

Manuel d'Utilisation
Fascicule U4.5- : Méthodes de résolution
Document : U4.53.22

Opérateur DYNA_ALEA_MODAL

1 But

Calculer la réponse spectrale d'une structure linéaire sous une excitation connue par sa DSP.

L'opérateur fournit la réponse modale sous forme d'interspectre de puissance.

Le concept produit est de type `tabl_intsp`.

2 Syntaxe

```

int      [tabl_intsp] = DYNA_ALEA_MODAL
(
  ♦  BASE_MODELE   =_F (
        ♦  MODE_MECA           =  modemec           [mode_meca]
        ♦  /  ♦  NUME_ORDRE    =  ordre             [l_I]
                ♦  AMOR_REDUIT  =  lamor             [l_R]
                /  ♦  BANDE     =  (f1,f2)           [l_R]
                ♦  AMOR_UNIF    =  amor              [R]
                )

  ◇  MODE_STAT =  mosta                                [mode_stat]

  ♦  EXCIT =_F (
    # Ordre de dérivation de l'excitation

    ◇  DERIVATION =      /  0                        [DEFAULT]
                        /  1
                        /  2

    ◇  GRANDEUR   =      /  'DEPL_R'                [DEFAULT]
                        /  'EFFF'
                        /  'SOUR_DEBI_VOLU'
                        /  'SOUR_DEBI_MASS'
                        /  'SOUR_PRESS'
                        /  'SOUR_FORCE'

    # interspectre excitation

    ♦  INTE_SPEC      =  interexc                    [tabl_intsp]
    ◇  NUME_VITE_FLUI  =  list_ind                    [l_I]
    ◇  OPTION =        /  'TOUT'                      [DEFAULT]
                        /  'DIAG'

    # lieu d'application de l'excitation

    ♦  /  ♦  NUME_ORDRE_I      =  noi                  [l_I]
        ♦  NUME_ORDRE_J      =  noj                  [l_I]
        ♦  /  ♦  NOEUD         =  list_noe            [l_noeud]
                ♦  NOM_CMP     =  list_comp           [l_cmp]
                ◇  MODAL       =  'NON'               [DEFAULT]
                /  ♦  CHAM_NO   =  list_vass           [l_cham_no_*]
                ◇  MODAL       =  'NON'               [DEFAULT]
                /  ♦  MODAL     =  'OUI'

    /  ♦  NOEUD_I      =  noeudi                      [l_noeud]
        ♦  NOEUD_J      =  noeudj                    [l_noeud]
        ♦  NOM_CMP_I     =  cmpi                      [l_cmp]
        ♦  NOM_CMP_J     =  cmpj                      [l_cmp]
        ♦  NOEUD         =  list_noe                 [l_noeud]
        ♦  NOM_CMP       =  list_comp                 [l_cmp]
        ◇  MODAL         =  'NON'                     [DEFAULT]
    )

```

```
♦ REPONSE =_F(  
  # ordre de dérivation de la réponse  
  
    ♦ DERIVATION =      /  0      [DEFAULT]  
                        /  1  
                        /  2  
  
  # limitation éventuelle du calcul à la diagonale  
  
    ♦ OPTION = / 'TOUT'      [DEFAULT]  
              / 'DIAG'  
  
  # discrétisation fréquentielle pour la réponse  
  
    ♦ ♦ FREQ_MIN = fmin      [R]  
    ♦ FREQ_MAX = fmax      [R]  
    ♦ PAS = pas      [R]  
    ♦ FREQ_EXCIT = / 'AVEC' [DEFAULT]  
                  / 'SANS'  
    ♦ NB_POIN_MODE = / 50    [DEFAULT]  
                    / n      [I]  
  
    )  
  
    ♦ TITRE = titre      [l_Kn]  
  
    ♦ INFO = / 1          [DEFAULT]  
            / 2  
  
);
```

3 Fonctionnalités

L'opérateur DYNA_ALEA_MODAL permet de calculer la réponse dans le domaine fréquentiel, sur base modale, d'une structure soumise à une excitation représentée par une matrice interspectrale (cf. DEFI_INTE_SPEC [U4.36.02]).

La grandeur excitation peut être de type ddl imposé ou effort associé à un ddl. Elle peut également correspondre à des sources d'excitation fluide [R4.05.02].

L'excitation peut être donnée sous forme dérivée d'ordre égal à 0, 1 ou 2 (déplacement, vitesse ou accélération).

L'opérateur REST_SPEC_PHYS [U4.63.22] permet de restituer la réponse en déplacement ou en effort aux ddl « d'observation » (couple noeud, composante).

La matrice interspectrale réponse modale ainsi calculée peut être réintroduite dans un nouveau calcul.

