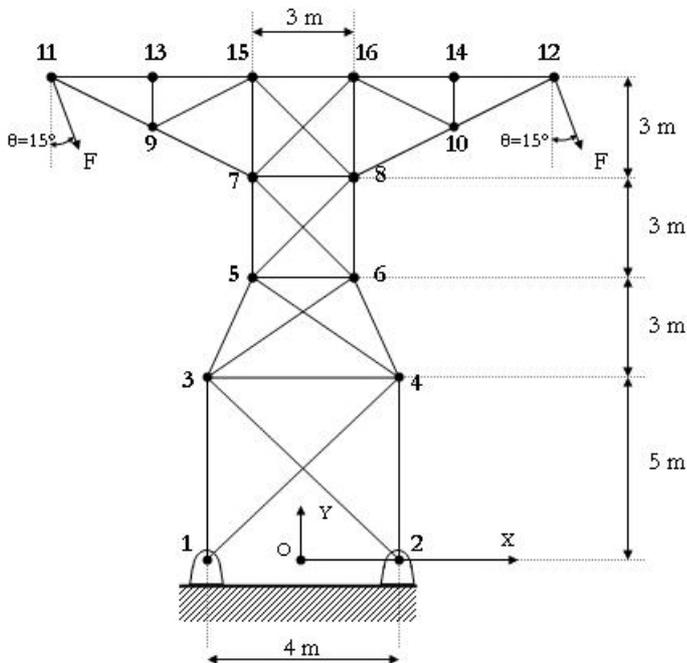


ANALYSE STRUCTURALE DE LA DEFORMATION D'UN PYLÔNE

DESCRIPTION DU PROBLEME



On effectue une analyse structurale du pylône d'une ligne de transport d'électricité qu'on assimile à un treillis plan (Cf. figure ci-contre). Deux charges identiques F de 1,8 kN sont appliquées aux deux extrémités supérieures du pylône suivant un angle de $\theta=15^\circ$.

Les barres formant la structure sont en acier dont le module d'élasticité $E=210$ GPa et le coefficient de Poisson $\sigma=0.27$. La section de chaque barre vaut $A=27.90$ cm².

On fait l'hypothèse que le poids de chacune des barres du treillis est négligeable devant les efforts appliqués.

OBJECTIFS

Le but de cette analyse est de déterminer les efforts, les contraintes dans les différents éléments du treillis et le déplacement maximal engendré par les charges appliquées. Il s'agira également de déterminer si certains éléments du treillis sont sujets au flambement.

RESUME DES DIFFERENTES ETAPES DE L'ANALYSE

1. Prétraitement

[1.1. Attribution d'un nom de fichier](#)

[1.2. Définition des différentes constantes du problème](#)

1.3. Définition du matériau

[1.3.1. Type d'élément et constantes réelles du matériau](#)

[1.3.2. Propriétés du matériau](#)

1.4. Construction de la géométrie du pylône

[1.4.1. Géométrie du pylône](#)

[1.4.2. Éléments constitutifs](#)

1.5. Application des conditions limites

[1.5.1. Contraintes en déplacement](#)

[1.5.2. Charges localisées](#)

2. Obtention de résultats

[2.1. Définition du type d'analyse](#)

[2.2. Démarrage de la résolution](#)

3. Post-traitement

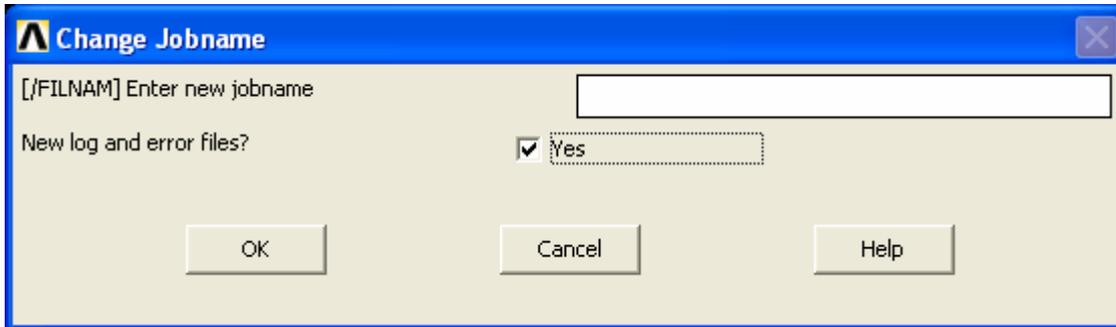
[3.1. Déformation du treillis](#)

[3.2. Efforts et contraintes dans les éléments du treillis](#)

1. Prétraitement

1.1. Attribution d'un nom de fichier

File > Change Jobname



Entrez le nom du fichier, cochez le bouton « New log and error files » afin de créer un fichier log et erreur » puis cliquez sur « OK ». Un nom de fichier propre au type d'analyse permettra d'identifier aisément par la suite les fichiers générés par ANSYS.

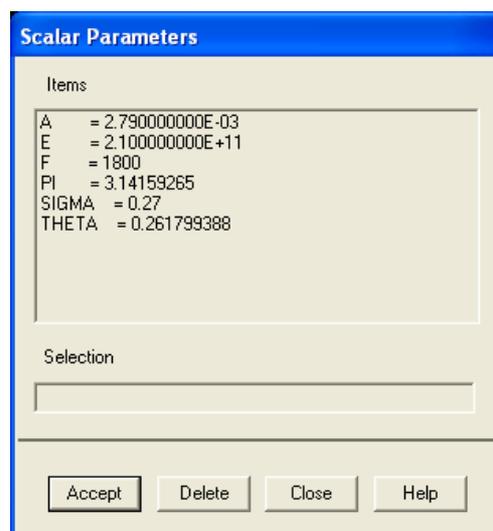
1.2. Définition des différentes constantes du problème

Paramètres scalaires :

Utility Menu > Parameters > Scalar Parameters

Dans la fenêtre qui s'affiche, entrez les paramètres qui suivent les uns après les autres, dans le champ « Selection ». Cliquez sur « Accept » après avoir entré chaque paramètre, et enfin sur « Close » pour fermer cette fenêtre lorsque vous avez fini.

