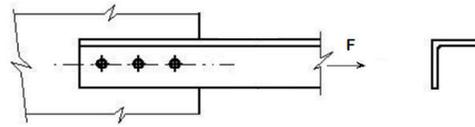


**EXERCICE 1 : Cornière en traction**

Données :

- Effort  $F = 5000$  daN
- Epaisseur gousset :  $e = 8$  mm
- Boulons  $\phi 14$ , classe 8.8
- Acier utilisé : S275
- Cornière L60x60x6

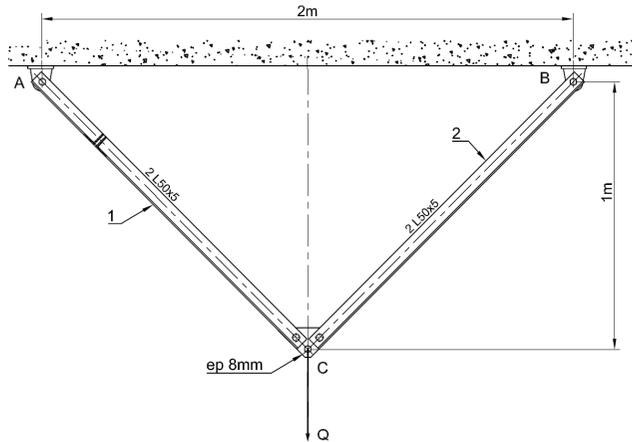


Questions :

1. Vérifier la résistance de la barre.
2. Déterminer le déplacement de l'extrémité de la barre.
3. Vérifier la résistance des boulons.

**EXERCICE 2 : Treillis à deux barres**

1. Calculer les efforts dans les barres 1 et 2.
2. Vérifier la résistance des barres.
3. La barre 1 est fixée en A avec un boulon de classe 6.8. Déterminer le diamètre de ce boulon.



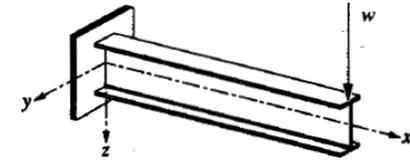
Données :

- Effort :  $Q = 250$  kN
- Epaisseur des goussets :  $e = 8$  mm
- Classe des boulons : 6.8
- Acier utilisé : S235
- Section brute de 2L50x5 :  $960$  mm<sup>2</sup>

**EXERCICE 3 : Poutre console**

Données :

- Section IPE 180
- Longueur de la poutre = 1.5m
- $W = 3.5$  kN
- Acier S235



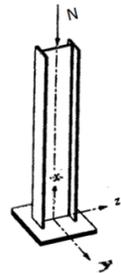
Questions :

1. Déterminer la valeur de la contrainte maximale dans la poutre.
2. Déterminer la valeur de la flèche maximale.
3. Vérifier la stabilité de la structure.
4. Concevoir l'assemblage de

**EXERCICE 4 : Résistance au flambement d'un poteau**

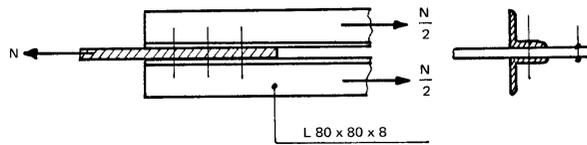
Quelle charge maximale de compression  $N$  peut supporter un poteau de hauteur 5m encastré en pied et libre en tête ?

- Section du poteau : HEB 200
- Matériau S275



**EXERCICE 5 : Assemblage boulonné**

Soit l'assemblage ci-dessous de 2 cornières sur un gousset. Déterminer le nombre de boulons.



**Données :**

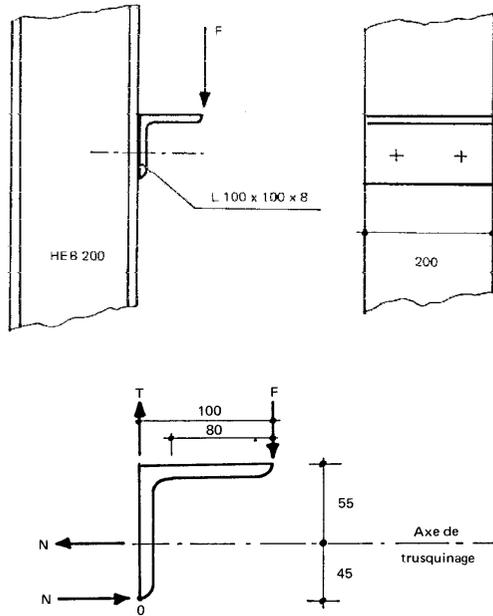
- Effort pondéré  $N = 44.000 \text{ daN}$
- Epaisseur gousset :  $e = 8 \text{ mm}$
- Boulons  $\phi 16$ , classe 8.8
- Acier utilisé : S235
- Section brute d'une cornière =  $1\,227 \text{ mm}^2$

**EXERCICE 6 : Assemblages corbeau-poteau**

On considère l'assemblage ci-dessous d'une cornière en console sur un poteau. Calculer le diamètre des boulons.

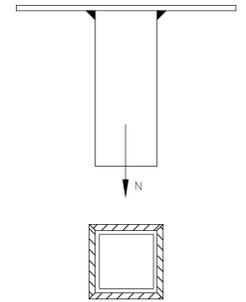
**Données :**

- Poteau HEB 200
- Cornière L 100 x 100 x 8
- Effort pondéré  $F = 600 \text{ daN}$
- Acier utilisé : E 24
- Nombre de boulons :  $n = 2$



**Exercice 7 : Assemblage par soudures**

Soit un tube de 80x80x5, soudé sur une platine (S235) par un cordon périmétrique d'épaisseur  $a=5\text{mm}$ . Quel effort axial pondéré  $N$  peut-il supporter ?

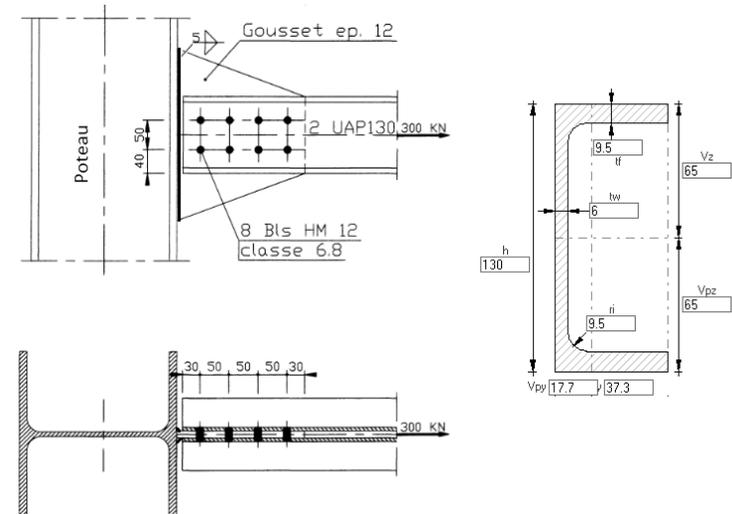


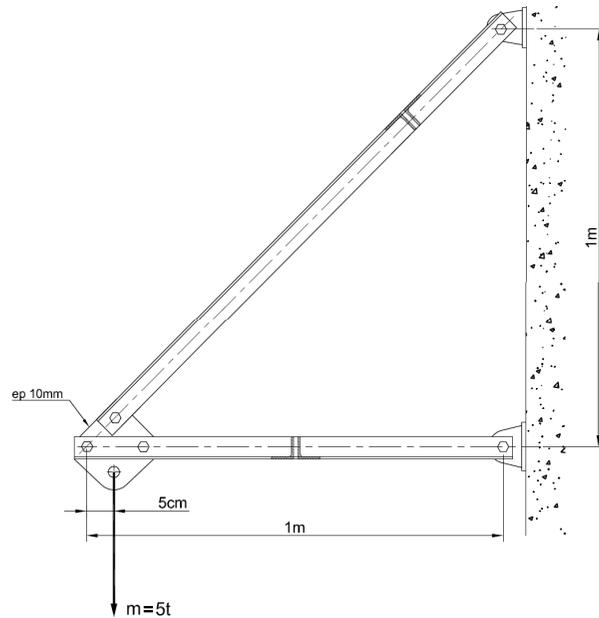
**Exemple 8 : Assemblage d'un poteau et d'une traverse**

