

Manuel d'Utilisation
Fascicule U4.5- : Méthodes de résolution
Document : U4.53.11

Opérateur DYNA_LINE_HARM

1 But

Calculer la réponse dynamique complexe d'un système à une excitation harmonique. Calcul direct pour une structure dans l'espace physique, calcul par sous-structuration harmonique pour plusieurs sous structures définies par leur base modale en coordonnées modales.

Produit une structure de données de type `dyna_harmo` ou `acou_harmo` ou `harmo_gene`.

2 Syntaxe

```

harm  [*] =  DYNA_LINE_HARM
(
  ◇  MODELE           =  mo           [modele]
  ◇  CHAM_MATER       =  chmat        [cham_mater]
  ◇  CARA_ELEM        =  carac        [cara_elem]
  ◆  MATR_MASS        =  m             /      [matr_asse_DEPL_R]
                                     /      [matr_asse PRES_C]
                                     /      [matr_asse_GENE_R]
  ◆  MATR_RIGI        =  k             /      [matr_asse_DEPL_R]
                                     /      [matr_asse_DEPL_C]
                                     /      [matr_asse PRES_C]
                                     /      [matr_asse_GENE_R]
  ◇  /  MATR_AMOR      =  c             /      [matr_asse_DEPL_R]
                                     /      [matr_asse PRES_C]
                                     /      [matr_asse_GENE_R]
      /  AMOR_REDUIT   =  lη           [l_R]
      /  LIST_AMOR     =  cη           [listr8]
  ◇  MATR_IMPE_PHI    =  imp           /      [matr_asse_DEPL_R]
                                     /      [matr_asse_GENE_R]
  ◆  /  FREQ           =  lf           [l_R]
      /  LIST_FREQ     =  cf           [listr8]
  ◇  /  TOUT_CHAM      =  'OUI'        [DEFAULT]
      /  NOM_CHAM      =  |  'DEPL'
                        |  'VITE'
                        |  'ACCE'
  ◇  /  SENSIBILITE    =  (
                        . . . voir [U4.50.02] . . .
                        )
  ◆  EXCIT=_F(  ◆  /  VECT_ASSE =  vecti  /  [cham_no_DEPL_R]
                                     /  [cham_no PRES_C]
                                     /  [vect_asse_GENE]
      /  CHARGE        =  chi          [char_meca]
  ◇  TYPE_CHARGE      =  'FIXE'        [DEFAULT]
      ◆  /  FONC_MULT_C =  hci          [fonction_C]
      /  COEF_MULT_C   =  aci          [C]
      /  FONC_MULT     =  hi           [fonction]
      /  COEF_MULT     =  ai           [R]
  ◇  PHAS_DEG         =  /  0.          [DEFAULT]
                                     /  φi          [R]
  ◇  PUIS_PULS        =  /  0           [DEFAULT]
                                     /  ni          [Is]
      )
  ◇  TITRE            =  tx             [l_Kn]
);

si MATR_RIGI =  [matr_asse_DEPL_R]  alors [*]  dyna_harmo
               [matr_asse_DEPL_C]  dyna_harmo
               [matr_asse PRES_C]  acou_harmo
               [matr_asse_GENE_R]  harm_gene

```

3 Rappels

3.1 Equation du comportement dynamique sous excitation harmonique

L'amortissement de la structure peut être visqueux ou hystérétique [U1.01.05] [R5.05.04].

Cet opérateur résout l'équation:

$$\left(-j\omega^3 \mathbf{I} - \omega^2 \mathbf{M} + j\omega \mathbf{C} + \mathbf{K}\right) \left\{ \mathbf{x} e^{j\theta} \right\} = \left\{ \sum_{i=1}^k h_i(f) \cdot \omega^{n_i} \cdot e^{j\pi \frac{\varphi_i}{180}} \cdot \mathbf{g}_i(P) \right\}$$

où \mathbf{K} représente une matrice de rigidité (réelle ou complexe),
 \mathbf{M} représente une matrice de masse,
 \mathbf{C} représente une matrice d'amortissement,
 \mathbf{I} représente une matrice d'impédance acoustique issue d'une formulation en déplacement-pression-potentiel,

P est un point courant de la structure.

3.2 Amortissement hystérétique

Cet opérateur permet également de calculer la réponse harmonique d'une structure avec amortissement hystérétique.

$$\left(\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M}\right) \mathbf{x} = \sum_{i=1}^k h_i(f) \cdot \omega^{n_i} \cdot e^{j\pi \frac{\varphi_i}{180}} \cdot \mathbf{g}_i(P) \quad \text{avec } \mathbf{K} \text{ matrice de rigidité complexe.}$$

Pour des exemples détaillés, on se reportera au document [U1.05.01].

Cet opérateur est utilisable en force imposée et en mouvement imposé (référentiel relatif ou absolu).

