Opérateur MODE_STATIQUE

1 But

Calculer des modes statiques pour un déplacement, une force ou une accélération unitaire imposé. On peut également calculer des modes de couplages (modes d'interface) pour définir un modèle généralisé plus petit.

Un mode statique est la déformée statique d'une structure isostatique ou hyperstatique à laquelle on impose :

- en un **degré de liberté bloqué** (nœud - composante) un déplacement imposé unitaire,
- en un **degré de liberté libre** (nœud - composante) une force nodale unitaire,
- dans une **direction**, une accélération imposée unitaire,
- en un **degré de liberté** (nœud - composante) une accélération imposée unitaire.

Les modes de couplages correspondent aux modes de la sous structure condensée statiquement sur l'interface. Ces modes, définis uniquement sur l'interface, sont ensuite relevés statiquement sur l'ensemble de la sous structure.

L'opérateur permet de calculer l'ensemble des modes statiques correspondant à plusieurs couples nœud - composante. La matrice de rigidité doit être assemblée en utilisant un ensemble de conditions aux limites cinématiques suffisant pour que tous les modes de corps solides soient supprimés (opérateurs AFFE_CHAR_MECA [U4.44.01] ou AFFE_CHAR_CINE [U4.44.03]). Il est possible de ne demander qu'une partie des modes statiques correspondant à ces conditions cinématiques.

Le concept produit peut être utilisé pour compléter une base modale de modes propres de vibration (opérateur DEFI_BASE_MODALE [U4.64.02] ou DYNA_ALEA_MODAL [U4.53.22]), pour déterminer les chargements nécessaires au calcul du mouvement d'entraînement sous une excitation sismique (opérateur CALC_CHAR_SEISME [U4.63.01]) et pour introduire les déplacements aux ancrages multi-appuis ou les modes de correction en analyse spectrale (opérateur COMB_SISM_MODAL [U4.84.01]).

Produit un concept de type mode_meca.

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

Table de matières

1 But....1
2 Syntaxe....3
3 Opérandes....4
3.1 Opérande MATR_RIGI....4
3.2 Opérande MATR_MASS....4
3.3 Nature des sollicitations appliquées....4
3.3.1 Mot clé MODE_STAT....4
3.3.1.1 Opérandes TOUT/GROUP_NO....4
3.3.1.2 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP....4
3.3.2 Mot clé FORCE_NODALE....4
3.3.2.1 Opérande TOUT/GROUP_NO....5
3.3.2.2 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP....5
3.3.3 Mot clé PSEUDO_MODE....5
3.3.3.1 Opérandes AXE/DIRECTION/NOM_DIR....5
3.3.3.2 Opérandes TOUT/GROUP_NO....5
3.3.3.3 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP....6
3.3.4 Mot clé MODE_INTERF....6
3.3.4.1 Opérande TOUT/GROUP_NO....6
3.3.4.2 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP....6
3.3.4.3 Opérande NB_MODE....6
3.3.4.4 Opérande SHIFT....7
3.4 Mot clé SOLVEUR....7
3.5 Opérande TITRE....7
3.6 Opérande INFO....7
4 Exemples....8
4.1 Calcul des modes statiques en déplacement imposé unitaire....8
4.2 Calcul des modes statiques en force imposée unitaire....8
4.3 Calcul des modes statiques (ou pseudo-modes) en accélération uniforme unitaire dans les 3 directions....8
4.4 Calcul des modes statiques (ou pseudo-modes) en accélération imposée unitaire....9
4.5 Calcul des modes de couplage....9