Soit l'assemblage d'un poteau et d'une traverse de la figure ci-après. La traverse est assemblée au poteau via un gousset d'épaisseur 12mm par 8 boulons de diamètre 12 et de classe 6.8. La traverse est formée de deux barres de type UAP130 et de section  $2 \times 1750\text{mm}^2$ . Elle est sollicitée en traction par une force pondérée  $F=300\text{kN}$ . Le matériau utilisé est l'acier S235.

**Questions :**

1. Vérifier la résistance des boulons.
2. Vérifier la section nette de la traverse.
3. Vérifier la pression diamétrale due au boulon sur la traverse.
4. Vérifier l'assemblage par soudure du gousset avec le poteau sachant que la gorge  $a=5\text{mm}$  et la longueur de la soudure  $l=250\text{mm}$ .



**EXERCICE 9 : Potence murale****1. Hypothèses du calcul**

Matériau : acier S235  
 Déplacement maximal : 2cm  
 Coefficient de sécurité : 1.5

**2. Définition des charges**

Charges permanentes (G) : Poids de la structure  
 Charges d'exploitation (Q) : 5t

**3. Définition des combinaisons des charges**

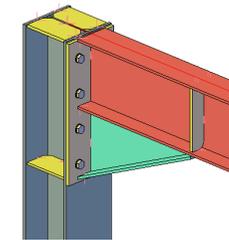
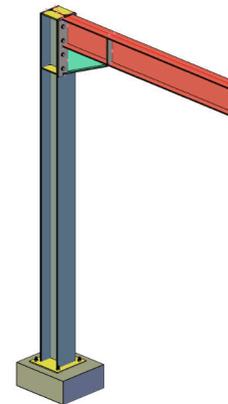
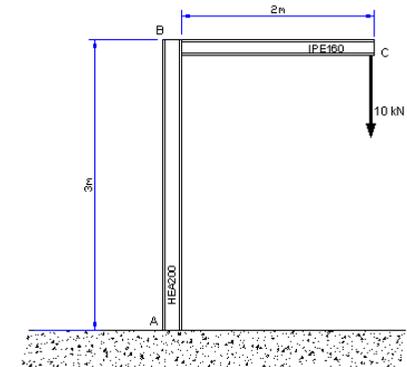
ELU :  $1.33 \times G + 1.50 \times Q$   
 ELS :  $1.00 \times G + 1.00 \times Q$

**4. Travail demandé**

- Déterminer les différentes sections vérifiant la résistance mécanique et la stabilité de la structure.
- Concevoir les assemblages.
- Elaborer une note de calcul suivant la norme CM66.

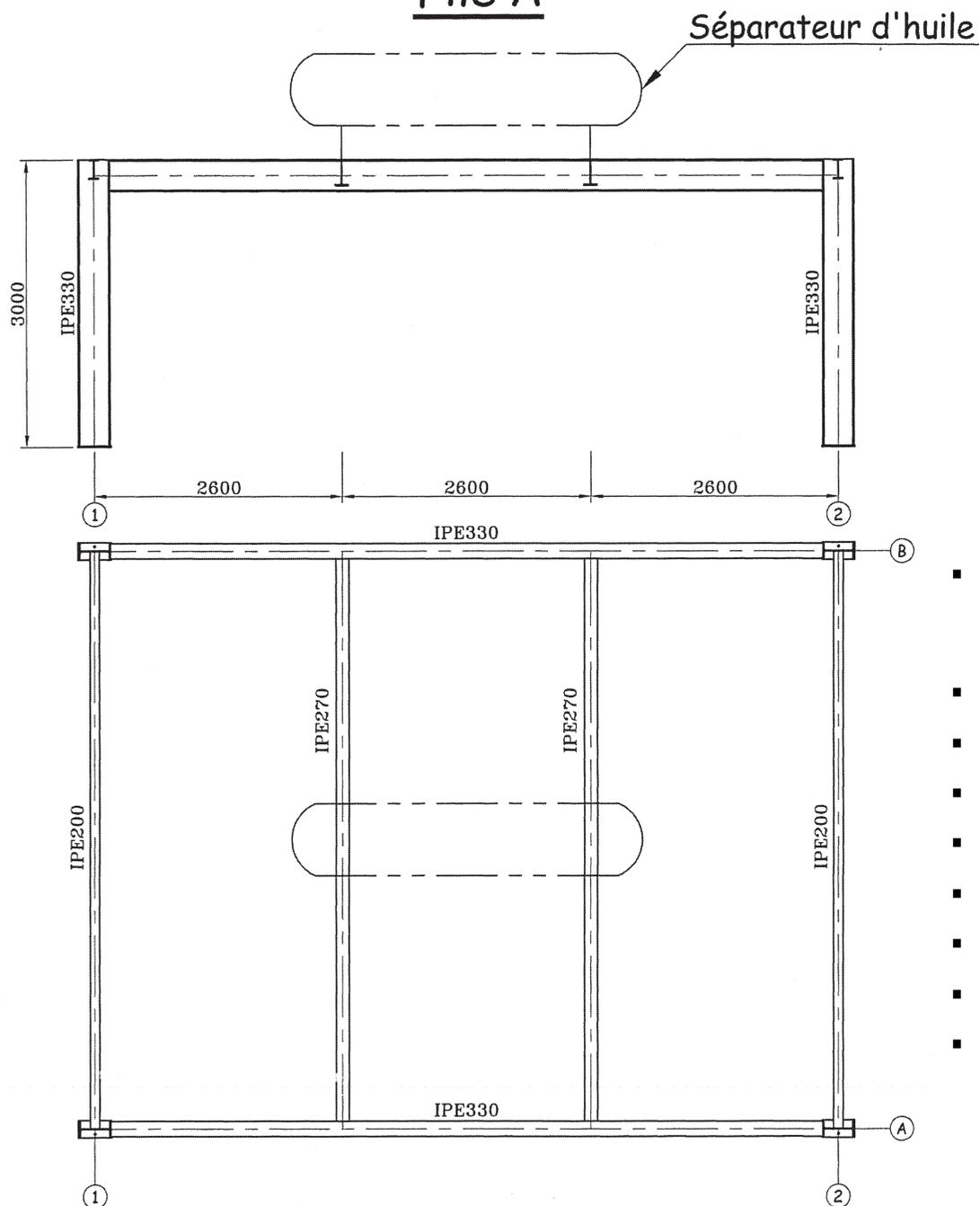
**EXERCICE 10 : VERIFICATION D'UNE POTENCE A PLAN****Données :**

- Matériau S235
- Charge d'exploitation = 10kN
- Le déplacement vertical au point C doit être inférieur à 2.5cm.
- Le déplacement horizontal au point B doit être inférieur à 2cm.

