

Dynamique des Structures

Abdellatif MEGNOUNIF

E-mail: abdellatif_megnounif@yahoo.fr

**Partie 3B: Méthodes statiques non linéaires
équivalentes.**

Application 17

Analyse Push over

Exemple 17 Mercredi 17.04.2024

© **Abdellatif MEGNOUNIF FT-Tlemcen**

Objectif

Le but de cette application est de :

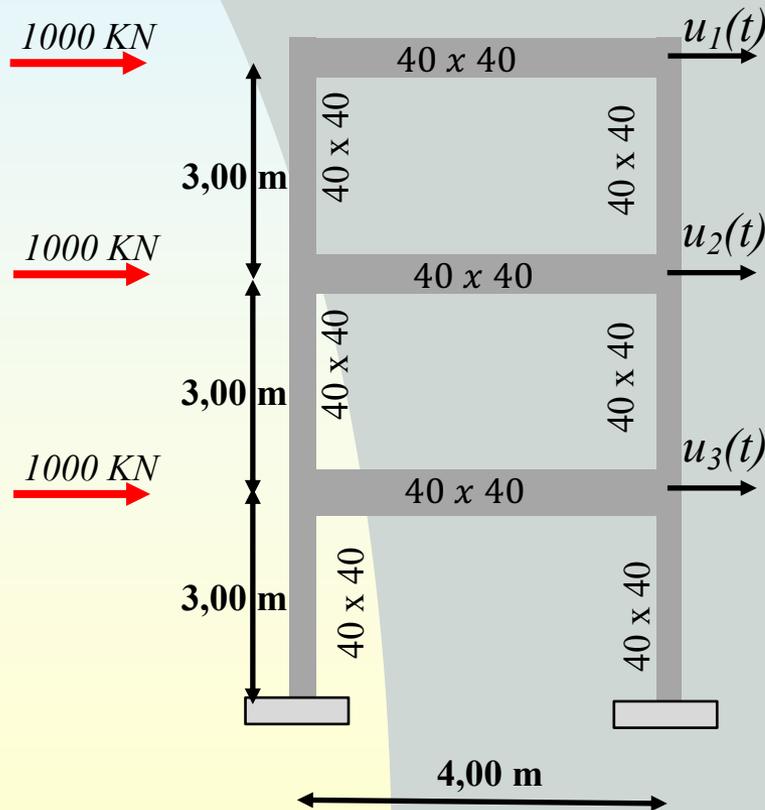
- ❖ Décrire le comportement d'une structure en utilisant une analyse statique non linéaire équivalente, en passant par la méthode pushover.**
- ❖ Décrire les différentes étapes de la méthode pushover à travers l'utilisation de SAP2000 .**

Exemple

On donne le portique en béton armé à 03 niveaux montré en figure ci-contre, avec les données correspondantes. On demande de :

Tracer la courbe push over de cette structure en utilisant le logiciel SAP2000. Les différentes étapes seront détaillées selon les instructions du SAP2000.

Le chargement latéral appliqué pour le push over est une force constante de valeur « 1000 KN » sur tous les niveaux

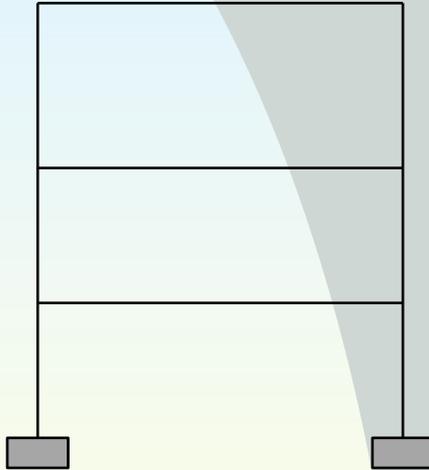


Données (Par défaut du SAP2000)

✓ Béton.

Push Over par SAP2000

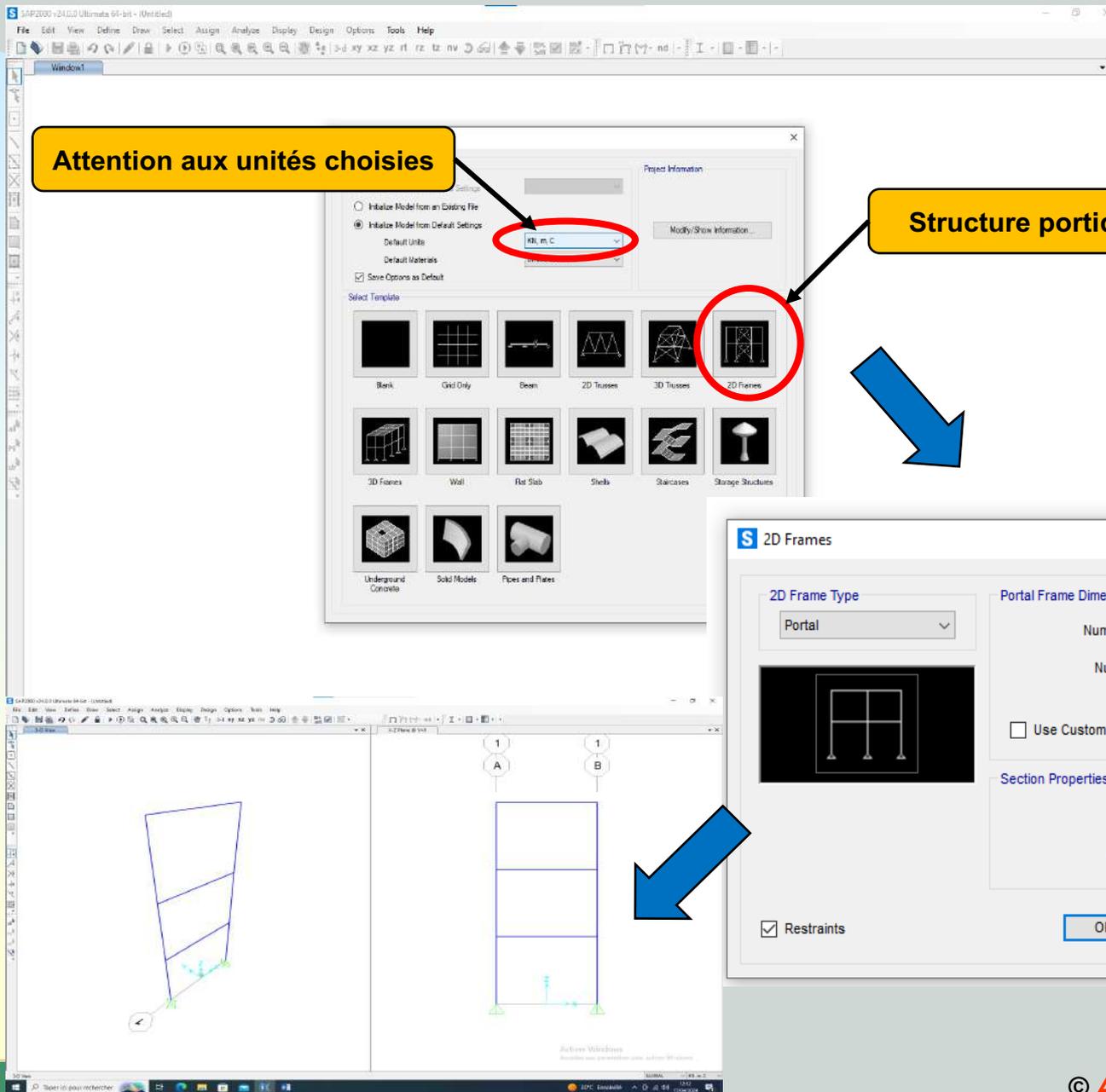
1. Création du modèle de calcul



- ✓ Choisir le type de structure (modèle)
- ✓ Définir le type de matériau (*Define materials*)
- ✓ Définir et attribuer les sections des éléments poteaux et poutres (*Define/Assign Section properties*)
- ✓ Appliquer les CL (*Assign joint restraints*)
- ✓ Définir les modèles de chargement (*Define load patterns*)
- ✓ Définir et attribuer la notion de « plancher rigide » par étage (Diaphragmes) (*define/assign joint constraints diaphragms*)

1. Création du modèle de calcul

✓ Choisir le type de structure (modèle)



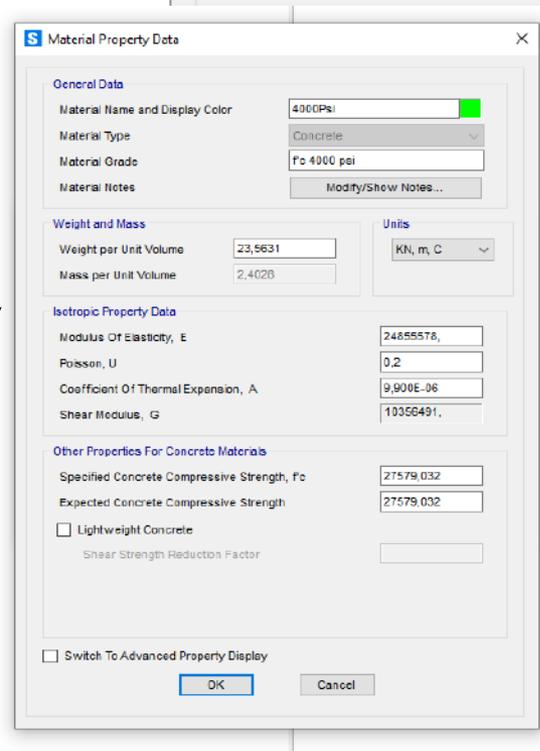
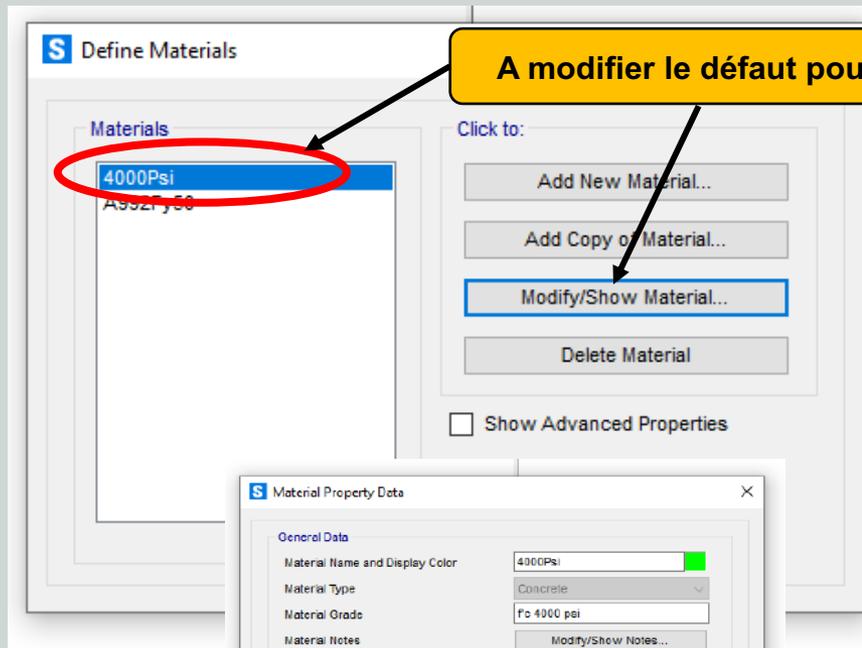
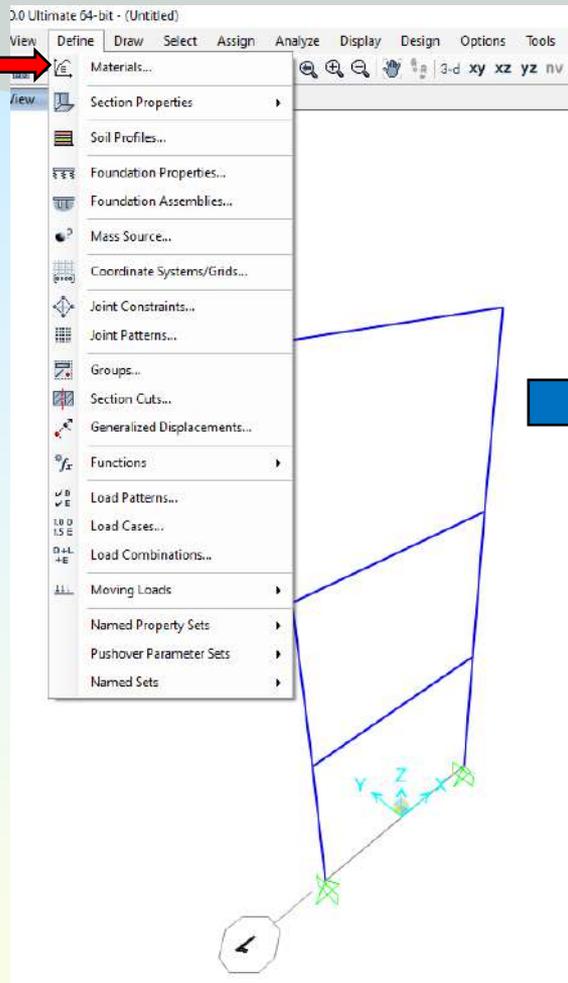
Attention aux unités choisies