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

2 Syntaxe

```
R [mode_meca]    = MODE_STATIQUE(

    ♦  MATR_RIGI     =  rigi                              [matr_asse_DEPL_R]
    ◊  MATR_MASS     =  masse                             [matr_asse_DEPL_R]
    ♦  /  MODE_STAT     =  _F(
                           ♦  /  TOUT      =   'OUI'
                              /  GROUP_NO  = g_noeu        [l_Kn]
                           ♦  /  TOUT_CMP = 'OUI'
                              /  AVEC_CMP = l_cmp          [l_Kn]
                              /  SANS_CMP = l_cmp          [l_Kn]
                           )
       /  FORCE_NODALE =  _F(
                           ♦  /  TOUT =     'OUI'
                              /  GROUP_NO = g_noeu         [l_gr_noeud]
                           ♦  /  TOUT_CMP = 'OUI'
                              /  AVEC_CMP = l_cmp          [l_Kn]
                              /  SANS_CMP = l_cmp          [l_Kn]
                           )
       /  PSEUDO_MODE  =  _F(
                           ♦  /  AXE = /  'X'
                                       /  'Y'
                                       /  'Z'
                              /  ♦  DIRECTION    =  l_dir  [l_R]
                                 ◊  NOM_DIR      =  n_dir  [l_Kn]

                              /  ♦  /  TOUT      =  'OUI'
                                    /  GROUP_NO  =  g_noeu [l_gr_noeud]
                                 ♦  /  TOUT_CMP  = 'OUI'
                                    /  AVEC_CMP  = l_cmp   [l_Kn]
                                    /  SANS_CMP  = l_cmp   [l_Kn]
                           )
       /  MODE_INTERF =_F(
                           ♦  /  TOUT =     'OUI'
                              /  GROUP_NO = g_noeu         [l_gr_noeud]
                           ♦  /  TOUT_CMP = 'OUI'
                              /  AVEC_CMP = l_cmp          [l_Kn]
                              /  SANS_CMP = l_cmp          [l_Kn]
                           ♦  /  NB_MODE = nb_mod          [I]
                              /  SHIFT = shift             [R]
                           )
       ◊   SOLVEUR      =  _F ( voir document [U4.50.01])
       ◊  TITRE         =  titre                          [l_Kn]

       ◊  INFO          =  /  1                           [DEFAUT]
                           /  2

    );
```


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

3 Opérandes

3.1 Opérande MATR_RIGI

♦ MATR_RIGI = rigi

Matrice de rigidité de la structure isostatique ou hyperstatique.

3.2 Opérande MATR_MASS

◊ MATR_MASS = masse

Matrice de masse de la structure isostatique ou hyperstatique.

3.3 Nature des sollicitations appliquées

3.3.1 Mot clé MODE_STAT

♦ / MODE_STAT

Mot clé facteur pour la définition des modes statiques à déplacement imposé unitaire. Ces modes interviennent pour déterminer le chargement dû au mouvement d'entraînement multi-appuis sous une excitation sismique (opérateur CALC_CHAR_SEISME [U4.63.01]) (cf. référence [R4.05.01]) ou pour introduire les déplacements aux ancrages multi-appuis en analyse spectrale (opérateur COMB_SISM_MODAL [U4.84.01]) (cf. référence [R4.05.03]). Voir exemple §4.1.

3.3.1.1 Opérandes TOUT/GROUP_NO

♦ / TOUT = 'OUI'

Calcul des modes sur tous les nœuds du système qui ont des ddl bloqués.

/ GROUP_NO = g_noeu

Calcul des modes sur les groupes de nœuds g_noeu (sous-ensemble des nœuds bloqués).

3.3.1.2 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP

♦ / TOUT_CMP = 'OUI'

Calcul des modes sur toutes les composantes bloquées aux nœuds définis précédemment.

/ AVEC_CMP = l_cmp

Calcul des modes sur les composantes citées seulement.

/ SANS_CMP = l_cmp

Calcul des modes en excluant les composantes citées.

3.3.2 Mot clé FORCE_NODALE

/ FORCE_NODALE

Mot clé facteur pour la définition des modes statiques à force imposée unitaire. Ces modes interviennent pour compléter une base modale de modes propres de vibration (opérateur

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

DEFI_BASE_MODALE [U4.64.02] ou DYNA_ALEA_MODAL [U4.53.22]). Cf. référence [R5.06.01] et voir exemple §4.2.

3.3.2.1 Opérande TOUT/GROUP_NO

♦ / TOUT = 'OUI'

Calcul des modes sur tous les nœuds du système qui ont des ddl **libres** .

/ GROUP_NO = g_noeu

Calcul des modes sur les groupes de nœuds g_noeu .

3.3.2.2 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP

♦ / TOUT_CMP = 'OUI'

Calcul des modes sur toutes les composantes **libres** aux nœuds définis précédemment.

