

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_MODEALE  =_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

        % L'excitation est éventuellement modale

        ◇  MODAL =      /  'NON'              [DEFAULT]
                          /  'OUI'

        % type de grandeur excitation

        ◇  GRANDEUR =      /  'DEPL_R'        [DEFAULT]
                          /  'EFFECTO'
                          /  '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'

        ♦  /  ♦  NUME_ORDRE_I =      noi        [l_I]
              ♦  NUME_ORDRE_J =      noj        [l_I]
              /  ♦  NOEUD_I   =      noeudi     [l_noeud]
              ♦  NOEUD_J   =      noeudj      [l_noeud]
              ♦  NOM_CMP_I  =      cmpi        [l_cmp]
              ♦  NOM_CMP_J  =      cmpj        [l_cmp]

        % lieu d'application de l'excitation

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

        /  CHAM_NO      =      list_vass

    [l_cham_no_*]

    )

```

```
♦ 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 `DYNALALEA_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 Opérande MODAL

◇ MODAL = / 'NON' [DEFAULT]
 / 'OUI'

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

4.3.4 Opérands INTE_SPEC, NUME_VITE_FLUI, NUME_ORDRE_I, NUME_ORDRE_J, NOEUD_I, NOEUD_J, NOM_CMP_I et NOM_CMP_J

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 *DYNALALEA_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).

♦ / 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 pour une excitation modale ou lorsque les paramètres de la table ont été indicés par des numéros d'ordre.

/ 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 lorsque les paramètres de la table ont été indicés par des données physiques constituées du couple (Noeud-CMP).

La longueur des listes précédentes doit correspondre au nombre d'excitations imposées à la structure.

4.3.5 Points d'appuis d'excitation

◆ / 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.

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.

/ 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 'EFFECT'. 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.

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 $[0 ; 2 * f_{\max}]$, $pas = \frac{2 * f_{\max}}{100}$.

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_MODEALE et MODE_STAT tous les arguments qui avaient servi à créer la matrice interspectrale modale (noeuds et ddl's 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_MODEALE=_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)  
)
```

Page laissée intentionnellement blanche.