4 Opérandes

4.1 Mot clé BASE_MODAL

- ◆ BASE_MODAL = _F (

Mot clé facteur pour la définition des paramètres de sélection de la base modale de calcul.

4.1.1 Opérande MODE_MECA

- ◆ MODE_MECA = modemec

modemec est le concept de type mode_meca contenant les modes dynamiques.

4.1.2 Opérandes NUME_ORDRE / AMOR_REDUIT

/ NUME_ORDRE = lordre

lordre est la liste des numéros d'ordre des modes du concept modemec effectivement pris en compte dans le calcul. Exemple : (2 3 4).

AMOR_REDUIT = lamor

lamor est la liste des amortissements modaux réduits correspondant aux modes retenus. Le nombre d'éléments de la liste est égal au nombre d'éléments de lordre. Exemple : (0.05 0.05 0.02). Ce mot-clé n'est utilisable qu'avec NUME_ORDRE.

4.1.3 Opérandes BANDE / AMOR_UNIF

/ BANDE = (f1 f2)

Les modes dynamiques pris en compte seront ceux de modemec dont la fréquence est dans la bande (f1 f2)

AMOR_UNIF = amor

Pour chaque mode retenu, l'amortissement est égal à amor. Ce mot-clé n'est utilisable qu'avec BANDE.

4.2 Opérande MODE_STAT

◇ MODE_STAT = mosta

Concept de type mode_stat contenant les modes statiques nécessaires au calcul.

Ce mot-clé n'est nécessaire que dans le cas d'un calcul sismique multi-appuis où l'excitation se fait sur des ddl (i. e. quand le mot-clé GRANDEUR sous le mot-clé facteur EXCIT vaut 'DEPL_R').

4.3 Mot clé EXCIT

◆ EXCIT = _F (

Mot-clé facteur définissant tous les paramètres concernant l'excitation.

Les mots-clés DERIVATION, GRANDEUR et MODAL définissent le type d'excitation.

Les mots-clés INTE_SPEC, NUME_VITE_FLUI, NUME_ORDRE_I, NUME_ORDRE_J, NOEUD_I, NOEUD_J, NOM_CMP_I et NOM_CMP_J définissent l'interspectre d'excitation.

4.3.1 Opérande DERIVATION

◇ DERIVATION =

Lorsque la grandeur de l'excitation est de type ddl imposé ('DEPL_R'), ce mot-clé permet de décrire si l'interspectre d'excitation doit être considéré comme un déplacement, une vitesse ou une accélération imposé. L'utilisateur spécifie alors 0, 1 ou 2.

Ce mot-clé est facultatif. Par défaut, il est égal à 0.

Remarque :

Dans le cas d'un calcul sismique, l'excitation est souvent une accélération. Ce mot clé doit alors être égal à 2.

4.3.2 Opérande GRANDEUR

◇ GRANDEUR =

Ce mot-clé permet de dire si l'excitation est de type ddl imposé ('DEPL_R'), effort imposé ('EFFF'), source de débit-volume ('SOUR_DEBI_VOLU'), source de débit-masse ('SOUR_DEBI_MASS'), source de pression ('SOUR_PRESS') ou source de force fluide ('SOUR_FORCE').

Ce mot-clé est facultatif. Par défaut, il est égal à 'DEPL_R' et l'excitation est de type ddl de déplacement imposé dans tous les cas sauf dans le cas d'appuis représentés par des vecteurs assemblés (mot-clé CHAM_NO).

4.3.3 Opérands INTE_SPEC et NUME_VITE_FLUI

Ces mots-clés définissent l(es) interspectre(s) d'excitation.

♦ INTE_SPEC = interexc

interexc est le concept de type `tabl_intsp` contenant l'ensemble des matrices interspectrales (densité spectrale de puissance) d'excitation. Il est pris en compte tel qu'il est défini dans la fonction associée au concept, c'est-à-dire en particulier qu'on n'interprète pas un éventuel repliement de spectre.

Pour une fonction définie par :

$$f \in [f_1, f_2] \quad S(f) \text{ donné}$$

On interprétera :

$$f < f_1 \quad S(f) = 0$$

$$f \in [f_1, f_2] \quad S(f) \text{ donné}$$

$$f > f_2 \quad S(f) = 0$$

Si la boucle de fréquence $[f_1, f_2]$ doit être reproduite pour les fréquences négatives, il faut :

- soit donner l'ensemble du spectre sur l'axe des réels,
- soit appliquer un coefficient 2 sur la valeur de la DSP, contournement possible, puisque tout le calcul est linéaire dans la commande DYNA_ALEA_MODAL.

◇ NUME_VITE_FLUI = nk

nk est le numéro d'ordre si le concept `tabl_intsp` contient plusieurs tables d'interspectres (indexées par ce paramètre).

