

---

## Opérateur POST\_DYNA\_ALEA

---

### 1 But

---

POST\_DYNA\_ALEA permet d'effectuer deux types de post-traitement à l'issue d'un calcul de dynamique stochastique :

#### **Calcul de courbes de fragilité à partir d'une table contenant les résultats d'une simulation de Monte Carlo**

A partir d'une table [table\_sdaster] contenant l'information sur les niveaux d'excitation (en analyse sismique, on choisit en général le PGA) et la variable d'intérêt caractérisant la défaillance ou non de la structure, POST\_DYNA\_ALEA permet de déterminer les paramètres d'une courbe de fragilité selon le modèle lognormale et de calculer des valeurs de cette courbe. Le lecteur peut consulter [U2.08.05] pour une description plus détaillée.

#### **Post-traitement statistiquement des résultats de type interspectre.**

POST\_DYNA\_ALEA permet sur des fonctions sélectionnées dans un concept de type [interspectre] de calculer des paramètres statistiques : moments spectraux, écart-type, distribution des pics, fréquence centrale.

La matrice interspectrale peut être obtenue par différents opérateurs : LIRE\_INTE\_SPEC [U4.36.01], CALC\_INTE\_SPEC [U4.36.03], DEFI\_INTE\_SPEC [U4.36.02], DYNA\_ALEA\_MODAL [U4.53.22], DYNA\_SPEC\_MODAL [U4.53.23] ou REST\_SPEC\_PHYS [U4.63.22]. On se reportera à [R7.10.01] pour la description des traitements réalisés.

Cet opérateur produit une table de type table\_sdaster imprimable par IMPR\_TABLE [U4.91.03].

## 2 Syntaxe

```
[table_sdaster] = POST_DYNA_ALEA

(
  ♦ / FRAGILITE= _F(
      ♦ TABL_RESU = tabres [table_sdaster]
      ♦ VALE = liste [l_R]
      ♦ LIST_PARA = laster [listr8]
      ♦ METHODE = / 'EMV'
                  / 'REGRESSION'
      ♦ SEUIL = SEUIL [R]

      si METHODE = / 'EMV'

          ♦ AM_INI = am0 [R]
          ♦ BETA_INI = / beta0 [R]
                  / 0.3 [DEFAULT]
          ♦ FRACTILES = fract [listr8]
          ♦ NB_TIRAGE = nbt [I]

      ),

  / INTERSPECTRE= _F(
      ♦ INTE_SPEC = inter [interspectre]
      ♦ DUREE = duree [R]
      ♦ FRACTILE = /frac [R]
                  /0.5 [DEFAULT]

      ♦ / ♦ NUME_ORDRE_I = lnumi [l_Kn]
          ♦ NUME_ORDRE_J = lnumj [l_Kn]
      / ♦ NOEUD_I = lnoeudi [l_Kn]
          ♦ NOEUD_J = lnoeudj [l_Kn]
          ♦ NOM_CMP_I = lcmpi [l_Kn]
          ♦ NOM_CMP_J = lcmpj [l_Kn]

      / OPTION = / 'TOUT'
                  / 'DIAG'

      ♦ MOMENT = lmom [l_I]
      ),

  ♦ INFO = / 1 [DEFAULT]
            / 2

  ♦ TITRE = titre [l_Kn]

) ;
```

## 3 Opérandes

### 3.1 Mot clé FRAGILITE

FRAGILITE =

Le mot-clé FRAGILITE permet de déterminer les paramètres  $A_m$  et  $\beta$  (médiane et écart-type logarithmique) d'une courbe de fragilité selon le modèle log-normale [U2.08.05] :

$$P_{f|a} = \Phi\left(\frac{\ln(a/A_m)}{\beta}\right)$$

On peut également calculer les valeurs de la courbe pour les valeurs de paramètres  $A_m$  et  $\beta$  obtenues. L'option FRACTILES (facultatif) permet en outre de déterminer des fractiles pour la courbe par une méthode de rééchantillonnage de l'échantillon original qu'on a renseigné dans TABL\_RESU.

#### 3.1.1 Opérande TABL\_RESU

◆ TAB\_RESU = tabres [table\_sdaster]

On donne le nom de la table [table\_sdaster] qu'on doit avoir créée auparavant à l'aide de CREA\_TABLE [U4.33.02]. Cette table doit avoir au moins deux colonnes avec clés d'accès (nom de label de colonne) : PARA\_NOCI (c'est l'indicateur fract = 0.5 ur caractérisant le niveau de l'excitation) et DEFA (les valeurs de cette colonne sont 0 si on n'a pas observé de défaillance ou 1 s'il y a eu défaillance) ou DEMANDE (les valeurs de la variable d'intérêt réelle caractérisant la défaillance ou l'endommagement, appelé aussi *demande sismique* dans ma littérature).

