Opérateur GENE_ACCE_SEISME

1 But

Cet opérateur permet de générer des accélérogrammes sismiques artificiels pour des calculs dynamiques transitoires. Il permet de générer deux types de signaux :

1. Signaux sismiques non stationnaires selon le modèle de densité spectral de puissance (DSP) de Kanai-Tajimi évolutif, option DSP ;
2. Signaux sismiques compatibles avec un spectre de réponse d'oscillateur (SRO) cible, option SPEC_MEDIAN, SPEC_MOYENNE, SPEC_UNIQUE ou SPEC_FRACTILE.

Dans les deux cas, on doit y associer une fonction de modulation qui détermine l'évolution temporelle des signaux sismiques par le mot clé facteur MODULATION. Si on ne souhaite pas appliquer de modulation temporelle, il faut choisir une modulation « constante » sur l'intervalle de temps. Il convient de consulter la documentation [R4.05.05] pour une description détaillée des modélisations et paramètres à renseigner.

Produit un concept de type table_fonction .

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

2 Syntaxe

```
acce   [table_fonction] = GENE_ACCE_SEISME

                    ♦  DUREE_PHASE_FORTE   =  TSM          [R]
                    ♦  PESANTEUR        =  g              [R]
                    ♦  PAS_INST         =  dt             [R]
                    ◊  FREQ_FILTRE      =  ff             [R]
                    ◊  FREQ_CORNER      =  fc             [R]
                    ◊  FREQ_FILTRE_ZPA  =  fz             [R]
                    ◊  NB_TIRAGE        =  Nbt            [I]
                    ◊  NB_POIN          =  nb_poin        [I]
                    ◊  INIT_ALEA        =  ni             [I]
                    ◊  FREQ_PENTE       =  fp             [R]
                    ◊  COEF_CORR        =  rho            [R]

                    ◊  MATR_COHE    =      _F (
                       /  ♦  MAILLAGE     =  mail         maillage_sdaster
                          ♦   GROUP_NO_INTERF =  gni       grno
                          ♦   TYPE   =  / 'MITA_LUCO'
                                        / 'ABRAHAMSON'
                                        / 'ABRA_ROCHER'
                                        / 'ABRA_SOLMOYEN'
                    si TYPE = MITA_LUCO
                          ♦  VITE_ONDE    =  vite_onde,       [R]
                          ◊  PARA_ALPHA   = / 0,1             [DEFAUT]
                                            / alpha,          [R]


                    ◊  PHASE     =      _F (
                       /  ♦  MAILLAGE     =  mail         maillage_sdaster
                          ♦  GROUP_NO_INTERF =  gni       grno
                          ♦  VITE_ONDE    =     vite_onde       [R]
                          ♦  DIRECTION    =     dir             [R]
                          ◊  COOR_REFE    =     crefe           [R]

                                           )
si SPEC_FRACTILE  et si COEF_CORR renseigné
                    ◊   RATIO_HV       =  ratio          [R]


                  /  ♦  DSP       =      _F (
                       /  ♦  AMOR_REDUIT  =  amo          [R]
                          ♦  FREQ_FOND    =  f0           [R])


                  /  ♦  SPEC_MEDIANE        =      _F (
                       /  ♦  SPEC_OSCI  =  spec_cible   [fonction_sdaster]
                          ♦  AMOR_REDUIT  =  amo                [R]
                          ◊  NB_ITER      =  nbiter             [I]
                          ◊  FREQ_PAS     =  fpas               [R]
                          ◊  ERRE_MAX     =  (cmax,emax)        [R]
                          ◊  ERRE_ZPA     =  (czpa,ezpa)        [R]
                          ◊  ERRE_RMS     =  (crms,erms)        [R]
                          ◊  METHODE      =  /'HARMO'           [DEFAUT]
                                          =  /'NIGAM'           [TXM]  ))
```


