

POTENCE A FLECHE TRIANGULEE PIVOTANTE - PFTP (www.cmco-france.fr)

1. OBJECTIFS

Sensibilisation aux différents types de modélisations des **structures minces et élancées**.

Problèmes liés à la pratique de la modélisation des structures mécano-soudées en éléments poutres (déports et jonctions des lignes moyennes, intégration d'éléments rigides, relâchement tc..).
Utilisation de RDM6

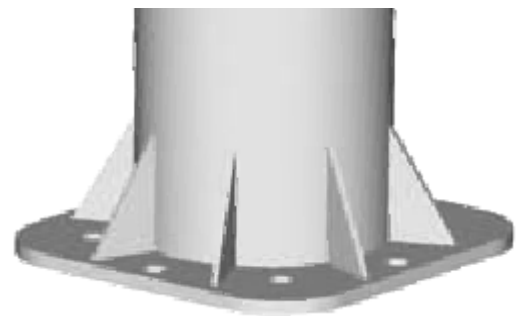
2. MISE EN SITUATION

La figure ci-contre représente une potence à flèche triangulée pivotante industrielle et réalisée en construction mécano-soudée. Elle est constituée de tubes, de profilés et de tôles assemblés par soudage. L'axe de la liaison pivot de la flèche pivotante (rotation 270°) est déporté par rapport à l'axe du fût.



3. TYPES DE MODELISATION

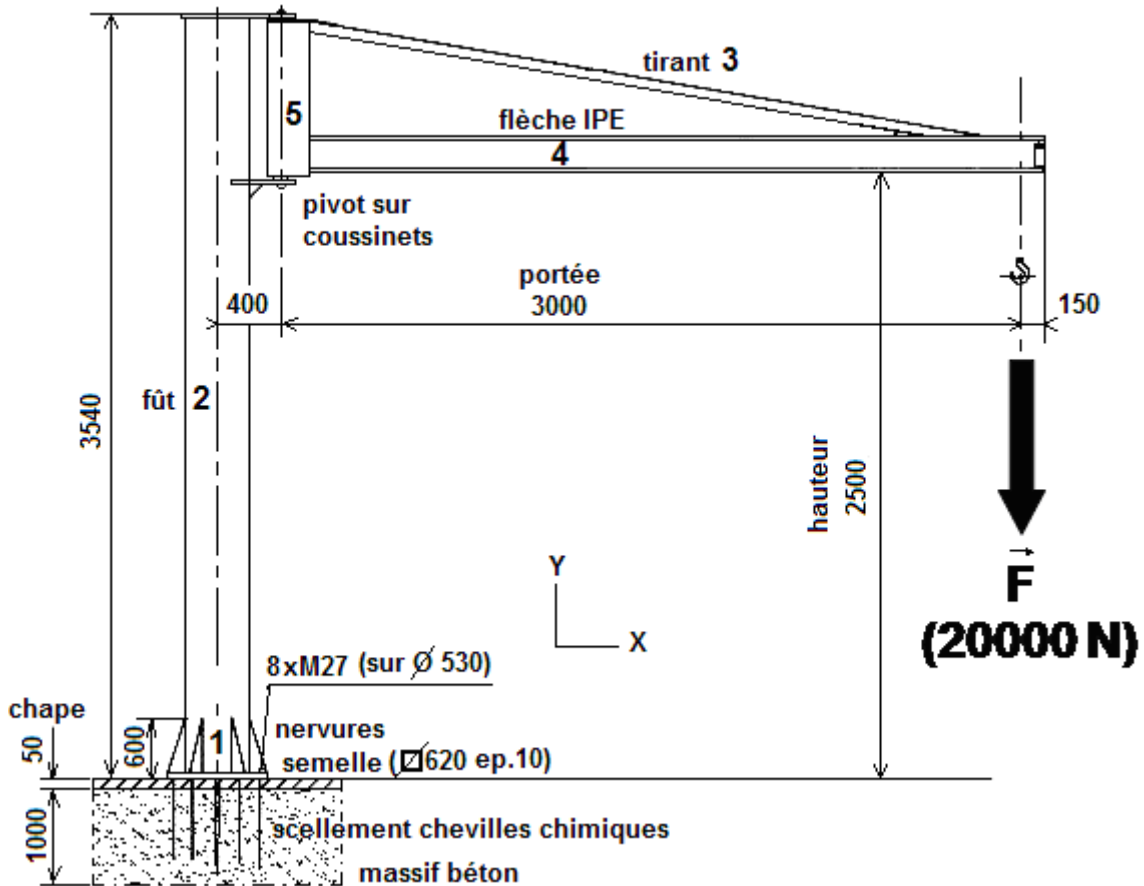
Les **structures minces et élancées** sont réalisées à partir de plaques, de tôles et de profilés métalliques. **Trois** modélisations différentes en éléments finis plaques et poutres peuvent être élaborées. On se propose d'en découvrir succinctement quelques aspects pratiques en utilisant cette structure comme support d'étude.