Structure portique plan choisie

A remplir

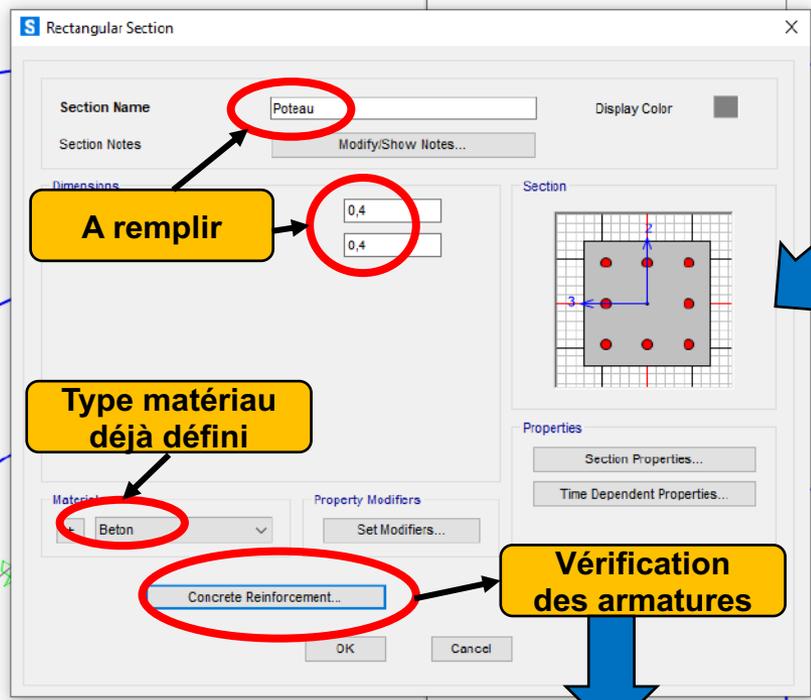
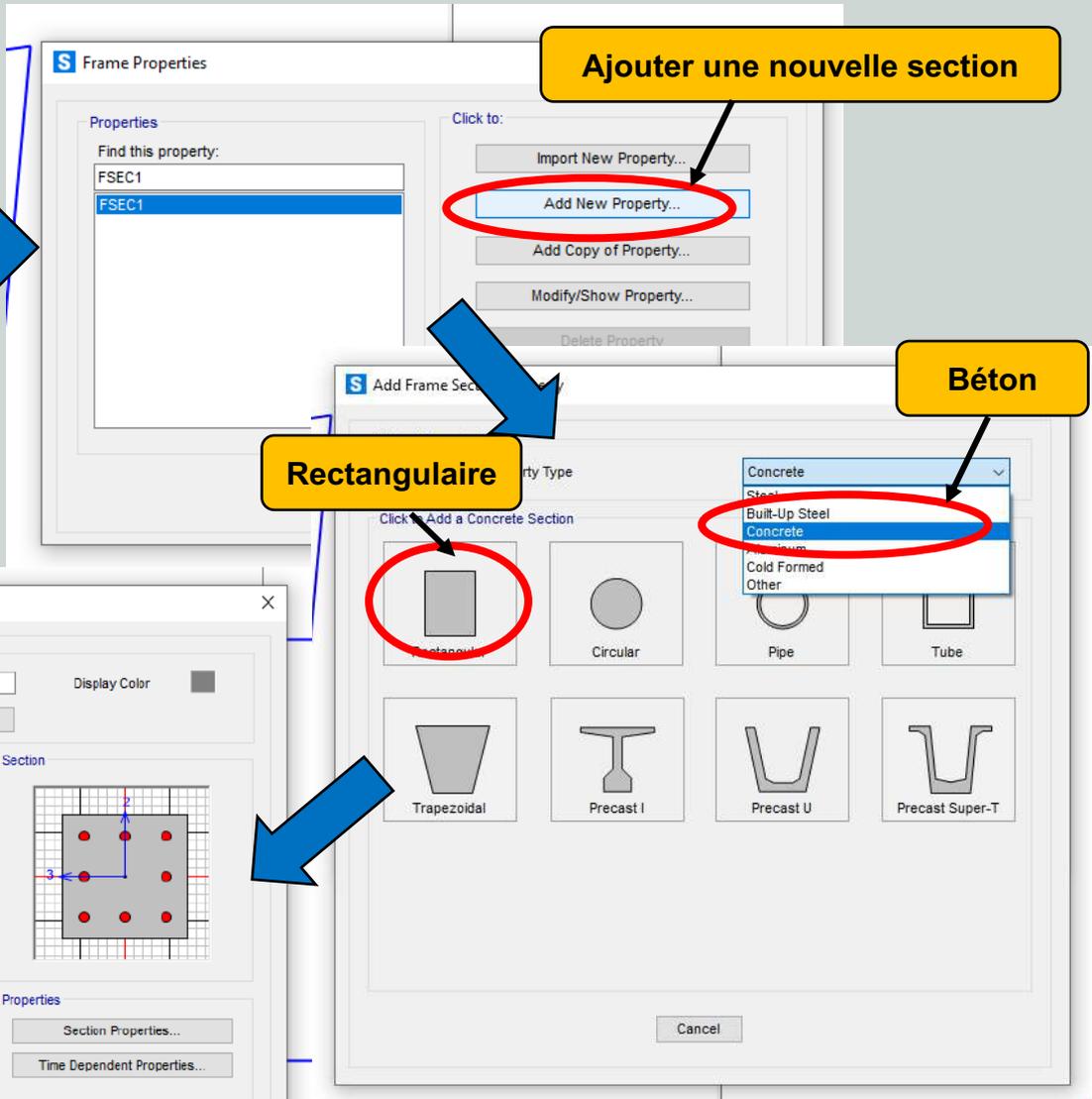
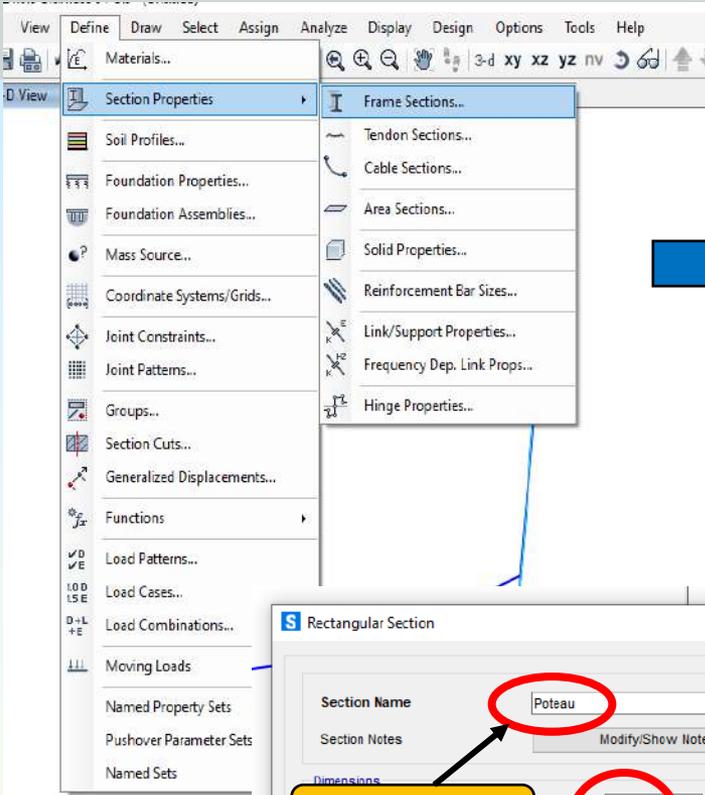
1. Création du modèle de calcul

✓ Définir le type de matériau (*Define materials*)



1. Création du modèle de calcul

✓ Définir et attribuer les sections des éléments poteaux et poutres (*Define/Assign Section properties*)



1. Création du modèle de calcul

✓ Définir et attribuer les sections des éléments poteaux et poutres (*Define/Assign Section properties*)

Vérification des armatures

Poteaux

Poutres

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + A615Gr60

Confinement Bars (Ties) + A615Gr60

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars 0,04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 3

Longitudinal Bar Size + #9

Confinement Bars

Confinement Bar Size + #4

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 0,15

Number of Confinement Bars in 3-dir 3

Number of Confinement Bars in 2-dir 3

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

OK

Cancel

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + A615Gr60

Confinement Bars (Ties) + A615Gr60

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top 0,06

Bottom 0,06

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

Left Right

Top 0, 0,

Bottom 0, 0,

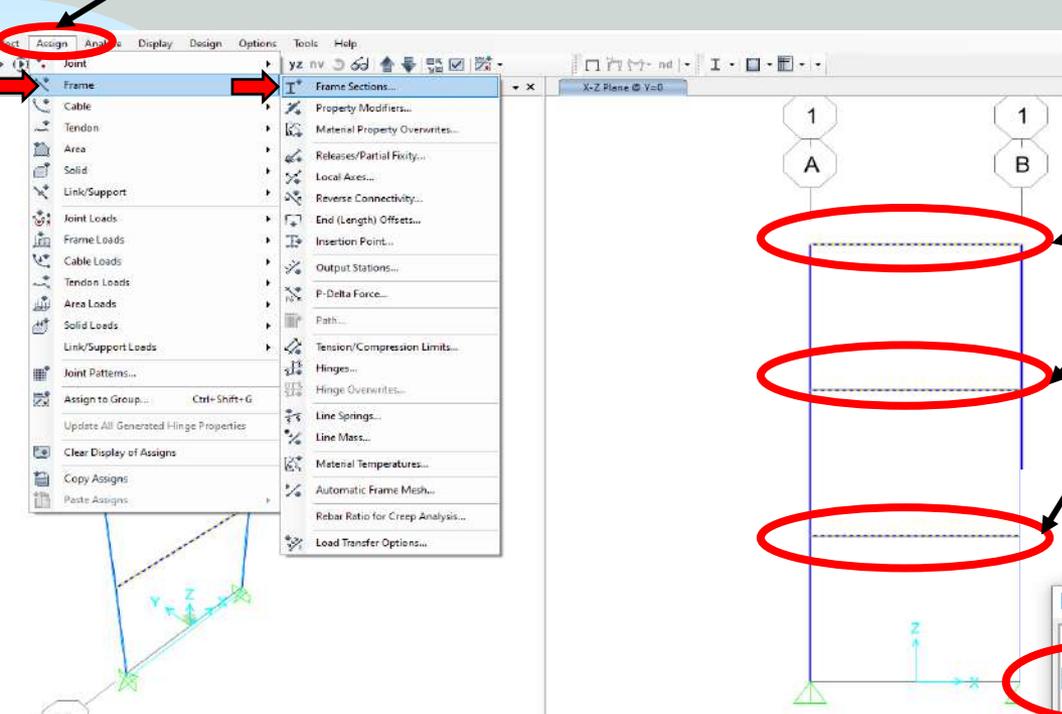
OK

Cancel

1. Création du modèle de calcul

✓ Définir et attribuer les sections des éléments poteaux et poutres (*Define/Assign Section properties*)