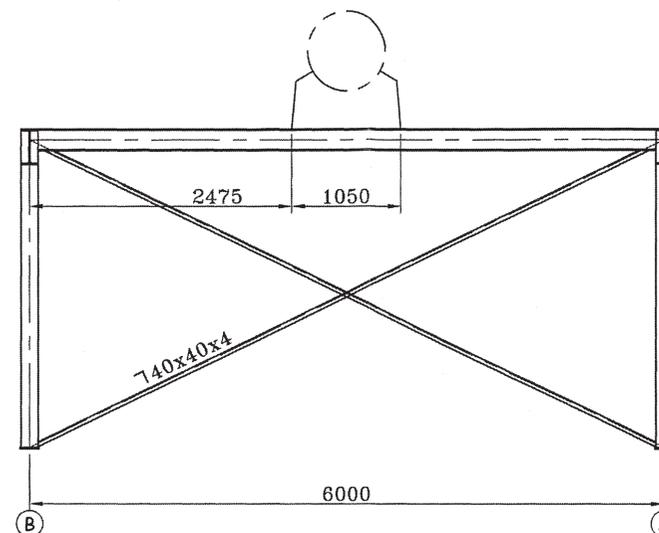
**Questions :**

- Vérifier la résistance mécanique des sections.
- Vérifier la stabilité du poteau et de la traverse.
- Concevoir les assemblages.

## File A

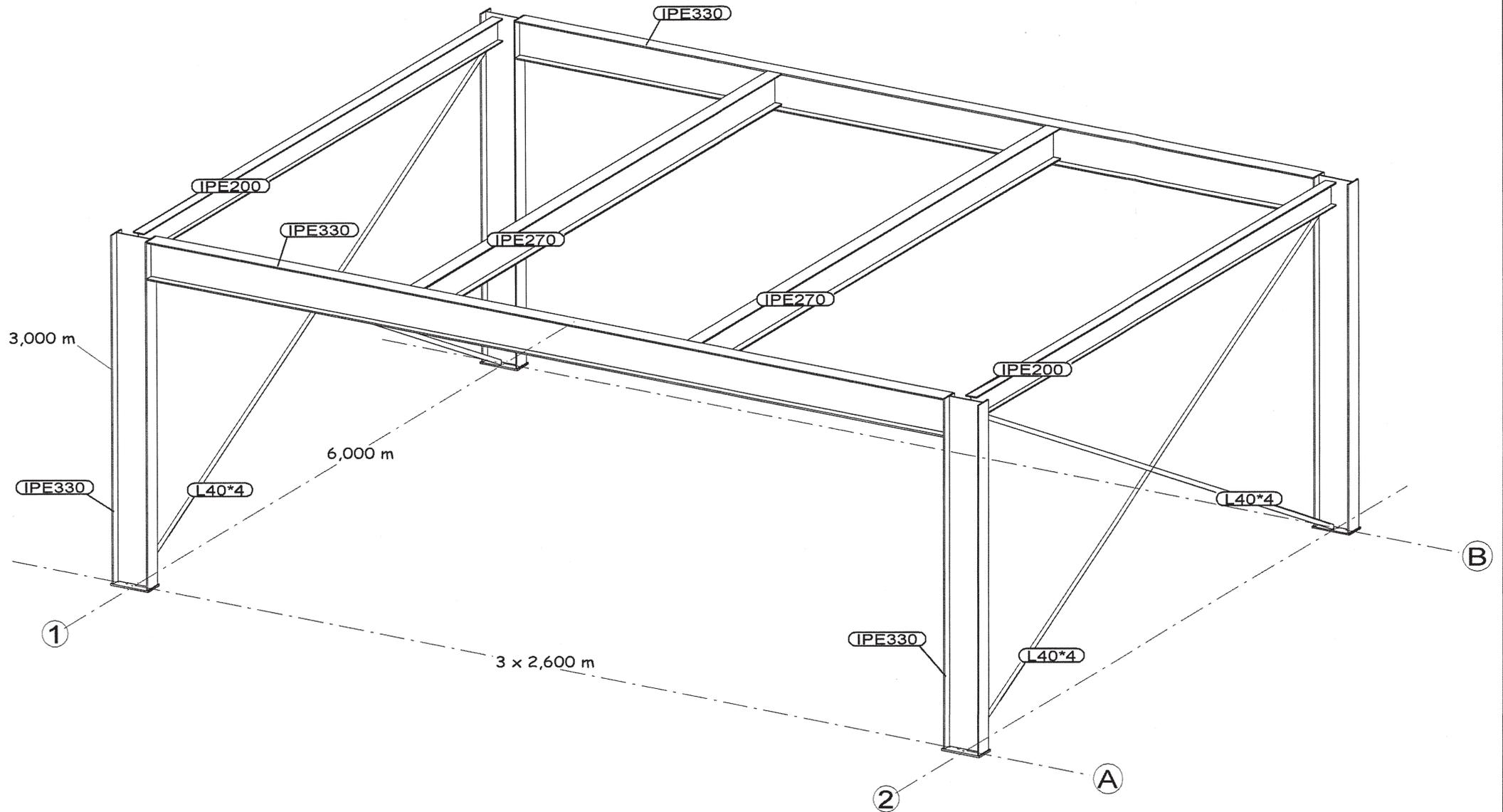


## File 1



- La structure est destinée à supporter un séparateur d'huile. Elle se compose, en plus de la charpente métallique d'un plancher (non représenté) en tôles d'acier à larmes de masse 50 daN/m<sup>2</sup>.
- L'acier utilisé pour la structure porteuse est de nuance S235.
- Les boulons utilisés sont de classe de qualité 6.8.
- Le poids propre du séparateur d'huile est 1500 daN.
- La charge d'exploitation du séparateur d'huile est 1200daN.
- La charge d'exploitation pour la circulation sur le plancher est 250 daN/m
- La structure est située à l'intérieur d'un bâtiment.
- La flèche maximale ne doit pas dépasser  $L/300$ . 'L' est la portée de la poutre.
- Le déplacement aux sommets des poteaux ne doit pas dépasser  $H/150$ . 'H' est la hauteur du poteau.

STRUCTURE PORTEUSE	Dessinateur :
	Ech :
ENSEMBLE	Date :
	N° 2-002



Rep	Nb	Désignation	Matère	Observations
STRUCTURE PORTEUSE				Dessinateur :
PERSPECTIVE				Ech :
				Date :
				N° 2-001

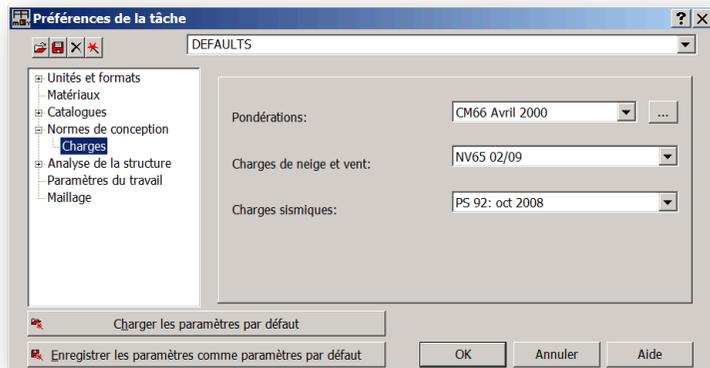
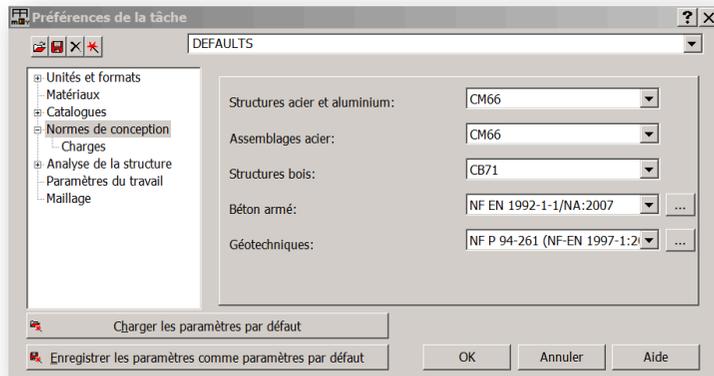
## 1. Paramétrage de RSA

### 1.1. Normes de conception :

La conception et le calcul des constructions métalliques sont régis par diverses réglementations et normes : Eurocodes, CM66, NV65, NF, etc.

