Opérateur CALC_AMOR_MODAL

1 But

Créer une liste d'amortissements modaux calculés selon la règle du RCC-G. Le calcul s'effectue en post-traitement du calcul modal d'une structure de type bâtiment dont le radier repose sur un sol modélisé par des ressorts.

Le principe du calcul est de pondérer par les taux d'énergie potentielle (par rapport à l'énergie totale) des amortissements réduits affectés par groupes de mailles constitutifs de la structure (en fait des paramètres d'entrée de la table d'énergie potentielle créée par POST_ELEM) et des amortissements rayonnés dans le sol, par degré de liberté, fonctions de la fréquence [bib1] [bib2][R4.05.01].

On a également la possibilité alternative de créer directement une liste d'amortissements modaux par fréquence calculée d'un concept de type mode_meca. Cette liste dépend à la fois des valeurs des fréquences du mode et des coefficients intervenant dans l'expression de l'amortissement de Rayleigh.

Un mode de correction automatique des amortissements calculés est aussi disponible.

La liste créée est utilisable par la suite dans la commande DYNA_TRAN_MODAL [U4.53.21] derrière le mot clé LIST_AMOR.

Produit un concept de type listr8.

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

2 Syntaxe

```
listr8 [listr8] =  CALC_AMOR_MODAL  (

/  ♦  ENER_SOL  = _F( ♦  MODE_MECA =  mod,                [mode_meca]
                    ◊  METHODE   =  /  'DEPL',           [DEFAUT]
                                    /  'RIGI_PARASOL',
                    ♦  KX     =  kx,                     [R]
                    ♦  KY     =  ky,                     [R]
                    ♦  KZ     =  kz,                     [R]
                    ◊   ♦  KRX      =  krx,              [R]
                        ♦  KRY      =  kry,              [R]
                        ♦  KRZ      =  krz,              [R]

                  # Si METHODE='DEPL' :
                    ♦   GROUP_NO_RADIER = l_grno,        [l_group_no]

                  # Si METHODE='RIGI_PARASOL' :
                    ♦  GROUP_MA_RADIER  = l_grma,        [l_group_ma]
                    ♦  /  FONC_GROUP       = l_fonc,     [l_fonction]
                       /   COEF_GROUP      = l_coef,     [l_R]
                    ♦  /   GROUP_NO_CENTRE = grno,       [group_noeud]
                       /  COOR_CENTRE      = (x, y, z),  [l_R]
                  ),
   ♦  AMOR_INTERNE = _F   (
                       ♦  ENER_POT     = epot,           [table_sdaster]
                       ♦  GROUP_MA     = l_grma,         [l_group_ma]
                       ♦  AMOR_REDUIT  = l_amor,         [l_R]
                       ),
   ♦  AMOR_SOL  = _F   (
                    ◊  AMOR_REDUIT =    / 0.,            [DEFAUT]
                                        / amor,          [R]
                    ♦  FONC_AMOR_GEO =  l_f_amor,        [l_fonction]
                    ◊  HOMOGENE    =    / 'OUI',         [DEFAUT]
                                        / 'NON',
                    ◊  SEUIL       =    / 0.3,           [DEFAUT]
                                        / seuil,         [R]
                  ),
/  ♦  AMOR_RAYLEIGH    = _F( ♦  MODE_MECA =  mod,         [mode_meca]
                    ♦  AMOR_ALPHA   =  alpha,            [R]
                    ♦  AMOR_BETA    =  beta,             [R]
                       ),
   ◊   CORR_AMOR_NEGATIF  =  /  'NON',                   [DEFAUT]
                             /  'OUI',
                             /  'IGNORE',
{ Si CORR_AMOR_NEGATIF = 'OUI'
                    ♦  COEF_CORR_AMOR = coefcor          [R]
}
                                    )
```


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

3 Opérandes

3.1 Mot clé ENER_SOL

Ce mot clé facteur utilisé une seule fois sert à introduire les données nécessaires au calcul de l'énergie potentielle dans le sol par degré de liberté pour toutes les fréquences d'un concept de type mode_meca.

3.1.1 Opérande METHODE

Cet opérande permet de définir la méthode de calcul de l'énergie dans le sol par fréquence.

Avec la valeur 'DEPL', on calcule l'énergie à partir des déplacements moyennés sur les nœuds du radier pour chaque mode : $E=\frac{1}{2}\sum_{i=1,6} k_i U_i^2(fr)_i$, où les k_i représentent les 6 composantes KX, KY, KZ, KRX, KRY et KRZ de la rigidité globale des ressorts de sol (cf. [§3.1.3]).

Avec la valeur 'RIGI_PARASOL', on calcule l'énergie à partir des efforts moyennés sur les nœuds du radier pour chaque mode : $E=\frac{1}{2}\sum_{i=1,6} \frac{F_i^2}{k_i}(fr)_i$.

