

## SDNL113 - Tuyauterie en forme de lyre (essais ELSA) sous chargement sismique

---

### Résumé :

Le but de ce cas-test est de tester les résultats d'une structure, composée de tuyaux (droits ou coudés), de bielles et de vannes, soumise à un chargement sismique et dont la non-linéarité provient du comportement matériau dans les coudes.

Pour cela, on réalise une analyse transitoire directe non linéaire sur la structure, notamment à l'aide de la modélisation TUYAU\_3M. On teste ensuite les déplacements, les réactions nodales et la déformation plastique cumulée en certains points de la structure.

Afin de limiter le temps de calcul, tout en ayant de la plasticité assez tôt durant le transitoire, on divise par deux la valeurs de la limite élastique.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

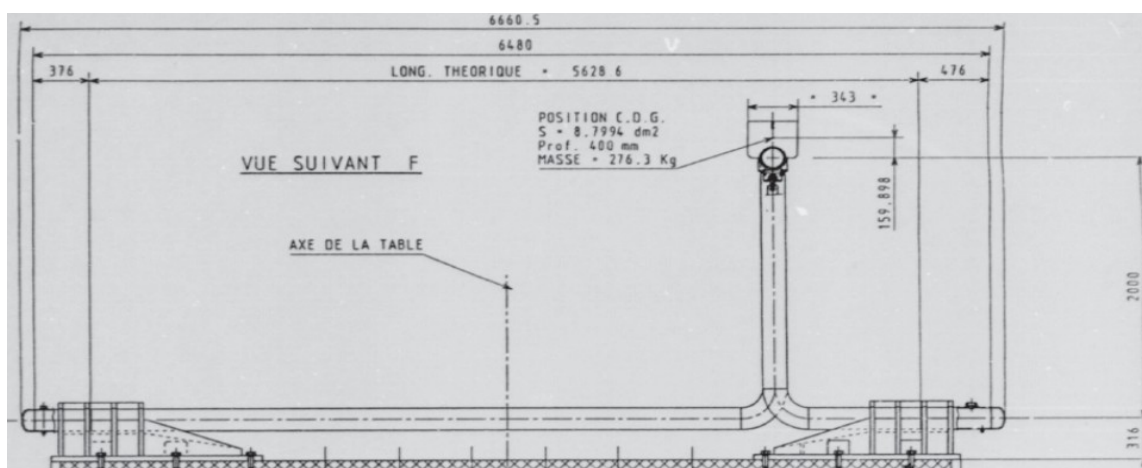
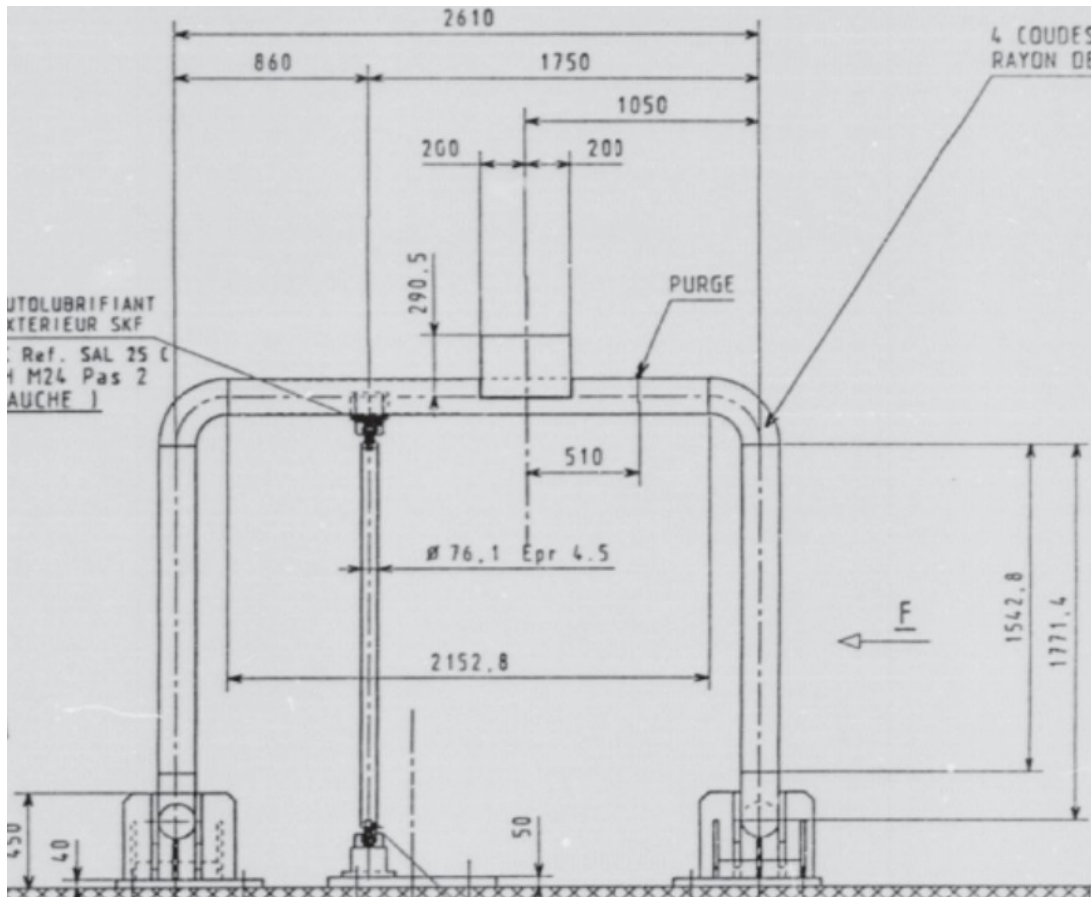