Pour choisir les normes qui seront utilisées lors du dimensionnement de votre projet dans Robot Structural Analysis (RSA) :

- dans la barre des menus choisissez [Outils]->[Préférence de la tâche...]
- ou sur la barre [Outils] cliquer sur 

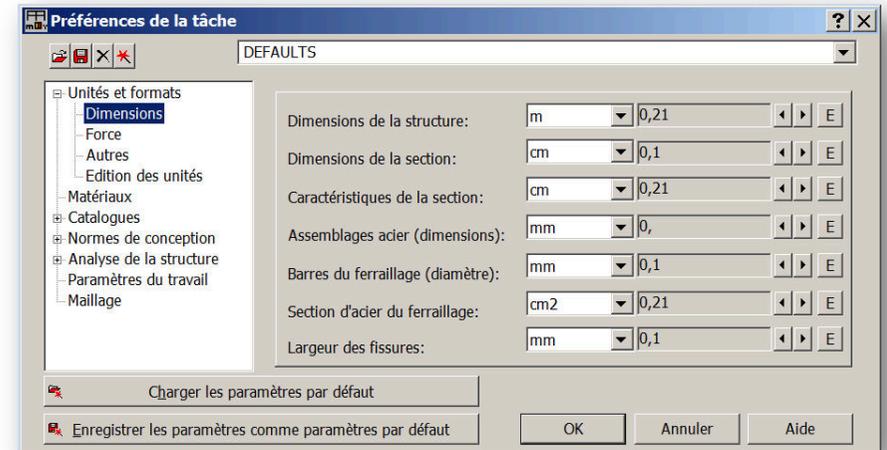


### 1.2. Utilisation des unités

Vous pouvez utiliser la boîte de dialogue [Préférences de la tâche] pour définir les unités pour votre projet : Dimensions de la structures, charges appliquées, déplacements, etc.

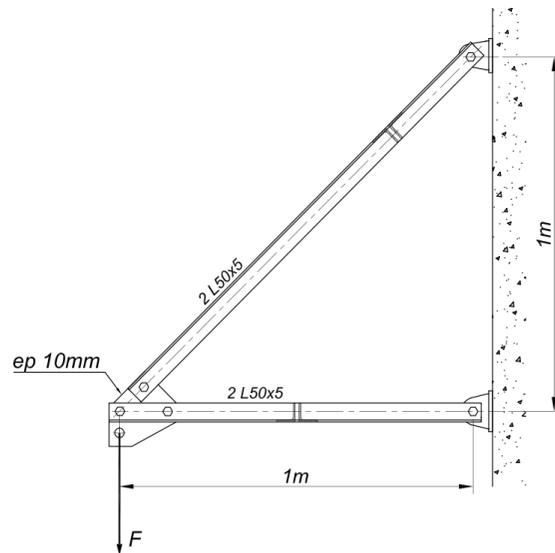
Pour modifier les unités de mesure :

1. Cliquez sur + pour développer la section **Unités et formats**.
2. Cliquez sur **Dimensions**.
3. Spécifiez une unité de mesure pour tous les types de dimensions disponibles.
4. Utilisez les flèches pour définir le nombre de chiffres après le symbole décimal pour chaque unité de mesure.
5. Cliquez sur **E** pour basculer entre les formats décimal et exponentiel.
6. Cliquez sur **Autres** dans la section **Unités et formats** pour modifier d'autres unités de mesure.



## 2. Exercice N°1 : Potence murale

### 2.1. Présentation du problème :



#### Hypothèses du calcul

Matériau :	Acier S235
Déplacement vertical maximal :	2cm
Coefficient de sécurité :	2

#### Définition des charges

Charges permanentes (G) :	Poids de la structure
Charges d'exploitation (Q) :	50kN

#### Définition des combinaisons des charges

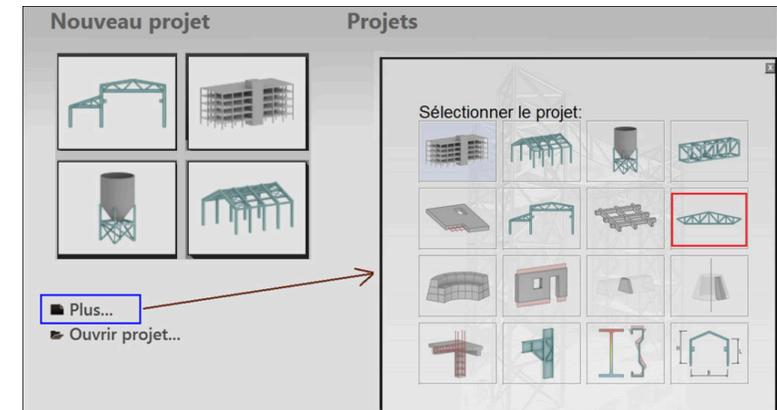
ELU :	$1.33 \times G + 1.50 \times Q$
ELS :	$1.00 \times G + 1.00 \times Q$

### 2.2. Travail demandé :

- Vérifier la résistance mécanique et la stabilité des éléments de la structure.
- Concevoir les assemblages.
- Elaborer une note de calcul suivant la norme CM66.

### 2.3. Démarrage de RSA :

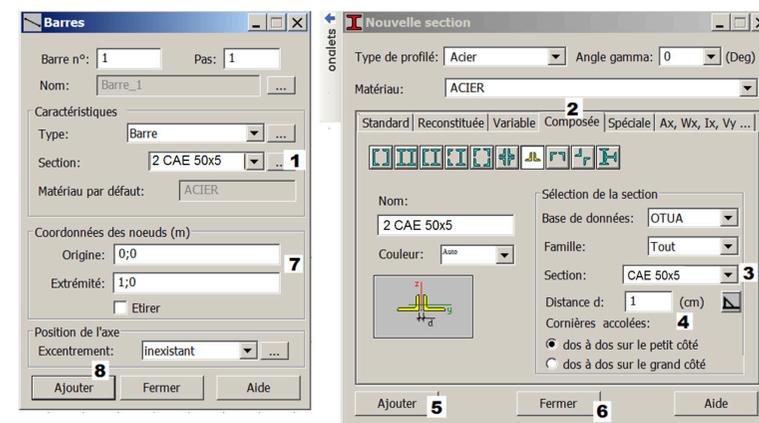
La fenêtre qui s'affiche lorsque vous démarrez RSA permet de définir le type de structure à étudier ou ouvrir une structure existante. Cliquer sur **[Plus..]** puis sélectionner l'icône correspondant à l'étude d'un **Treillis plan**.



### 2.4. Modélisation de la géométrie de la structure

Dans la barre d'outils **[Modèle de structure]** sélectionnez l'icône . La boîte **[Barres]** qui s'affiche permet de saisir les informations supplémentaires concernant les caractéristiques de la barre à dessiner à savoir le type de barre et sa section transversale.