Les efforts aux nœuds avec cette méthode sont déterminés à partir des valeurs de rigidité réparties aux nœuds sous le radier comme par l'option RIGI_PARASOL de la commande AFFE_CARA_ELEM [U4.42.01].

3.1.2 Opérande MODE_MECA

Permet d'introduire le concept de type mode_meca contenant les fréquences de calcul de l'énergie potentielle.

3.1.3 Opérandes KX / KY / KZ / KRX / KRY / KRZ

Représentent les valeurs des composantes de la rigidité globale des ressorts de sol.

Interviennent dans le calcul des termes $k_i.U_i^2, i=1,NCmp$,

$NCmp$ est le nombre de composantes (3 ou 6) déterminé par la présence ou l'absence des opérandes KRX, KRY, KRZ utilisés (s'ils le sont) obligatoirement ensemble. $NCmp$ et le nombre de ddls portés par les nœuds du radier peuvent être différents.
Dans le cas particulier d'une structure encastrée, les différentes composantes de la rigidité des ressorts de sol sont indiquées comme étant égales à zéro de façon à annuler l'énergie associée au sol. Ces valeurs sont compatibles avec la valeur par défaut 'DEPL' pour l'opérande METHODE.

3.1.4 Opérande GROUP_NO_RADIER

Cet opérande est lié à la valeur 'DEPL' de l'opérande METHODE.

Liste de groupes de nœuds constituant le radier de la structure posé sur le sol. On calcule par la suite le déplacement moyenné en ces nœuds U de composantes U_i pour chaque mode calculé de fréquence fr afin de pouvoir déterminer l'énergie dans le sol par ddl et par fréquence : $\frac{1}{2}k_i.U_i^2(fr)$.

3.1.5 Opérande GROUP_MA_RADIER

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

Cet opérande est lié à la valeur 'RIGI_PARASOL' de l'opérande METHODE.

Liste de groupes de mailles constituant le radier de la structure posé sur le sol. Permet de calculer l'effort moyenné aux nœuds de ces mailles F de composantes F_i pour chaque mode calculé de fréquence fr afin de déterminer l'énergie dans le sol par ddl et par fréquence : $\frac{1}{2}\frac{F_i^2}{k_i}(fr)$.

3.1.6 Opérande FONC_GROUP / COEF_GROUP / GROUP_NO_CENTRE / COOR_CENTRE

Ces opérandes sont également liés à la valeur 'RIGI_PARASOL' de l'opérande METHODE.

Ces sont les mêmes que dans l'option RIGI_PARASOL de la commande AFFE_CARA_ELEM [U4.42.01]. Ils permettent également d'obtenir les valeurs de rigidité réparties aux nœuds sous le radier servant à déterminer les efforts nodaux par mode puis leur moyenne F de composante F_i.

Un opérande choisi parmi FONC_GROUP / COEF_GROUP permet de déterminer des pondérations, fonctions de l'abscisse ou réelles, de chacun des groupes de mailles constitutifs du radier. Les formules restent au choix de l'utilisateur. Par défaut, on considère que la fonction de répartition est constante et unitaire, c'est à dire que chaque surface est affectée du même poids [bib2].

Il faut donc autant de termes dans la liste correspondante que dans la liste des groupes de mailles donnée par l'opérande GROUP_MA_RADIER.

Une opérande choisie parmi GROUP_NO_CENTRE / COOR_CENTRE permet de fournir soit le nœud central du radier par un groupe de nœuds d'un seul nœud, soit directement des coordonnées situant le nœud central.

3.2 Mot clé AMOR_INTERNE

Utilisé une seule fois en même temps que le mot-clé ENER_SOL.

La contribution à l'amortissement réduit de chaque mode est établie à partir de la répartition de l'énergie potentielle dans la structure pour le mode considéré. Cette répartition est obtenue à l'aide de la commande POST_ELEM [U4.81.22] à partir du concept de type mode_meca (cf. [§3.1.1]) qui produit une table.

Les paramètres d'entrée de cette table sont des noms de groupes de mailles, définis par l'utilisateur en fonction des répartitions d'amortissement matériel dans la structure.

3.2.1 Opérande ENER_POT

Nom de la table d'énergie potentielle produite par la commande POST_ELEM [U4.81.22].
Les paramètres nécessaires de la table sont :

Paramètres	Type	Description
NUME_ORDRE	I	Numéro d'ordre
FREQ	R	Fréquence au numéro d'ordre NUME_ORDRE
LIEU	K8	Entité géométrique associée : il peut s'agir de toute la structure, d'un ensemble de mailles ou de groupes de mailles
POUR_CENT	R	Taux d'énergie potentielle par rapport à l'énergie totale

Pour davantage d'informations sur le sens des paramètres, le lecteur est invité à consulter la documentation de la commande POST_ELEM [U4.81.22].

