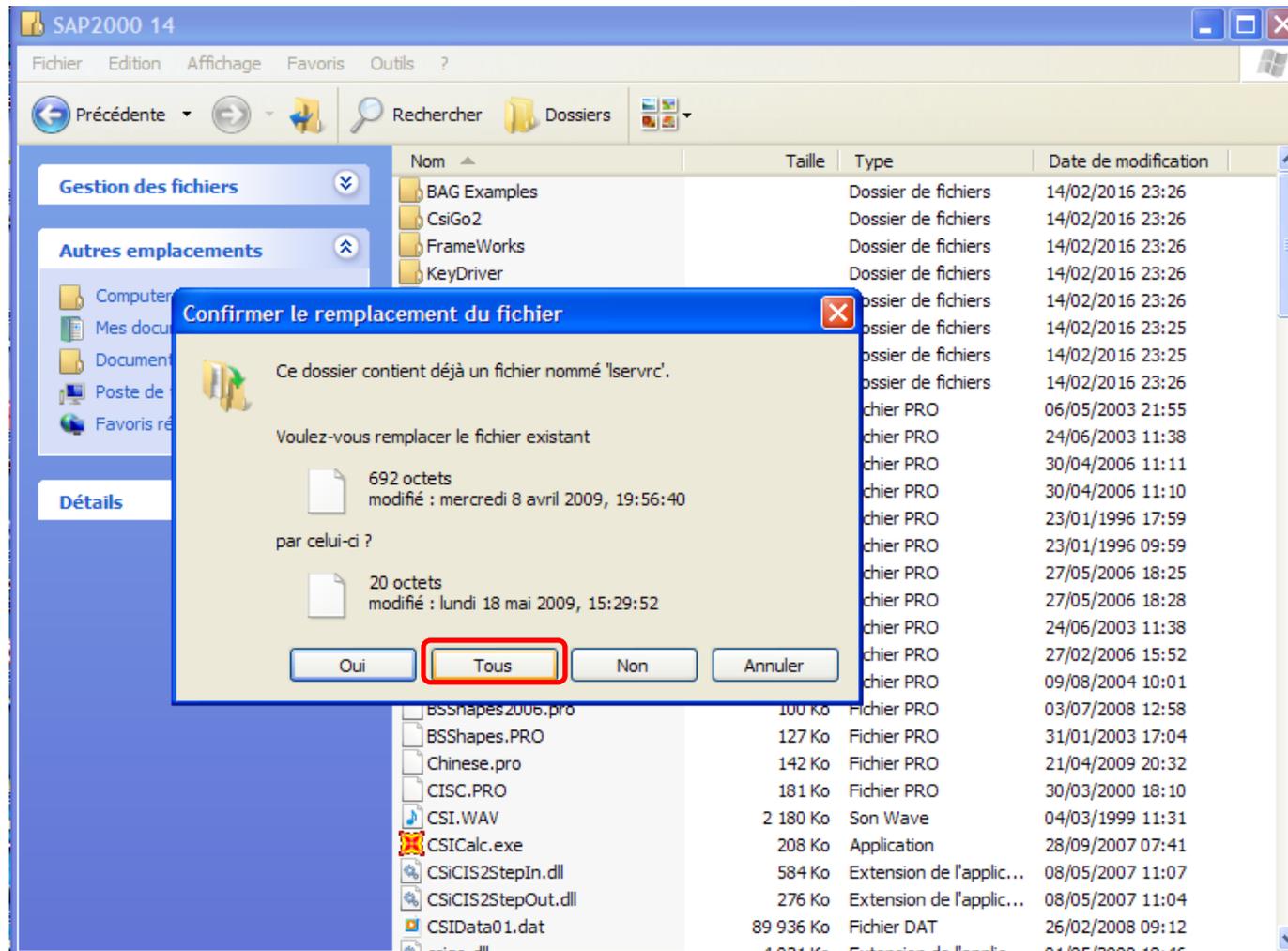
➤ Ouvrir Computers and Structures



- Ouvrir SAP 2000 V14
- Coller les 4 fichiers déjà copiés

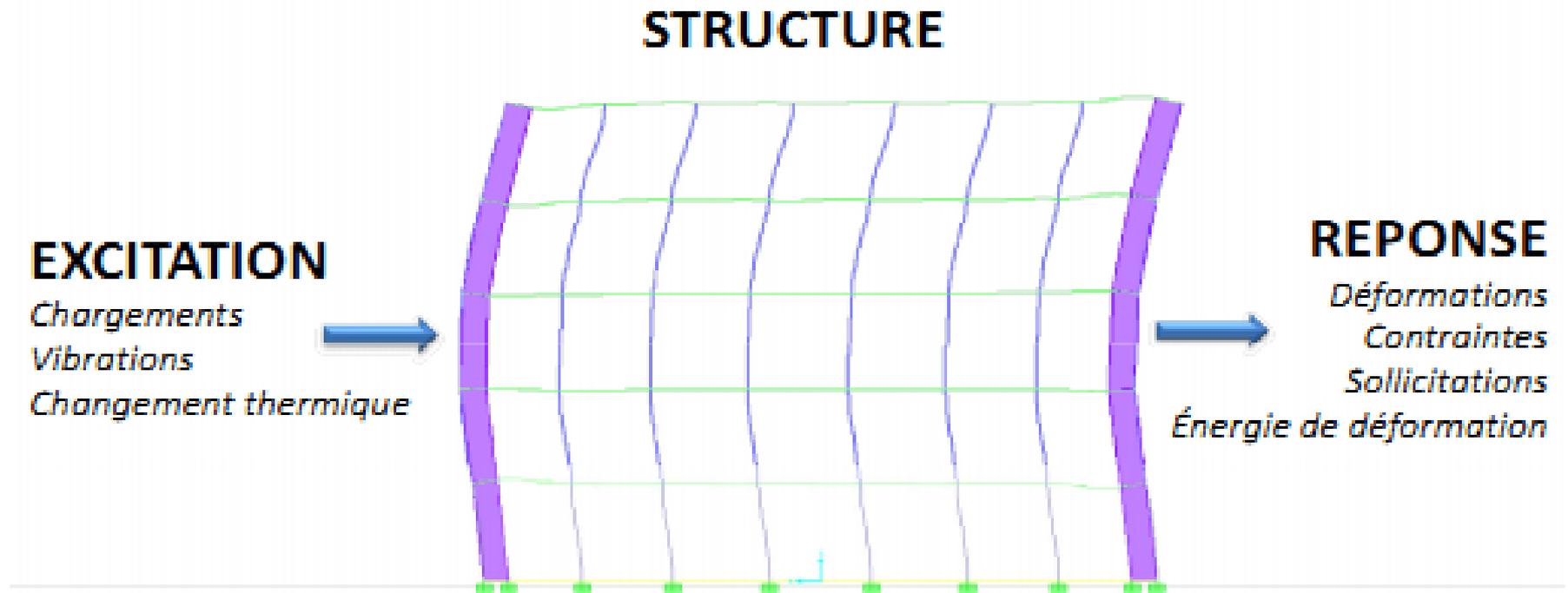


- Remplacer les 4 fichiers déjà existants
- SAP 2000 est installé avec succès
- Aller au bureau et démarrer **SAP 2000 V14**

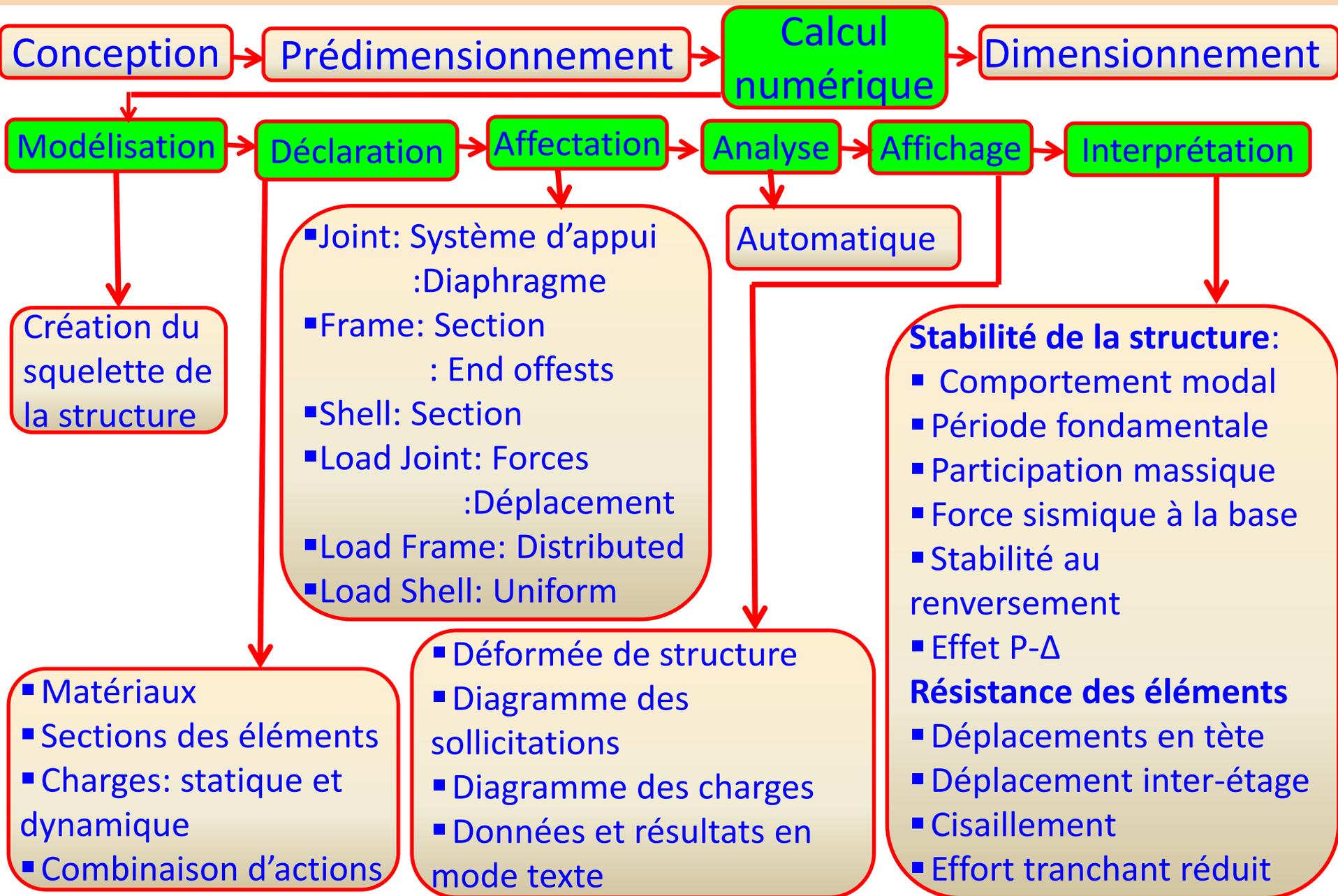


Etude d'une structure d'un bâtiment passe par les étapes suivantes:

- Conception
- Prédimensionnement
- **Calcul numérique**
- Dimensionnement



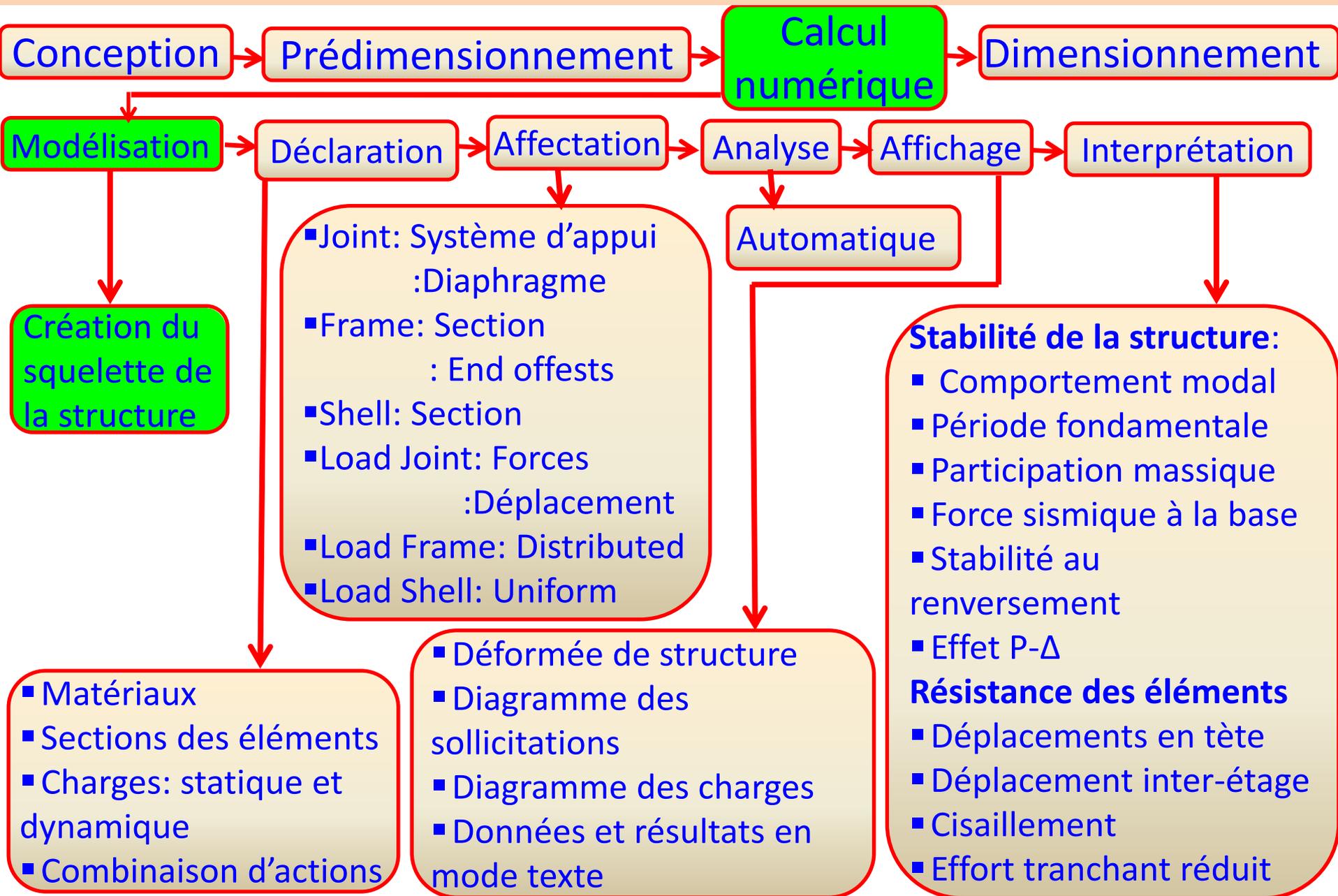
Introduction



- Objectif de ce module est de se familiariser avec l'environnement du SAP 2000

Nota Bene

- Avant de commencer le calcul numérique sur SAP 2000, il y a lieu de choisir une unité
- Sur la fenêtre principale et à droite de la barre d'état, adopter dans la liste déroulante le **kN, m, C**



Modélisation des structures courantes

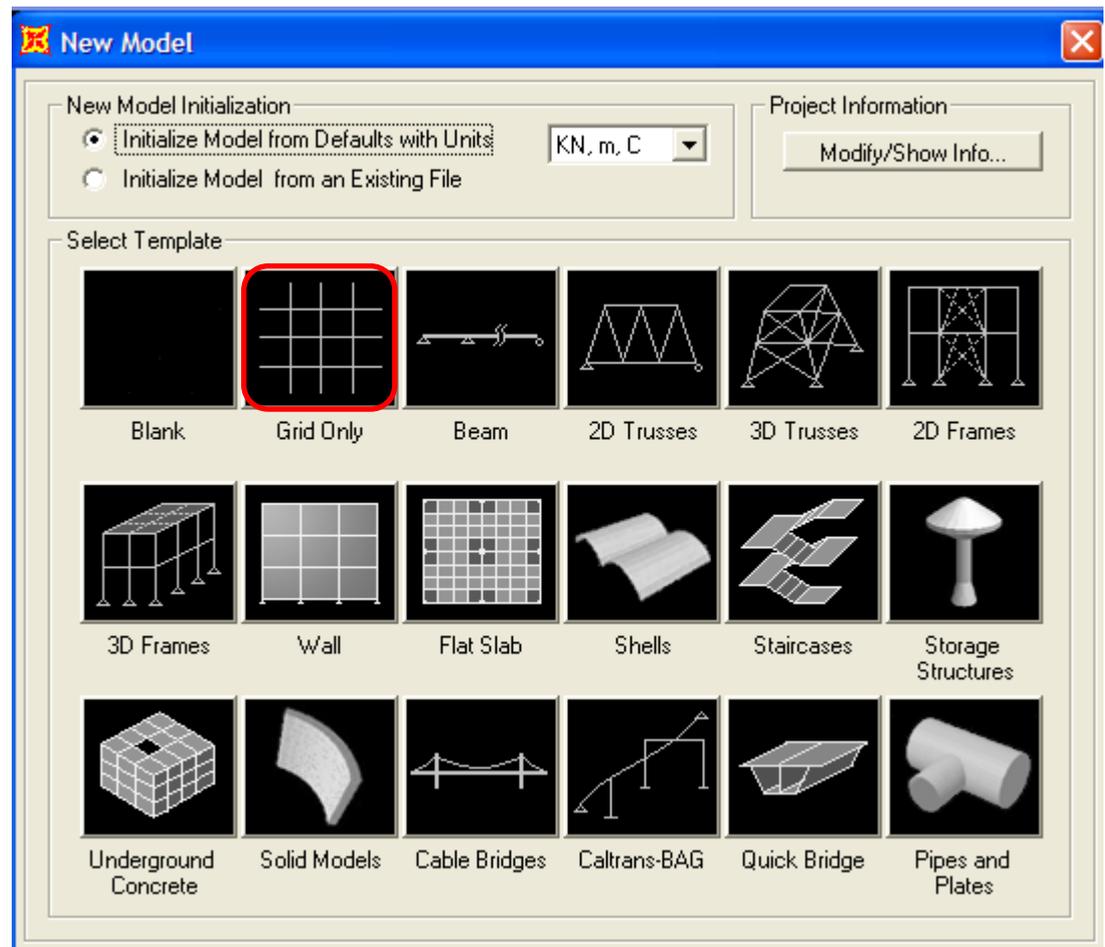
A cet effet, nous allons exposer trois méthodes:

- Création par dessin
- Importation d'un modèle à partir de la bibliothèque
- Importation de la structure à partir de l'AutoCad

Création par dessin: Création des grilles et utilisation des commandes de dessin propre au SAP 2000

➤ Création d'une ou des grilles: cela est possible via:

File/New model/select template/Grid only: une boîte de dialogue apparaît



Création d'une grille

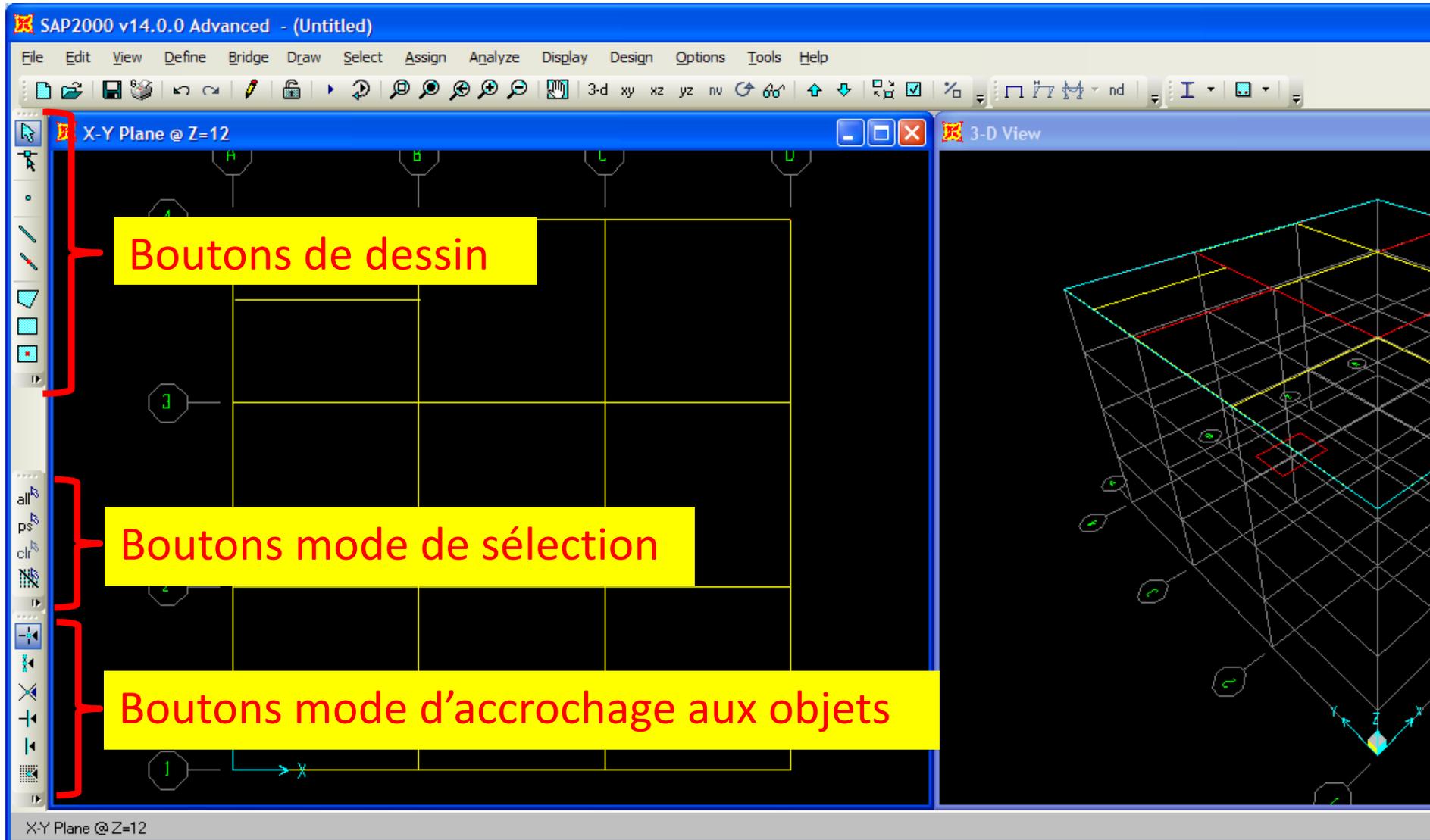
- 1 Nom du système
- 2 Nombre de lignes des grilles suivant les directions des axes globaux
- 3 Espacement des grilles suivant les axes globaux
- 4 Coordonnées de la 1ere grille par rapport aux axes globaux

The image shows a software dialog box titled "Quick Grid Lines". It has two tabs: "Cartesian" and "Cylindrical", with "Cylindrical" selected. The dialog is divided into four sections, each with a red octagonal callout containing a number from 1 to 4, corresponding to the list on the left. Section 1: "Coordinate System Name" with a text box containing "GLOBAL". Section 2: "Number of Grid Lines" with three input boxes: "X direction" (4), "Y direction" (4), and "Z direction" (5). Section 3: "Grid Spacing" with three input boxes: "X direction" (6.), "Y direction" (6.), and "Z direction" (3.). Section 4: "First Grid Line Location" with three input boxes: "X direction" (0.), "Y direction" (0.), and "Z direction" (0.). At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

Section	Field	Value
1	Coordinate System Name	GLOBAL
2	X direction	4
	Y direction	4
	Z direction	5
3	X direction	6.
	Y direction	6.
	Z direction	3.
4	X direction	0.
	Y direction	0.
	Z direction	0.

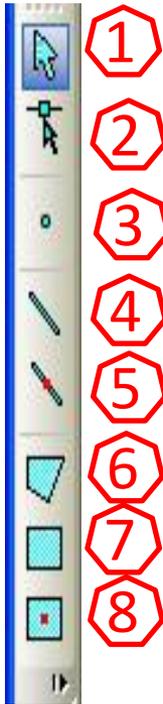
Création des éléments structuraux

Description des boutons servant à la création des éléments structuraux:



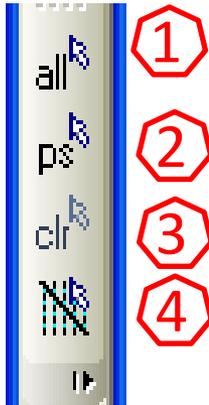
Boutons de dessin

- ① **Pointeur** utilisé pour une sélection d'élément en cliquant dessus ou par une fenêtre de sélection.
- ② **Editeur d'objet et grille:**
 - Déplacement d'objet en cliquant dessus et en glissant .
 - Modification d'objet en cliquant sur l'extrémité.
 - Copie une grille en maintenant la touche Ctrl enfoncée.
- ③ Sert à spécifier un nœud spécial.
- ④ Sert à dessiner un élément de portique « *Frame* ».
- ⑤ Permet de dessiner rapidement un élément *Frame* en cliquant directement sur la grille.
- ⑥ Sert à dessiner un élément de surface « *Shell* » irrégulier en spécifiant ces extrémités.
- ⑦ Dessine un élément *Shell* rectangulaire en spécifiant le coin haut gauche et le coin bas droit.
- ⑧ Permet de dessiner rapidement un élément *Shell* en cliquant sur une case de la grille.



Boutons mode de sélection

- ① Permet de sélectionner la totalité des éléments.
- ② Permet de revenir à la sélection précédente.
- ③ Permet de désélectionner la sélection en cours.
- ④ Sert à sélectionner les éléments en les coupant.



Boutons mode d'accrochage aux objets

- ① Mode d'accrochage aux nœuds d'éléments et intersections des grilles.
- ② Accrochage au milieu ou à l'extrémité d'un élément.
- ③ Accrochage à l'intersection des éléments Frame.
- ④ Accrochage perpendiculaire.
- ⑤ Accrochage proche sur élément et grille.



Boutons standard

- 1 Permet de créer un nouveau modèle
- 2 Permet d'ouvrir un fichier existant
- 3 Sert à enregistrer un fichier
- 4 5 Pour annuler ou reprendre une action
- 6 Permet de rafraichir l'écran
- 7 Verrouille notre modèle après lancement de l'analyse
- 8 Permet de lancer le calcul



Boutons zoom

- ① Zoom fenêtre
- ② Zoom étendu
- ③ Zoom précédent
- ④ Zoom avant
- ⑤ Zoom arrière
- ⑥ Panoramique dynamique



Boutons de vues

1 Affichage de la structure en 3D

2 Affichage du plan XY

3 Affichage du plan XZ

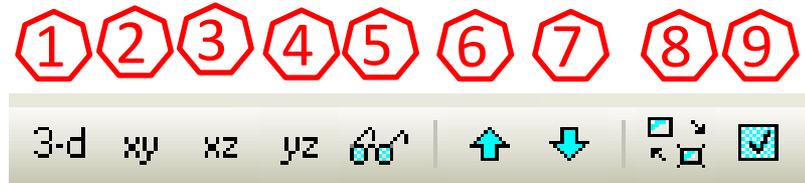
4 Affichage du plan YZ

5 Offre la perspective de la structure

6 7 Permet de basculer d'un niveau à un autre

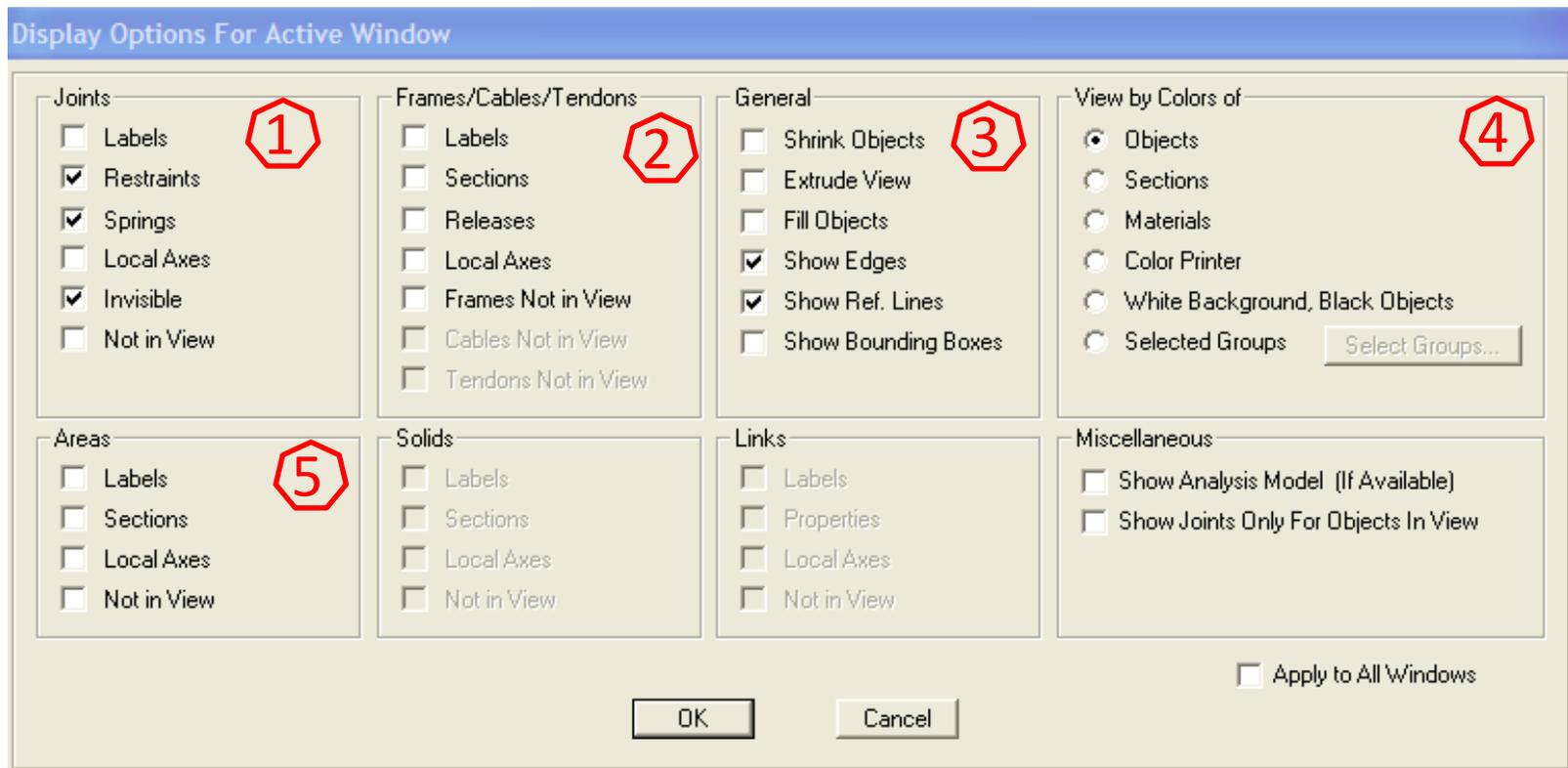
8 Sépare fictivement les éléments Frame et Shell

9 Permet de personnaliser l'affichage des éléments de la structure: la boîte suivante s'affiche



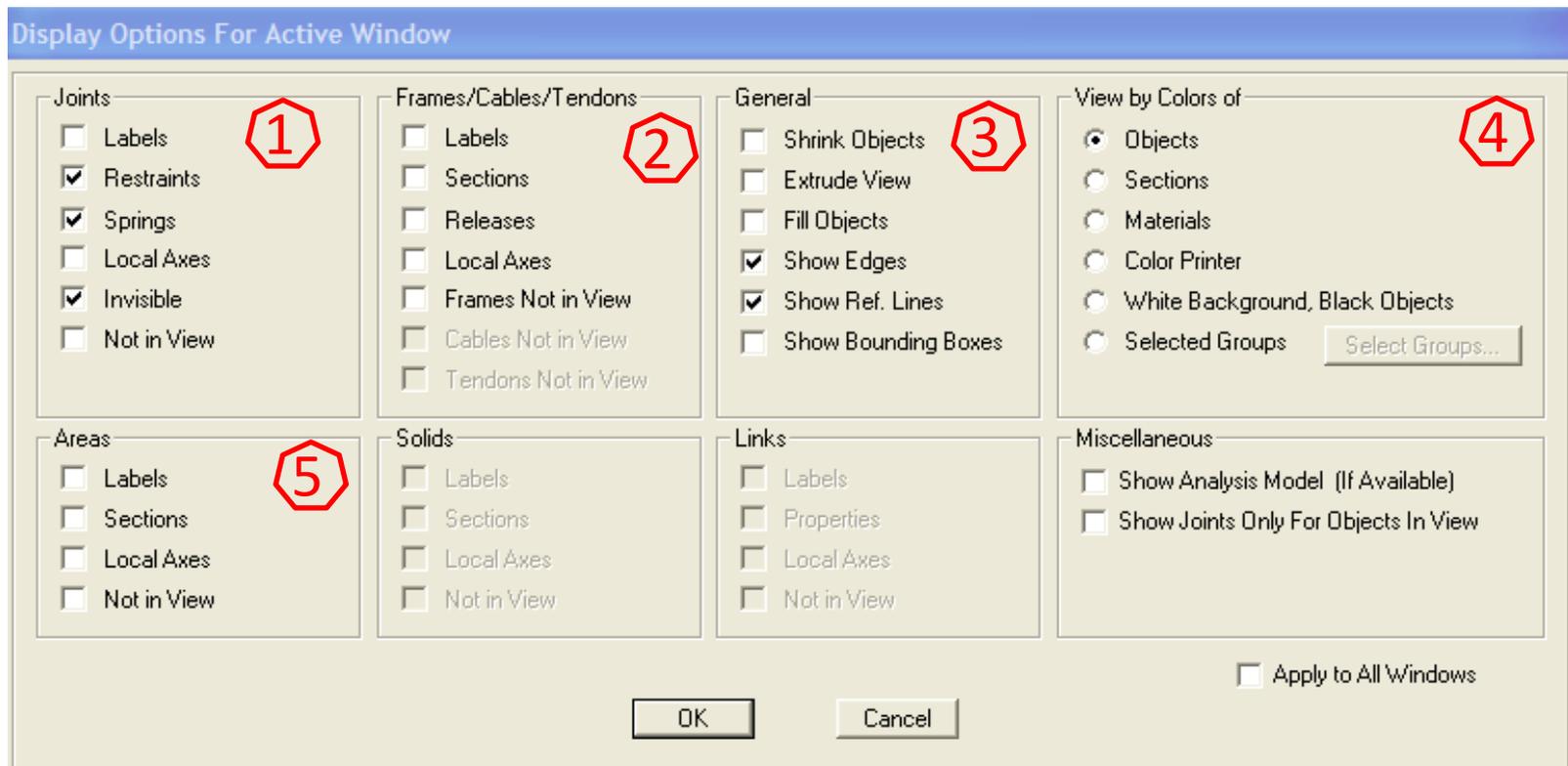
Bouton 9

- 1 Permet d'afficher les propriétés des nœuds: numérotation; appuis, ressort, axes locaux, invisibilité, supprime tout affichage
- 2 Pour affichage les propriétés des éléments Frame: numérotation; sections, libération des extrémités, axes locaux, supprime tout affichage



Bouton 9

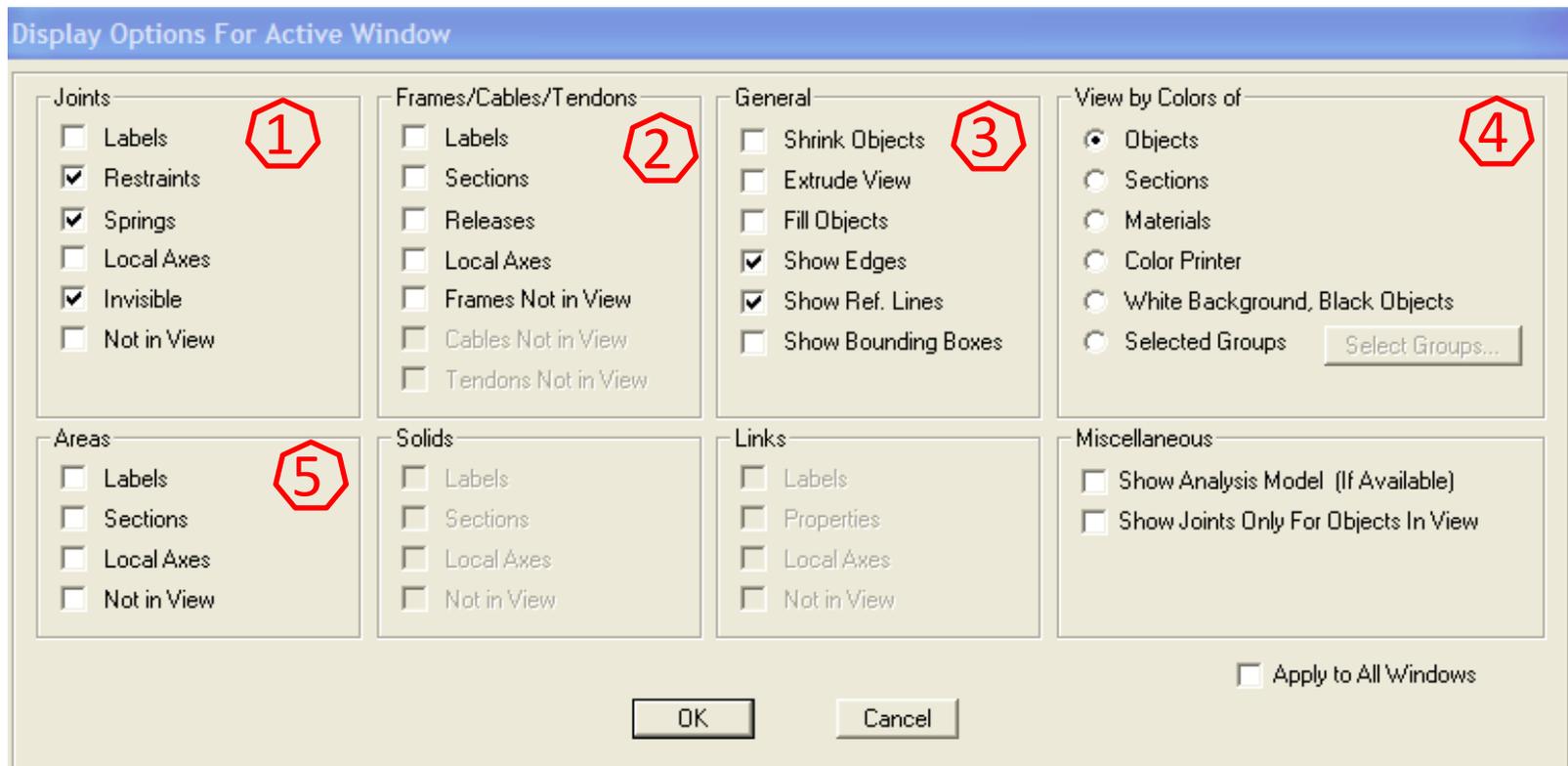
- ③ Permet d'afficher les propriétés des éléments (Frame et Shell):
 Sépare les éléments les uns des autres, visualiser les inerties des éléments, remplir (ombrer) les surfaces des éléments, afficher les cotés des éléments