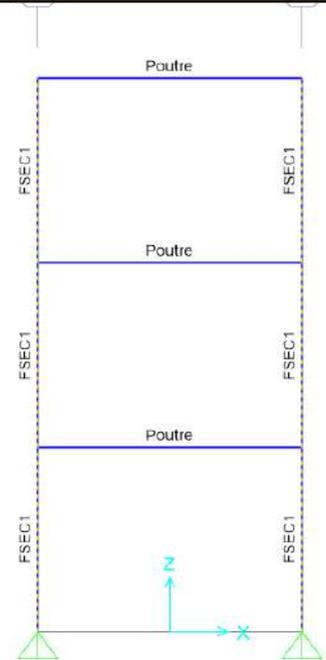
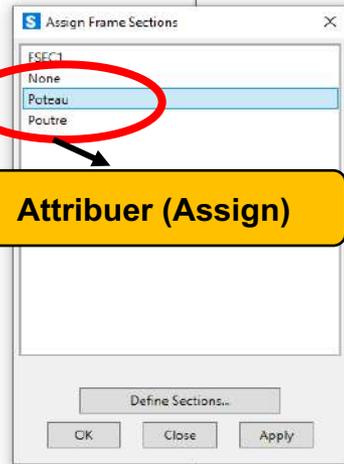
Assign



Sélectionner les poutres pour attribuer les sections

Même chose pour les poteaux

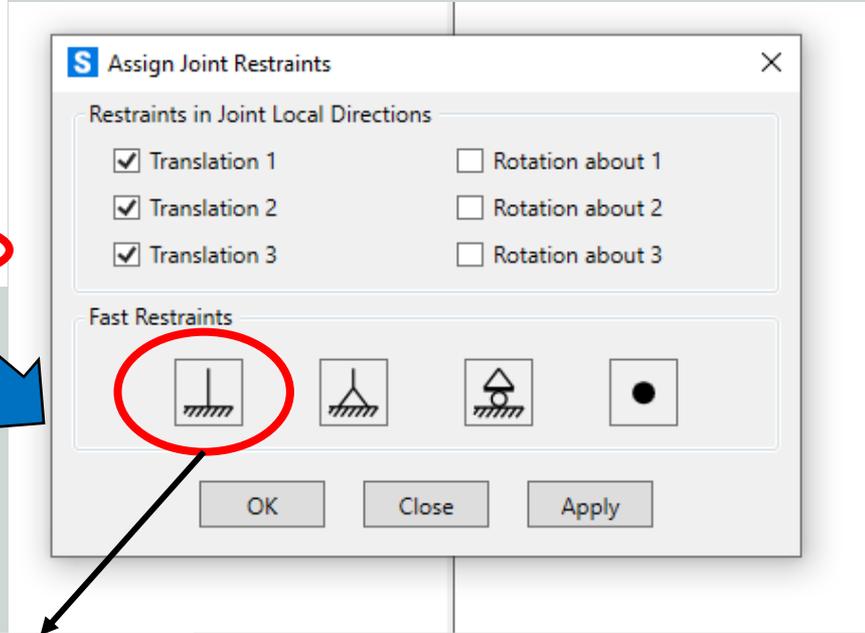
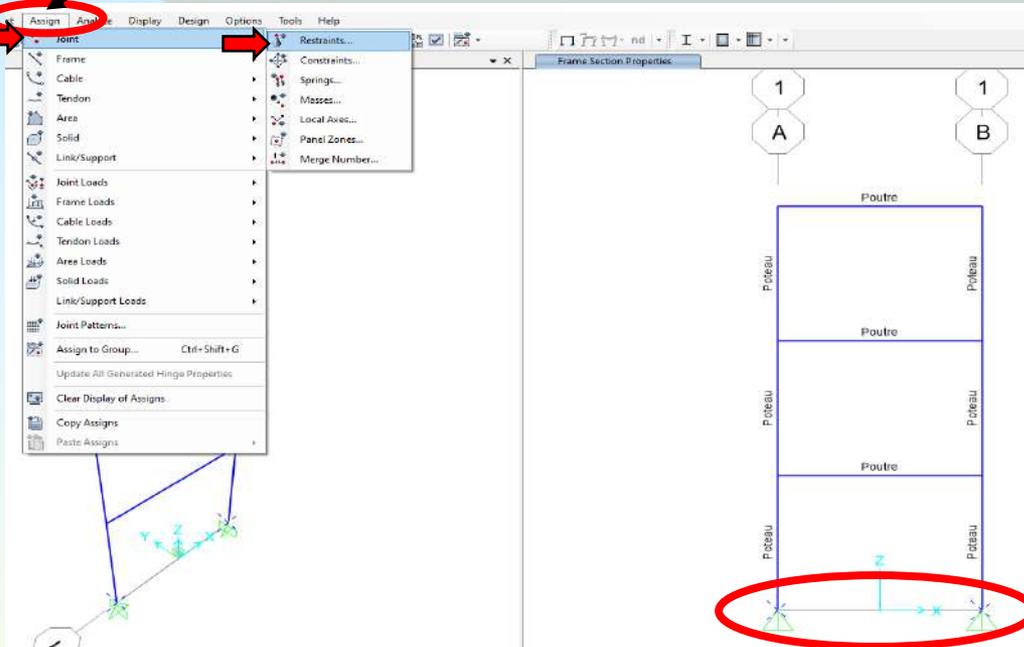
Attribuer (Assign)



1. Création du modèle de calcul

✓ Appliquer les CL (*Assign joint restraints*)

Assign

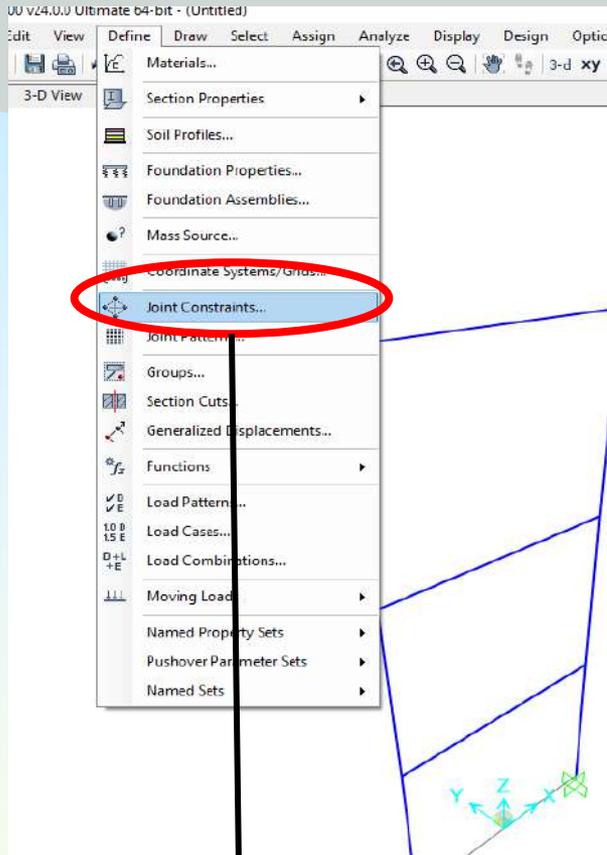


Sélectionner les nœuds à encastrement

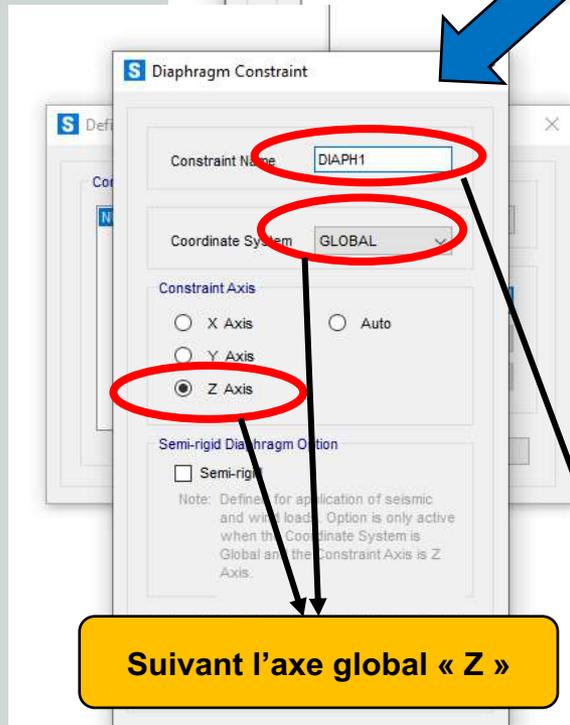
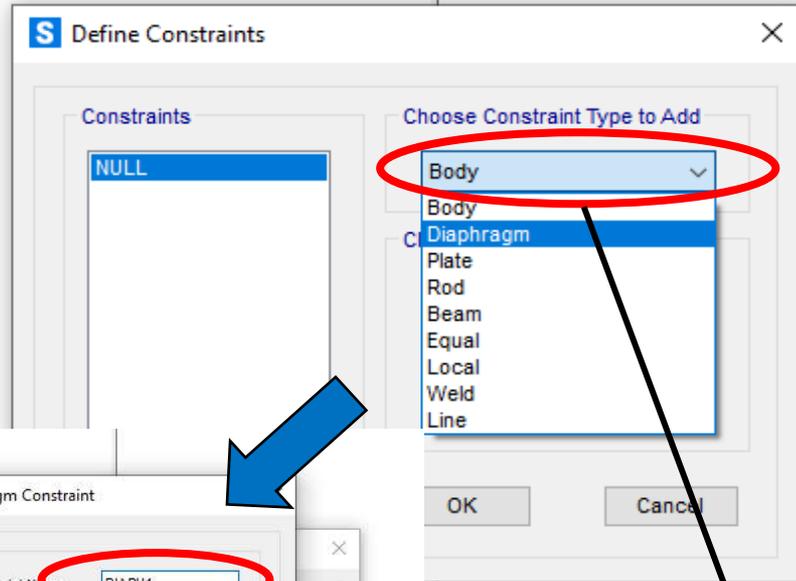
Encastrement



1. Création du modèle de calcul



✓ Définir la notion de « plancher rigide » par étage (Diaphragmes) (*define/assign joint constraints diaphragms*)



Définir « Joint constraints »