3.2.2 Opérande GROUP_MA

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

La liste de noms de groupes de mailles à partir desquels on pointera dans la table définie par ENER_POT (cf. [§3.2.1]).
Il est impératif que cette liste contienne tous les groupes de mailles constitutifs de la structure et que ceux-ci aient bien eu leur énergie calculée dans la table définie par ENER_POT. On considérera que pour chaque mode la somme des énergies passant par les groupes de mailles précédents sera égale à l'énergie totale moins celle passant par les ressorts de sol et répartie à partir du mot-clé ENER_SOL.
Si l'utilisateur indique un nom de groupe de mailles dont l'énergie n'a pas été calculée dans la table définie par ENER_POT, il aura une alarme mais pas d'arrêt. C'est donc bien à lui de vérifier la conformité des groupes de mailles de la table et de ceux de la liste dans le mot-clé AMOR_INTERNE.
Enfin, pour que le calcul de la liste d'amortissements modaux selon la règle du RCC-G ait un sens, pour que notamment l'énergie passant par les ressorts de sol ne soit pas négative (ce qui impliquerait que le taux d'énergie potentielle de l'ensemble des groupes de mailles constitutifs de la structure pourrait dépasser 100%), il est fortement conseillé d'imposer une condition de liaison solide sur la liste de groupes de nœuds constituant le radier de la structure posé sur le sol.
Pour bien calculer le taux d'énergie potentielle des groupes de mailles constitutifs, il est impératif d'avoir l'énergie totale de l'ensemble du modèle. Et pour cela, en amont il est obligatoire que dans la table définie par ENER_POT, on ait calculé l'énergie potentielle par l'opérateur POST_ELEM pour l'entité TOUT='OUI'. Dans le cas contraire, on émet un message d'arrêt.

3.2.3 Opérande AMOR_REDUIT

La liste des valeurs réelles d'amortissement matériel correspondant, terme pour terme, à la liste de noms de groupes de mailles définie par GROUP_MA (cf. [§3.2.2]).

3.3 Mot clé AMOR_SOL

Utilisé une seule fois en même temps que le mot-clé ENER_SOL.

Il permet de déterminer la contribution de l'amortissement géométrique dû à la réflexion des ondes élastiques. Ces valeurs d'amortissement directionnelles sont obtenues en interpolant pour chaque fréquence propre calculée les fonctions d'amortissement géométriques $\frac{\mathrm{Im}(K(\omega))}{2\,\mathrm{Re}(K(\omega))}$ (cf. §[3.3.1]) où $K(\omega)$ est l'impédance complexe du sol déterminée à l'aide d'un des logiciels MISS3D, CLASSI ou PARASOL :

$$amor(\omega_i)=\left[\omega_i, \frac{\mathrm{Im}(K(\omega_i))}{2\,\mathrm{Re}(K(\omega_i))}\right]$$

3.3.1 Opérande FONC_AMOR_GEO

Définit la liste de fonctions de la fréquence des amortissements géométriques, une par degré de liberté (3 ou 6).
Dans le cadre d'une structure sur base encastrée, cette fonction doit être renseignée même si elle n'a pas de sens particulier. On pourra prendre la fonction constante égale à zéro par exemple.

3.3.2 Opérande AMOR_REDUIT

Correction dans le calcul de l'amortissement géométrique du à l'amortissement matériel réduit du sol.

Remarque :

La valeur d'amortissement réduit est nécessaire si l'impédance du sol est produite par PARASOL. On affecte alors la valeur complète de l'amortissement matériel réduit du sol. Si

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

l'impédance du sol est produite par MISS3D, cette valeur n'est nécessaire que si le sol est homogène (voir opérande HOMOGENE [§3.3.3]*) et dans ce cas on introduit la demi-valeur de l'amortissement matériel réduit du sol.*

3.3.3 Opérande HOMOGENE

Si le sol est homogène ('OUI'), on pondère le calcul de l'amortissement géométrique par le facteur 0.5. Alors dans le cas où l'impédance du sol est produite par MISS3D et seulement si le sol est homogène ('OUI'), on doit introduire pour l'opérande AMOR_REDUIT (cf. [§3.3.2]) la demi-valeur de l'amortissement matériel réduit du sol. On n'introduit rien quand l'impédance du sol est produite par MISS3D si le sol n'est pas homogène ('NON').

3.3.4 Opérande SEUIL

Valeur définie dans le RCC-G [bib1] (0.3 par défaut) pour le seuil au-delà duquel on tronque éventuellement l'amortissement modal. Ce seuil opère après les éventuelles corrections précédentes.