Bouton 9

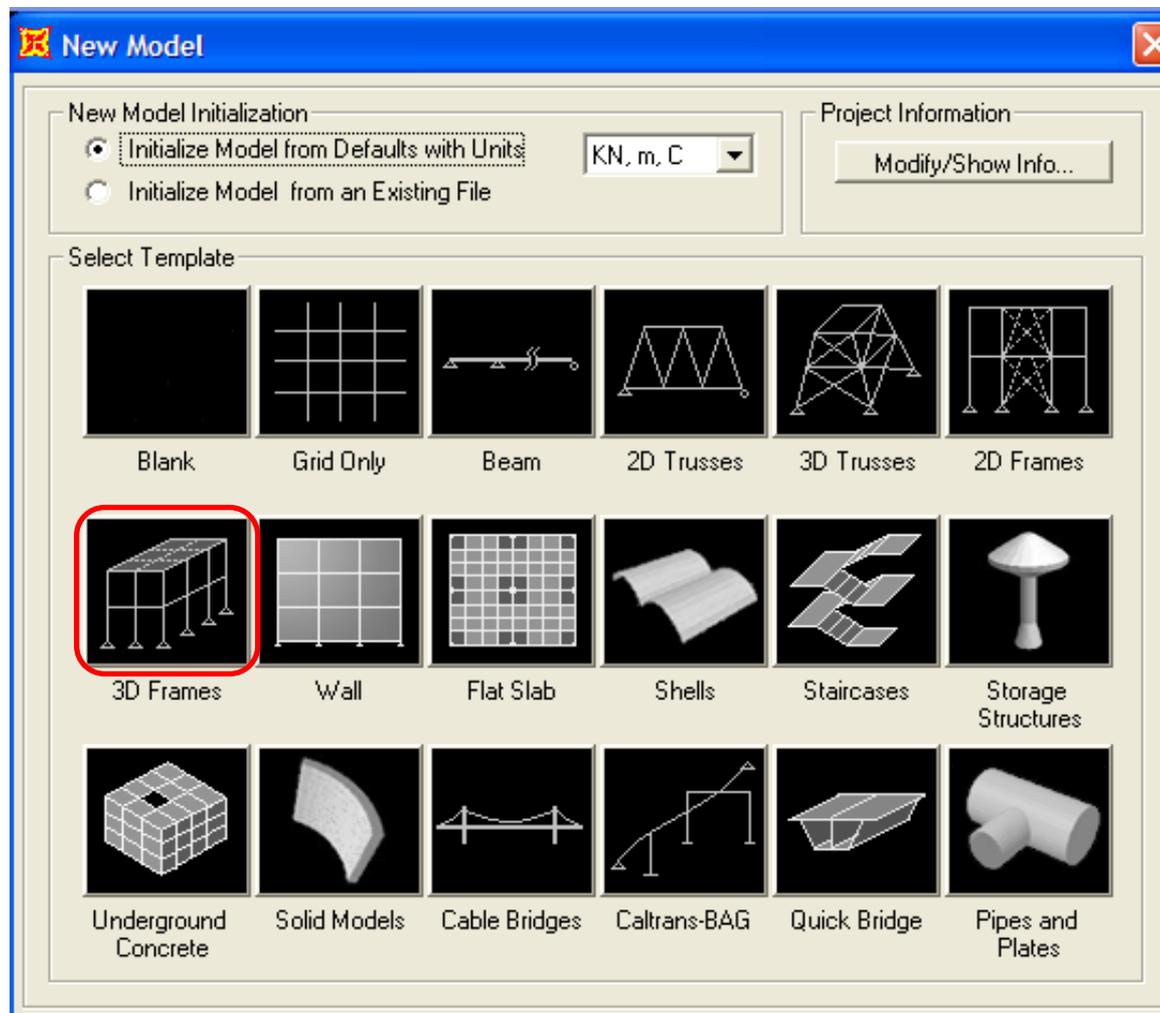
4 Permet d'afficher par couleur l'un des paramètres suivants: éléments, sections, matériaux

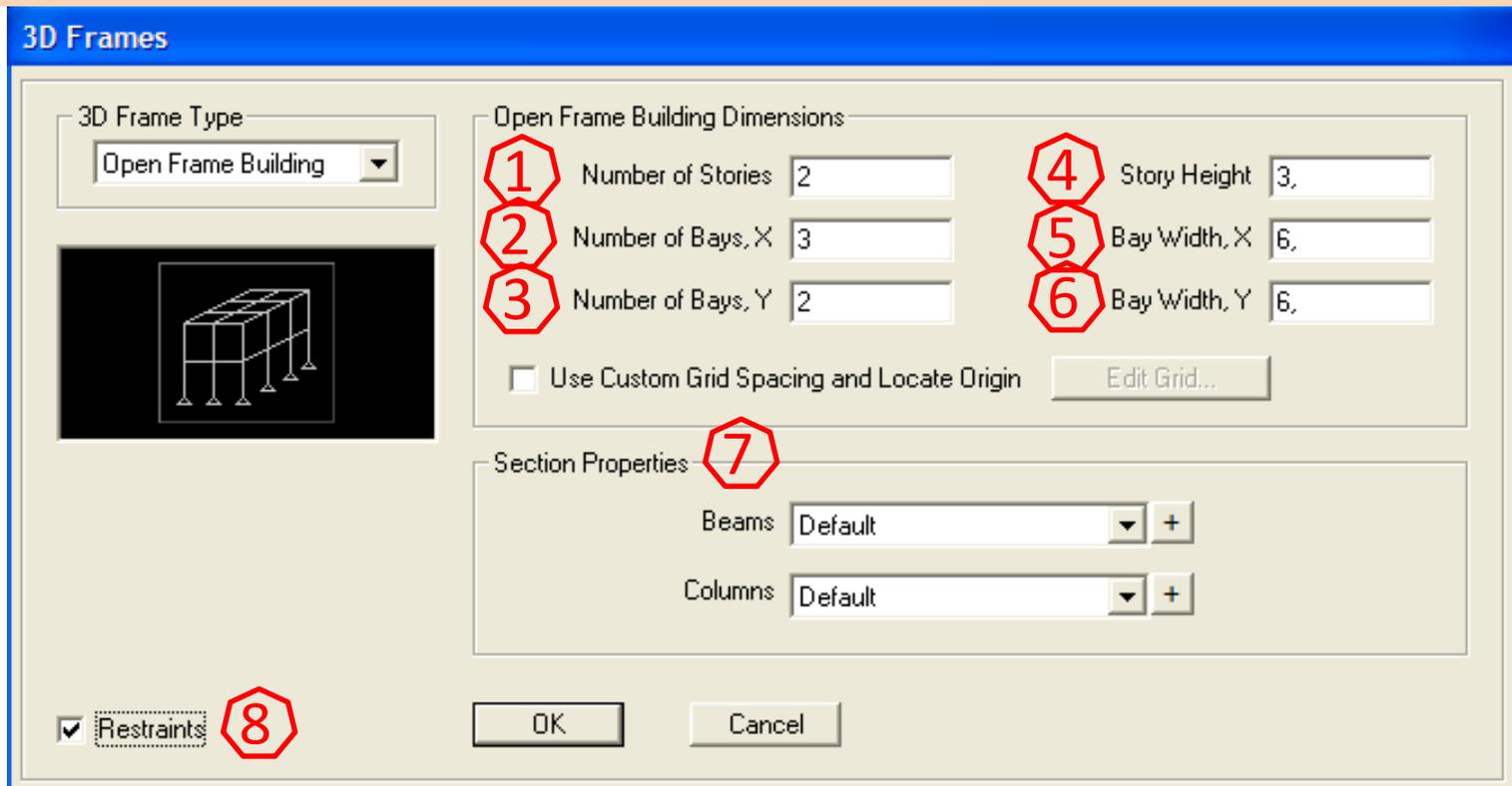
5 Pour affichage les propriétés des éléments Shell: numérotation; sections, axes locaux, supprime tout affichage



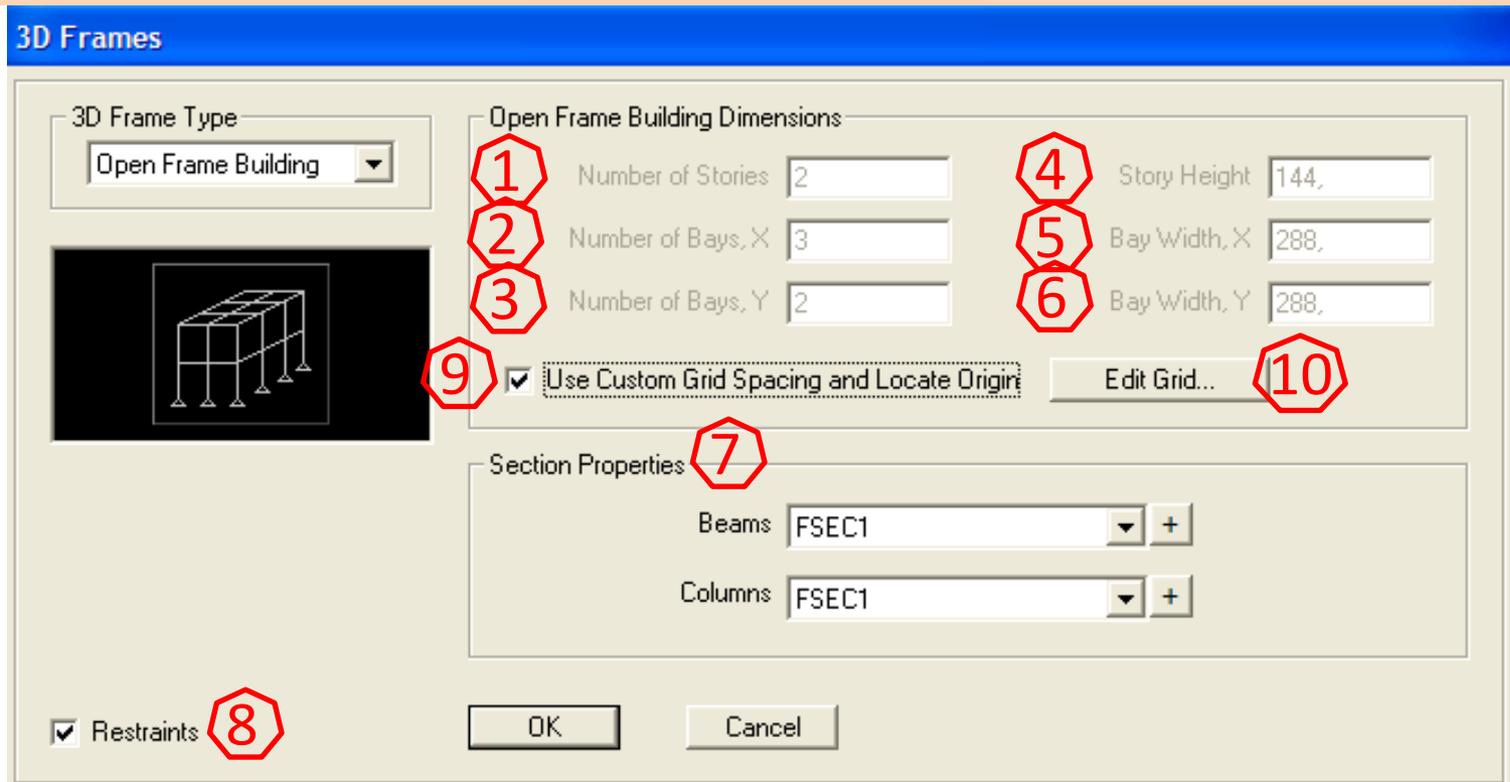
Importation d'un modèle à partir de la bibliothèque

Elle s'effectue via le menu *File/New model/select template/3D Frame*: la boîte de dialogue s'affiche





- ① Nombre d'étage y compris RDC
- ② ③ Nombre de travée suivant X et Y
- ④ Hauteur d'étage
- ⑤ ⑥ Distance entre axes selon X et Y
- ⑦ Sections des éléments (poutres et poteaux)
- ⑧ Pour affichage des appuis



9 Offre un modèle souvent utilisé 10 Modification de la grille

Pour modifier la grille:

- Un **simple click** sur le bouton *Edit Grid* (bouton 10)
- Ou, un **double click** sur la grille

Modélisation des structures: Importation d'un modèle de la bibliothèque

Define Grid System Data

Edit Format

System Name: CSYS1 Units: KN, m, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data **1**

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	A	0,	Primary	Show	End	
2	B	4,	Primary	Show	End	
3	C	9,	Primary	Show	End	
4	D	13,	Primary	Show	End	
5						
6						
7						
8						

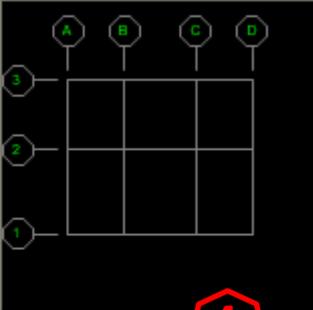
Y Grid Data **2**

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	1	0,	Primary	Show	Start	
2	2	6,	Primary	Show	Start	
3	3	11,	Primary	Show	Start	
4						
5						
6						
7						
8						

Z Grid Data **3**

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	Z1	0,	Primary	Show	End	
2	Z2	3,	Primary	Show	End	
3	Z3	6,	Primary	Show	End	
4						
5						
6						
7						
8						

Grid Lines: Quick Start...



Display Grids as **4**

Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1,0668 **7**

Reset to Default Color

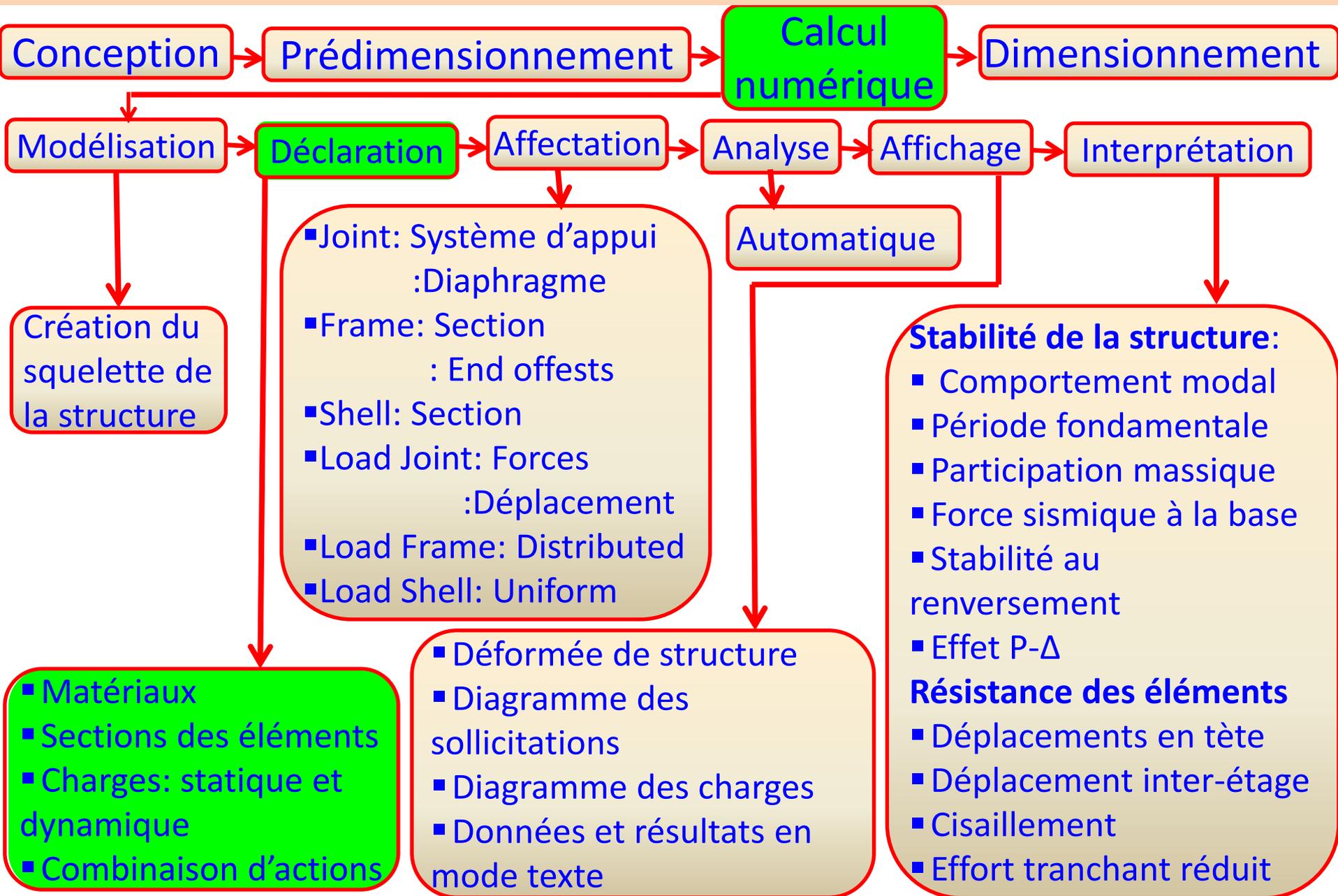
Reorder Ordinates **8**

Locate System Origin...