1. Cliquez sur l'icône **[Nouvelle Section]**;
2. Sélectionnez l'onglet **[Composée]**
- 3 et 4. Sélectionnez une section de type cornière **CAE50x5** accolées dos à dos.
5. Cliquez sur **[Ajouter]** pour ajouter la section la liste des sections.
6. Cliquez sur **[Fermer]** pour quitter la boîte



7. Les champs [Origine] et [Extrémité] permettent de définir les coordonnées des nœuds d'extrémités de chaque barre.

N° Barre	Origine (x,z)	Extrémité (x,z)
1	0;0	1;0
2	0;0	1;1

8. Après définition des coordonnées des nœuds d'extrémités de la barre cliquez sur [Ajouter] pour dessiner la barre.

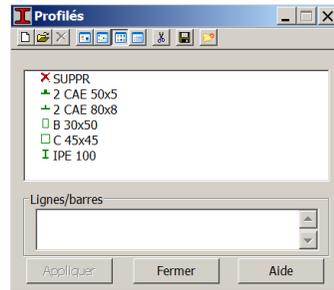
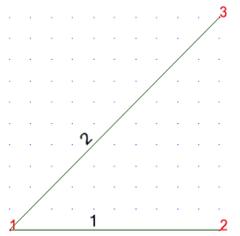
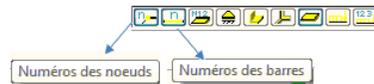
9. Cliquez sur [Fermer] pour quitter la boîte.

#### ♦ Affectation des profilés aux barres :

Vous pouvez modifier les profilés des barres de la structure en cliquant sur l'icône  dans la barre d'outils [Modèle de structure]. Il apparaît alors la boîte de dialogue représentée ci-contre. Sélectionnez une section puis les barres correspondantes. Si la liste de profilés active ne contient pas le type de profilé souhaité il faut cliquer sur l'icône  pour afficher la boîte de dialogue [Nouvelle Section] et ajouter le type de section souhaité.

#### ♦ Affichage des numéros des barres et des nœuds

Dans la barre d'outils en bas-gauche de l'écran graphique cliquez sur les icônes [Numéros des nœuds] et [Numéros des barres] pour afficher les numéros des nœuds et des éléments sur la structure.

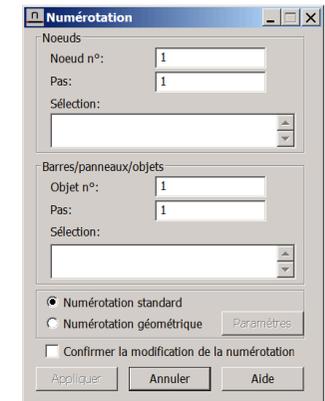
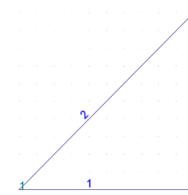


#### ♦ Renumerotation des barres et des nœuds :

Si vous souhaitez renuméroter les nœuds et les barres, dans le menu [Structure] sélectionnez [Numérotation]. Après la sélection de cette option, le logiciel affiche la boîte de dialogue représentée sur la figure ci-dessous.

Dans le champ [Nœud n°] tapez un numéro puis dans la zone graphique cliquez sur le nœud à renuméroter.

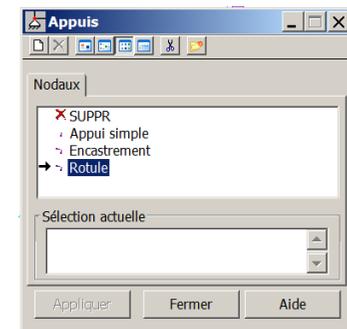
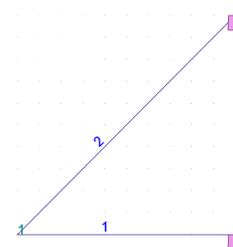
Dans le champ [Objet n°] tapez un numéro puis dans la zone graphique cliquez sur la barre à renuméroter.



## 2.5. Définition des appuis

L'icône [Appuis]  dans la barre d'outils [Modèle de structure] sert à définir les appuis dans la structure. Il apparaît alors la boîte de dialogue [Appuis] représentée ci-dessous.

Sélectionnez [Rotule] puis dans la zone graphique cliquez sur les nœuds 2 et 3.



## 2.6. Définition des cas de charge

Pour de définir les cas de charge cliquez sur l'icône  dans la barre d'outils [Modèle de structure]. Il apparaît alors la boîte de dialogue [Cas de charge] représentée ci- contre.

Pour cet exemple on définit deux cas de charge :

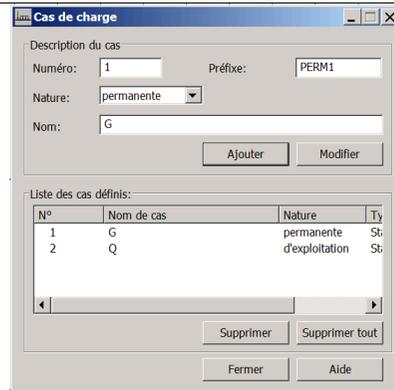
- Charge permanente G qui correspond au poids propre de la structure
- Charge d'exploitation Q qui correspond à la sollicitation F.

Pour le cas de charge permanente, vous devez effectuer les opérations suivantes :

- Dans le champs [Nature] sélectionnez permanente ;
- Saisissez le [Nom] du cas de charge G ;
- Cliquez sur le bouton [Ajouter].

Suivez les mêmes étapes pour créer le cas de charge exploitation Q.

Cliquez sur [Fermer] pour quitter la boîte.



## 2.7. Application des charges

Afin d'appliquer les charges cliquez sur l'icône  dans la barre d'outils [Modèle de structure] Il apparaît alors la boîte de dialogue [Charge] représentée ci-dessous.

### ♦ Application de la charge permanente (Poids propre) :

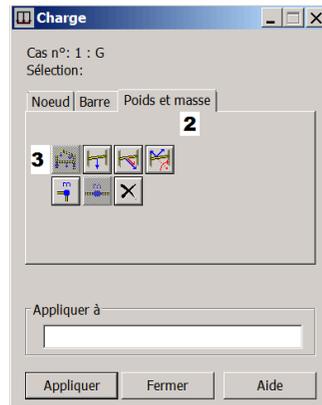
1. Sélectionnez le cas de charge G dans le champ [Cas] de la barre d'outils [Sélection].



2. Dans la boîte [Charge] sélectionnez l'onglet [Poids et masse]

3. Cliquez sur l'icône .

Un clic sur cette icône applique automatiquement la charge par poids propre à tous les éléments de la structure. La charge par poids propre agit dans la direction de l'axe Z du repère global, son sens est contraire au sens de cet axe.



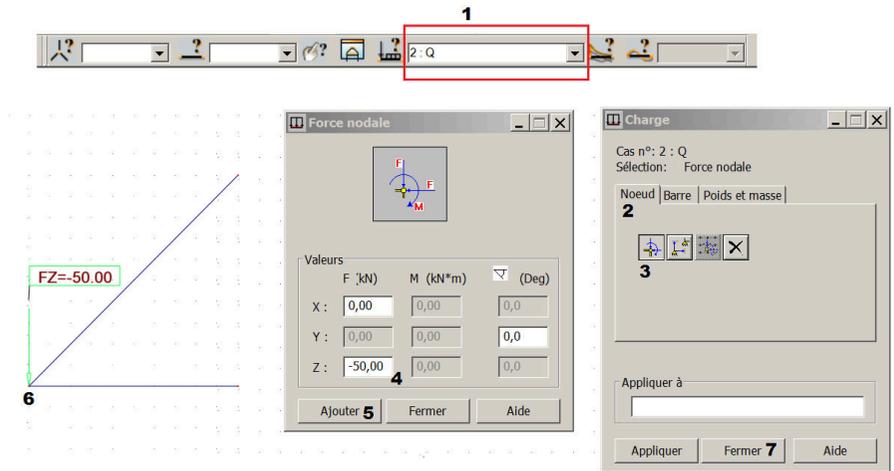
### ♦ Application de la charge d'exploitation :

1. Sélectionnez le cas de charge Q dans le champ [Cas] de la barre d'outils [Sélection].
2. Dans la boîte [Charge] sélectionnez l'onglet [Nœuds]
3. Cliquez sur l'icône .
4. Dans la boîte qui s'affiche introduisez les composantes (Fx et Fz) de la charge d'exploitation.