4 Opérandes

4.1 Opérande **MODELE**

◇ `MODELE = mo`

Nom du concept définissant le modèle dont les éléments font l'objet du calcul harmonique.

4.2 Opérande **CHAM_MATER**

◇ `CHAM_MATER = chmat`

Nom du concept définissant le champ de matériau affecté sur le modèle `mo`.

4.3 Opérande **CARA_ELEM**

◇ `CARA_ELEM = carac`

Nom du concept définissant les caractéristiques des éléments de poutre, coques, etc...

4.4 Opérande **MATR_MASS**

◆ `MATR_MASS = m`

Nom du concept matrice assemblée correspondant à la matrice de masse du système.

4.5 Opérande **MATR_RIGI**

◆ `MATR_RIGI = k`

Nom du concept matrice assemblée correspondant à la matrice de rigidité du système.

4.6 Opérande **MATR_AMOR / AMOR_REDUIT / LIST_AMOR**

◇ / `MATR_AMOR = c`

Nom du concept matrice assemblée correspondant à la matrice d'amortissement visqueux du système.

/ `AMOR_REDUIT = lη`

Liste de tous les amortissements réduits : $(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$.

/ `LIST_AMOR = cη`

Nom du concept de type `listr8` contenant la liste des amortissements réduits.

4.7 Opérande **MATR_IMPE_PHI**

◇ `MATR_IMPE_PHI = imp`

Nom du concept matrice assemblée correspondant à la matrice d'impédance pour un système fluide-structure dont la formulation est en déplacement-pression-potentiel (\mathbf{u}, p, φ) [R4.02.02].

4.8 Opérands **FREQ/**LIST_FREQ

- ♦ / FREQ = lf
Liste de toutes les fréquences de calcul: (f1, f2, ..., fn).
- / LIST_FREQ = cf
Nom du concept de type listr8 contenant la liste des fréquences de calcul.

4.9 Opérands **TOUT_CHAMP /** NOM_CHAMP

- ◇ / TOUT_CHAMP = 'OUI'
- / NOM_CHAMP = | 'DEPL'
- | 'VITE'
- | 'ACCE'

Choix des champs à calculer pour représenter la réponse : déplacement, vitesse, accélération ou les trois.

4.10 Opérands **SENSIBLITE**

- ◇ / SENSIBLITE =
Active le calcul de la dérivée du champ de déplacement, vitesse et accélération par rapport à un paramètre sensible du problème.
Le document [U4.50.01] précise le fonctionnement du mot clé.

4.11 Mot clé **EXCIT**

- ♦ EXCIT
Opérande permettant de définir plusieurs excitations. Soit en indiquant un vecteur assemblé correspondant à un chargement, soit des charges qui conduiront au calcul et à l'assemblage d'un second membre. Pour chaque occurrence du mot clé facteur, on définit une composante de l'excitation sous la forme ($h(f) \cdot g(P)$, phase).

4.11.1 Opérands **VECT_ASSE/CHARGE/**TYPE_CHARGE

Permettent de définir $g(P)$ discrétisation spatiale du chargement, sous forme d'un champ aux nœuds correspondant à une ou plusieurs charges de force ou de mouvement imposé.

- ♦ / VECT_ASSE = vecti
Nom du concept produit par :
 - l'opérateur ASSE_VECTEUR en force imposée ou en mouvement imposé de déplacement dans un référentiel absolu. Les amplitudes de l'excitation peuvent être définies dans les concepts de type charge correspondante,
 - l'opérateur CALC_CHAR_SEISME en mouvement imposé de déplacement, vitesse ou accélération correspondant au vecteur assemblé dans un référentiel relatif: dans ce cas les charges ne doivent contenir que des conditions cinématiques (DDL_IMPO de valeur nulle).
- / CHARGE = chi
chi nom du concept de chargement précisé par la i^{ème} occurrence de EXCIT.
- ◇ TYPE_CHARGE = 'FIXE'
N'est là que pour utiliser les routines du non-linéaire.

4.11.2 Opérands FONC_MULT_C / COEF_MULT_C / FONC_MULT / COEF_MULT

Permettent de définir $h(f)$ loi d'évolution, complexe ou réelle, de la fréquence, appliquée à toutes les composantes du champ au nœud associé à cette occurrence. Plusieurs possibilités sont offertes :

- ♦ / FONC_MULT_C = hci
Nom du concept de type `fonction_C` définissant une fonction $h(f)$ complexe de la fréquence f ,
- / COEF_MULT_C = aci
Coefficient complexe multiplicateur du chargement, indépendant du chargement,
- / FONC_MULT = hi
Concept de type `fonction` définissant une fonction $h(f)$ réelle de la fréquence f ,
- / COEF_MULT = ai
Coefficient réel multiplicateur du chargement, indépendant du chargement.

4.11.3 Opérande PUIS_PULS

- ◇ PUIS_PULS = ni
Permet de définir la puissance de la pulsation lorsque le chargement est fonction de la fréquence $\omega^{ni} = (2\pi f)^{ni}$; par défaut $n_i = 0$.

