Opérateur DYNA_ALEA_MODAL

1 But

Cet opérateur permet de calculer la matrice de densité spectrale de la réponse d'une structure linéaire sous une excitation dont on connaît la matrice de densité spectrale (on dit aussi interspectre d'excitation).

L'opérateur fournit alors la réponse modale sous forme de sa densité spectrale (l'interspectre de la réponse).

Le concept produit est de type `interspectre`.

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

2 Syntaxe

```
dyalea [interspectre] = DYNA_ALEA_MODAL
      (
         ♦  BASE_MODALE  =_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_meca]

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

               ◊  DERIVATION =     /  0                [DEFAUT]
                                   /  1
                                   /  2

               ◊  GRANDEUR   =     /  'DEPL_R'         [DEFAUT]
                                   /  'EFFO'
                                   /  'SOUR_DEBI_VOLU'
                                   /  'SOUR_DEBI_MASS'
                                   /  'SOUR_PRESS'
                                   /  'SOUR_FORCE'

            # interspectre excitation

               ♦  INTE_SPEC        =  interexc         [interspectre]
               ◊  NUME_VITE_FLUI   =  list_ind         [l_I]
               ◊  OPTION           =  /'TOUT'          [DEFAUT]
                                      /'DIAG'

            # lieu d'application de l'excitation

               ◊  MODAL            =  'OUI'
                                      =  'NON'

               ♦  /  ♦  NUME_ORDRE_I     = noi         [l_I]
                     ♦  /  ♦  NOEUD      = list_noe    [l_noeud]
                           ♦  NOM_CMP    = list_comp   [l_cmp]
                           ◊    MODAL    = 'NON'       [DEFAUT]
                        /  ♦  CHAM_NO    = list_vass   [l_cham_no_*]
                           ◊   MODAL     = 'NON'       [DEFAUT]
                        /  ♦    MODAL    = 'OUI'

                  /  ♦ NOEUD_I           =    noeudi   [l_noeud]
                     ♦ NOM_CMP_I         =    cmpi     [l_cmp]
                     ♦ NOEUD             =    list_noe [l_noeud]
                     ♦ NOM_CMP           =    list_comp [l_cmp]
                     ◊ MODAL             =    'NON'    [DEFAUT]

                      )
```


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

```
    ♦  REPONSE   =_F .
       # ordre de dérivation de la réponse

          ◊  DERIVATION =        /  0                [DEFAUT]
                                 /  1
                                 /  2

       # limitation éventuelle du calcul à la diagonale

          ◊  OPTION =  /  'TOUT'                     [DEFAUT]
                       /  'DIAG'


       #  dicrétisation fréquentielle pour la réponse

          ◊    ♦ FREQ_MIN =    fmin                  [R]
               ♦ FREQ_MAX =    fmax                  [R]
          ◊  PAS =             pas                   [R]
          ◊  FREQ_EXCIT =      / 'AVEC'              [DEFAUT]
                               / 'SANS'
          ◊  NB_POIN_MODE =    / 50                  [DEFAUT]
                               / n                   [I]


                     )

       ◊  TITRE     =      titre                     [l_Kn]

       ◊  INFO   =  /  1                             [DEFAUT]
                    /  2

    );
```


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

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 (confer DEFI_INTE_SPEC [U4.36.02]).

La grandeur excitation peut être de type ddl imposé ou effort associé à un degré deliberté. 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 degrés de liberté « d'observation » (couple nœud, composante).

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

4 Opérandes

4.1 Mot clé **BASE_MODALE**

♦ BASE_MODALE = _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.

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

4.2 Opérande MODE_STAT

◊ MODE_STAT = mosta

Concept de type mode_meca 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 degrés de liberté (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 ('EFFO'), 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 Opérandes 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 interspectre contenant l'ensemble des matrices interspectrales (matrices de densité spectrale) 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 :

$f \in [f_1, f_2] : \tilde{S}(f)$ donné

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

On interprétera :
$f < f_1 : S(f) = 0$
$f \in [f_1, f_2] : \quad S(f) = \tilde{S}(f)$ donné
$f > f_2 : S(f) = 0$

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 les densités spectrales sont supposées symétriques dans les calculs effectués par la commande DYNA_ALEA_MODAL.