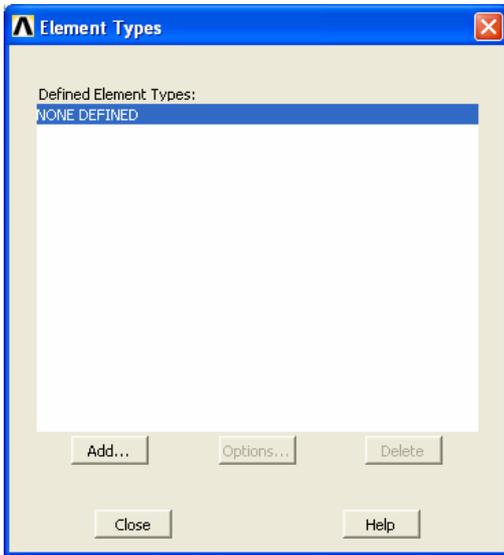
Paramètres	Valeur	Description
F	1800	Module de la force appliquée au pylône
PI	4*ATAN(1)	Valeur de π
THETA	15*PI/180	Direction de la force
E	2.1 10 ¹¹	Module d'Young
SIGMA	0.27	Coefficient de Poisson
A	27.90 10 ⁻⁴	Section du matériau



1.3. Définition du matériau

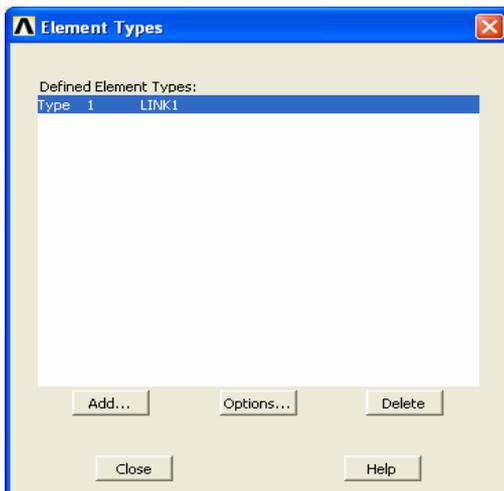
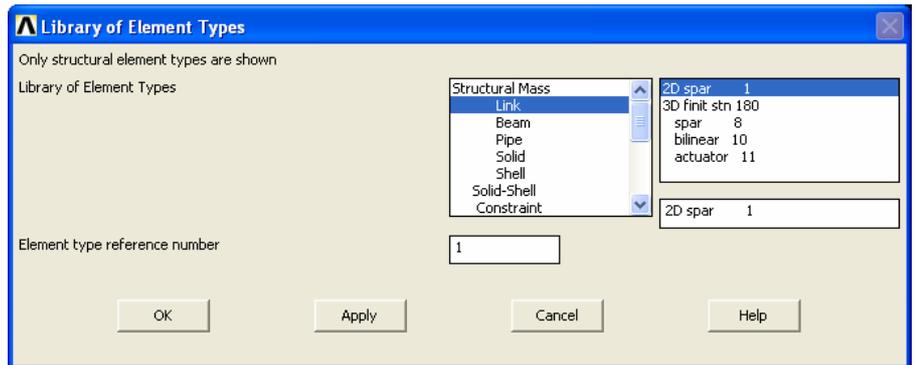
1.3.1. Type d'élément et constantes réelles du matériau

Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete



Cliquez sur «ADD» dans la boîte de dialogue qui apparaît. Dans la seconde qui s'affiche, sélectionnez «LINK» et «2D spar» et validez en cliquant sur «OK».

L'élément LINK1 est utilisé comme une barre dans une structure en treillis. Il subit une traction ou une compression de manière uniaxiale, avec deux degrés de liberté à chaque nœud. La flexion de l'élément n'est pas prise en compte.

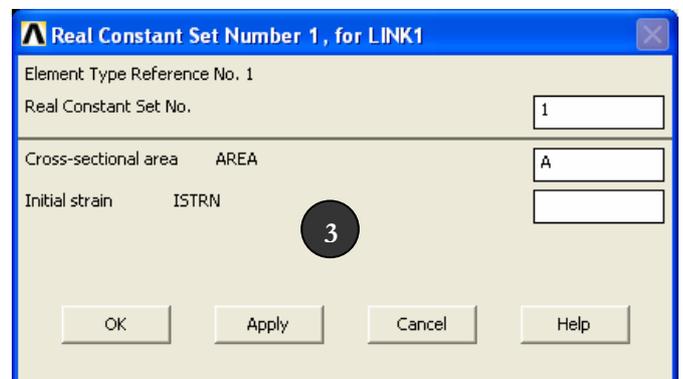
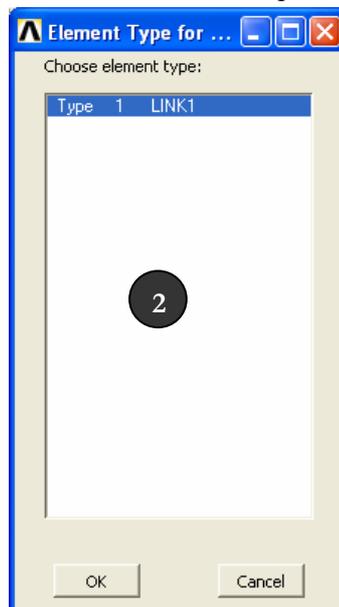
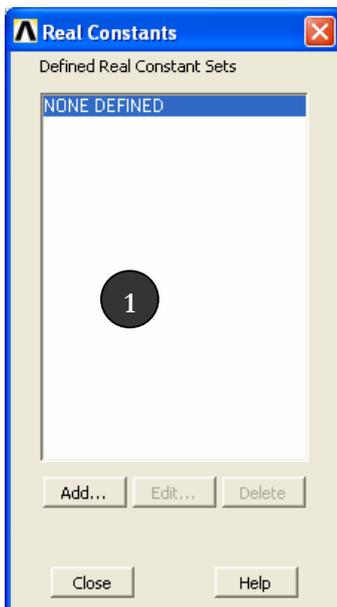


Cliquez enfin sur «Close» pour fermer la fenêtre nommée «Element Types»

Il faut ensuite définir les constantes réelles du matériau. Dans le cas de l'élément de type LINK1, il s'agit de sa section.