OK Cancel

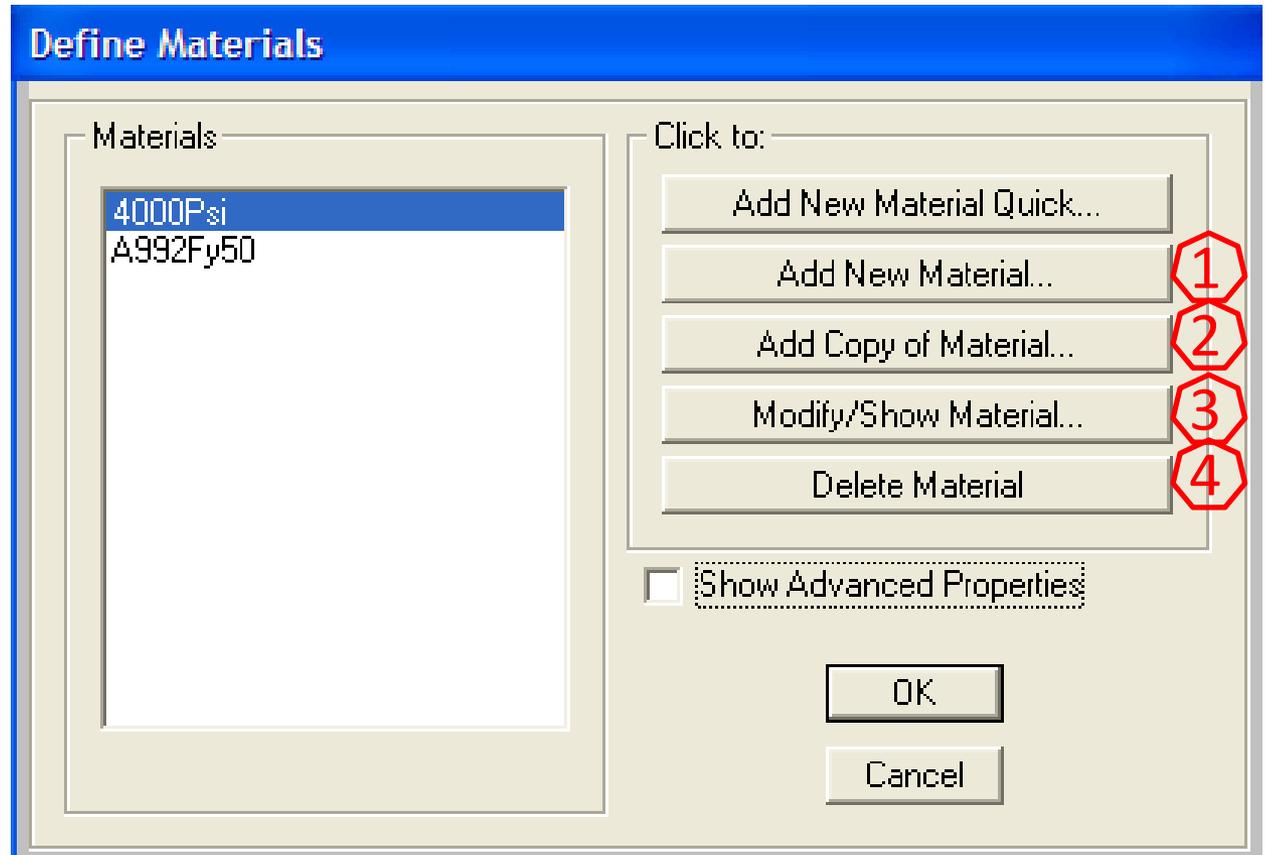
- ① ② ③ Modification de la grille selon les trois axes
- ④ Sert à afficher les dimensions soit en coordonnées soit en longueurs des travées
- ⑤ Permet de supprimer la totalité de la grille
- ⑥ Verrouillage de la grille
- ⑦ Taille des bulles
- ⑧ Permet de classer par ordre les coordonnées

Déclaration : Menu «Define»

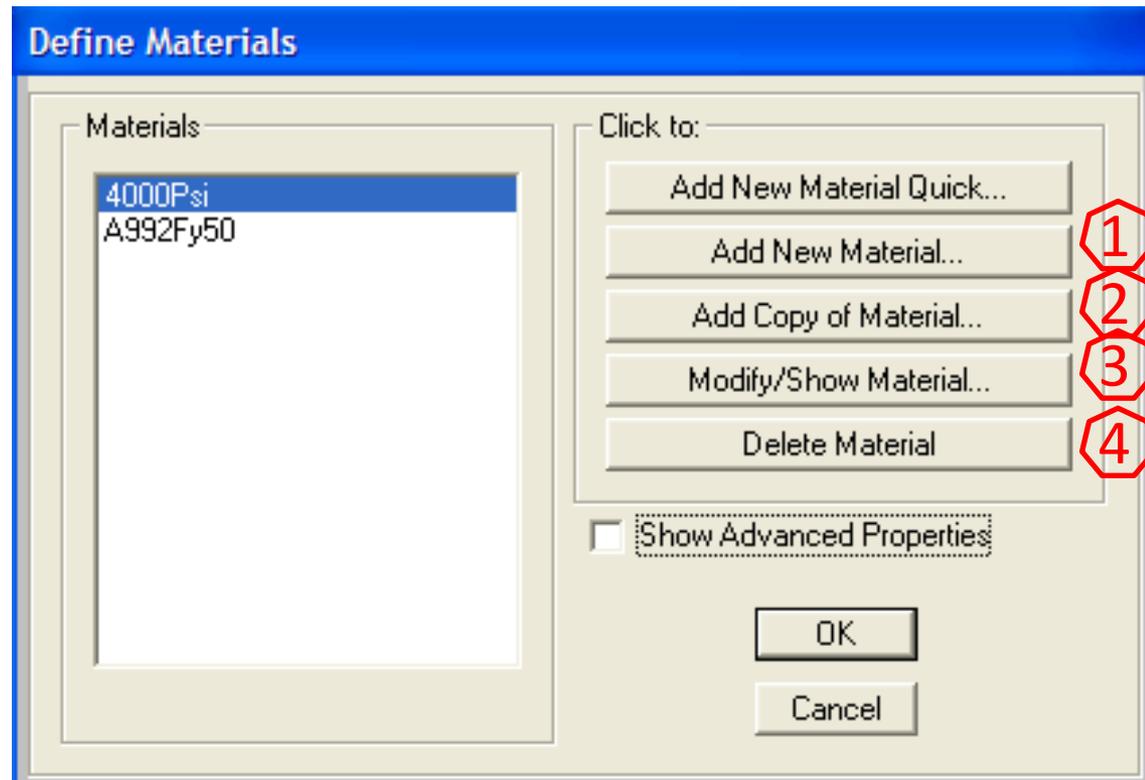


Déclaration des matériaux

Afin de définir le matériau utilisé, ceci s'effectue via le menu *Define/Materials*: la boîte de dialogue suivante s'affiche

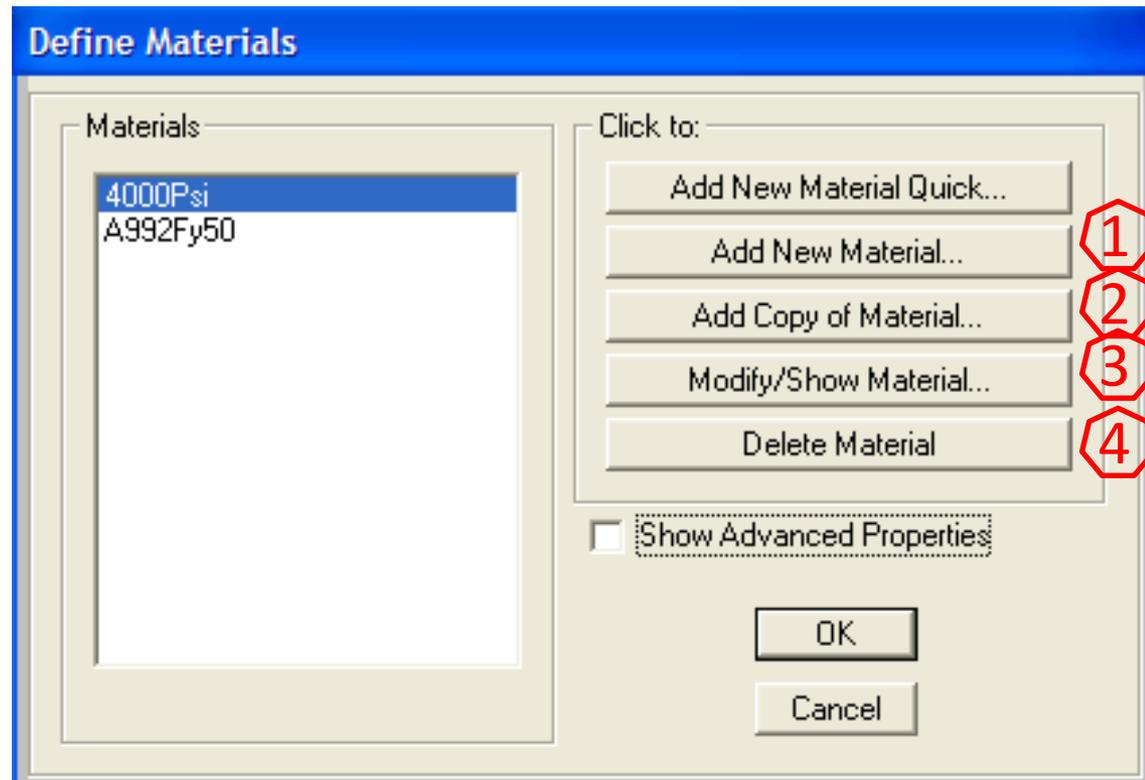


- 1 Permet d'ajouter un nouveau matériau
- 2 Sert à copier les propriétés d'un matériau de la liste
- 3 Permet de modifier ou de visualiser les propriétés du matériau sélectionné
- 4 Sert à supprimer un matériau de la liste



- 1 Permet d'ajouter un nouveau matériau
- 2 Sert à copier les propriétés d'un matériau de la liste
- 3 Permet de modifier ou de visualiser les propriétés du matériau sélectionné
- 4 Sert à supprimer un matériau de la liste

Pour saisir les différentes propriétés du matériau, cliquer sur l'un des boutons 1 2 3 précédents, une boîte de dialogue s'affiche:



- ① Désigne le **nom** et la **couleur** du matériau (exemple: **C25**)
- ② Liste des types de matériaux existants
- ③ Poids par unité de volume
- ④ Module d'élasticité longitudinal
- ⑤ Coefficient de poisson
- ⑥ Coefficient de dilatation thermique
- ⑦ Module de cisaillement (valeur se change automatique)
- ⑧ Résistance caractéristique à la compression

1 MPa = 1 N/mm²

1 kgf = 1 daN

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color ① C25

Material Type ② Concrete

Material Notes

Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume ③ 25

Mass per Unit Volume 2,5493

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E ④ 32164210

Poisson's Ratio, U ⑤ 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A ⑥ 9,9E-06

Shear Modulus, G ⑦ 13401754

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c ⑧ 25000

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

- ① Désigne le **nom** et la **couleur** du matériau (exemple: **Fe E400**)
- ② Liste des types de matériaux existants
- ③ Poids par unité de volume
- ④ Module d'élasticité longitudinal
- ⑤ Coefficient de poisson
- ⑥ Coefficient de dilatation thermique
- ⑦ Module de cisaillement (valeur se change automatique)
- ⑧ D'autres propriétés de l'acier:
 - Contrainte à la limite élastique
 - Contrainte à la rupture

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color ① Fe E400 ■

Material Type ② Rebar

Material Notes

Weight and Mass

Weight per Unit Volume ③ 78,5

Mass per Unit Volume 8,0048

Units KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E ④ 2,000E+08

Poisson's Ratio, U ⑤ 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A ⑥ 1,170E-05

Shear Modulus, G ⑦ 76923077

Other Properties for Rebar Materials ⑧

Minimum Yield Stress, Fy 275790,32

Minimum Tensile Stress, Fu 413685,5

Expected Yield Stress, Fye 303369,35

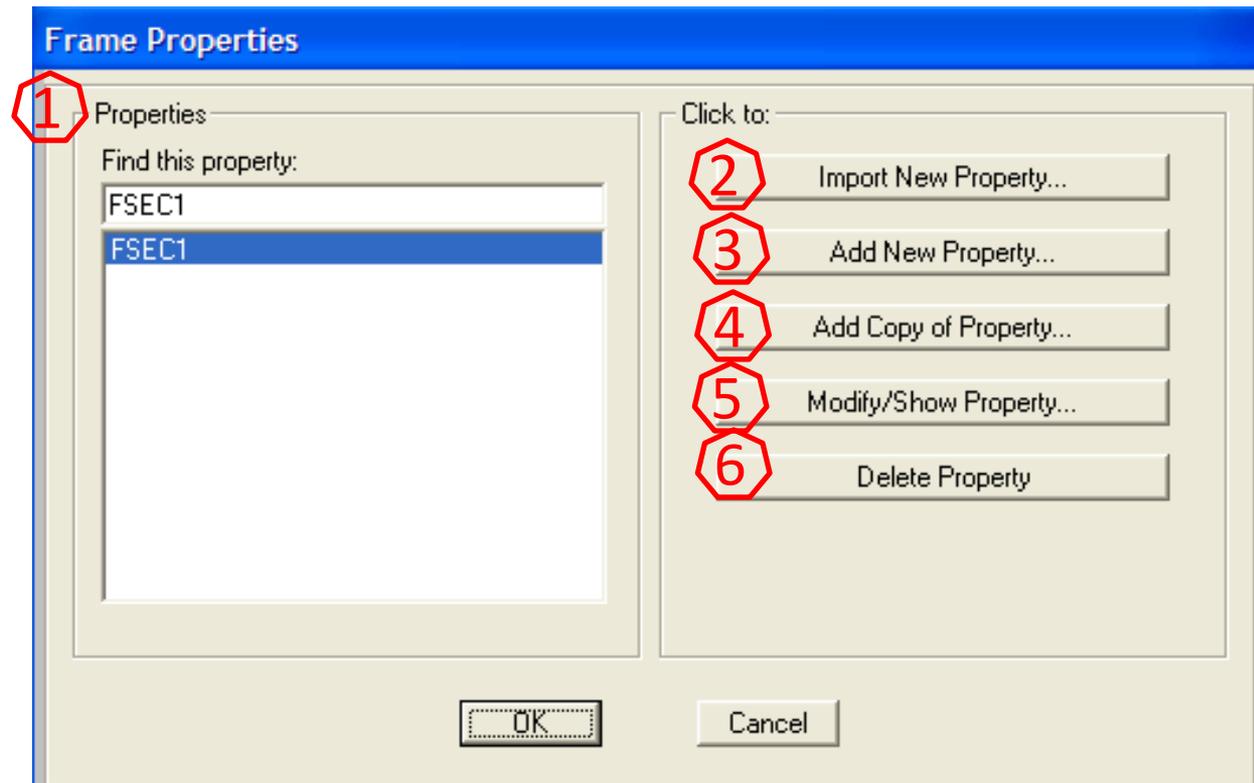
Expected Tensile Stress, Fue 455054,

Switch To Advanced Property Display

Déclaration des sections des éléments (coffrage)

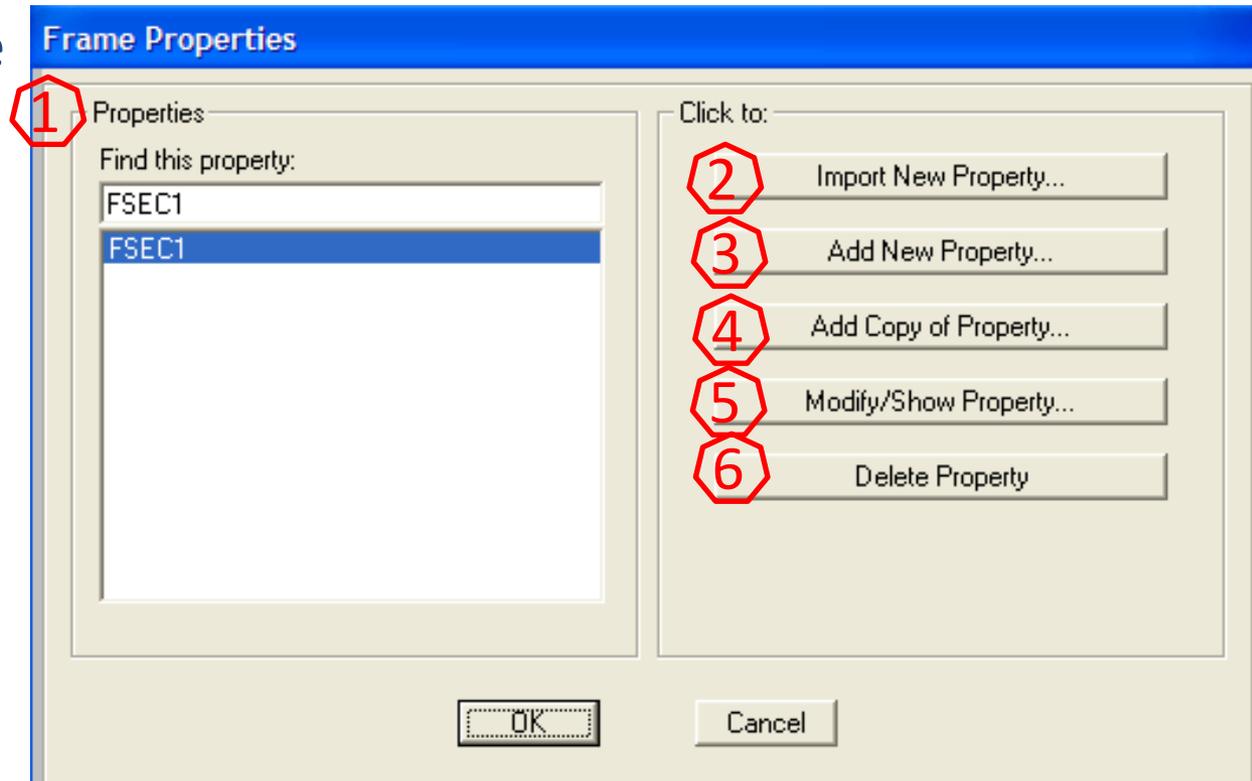
Ceci s'effectue via le menu *Define/Sections Properties*:

➤ *Elément Frame*: *Define/Sections Properties/ Frame Sections* la boîte de dialogue suivante s'affiche



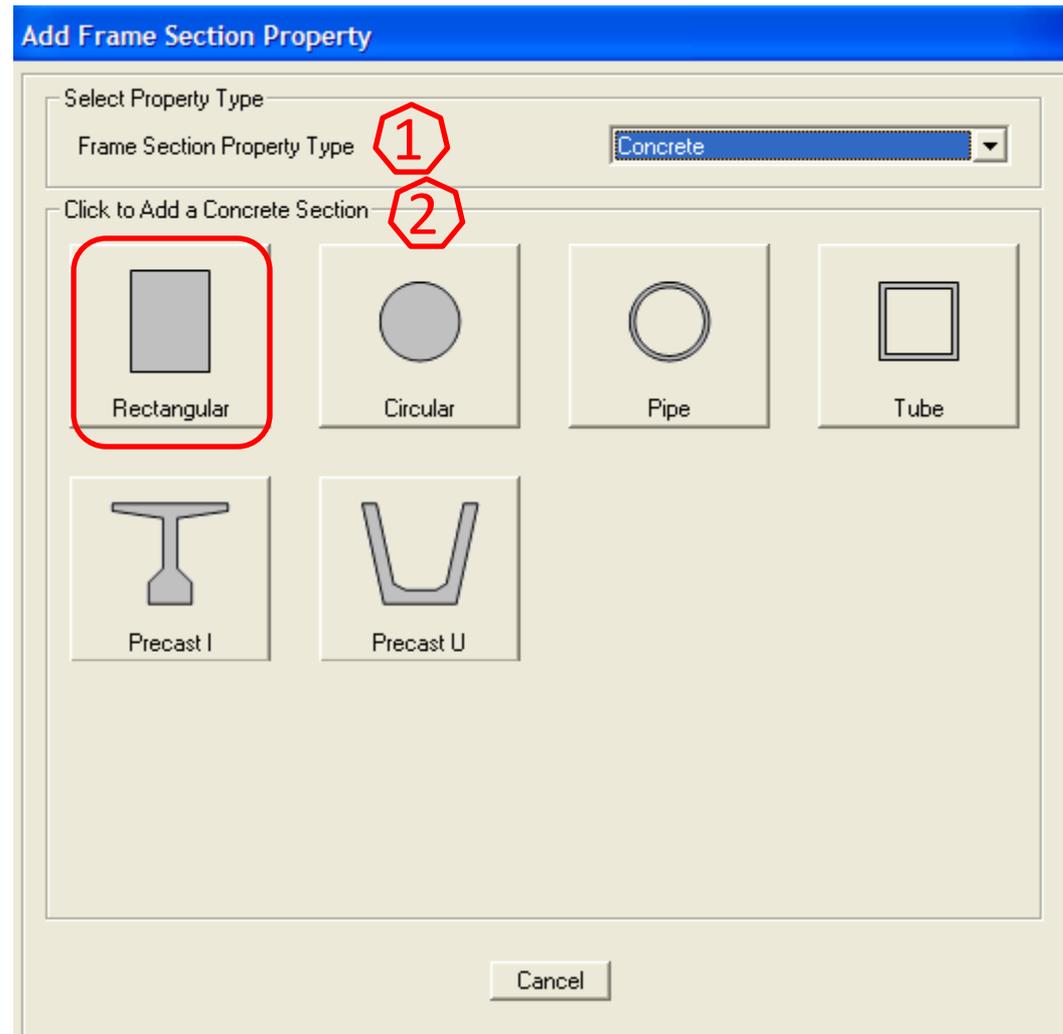
- ① Liste des propriétés des sections existantes
- ② Permet d'importer des propriétés des sections d'un fichier de données
- ③ Sert à ajouter une nouvelle propriété de section
- ④ Permet de copier une propriété de section de la liste
- ⑤ Permet de modifier ou de visualiser une propriété de section
- ⑥ Pour supprimer une propriété