/ AVEC_CMP = l_cmp

Calcul des modes sur les composantes citées seulement.

/ SANS_CMP = l_cmp

Calcul des modes en excluant les composantes citées.

3.3.3 Mot clé PSEUDO_MODE

/ PSEUDO_MODE
Mot clé facteur pour la définition des modes statiques (ou pseudo-modes) à accélération imposée unitaire. Ces modes interviennent pour compléter une base modale de modes propres de vibration (opérateur DEFI_BASE_MODALE [U4.64.02] ou DYNA_ALEA_MODAL [U4.53.22]) (cf. référence [R5.06.01], pour déterminer les modes de correction en analyse spectrale (opérateur COMB_SISM_MODAL [U4.84.01], mot clé MODE_CORR) (cf. référence [R4.05.03]). On traite le cas mono-appui (opérandes AXE/DIRECTION, voir exemple §4.3) ou multi-appuis (opérande GROUP_NO et *CMP, voir exemple §4.4).

3.3.3.1 Opérandes AXE/DIRECTION/NOM_DIR

♦ / AXE = l_axe

Calcule des modes suivant les axes du repère global donnés (l_axe), ces axes étant $'X'$, $'Y'$ et $'Z'$.

/ ♦ DIRECTION = l_dir

Calcule le mode suivant la direction donnée (l_dir)
(l_dir) : vecteur directeur à 3 composantes.

◊ NOM_DIR = n_dir

Nom utilisateur que l'on désire donner au mode calculé dans la direction (n_{dir}).
Par défaut le nom est DIR_N , N étant le numéro du mode statique.

3.3.3.2 Opérandes TOUT/GROUP_NO

♦ / TOUT = 'OUI'

Calcul des modes sur tous les nœuds du système.

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

/ GROUP_NO = g_noeu

Calcul des modes sur les groupes de nœuds g_noeud .

3.3.3.3 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP

♦ / TOUT_CMP = 'OUI'

Calcul des modes sur toutes les composantes aux nœuds définis précédemment.

/ AVEC_CMP = l_cmp

Calcul des modes sur les composantes citées seulement.

/ SANS_CMP = l_cmp

Calcul des modes en excluant les composantes citées.

3.3.4 Mot clé MODE_INTERF

/ MODE_INTERF

Mot clé facteur pour la définition des modes de couplage. Ces modes interviennent pour compléter une base modale de modes propres de vibration (opérateur DEFI_BASE_MODALE [U4.64.02] ou DYNA_ALEA_MODAL [U4.53.22]). Cf. référence [R5.06.01] et voir exemple §4.2.

3.3.4.1 Opérande TOUT/GROUP_NO

♦ / TOUT = 'OUI'

Calcul des modes sur tous les nœuds du système qui ont des degrés de liberté **bloqués** .

/ GROUP_NO = g_noeu

Calcul des modes sur les groupes de nœuds g_noeu .

3.3.4.2 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP

♦ / TOUT_CMP = 'OUI'

Calcul des modes sur toutes les composantes bloquées aux nœuds définis précédemment.

/ AVEC_CMP = l_cmp

Calcul des modes sur les composantes citées seulement.

/ SANS_CMP = l_cmp

Calcul des modes en excluant les composantes citées.

3.3.4.3 Opérande NB_MODE

♦ NB_MODE = nbmod

Nombre de modes à calculer. Il n'est, pour l'instant, pas possible de spécifier une bande de fréquence d'intérêt, ou la fréquence maximal des modes à calculer. L'utilisateur doit donc estimer par lui même le nombre de mode à prendre en compte. La liste des fréquences associées aux modes d'interface permet de déterminer le nombre de modes à prendre en compte dans le calcul pour le modèle réduit.

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

3.3.4.4 Opérande SHIFT

♦ SHIFT = shift

Fréquence de décalage (shift) utilisée pour le calcul des modes d'interface. Le choix de cette valeur permet d'améliorer la précision du calcul des modes. On pourra choisir une valeur de shift correspondant à 10% de la première fréquence propre attendue pour les modes de couplage. La valeur arbitraire par défaut est fixée à $1\,Hz$.

3.4 Mot clé SOLVEUR

◊ SOLVEUR = ...