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

```
/  ♦  SPEC_MOYENNE        =      _F (
   /  ♦  SPEC_OSCI  = spec_cible   [fonction_sdaster]
      ♦  AMOR_REDUIT  =  amo                [R]
      ◊  NB_ITER      =  nbiter             [I]
      ◊  FREQ_PAS     =  fpas               [R]
      ◊  ERRE_MAX     =  (cmax,emax)        [R]
      ◊  ERRE_ZPA     =  (czpa,ezpa)        [R]
      ◊  ERRE_RMS     =  (crms,erms)        [R]
      ◊  METHODE      =  /'HARMO'           [DEFAUT]
                      =  /'NIGAM'           [TXM]  ))

/  ♦  SPEC_UNIQUE         =      _F (
   /  ♦  SPEC_OSCI =  spec_cible   [fonction_sdaster]
      ♦  AMOR_REDUIT  =  amo                [R]
      ◊  NB_ITER      =  nbiter             [I]
      ◊  FREQ_PAS     =  fpas               [R]
      ◊  ERRE_MAX     =  (cmax,emax)        [R]
      ◊  ERRE_ZPA     =  (czpa,ezpa)        [R]
      ◊  ERRE_RMS     =  (crms,erms)        [R]
       ◊  METHODE     =  /'HARMO'           [DEFAUT]
                      =  /'NIGAM'           [TXM]  ) )

/  ♦  SPEC_FRACTILE       =      _F (
   /  ♦  SPEC_OSCI    =  spec_med  [fonction_sdaster]
      ♦  SPEC_1_SIGMA =  spec_sig  [fonction_sdaster]
      ♦  AMOR_REDUIT  =  amo                [R]
      ◊  FREQ_PAS     =  fpas               [R] )

♦  MODULATION   =      _F (
         ♦  TYPE     =  /'JENNINGS_HOUSNER'  [TXM]
                        /'GAMMA'
                        / 'CONSTANT'

      % si  TYPE = GAMMA
         ♦  INST_INIT         = t_ini     [R])

      % si DSP
         ◊  INT_ARIAS       =  arias     [R]
         ◊  ACCE_MAX        =  pga       [R]
          ◊  ECART_TYPE     =  ect       [R]

   ◊  INFO            =  /  1            [DEFAUT]
                         /  2
   ◊  TITRE           =  titre            [l_Kn]

)  ;
```


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

3 Opérandes

3.1 Mot-clé DUREE_PHAS_FORT

♦ DUREE_PHAS_FORT = TSM [R]

Durée de la phase forte du signal à générer (cf aussi R4.05.05).

Les paramètres des fonctions de modulation GAMMA et de Jennings & Housner (JENNINGS_HOUSNER), sont identifiées de sorte à ce que la phase forte moyenne des signaux corresponde à celle donnée. Dans le cas d'une modulation constante, la durée totale du signal correspond à la durée de la phase forte renseignée.

3.2 Mot-clé NB_POIN

◊ NB_POIN = nb_poin [I]

Nombre de points de discrétisation de l'interspectre à utiliser dans l'algorithme de génération. nb_poin doit être un nombre pair.

Si NB_POIN est renseigné, alors la durée de la simulation est déterminée par cette valeur : $T=dt(N-1)$ et le point de discrétisation temporelle sont : $t_j=j\,dt,\quad j=0,\ldots,N-1$.

Si le mot-clé NB_POIN n'est pas renseigné, on prend la durée de simulation égale à quatre fois la durée de la phase forte plus t_{ini} : $T=3\mathrm{TSM}+t_{ini}$. Ceci permet de simuler l'accélérogramme sur toute sa longueur si la variation du signal est définie par une fonction de modulation Gamma ou de *Jennings & Housner*. Le nombre de points NB_POIN est alors calculé à partir de cette valeur. Dans le cas d'une modulation constante (TYPE=CONSTANT), on prend $T=TSM$ et NB_POIN n'est pas demandé.

3.3 Mot-clé FREQ_FILTRE

◊ FREQ_FILTRE = ff [R]

Mot-clé optionnel pour renseigner une fréquence (en Hz) pour filtrer les basses fréquences des signaux sismiques (accelerogrammes) dans le domaine temporel. Il s'agit donc d'un filtre passe-haut. Ce filtre permet d'enlever une éventuelle dérive des signaux en déplacement obtenus par intégration des accélérogrammes. Par défaut, on n'applique pas de filtrage temporel (ff=0.0).