4. DONNEES

4.1 Dimensions de la potence et conditions aux limites (chargement et liaison au sol)

(Documentation commerciale non à l'échelle)



4.2 Propriétés des matériaux:

acier d'usage général	limite élastique R_e (MPa)	résistance à la rupture R_r (MPa)	module de Young E (MPa)	coef. de Poisson	masse volumique. (kg/m^3)
S 235	235	340	210000	0.3	7800

4.3 Propriétés des sections :

S1- tube circulaire ϕ 406x6 (8 nervures ep. 8)	S2- tube circulaire ϕ 406x6	S3- plat 100x10	S4- IPE 200	S5- tube rectangulaire 200x120x4

Les propriétés de sections (voir rappels § 7.2) sont calculées à partir de la description géométrique de leurs formes, de la saisie de leurs dimensions et d'un traitement dans l'utilitaire de calcul éléments finis annexe de RDM6. La section S1 nécessite une description géométrique préalable (ex : Catia - Part Design – section modélisée dans plan d'esquisse XY – Fichier – Enregistrer sous – Type igs) et ensuite l'importation de ce fichier dans RDM6 (via menu, icône Sections droites – fichier IGES)

5. ETUDE PRELIMINAIRE A LA MODELISATION ELEMENTS FINIS POUTRES

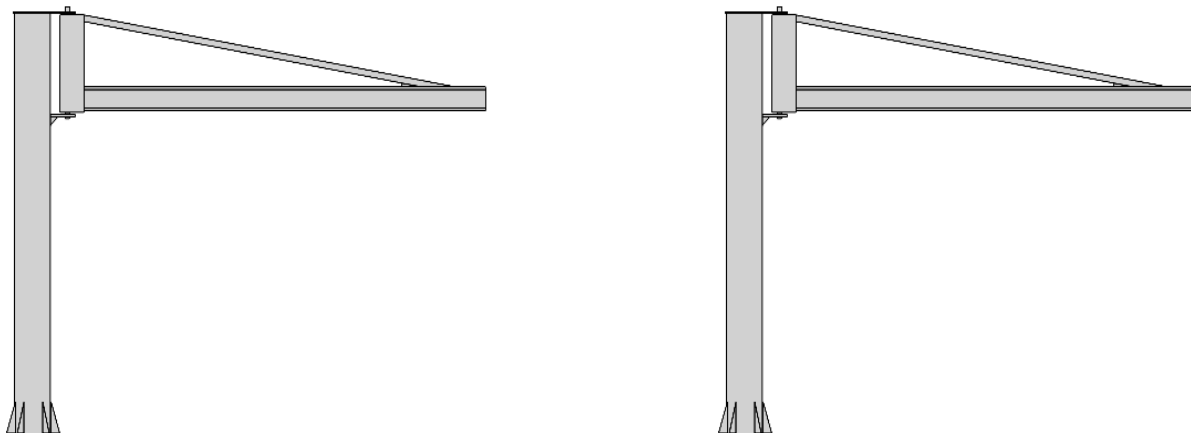
Il s'agit de faire une **étude globale** de cette potence, chargée à l'extrémité de sa flèche, dans son comportement mécanique en statique linéaire.