5. Cliquez sur [Ajouter].

6. Sélectionnez le nœud 1.

7. Cliquez sur le bouton [Fermer].



## 2.8. Définition des combinaisons

Pour cet exemple on définit deux combinaisons de charges :

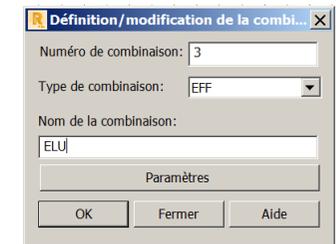
- ELS pour vérifier les déplacements des nœuds
- ELU pour vérifier la résistance mécanique des sections et la stabilité des éléments (flambement).

### ♦ Création de la combinaison ELU (1.33 x G + 1.50 x Q)

Dans le menu [Chargements] sélectionnez [Combinaisons manuelles].

Dans la boîte [Définition/Modification de la combinaison] qui s'affiche :

1. Saisissez le type de combinaison : EFF (Etat limite ultime);
1. Saisissez le nom de la combinaison : ELU;
3. Cliquez sur [OK].

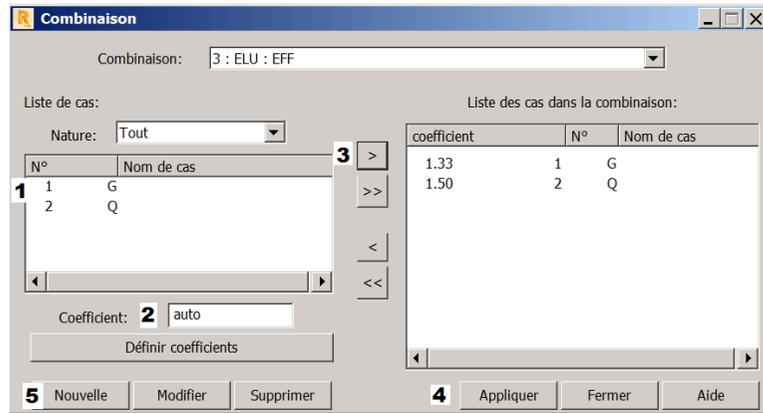


Afin de définir les cas de charge pour la combinaison ELU, dans la boîte [Combinaison] :

1. Sélectionnez le cas de charge G dans la liste de cas de charge disponibles ;
2. Dans le champ [Coefficient] si vous gardez le texte « auto », le logiciel prendra automatiquement le coefficient défini pour le type de combinaison (EFF ou DEP) sélectionné, sinon saisissez la valeur du coefficient de pondération 1.33 pour le cas de charge G sélectionné ;
3. Cliquez sur le bouton .

On suit les même étape pour ajouter le cas de charge Q à la combinaison ELU avec un coefficient de pondération 1.5.

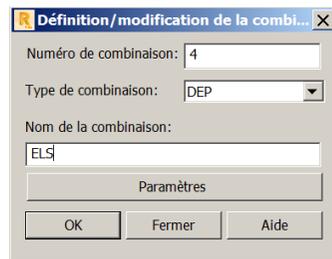
4. Cliquez sur [Appliquer] pour valider la combinaison.
5. Cliquez sur [Nouvelle] pour créer la deuxième combinaison ELS.



♦ **Création de la combinaison ELS(1.00 x G + 1.00 x Q)**

Dans la boîte [Définition/Modification de la combinaison] qui s'affiche:

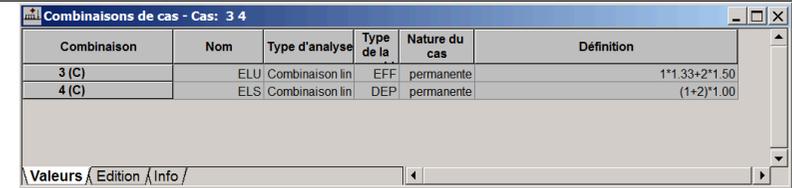
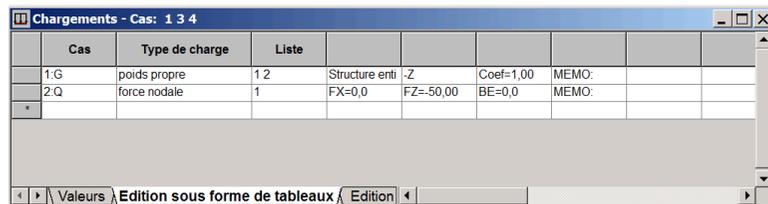
1. Saisissez le type de combinaison : DEP (Etat limite de service);
2. Saisissez le nom de la combinaison : ELS;
3. Cliquez sur ok.



Répétez les actions décrites précédemment pour ajouter les cas des charges G et Q à la combinaison ELS

♦ **Affichage des tableaux des chargements et des combinaisons**

Vous pouvez vérifier les charges et la combinaison que vous avez définies en affichant les tableaux des chargements et des combinaisons par le menu [Chargements].



2.9. Lancer le calcul statique

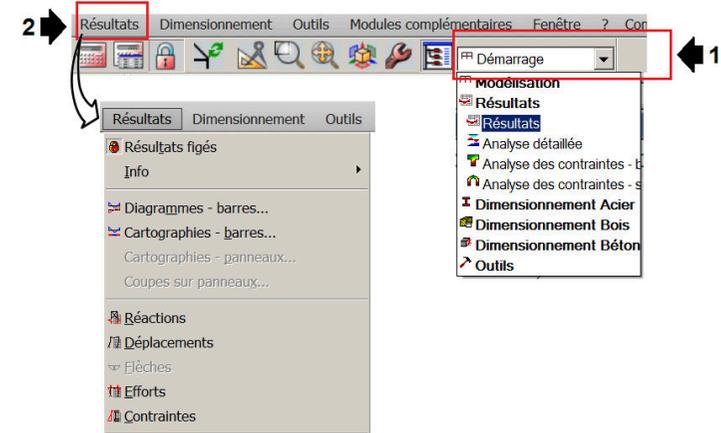
Pour calculer la réponse statique de la structure :

- cliquez sur [Calculer...] dans le menu [Analyse]
- ou cliquez sur l'icône dans la barre d'outils standard.

La boîte de dialogue [Diagrammes] permet d'afficher les déformées de la structure et les diagrammes de forces et de contraintes sur les barres - éléments de la structure.