4.3.4 Opérandes NUME_ORDRE_I, NUME_ORDRE_J, NOEUD, NOM_CMP, CHAM_NO et MODAL

Ces mots-clés lient les termes du (des) interspectre(s) d'excitation et les points d'excitation pour une excitation modale ou lorsque les paramètres de la table ont été indicés par des numéros d'ordre.

- ♦ / ♦ NUME_ORDRE_I = noi1, noi2, ..
- ♦ NUME_ORDRE_J = noj1, noj2, ...

Ces listes de numéro d'ordre sont appairées deux par deux afin de déterminer le terme de la matrice interspectrale donnée.

- ♦ / ♦ NOEUD = list_noe

Ce mot-clé permet de spécifier les noeuds où l'excitation multi-spectrale sera appliquée. Exemple (N1 N5 N7).

Pour tous les types de grandeurs d'excitation, sauf pour les sources de pression et les sources de force, list_noe contient autant de termes qu'il y a de couples d'indices définissant des interspectres d'excitation.

Dans le cas de sources de pression ou de sources de force, à chaque source est associé un dipôle, c'est à dire deux points d'application. list_noe a alors deux fois plus de termes qu'il y a de couples d'indices définissant des interspectres.

- ♦ NOM_CMP = list_cmp

Ce mot-clé permet de spécifier les composantes sur lesquelles l'excitation multi-spectrale sera appliquée. Exemple ('PRES' 'DRZ' 'PHI').

Ces composantes doivent bien entendu correspondre à des degrés de liberté des noeuds d'appuis.

Dans tous les cas, list_cmp a le même nombre d'éléments que list_noe.

Pour les sources fluides, c'est le ddl 'PRES' qui est excité.

- ◇ MODAL = 'NON' [DEFAULT]

L'excitation n'est pas modale dans ce cas.

- / ♦ CHAM_NO = list_vass

Lorsque ce mot-clé est présent, chaque appui d'excitation est un vecteur assemblé défini auparavant dans le fichier de commandes. list_vass contient la liste des vecteurs assemblés tenant lieu d'appuis. La grandeur excitatrice associée est 'EFO'. Il est recommandé que l'intensité associée à l'effort que l'on impose par ce biais soit donnée par l'interspectre : le vecteur assemblé sert essentiellement à définir une fonction de forme support d'un spectre de puissance en effort. Il est donc normalisé.

Cette option permet d'affecter un spectre de puissance d'effort sur une fonction de forme.

Dans tous les cas, list_vass contient autant de termes qu'il y a de couples d'indices définissant des interspectres.

- ◇ MODAL = 'NON' [DEFAULT]

L'excitation n'est pas modale dans ce cas.

- / ♦ MODAL = 'OUI'

La présence de 'OUI' sous ce mot-clé implique que l'interspectre d'excitation est considéré comme une excitation modale.

4.3.5 Opérands NOEUD_I, NOEUD_J, NOM_CMP_I et NOM_CMP_J

Ces mots-clés lient les termes du (des) interspectre(s) d'excitation et les points d'excitation lorsque les paramètres de la table ont été indicés par des données physiques constituées du couple (Noeud-CMP).

- ♦ / ♦ NOEUD_I = ndi1, ndi2,...
- ♦ NOM_CMP_I = cmpi1, cmpi2, ..
- ♦ NOEUD_J = ndj1, ndj2,...
- ♦ NOM_CMP_J = cmpj1, cmpj2,...

Ces listes de numéro d'ordre sont appairées deux par deux afin de déterminer le terme de la matrice interspectrale donnée. La longueur des listes précédentes doit correspondre au nombre d'excitations imposées à la structure.

- ♦ NOEUD = list_noe [l_noeud]
- ♦ NOM_CMP = list_comp [l_cmp]

Ces deux mots-clés ont la même signification qu'en [§4.3.4].

- ◇ MODAL = 'NON' [DEFAULT]

L'excitation n'est pas modale dans ce cas.

4.4 Mot clé REPONSE

- ♦ REPONSE = _F (

Mot-clé facteur pour la définition de tous les paramètres concernant la réponse.

Les trois mots-clés suivants décrivent le type de la réponse.

4.4.1 Opérande DERIVATION

- ◇ DERIVATION =

Ce mot-clé a le même sens que pour le mot-clé facteur EXCIT [§4.3.1].

4.4.2 Opérande OPTION

- ◇ OPTION =

Si ce mot-clé est spécifié avec 'DIAG', alors toutes les fonctions non diagonales de l'interspectre réponse sont initialisées à zéro sans être calculées. Seuls les autospectres sont calculés. Dans le cas contraire ('TOUT'), toutes les fonctions de l'interspectre réponse sont calculées.

4.4.3 Opérandes **FREQ_MIN / FREQ_MAX / PAS / FREQ_EXCIT / NB_POIN_MODE**

Ces mots-clés servent à décrire la discrétisation fréquentielle dans laquelle sera donnée la réponse.