5.1 Rappel : comportement de poutre droite (voir §7 ANNEXES)

5.2 Choix du type d'éléments finis (voir fiche technique)

5.3 Méthodologie pour élaborer le modèle de calcul en éléments finis poutres (voir § 8 CRITERES DE MAILLAGE)

5.3.1 Le modèle géométrique : tracé des lignes moyennes,



5.3.2 Le modèle éléments finis : maillage minimal, caractérisation de chaque élément de poutre du modèle, conditions aux limites



6. TRAVAIL DE MODELISATION

Utilisation du logiciel de calcul RDM 6

Etapas de ce travail : élaboration du modèle /calcul / analyse des résultats : actions du sol sur la structure, déplacements nodaux (conditions de rigidité), efforts nodaux, contraintes dans les éléments (conditions de résistance).

Le constructeur CMCO garantit que la flèche maximale de la potence sous charge nominale est égale à environ 1/250 de la {portée + hauteur} et est inférieure à 1/100 de la portée seule (règles Fédération Européenne de la Manutention)

Travail dirigé

6.1 Etude 1 : potence issue du travail préparatoire précédent

6.1.1 Modèle sans relâchement de ddl aux nœuds (liaisons internes : encastrement)

6.1.2 Modèle avec des relâchements de ddl aux nœuds du tirant

Travail personnel

6.2 Etude 2 : prise compte de la liaison pivot déportée et flèche triangulée dans le plan XY

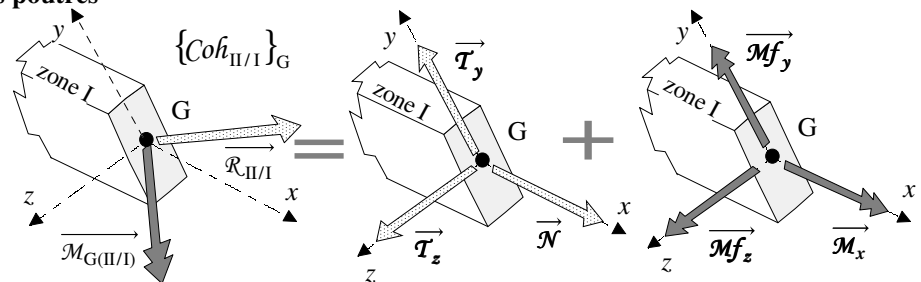
6.3 Etude 3 : prise en compte de la liaison pivot déportée avec une position angulaire de la flèche triangulée de -90° autour de l'axe parallèle à Y

6.4 Conclusions : étude comparative entre les trois modélisations (modélisations et résultats obtenus)

7 ANNEXES

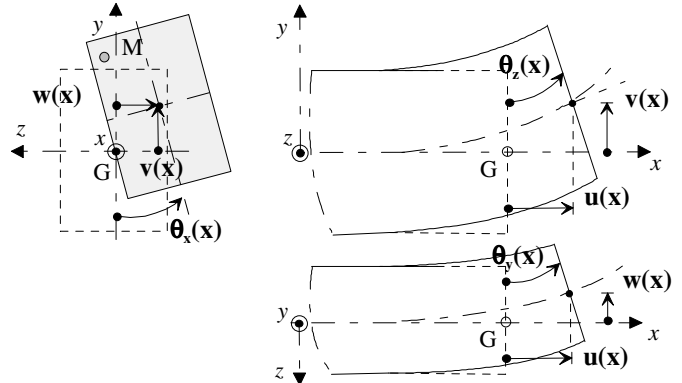
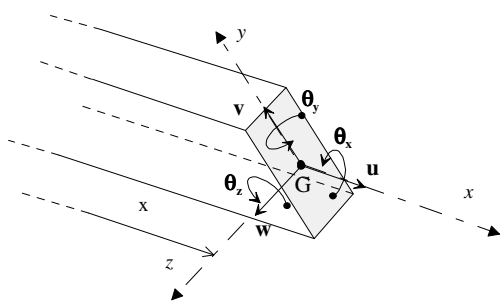
7.1 Rappel comportement des poutres