Figure 1.1-a : Géométrie (essais ELSA réalisés par le CEA/EMSI).

Groupe de mailles :

*POUTRES* : ensemble des tuyaux droits

*COUDES* : ensemble des tuyaux coudés

*PATVAN*, *VANNE*, *ENCBIS1*, *ENC1*, *ENC2*

*ENCBIS2*, *PATBIELA*, *PATBIELB*

*PATBIELC*, *BIELA*, *BIELB*, *BIELC*, *CDGVAN*

Groupe de nœuds :

*A*, ..., *L*

Géométrie des tuyaux :

*SECTION A*

- Groupes de mailles : *POUTRES COUDES PATVAN*

- $R = 8.485 \times 10^{-2} m$  Rayon extérieur
- $EP = 7.345 \times 10^{-3} m$  Epaisseur

- Groupes de mailles : *BIELA*, *BIELB*, *BIELC*

- $R = 38.05 \times 10^{-3} m$  Rayon extérieur
- $EP = 4.5 \times 10^{-3} m$  Epaisseur

*SECTION B*

- Groupes de mailles : *PATBIELC*

- $R = 4.55 \times 10^{-2}$  Rayon

- Groupes de mailles : *PATBIELA*

- $R1 = 8.6 \times 10^{-2} m$  Rayon à l'extrémité 1
- $R2 = 4.55 \times 10^{-2} m$  Rayon à l'extrémité 2