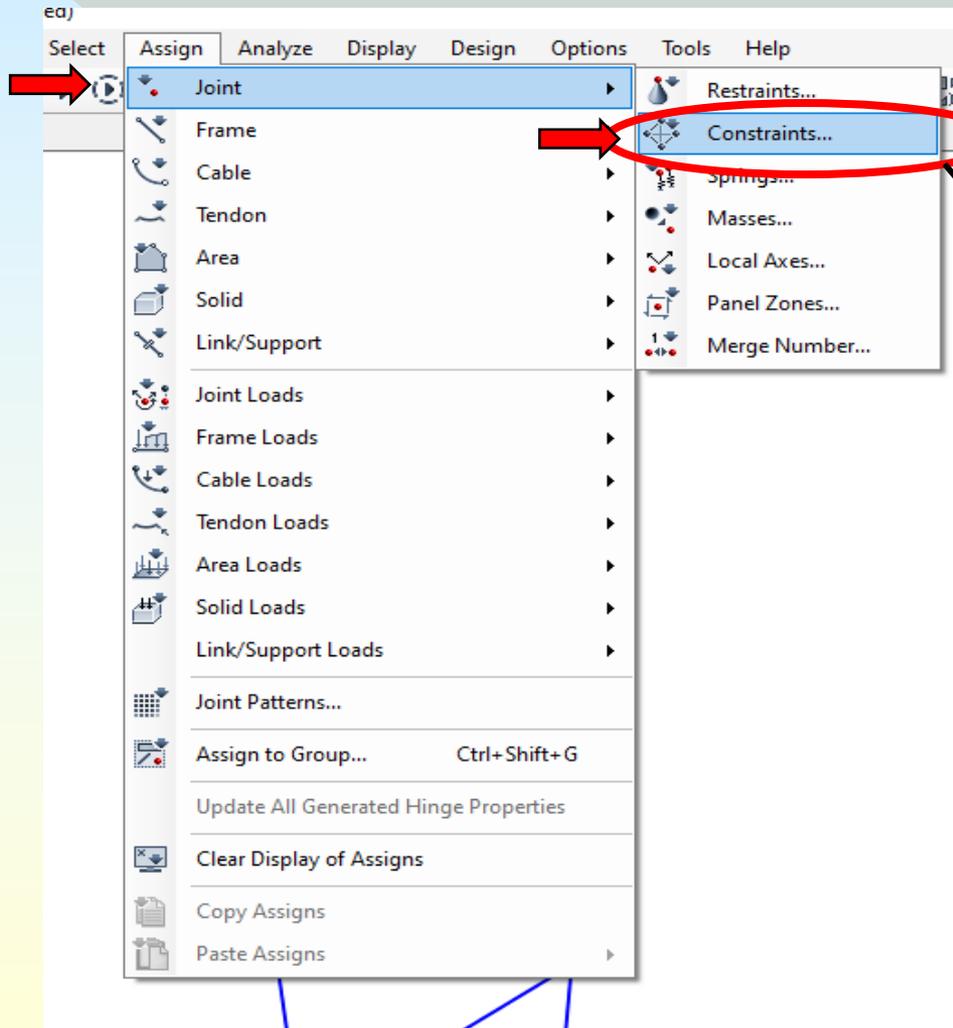
Plusieurs types de « Joint constraints »
Choisir « diaphragm »

Suivant l'axe global « Z »

Répéter l'opération pour chaque étage, un diaphragme

1. Création du modèle de calcul

✓ Attribuer la notion de « plancher rigide » par étage (Diaphragmes) (*define/assign joint constraints diaphragms*)

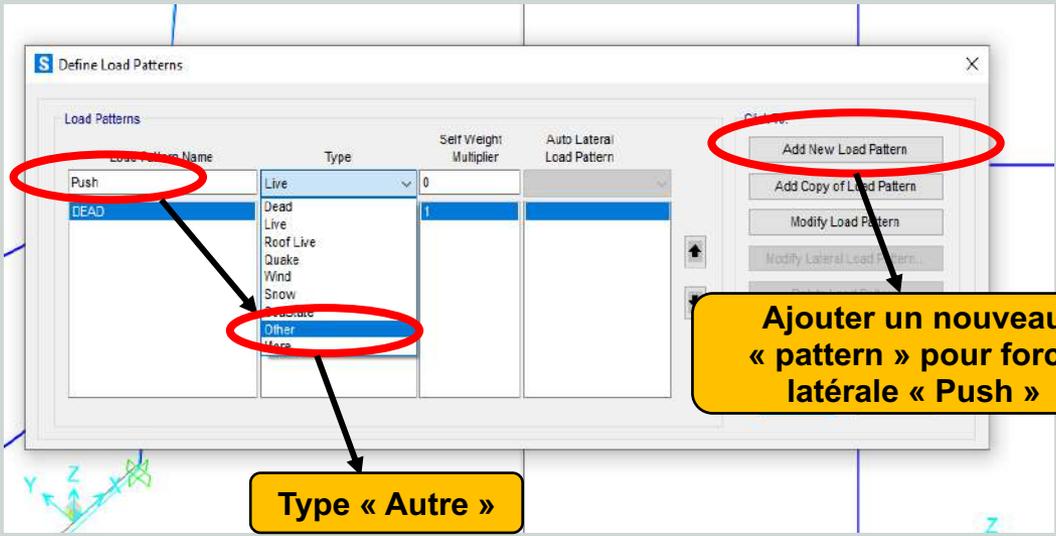
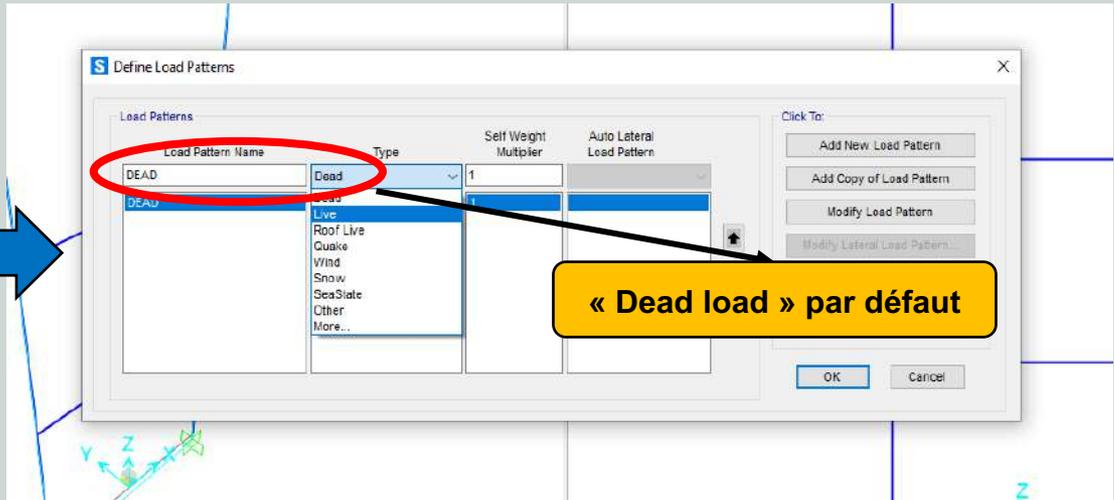
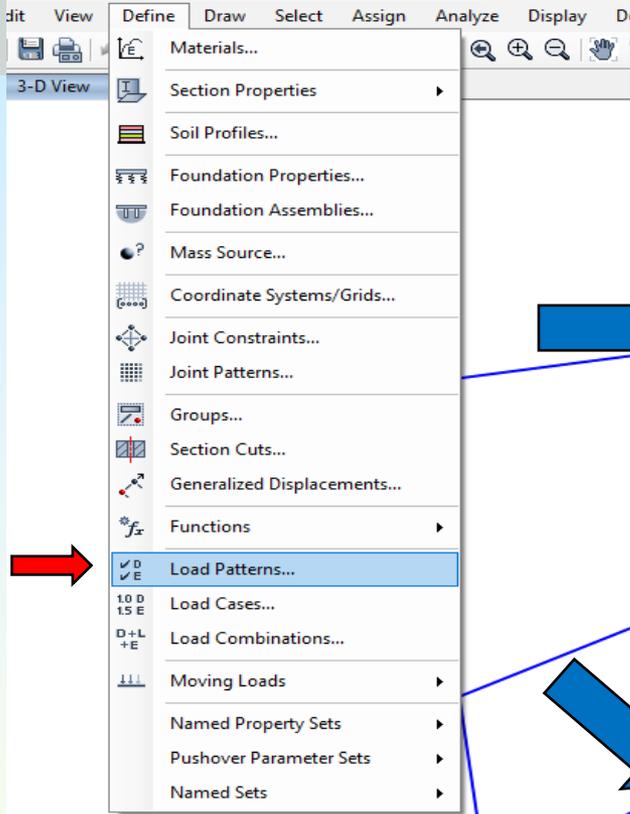


Après sélection des noeuds de l'étage considéré, attribuer le diaphragme correspondant.

Répéter l'opération pour chaque étage

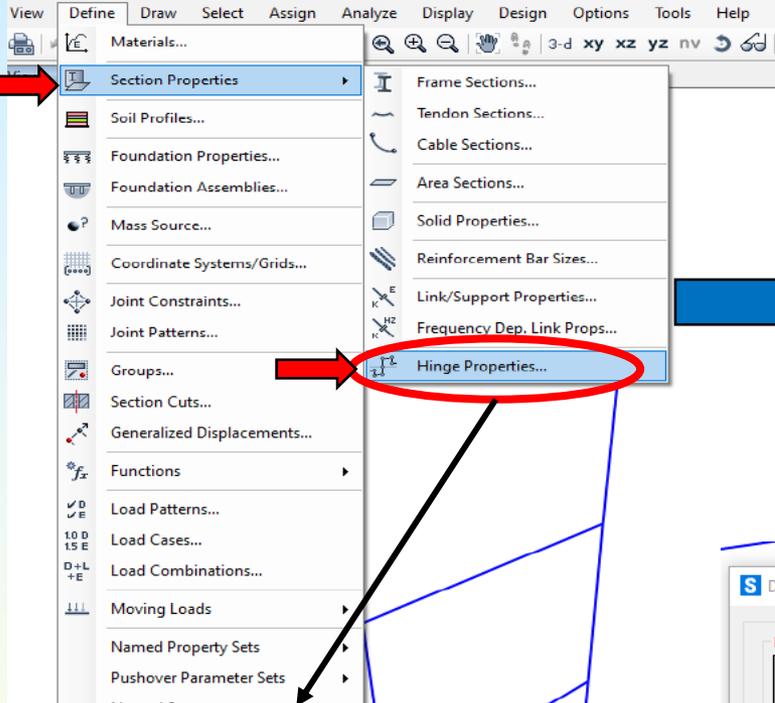
1. Création du modèle de calcul

✓ Définir les modèles de chargement (*Define load patterns*)