#### 3.1.2 Opérande METHODE

◆ METHODE = / 'EMV'  
/ 'REGRESSION'

On choisit entre les deux méthodes pour le calcul de la courbe de fragilité lognormale : EMV pour l'estimation par maximum de vraisemblance ou REGRESSION pour la régression linéaire. On trouve plus de détails sur ces deux méthodes dans la documentation [U2,08.05]. Si l'on choisit REGRESSION, alors la table tabres doit contenir une colonne DEMANDE renseignant la demande sismique (variable d'intérêt comme le drift, une contrainte maximale, ...) et il faut renseigner le seuil de défaillance via le mot-clé SEUIL.

#### 3.1.3 Opérande SEUIL

◇ SEUIL = SEUIL [R]

Si la table TAB\_RESU contient une colonne DEMANDE, alors il faut renseigner le seuil de cette variable à partir duquel la structure est considérée défaillante.

#### 3.1.4 Opérandes LIST\_PARA et VALE

On peut donner une liste de réels, valeurs pour lesquelles on évalue la courbe de fragilité.

Ceci peut se faire sous forme d'une liste contenant les valeurs de calcul  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  :

◇ ... VALE = liste [l\_R]

ou en donnant le nom du concept de type listr8 contenant la liste des valeurs :

```
◇ ... LIST_PARA = liste [listr8]
```

## 3.1.5 Opérande AM\_INI et BETA\_INI

```
◆ .. AM_INI  
◇ .. BETA_INI
```

Si on a choisi `METHODE = 'EMV'`, alors il est impératif de donner une valeur initiale pour l'estimation du paramètre  $A_m$  et il est conseillé de donner une estimation initiale pour  $\beta$  (points de démarrage pour l'algorithme d'optimisation).

## 3.1.6 Opérandes FRACTILES et NB\_TIRAGE

Ces opérandes doivent être renseignées si on souhaite déterminer des intervalles de confiances ou plus précisément des fractiles pour la courbe de fragilité estimé par la méthode du maximum de vraisemblance ('EMV'). La méthode de rééchantillonnage (dite aussi « bootstrap » dans la littérature anglo-saxonne) est utilisée pour cela. L'opérande `FRACTILES` permet de donner les fractiles qu'on souhaite calculer.

```
◇ FRACTILES = fract [listr8]
```

Par défaut, on tire autant d'échantillons « bootstrap » qu'on dispose de données (c'est le nombre  $N$  de simulation de Monte Carlo effectué au préalable et dont les résultats sont stockées dans la table `TABL_RESU`). La commande `NB_TIRAGE` permet néanmoins de diminuer le nombre de tirage à effectuer :

```
◇ NB_TIRAGE = nbt [I]
```

Il faut que  $nbt$  soit inférieur ou égale au nombre de valeurs dans `TABL_RESU` ( $nbt \leq N$ ). Cette fonctionnalité permet de réduire le temps de calcul mais est déconseillé dans le cas général car les résultats sont peu fiables.

## 3.2 Mot clé INTERSPECTRE

### 3.2.1 Opérande INTE\_SPEC

```
◆ INTE_SPEC = inter  
inter est le nom utilisateur de la matrice interspectrale.
```

La matrice interspectrale peut être obtenue par différents opérateurs : `LIRE_INTE_SPEC` [U4.36.01], `CALC_INTE_SPEC` [U4.36.03], `DEFI_INTE_SPEC` [U4.36.02], `DYNA_ALEA_MODAL` [U4.53.22], `DYNA_SPEC_MODAL` [U4.53.23] ou `REST_SPEC_PHYS` [U4.63.22].

#### Remarque :

Les moments spectraux sont définis comme des intégrales de la densité spectrale de puissance (DSP):

$$\lambda_i = \int_{-\infty}^{+\infty} |\omega|^i S_{XX}(\omega) d\omega = 2 \int_0^{+\infty} \omega^i S_{XX}(\omega) d\omega$$

Ainsi, si la DSP est donnée pour les fréquences positives uniquement, `POST_DYNA_ALEA` multiplie par 2 les intégrales des DSP calculés pour  $\omega > 0$ . Par ailleurs, les DSP sont définis en fonction de la fréquence naturelle  $f = 2\pi\omega$  (Hz) dans `POST_DYNA_ALEA`. On utilise les formules suivantes [cf. R7.010.01] :

$$S_{XX}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{XX}(\tau) e^{-2i\pi f\tau} d\tau;$$
$$S'_{XX}(\omega) = \frac{1}{2\pi} S_{XX}(f)$$

Le lecteur est invité à consulter la documentation de la commande `DYNA_ALEA_MODAL` [U4.53.22] pour davantage d'informations sur le sens des paramètres du mot-clé.