Main Menu>Preprocessor>Real Constants

Il faut cliquer sur «ADD» dans la boîte de dialogue qui apparaît¹, puis sur le bouton «OK» dans la seconde fenêtre² et enfin entrez la valeur de la section dans la troisième fenêtre qui s'affiche³, où il est marqué «Cross-sectional area».

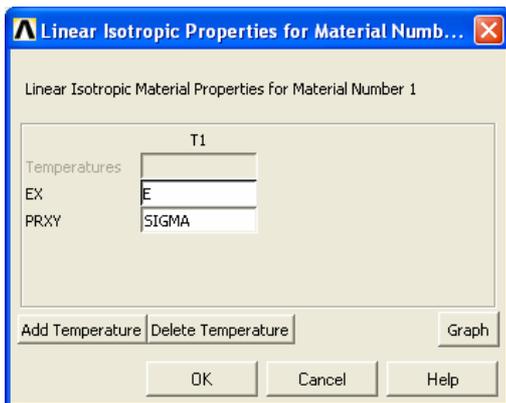
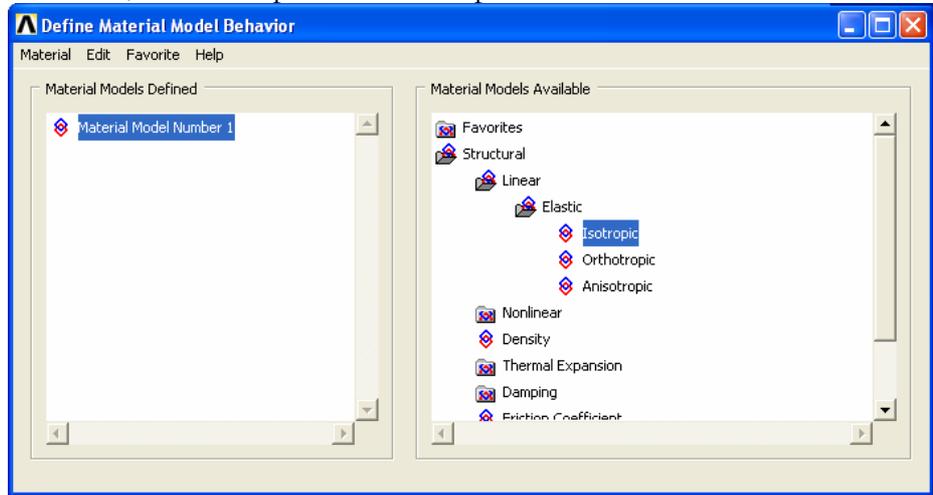
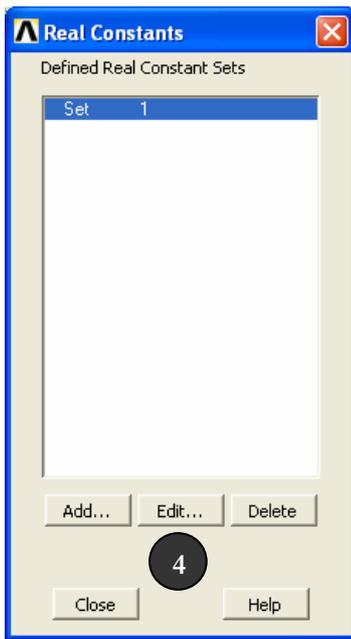


Fermez enfin la fenêtre nommée «Real Constants»⁴.

1.3.2. Propriétés du matériau

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models

Dans la boîte de dialogue qui apparaît, Double-cliquez sur « Structural », « Linear », « Elastic » puis sur « Isotropic »



Donnez ensuite à EX la valeur E, puis à PRXY la valeur SIGMA. EX et PRXY sont respectivement, le module d'élasticité d'Young et le coefficient de Poisson du matériau.

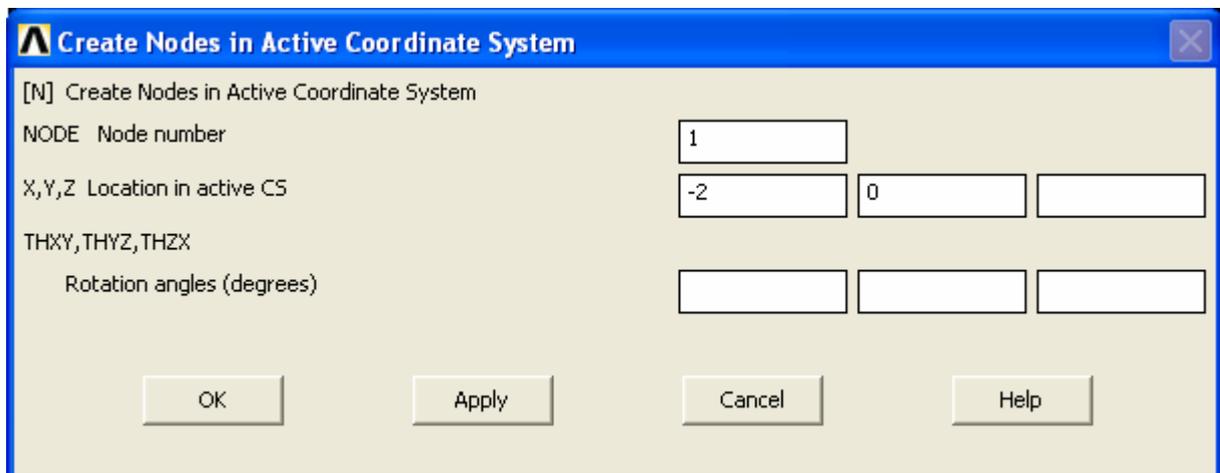
Cliquez sur « OK » pour valider et quitter. Fermez ensuite la boîte de dialogue « Define Material Model Behaviour »