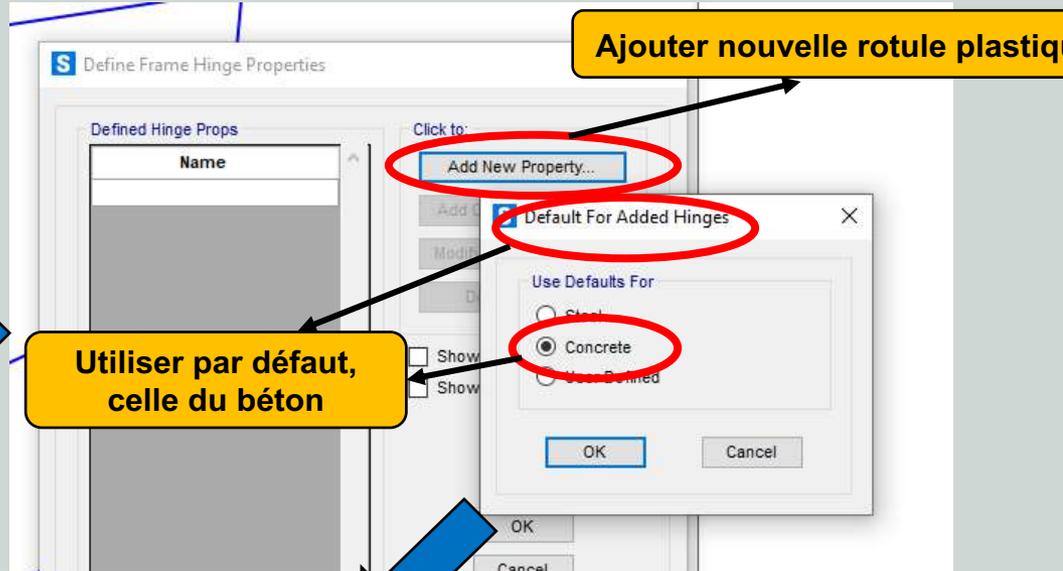


2. Définition et attribution de rotules plastiques aux éléments du modèle de structure

0.0 Ultimate 64-bit - essai03

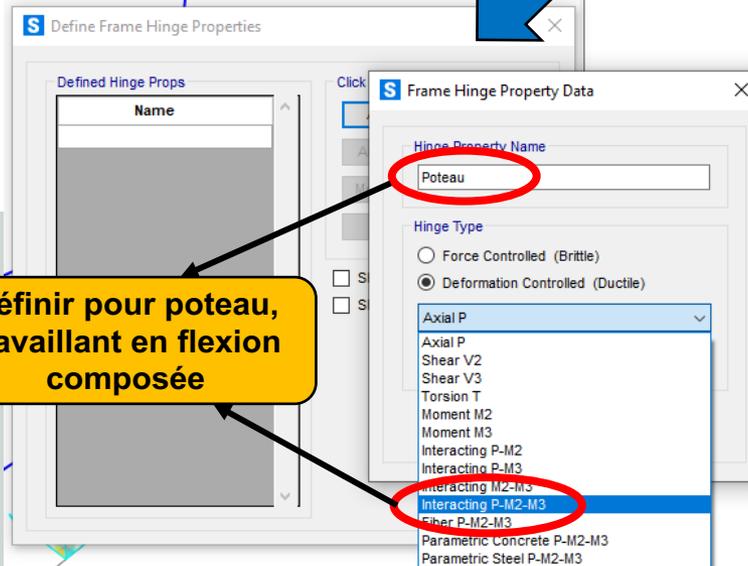


Définir les rotules plastiques par type d'élément.
Poteau puis poutre



Utiliser par défaut, celle du béton

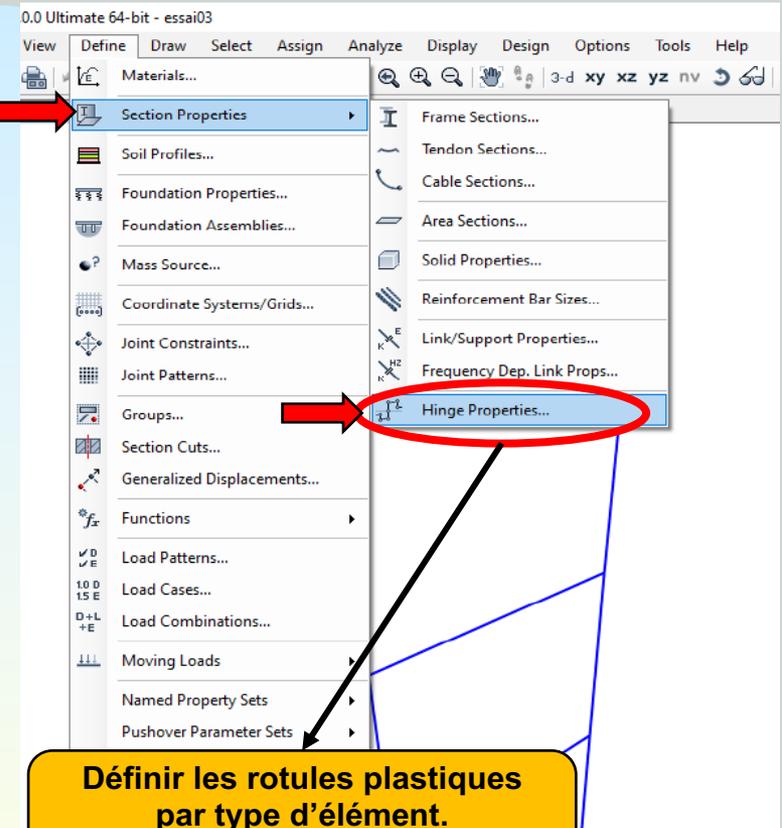
Ajouter nouvelle rotule plastique



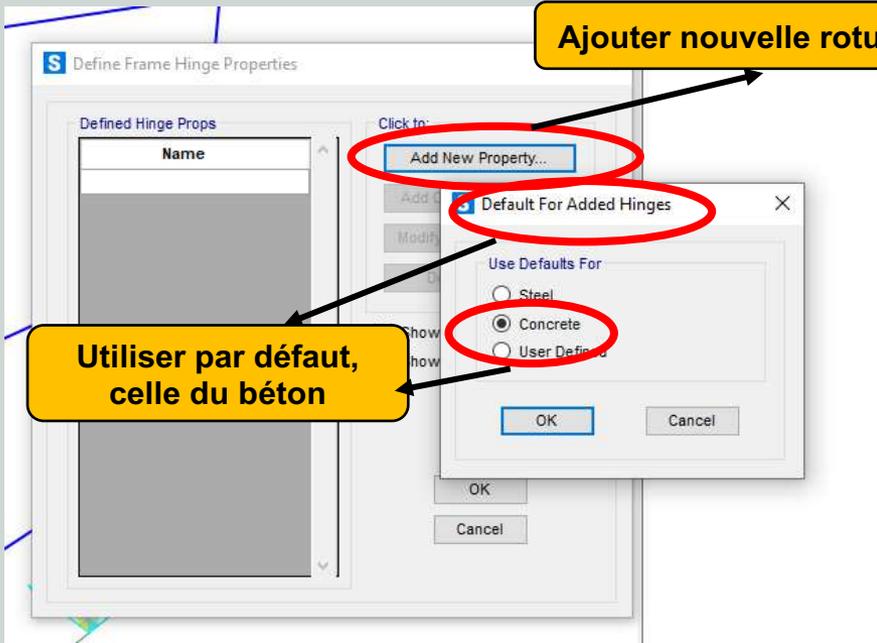
Définir pour poteau, travaillant en flexion composée

2. Définition et attribution de rotules plastiques aux éléments du modèle de structure

Même chose pour poutres

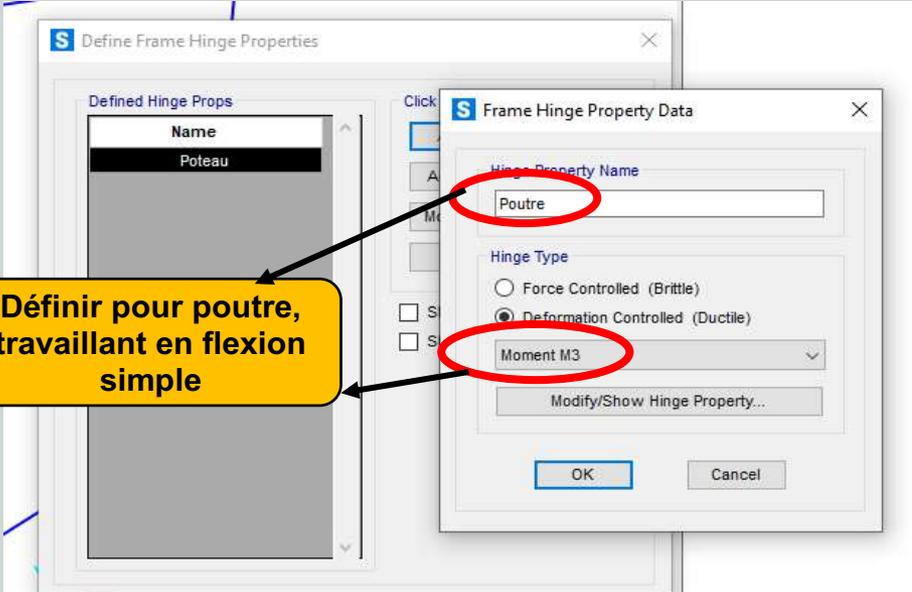


Définir les rotules plastiques par type d'élément.
Pour poutre



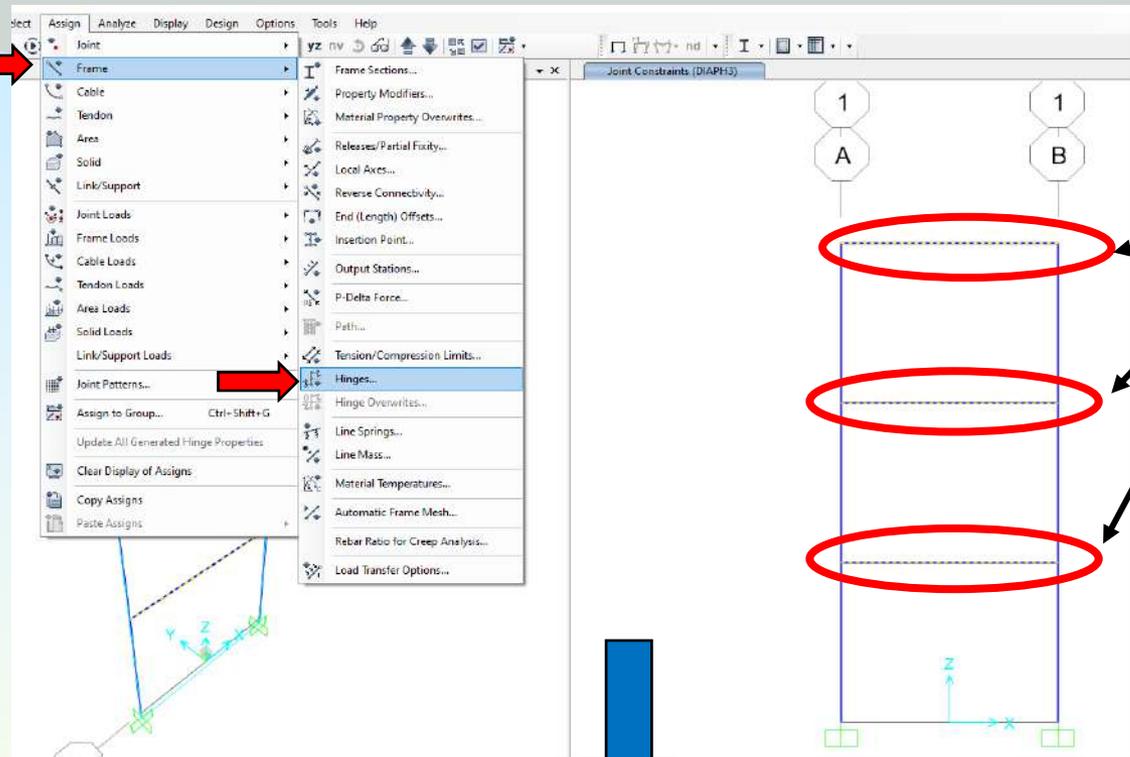
Ajouter nouvelle rotule plastique

Utiliser par défaut, celle du béton



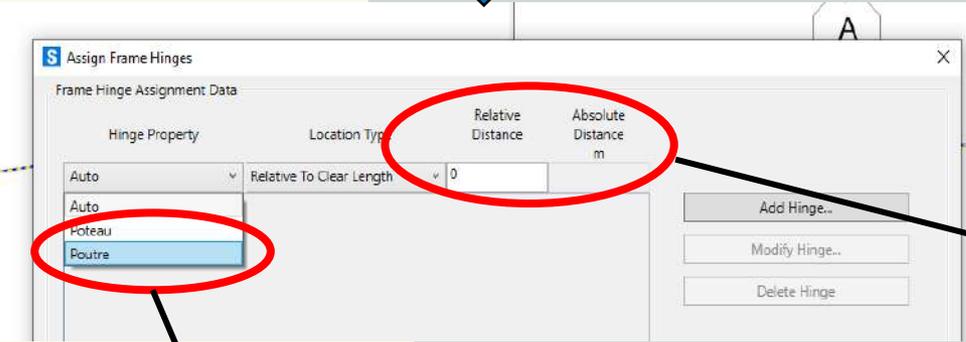
Définir pour poutre, travaillant en flexion simple