- ◇ ♦ FREQ_MIN = fmin
- ♦ FREQ_MAX = fmax

fmin et fmax sont les deux bornes de l'intervalle de fréquence. pas est le pas minimum de discrétisation.

- ◇ PAS = pas

Si les valeurs de fmin et fmax sont données, pas vaut alors par défaut $\frac{f_{\max} - f_{\min}}{100}$.

Sinon on prend fmax la plus grande fréquence propre des modes dynamiques retenus pour le calcul.

Alors la discrétisation couvre le domaine $[0 ; 2 * f_{\max}]$, $\text{pas} = \frac{2 * f_{\max}}{100}$.

En revanche, si pas est présent, on s'assure que le pas de discrétisation de la réponse est partout inférieur à pas.

- ◇ FREQ_EXCIT = / 'AVEC'
/ 'SANS'

Si l'utilisateur donne l'argument 'AVEC' sous le mot-clé FREQ_EXCIT, alors les fréquences de l'excitation sont intégrées à la discrétisation de la réponse (option par défaut). S'il donne l'argument 'SANS', elles seront ignorées. Ce mot clé est mis à 'SANS' en cas de présence du mot clé FREQ_MIN.

- ◇ NB_POIN_MODE = n [défaut = 50]

La réponse est plus raffinée à l'endroit des fréquences propres afin d'assurer une bonne description de la réponse à l'endroit des pics.

Le mot-clé NB_POIN_MODE permet de définir le nombre de pas de fréquence par fréquence propre prise en compte. Par défaut, il y a 50 pas par fréquence propre. Ce mot clé n'est pas pris en compte si FREQ_MIN est donné.

Chaque fonction de l'interspectre aura par défaut un mode d'interpolation de type 'LINEAIRE' et un mode de prolongement hors du domaine de discrétisation de type 'EXCLU'.

4.5 Opérande **TITRE**

- ◇ TITRE = titre

titre est le titre du calcul. Il sera imprimé en tête des résultats. Voir [U4.03.01].

4.6 Opérande **INFO**

- ◇ INFO =

Précise les options d'impression sur le fichier MESSAGE.

- 1 pas d'impression
- 2 rappelle les options de calcul choisies.

5 Remarques d'utilisation

- **Nécessité d'un mode statique et type de modes dynamiques :**

Dans le cas d'excitation en déplacement imposé, les modes dynamiques sont calculés en appuis bloqués et la présence du mode statique est obligatoire.

Dans les autres cas, les modes dynamiques sont calculés en appuis libres, et la présence d'un mode statique ne se justifie plus.

dimension de la matrice interspectrale = nombre de modes statiques + nombre de modes dynamiques pris en compte.

Ainsi, pour une structure à cinq modes dynamiques, excitée en déplacement par deux appuis, la dimension de la matrice interspectrale de réponse modale est 7.

Si l'excitation est donnée en force imposée, il n'y a pas de modes statiques et la dimension de la matrice interspectrale est 5.

- **Utilisation du mot-clé `MODAL` sous le mot-clé facteur `EXCIT` :**

Dans le cas d'utilisation du mot-clé `MODAL` sous le mot-clé facteur `EXCIT` pour introduire directement la matrice de réponse modale comme excitation, il faut redonner sous les mots-clés `EXCIT BASE_MODAL` et `MODE_STAT` tous les arguments qui avaient servi à créer la matrice interspectrale modale (noeuds et ddls appuis).

6 Phase de vérification

On vérifie la cohérence des données :

- nombre d'amortissements modaux = nombre de modes retenus.
- nombre de noeuds d'appuis égal au nombre de composantes (pour l'excitation).
- nombre de couples d'indices retenus dans l'interspectre excitation = nombre d'appuis ou nombre de points d'excitation.
- dans le cas de sources de pression : nombre de noeuds appuis égal à deux fois le nombre de couples d'indices retenus dans l'interspectre d'excitation.
- la présence d'un `mode_stat` est vérifiée dans les cas d'excitation par une grandeur de type `DEPL_R`.
- $f_{max} \geq f_{min}$.

7 Exemple

```
DYNALEA1=DYNA_ALEA_MODAL(  
  BASE_MODAL=_F(  
    MODE_MECA = FREQ1,  
    NUME_ORDRE = 1,  
    AMOR_REDUIT = 0.05),  
  MODE_STAT=MODESTA1,  
  EXCIT=_F(  
    DERIVATION = 2,  
    INTE_SPEC = INTEREXC,  
    NUME_ORDRE_I = 1,  
    NUME_ORDRE_J = 1,  
    NOEUD = 'P1',  
    NOM_CMP = 'DX'),  
  REPONSE=_F(  
    DERIVATION = 2)  
)
```