Les éléments de réduction du torseur de cohésion:

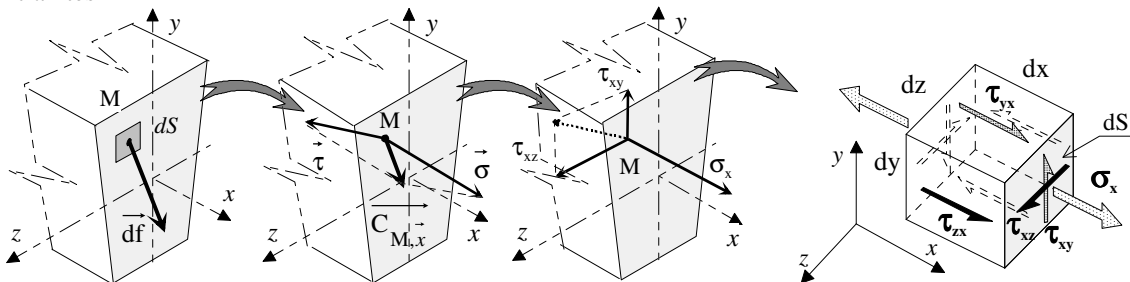


Effets liés à la présence des éléments de réduction

- les déplacements d'une section:



- les contraintes



7.2 Rappels des différentes propriétés et utilisation dans les sollicitations

- aires des sections en mm^2 (traction - compression)

- sections réduites en mm^2 (prise en compte des effets du cisaillement dans de la flexion avec effort tranchant):

- section IPE: $S_r \cong$ section de l'âme pour un effort tranchant parallèle à l'âme; $S_r \cong$ section des ailes pour un effort tranchant parallèle aux ailes;
- section tube rectangulaire $S_r \cong$ section des 2 cotés pour un effort tranchant parallèle à ces cotés ;
- section rectangulaire: $S_r = 0.83 \times \text{aire}$;
- section tube circulaire: $S_r = 0.53 \times \text{aire}$;

- constante de torsion mm^4 (torsion):

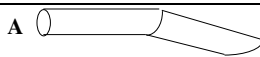
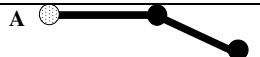
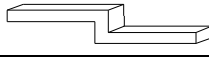
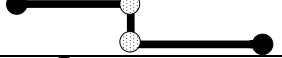
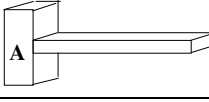




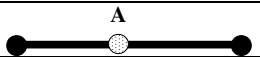
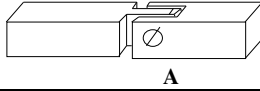
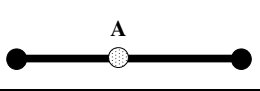
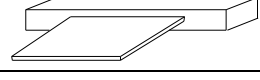
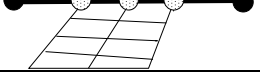
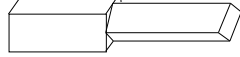
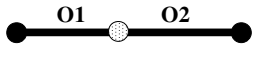
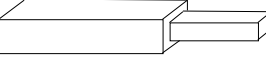
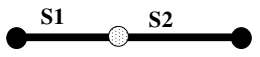
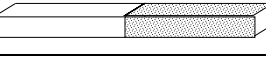
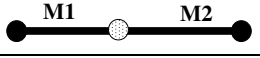

