

**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, formule]
    / 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  $(\mathbf{u}, p, \varphi)$  [R4.02.02].

## 4.8 Opérandes **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 Opérandes **TOUT\_CHAM /** NOM\_CHAM

- ◇ /   TOUT\_CHAM =       'OUI'
  - /   NOM\_CHAM       =   |   'DEPL'
  - |   'VITE'
  - |   'ACCE'
- Choix des champs à calculer pour représenter la réponse : déplacement, vitesse, accélération ou les trois.

## 4.10 Opérandes **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 Opérandes **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 =  $\phi_i$

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 (REPONSE HARMONIQUE)
# 9 RESSORTS  8 MASSES  -- K =1.E+5    M =10  --
# -----
DEBUT(CODE=_F(NOM='SDLD21A '),);
# -----
MA = LIRE_MALLAGE( );
MO = AFPE_MODELE( MAILLAGE= MA ,
                  AFPE=( _F(TOUT='OUI', PHENOMENE='MECANIQUE',
                           MODELISATION='DIS_T', ),
                        _F(GROUP_NO= MASSE, MODELISATION='DIS_T', ), ), );

CARELEM = AFPE_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 =AFPE_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.