Pour définir une nouvelle propriété de sections, cliquer sur le bouton ③, une boîte de dialogue s'affiche:

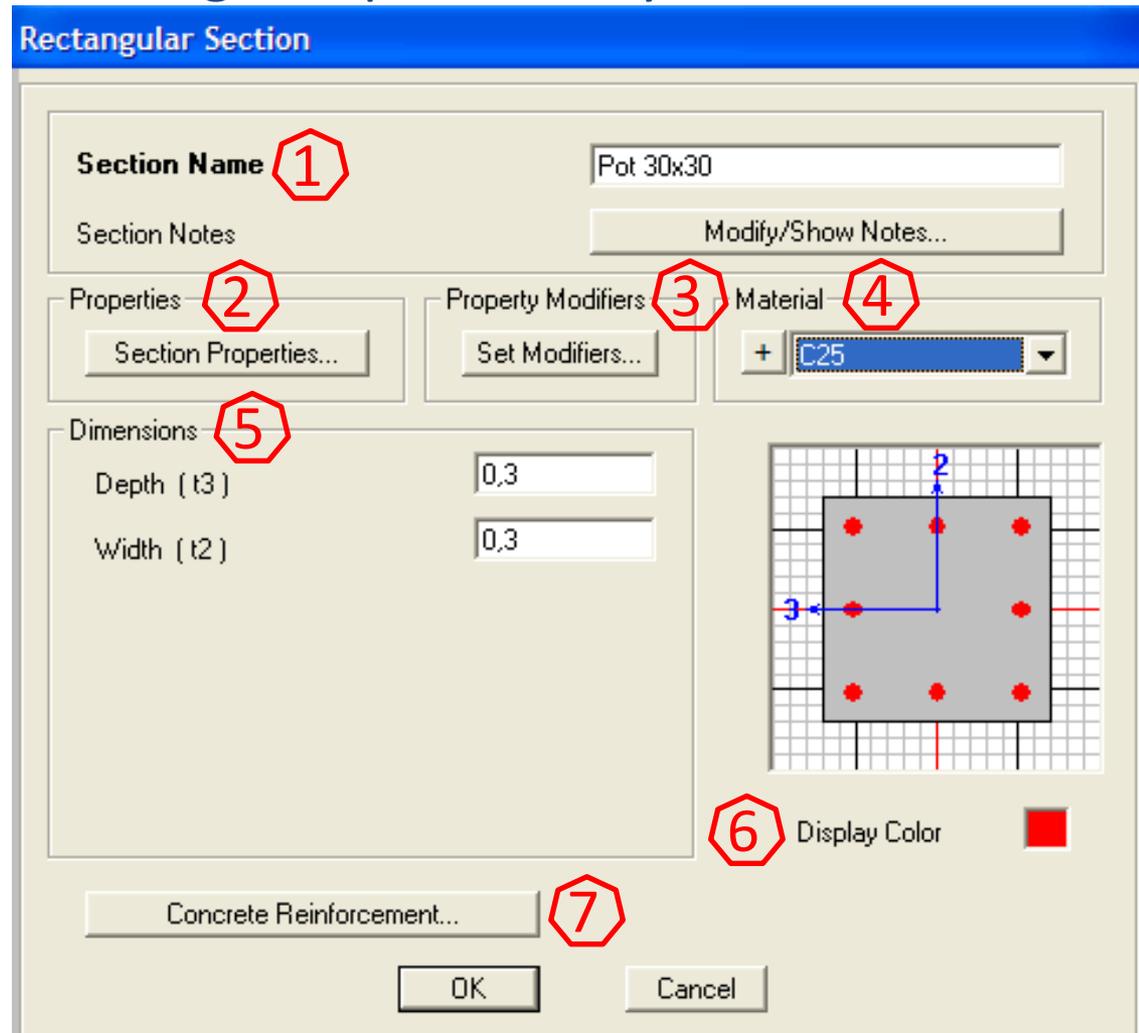


- 1 Sert à choisir le type de matériau
- 2 Pour choisir la forme d'une section, cliquer sur l'un des boutons de la liste existante

Pour notre cas en choisissant par exemple la forme rectangulaire, la boîte suivante apparaît:



- 1 Permet de saisir le nom de la section (exemple: **Pot 30x30**)
- 2 Sert à visualiser les propriétés des sections
- 3 Pour modifier les facteurs de la rigidité pour l'analyse
- 4 Liste déroulante pour choisir le matériau constituant nos éléments
- 5 Dimensions:
Depth(t3): hauteur (section)
Width(t2): largeur (section)
- 6 Pour définir une couleur pour la section
- 7 Permet de définir les données du ferrailage pour le poteau et pour la poutre, en cliquant dessus, la boîte suivante s'affiche



- ① Permet de choisir le matériau constituant l'acier (long et trans)
- ② Sert à définir le type de l'élément (poteau ou poutre)
- ③ Permet de configurer la disposition des armatures longitudinales (rectangulaire ou circulaire)
- ④ Sert à définir le façonnage des armatures transversales (cadre ou spiral)
- ⑤ ⑥ Permet de paramétrer la disposition des aciers longitudinaux et transversaux:
 - Enrobage des aciers transversaux
 - Nombre de barres (long et trans) selon l'axe 3 et l'axe 2
 - Section de barres (long et trans)
 - Espacement des armatures transversales

Reinforcement Data

Rebar Material ①

Longitudinal Bars + Fe E400

Confinement Bars (Ties) + Fe E400

Design Type ②

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

Rectangular ③

Circular

Confinement Bars ④

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration ⑤

Clear Cover for Confinement Bars 0,03

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 3

Longitudinal Bar Size + 16d

Confinement Bars ⑥

Confinement Bar Size + 8d

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 0,15

Number of Confinement Bars in 3-dir 4

Number of Confinement Bars in 2-dir 4

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

OK

Cancel

① Permet de définir l'enrobage (défini à partir du centre de la barre longitudinale)

- Top: enrobage supérieur
- Bottom: enrobage inférieur

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + Fe E400

Confinement Bars (Ties) + Fe E400

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center ①

Top 0,04

Bottom 0,04

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	0,	0,
Bottom	0,	0,

OK Cancel

Déclaration des charges

Les charges qui sont appliquées sur les nœuds et ou sur les éléments comportent les cas de chargement suivants :

- La charge permanente G ,
- La surcharge d'exploitation Q ,
- Les charges sismiques,
- Les charges du vent , du neige et d'autres

Classification des charges

1. Charges statiques

- La charge permanente G ,
- La surcharge d'exploitation Q ,
- Les charges sismiques E_{sx} et E_{sy} dans le cas de la méthode statique équivalente.
- Les charges du vent , du neige et d'autres

2. Charges dynamiques

Les charges sismiques représentées par les fonctions de spectre de réponse

Déclaration des charges statiques

On va définir les charges statiques via le menu *Define/Load patterns*, la boîte de dialogue suivante s'affiche

- ① Modèles de charge
- ② Sert à saisir le nom du modèle de charge (G, Q, E ou d'autres)
- ③ Permet de définir la nature des charges (permanente (morte) ou exploitation (vivante), sismiques (Quake), du vent (Wind), de la neige (Snow) et d'autres)

Define Load Patterns

① Load Patterns

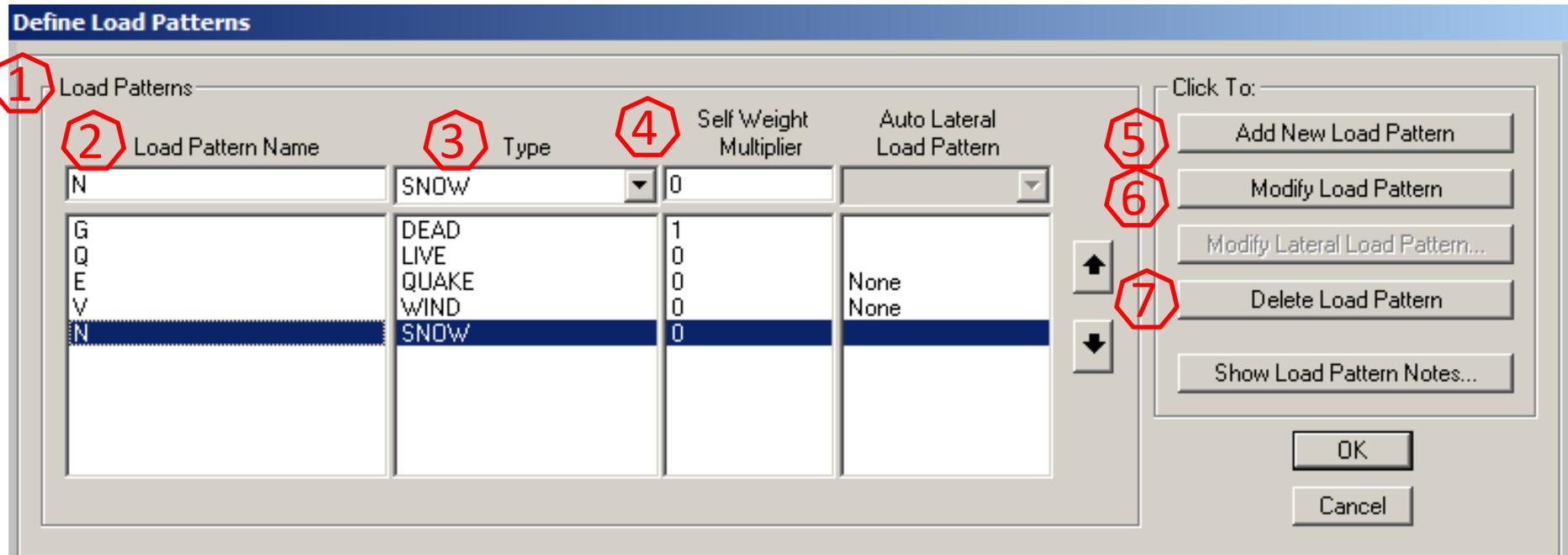
② Load Pattern Name	③ Type	④ Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
N	SNOW	0	
G	DEAD	1	
Q	LIVE	0	
E	QUAKE	0	None
V	WIND	0	None
N	SNOW	0	

Click To:

- ⑤ Add New Load Pattern
- ⑥ Modify Load Pattern
- Modify Lateral Load Pattern...
- Delete Load Pattern
- Show Load Pattern Notes...

OK
Cancel

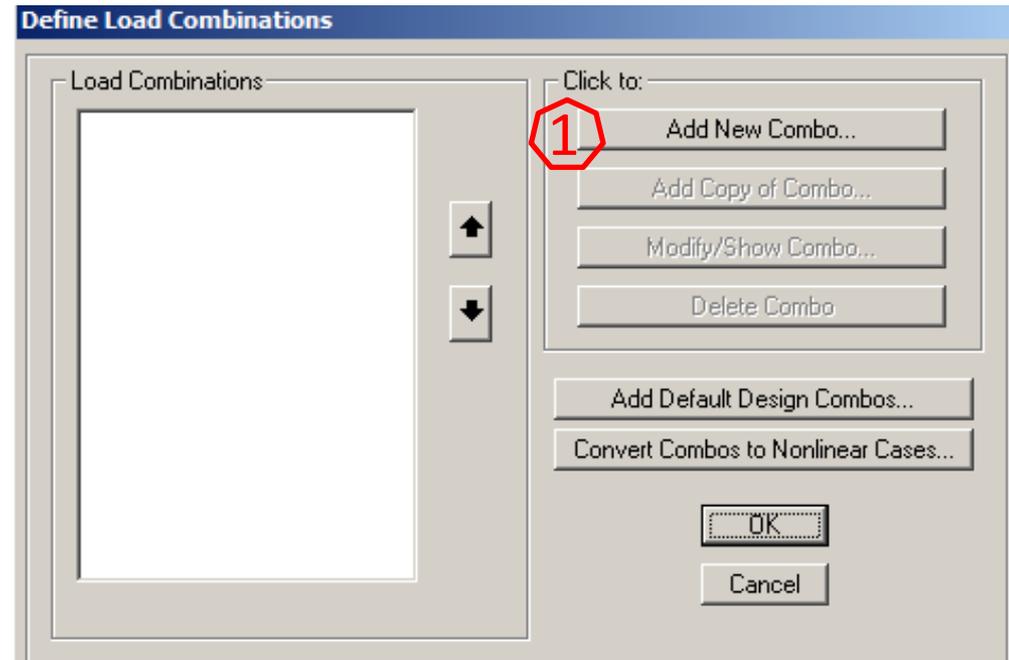
- ④ Coefficient de pondération du poids propre de la structure: est pris en compte par le coefficient 1 dans le cas de charge permanente, mais il est annulé (coefficient 0) dans les autres cas de charges
- ⑤ ⑥ ⑦ Sert à ajouter, modifier ou supprimer un modèle de charge



Définition des différentes combinaisons de charges

On définit les coefficients de pondération pour chacune des combinaisons de charges via le menu **Define/Load Combinations**, la boîte de dialogue suivante s'affiche:

① Cliquer sur le bouton « **Add New Combo** » afin de définir les combinaisons de charges, la boîte « **Load Combination Data** » s'affiche:



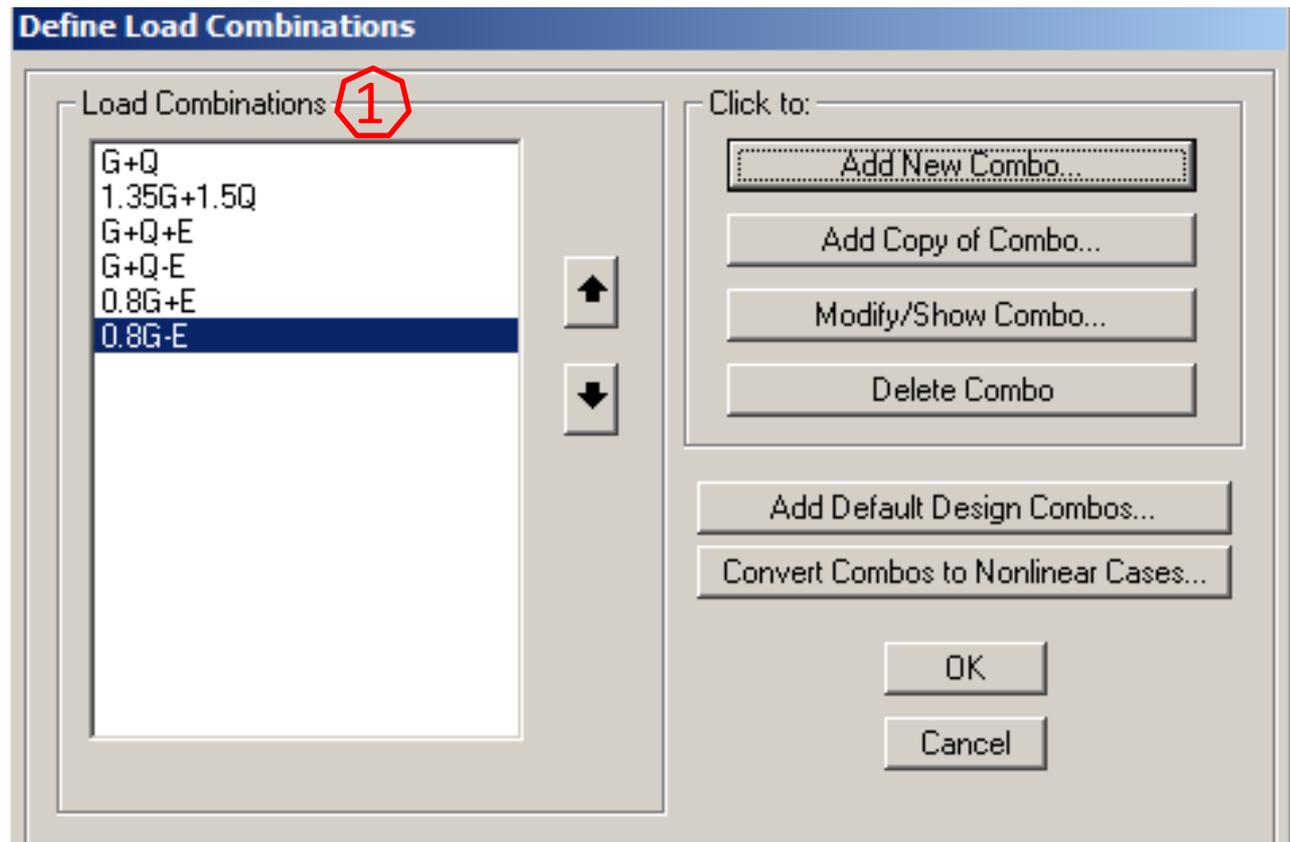
- 1 Permet de nommer la combinaison en cours
- 2 Liste déroulante permettant de choisir les cas de charges statique ou dynamique
- 3 Permet de saisir le coefficient de pondération du cas de charge correspondant
- 4 5 6 Permet d'ajouter, remplacer ou supprimer un cas de charge et le coefficient de pondération

Après validation de cette boite, la combinaison est affichée dans la liste des combinaisons de la boite « **Define Load Combinations** »