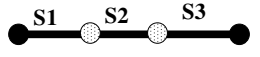
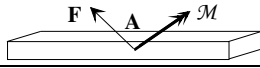
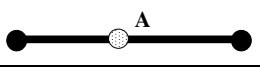
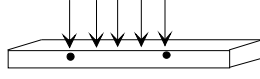
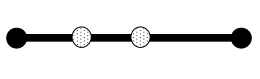
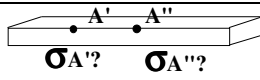
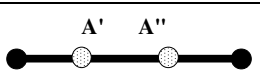
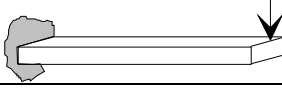
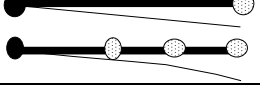
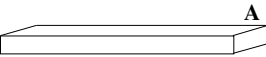
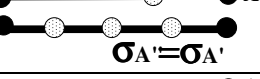
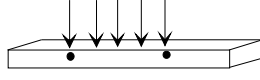
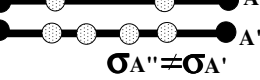
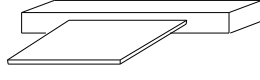

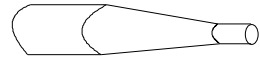
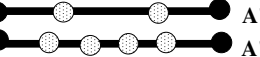
- section rectangulaire $J = a \times b^3 / p$, avec $p=3.5$ et $a/b=4$, $p=3.3$ et $a/b=6$, $p=3.2$ et $a/b=10$;
- section tube circulaire $J = \pi \times D^3 \times e / 4$;

- moments quadratiques mm^4 (flexion) :

- section tube circulaire $I = \pi \times (D^4 - d^4) / 64$;

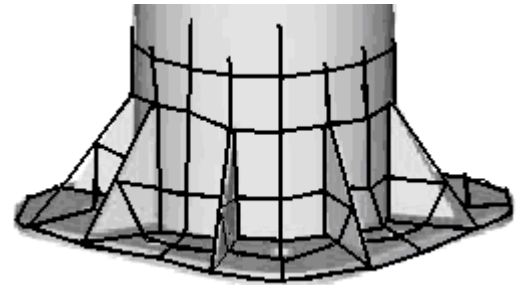
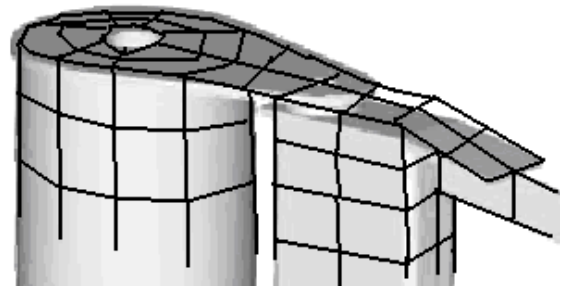
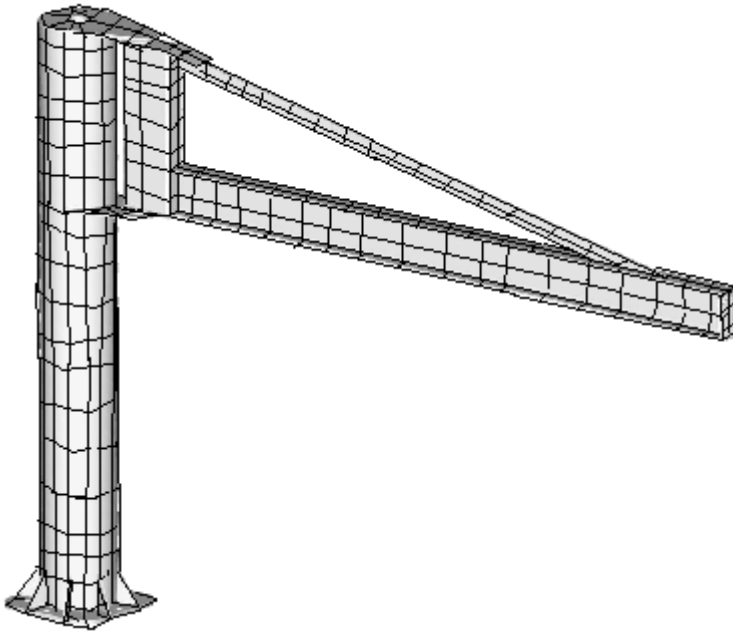
- section rectangulaire $I = a \times b^3 / 12$

