

**Manuel de Validation****Fascicule V2.03 : Dynamique linéaire des coques et plaques****Document V2.03.108**

---

# **SDLS108 - Utilisation de l'option `RIGI_PARASOL` dans le cadre d'une étude EPR**

---

**Résumé :**

Le but du test est de tester l'option `RIGI_PARASOL` qui permet de répartir des raideurs de sol sous un radier de bâtiment. Cette option est appelée successivement dans les commandes `AFFE_CARA_ELEM` et `CALC_AMOR_MODAL`.

Dans la commande `AFFE_CARA_ELEM`, elle permet de calculer puis d'affecter par une modélisation `DIS_TR` les raideurs ponctuelles d'un tapis de ressorts de sol sous le radier de bâtiment. Dans la commande `CALC_AMOR_MODAL`, ces valeurs permettent de calculer l'énergie potentielle modale dans le sol qui contribue au calcul des amortissements modaux selon la règle du RCC-G [bib1].

Le cas étudié est une structure industrielle de l'îlot nucléaire d'EPR. Il comprend une seule modélisation. Ce cas test sert donc à tester la non régression du code autant qu'il constitue la documentation sur son utilisation en soi. Le modèle d'environ 40000 degrés de liberté est constitué de 6700 noeuds et 10300 éléments environ : 9500 éléments DKT, 100 éléments de poutre et 700 éléments discrets de liaison.

Ce cas-test industriel est représentatif des études conduites par SEPTEN/MS sur les modélisations 3D de génie civil soumis au séisme et permet de résorber les outils utilisés dans ce cadre. La comparaison porte sur les fréquences et amortissements pour les premiers modes calculés sur tapis de ressorts de sol.

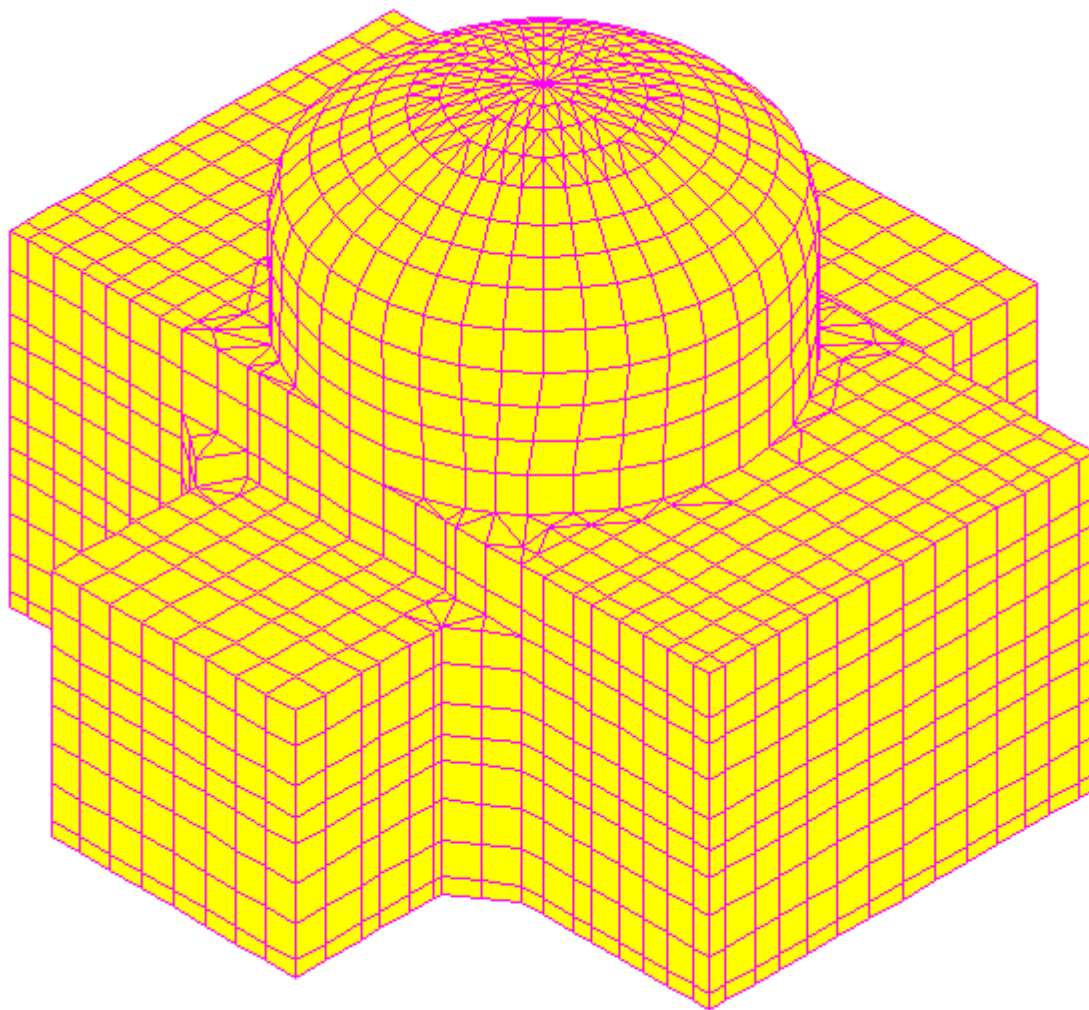
Les valeurs de référence pour un sol de type SA (sol mou) sont données dans la note E.N.T.MS 96.052 A [bib2].