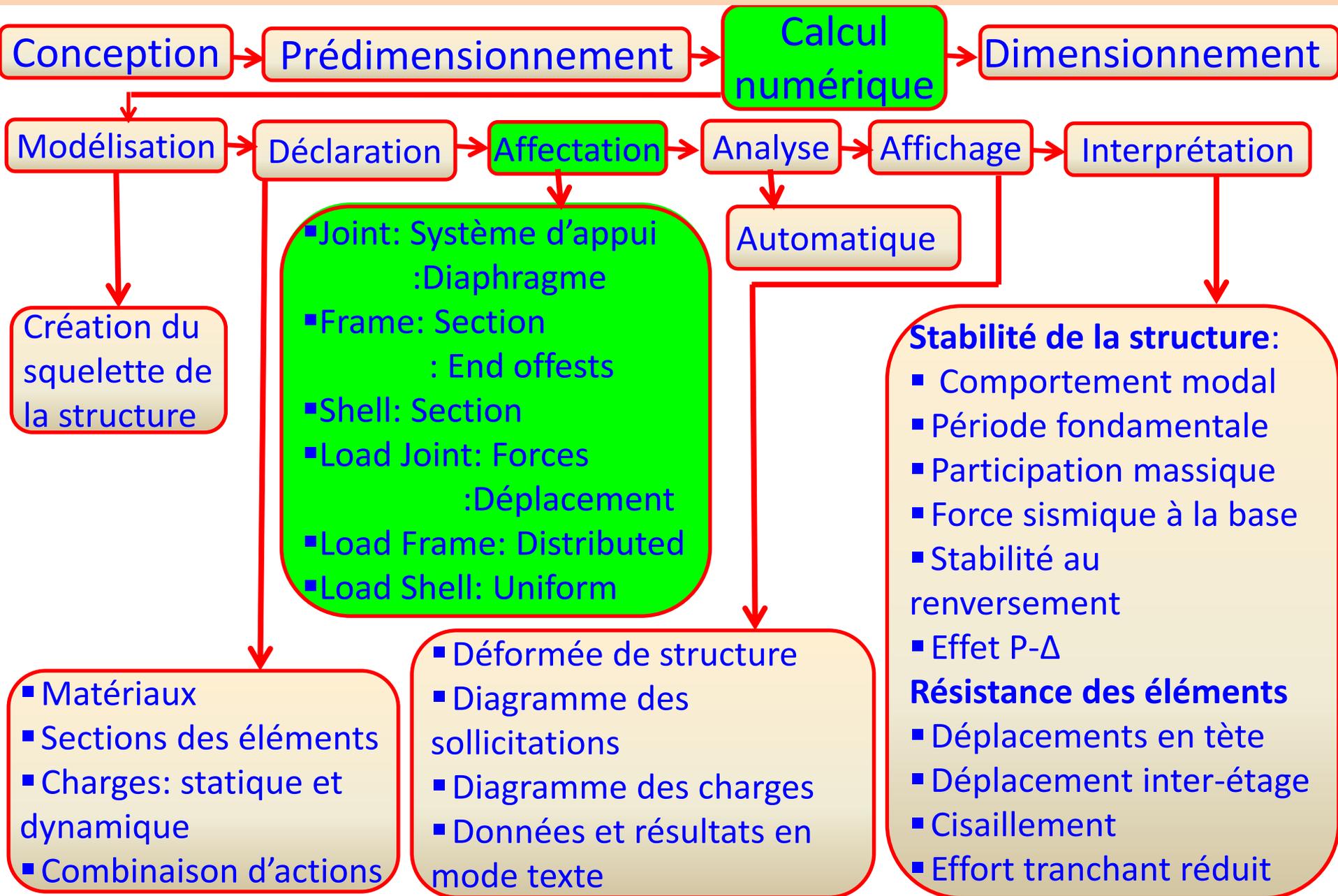
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
Q	Linear Static	1.5
G	Linear Static	1.35
Q	Linear Static	1.5

Astuce:

Le plus judicieux est de nommer les combinaisons avec des noms spécifiques comme il est indiqué dans la liste des combinaisons 1 afin de simplifier l'exploitation des fichiers résultats.



Affectation : Menu «Assign »



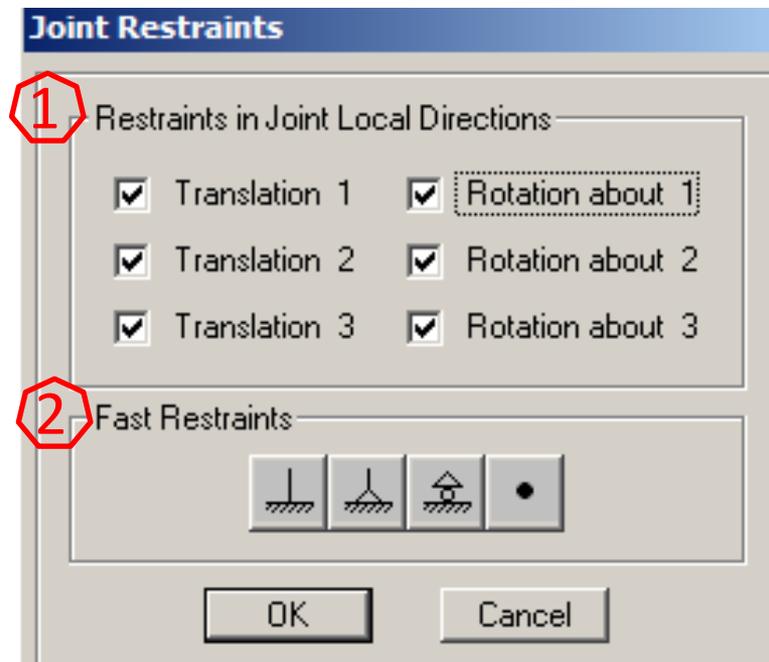
Affectation des conditions d'appuis aux nœuds de la base:

Ceci s'effectue via le menu **Assign/Joint/Restrains** la boîte suivante s'affiche (cela après sélection des nœuds de la base):

① Permet de définir les restrictions ou les relaxations de translation et de rotation selon les axes globaux

② Affectation rapide de restriction:

- Encastrement: 1,1,1,1,1,1
- Appuis double: 1,1,1,0,0,0
- Articulation (Appuis roulant): 0,0,1,0,0,0
- Appuis libre: 0,0,0,0,0,0

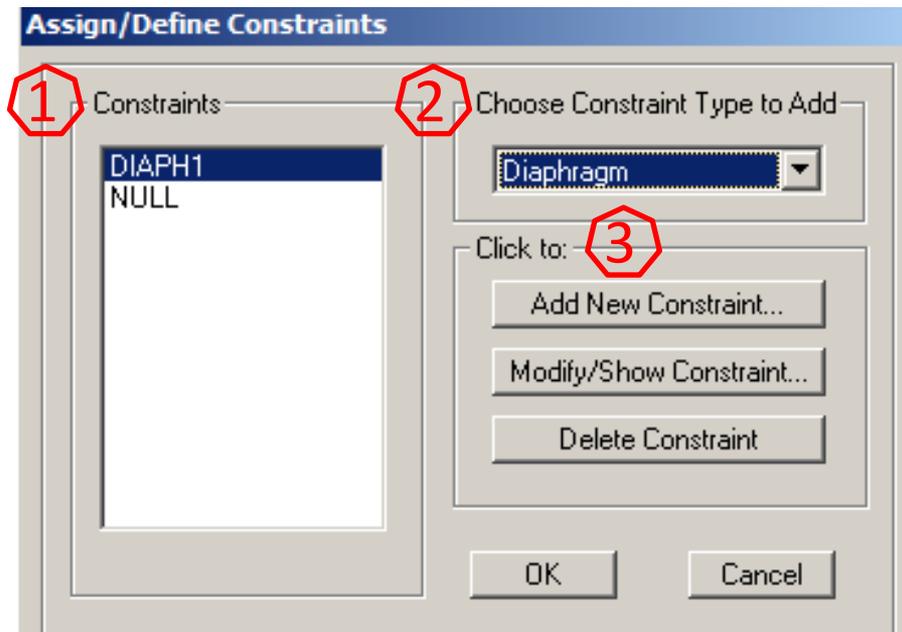


Affectation d'un diaphragme rigide aux nœuds du plancher:

Ceci est faisable via le menu **Assign/Joint/Constraint** la boîte suivante s'affiche (cela après sélection de la totalité des nœuds du plancher):

- ① Liste des diaphragmes existants
- ② Permet de choisir le type de diaphragme
- ③ Sert à ajouter, à modifier/visualiser ou à supprimer un diaphragme de la liste

Dés que vous cliquez sur « Add New Constraint », la boîte de dialogue « **Diaphragm Constraint** » apparaît:



- 1 Nom du diaphragme qui est en cours de définition
- 2 Cocher l'option « Auto » afin de contraindre tous les nœuds du plancher à se déplacer similairement suivant X, Y et Z

Diaphragm Constraint

1 **Constraint Name** DIAPH2

Coordinate System GLOBAL

2 **Constraint Axis**

X Axis Auto

Y Axis

Z Axis

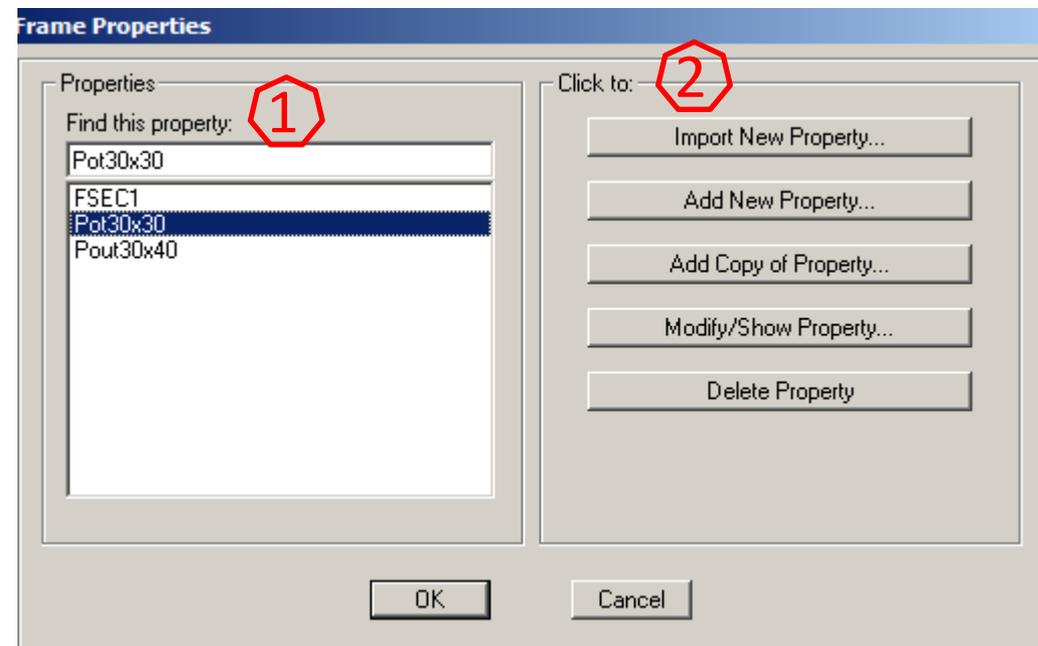
Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level

OK Cancel

Affectation des inerties (sections) aux éléments Frame:

Après la sélection des éléments, l'affectation est effectuée via le menu **Assign/Frame/Frame Section** la boîte suivante s'affiche:

- 1 A partir de la liste des sections existantes, choisir une section et valider la boîte. Cette instruction consiste à spécifier le type de section pour l'élément sélectionné.
- 2 Permet d'importer, d'ajouter, de copier, de modifier/visualiser ou de supprimer une propriété de section.



Affectation Release(libération des extrémités) aux éléments Frame:

Cette instruction permet de libérer quelques degrés de liberté des nœuds pour éliminer la continuité des efforts dans un sens donné.

Après la sélection des éléments, l'affectation est effectuée via le menu **Assign/Frame/Releases-Partial Fixity** la boîte suivante s'affiche:

Par exemple, une barre en treillis ne permet que la continuité de l'effort normal « **Axial Load** » et l'effort tranchant « **Shear Force** », donc on doit libérer la rotation des nœuds pour éliminer les moments.

	Release		Frame Partial Fixity Springs	
	Start	End	Start	End
Axial Load	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Shear Force 2 (Major)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Shear Force 3 (Minor)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Torsion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Moment 22 (Minor)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Moment 33 (Major)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0

No Releases

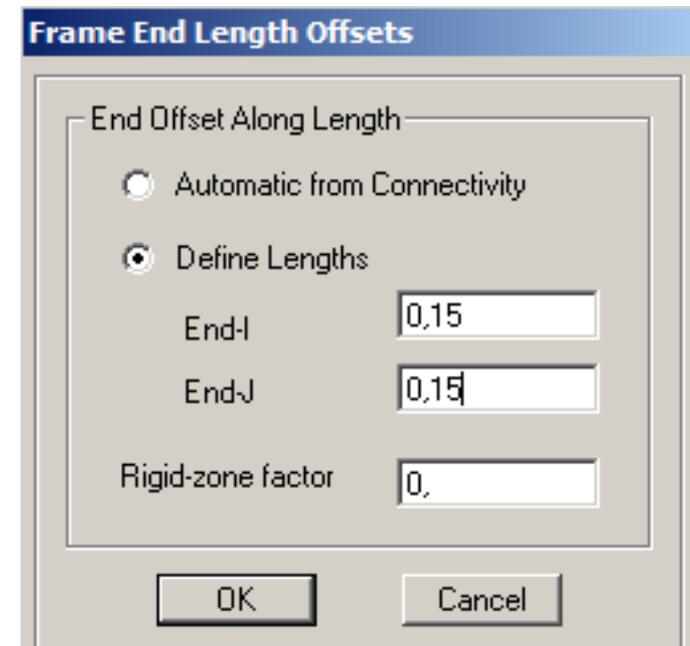
Units: KN, m, C

OK Cancel

Affectation End Offsets aux éléments Frame:

Si on ne veut pas procéder à une analyse basée sur la géométrie de ligne neutre ou ligne moyenne, on peut utiliser cette commande « **End Offsets** » pour définir la distance réelle entre la ligne neutre et les deux faces de l'élément.

Après la sélection des éléments, l'affectation est effectuée via le menu **Assign/Frame/End (Length) Offsets** la boîte suivante s'affiche:



Affectation des charges concentrées aux éléments Frame:

Afin de définir un chargement ponctuel sur un élément déjà sélectionné, ceci est effectué via le menu **Assign/Frame Loads /Point** la boîte suivante s'affiche:

- ① Nom du cas de charge statique
- ② Type et direction de la charge
- ③ Permet d'ajouter, remplacer ou supprimer un chargement existant
- ④ Permet d'appliquer des charges concentrées sur l'élément sélectionné. Les positions des charges sont définies soit par une distance relative par rapport à la longueur totale de l'élément, soit par une distance absolue de l'élément.

The screenshot shows the 'Frame Point Loads' dialog box with the following fields and options:

- Load Pattern Name:** A dropdown menu showing 'G' with a '+' sign to its left. Callout 1 points to this field.
- Units:** A dropdown menu showing 'KN, m, C'.
- Load Type and Direction:**
 - Forces:** Selected with a radio button.
 - Moments:** Unselected with a radio button.
 - Coord Sys:** A dropdown menu showing 'GLOBAL'. Callout 2 points to this field.
 - Direction:** A dropdown menu showing 'Gravity'. Callout 3 points to this field.
- Options:**
 - Add to Existing Loads:** Unselected with a radio button.
 - Replace Existing Loads:** Selected with a radio button.
 - Delete Existing Loads:** Unselected with a radio button.
- Point Loads:** A table with 4 columns and 2 rows. Callout 4 points to the 'Relative Distance from End-I' radio button.

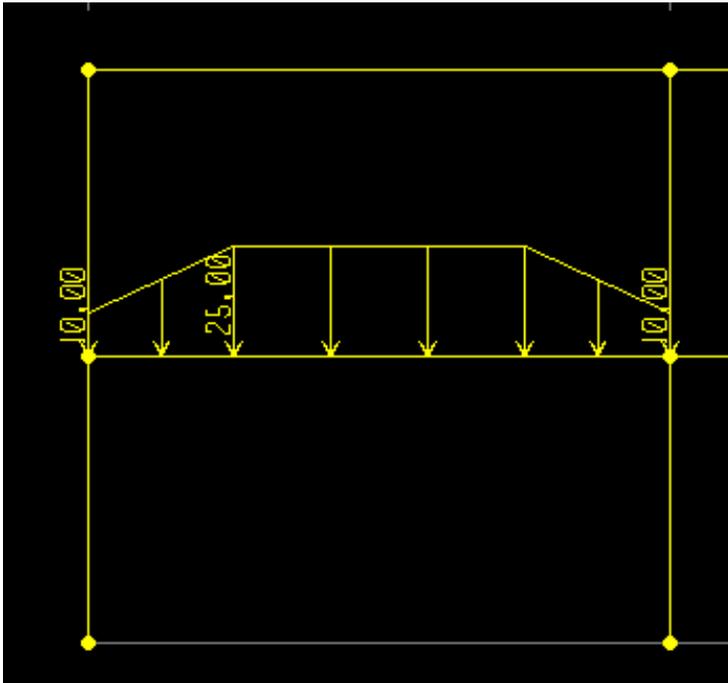
	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0,25	0,75	1.
Load	5.	15	10.	0.
- Relative Distance from End-I:** Selected with a radio button.
- Absolute Distance from End-I:** Unselected with a radio button.

Buttons: OK, Cancel

Affectation des charges réparties aux éléments Frame:

Afin de définir un chargement réparti sur un élément déjà sélectionné, ceci est effectué via le menu **Assign/Frame Loads /Distributed** la boîte suivante s'affiche:

- ① Rubrique permettant de saisir une charge trapézoïdale et leur localisation.
- ② Permet d'affecter une charge uniforme.