4.11.4 Opérande PHAS_DEG

- ◇ PHAS_DEG = ϕ_i
Permet de définir la phase de chaque composante de l'excitation en degrés par rapport à une référence de phase unique; par défaut $\phi_i = 0$.

4.11.5 Remarque

Pour un problème à mouvement imposé, on définit les degrés de liberté bloqués (conditions cinématiques préalables à la construction du `cham_no`) ; on peut ensuite choisir une excitation :

- en déplacement imposé $n = 0$, $\phi = 0^\circ$
- en vitesse imposée $n = 1$, $\phi = 90^\circ$
- en accélération imposée $n = 2$, $\phi = 180^\circ$

4.12 Opérande TITRE

- ◇ TITRE = tx
Titre attaché au concept produit par cet opérateur [U4.03.01].

5 Exemple d'utilisation en force imposée

```
# -----
# REFERENCE: SFM/VPCS SDLD21      COMMANDES
# -----
# SYSTEME MASSE-RESSORT A 8 DEGRES DE LIBERTE AVEC AMORTISSEMENT
# VISQUEUX PROPORTIONNEL (REPOSE HARMONIQUE)
# 9 RESSORTS    8 MASSES    -- K =1.E+5      M =10 --
# -----
# DEBUT(CODE=_F(NOM='SDLD21A ')) ;
# -----
# MA = LIRE_MALLAGE( ) ;
# MO = AFFE_MODELE( MALLAGE= MA ,
#                    AFFE=( _F(TOUT='OUI',PHENOMENE='MECANIQUE',
#                                MODELISATION='DIS_T'),
#                    _F(GROUP_NO= MASSE, MODELISATION='DIS_T'),), ) ;
#
# CARELEM = AFFE_CARA_ELEM ( MODELE= MO ,
#                            DISCRET=( _F(GROUP_MA= 'RESSORT',CARA='K_T_D_L',
#                                        VALE=(1.E+5,1., 1.), ),
#                            _F(GROUP_NO= MASSE ,CARA='M_T_D_N',VALE= 10., ),
#                            _F(GROUP_MA= AMORTIS,CARA='A_T_D_L',
#                                        VALE=(50.,1.,1.),),), ) ;
#
# CH =AFFE_CHAR_MECA(MODELE= MO,
#                     DDL_IMPO= ( _F(GROUP_NO= 'A_ET_B',
#                                    DX=0.,DY=0.,DZ=0.),
#                                _F(GROUP_NO= 'MASSE',
#                                    DY=0.,DZ=0.),),
#                     FORCE_NODALE=_F( NEUD= 'P4', FX= 1.,), ) ;
#
# MELR = CALC_MATR_ELEM ( MODELE= MO , CHARGE= CH , OPTION='RIGI_MECA',
#                                CARA_ELEM= CARELEM, ) ;
#
# MELM = CALC_MATR_ELEM ( MODELE= MO , CHARGE= CH , OPTION='MASS_MECA',
#                                CARA_ELEM= CARELEM, ) ;
#
# MELC = CALC_MATR_ELEM ( MODELE= MO , CHARGE= CH , OPTION='AMOR_MECA',
#                                CARA_ELEM= CARELEM, ) ;
#
# VECT = CALC_VECT_ELEM( CHARGE= CH,                     OPTION='CHAR_MECA' ) ;
# -----
# NUM        = NUME_DDL( MATR_RIGI= MELR, )        ;
# MATASSR = ASSE_MATRICE( MATR_ELEM= MELR , NUME_DDL= NUM, ) ;
# MATASSM = ASSE_MATRICE( MATR_ELEM= MELM , NUME_DDL= NUM, ) ;
# MATASSC = ASSE_MATRICE( MATR_ELEM= MELC , NUME_DDL= NUM, ) ;
# VECTASS = ASSE_VECTEUR( VECT_ELEM= VECT , NUME_DDL= NUM, ) ;
# -----
# EXCITATION PAR UNE FORCE SINUSOIDALE D'AMPLITUDE CRETE FX = 1.N
# AU POINT P4
# (AMPLITUDE INDEPENDANTE DE LA FREQUENCE)
# LIFREQ = DEFI_LIST_REEL(DEBUT=5.,
#                                INTERVALLE=_F(JUSQU_A=40., NOMBRE=70,), ) ;
#
# DYNAHARM = DYNA_LINE_HARM
#            (MATR_MASSE= MATASSM, MATR_RIGI= MATASSR, MATR_AMOR= MATASSC,
#            LIST_FREQ = LIFREQ, EXCIT=_F(VECT_ASSE= VECTASS, COEF_MULT= 1.,), ) ;
#
# IMPR_RESU(MODELE=MO, RESU=_F(RESULTAT= DYNAHARM,), ) ;
# FIN( ) ;
```

Page laissée intentionnellement blanche.