8 CRITERES DE MAILLAGE POUR UNE STRUCTURE EN ELEMENTS DE POUTRE

CRITERES DE MAILLAGE	STRUCTURE	MODELE
1- Maillage imposé par la géométrie de la structure		
11- extrémité libre		
12- changement de direction		
13- jonction de plusieurs poutres		
14- lignes moyennes déportées		
2- Maillage imposé par les données		
21- liaisons externes		
22- liaisons internes		
221- entre éléments de poutre (autre que l'encastrement)		
222- entre éléments de poutre et d'autres types d'éléments		
23- orientations différentes des sections		
24- sections différentes		
25- matériaux différents		
26- sections évolutives		
27- chargements nodaux (force, moments)		
28- chargements répartis		
3- Maillage imposé par les résultats		
31- sur des noeuds particuliers		
32- allure de la déformée		
4- Maillage imposé par la convergence des résultats		
41- pas de chargement réparti		
42- poids propre/chargement réparti		
43- assemblage d'éléments de poutre avec d'autres types éléments		
44- sections évolutives		

ELEMENTS DE CORRECTION

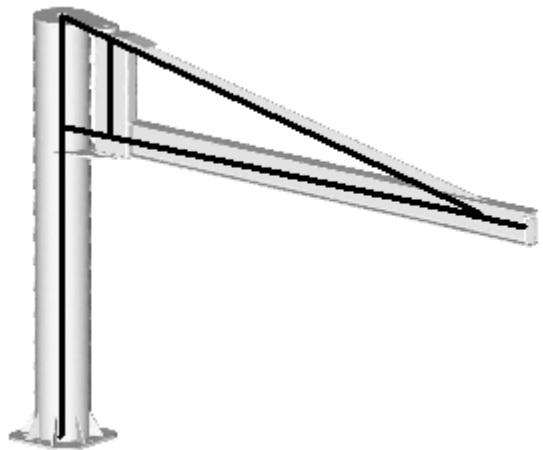
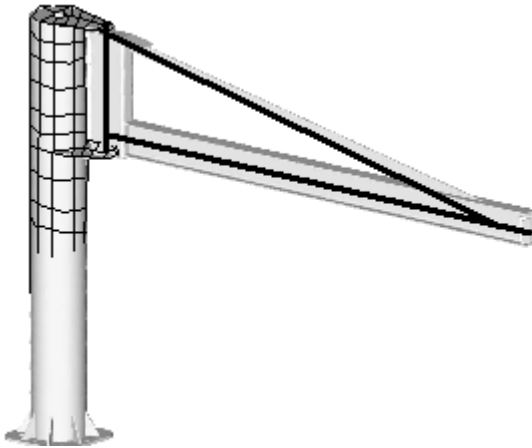
Modélisation en éléments de plaque