### 3.2.2 Opérande `s NUME_ORDRE_I, NUME_ORDRE_J`

- ◆ / ◆ `NUME_ORDRE_I` = `lnumi`
- ◆ `NUME_ORDRE_J` = `lnumj`

Ces mots-clés permettent de définir les termes de la matrice dont les fonctions vont subir le traitement.

Lorsque les autospectres ou les interspectres sont calculés sur les **modes** :

- `lnumi` est la liste des numéros d'ordre des modes 'i'. Exemple : (2, 3, 1).
- `lnumj` est la liste des numéros d'ordre des modes 'j'. Exemple : (2, 1, 4)

Les indices sont appairés suivant le même rang.

- (2, 2) correspond à l'autospectre sur le mode 2,
- (3, 1) correspond à l'interspectre entre le mode 3 et le mode 1.

`lnumi` et `lnumj` doivent contenir le même nombre de termes.

### 3.2.3 Opérandes `NOEUD_I, NOEUD_J, NOM_CMP_I, NOM_CMP_J`

- ◆ / ◆ `NOEUD_I` = `lnoeudi`
- ◆ `NOEUD_J` = `lnoeudj`
- ◆ `NOM_CMP_I` = `lcmpi`
- ◆ `NOM_CMP_J` = `lcmpj`

Lorsque les autospectres ou les interspectres sont calculés sur les **nœuds** dans une direction donnée :

- `lnoeudi` est la liste des nœuds suivant "i" : (NO92, NO95, NO98)
- `lnoeudj` est la liste des nœuds suivant "j" : (NO92, NO92, NO92)
- `lcmpi` est la liste des composantes suivant "i" : (DX, DX, DY)
- `lcmpj` est la liste des composantes suivant "j" : (DX, DX, DX)

Les nœuds et composantes sont appairés suivant le même rang :

- (NO92 DX, NO92 DX) correspond à l'autospectre au nœud NO92 dans la direction DX,
- (NO98 DY, NO92 DX) correspond à l'interspectre entre le nœud NO92 dans la direction DX et le nœud NO95 dans la direction DY.

`lnoeudi`, `lnoeudj`, `lcmpi` et `lcmpj` doivent contenir le même nombre de termes.

### 3.2.4 Opérande `OPTION`

- ◆ / `OPTION` = 'TOUT'

Les calculs sont effectués sur l'ensemble des interspectres de la matrice.

- / `OPTION` = 'DIAG'

Les calculs sont effectués sur l'ensemble des autospectres de la matrice et uniquement pour ceux-là.

fract = 0.5

### 3.2.5 Mot clé DUREE et FRACTILE

◇ DUREE = duree

Si le mot-clé `duree` est renseigné, alors on détermine le maximum médian ou tout autre fractile ainsi que le facteur de pic du processus stochastique stationnaire Gaussien selon les formules de Vanmarcke. `duree` désigne alors l'intervalle du temps considéré pour estimer ces quantités. A titre d'exemple, dans le cadre d'une analyse sismique, `duree` peut être pris égal à la durée de la phase forte du signal sismique.

◇ FRACTILES = fract [listr8]

Permet de définir le fractile considéré pour les calcul du maximum.

Par défaut, on prend `fract = 0.5`, ce qui correspond à la médiane des maxima.

### 3.2.6 Opérande MOMENT

◇ MOMENT = lmom

`lmom` est la liste des ordres des moments spectraux qui seront calculés. Par défaut, les moments spectraux d'ordres 0, 1, 2, 3 et 4 sont toujours calculés. Il convient donc de mentionner dans cette liste les moments d'ordre supérieur à 4. Exemple : (5, 7, 8).

### 3.3 Opérande INFO

◇ INFO =

- 1 impression des résultats demandés.
- 2 comme 1 mais avec plus de détails.

### 3.4 Opérande TITRE

◇ TITRE = titre

`titre` est le titre du calcul. Il sera imprimé en tête des résultats. Voir [U4.03.01].