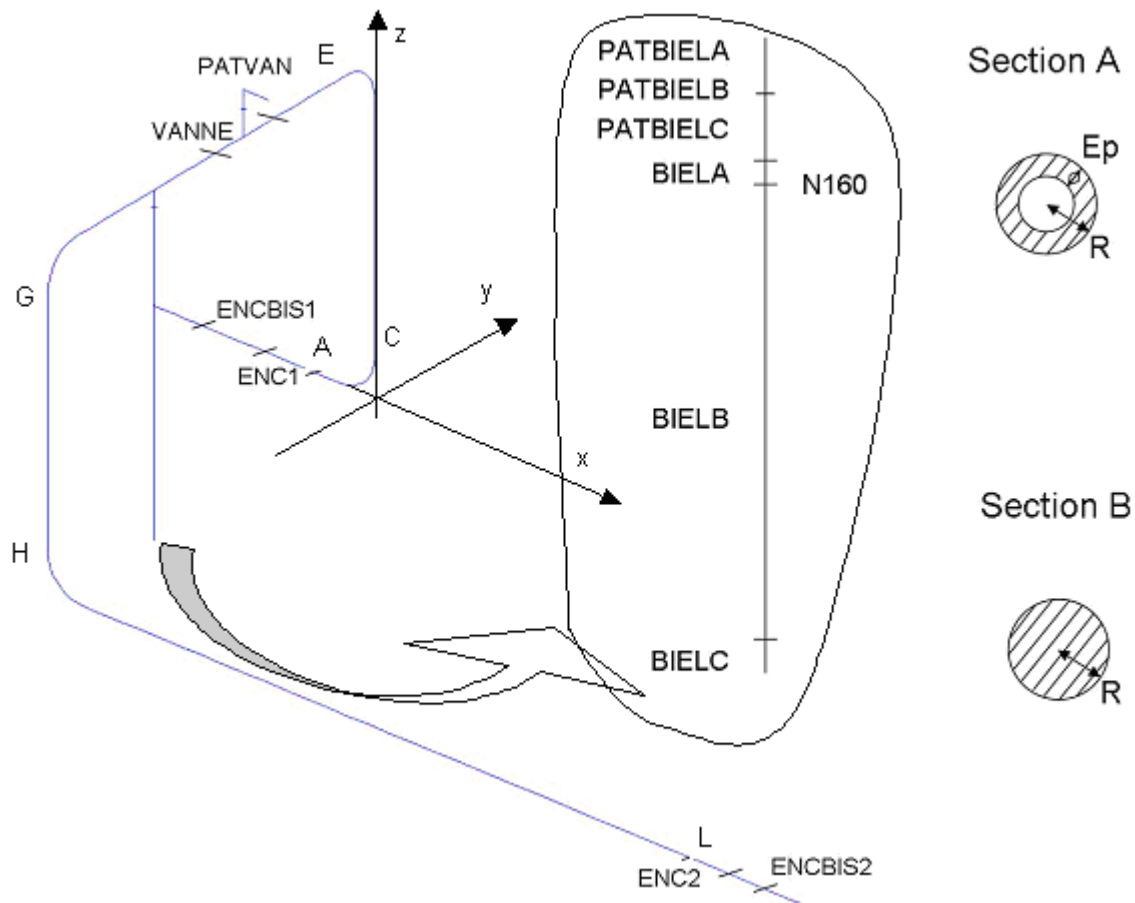


Figure 1.1-b : Modélisation de la géométrie.

## 1.2 Propriétés élastiques des matériaux

- *POUTRES* :

- Module de Young :  $E = 1.9 \times 10^{11} Pa$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$
- Masse volumique :  $\rho = 1.30273 \times 10^4 kg m^{-3}$

- *COUDE1, COUDE2, COUDE3, COUDE4* :

- Module de Young :  $E = 1.9 \times 10^{11} Pa$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$
- Masse volumique :  $\rho = 1.47373 \times 10^4 kg m^{-3}$
- Pente de la courbe de traction :  $D\_SIGM\_EPSI = 7.67 \times 10^9 N m^{-2}$
- Limite d'élasticité :  $SY = 121.2 \times 10^6 N m^{-2}$
- Constante de *PRAGER* :  $C = 5.328434 \times 10^9$

La limite d'élasticité a été réduite afin de plastifier plus tôt.

- *PATVAN* :

- Module de Young :  $E = 1.9 \times 10^{11} Pa$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$
- Masse volumique :  $\rho = 0.0 kg m^{-3}$

- *PATBIELA* :

- Module de Young :  $E = 1.8 \times 10^{11} Pa$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$
- Masse volumique :  $\rho = 4.43 \times 10^3 kg m^{-3}$

- *PATBIELC* :

- Module de Young :  $E = 1.8 \times 10^{11} Pa$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$
- Masse volumique :  $\rho = 6.92 \times 10^3 Kg/m^3$

- *BIELA, BIELB, BIELC* :

- Module de Young :  $E = 1.8 \times 10^{11} Pa$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$
- Masse volumique :  $\rho = 6.86 \times 10^3 kg m^{-3}$

- *POUTRES* :

- Module de Young :  $E = 1.9 \times 10^{11} Pa$
- Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$
- Masse volumique :  $\rho = 1.47373 \times 10^4 kg m^{-3}$

- *PATBIELB* masse ajoutée :

$$[M] = \begin{bmatrix} m & 0. & 0. \\ 0. & m & 0. \\ 0. & 0. & m \end{bmatrix} \text{ avec } m = 2.46 \text{ kg}$$

- *CDGVAN* (centre de gravité de la vanne) masse ajoutée:

$$[M] = \begin{bmatrix} m & 0. & 0. & 0. & -m.e_z & -m.e_y \\ 0. & m & 0. & m.e_z & 0. & -m.e_x \\ 0. & 0. & m & -m.e_y & m.e_x & 0. \\ 0. & 0. & 0. & V_{xx} & V_{xy} & V_{xz} \\ 0. & 0. & 0. & 0. & V_{yy} & V_{yz} \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & V_{zz} \end{bmatrix} \text{ avec } \begin{aligned} V_{xx} &= I_{xx} + m(e_y^2 + e_z^2) \\ V_{yy} &= I_{yy} + m(e_x^2 + e_z^2) \\ V_{zz} &= I_{zz} + m(e_x^2 + e_y^2) \\ V_{xy} &= I_{xy} - m.e_x.e_y \\ V_{yz} &= I_{yz} - m.e_y.e_z \\ V_{xz} &= I_{xz} - m.e_x.e_z \end{aligned}$$

- $m = 275 \text{ kg}$  masse

$$\begin{bmatrix} I_{xx} = 2.696123 \\ I_{yy} = 3.81480 \\ I_{zz} = 0.9166667 \\ I_{xy} = I_{yx} = I_{yz} = 0. \end{bmatrix} \text{ valeurs du tenseur d'inertie massique}$$

- $e_x = e_y = e_z = 0.$  composante du vecteur d'excentrement de la masse

La non-linéarité est due au comportement matériau dans les coudes.