Frame Distributed Loads

Load Pattern Name: Units:

Load Type and Direction: Forces Moments
 Coord Sys:
 Direction:

Options: Add to Existing Loads
 Replace Existing Loads
 Delete Existing Loads

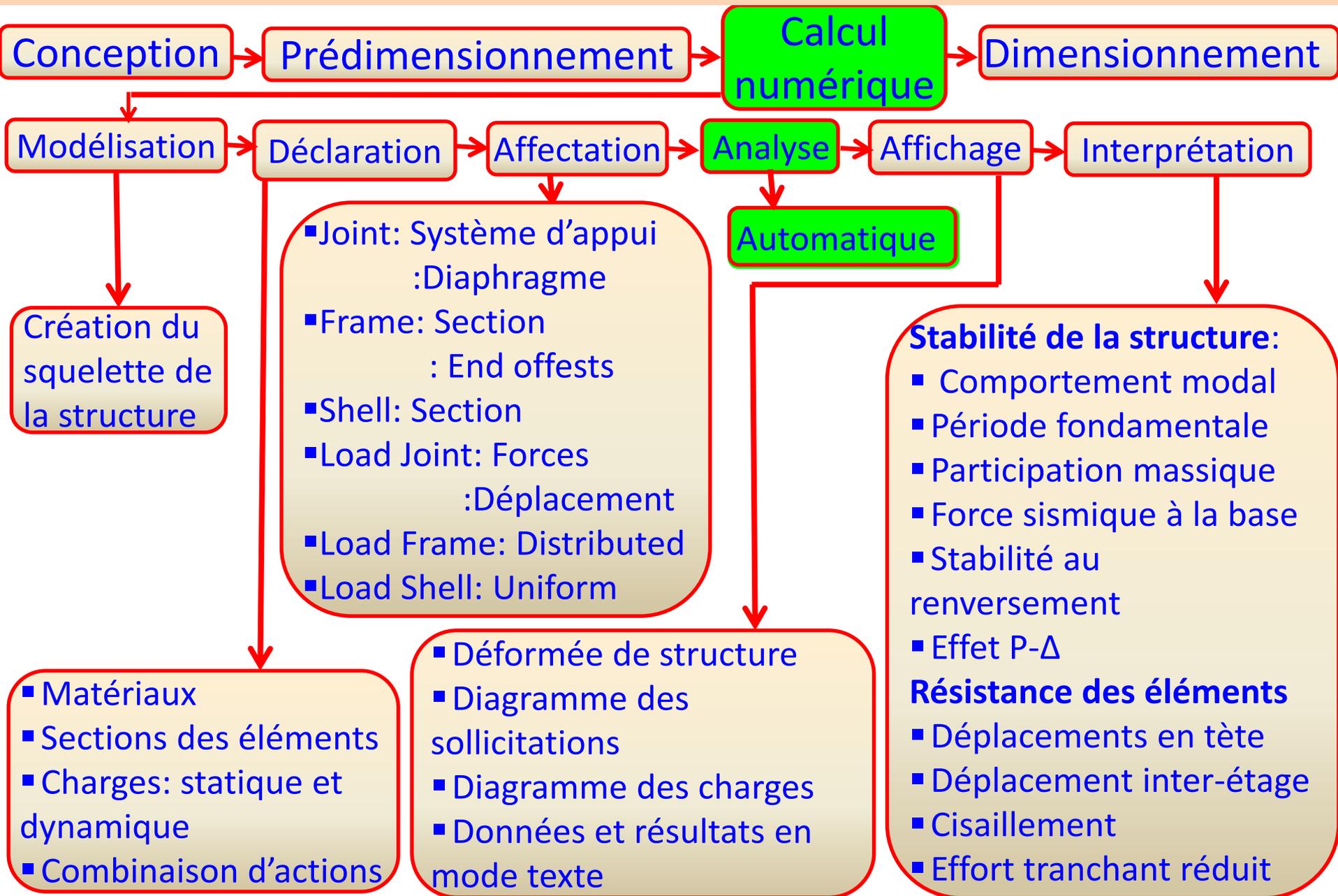
Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="0,25"/>	<input type="text" value="0,75"/>	<input type="text" value="1."/>
Load	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="0."/>

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Uniform Load:

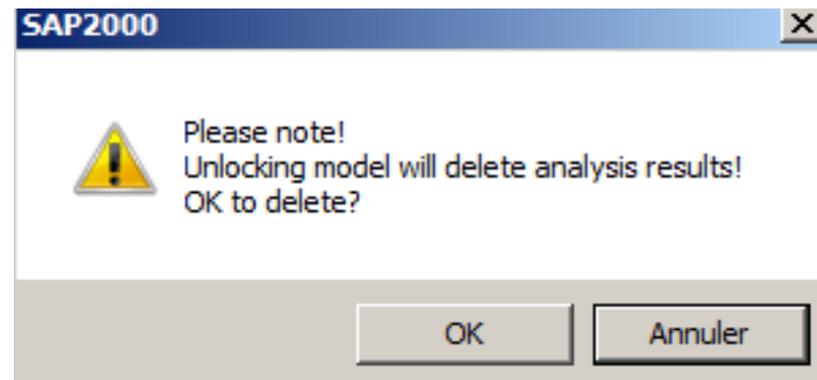
Analyse : Menu «Analyse »



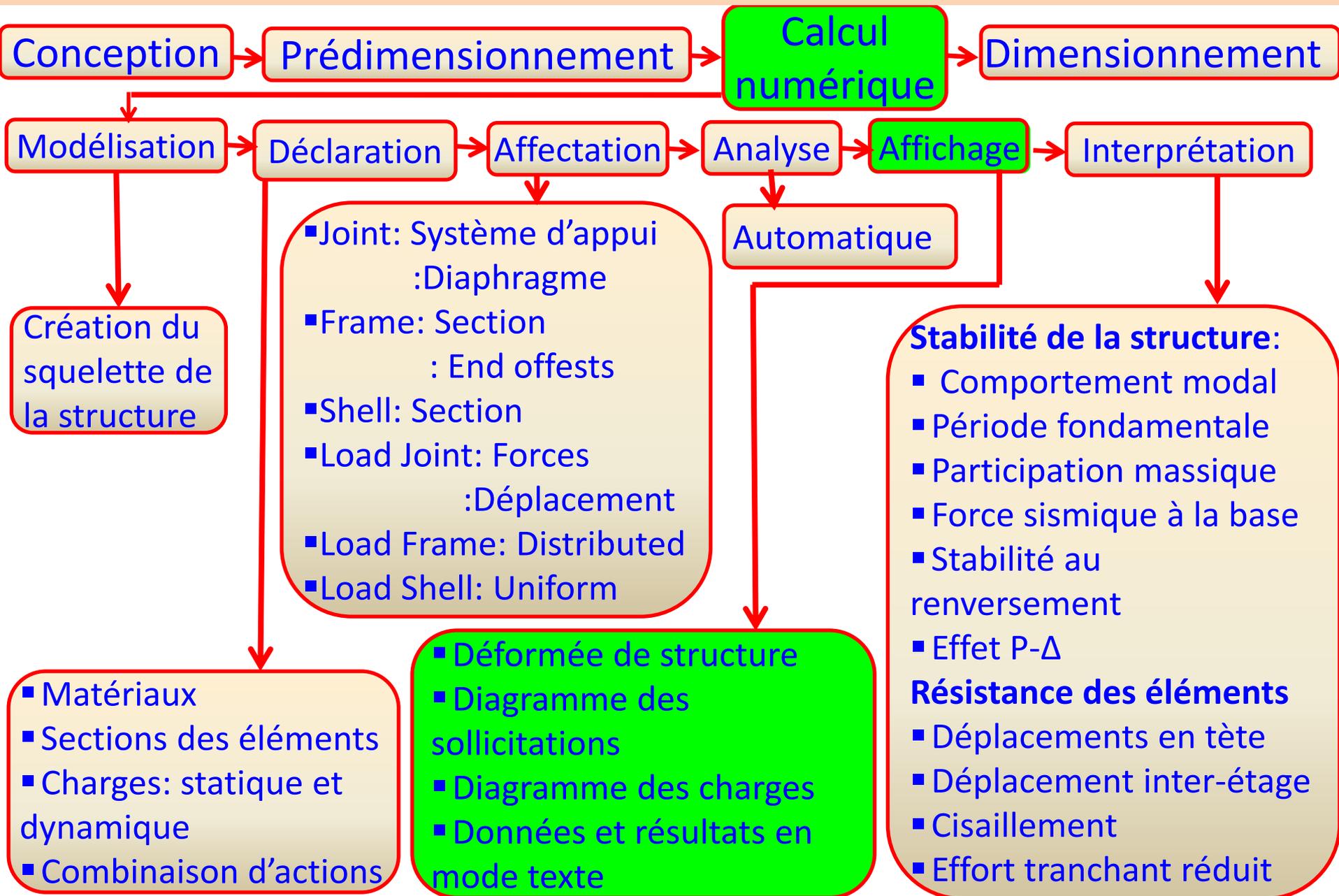
Analyse de la structure:

Après vérification des différentes données définissant notre structure, on peut lancer le calcul via le menu **Analyse/Run Analysis** (raccourcis F5) ou bien l'icone 

Après lancement du calcul, l'icone  s'active en verrouillant le mode saisie , si on veut modifier des données, il y a lieu de cliquer sur cet icone, la boite suivante s'affiche signalant que la validation de celle-ci causerait la perte de tous les résultats.



Affichage : Menu «Display»



Affichage des résultats:

Après l'analyse de la structure, on peut afficher les résultats via le menu **Display** ou bien par les icônes suivantes:



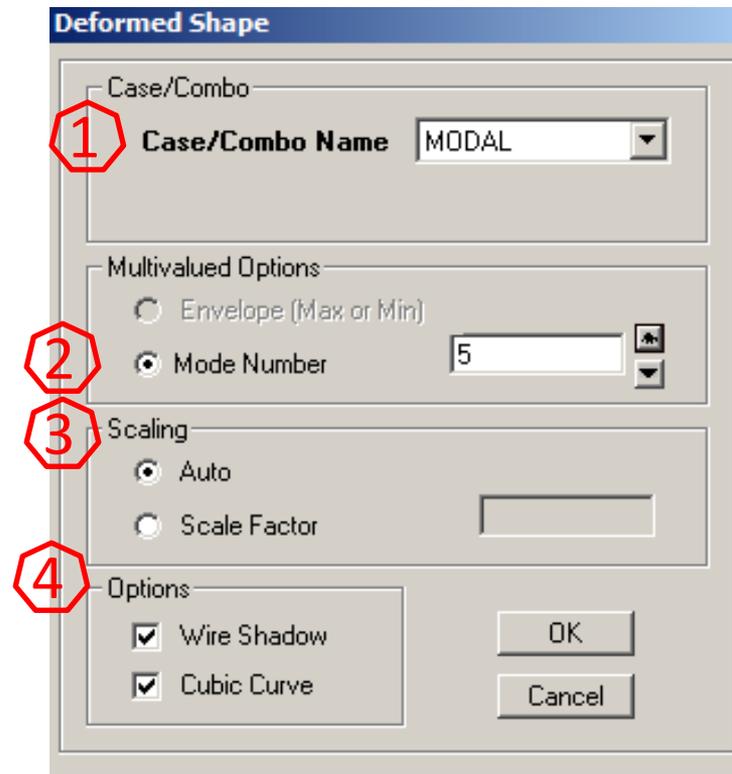
1. Affichage de la structure au repos

L'icône **A** (ou bien via le menu **Display/Show Undeformed Shape**): Permet d'afficher la structure au repos (même avant l'analyse)

2. Affichage de la déformée de structure sous une charge

L'icône **B** (ou bien via le menu **Display/Show Deformed Shape**): sert à afficher la déformée par cas de charge ou combinaison, en cliquant dessus la boîte suivante s'affiche:

- ① Liste déroulante pour choisir du cas de charge ou de la combinaison
- ② Afficher la déformée selon les différents modes après analyse modale
- ③ Facteur d'échelle de la déformée
- ④ Options d'affichage de la déformée de la structure:
 - Rien à cocher: affichage de la déformée simplifiée
 - Cocher seulement la case 1: affichage de la déformée simplifiée avec la forme au repos
 - Cocher seulement la case 2: affichage de la déformée avec courbure des éléments
 - Cocher les deux cases : affichage de la déformée avec courbure des éléments, plus la forme au repos



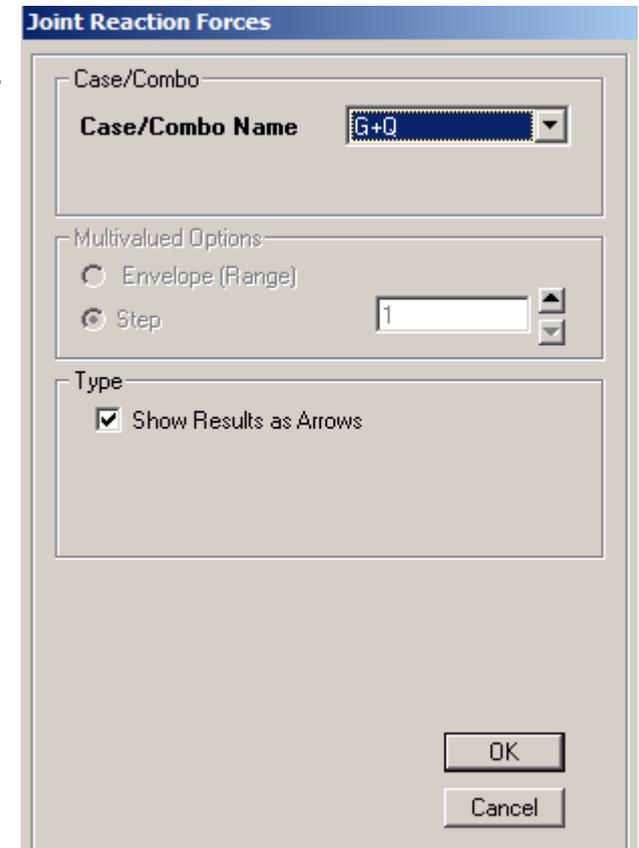
3. Affichage sur écran des sollicitations

3.1. Réactions des nœuds (appuis)

L'icône **C** (ou bien via le menu **Display-Show Forces/Stresses-Joint**): Permet d'afficher les réactions, par un simple clic, la boîte « **Joint Reaction Forces** » s'affiche:

Afin d'obtenir les réactions en valeurs, cliquer avec le bouton droit sur le nœud désiré, la boîte de résultats « **Joint Reactions in Joint Local CoordSys** » s'affiche:

Les résultats affichés sont des efforts et des moments suivant les axes locaux des nœuds qui sont par défaut // aux axes globaux



Joint Reactions in Joint Local CoordSys			
Joint Object	22	Joint Element	22
	1	2	3
Force	0,472	2,971	494,773
Moment	-4,484	0,597	4,308E-04

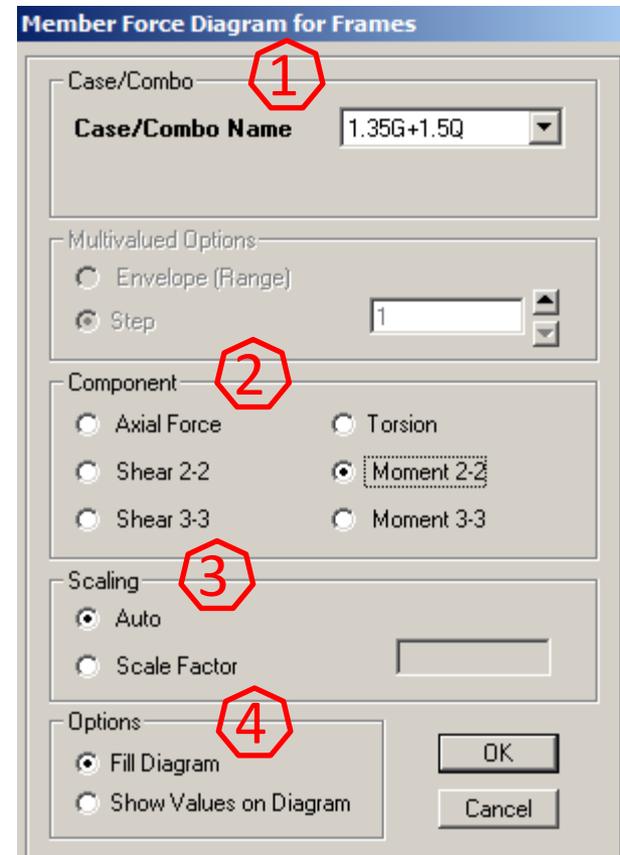


3.2. Sollicitations des éléments Frame

L'icone **C** (ou bien via le menu **Display>Show Forces/Stresses-Frame/Cables**): Permet de visualiser le diagramme des sollicitations internes de l'élément sélectionné « Frame »,

En cliquant dessus, la boite « **Member force Diagram for Frames** » s'affiche:

- 1** Liste pour le choix du cas de charge ou la combinaison désirée
- 2** Permet de choisir la sollicitation interne à visualiser
- 3** Permet de définir un facteur d'échelle du diagramme
- 4** Permet le remplissage du diagramme avec couleur ou d'afficher les valeurs maximales sur le diagramme



Affichage des résultats : Menu «Display »

Après validation de la boîte « **Member force Diagram for Frames** », on peut cliquer avec le bouton droit sur un élément pour afficher le diagramme des efforts,

la boîte suivante s'affiche:

① Liste pour le choix du cas de charge ou la combinaison désirée

② Spécifié les sollicitations

③ Identification de l'élément

④ Options pour afficher les valeurs des efforts le long de l'élément ou la valeur max

⑤ Permet de saisir une distance ou bien faite passer le curseur sur le diagramme pour afficher les valeurs des efforts correspondants

Diagrams for Frame Object 59 (Pout P 30x40)

Case: 1.35G+1.5Q
Items: Major (V2 and M3) Single valued

End Length Offset (Location)
I-End: Jt: 11 0,200000 m (0,20000 m)
J-End: Jt: 14 0,200000 m (4,80000 m)

Display Options:
 Scroll for Values
 Show Max

Location: 1,13749 m

Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)
Dist Load (2-dir): 46,80 KN/m at 1,13749 m Positive in -2 direction

Resultant Shear: Shear V2: -52,222 KN at 1,13749 m

Resultant Moment: Moment M3: 25,7857 KN-m at 1,13749 m

Deflections: Deflection (2-dir): 0,001627 m at 1,13749 m Positive in -2 direction

Absolute Relative to Beam Minimum Relative to Beam Ends

Reset to Initial Units Done Units: KN, m, C

- ⑥ Fenêtre affichant le diagramme des charges équivalentes
- ⑦ ⑧ Permet d'afficher le diagramme des sollicitations internes

⑨ Sert à visualiser le diagramme des flèches

- Flèche absolue
- Flèche relative: flèche à partir de la flèche minimale
- Flèche à partir de la ligne passant par les deux extrémités

Diagrams for Frame Object 59 (Pout P 30x40)

① Case: 1.35G+1.5Q

② Items: Major (V2 and M3) Single valued

End Length Offset (Location):

I-End: Jt: 11 0,200000 m (0,20000 m) ③

J-End: Jt: 14 0,200000 m (4,80000 m)

Display Options: ④

Scroll for Values

Show Max

Location: ⑤

1,13749 m

Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)

63,71 105,46 121,43 128,54

Dist Load [2-dir] ⑥

46,80 KN/m at 1,13749 m Positive in -2 direction

Resultant Shear

Shear V2 ⑦

-52,222 KN at 1,13749 m

Resultant Moment

Moment M3 ⑧

25,7857 KN-m at 1,13749 m

Deflections

Deflection [2-dir] ⑨

0,001627 m at 1,13749 m Positive in -2 direction

Absolute Relative to Beam Minimum Relative to Beam Ends

Reset to Initial Units Done Units KN, m, C

3.3. Sollicitations des éléments Shell



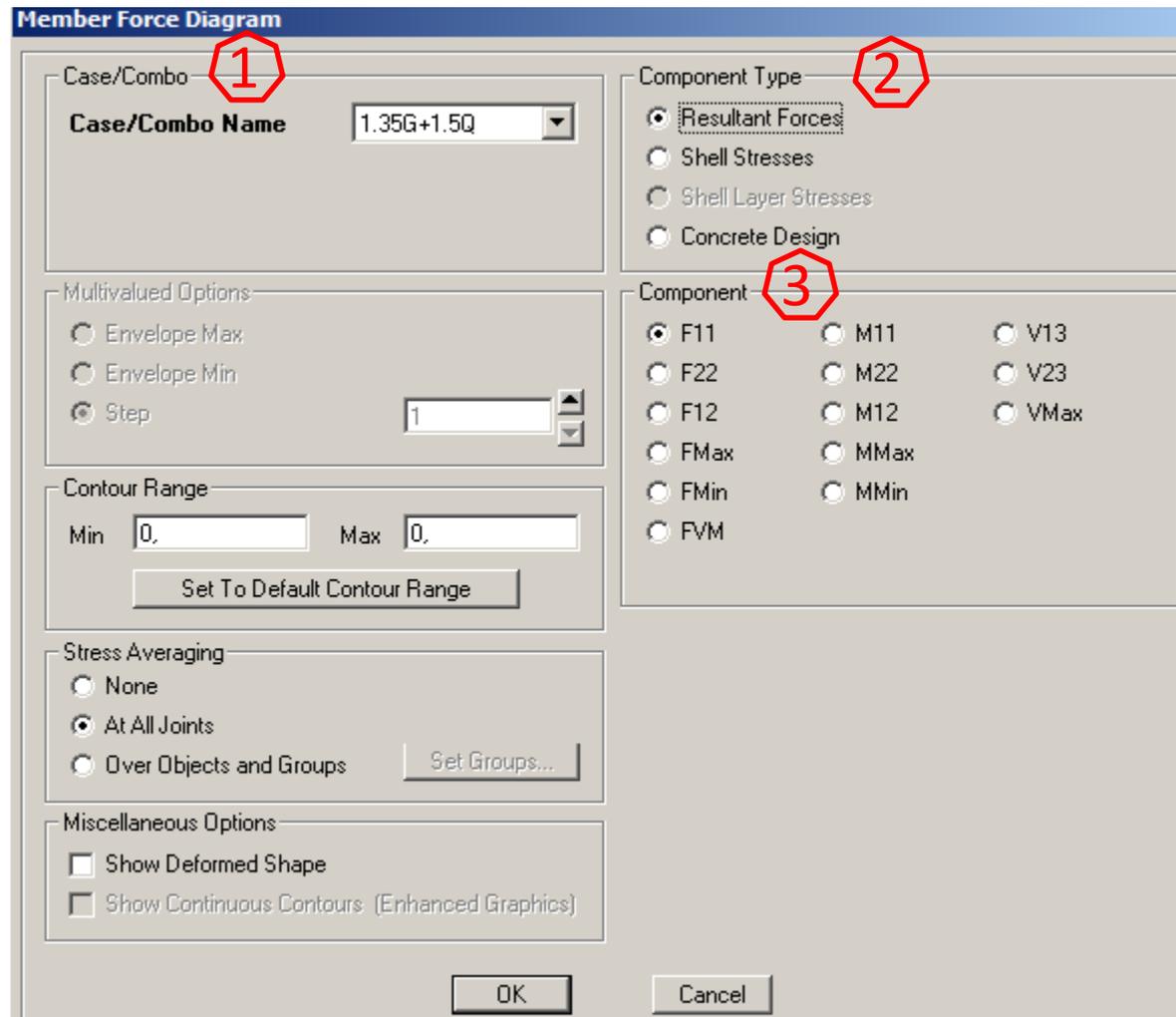
L'icone **C** (ou bien via le menu **Display-Show Forces/Stresses-Shells**):

Permet de visualiser le diagramme des sollicitations internes de l'élément sélectionné « Shell ».