## 4 Résultats fournis

### 4.1 Mot-clé FRAGILITE

Les paramètres de la table en sortie sont :

PARAMETRES	TYPE	DESCRIPTION
TITRE	TXM	Titre de la table
AM	R	Paramètre $A_m$ estimé par maximum de vraisemblance à partir de l'échantillon original
BETA	R	Paramètre $\beta$ estimé par maximum de vraisemblance à partir de l'échantillon original
PARA_NOCI	R	Valeurs du paramètre de nocivité pour lesquelles on évalue les courbes
PFA	R	Valeurs de la courbe de fragilité (paramètres AM et BETA)
FRACTILES	R	Valeurs des courbes pour le fractile $f$

### 4.2 Mot-cle INTE\_SPEC

Pour chaque fonction choisie dans l'interspectre, POST\_DYNA\_ALEA stocke dans une table accessible par IMPR\_TABLE [U4.91.03]

- les moments spectraux
- des paramètres statistiques (à utiliser s'il s'agit d'un autospectre):
  - écart-type,
  - facteur d'irrégularité,
  - nombre moyen d'extrema par seconde,
  - nombre de passages par zéro par seconde,
  - fréquence centrale
  - le facteur de pic selon la formule de Vanmarcke
  - le maximum moyen selon la formule de Vanmarcke

Les paramètres de cette table sont :

PARAMETRES	TYP E	DESCRIPTION
NUME_ORDRE_I	I	numéro d'ordre des modes $i$
NUME_ORDRE_J	I	numéro d'ordre des modes $j$
NOEUD_I	NO	Noeud $i$
NOEUD_J	NO	Noeud $j$
NOM_CMP_I	TXM	Nom de la composante au noeud $i$ ( $DX, DY, DZ$ )
NOM_CMP_J	TXM	Nom de la composante au noeud $j$ ( $DX, DY, DZ$ )
LAMBDA_00	R	moment spectral d'ordre 0
LAMBDA_01	R	moment spectral d'ordre 1
LAMBDA_02	R	moment spectral d'ordre 2
LAMBDA_03	R	moment spectral d'ordre 3
LAMBDA_04	R	moment spectral d'ordre 4
ECART	R	écart-type
NB_EXTREMA_P_S	R	nombre moyen d'extrema par seconde
NB_PASS_ZERO_P_S	R	nombre de passages par zéro par seconde
FREQ_APPAR	R	fréquence centrale
FACT_IRRE	R	facteur d'irrégularité
MAX_MOY	R	Maximum moyen
FACT_PIC	R	Facteur de pic

Si INFO = 1 on imprime dans le fichier MESSAGE

- le nom utilisateur de la table,
- les deux indices (les 2 nœuds ou les 2 modes) de la fonction sélectionnée,
- le type de résultat calculé,
- les options de calculs choisies ou prises par défaut,
- les valeurs des fonctions sélectionnées.

## 5 Exemple

### 5.1 Mot-clé FRAGILITE

Exemple d'une table générées au préalable, en faisant appel à CALC\_TABLE, lors de la simulation de Monte Carlo (voir aussi [U2.08.05]) :

```
#TABLE_SDASTER
PARA_NOCI          DEFA
5.00000E-01        1
4.50000E-01        0
3.00000E-01        0
3.00000E-01        1
1.50000E-01        0
2.50000E-01        0
9.00000E-01        1
4.00000E-01        1
      :              :
```

Exemple du calcul d'une courbe de fragilité :

```
TAB_POST=POST_DYNA_ALEA( FRAGILITE=( _F(TABL_RESU=TAB1,
      LIST_PARA=lr,
      AM_INI =0.3 ,
      BETA_INI=0.1 ,
      FRACTILE = (0.0,0.05,0.5,0.95,1.0),
      NB_TIRAGE =50,
      ),),
      TITRE = 'courbe 1',
      INFO=2,);
```

Dans cette exemple, on effectue un rééchantillonnage ( $N = nbtr = 50$ ) pour estimer les fractiles de la courbe 5%, 50% (médiane) et 95% et on détermine les enveloppes (100% et 0%).

### 5.2 Mot-clé INTERSPECTRE

Premier exemple :

```
POSTALEA =POST_DYNA_ALEA( INTERSPECTRE = _F( INTE_SPEC= INTERS,
      OPTION='DIAG'
      )
      )
```

Deuxième exemple :

```
POSTALEA=POST_DYNA_ALEA( INTERSPECTRE = _F( INTE_SPEC=INTERS,
      NOEUD_I='N1',
      NOM_CMP_I='DX',
      NOEUD_J='N1',
      NOM_CMP_J='DX',
      )
      )
```