1.3. Construction de la géométrie du pylône

1.3.1. Géométrie du pylône

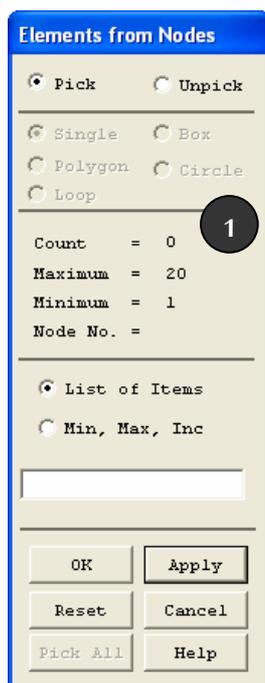
Dans cette étape, nous allons positionner dans le plan les nœuds définissant le pylône.

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Nodes>In Active CS



Il faut entrer ensuite dans la boîte de dialogue, les coordonnées des différents nœuds comme indiqués dans le tableau ci-après. Cliquez plutôt sur « Apply » à chaque fois pour éviter de la fermer.

Noeud	x	y	Noeud	x	y
1	-2	0	2	2	0
3	-2	5	4	2	5
5	-1.5	8	6	1.5	8
7	-1.5	11	8	1.5	11
9	-4.5	12.5	10	4.5	12.5
11	-7.5	14	12	7.5	14
13	-4.5	14	14	4.5	14
15	-1.5	14	16	1.5	14



Enregistrez tout le travail fait durant cette étape en cliquant sur « SAVE_DB » dans le menu « ANSYS Toolbar ».

1.3.2. Eléments constitutifs du pylône

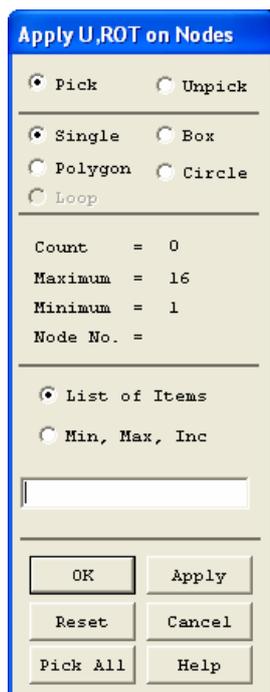
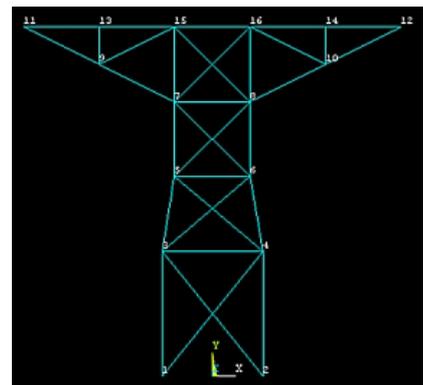
Les barres agencées pour former le treillis sont créées en joignant deux nœuds par une ligne droite. Chaque droite forme ainsi un élément de type LINK1.

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Elements>Auto Numbered>Thru Nodes

La boîte de dialogue **1** qui s'affiche permet de sélectionner les nœuds deux par deux. Validez la création de chaque élément en cliquant sur « Apply ». Lorsque tous les éléments ont été créés, faites « OK » pour fermer.

Note : Vous pouvez créer les différents éléments dans l'ordre qui vous convient.

Si tout a été fait correctement, vous devez obtenir la figure ci-contre.

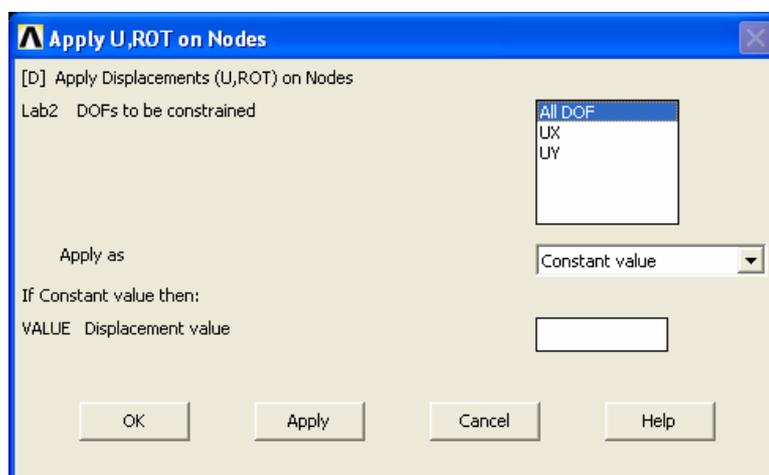


1.4. Application des conditions limites

1.4.1. Contraintes en déplacement

Les noeuds 1 et 2 ont leurs deux degrés de liberté (UX et UY) nuls afin de simuler la fixité du pylône au sol.