2. Définition et attribution de rotules plastiques aux éléments du modèle de structure



Sélectionner les poutres pour attribuer les types de rotules plastiques correspondantes

Appliquer aux 02 extrémités (distance relative) à 5% ou 10% de l'unité longueur



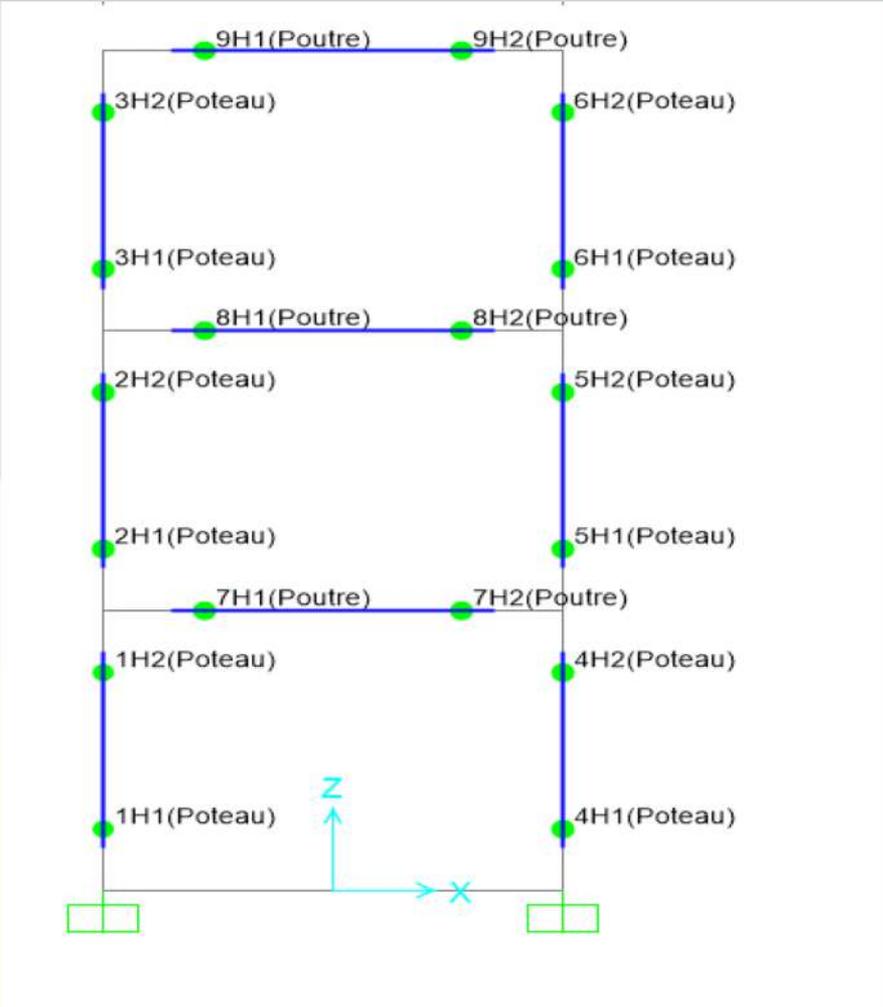
n Type	Relative Distance	Absolute Distance m
Length	0,9	
Length	0,1	

Choisir type « poutre » de rotule plastique déjà définie

Même chose pour poteaux

2. Définition et attribution de rotules plastiques aux éléments du modèle de structure

Résultats finaux des rotules plastiques (type par défaut, numérotation H1, H2, ...)



3. Définition de la distribution verticale des charges horizontales

Pour attribuer « assign » les forces latérales sur les nœuds

Sélectionner les nœuds de la face latérale pour les charger

Load pattern déjà défini pour le chargement latérale

A appliquer « 1000KN » aux nœuds sélectionnés suivant la direction latérale X.

Assign Joint Forces

General

Load Pattern: **Push**

Coordinate System: GLOBAL

Forces

Force Global X: **1000** kN

Force Global Y: 0 kN

Force Global Z: 0 kN

Moment about Global X: 0 kN-m

Moment about Global Y: 0 kN-m

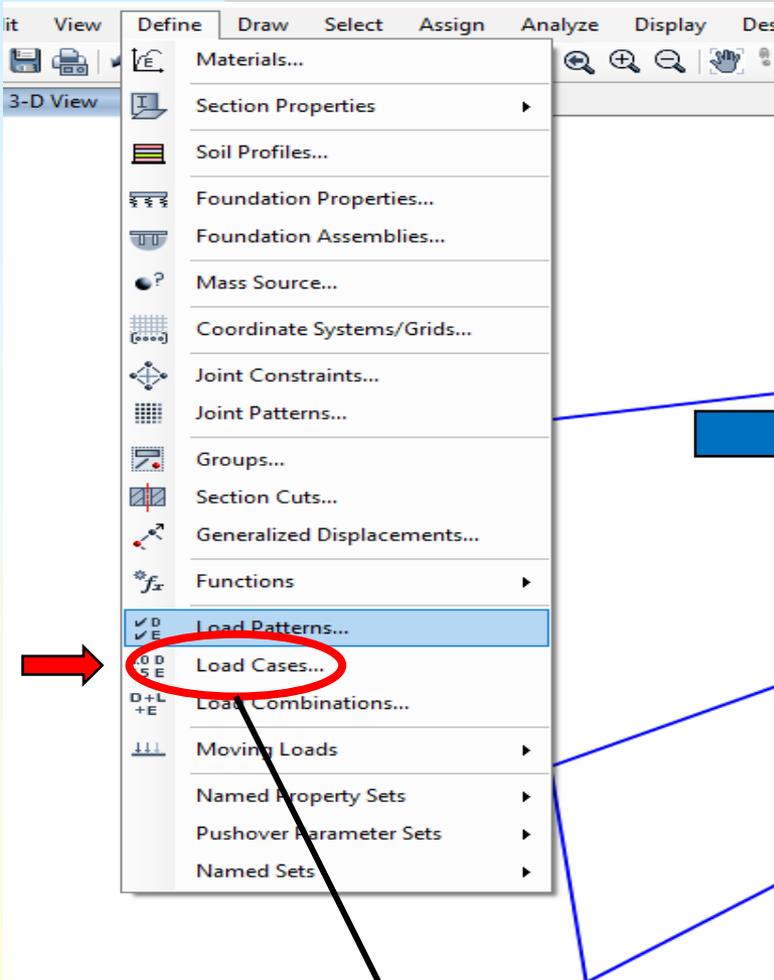
Moment about Global Z: 0 kN-m

Options

Reset Form to Default Values

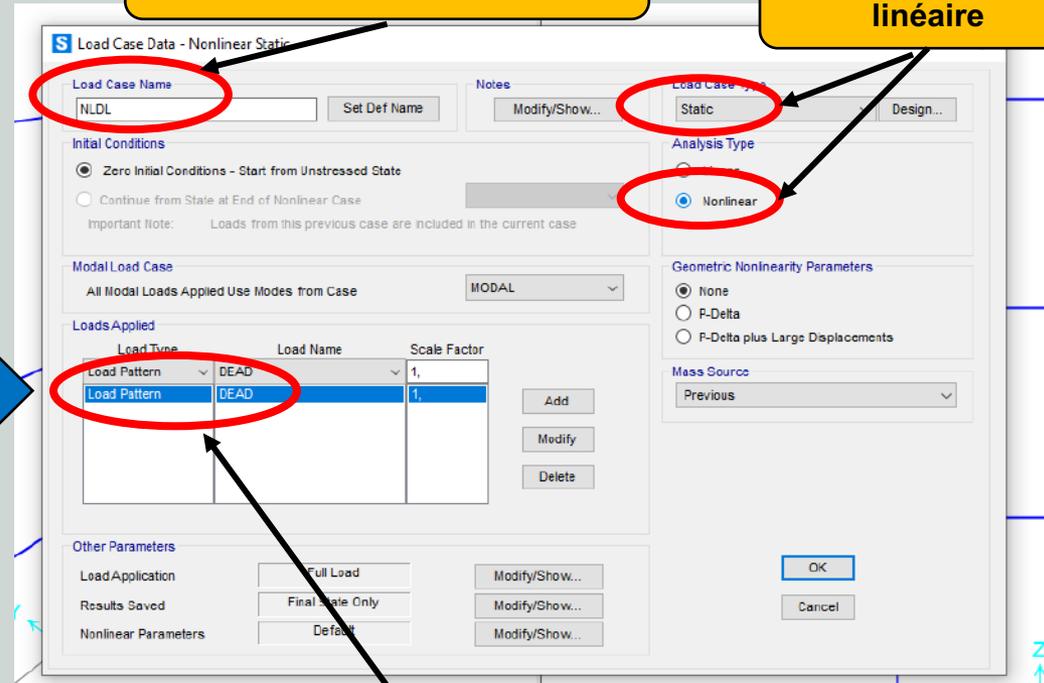
OK Close Apply

5. Application des charges de gravité comme conditions initiales de l'analyse Pushover qui doivent être maintenues constantes durant l'analyse



Commencer par le dead load en non linéaire

Statique non linéaire



Applique dead load static non linéaire

Définir la cas de chargement, pour chaque cas, répéter l'opération

6. Application des charges horizontales représentant le séisme, que l'on fait croître de façon monotone jusqu'à l'atteinte de l'état limite ultime correspondant à l'initiation de l'effondrement de la structure.

