

Manuel d'Utilisation
Fascicule U4.5- : Méthodes de résolution
Document : U4.52.14

Opérateur *MODE_STATIQUE*

1 But

Calculer des modes statiques pour un déplacement, une force ou une accélération unitaire imposé.

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

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

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_MODAL* [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_stat_depl*, *mode_stat_acce* ou *mode_stat_forc* suivant l'option de calcul choisie.

2 Syntaxe

```

R [mode_stat_xxx] = MODE_STATIQUE

(
  ♦ MATR_RIGI = rigi [matr_asse_DEPL_R]
  ◇ MATR_MASS = masse [matr_asse_DEPL_R]
  ♦ / MODE_STAT =_F(
    ♦ / TOUT = 'OUI'
    / NOEUD = noeu [l_Kn]
    / 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'
    / NOEUD = noeu [l_noeud]
    / 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'
    / NOEUD = noeu [l_noeud]
    / GROUP_NO = g_noeu [l_gr_noeud]
    ♦ / TOUT_CMP = 'OUI'
    / AVEC_CMP = l_cmp [l_Kn]
    / SANS_CMP = l_cmp [l_Kn]
  )
  ◇ TITRE = titre [l_Kn]
  ◇ INFO = / 1 [DEFAULT]
            / 2
);

xxx = depl si l'option de calcul est MODE_STAT
      = forc si l'option de calcul est FORCE_NODALE
      = acce si l'option de calcul est PSEUDO_MODE

```

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/NOEUD/GROUP_NO**

- ◆ `/ TOUT = 'OUI'`
Calcul des modes sur tous les nœuds du système qui ont des `ddl` bloqués.
- `/ NOEUD = noe`
Calcul des modes sur tous les nœuds `noeu` (sous-ensemble des nœuds 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

`DEFI_BASE_MODAL` [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/NOEUD/GROUP_NO`

- ◆ / `TOUT = 'OUI'`
Calcul des modes sur tous les nœuds du système qui ont des ddl **libres**.
- / `NOEUD = noe`
Calcul des modes sur tous les nœuds `noeu`.
- / `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_MODAL` [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 (opérandes `NOEUD/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/NOEUD/GROUP_NO

/ ♦ / TOUT = 'OUI'
 Calcul des modes sur tous les noeuds du système.

/ NOEUD = noe
 Calcul des modes sur tous les noeuds *noeu*.

/ GROUP_NO = g_noeu
 Calcul des modes sur les groupes de noeuds *g_noeud*.

3.3.3.3 Opérandes TOUT_CMP/AVEC_CMP/SANS_CMP

♦ / TOUT_CMP = 'OUI'
 Calcul des modes sur toutes les composantes aux noeuds 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.

3.4 Opérande TITRE

◇ TITRE = titre
 Attaché au concept produit par cet opérateur [U4.03.01].

3.5 Opérande INFO

◇ INFO
 Indique le niveau d'impression d'informations sur le fichier "MESSAGE" :
 1 : aucune impression
 2 : impression des modes statiques calculés.

4 Exemples

4.1 Calcul des modes statiques en déplacement imposé unitaire

Calcul des modes statiques en déplacement imposé unitaire.

mode Ψ solution de avec \mathbf{K} : matrice de rigidité

$$\begin{cases} \Psi = -\mathbf{K}^{-1} \cdot {}^t\mathbf{B}^{-1} \cdot \mathbf{A}_i \\ \mathbf{B} \cdot \Psi = \mathbf{V}_i \end{cases}$$

\mathbf{V}_i : vecteur valant 1. pour les composantes DX et DY du groupe de nœuds base.
 \mathbf{A}_i : réactions d'appui sur la liaison \mathbf{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 $\Psi = \mathbf{K}^{-1} \cdot \mathbf{F}_i$ avec \mathbf{K} : matrice de rigidité
 \mathbf{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 $\Psi = \mathbf{K}^{-1} (\mathbf{M} \cdot \mathbf{A}_i)$ avec \mathbf{K} : matrice de rigidité
 \mathbf{M} : matrice de masse
 \mathbf{A}_i : vecteur unitaire dans la direction \mathbf{i} .

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

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

Calcul des modes statiques en accélération imposée unitaire.

mode $\Psi = \mathbf{K}^{-1} (\mathbf{M} \cdot \mathbf{A}_i)$ avec \mathbf{K} : matrice de rigidité
 \mathbf{M} : matrice de masse
 \mathbf{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'), ),  
                          ) ;
```