Main Menu> Preprocessor> Loads > Define Loads> Apply>Structural>Displacement>On Nodes



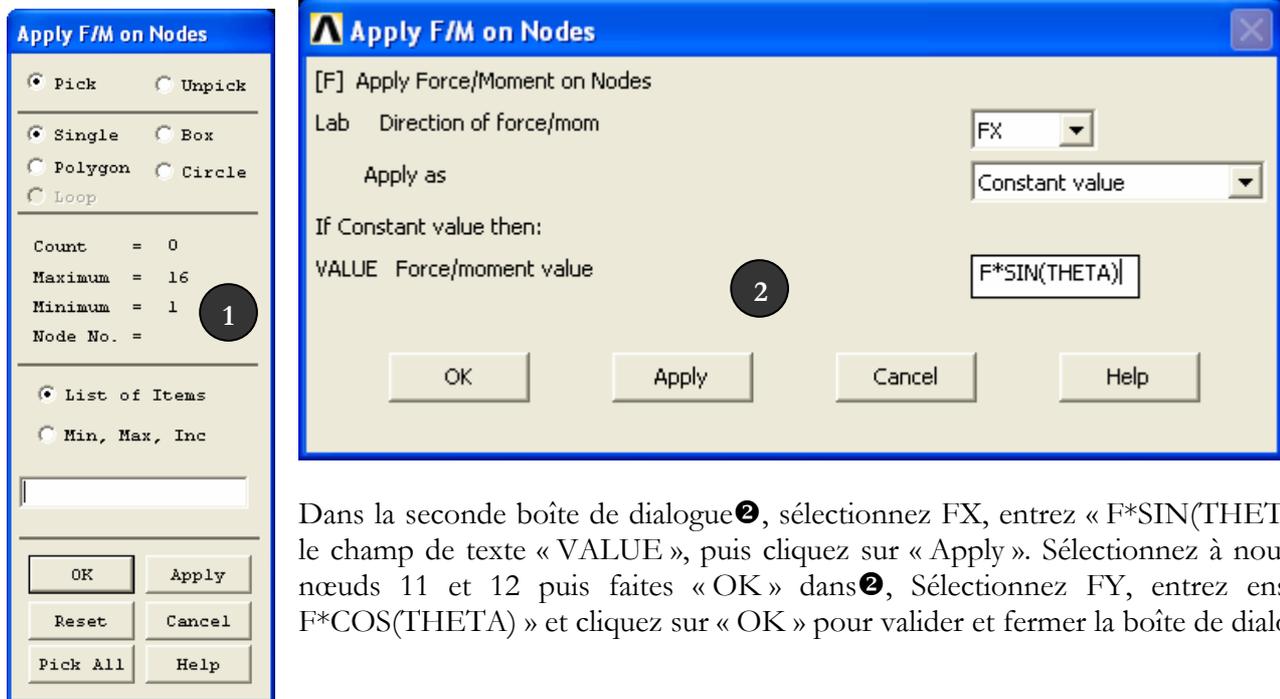
Une fois les noeuds 1 et 2 sélectionnés, cliquez sur « OK ». Une deuxième boîte de dialogue apparaît. Sélectionnez « All DOF » et entrez la valeur 0 dans le champ de texte « Displacement value » puis sur « OK » pour valider et quitter.

1.4.2. Charges localisées

Les deux forces s'appliquant aux deux extrémités supérieures du treillis possèdent une composante suivant X et une autre suivant Y dont les expressions sont : $FX=F*\text{SIN}(\text{THETA})$ et $FY=-F*\text{COS}(\text{THETA})$.

Main Menu > Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Structural > Force / Moment > On Nodes

Sélectionnez les noeuds 11 et 12 puis cliquez sur « OK » dans la boîte de dialogue ❶.



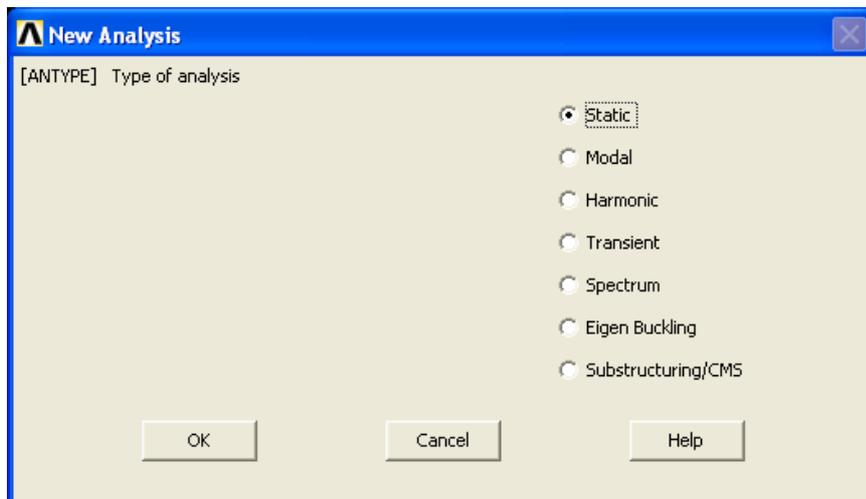
Dans la seconde boîte de dialogue ❷, sélectionnez FX, entrez « F*SIN(THETA) » dans le champ de texte « VALUE », puis cliquez sur « Apply ». Sélectionnez à nouveau les nœuds 11 et 12 puis faites « OK » dans ❷, Sélectionnez FY, entrez ensuite « -F*COS(THETA) » et cliquez sur « OK » pour valider et fermer la boîte de dialogue ❷.

2. Obtention de résultats

2.1. Définition du type d'analyse

L'analyse effectuée est une analyse non transitoire c'est-à-dire indépendante du temps.

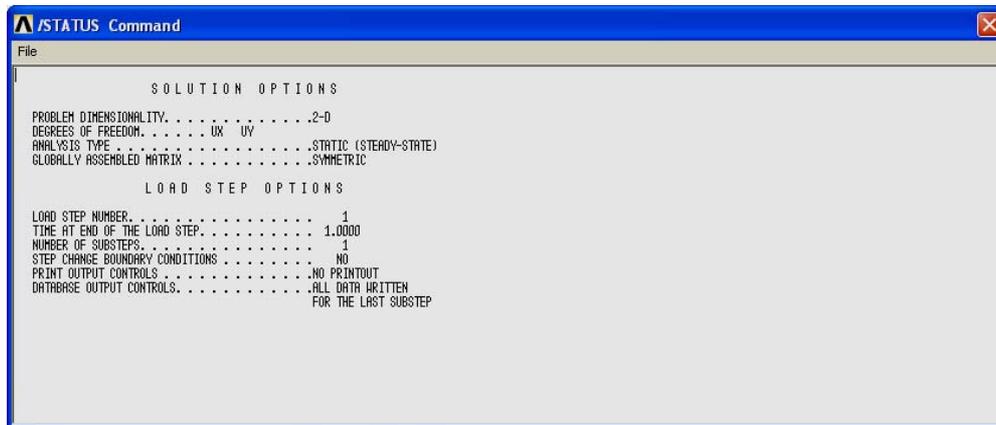
Main Menu > Solution > Analysis Type > New Analysis



Sélectionnez « Static » dans la boîte de dialogue puis cliquez sur « OK » pour valider et fermer.

