

**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.

Cette réponse dynamique peut être évaluée en plusieurs travaux successifs (concept réentrant).

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

## 2 Syntaxe

```

harm  [*] = DYNA_LINE_HARM
(
  ◇ reuse = harm
  ◇ RESULTAT = harm / [dyna_harmo]
  / [harm_gene]
  ◇ 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_asse_GENE_C]
  ◇ / 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_sdaster]
  / [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
[matr_asse_GENE_C] harm_gene

```

### 3    Rappels

#### 3.1    Equation du comportement dynamique sous excitation harmonique

L'amortissement de la structure peut être visqueux ou hystérétique [U2.06.03] [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    **K** représente une matrice    de rigidité (réelle ou complexe),  
       **M** représente une matrice    de masse,  
       **C** représente une matrice    d'amortissement,  
       **I** représente une matrice    d'impédance acoustique issue d'une formulation en  
          déplacement-pressure-potential,

*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 [U2.06.03].

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

## 4 Opérandes

### 4.1 Opérande RESULTAT

◇    RESULTAT = harm

Nom de la structure de données résultat à enrichir. Ce mot-clé est obligatoire si on est en mode concept réentrant (reuse).

### 4.2 Opérande MODELE

◇    MODELE = mo

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

### 4.3 Opérande CHAM\_MATER

◇    CHAM\_MATER = chmat

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

### 4.4 Opérande CARA\_ELEM

◇    CARA\_ELEM = carac

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

### 4.5 Opérande MATR\_MASS

◆    MATR\_MASS = m

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

### 4.6 Opérande MATR\_RIGI

◆    MATR\_RIGI = k

Nom du concept matrice assemblée correspondant à la matrice de rigidité du système.  
Un amortissement hystérique est obtenu avec une matrice de rigidité complexe.

### 4.7 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 : (η<sub>1</sub>, η<sub>2</sub>, ..., η<sub>n</sub>).

/    LIST\_AMOR    = cη

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

## 4.8 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].

## 4.9 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.

## 4.10 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.

## 4.11 Opérandes SENSIBLITE

◇   /   SENSIBILITE =

Active le calcul de la dérivée du champ de déplacement, vitesse et accélération par rapport à un paramètre sensible du problème.

Le document [U4.50.02] précise le fonctionnement du mot clé.

## 4.12 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).

### 4.12.1 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. Le champ attendu est un champ aux nœuds de grandeur DEPL\_R, DEPL\_C ou PRES\_C,
- 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). Le concept est dans ce cas de type vect\_asse\_gene.

/ 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.

#### 4.12.2 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.

#### 4.12.3 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  $n_i = 0$ .

#### 4.12.4 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  $\phi_i = 0$ .

#### 4.12.5 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  $n = 2, \phi = 180^\circ$

#### 4.13 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( MALLAGE= 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.