En cliquant dessus, la boîte suivante s'affiche:

1 Liste pour le choix du cas de charge ou la combinaison

2 Spécifie le type de sollicitation (force ou contrainte.....)



③ Efforts et moments par unité linéaire concentrés au milieu de la surface afférente de l'élément

Après validation de la boîte, le diagramme de l'effort choisi sous la combinaison désirée s'affiche sur la structure.

Afin d'afficher la sollicitation choisie en valeur, en cliquant par le bouton droit sur l'élément désiré, la boîte «**Stress Diagram**» s'affiche

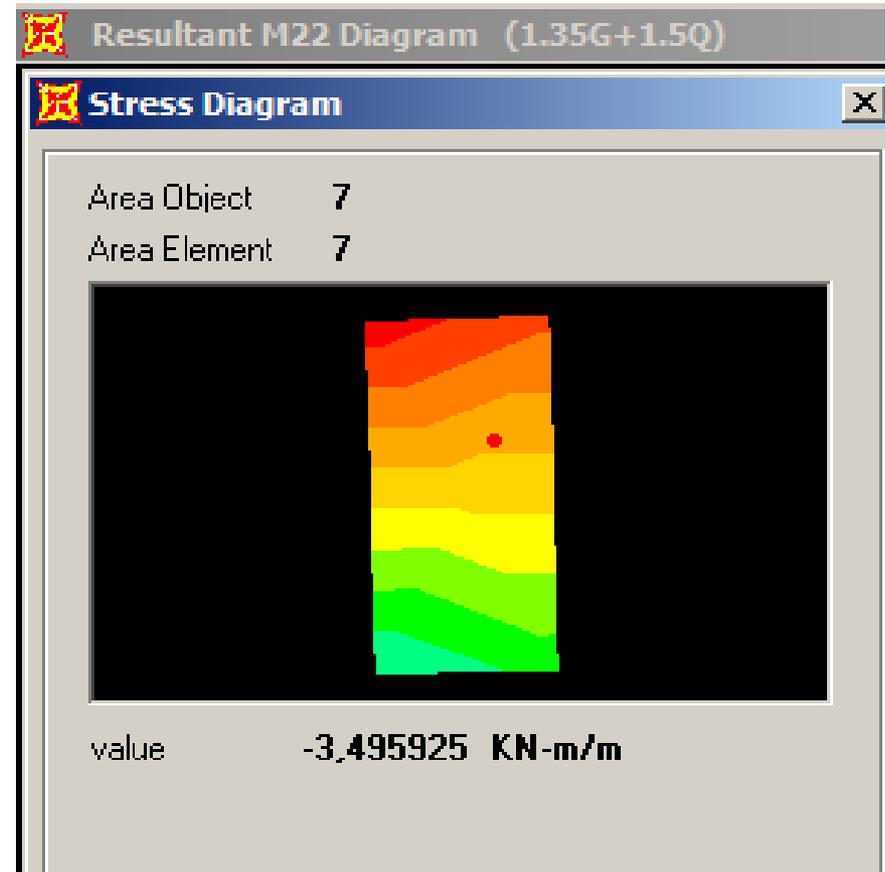
The screenshot shows the 'Member Force Diagram' dialog box with several annotations:

- 1**: Points to the 'Case/Combo Name' dropdown menu, which is set to '1.35G+1.5Q'.
- 2**: Points to the 'Component Type' section, where 'Resultant Forces' is selected.
- 3**: Points to the 'Component' section, where 'F11' is selected.

The dialog box contains the following sections and options:

- Case/Combo**: Case/Combo Name: 1.35G+1.5Q
- Component Type**:
 - Resultant Forces
 - Shell Stresses
 - Shell Layer Stresses
 - Concrete Design
- Multivalued Options**:
 - Envelope Max
 - Envelope Min
 - Step: 1
- Contour Range**:
 - Min: 0, Max: 0,
 - Set To Default Contour Range
- Stress Averaging**:
 - None
 - At All Joints
 - Over Objects and Groups (Set Groups...)
- Miscellaneous Options**:
 - Show Deformed Shape
 - Show Continuous Contours (Enhanced Graphics)
- Component**:
 - F11, M11, V13
 - F22, M22, V23
 - F12, M12, VMax
 - FMax, MMax
 - FMin, MMin
 - FVM
- Buttons**: OK, Cancel

Faite passer le curseur sur le diagramme pour afficher la valeur de l'effort correspondant



4. Affichage des charges

4.1. Charges appliquées aux nœuds

L'icône **D** (ou bien via le menu **Display/Show Load Assigns/Joint**):
Permet de visualiser le diagramme des charges appliquées aux nœuds,
la boîte suivante s'affiche:

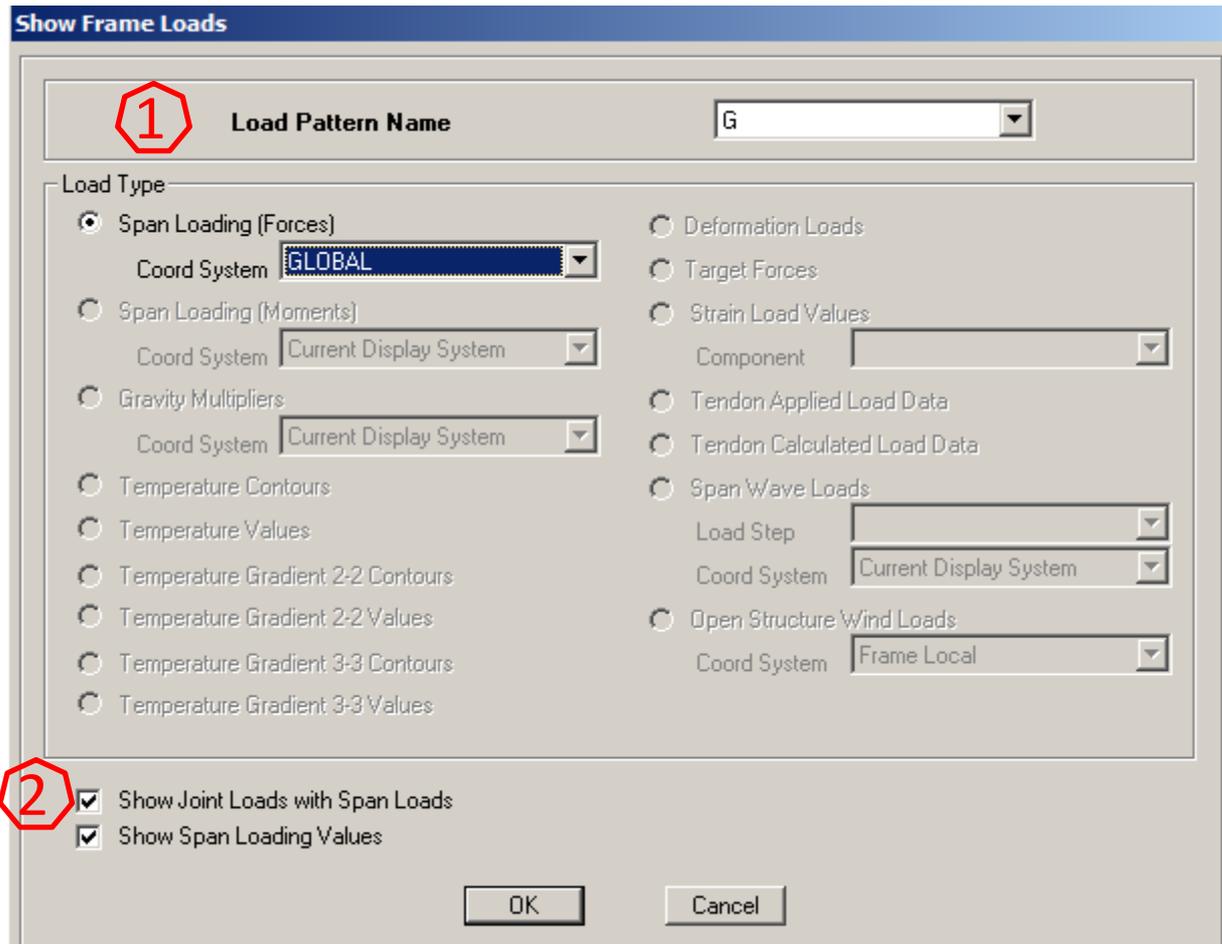




4.1. Charges appliquées sur éléments

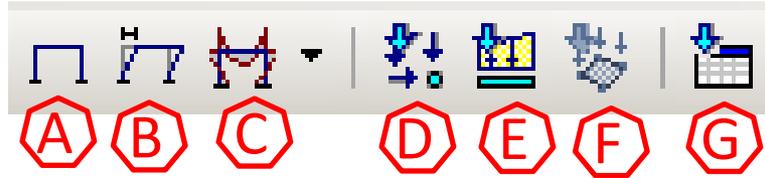
L'icone **E** (ou bien via le menu **Display/Show Load Assigns/Frame**): Permet de visualiser le diagramme des charges appliquées sur éléments,

la boîte suivante s'affiche:



4.1. Affichage des résultats en mode texte

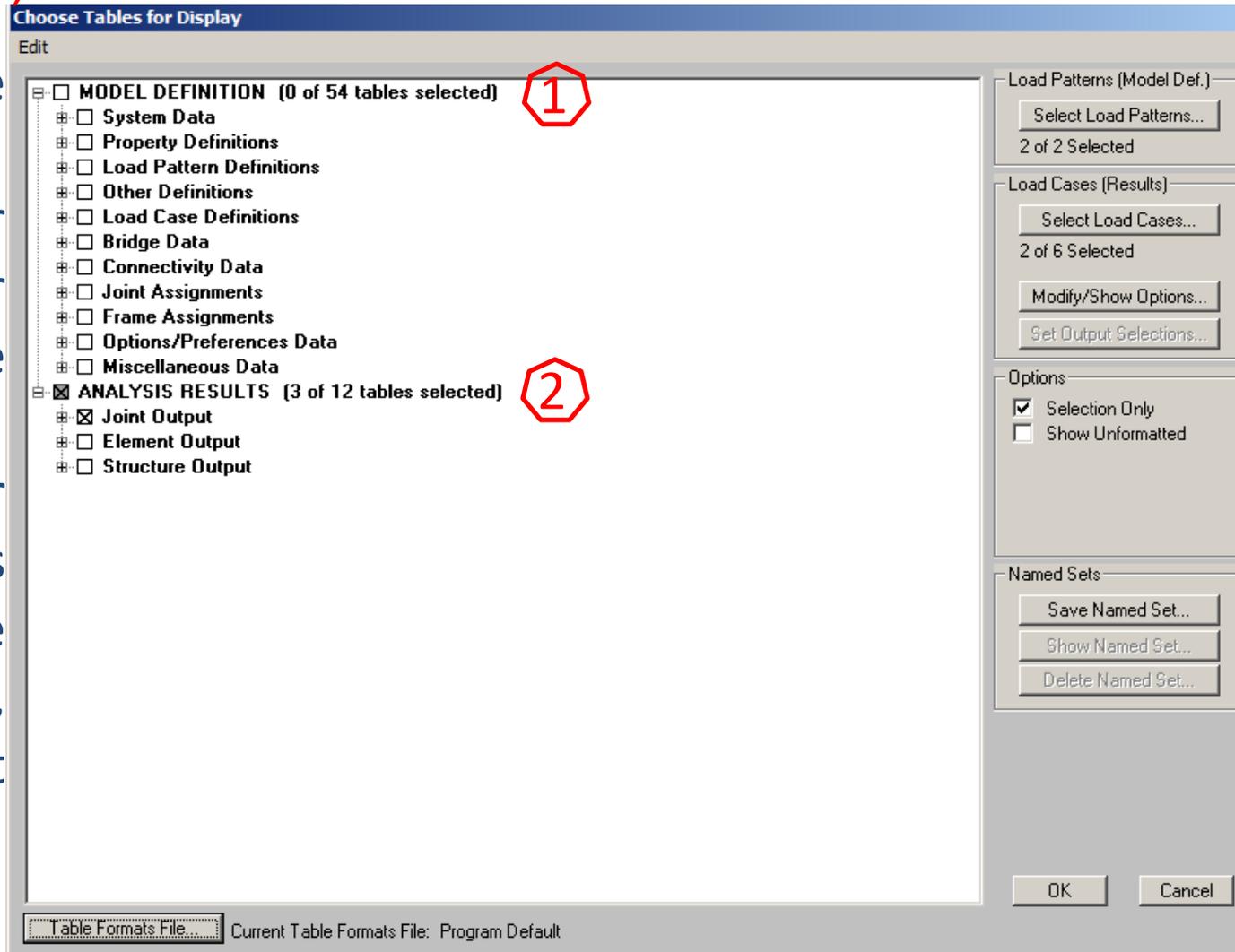
L'icone **G** (ou bien via le menu **Display/Show Tables**,



la boîte suivante s'affiche:

1 Permet d'afficher les données pour définir la structure en mode texte

2 Sert à afficher les résultats d'analyse en mode texte: nœuds, éléments (Frame et Shell) et structure



Une fois on a validé la boîte précédente, la boîte suivante s'affiche:

① choisir les sollicitations pour élément Frame ou Shell

Les résultats affichés peuvent être exportés à l'Excel ou visualisés sur Word et ceci via le menu « File » ②

1. Frame:

②

①

Element Forces - Frames

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m
▶	1	0	G+Q	Combination	-161,811	-1,812	-4,093	-0,0004308	-5,9655
	1	1,9	G+Q	Combination	-156,824	-1,812	-4,093	-0,0004308	1,8107
	1	3,8	G+Q	Combination	-151,836	-1,812	-4,093	-0,0004308	9,5869
	1	0	1.35G+1.5Q	Combination	-220,441	-2,45	-5,616	-0,0005952	-8,1865
	1	1,9	1.35G+1.5Q	Combination	-213,708	-2,45	-5,616	-0,0005952	2,4829
	1	3,8	1.35G+1.5Q	Combination	-206,975	-2,45	-5,616	-0,0005952	13,1524
	2	0,2	G+Q	Combination	-78,516	-5,107	-10,441	-0,0012	-17,6165
	2	2	G+Q	Combination	-73,791	-5,107	-10,441	-0,0012	1,1778
	2	3,8	G+Q	Combination	-69,066	-5,107	-10,441	-0,0012	19,9721
	2	0,2	1.35G+1.5Q	Combination	-106,961	-6,906	-14,328	-0,0016	-24,1746
	2	2	1.35G+1.5Q	Combination	-100,582	-6,906	-14,328	-0,0016	1,6166
	2	3,8	1.35G+1.5Q	Combination	-94,203	-6,906	-14,328	-0,0016	27,4079
	3	0	G+Q	Combination	-311,213	-1,404	-2,074	-0,0004308	-3,2951
	3	1,9	G+Q	Combination	-306,225	-1,404	-2,074	-0,0004308	0,6447
	3	3,8	G+Q	Combination	-301,238	-1,404	-2,074	-0,0004308	4,5846
	3	0	1.35G+1.5Q	Combination	-425,684	-1,901	-2,846	-0,0005952	-4,5239
	3	1,9	1.35G+1.5Q	Combination	-418,951	-1,901	-2,846	-0,0005952	0,8837
	3	3,8	1.35G+1.5Q	Combination	-412,218	-1,901	-2,846	-0,0005952	6,2913
	4	0,2	G+Q	Combination	-157,632	-4,15	-5,632	-0,0012	-9,4825

Record: 1 of 1044

Add Tables... Done

2. Shell:

Sollicitations des éléments Shell

Element Forces - Area Shells

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Element Forces - Area Shells

	Area Text	AreaElem Text	ShellType Text	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F11 KN/m	F22 KN/m	F12 KN/m
▶	6	1	Shell-Thin	10	1.35G+1.5Q	Combination	-42	-210,01	5,48
	6	1	Shell-Thin	52	1.35G+1.5Q	Combination	-30,05	-150,26	-1,92
	6	1	Shell-Thin	53	1.35G+1.5Q	Combination	-30,05	-150,26	0,58
	6	1	Shell-Thin	11	1.35G+1.5Q	Combination	-42	-210,01	7,98

Record: 1 of 4

Add Tables... Done

2. Shell:

Sollicitations des nœuds limites des éléments Shell

Element Joint Forces - Areas

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Element Joint Forces - Areas

	Area Text	AreaElem Text	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m
▶	6	1	10	1.35G+1.5Q	Combination	68,876	1,963	193,897	-2,4485
	6	1	52	1.35G+1.5Q	Combination	-75,042	1,675	186,62	-2,3691
	6	1	53	1.35G+1.5Q	Combination	-69,065	-1,357	-154,458	-4,1398
	6	1	11	1.35G+1.5Q	Combination	75,231	-2,281	-185,559	-5,5958

Record: 1 of 4

Add Tables... Done