Les paramètres nécessaires de la table sont :

1) si on indice les paramètres de la table par numéros d'ordre : 'NUME_ORDRE_I'[I], 'NUME_ORDRE_J'[I], 'FONCTION'[K24]
2) sinon : 'NŒUD_I'[K8], 'NŒUD_J'[K8], 'NOM_CMP_I'[K8], 'NOM_CMP_J'[K8], 'FONCTION'[K24].
3) La table doit être complète : présence des autospectres (terme diagonal de la matrice) et des interspectres (terme extra-diagonal de la matrice).

.
Cette table peut être générée par les opérateurs : DEFI_SPEC_MODAL , LIRE_INTE_SPEC ou CALC_INTE_SPEC. Le lecteur est invité à consulter la documentation de la commande TEST_FONCTION [U4.92.02] pour davantage d'informations sur le sens des paramètres .

◊ NUME_VITE_FLUI = nk

nk est le numéro d'ordre de la vitesse du fluide associé à interexc.

4.3.4 Opérandes NUME_ORDRE_I, NOEUD, NOM_CMP, CHAM_NO et MODAL

Ces mots-clés lient les termes (numéros de la ligne dans la matrice) de l'interspectre d'excitation et le(s) point(s) 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, ..)

Cette liste de numéro d'ordre permet de déterminer le terme (numéro de la ligne) de la matrice interspectrale donnée. La longueur de cette liste doit correspondre au nombre d'excitations imposées à la structure.

♦ / ♦ NOEUD = list_noe

Ce mot-clé permet de spécifier les nœuds 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 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 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 nœuds d'appuis.

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

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

Pour les sources fluides, c'est le degré de liberté 'PRES' qui est excité.

◊ MODAL = 'NON' [DEFAUT]

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 'EFFO'. 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 d'indices définissant des interspectres.

/ ♦ 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 Opérandes NOEUD_I et NOM_CMP_I

Ces mots-clés lient les termes (numéros de la ligne dans la matrice) 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 (Nœud-Composante).

♦ / ♦ NOEUD_I = ndi1, ndi2,...
♦ NOM_CMP_I = cmpi1, cmpi2,...

Ces listes sont appariées deux par deux afin de déterminer le terme (numéro de la ligne) 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' [DEFAUT]

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].

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

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 $[0;2.\mathrm{f}_{max}]$, $pas=\frac{2.\mathrm{f}_{max}}{100}$.

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 'LINÉAIRE' 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 =

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

Précise les options d'impression sur le fichier MESSAGE.

1 pas d'impression

2 rappelle les options de calcul choisies.

5 Table produite

Les paramètres de la table produite sont décrits dans la table ci-dessous :

PARAMETRE	TYPE	DESCRIPTION
NOM_CHAM	K16	nom du champ (='DEPL_GENE')
OPTION	K16	nom de l'option ('TOUT' ou 'DIAG')
DIMENSION	I	dimension
NUME_VITE_FLUI	I	numéro d'ordre de la matrice interspectrale de réponse modale
VITE_FLUIDE	R	vitesse de fluide correspondante
NUME_ORDRE_I NUME_ORDRE_J	K8	Indices des numéros d'ordre i et j permettant de définir un terme de la matrice interspectrale
FONCTION	K24	nom de la fonction de réponse modale correspondant au terme de la matrice défini par NUME_ORDRE_x

6 Remarques utiles pour l'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.

  La dimension de la matrice interspectrale est donnée par la somme des modes statiques et des modes dynamiques (s'il y en a) 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 densité spectrale modale comme excitation, il faut redonner sous les mots-clés EXCIT BASE_MODALE et MODE_STAT tous les arguments qui avaient servi à créer cette matrice interspectrale modale (nœuds et degrés de liberté appuis).

7 Phase de vérification

On vérifie la cohérence des données :

- nombre d'amortissements modaux = nombre de modes retenus.
- nombre de nœuds 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.

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

- dans le cas de sources de pression : nombre de nœuds appuis égal à deux fois le nombre de couples d'indices retenus dans l'interspectre d'excitation.
- la présence d'un mode_meca est vérifiée dans les cas d'excitation par une grandeur de type DEPL_R.
- $fmax \geq fmin$

8 Exemple

```
DYNALEA1=DYNA_ALEA_MODAL(
          BASE_MODALE=_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),
                       )
```


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