Modélisation en éléments plaques + poutres

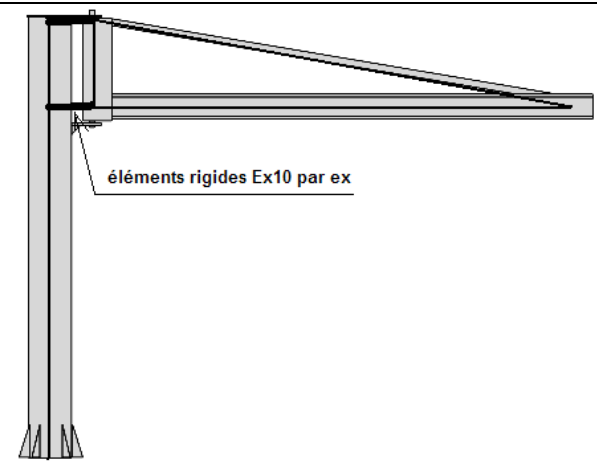
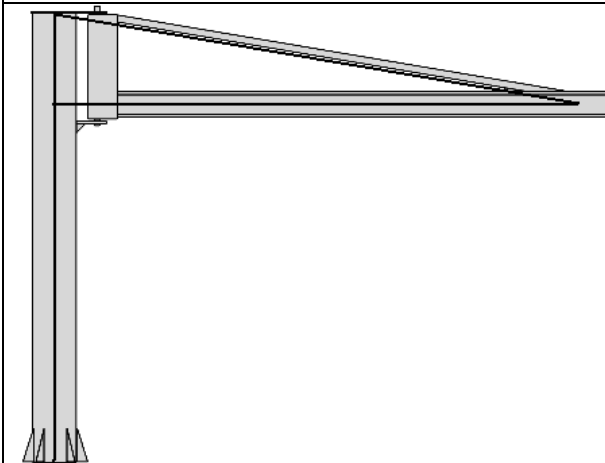
Intérêt dimensionnement possible des joues de la chape et de leurs liaisons avec le fut modélisées en éléments plaques
Flèche triangulée modélisée en éléments poutres

Modélisation en éléments poutres
Etude globale



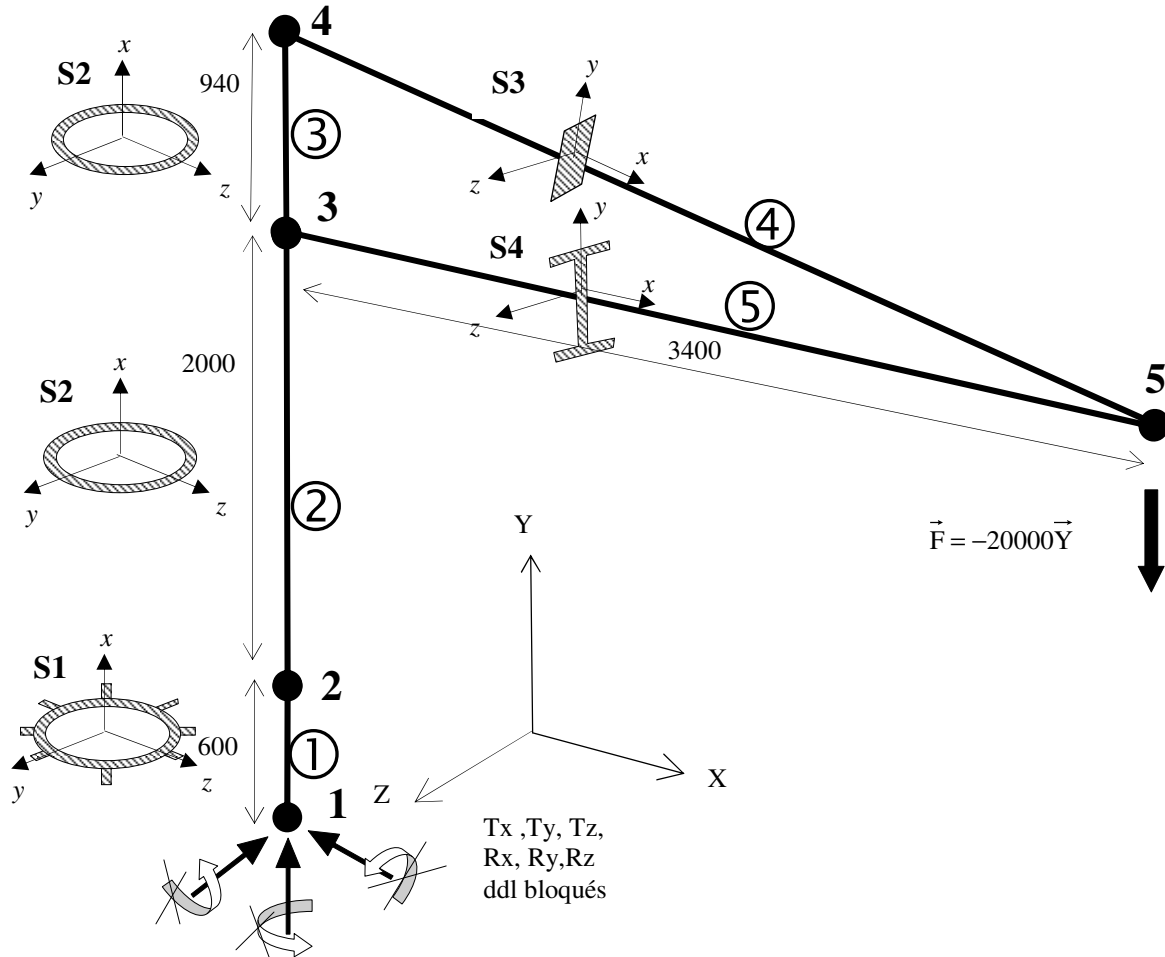
Non respect de l'implantation des lignes moyennes
Déport de la ligne moyenne du tirant pour respecter la longueur de celle du fut
Prolongation de celle du I sur le fut
Non prise en compte du profilé de la pivot : comportement occulté

