SDLL102 - Portique soumis à des forces électrodynamiques

Résumé :

Ce test est un problème tridimensionnel de calcul dynamique transitoire direct avec des forces réparties d'origine électrodynamique appliquées à un portique (barre sur 3 colonnes isolantes d'un poste de transformation).

Ce test a été fourni par le Centre d'Etudes du Réseau de Transport (EDF-DEPT). Il a été complété depuis par un benchmark international établi à partir de mesures expérimentales (résultats de plusieurs codes étrangers) : test CIGRE-structure D.

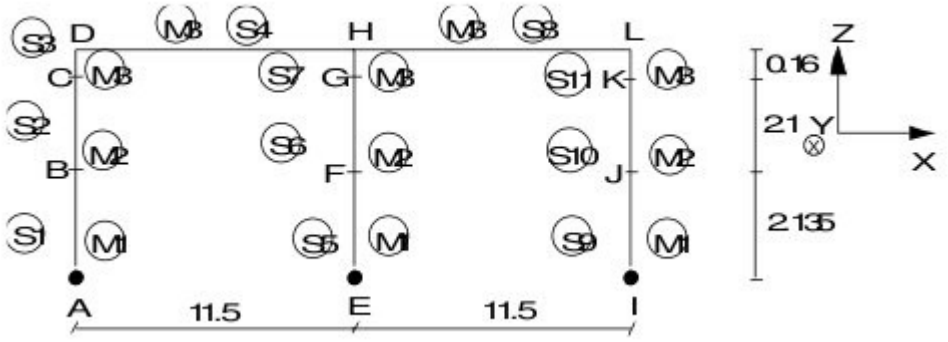
Il permet de comparer des résultats de déplacements par rapport à ceux obtenus par d'autres codes industriels utilisant une méthode éléments finis ou différences finies.

Ce test contient une modélisation avec des éléments de type SEG2.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Sections transversales de poutres :

- charpente support

$S1$: $A = 1.2061\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 2.3681\,10^{-5}\,m^4$
$S5$: $A = 1.4621\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 2.8709\,10^{-5}\,m^4$
$S9$: $A = 1.5530\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 3.0493\,10^{-5}\,m^4$

- colonnes isolantes

$S2$: $A = 3.1428\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 4.5070\,10^{-5}\,m^4$
$S6$: $A = 3.2592\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 4.6738\,10^{-5}\,m^4$
$S10$: $A = 3.3416\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 4.7927\,10^{-5}\,m^4$

- raccords

$S3, S11$: $A = 3.1944\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 1.15\,10^{-5}\,m^4$
$S7$: $A = 4.2130\,10^{-2}\,m^2$ $I_z = 1.15\,10^{-5}\,m^4$

- conducteurs

$S4, S8$: circulaire $R = 6.055\,10^{-2}\,m$ $e = 6.2\,10^{-3}\,m$

1.2 Propriétés de matériaux

$M1$: $E = 2.10^{11}\,Pa$ $\rho = 8000\,kg/m^3$ (charpente support)
$M2$: $E = 5.10^{10}\,Pa$ $\rho = 2500\,kg/m^3$ (colonne isolante)
$M3$: $E = 7.10^{10}\,Pa$ $\rho = 2700\,kg/m^3$ (raccord et conducteur aluminium)

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

Points A , E , I : encastrement
Points D , L : non-continuité de u_x , θ_y , θ_z
Forces de Laplace sur les conducteurs DH , HL ;

- courant biphasé $\phi=\omega=100\,m$
- conducteurs infinis séparés de $1\,m$

$$I=I_{eff}\sqrt{2}(\cos(\omega t+\phi)-e^{-t/\tau}\cos\phi)$$

I_{eff} intensité efficace du courant
τ constante de temps

- deux court-circuit avec réenclenchement

t	$0<t\leq 0.135$	$0.135<t<0.580$	$0.580\leq t\leq 0.885$
I_{eff}	$15.6\,kA$	0	$15.6\,kA$
τ	$0.066\,s$	-	$0.062\,s$

1.4 Conditions initiales

$t=0$, vitesse et accélération nulles.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

- mesures expérimentales,
- méthodes numériques Différences Finies ou Éléments Finis.

$$I=I_{eff}\sqrt{2}(\cos(\omega t+\phi)-e^{-t/\tau}\cos\phi)$$

2.2 Incertitude sur la solution

La dispersion des valeurs calculées est considérée comme comprise entre 5% et 10%.

