# ZZZZ108 - Test de l'interface *Code_Aster-MISS3D*

**Résumé :**

Ce test permet de modéliser en dynamique linéaire harmonique et transitoire une structure de type modèle brochette de bâtiment (éléments discrets et poutres) complétée à sa base d'éléments volumiques et surfaciques.

Son intérêt est de tester les commandes du *Code_Aster* spécifiques à l'interaction sol-structure en vue de l'interfaçage avec le logiciel MISS3D (ECP-LMSSMat).

Dans ce test, on teste également en post-traitement le déplacement en des points de contrôle situés dans le sol et ajoutés à la modélisation de la structure par *Code_Aster*.

Enfin, on vérifie que les accélérogrammes peuvent être donnés directement sur base fréquentielle en reproduisant le calcul pour lequel ils sont donnés sur une base temporelle.



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie

On utilise un modèle brochette du bâtiment avec un radier qui est modélisé par une couche de 136 mailles surfaciques TRIA3 et on affecte 6 degrés de liberté à sa face inférieure.

La modélisation présentée est une modélisation simplifiée pour laquelle le bâtiment est représenté par une structure plane. Quatre sous-structures sont représentées par quatre poutres verticales non pesantes, d'inertie de flexion variable et portant des masses et des inerties nodales représentant le génie civil et les équipements. Des liaisons élastiques discrètes relient ces poutres à différents niveaux. Les quatre poutres sont encastrées sur un radier général de grande inertie de flexion.

## 1.2 Propriétés de matériaux

$E = 4.0\,10^{10}\ Pa$

$\rho = 2500\ kg/m^3$ (éléments pesants seulement)

$\nu = 0.15$

+ caractéristiques de masses ponctuelles (`'M_TR_D_N'`) et de liaisons nœud-nœud (`'K_TR_D_L'`).

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Liaisons solides sur les faces supérieure et inférieure du radier (`LIAISON_SOLIDE` sur les groupes de nœuds $HRADIER$ et $SRADIER$).

- Blocage du nœud central ( $N98$ ) de la face inférieure (6 degrés de liberté) pour calculer les modes de corps rigide,
- Force nodale de $10^4\ Newtons$ appliquée au nœud $N1500$ ,
- Ou accélération transitoire spectre $EUR$ dans la direction $X$ d'amplitude $0.25\,g$ ,
- Ou accélération harmonique unitaire dans les directions $X$ et $Y$

## 1.4 Conditions initiales

Déplacements, vitesses et accélération nulles.



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

# 2 Solution de référence

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

Résolution en base modale de projection (constituée par des modes propres avec interface bloquée et des modes statiques contraints calculés par le *Code_Aster*) effectuée par MISS3D dans le domaine des fréquences sur les éléments finis de frontière. Il y a également la possibilité de procéder à cette résolution par *Code_Aster* en utilisant l'opérateur de résolution harmonique après avoir récupéré de MISS3D les impédances de sol et les forces sismiques variables en fonction de la fréquence.

Retour en temps post-traité par MISS3D par transformation de Fourier inverse.

Retour sur la base physique d'une évolution harmonique ou transitoire résultat du *Code_Aster*.

## 2.2 Résultats de référence

Réponses harmoniques aux nœuds supérieurs (N800, N1500 et N2700) à des fréquences proches des résonances.

Accélérations transitoires maximales en ces mêmes points pour un spectre EUR de $0.25\,g$ .

## 2.3 Incertitude sur la solution

Solution numérique.

## 2.4 Références bibliographiques

- Manuel d'utilisation et référence de MISS3D - (version 5.6) (D. CLOUTEAU - Laboratoire MSSM-ECP).
- Interface *Aster*-MISS3D : principe et utilisation (G. DEVESA - Note Technique HP-62/95/038/B.



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

# 3 Modélisation C

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

25 éléments de poutre POU_D_T,

5 éléments de liaison nœud-nœud (DIS_TR_L),

26 éléments POI1 de masse ponctuelle (DIS_TR_N),
2 éléments POI1 de masse ponctuelle nulle (DIS_T) pour modéliser des points de contrôle dans le sol à post-traiter,

136 éléments volumiques (modélisation '3D') pour le radier et 136 éléments DST pour sa face inférieure.