La loi de comportement employée est : sous `COMORTEMENT` : `RELATION='VMIS_ECMI_LINE'`, ce qui correspond à de l'élastoplasticité à écrouissage mixte isotrope et cinématique linéaire.

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacements imposés :

- *ENC1, ENCBIS1* :  
 $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$
- *ENC2, ENCBIS2* :  
 $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$
- *PATBIEL4* :  
 $DX = DY = DZ = DRZ = 0$
- *PATBIEL3* :  
 $DRZ = 0$

Liaisons imposées :

- *PATVAN, VANNE* : `LIAISON_SOLIDE`

- *PATBIEL3, PATBIEL2* : LIAISON\_UNIF (DX, DY, DZ)

**Pression imposée :**

- *COUDES, POUTRES* :  
*PRES = 120.5 Pa*

**Chargement sismique :**

- La structure est soumise à un chargement sismique suivant la direction X. L'accélérogramme imposé se caractérise par une durée totale de 40,95 s et un pas de temps de 0,01 s .

## 1.4 Conditions initiales et liste d'instants de calcul

Le système est initialement au repos.

Pour limiter le temps CPU, on ne va mener la simulation numérique que jusqu'à un instant final valant 0,17 s . A cet instant, le niveau de chargement atteint est tel que la plasticité s'est déjà déclarée.

On construit une liste d'instants de calcul optimisée : le pas de temps passant de 0,01 s à 0,001 s afin d'aller vite en linéaire et de réduire le pas de temps juste avant la plastification.

## 2 Solution de référence

### 2.1 Calcul de référence

Ce calcul est un test de non régression. Il ne présente donc pas de résultats de référence.

Déroulement du calcul :

- Calcul des matrices de rigidité et de masse (opérateur ASSEMBLAGE),
- Calcul du chargement sismique,
- Analyse transitoire directe non linéaire en repère relatif, en mono-appui.

### 2.2 Grandeurs références

$DX$  : représente, suivant le champ de grandeur :

- DEPL : la composante du déplacement relatif suivant l'axe  $x$
- REAC\_NODA : la composante de la réaction nodale suivant l'axe  $x$

$VI$  : composante du champ VARI\_ELNO donnant la déformation plastique cumulée.

### 2.3 Résultats de référence

Localisation	Instant (s)	Champ	Composante
Nœud $NI60$	0.01	DEPL	$DX$
Nœud $L$	0.01	REAC_NODA	$DX$
Nœud $A$	0.01	REAC_NODA	$DX$
Nœud $L$	0.17	REAC_NODA	$DX$
Sous-point 25 du nœud $NI0$ de la maille $M10$	0.17	VARI_ELNO	$VI$



## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

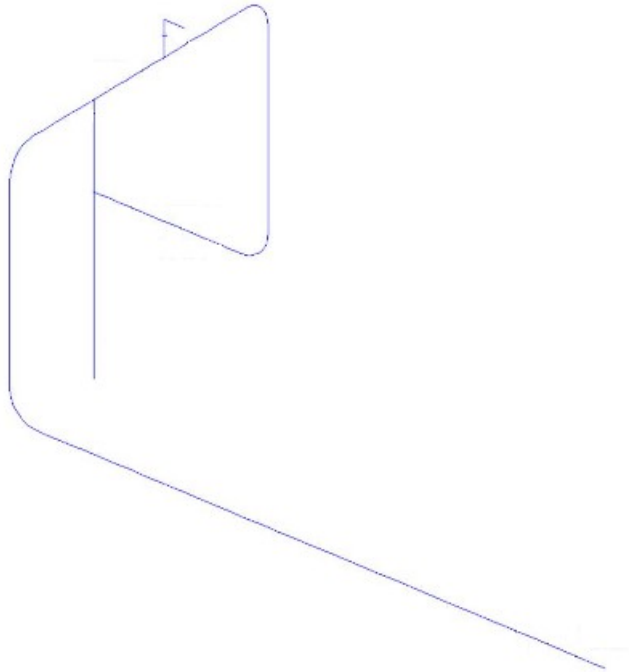


Figure 3.1-a : Maillage.

Modélisation POU\_D\_T :

Groupe de mailles : *PATBIELA , PATBIELC , PATVAN , BIELA , BIELB , BIELC*

Modélisation TUYAU\_3M :

Groupe de mailles : *POUTRES , COUDES*

Modélisation DIS\_TR :

Groupe de mailles : *CDGVAN*

Modélisation DIS\_T :

Groupe de maille : *PARBIELB*

Nombre de nœuds : 161

Nombre de mailles : 86 Soit :

POI1	2
SEG2	9
SEG3	75

Le schéma d'intégration en temps est : *NEWMARK*, en formulation *DEPLACEMENT*. Les seules parties traitées en non linéaire (*RELATION='VMIS\_ECMI\_LINE'*) sont les coudes.

## 4 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus sont satisfaisants.