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.

Ce test participe également à la validation de l'option MOMENT_EQUIVALENT de POST_RCCM/B3600 .

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

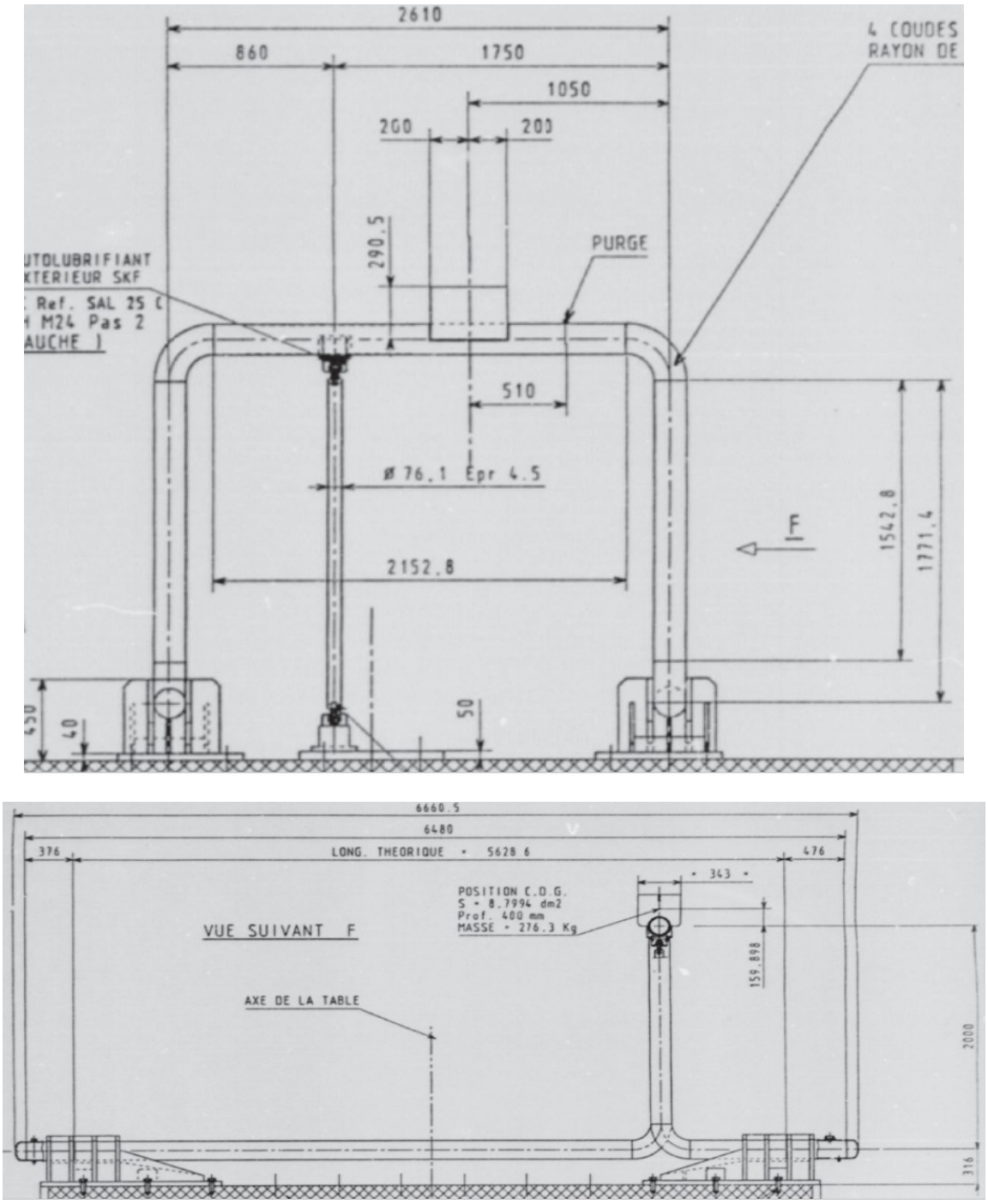


Figure 1.1-a : Géométrie (essais ELSA réalisés par le CEA/EMSI).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