1er calcul harmonique : dans l'intervalle $(0,10\,Hz)$ par pas de $0.1\,Hz$,
2ème calcul harmonique : dans l'intervalle $(0,10\,Hz)$ par pas de $0.1\,Hz$,

3ème calcul transitoire : dans l'intervalle $(0,10\,s)$ par pas de $10^{-2}\,s$.

Cette modélisation se caractérise par la présence de points de contrôle dans le sol afin de modéliser la déconvolution d'un signal sinusoïdal vertical imposé à la surface du sol.

3 éléments POI1 de masse ponctuelle nulle (DIS_T) sont ainsi introduits afin de modéliser des points de contrôle dans le sol à post-traiter.

Ils correspondent à 3 niveaux en profondeur d'un sol homogène : en surface et décalés respectivement d'un quart et d'une demi-longueur d'onde plane de pression à incidence verticale.

Ce sol est un sol homogène dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-après :

| Couche | Épaisseur ( $m$ ) | $\rho$ ( $kg/m^3$ ) | $\nu$ | $E$ ( $MPa$ ) | $\beta$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Couche 1 | 35 | 2400 | 0.4 | 70 | 0.1 |

**Tableau 6.1-1 : Caractéristiques mécaniques du sol homogène**

Ces valeurs induisent une vitesse d'onde de pression $V_P = 250\,m/s$, ce qui donne une longueur d'onde de pression de 50 mètres pour une fréquence d'excitation de $5\,Hz$. Le deuxième et le troisième points de contrôle sont donc enfoncés de respectivement $12.5\,m$ et $25\,m$ dans la direction verticale.

On procède à un calcul transitoire dans l'intervalle $(0,4\,s)$ par pas de $10^{-2}\,s$ avec une accélération sinusoïdale de fréquence $5\,Hz$ imposée à la surface du sol dans la direction verticale $Z$.

## 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 190

Nombre de mailles et type : 136 PENTA6, 136 TRIA3, 30 SEG2, 28 POI1

## 3.3 Solution de référence

Pour une sollicitation sinusoïdale de fréquence $f$ dans un sol de vitesse d'onde $C$ et d'amortissement hystérétique $\beta$, on obtient analytiquement comme facteur d'amplitude à la profondeur $Z$ :

$$Az = sh(\beta \pi f Z/C)\sin(2\pi f Z/C) + ch(\beta \pi f Z/C)\sin(2\pi f Z/C)$$



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

L'amplitude correspondante en vitesse sera alors :
$Vz = Az / (2\pi f)$
Et l'amplitude correspondante en déplacement sera donc :
$Dz = -Az / (2\pi f)^2$

On peut seulement constater, à titre de comparaison, que les pics des réponses harmoniques correspondent bien aux fréquences de résonance obtenues avec un modèle de ressorts de sol équivalent.
D'autre part, pour la résolution dans le domaine des fréquences du problème harmonique projeté sur une base modale constituée par des modes propres avec interface bloquée et des modes statiques contraints, on obtient les mêmes résultats par *Code_Aster* et par MISS3D.

## 3.4 Grandeurs testées et résultats

Calcul transitoire (réel), résolution par MISS3D et post-traitement aux points de contrôle.

**Calcul avec accélérogramme fourni sur base temporelle :**

| Identification | Valeur de référence | Type de référence | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Transfert, $FREQ=5$, Point $NC1$ | - | 'NON_REGRESSION' | - |
| Transfert, $FREQ=10$, Point $NC3$ | - | 'NON_REGRESSION' | - |
| Accélération $AZ$, Point $NC1$ $(50,0,0)$, $T=0.05\,s$ | 1.0 | 'AUTRE_ASTER' | 1 % |
| Accélération $AZ$, Point $NC2$ $(50,0,-12.5)$, $T=0.20\,s$ | 0.0781346 | 'AUTRE_ASTER' | 2 % |
| Accélération $AZ$, Point $NC3$ $(50,0,-25.0)$, $T=0.05\,s$ | -1.01214 | 'AUTRE_ASTER' | 1 % |
| Déplacement $DZ$, Point $NC1$ $(50,0,0)$, $T=0.05\,s$ | -1.013207E-3 | 'AUTRE_ASTER' | 3 % |
| Déplacement $DZ$, Point $NC2$ $(50,0,-12.5)$, $T=0.20\,s$ | -7.916653E-5 | 'AUTRE_ASTER' | 2.5 % |
| Déplacement $DZ$, Point $NC3$ $(50,0,-25.0)$, $T=0.05\,s$ | 1.025507E-3 | 'AUTRE_ASTER' | 3 % |
| Vitesse $VZ$, Point $NC1$ $(50,0,0)$, $T=0.0\,s$ | 3.183091E-2 | 'AUTRE_ASTER' | 1.5 % |
| Vitesse $VZ$, Point $NC2$ $(50,0,-12.5)$, $T=0.15\,s$ | 2.487096E-3 | 'AUTRE_ASTER' | 1 % |
| Vitesse $VZ$, Point $NC3$ $(50,0,-25.0)$, $T=0.0\,s$ | -3.221734E-2 | 'AUTRE_ASTER' | 1.5 % |