2.10. Post-traitement des résultats de l'analyse statique

Vous pouvez afficher les résultats de deux manières, soit à travers les bureaux de RSA ou à travers le menu [Résultats]->[Diagrammes - Barres...]



a. NTM (Diagrammes)

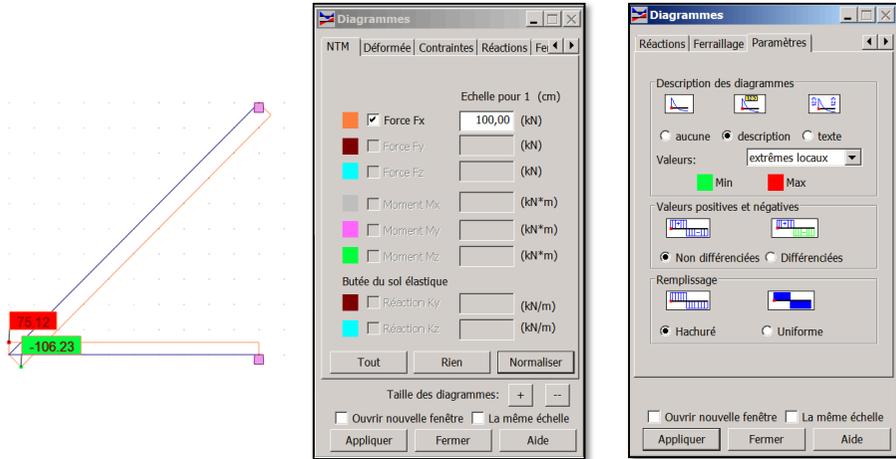
Vous pouvez sélectionner les grandeurs dont les diagrammes seront affichés. Comme il s'agit dans cet exemple d'un treillis, seuls les efforts normaux sont calculés.

Sélectionnez la combinaison de charges ELU dans le champ [Cas] de la barre d'outils [Sélection].



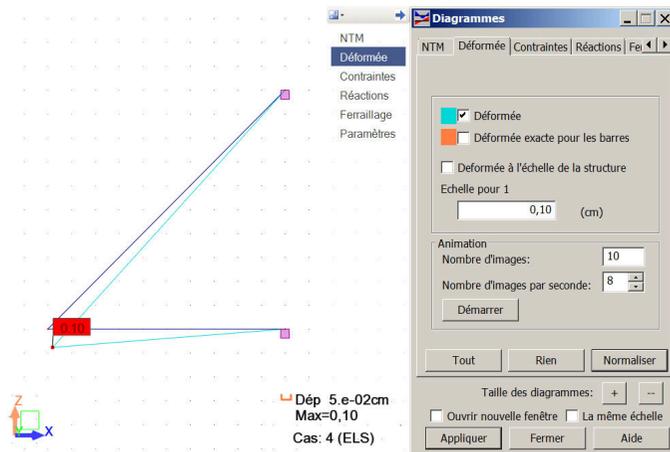
Pour afficher le diagramme des efforts, dans la boîte de dialogue [Diagrammes] sous l'onglet [NTM] sélectionnez [Force FX] puis cliquez sur [Appliquer] .

Pour afficher les valeurs des efforts sur la structure, dans la boîte de dialogue [Diagrammes] sous l'onglet [Paramètres] sélectionne [description] puis cliquez sur [Appliquer].



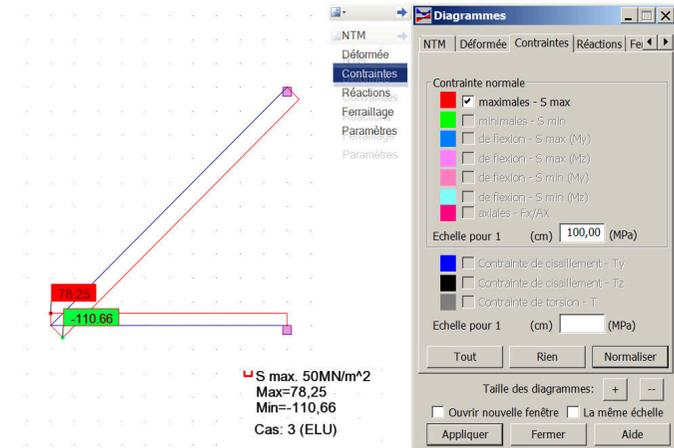
**b. Déformée (Diagrammes)**

Pour afficher la déformée de la structure, sélectionnez tout d'abord la combinaison de charges ELS dans le champ [Cas] de la barre d'outils [Sélection] puis dans la boîte de dialogue [Diagrammes] sous l'onglet [Déformée] cochez la case [Déformée] puis cliquez sur [Appliquer].



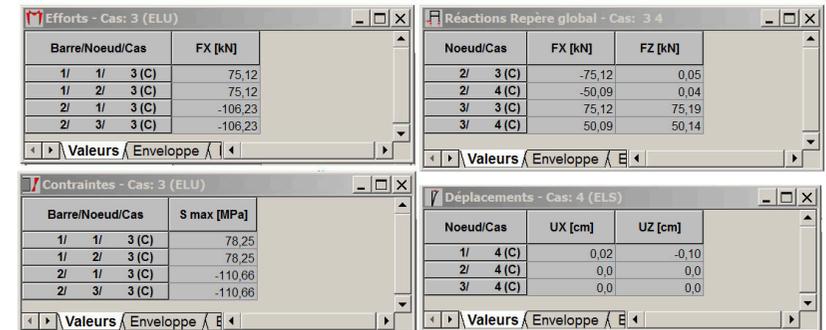
**c. Contraintes (Diagrammes)**

Vous pouvez afficher le diagramme des contraintes normales en sélectionne [maximales-Sx] dans la boîte de dialogue [Diagrammes] sous l'onglet [Contraintes] puis cliquez sur [Appliquer].



♦ **Affichage des tableaux de résultats de l'analyse de la structure**

Vous pouvez afficher les résultats de calcul (Efforts, déplacements, contraintes, etc.) sous forme de tableaux en utilisant le menu [Résultats]. Vous devez ensuite filtrer l'affichage des valeurs en fonction du cas de charge correspondant en sélectionnant la combinaison de charge ELS ou ELU dans le champ [Cas] de la barre d'outils [Sélection].



### 2.11. Vérification de la résistance au flambement de la barre 1

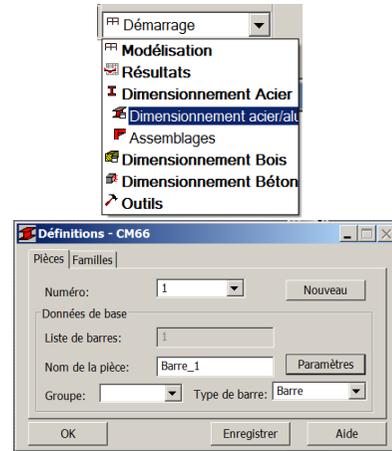
Dans les bureaux de RSA sélectionnez [Dimensionnement Acier] puis [Dimensionnement acier/aluminium] ou cliquez sur l'icône  affichée dans la barre d'outils.

Nous trouvons alors dans le bureau vérification et dimensionnement des barres suivant la norme CM66. Cette norme peut être changée à tout moment.

#### a. Création d'un type de barre 'MyBarre'

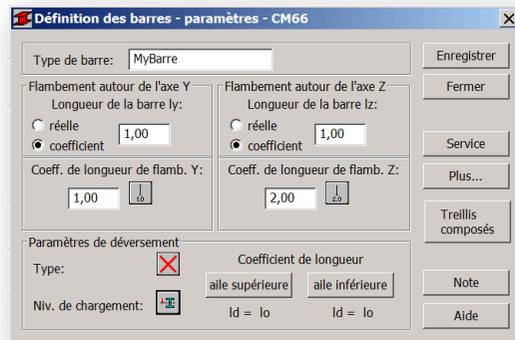
Le type de barre permet de définir des paramètres de flambement et de diversement pour la barre considérée.

Dans la boîte de dialogue [Définitions-CM66] cliquez sur le bouton [Paramètres]. La boîte de dialogue [Définition des barres-paramètres-CM66] s'affiche.