Meme chose pour le cas Pushover du au chargement latéral « Push »

Statique non linéaire

Analyse PO continue de l'analyse NLDL

Par défaut, 4% de la hauteur totale

Nœud sommet de la toiture, à vérifier sur la figure

Choisir « load case » Push

Choisir « load pattern » pour charge concentrée latérale appliquée directement sur les nœuds

Plusieurs étapes

Paramètres pour convergence, à modifier en cas de nécessité

Load Case Name: POA

Initial Conditions: Continue from State at End of Nonlinear Case

Analysis Type: Nonlinear

Modal Load Case: MODAL

Loads Applied: Load Pattern, Push

Load Application Control: Displacement Control

Control Displacement: Use Conjugate Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 0.36

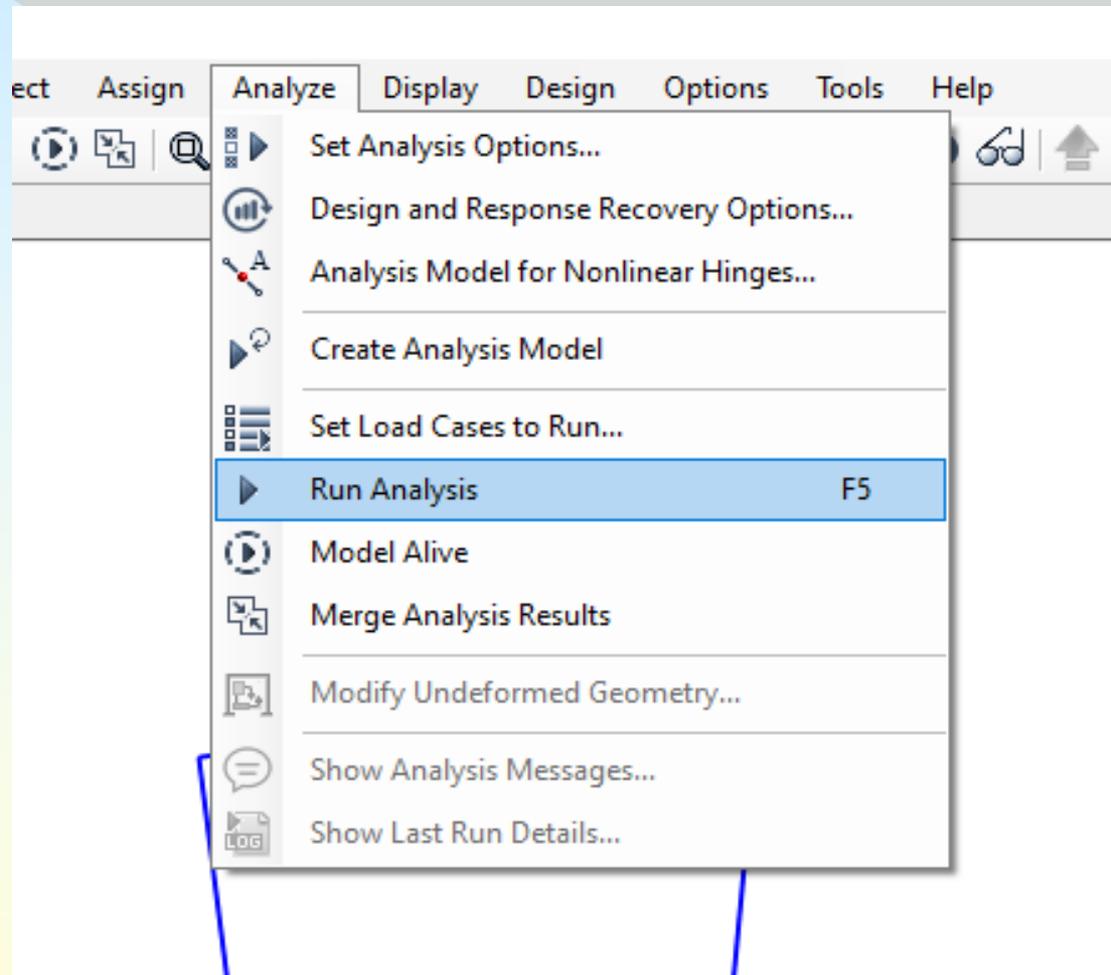
Monitored Displacement: DOF U1

Additional Controlled Displacements: None

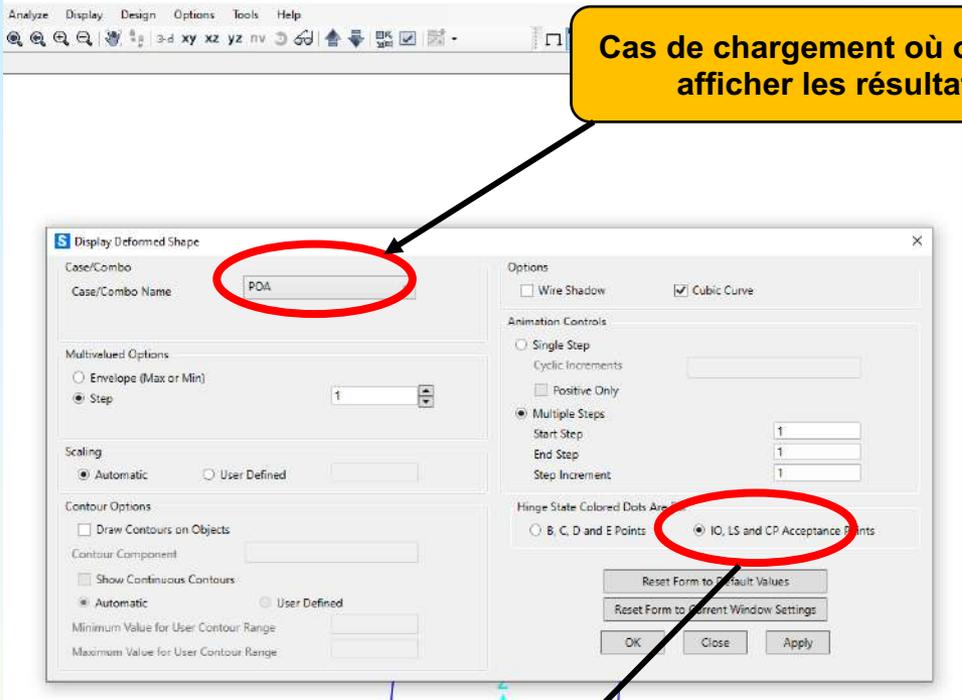
Results Saved for Nonlinear Static Load Cases: Multiple States

For Each Stage: Minimum Number of Saved States: 10, Maximum Number of Saved States: 100

7. Exécution

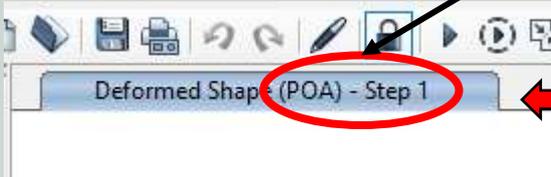


8. Résultats



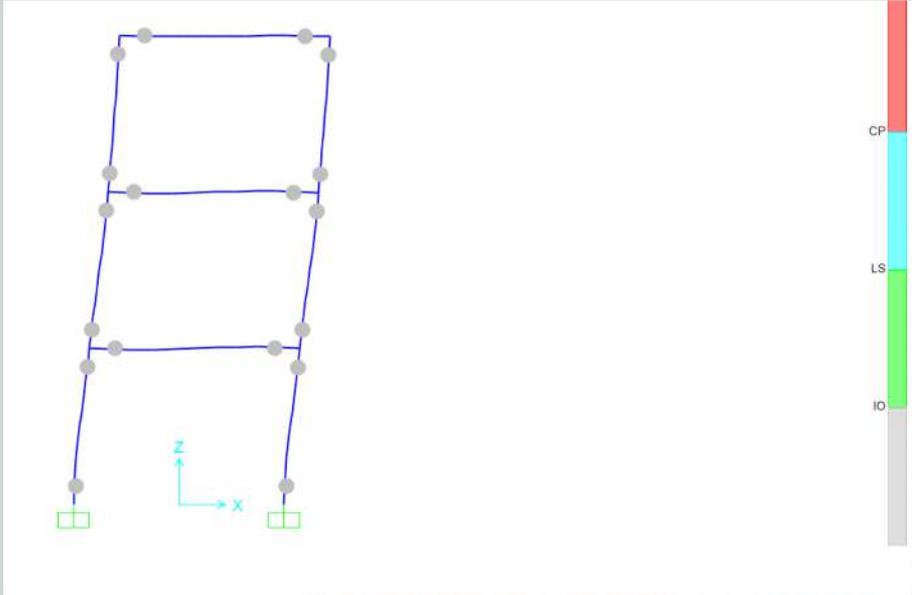
Cas de chargement où on veut afficher les résultats

Affichage de la déformée « POA » à l'étape 1.



Voir en haut à gauche

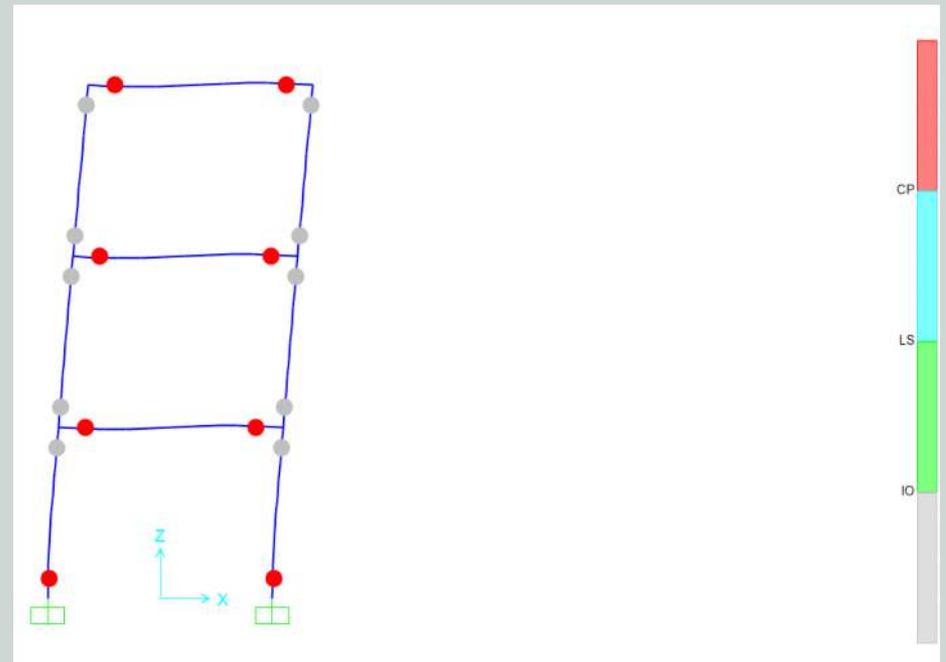
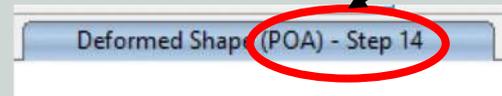
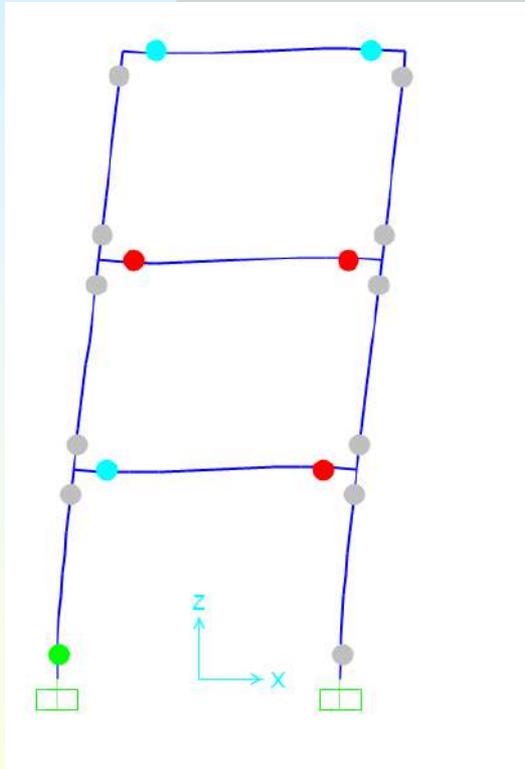
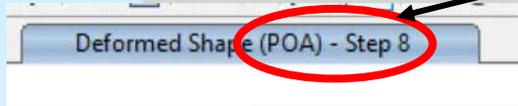
Type de graphe de représentation des rotules plastiques



8. Résultats

Affichage de la déformée
« POA » à l'étape 8.