2.2. Démarrage de la résolution

Main Menu>Solution>Solve>Current LS



Une fenêtre apparaît dans laquelle sont résumées toutes les informations concernant l'analyse. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, cliquez sur « OK » pour démarrer la résolution.



Après quelques secondes ou quelques minutes, un message vous informe que la résolution est terminée. Fermer alors la boîte de message pour passer à l'étape de post-traitement.



3. Post-traitement

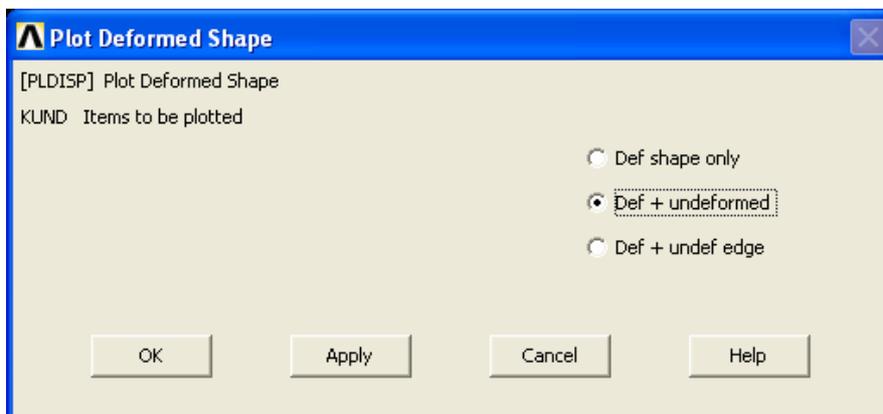
Main Menu> General Postproc> Read Results> Last Set

Pour lire les derniers résultats enregistrés au cours de la résolution.

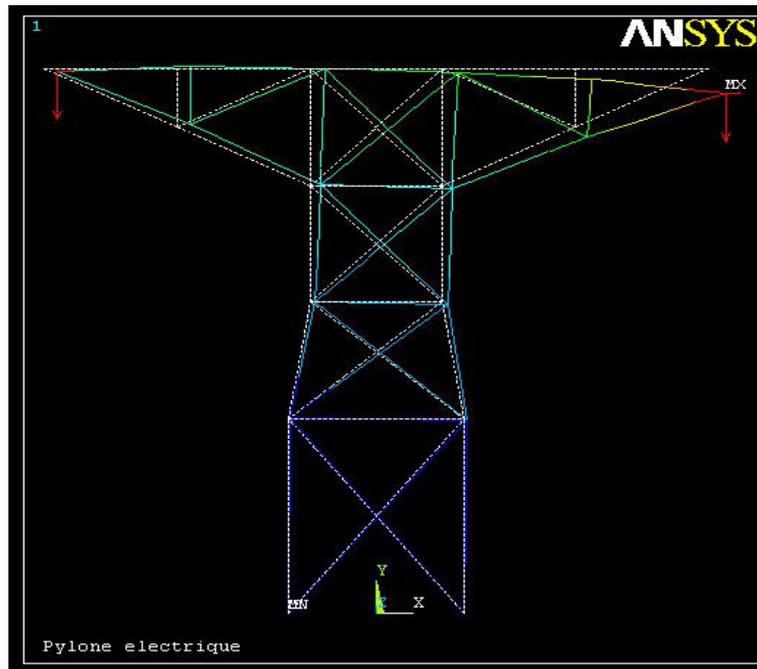
3.1. Déformation du treillis

Nous souhaitons voir la déformation de la structure du pylône sous l'effet des différentes charges. Dans cette analyse le poids de chaque barre a été négligé par rapport aux efforts appliqués.

Main Menu> General Postproc>Plot Results>Deformed Shape



Dans la boîte de dialogue, sélectionnez « Def + undeformed » pour visualiser à la fois la structure du treillis avant et après déformation.



Pour voir le déplacement au niveau de tous nœuds du treillis, il faut faire :

Main Menu > *General Postproc* > *List Results* > *Nodal Solution*

Dans la boîte de dialogue qui apparaît, sélectionnez « Nodal Solution > DOF Solution > Displacement vector sum ». Le listing suivant est obtenu :

```

PRINT U      NODAL SOLUTION PER NODE

***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****

LOAD STEP=   1  SUBSTEP=   1
TIME=   1.0000  LOAD CASE=   0

THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM

   NODE      UX          UY          UZ          USUM
   1         0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
   2         0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
   3         0.38752E-04  0.12068E-04  0.0000      0.40588E-04
   4         0.44492E-04  0.33653E-04  0.0000      0.55786E-04
   5         0.83734E-04  0.67750E-05  0.0000      0.84007E-04
   6         0.87182E-04  0.45461E-04  0.0000      0.98323E-04
   7         0.15881E-03  0.87888E-05  0.0000      0.15906E-03
   8         0.14438E-03  0.57759E-04  0.0000      0.15550E-03
   9         0.20163E-03  0.44659E-04  0.0000      0.20652E-03
  10         0.17843E-03  0.17564E-03  0.0000      0.25037E-03
  11         0.18773E-03  0.32912E-04  0.0000      0.19059E-03
  12         0.27637E-03  0.42127E-03  0.0000      0.50383E-03
  13         0.20315E-03  0.44659E-04  0.0000      0.20800E-03
  14         0.25618E-03  0.17564E-03  0.0000      0.31060E-03
  15         0.21857E-03  0.10785E-04  0.0000      0.21884E-03
  16         0.23599E-03  0.60534E-04  0.0000      0.24363E-03

MAXIMUM ABSOLUTE VALUES
NODE      12          12          0          12
VALUE    0.27637E-03  0.42127E-03  0.0000      0.50383E-03
    
```