2.3 Références bibliographiques

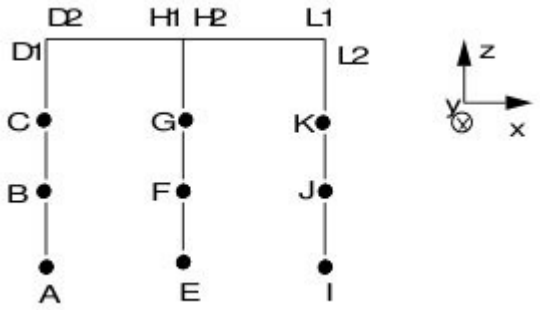
1) G. DEVESA : "Calcul des efforts électrodynamiques sur des structures de conducteurs rigides des postes électriques : implantation dans le code de calcul mécanique *Aster* et Validation". Note HM-72/5904

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation POU_D_E



Discrétisation :

- éléments AB , EF , IJ : 10 mailles : SEG2
- éléments BC , FG , JK : 10 mailles : SEG2
- éléments $CD1$, $GH1$, $KL1$: 1 maille : SEG2
- éléments $D2H1$, $H2L1$: 30 mailles : SEG2

Évolution dynamique sur $1\mathrm{s}$ discrétisée en pas de temps de $5.10^{-4}s$ avec l'algorithme de NEWMARK $(a=0.25\,,d=0.5)$.

Stockage des résultats tous les 20 pas de temps soit $10^{-2}s$.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 126
Nombre de mailles et types : 123 mailles SEG2

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence essai
$t=0.12\,s$	
u_y en $C2$	
M_x en $S1$	–3140. Nm
M_x en $S2$	–10150. Nm
M_x en $S3$	–3130. Nm
M_z en $C2$	1431. Nm
$t=0.70\,s$	
u_y en $C2$	
M_x en $S1$	–6080. Nm
M_x en $S2$	–19670. Nm
M_x en $S3$	–6060. Nm
M_z en $C2$	2746. Nm

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

Maxima obtenus à $t=0.12\,s$ (1er court-circuit) ou $t=0.70\,s$ (2ème court-circuit) ou réenclenchement (conformité essais-calcul).

3.4 Remarques

Les résultats obtenus par Code_aster sont satisfaisants par rapport aux autres codes. Ils sont presque toujours inférieurs aux mesures (effets des charpentes AB, EF, IJ sur-évalués). Les maxima sont écrêtés du fait du stockage périodique.

Contenu du fichier résultats :

Déplacements tous les $10^{-2}\,s$ et efforts dans les éléments aux temps $t=0.12\,s$, $t=0.27\,s$, $t=0.70\,s$.

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

4 Modélisation B

Une modélisation B a été ajoutée pour tester les éléments de poutre avec gauchissement POU_D_TG.
Les coefficients supplémentaires ont été choisis de façon arbitraire :

$AY = AZ = 1.0$

$EY = EZ = JG = 0.0$

4.1 Grandeurs testées et résultats

	Référence essai	Références de non-régression	% tolérance essais/non régression
$t = 0.12\ s$			
u_y en $C2$		60.5 mm	N.A./0.2
M_x en $S1$	–3140. Nm	–3108. Nm	2.0/0.1
M_x en $S2$	–10150. Nm	–9255. Nm	9.0/0.1
M_x en $S3$	–3130. Nm	–2948. Nm	3.0/0.1
M_z en $C2$	1431. Nm	1304. Nm	9.0/0.1
$t = 0.70\ s$			
u_y en $C2$		118.9 mm	N.A/0.1
M_x en $S1$	–6080. Nm	–6150. Nm	2.0/0.1
M_x en $S2$	–19670. Nm	–18523. Nm	6.0/0.1
M_x en $S3$	–6060. Nm	–5928. Nm	3.0/0.1
M_z en $C2$	2746. Nm	2602. Nm	6.0/0.1

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

5 Synthèse des résultats

Les résultats sont acceptables par rapport aux résultats d'essais et situent des valeurs produites par Code_Aster en bonne place parmi la dizaine de résultats d'autres logiciels.

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