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

**Calcul avec accélérogramme fourni sur base fréquentielle :**

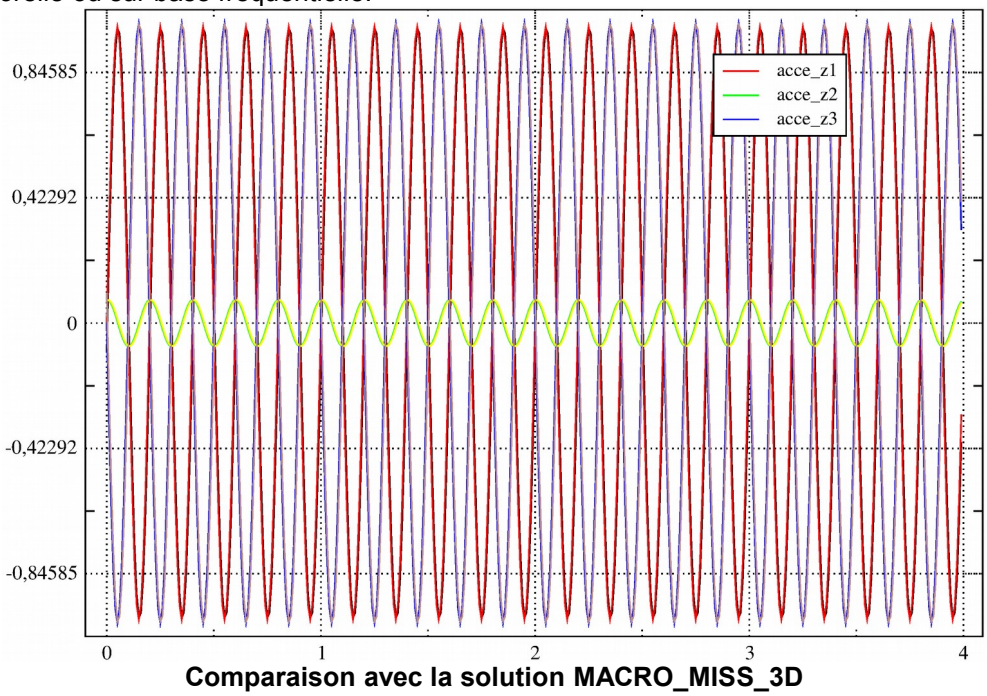
La référence est fournie par le calcul avec accélérogramme sur base temporelle.

| Identification | Valeur de référence | Type de référence | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Transfert, $FREQ=5$ , Point $NC1$ | 9.95035E-01 - 9.95046E-02j | 'AUTRE_ASTER' | 0,1 % |
| Accélération $AZ$ , Point $NC1$ $(50,0,0)$ , $T=0.05\text{s}$ | 0.99503686 | 'AUTRE_ASTER' | 0,1 % |
| Accélération $AZ$ , Point $NC2$ $(50,0,-12.5)$ , $T=0.20\text{s}$ | 0.077163903 | 'AUTRE_ASTER' | 0,1 % |
| Accélération AZ, Point $NC3$ $(50,0,-25.0)$ , $T=0.05\text{s}$ | -1.0069431 | 'AUTRE_ASTER' | 0,1 % |

## 3.5 Synthèse des résultats de la modélisation C

Les résultats sont très proches (*cf.* superposition des courbes) de ceux obtenus préalablement avec l'ancien opérateur MACRO_MISS_3D. Il y a un très léger déphasage.
Les amplitudes sont très voisines, en relevant les valeurs aux instants donnés, l'écart est de l'ordre de 1 %.

On constate également que les résultats sont les mêmes avec les accélérogrammes sur base temporelle ou sur base fréquentielle.




**Comparaison avec la solution MACRO_MISS_3D**



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