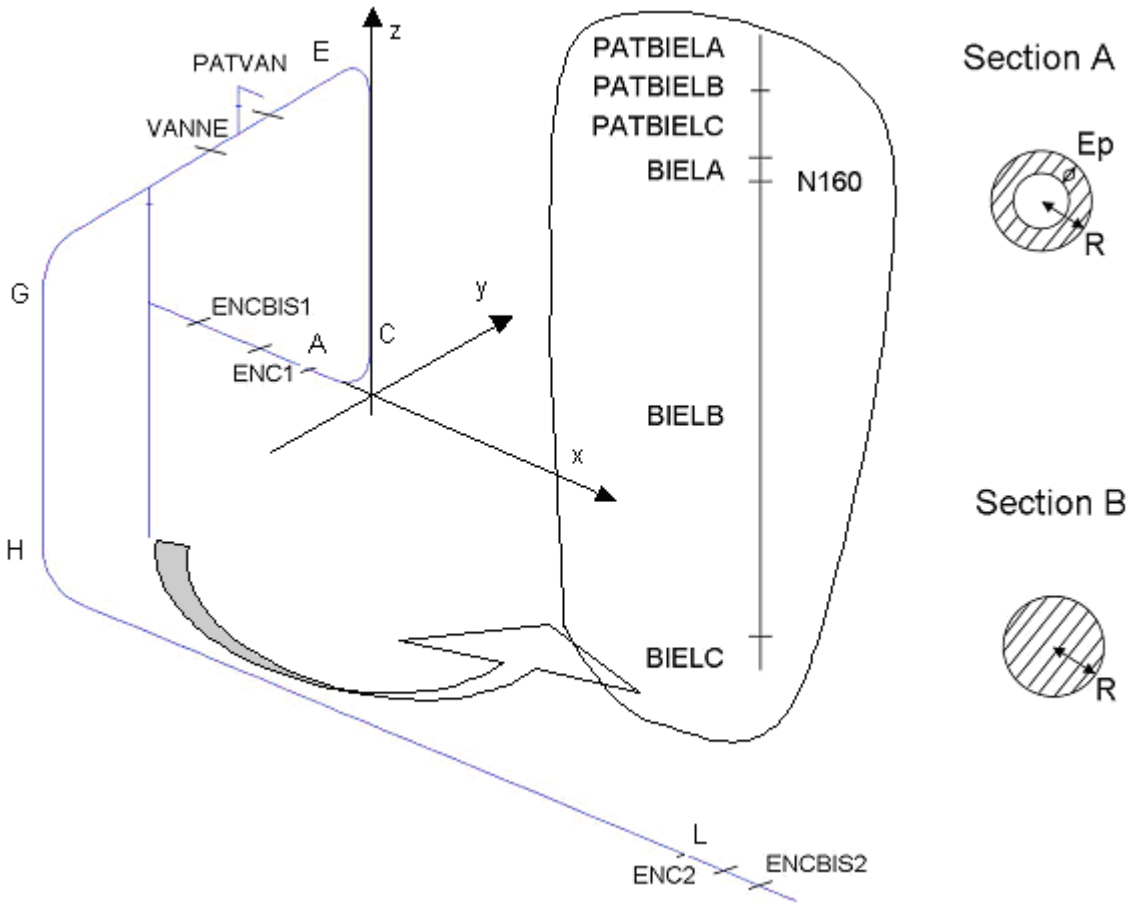


Figure 1.1-b : Modélisation de la géométrie.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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 : $\rho = 1.47373 \times 10^{4}\, kg\, m^{-3}$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- $PATBIELB$ masse ajoutée :

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

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

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

- $m=275\,kg$ masse

- $\begin{bmatrix} I_{xx}=2.696123 \\ I_{yy}=3.81480 \\ I_{zz}=0.9166667 \\ I_{xy}=I_{xy}=I_{yz}=0. \end{bmatrix}$ 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`

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- $PATBIEL3$, $PATBIEL2$: 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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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

$V1$: composante du champ VARI_ELNO donnant la déformation plastique cumulée.

2.3 Résultats de référence

Localisation	Instant (s)	Champ	Composante
Nœud $N160$	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 $N10$ de la maille $M10$	0.17	VARI_ELNO	$V1$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

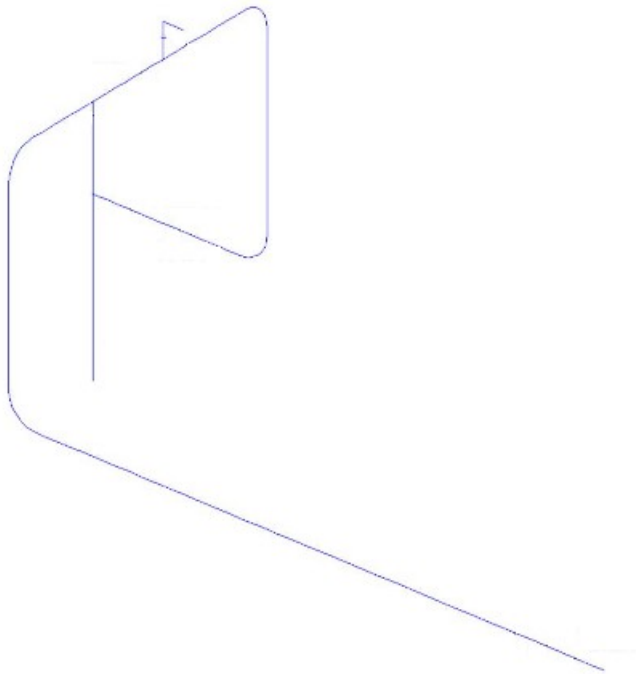


Figure 3.1-a : Maillage.

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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3.2 Grandeurs testées

On teste la valeur du moment équivalent calculé par POST_RCCM pour un couple maille/nœud à l'aide d'une référence AUTRE_ASTER obtenue en utilisant les fonctionnalités de la commande CALC_TABLE.

Maille	Noeud	Composante	Type de référence	*Valeur de référence*	*Tolérance*
M64	NS64	MEQ	« AUTRE_ASTER »	92.16560976271	0,1 %

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)