Respect de l'implantation des lignes moyennes des profilés
Les joues de la chape sont modélisées par des éléments rigides (transmettent que les efforts sans se déformer)



Chronologie des actions pour mener à bien la modélisation en éléments poutres

- repère global XYZ
- unités N, mm
- propriétés des matériaux
- propriétés des sections
- orientation des sections et affectation des repères locaux xyz
- maillage minimal 5 nœuds, 5 éléments de poutre (voir § 8)
- liaisons internes entre éléments : par défaut encastrement
- conditions aux limites nodales
 - chargement $\vec{F} = -20000\vec{Y}$
 - liaison externe : encastrement (structure « bien appuyée » : rappel pas mouvement d'ensemble : mip isostatique ou hyperstatique)



conditions aux limites nodales détaillées

$$\begin{array}{l}
 \left\{ \begin{array}{l} X_1 = ? \\ Y_1 = ? \\ Z_1 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} L_1 = ? \\ M_1 = 0 \\ N_1 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} X_2 = 0 \\ Y_2 = 0 \\ Z_2 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} L_2 = 0 \\ M_2 = 0 \\ N_2 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} X_3 = 0 \\ Y_3 = 0 \\ Z_3 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} L_3 = 0 \\ M_3 = 0 \\ N_3 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} X_4 = 0 \\ Y_4 = 0 \\ Z_4 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} L_4 = 0 \\ M_4 = 0 \\ N_4 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} X_5 = 0 \\ Y_5 = -20000 \\ Z_5 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} L_5 = 0 \\ M_5 = 0 \\ N_5 = 0 \end{array} \right. \\
 \left\{ \begin{array}{l} u_1 = 0 \\ v_1 = 0 \\ w_1 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \theta_{x1} = 0 \\ \theta_{y1} = 0 \\ \theta_{z1} = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} u_2 = ? \\ v_2 = ? \\ w_2 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \theta_{x2} = ? \\ \theta_{y2} = ? \\ \theta_{z2} = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} u_3 = ? \\ v_3 = ? \\ w_3 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \theta_{x3} = ? \\ \theta_{y3} = ? \\ \theta_{z3} = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} u_4 = ? \\ v_4 = ? \\ w_4 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \theta_{x4} = ? \\ \theta_{y4} = ? \\ \theta_{z4} = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} u_5 = ? \\ v_5 = ? \\ w_5 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \theta_{x5} = ? \\ \theta_{y5} = ? \\ \theta_{z5} = 0 \end{array} \right.
 \end{array}$$

POIDS STRUCTURE (≈ 5500 N catalogue)