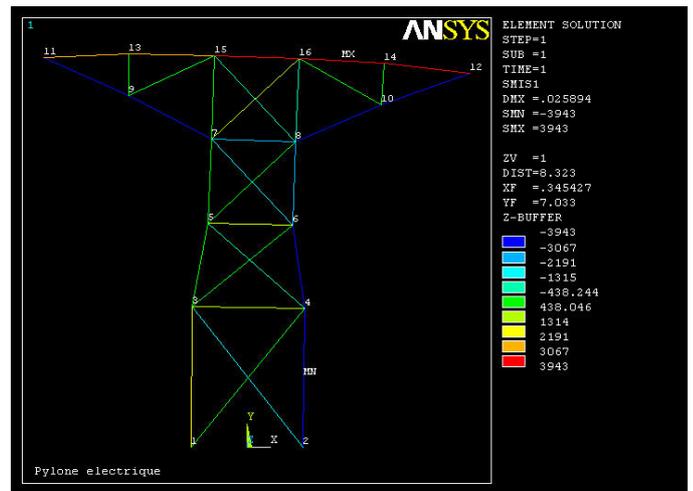
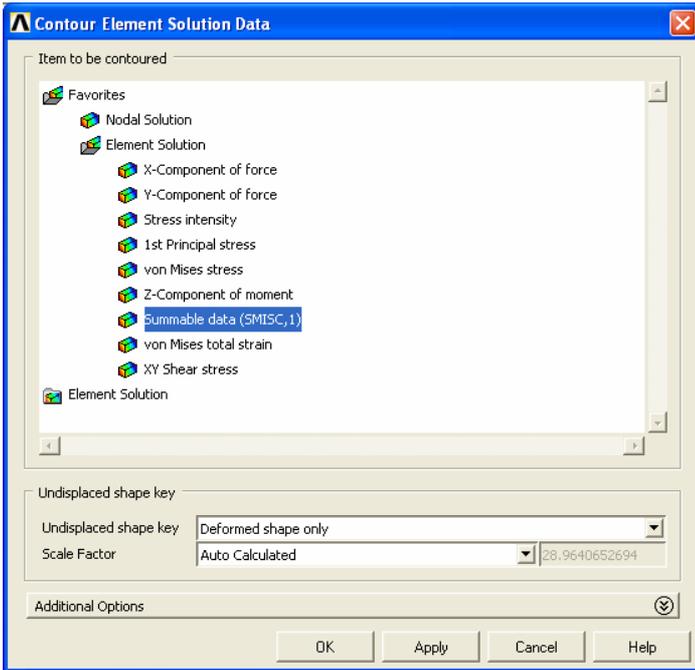
La déformation maximale du pylône est 0,504 mm et elle se produit au niveau du nœud 12. Le pylône reste de ce fait assez rigide.

3.2. Efforts et contraintes dans les éléments du treillis

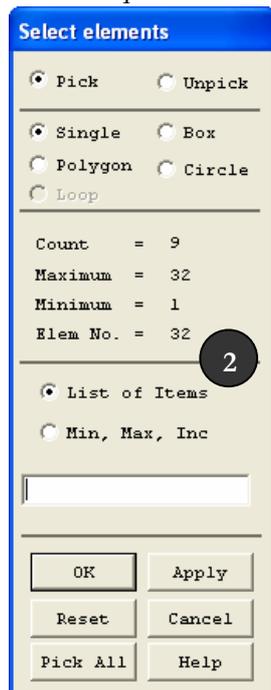
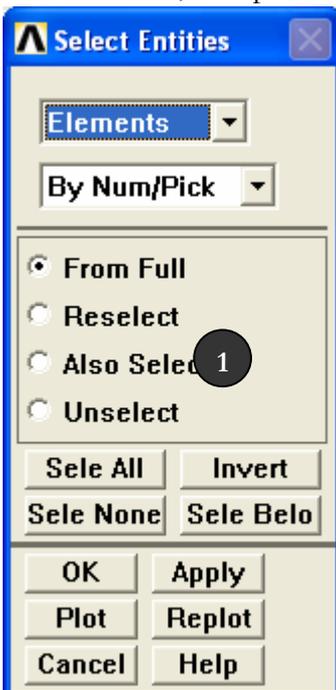
Dans cette étape, nous allons visualiser l'intensité des efforts axiaux (traction, compression) dans les différents éléments du pylône.

Main Menu > General Postproc > Plot Results > Contour Plot > Element Solu

Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, cliquez sur « Element Solution » puis sélectionnez « Summable Data(SMISC,1) ». « SMISC, 1 » correspond à MFORX, qui représente l'effort axial dans l'élément de type LINK1. Une valeur négative de MFORX traduit une compression, tandis qu'une valeur positive correspond plutôt à une traction. Cliquez sur « OK » pour fermer la boîte de dialogue. La figure ci-après fait alors apparaître les efforts axiaux dans toutes les barres du treillis.



La figure montre donc que les éléments situés au sommet du treillis (en rouge) subissent une forte traction. L'élément reliant les nœuds 2 et 4 quant à lui subit une forte compression ; il est sujet par conséquent au flambage. Il va falloir donc le vérifier manuellement, compte tenu du fait que le flambage n'est pas pris en compte automatiquement lors d'une analyse faisant intervenir l'élément de type LINK1.