Les 6 valeurs de raideurs globales de sol à répartir sous le radier sont déterminées par `PARASOL` pour le module de sol de type SA (444 MPa).

## 1 Problème de référence

---

### 1.1 Géométrie



Le cas étudié est la structure industrielle de l'îlot nucléaire d'EPR. Il comprend une seule modélisation constituée essentiellement d'éléments de coque. La liaison de la fondation avec le sol est modélisée par des éléments discrets ponctuels.

Nombre de nœuds : 6732  
Nombre de mailles triangulaires (TRIA3) : 1848  
Nombre de mailles rectangulaires (QUAD4) : 7677  
Nombre de POI1 : 1119  
Nombre de SEG2 : 9047

## 1.2 Propriétés de matériaux

### Béton armé :

E	=	35000. MPa
Nu	=	0.2
AMOR_ALPHA	=	4.95E-04
AMOR_BETA	=	3.91

Différentes répartitions des densités de béton armé suivant les composants :

Radier	RHO = 2500 kg/m <sup>3</sup>
Murs extérieurs	RHO = 2500 kg/m <sup>3</sup>
Planchers des caissons	RHO = 2500 kg/m <sup>3</sup>
Structures internes	RHO = 2500, 12500, 9700, 5850, 5290, 4500, 4180, 3900, 3680, 620 kg/m <sup>3</sup>
Enceinte externe	RHO = 2500 kg/m <sup>3</sup>
Division 0	RHO = 2500, 5000, 4500, 4180, 3750 kg/m <sup>3</sup>
Division 1	RHO = 2500, 4500, 3410 kg/m <sup>3</sup>
Division 2-3	RHO = 2500, 4500, 4180, 3900 kg/m <sup>3</sup>
Division 4	RHO = 42500, 500, 3410 kg/m <sup>3</sup>

### Béton précontraint :

E	=	40000 MPa
Nu	=	0.2
RHO	=	2500 kg/m <sup>3</sup>
AMOR_ALPHA	=	3.54 E-04
AMOR_BETA	=	2.79

Utilisé pour l'enceinte interne.

## 1.3 Caractéristiques élémentaires

Radier	épaisseurs de coque 8, 4.5, 4 m
Enceinte externe	épaisseur 1.3 m
Enceinte interne	épaisseurs 2.5, 1.3, 0.9 m
Murs extérieurs	épaisseurs 1.3, 0.9 m
Planchers des caissons	épaisseur 0.6 m
Structures internes	épaisseurs 7.5, 2.8, 1.9, 1.5, 1.2, 1.0, 0.8, 0.6, 0.5 m
Division 0	épaisseurs 3, 2.5, 2.0, 1.5, 1, 0.8, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3 m
Division 2-3	épaisseurs 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3 m
Division 1	Poutres carrés creuses hauteur = 0.5 m , épaisseur = 0.25 m épaisseurs 1.1, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3 m
Division 4	Poutres carrés creuses hauteur = 0.5 m, épaisseur = 0.25 m épaisseurs 1.1, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3 m Poutres carrés creuses hauteur = 0.5 m, épaisseur = 0.25 m

### Raideurs de sol issues de PARASOL :

Raideurs du radier :