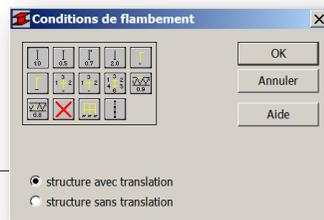
Dans les zones [Flambement autour de l'axe Y] et [Flambement autour de l'axe Z], vous pouvez définir la longueur de la barre pour les plans correspondants barre en deux directions Y et Z de deux façons :

- Pour l'option [Réelle], la valeur saisie est interprétée directement comme longueur de flambement.
- Pour l'option [Coefficient], la valeur saisie est interprétée comme facteur par lequel la longueur réelle sera multipliée pour obtenir la valeur voulue. Le coefficient de longueur de flambement dépend des conditions d'appui des nœuds aux extrémités de la barre situés dans le plan du flambement.



Pour définir le type de barre :

1. Dans la boîte de dialogue [Définition des barres-paramètres-CM66] saisissez le nom **MyBarre** dans le champs [Type de barre].
2. Dans le champ [Coeff. de longueur de flamb. Y] cliquez sur l'icône  représentant de façon schématique le modèle de flambement



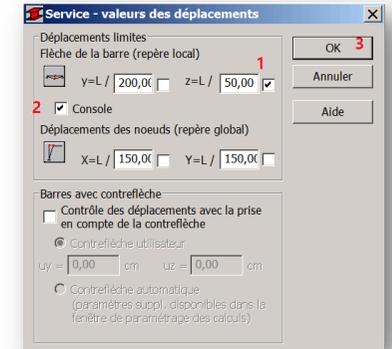
sélectionné. La boîte de dialogue [Conditions de flambement] s'affiche, choisissez  comme coefficient de longueur de flambement de la barre autour de l'axe Y.

Cliquez sur [OK] pour fermer la boîte.

3. Dans le champ [Coeff. de longueur de flamb. Z] cliquez sur l'icône  représentant de façon schématique le modèle de flambement sélectionné. Dans la boîte de dialogue [Conditions de flambement] qui s'affiche choisissez  comme coefficient de longueur de flambement de la barre autour de l'axe Z (Hors plan).

Cliquez sur [OK] pour fermer la boîte.

4. Dans la boîte de dialogue [Définition des barres-paramètres-CM66] cliquez sur le bouton [Service]. Dans la boîte [Service - valeurs des déplacements] définissez le déplacements limite du nœud 1 dans la direction Z du repère local de la barre ( $z=L/50=100/50=2\text{cm}$ ). Cochez la case console pour que le programme prend en considération le déplacement à l'extrémité de la barre.



Cliquez sur [OK] pour fermer la boîte.

5. Finalement dans la boîte [Définition des barres-paramètres-CM66] cliquer sur [Enregistrer] puis [Fermer].

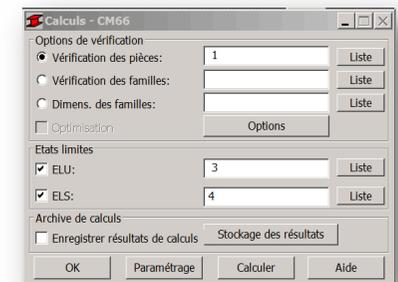
Remarque : Pour définir un type de barre vous pouvez aussi cliquer sur l'icône  dans la barre d'outils. Cliquez sur l'icône nouveau  dans le champ [Type de barre]. Ensuite vous sélectionnez la barre considérée.

#### b. Vérification de la stabilité de la barre :

La vérification de la pièce consiste à trouver le point appartenant à la pièce et le cas de charge pour lequel les paramètres réglementaires sont les plus défavorables.

1. Dans la zone [Option de vérification] de la boîte de dialogue [Calculs - CM66], sélectionnez l'option [Vérification des pièces] puis sélectionner la barre 1.
2. Dans la partie [Etats limites] sélectionnez les combinaisons 3 pour [ELU] et 4 pour [ELS].
3. Cliquer ensuite sur [Calculer].

La boîte de dialogue [CM66-Vérification des pièces.] s'ouvre après la fin du calcul. Elle affiche les informations les plus importantes pour le type de calcul effectué. Le profil qui satisfait les conditions réglementaires est accompagné du symbole , celui qui ne satisfait pas les conditions réglementaires est accompagné du symbole .



CM66 - Vérification des pièces ( ELS ; ELU ) 1

Pièce	Profil	Matériau	Lav	Laz	Ratio	Cas	Ratio(uz)	Cas (uz)
1 Barre_1	2 CAE 50x5	ACIER	66.18	82.39	0.49	3 ELU	0.05	4 ELS

Points de calcul  
 division: n = 3  
 extrêmes: aucun  
 additionnels: aucun

Résultats - norme - CM66

Pièce: 1 Barre\_1  
 Point / Coordonnée: 1 / x = 0.00 L = 0.00 m  
 Cas de charge: 3 ELU 1\*1.33+2\*1.50

Résultats simplifiés | Déplacements | Résultats détaillés

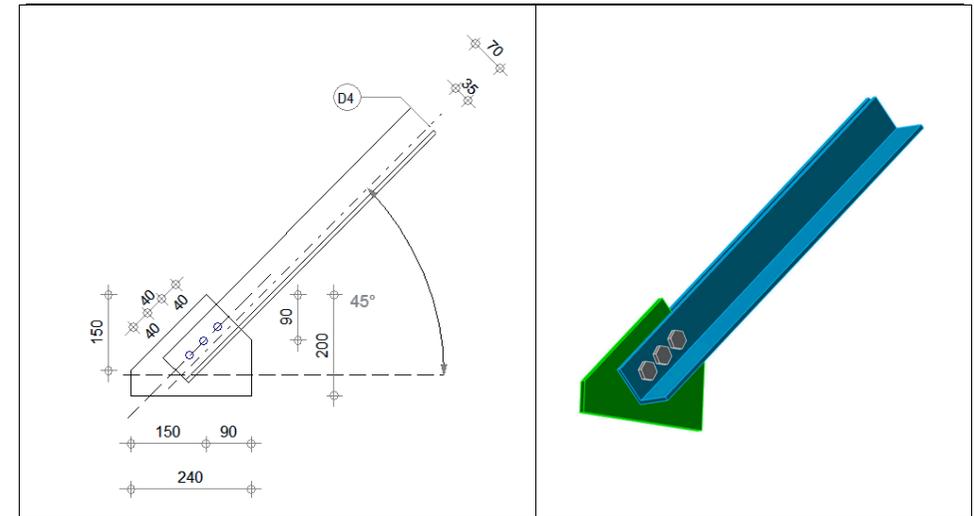
CONTRAINTES  
 SigN = 75.12/9.60 = 78.25 MPa

DEVERSEMENT

FLAMBEMENT Y  
 Ly=1.00 m      Muy=6.05  
 Lfy=1.00 m      ky=1.25  
 Lambda y=66.18

FLAMBEMENT Z  
 Lz=1.00 m      Muz=3.90  
 Lfz=2.00 m      kz=1.48  
 Lambda z=82.39

RESULTATS  
 k\*SigN = 1.48\*78.25 = 115.86 < 235.00 MPa (3.411)



Définition de l'assemblage de type Gousset - barre simple - CM66

Boulons 4  
 Diamètre: M16  
 Classe: 6.8  
 Plan de cisaillement:  Partie fileté  
 Partie non fileté

Nb boulons: nb = 3  
 Espacement: (p1, p2) = 40-40 mm  
 Entraxe: e1 = 40 mm  
 Entraxe: e2 = 35 mm

Soudures 4  
 Épaisseur: a =  
 Épaisseur: b =

Appliquer OK Annuler