Affichage de la déformée
« POA » à l'étape 14.

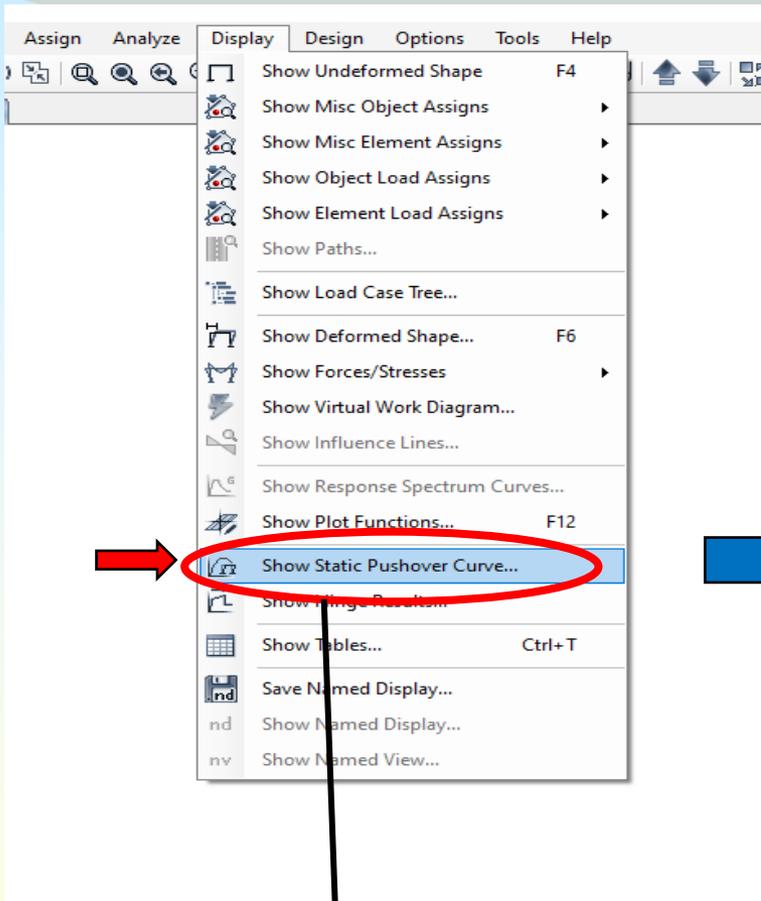


Voir en bas
à droite



Pour faire passer d'une étape
à une autre ou bien d'un cas
de chargement à un autre

8. Résultats



Afficher la courbe pushover

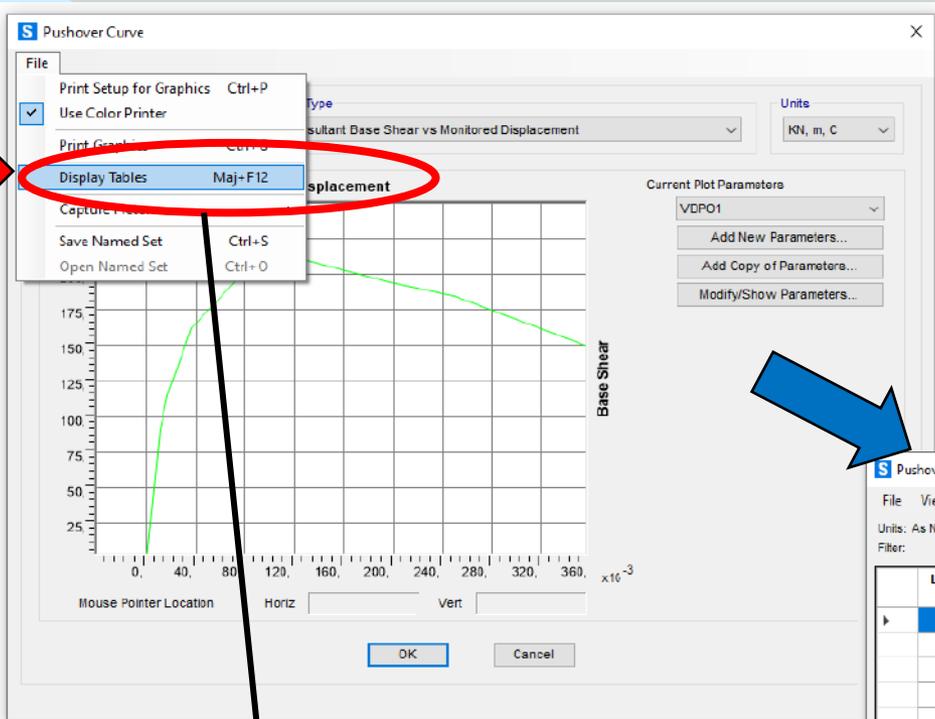
Sélectionner le cas statique non linéaire

Sélectionner le type de graphe à représenter (Effort tranchant à la base Vs déplacement du sommet)



Attention aux unités

8. Résultats



Pushover Capacity Curve

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Pushover: Capacity Curve

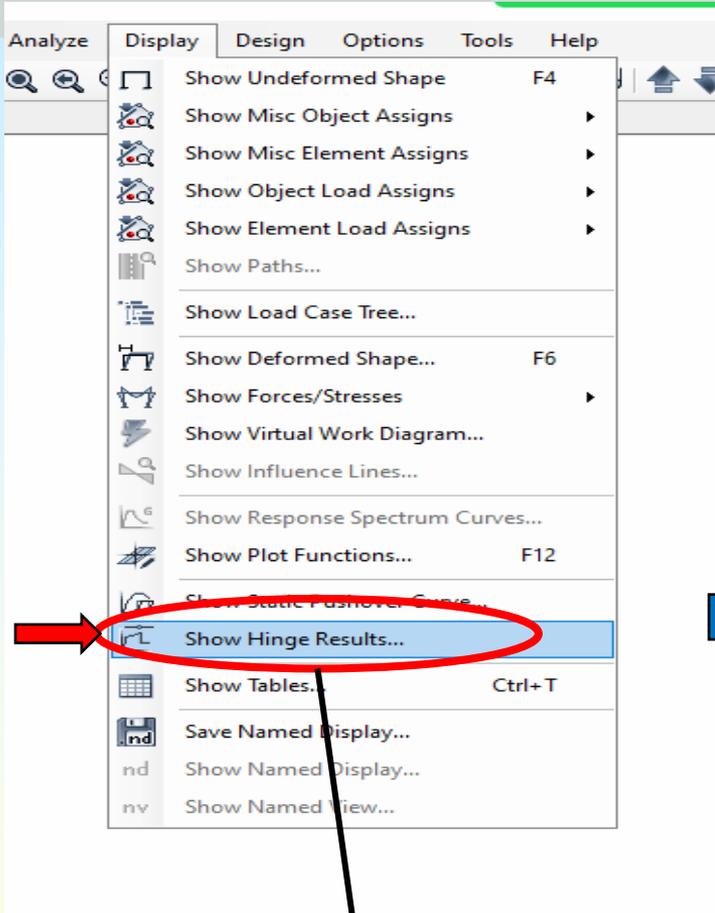
LoadCase Text	Step Unitless	Displacement	BaseForce KN	AtoB Unitless	BtoC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless	BeyondE Unitless	AtoIO Unitless	IOtoLS Unitless
POA	0	-1,105E-18	0	18	0	0	0	0	13	0
POA	1	0,010903	90,563	17	1	0	0	0	13	0
POA	2	0,016422	115,257	14	4	0	0	0	13	0
POA	3	0,036918	162,323	12	6	0	0	0	14	4
POA	4	0,072918	195,865	12	6	0	0	0	12	6
POA	5	0,08924	205,863	10	8	0	0	0	12	4
POA	6	0,106324	211,195	10	6	2	0	0	12	1
POA	7	0,112852	211,599	10	5	3	0	0	11	1
POA	8	0,114515	211,62	10	4	4	0	0	11	1
POA	9	0,126702	210,741	10	2	6	0	0	10	2
POA	10	0,197743	194,897	10	2	6	0	0	10	1
POA	11	0,24942	184,673	10	1	7	0	0	10	0
POA	12	0,288501	172,207	10	0	8	0	0	10	0
POA	13	0,35996	148,747	10	0	8	0	0	10	0
POA	14	0,38	148,735	10	0	8	0	0	10	0

Record: << < 1 > >> of 15

Done

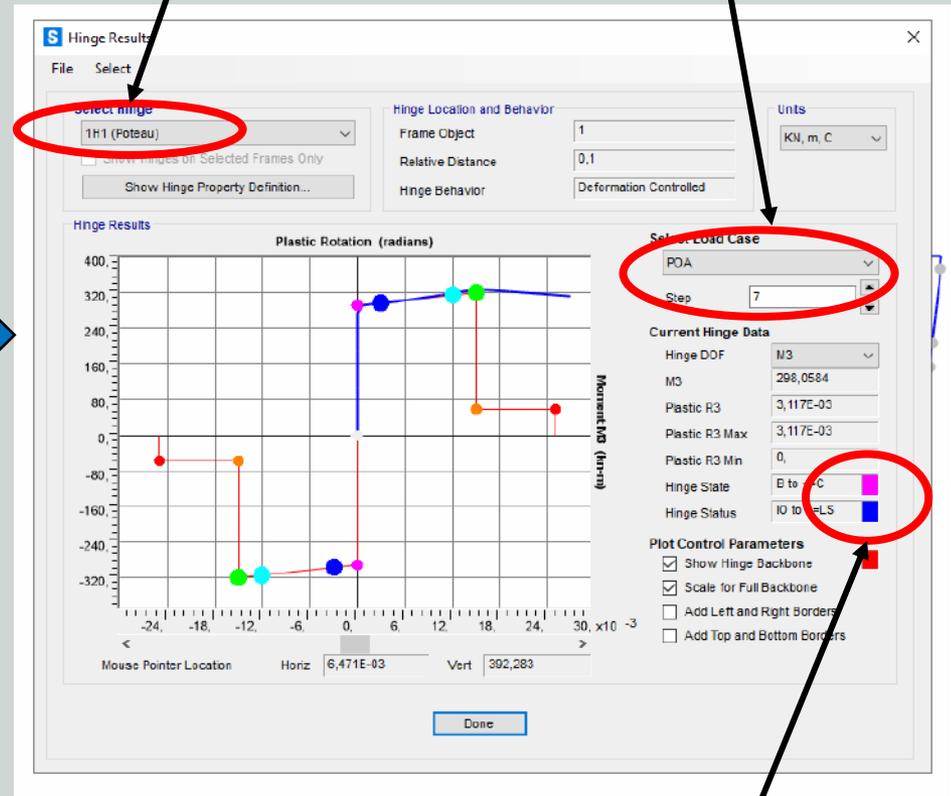
On peut afficher les résultats en tableaux numériques

8. Résultats



On peut afficher chaque rotule plastique (en la sélectionnant) pour vérifier son comportement.
Moment-rotation plastique

La rotule plastique sélectionnée (voir figure du portique)



Change d'une étape à une autre

L'étape « n » du cas statique non linéaire « POA ».

On augmente les étapes pour suivre le comportement de la rotule plastique

Merci. Fin de l'Application 17