

## 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).

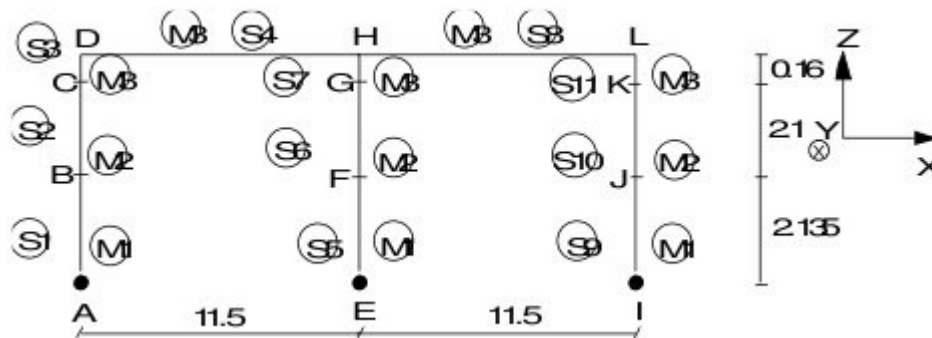
Ce test a été fourni par le Centre d'Etudes du Réseau de Transport (EDF-DEPT). Il a été complété depuis par un benchmark international établi à partir de mesures expérimentales (résultats de plusieurs codes étrangers) : test CIGRE-structure D.

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.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Sections transversales de poutres :

- charpente support

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

- colonnes isolantes

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

- raccords

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

- conducteurs

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

### 1.2 Propriétés de matériaux

$M1$ :	$E = 2. \cdot 10^{11} Pa$	$\rho = 8000 kg/m^3$	(charpente support)
$M2$ :	$E = 5. \cdot 10^{10} Pa$	$\rho = 2500 kg/m^3$	(colonne isolante)
$M3$ :	$E = 7. \cdot 10^{10} Pa$	$\rho = 2700 kg/m^3$	(raccord et conducteur aluminium)

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Points  $A, E, I$  : encastrement

Points  $D, L$  : non-continuité de  $u_x, \theta_y, \theta_z$

Forces de Laplace sur les conducteurs  $DH, HL$  ;

- courant biphasé  $\phi = \omega = 100 \text{ m}$
- conducteurs infinis séparés de  $1 \text{ m}$

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

$I_{eff}$  intensité efficace du courant

$\tau$  constante de temps

- deux court-circuit avec réenclenchement

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

## 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%.

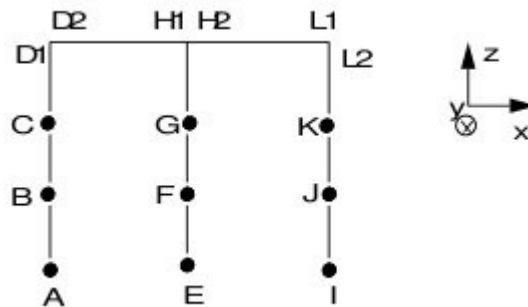
### 2.3 Références bibliographiques

- 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

### 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 1s discrétisée en pas de temps de  $5 \cdot 10^{-4} s$  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

Maxima obtenus à  $t=0.12s$  (1er court-circuit) ou  $t=0.70s$  (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  $t=0.12s$ ,  $t=0.27s$ ,  $t=0.70s$ .

## 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
<i>t=0.12 s</i>			
$u_y$ 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
<i>t=0.70 s</i>			
$u_y$ 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

## 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.