Kx = 3.3 E10 N/m	Ky = 3.3 E10 N/m	Kz = 3.3 E10 N/m
Krx = 6.01 E13 N.m	Kry = 5.76 E13 N.m	Krz = 5.76 E13 N.m

Coordonnées du centre : 0. 0. -11.6 m

## 2 Solution de référence

---

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Les coefficients d'amortissements modaux sont calculés selon la règle du RCC-G [bib1]. Ils sont obtenus en sommant les amortissements des sous-structures constitutives d'un bâtiment et les amortissements structurel et géométrique du sol pondérés par leurs taux respectifs d'énergie potentielle par rapport à l'énergie potentielle totale, et cela pour chaque mode. Il y a 2 méthodes et deux mots-clés de CALC\_AMOR\_MODAL pour estimer la contribution du sol à l'énergie potentielle selon que l'on moyenne les efforts modaux (mot-clé 'RIGI\_PARASOL') ou les déplacements modaux (mot-clé 'DEPL') aux nœuds du radier.

### 2.2 Résultats de référence

Les résultats de référence, fréquences, masses effectives et amortissements modaux sont fournis dans la note donnée en référence [bib2]. Ils ont été calculés par le *Code\_Aster*.  
Il est à noter que les amortissements modaux ont également été calculés en affectant une raideur à chacun des nœuds du radier (en lieu et place de RIGI\_PARASOL).

### 2.3 Incertitude sur la solution

Résultats d'étude industrielle. Le cas-test se comprend donc comme un test de non-régression du code.

### 2.4 Références bibliographiques

- [1] RCC-G Règles de conception et de construction des îlots nucléaires REP - EDF - Direction de l'Équipement - Edition juillet 1988
- [2] EPR Basic Design dynamic analyses - Modelling and modal analysis of N. I. buildings - note E.N.T.MS 96.052 A

## 3 Modélisation A

---

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation PHENOMENE : 'MECANIQUE', MODELISATION : DKT.

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 6732  
Nombre de mailles et type : 7677 QUAD4 et 1848 TRIA3

### 3.3 Fonctionnalités testées

#### Commandes

AFFE_CARA_ELEM	RIGI_PARASOL	CARA VALE	
MODE_ITER_INV	CALC_FREQ	FREQ OPTION	'PROCHE'
POST_ELEM	ENER_POT		
CALC_AMOR_MODAL	ENERSOL AMOR_INTERNE AMOR_SOL	METHODE	'RIGI_PARASOL' 'DEPL'

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Amortissements

Modes	Fréquences (Hz)	Amortissements (%) avec RIGI_PARASOL seuil = 30%	Résultats de référence (%)	Ecart référence - calcul avec Code_Aster (%)
1	1.17453	20.905	20.905	0
2	1.17782	21.052	21.052	0
3	1.35640	30.000	30.000	0
4	2.16990	30.000	30.000	0
5	2.27813	29.925	29.925	0

Modes	Fréquences (Hz)	Amortissements (%) avec RIGI_PARASOL sans seuil	Résultats de référence (%)	Ecart référence - calcul avec Code_Aster (%)
1	1.17453	20.905	20.905	0
2	1.17782	21.052	21.052	0
3	1.35640	54.970	54.970	0
4	2.16990	30.223	30.223	0
5	2.27813	29.925	29.925	0

Modes	Fréquences (Hz)	Amortissements (%) avec DEPL seuil = 30%	Résultats de référence (%)	Ecart référence - calcul avec Code_Aster (%)
1	1.17453	21.033	21.033	0
2	1.17782	21.183	21.183	0
3	1.35640	30.000	30.000	0
4	2.16990	30.000	30.000	0
5	2.27813	30.000	30.000	0

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.02

Machine : SGI ORIGIN 2000

Encombrement mémoire : 400 mégamots

Temps CPU user : 258 secondes

## 5 Synthèse des résultats

---

Les résultats des amortissements obtenus par *CALC\_AMOR\_MODAL* avec la méthode des forces (mot-clé '*RIGI\_PARASOL*') avec ou sans troncature de seuil à 30 % sont exactement les mêmes que ceux donnés dans la référence [bib2]. Ils sont très proches de ceux obtenus par *CALC\_AMOR\_MODAL* avec la méthode des déplacements (mot-clé '*DEPL*'), également identiques à ceux donnés dans la référence [bib2].