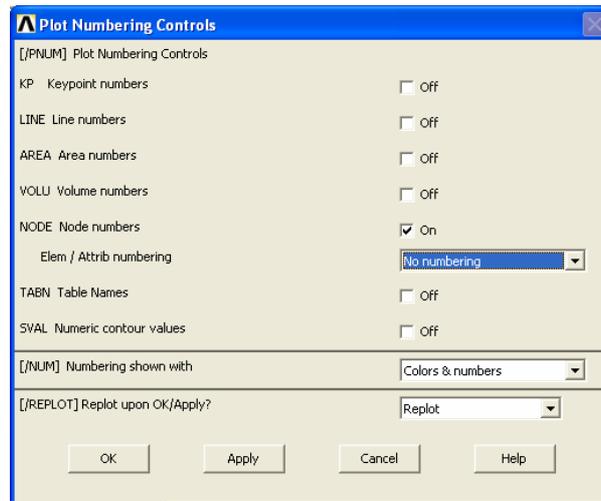
Nous allons lister les efforts et contraintes dans les éléments les plus sollicités du treillis.

Utility Menu > Select > Entities...

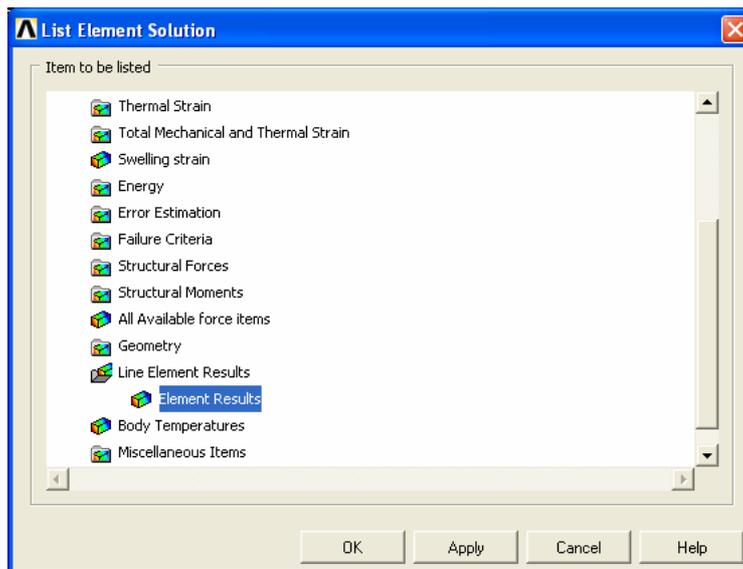
Dans la boîte de dialogue ①, choisissez « Elements » au lieu de « Nodes », puis cliquez sur « OK », la boîte de dialogue ② apparaît. Sélectionnez alors dans l'ordre qui vous sied, les éléments formés par les nœuds 2 et 4 ; 4 et 6 ; 8 et 10 ; 7 et 9 ; 10 et 12 ; 9 et 11 ; 12 et 14 ; 14 et 16 ; 15 et 16. Lorsque la sélection est finie, cliquez sur « OK » pour valider et quitter.

Note : Pour voir apparaître le numéro de chaque nœud sur la figure au cas où cela n'a pas encore été fait, faites ceci :

Utility Menu > PlotCtrls > Numbering..., puis dans la boîte de dialogue, cochez « NODE Node number » et cliquez ensuite sur « OK » pour valider et quitter.



Vous pouvez enfin lister les efforts et contraintes dans les éléments présélectionnés en faisant : *Main Menu* > *General Postproc* > *List Results* > *Element Solution*, comme le présente la boîte de dialogue suivante :



Les efforts et contraintes, de même que bien d'autres données dans chaque élément se présentent ainsi :

```

PRINT ELEM ELEMENT SOLUTION PER ELEMENT
***** POST1 ELEMENT SOLUTION LISTING *****

LOAD STEP      1 SUBSTEP=      1
TIME=          1.0000          LOAD CASE=  0

EL=      2 NODES=      2          4 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX= -3943.4
SAXL=-0.14134E+07 EPELAXL=-0.000007 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=      6 NODES=      4          6 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX= -3595.8
SAXL=-0.12888E+07 EPELAXL=-0.000006 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=     16 NODES=      8          10 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX= -3887.8
SAXL=-0.13935E+07 EPELAXL=-0.000007 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=     17 NODES=      7          9 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX= -3887.8
SAXL=-0.13935E+07 EPELAXL=-0.000007 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=     18 NODES=     10          12 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX= -3887.8
SAXL=-0.13935E+07 EPELAXL=-0.000007 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=     19 NODES=      9          11 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX= -3887.8
SAXL=-0.13935E+07 EPELAXL=-0.000007 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=     20 NODES=     12          14 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX=  3943.2
SAXL= 0.14133E+07 EPELAXL= 0.000007 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=     22 NODES=     14          16 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX=  3943.2
SAXL= 0.14133E+07 EPELAXL= 0.000007 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

EL=     32 NODES=     15          16 MAT=      1          LINK1
TEMP =      0.00      0.00  FLUENCES = 0.000E+00 0.000E+00
MFORX=  3401.3
SAXL= 0.12191E+07 EPELAXL= 0.000006 EPTHAXL= 0.000000 EPSWAXL= 0.000000 EPINAXL= 0.000000

```

MFORX (Member Force) représente un effort de traction (MFORX>0) ou un effort de compression (MFORX<0). SAXL (axial stress), représente la contrainte axiale dans le matériau. Les éléments 2, 6, 16, 17, 18 et 19 sont donc en compression tandis que les éléments 20, 22 et 32 sont en traction.

On peut aussi observer que la contrainte axiale dans les éléments les plus sollicités du treillis reste très faible comparée à la contrainte admissible en traction ou compression dans le cas des aciers courants.

L'élément 2 (profilé L100x100x15), sollicité en compression, avec $I_{Gz}=I_{Gy}=248,60 \text{ cm}^4$, admet une charge critique de flambement $F_c=420614 \text{ N}$.

$$F_c = \frac{\pi^2 E I}{(\alpha L)^2}, \alpha=0.7$$

Cette charge critique est largement supérieure à la contrainte normale de compression qu'il subit. On peut donc en conclure que le risque de flambement est évité.