Ce mot clé facteur est facultatif : il permet de choisir le solveur linéaire utilisé dans certaines partie de l'algorithme. La syntaxe étant commune à plusieurs commandes, veuillez consulter le manuel [U4.50.01].

Remarque : pour le mot clé MODE_INTERF, on doit résoudre des système linéaires mais pour ceux-ci, le solveur est choisi en « dur » dans la programmation (LDLT s'il y a très peu de ddls et MUMPS s'il y en a plus).

3.5 Opérande TITRE

◊ TITRE = titre

Attaché au concept produit par cet opérateur [U4.03.01].

3.6 Opérande INFO

◊ INFO

Indique le niveau d'impression d'informations sur le fichier " MESSAGE " :

1 : aucune impression
2 : impression des modes statiques calculés.

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

4 Exemples

4.1 Calcul des modes statiques en déplacement imposé unitaire

Calcul des modes statiques en déplacement imposé unitaire.

mode Ψ solution de $\begin{cases}\Psi = -K^{-1}\cdot {}^{t}B^{-1}\cdot\lambda_i \\ B\cdot\Psi = V_i\end{cases}$ avec

K : matrice de rigidité

V_i : vecteur valant $1.$ pour les composantes DX et DY du groupe de nœuds base.

λ_i : réactions d'appui sur la liaison B du groupe de nœuds base.

```
mstat = MODE_STATIQUE (    MATR_RIGI = rigidite,
                           MODE_STAT =_F( GROUP_NO = 'base',
                                          ( AVEC_CMP =( 'DX','DY'),),
                       );
```

4.2 Calcul des modes statiques en force imposée unitaire

Calcul des modes statiques en force imposée unitaire.

mode $\Psi = K^{-1}F_i$ avec

K : matrice de rigidité

F_i : vecteur valant $1.$ pour les composantes DX et DY du groupe de nœuds base.

```
mstat = MODE_STATIQUE (    MATR_RIGI = rigidite,
                           FORCE_NODALE =_F ( GROUP_NO = 'base',
                                              ( AVEC_CMP =( 'DX','DY'),),
                       );
```

4.3 Calcul des modes statiques (ou pseudo-modes) en accélération uniforme unitaire dans les 3 directions

Calcul des modes statiques en accélération uniforme unitaire dans les 3 directions.

mode $\Psi = K^{-1}\left(M\,A_i\right)$ avec

K : matrice de rigidité

M : matrice de masse

A_i : vecteur unitaire dans la direction i.

```
mstat = MODE_STATIQUE  (   MATR_RIGI = rigidite,
                           MATR_MASS = masse,
                           PSEUDO_MODE=_F(AXE=('X','Y','Z'),),
                       );
```


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

4.4 Calcul des modes statiques (ou pseudo-modes) en accélération imposée unitaire

Calcul des modes statiques en accélération imposée unitaire.

mode Ψ = $K^{-1}\left(M\,A_i\right)$ avec K : matrice de rigidité

M : matrice de masse

A_i : vecteur unitaire pour les composantes DX et DY du groupe de nœuds $base$

```
mstat = MODE_STATIQUE  (  MATR_RIGI = rigidite,
                          MATR_MASS = masse,
                          PSEUDO_MODE=_F   ( GROUP_NO = 'base',
                                             ( AVEC_CMP =( 'DX','DY'),),
                       ) ;
```

4.5 Calcul des modes de couplage

Les modes de couplages $\Psi = T\,\Phi$ sont le relèvement statique des modes Φ du problème réduit

$$\left[T^T\left(K-\omega^2 M\right)T\right]\Phi = 0\,, \tag{1}$$

où T sont les modes statiques en déplacement imposé. On ne calcule évidemment pas explicitement T dans ce cas là. Les modes sont calculés par une méthode approchée détaillée dans la référence [R4.06.02].

```
minter = MODE_STATIQUE (  MATR_RIGI = rigidite,
                          MATR_MASS = masse,
                          MODE_INTERF=_F   ( GROUP_NO = 'base',
                                             AVEC_CMP =( 'DX','DY'),
                                             NB_MODE=10,
                                             SHIFT=1.,
                                           ),
                       ) ;
```


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