3.4 Mot clé AMOR_RAYLEIGH

Utilisé une seule fois à l'exclusion du mot-clé ENER_SOL. Ce mot-clé permet de calculer une liste d'amortissement modaux par fréquence calculée d'un concept de type mode_meca. Cette liste dépend à la fois des valeurs des fréquences du mode $freq_i$ et des coefficients intervenant dans l'expression de l'amortissement de Rayleigh.

3.4.1 Opérande MODE_MECA

Permet d'introduire le concept de type mode_meca contenant les fréquences à partir desquelles on va calculer l'amortissement modal.

3.4.2 Opérandes AMOR_ALPHA / AMOR_BETA

Représentent respectivement les valeurs des composantes α et β intervenant dans l'expression de l'amortissement de Rayleigh à partir des opérateurs de rigidité et de masse : $C=\alpha K+\beta M$.
Alors pour chaque fréquence calculée $freq_i$ du concept de type mode_meca mod associée à une pulsation $\omega_i=2\pi\, freq_i$ on obtient un amortissement modal équivalent :

$$\xi_i=\frac{1}{2}(\alpha\omega_i+\frac{\beta}{\omega_i})$$

3.4.3 Opérandes CORR_AMOR_NEGATIF/COEF_CORR_AMOR

Le mot-clé CORR_AMOR_NEGATIF permet de vérifier automatiquement s'il existe des valeurs négatives dans la liste des coefficients d'amortissement générée par l'opérateur.
Si ce mot-clé vaut 'NON' (valeur par défaut), alors si on détecte un amortissement négatif ou nul, l'exécution s'arrête en erreur, avec un message indiquant la valeur en question.
Si le mot-clé vaut 'IGNORE' , on agit comme précédemment sauf que l'erreur est transformée en simple alarme.
Enfin, si le mot-clé vaut 'OUI' , alors on remplace les valeurs négatives ou nulles par une valeur arbitraire strictement positive (et inférieure à 1) définie par l'utilisateur avec le mot-clé COEF_CORR_AMOR .

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

4 Bibliographie

(1) RCC-G : Règles de conception et de construction des îlots nucléaires REP. EDF - Direction de l'Equipement, édition Juillet 1988

(2) F. WAECKEL Réponse sismique par analyse transitoire [R4.05.01]

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

5 Exemple d'utilisation

L'utilisation de CALC_AMOR_MODAL nécessite le calcul des modes propres de la structure sur des ressorts de sol sous la forme d'un concept de type mode_meca et d'un concept de type table_sdaster de ces modes calculé au moyen de la commande POST_ELEM [U4.61.04].

L'exemple suivant est extrait du test SDLL109B.

```
# CALCUL DES QUANTITES MODALES ----------------------------------------

MODE0=CALC_MODES( MATR_RIGI=RIGIDITE,
                  MATR_MASS=MASSE,
                  OPTION = 'PLUS_PETITE',
                  CALC_FREQ=_F( NMAX_FREQ = 33 ),
                  SOLVEUR_MODAL=_F( DIM_SOUS_ESPACE = 125 ) )

MODE0=NORM_MODE( reuse=MODE0,  MODE=MODE0,
                 NORME='TRAN_ROTA',
                 MASS_INER=MASSESTR )

EPOT=POST_ELEM( MODELE=STICKMOD,
                RESULTAT=MODE0,
                CHAM_MATER=CHAMPMAT,
                CARA_ELEM=CARA_ELE,
                MASS_INER=(_F(GROUP_MA=('MASSES', 'LIAI_SOL', 'LIAI_NOE',
                                        'POU_D_T',),),
                          _F(TOUT='OUI',),),)
#
FT=DEFI_FONCTION( NOM_PARA='FREQ',
                  VALE=( 0., 0.0,  10., 0.3, 30., 1.5, 100., 1.5, ) )

#
FR=DEFI_FONCTION( NOM_PARA='FREQ',
                  VALE=( 0., 0.0,  10., 0.05, 30., 0.75, 100., 0.75, ) )

L_AMOR=CALC_AMOR_MODAL(
        ENER_SOL=_F( MODE_MECA = MODE0,
                     GROUP_NO_RADIER = 'P1',
                    KX = 6.295E11, KY = 6.295E11, KZ = 6.864E11,
                    KRX = 3.188E14, KRY = 3.188E14, KRZ = 3.2E14),
        AMOR_INTERNE=_F(
            ENER_POT = EPOT,
            GROUP_MA = ('POU_D_T', 'MASSES', 'LIAI_NOE',),
            AMOR_REDUIT = (0.07, 0.07, 0.02,)),
        AMOR_SOL=_F(
            FONC_AMOR_GEO = (FT, FT, FT, FR, FR, FR,),
            HOMOGENE = 'NON')
                        )
```


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