Remarque :

Il faut faire attention de ne pas choisir ff trop grand (ff=0.05Hz constitue une valeur de référence raisonnable). Si ff est trop grand, alors on n'enlève pas seulement la dérive mais on enlève aussi une grande partie du contenu en basses fréquences des signaux.

3.4 Mot-clé FREQ_CORNER

◊ FREQ_CORNER = fc [R]

Cette fréquence est connue dans la communauté des sismologues par le terme « *corner frequency* ». On peut observer que le contenu fréquentiel des signaux sismiques naturels tend vers 0 très rapidement à partir d'une certaine fréquence minimale, à savoir pour des fréquences inférieures à la « *corner frequency* ».

Dans le cas de la génération de signaux compatibles avec un SRO, on peut utiliser cette commande pour optimiser l'ajustement du contenu en basses fréquences des signaux.

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

Dans le cas de la génération de signaux par la DSP de Kanai-Tajimi, il faut appliquer ce filtre pour obtenir un modèle physique en accord avec les données sismologiques, notamment la propriété que le contenu spectral doit tendre vers zéro au délà de la « *corner frequency* » (sans filtre, la DSP de Kanai-Tajimi n'est pas nulle à l'origine). Par défaut, on utilise un filtre avec $fc = 0.05 \times \text{FREQ_FOND}$ pour la DSP de Kanai-Tajimi.

3.5 Mot-clé FREQ_FILTRE_ZPA

◊ FREQ_FILTRE_ZPA =fz [R]

Mot-clé optionnel pour renseigner une fréquence (en Hz) pour filtrer les hautes fréquences au-delà de la fréquence ZPA. Il s'agit donc d'un filtre passe-bas. Ce filtre s'applique sur la DSP dans le domaine fréquentiel. Ce filtre permet d'enlever du contenu fréquentiel résiduel au-delà de la valeur de ZPA ce qui peut engendrer des valeurs asymptotiques erronées si on calcul le SRO pour des amortissements inférieurs à la valeur utilisée pour identifier la DSP (SPEC_MOYENNE, SPEC_UNIQUE, SPEC_MEDIANE). Par défaut, on n'applique pas de filtre passe-bas.

Remarque :

Il faut faire attention à ne pas choisir f z trop petit, la fréquence de coupure fz du filtre Butterworth passe-bas n'est pas la fréquence de début de filtrage mais le point central sur la zone de transition .

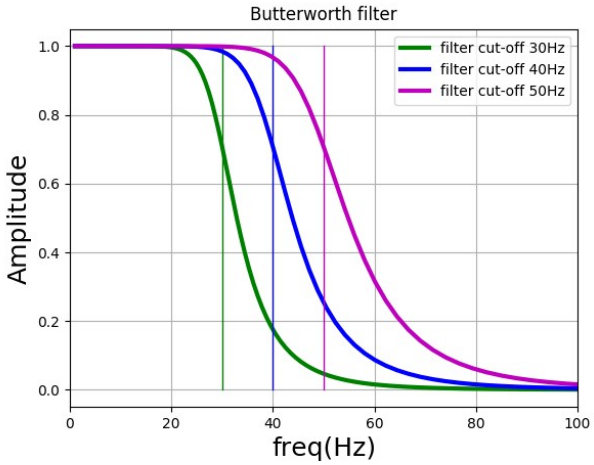


Figure 1 : illustration de l'allure du filtre de Butterworth pour différentes fréquences de coupure

3.6 Mot-clé PAS_INST

♦ PAS_INST = dt [R]

Pas de temps des signaux sismiques. Cette valeur est utilisée pour déterminer la fréquence de coupure pour les simulations par la formule $F = 1/(2\,dt)$ (Shannon). Il faut veiller à ce que la fréquence de coupure soit suffisamment grande pour bien modéliser le phénomène.

3.7 Mot-clé FREQ_PENTE

◊ FREQ_PENTE = f_p [R]

Pente pour l'évolution de la fréquence centrale [Hz/s]: $f(t) = f_0 + f_p(t_0 - t)$, où t_0 est l'instant de référence et f_0 la fréquence centrale à cet instant. Dans GENE_ACCE_SEISME, l'instant de référence est choisie comme l'instant au milieu de la phase forte : $t_0 = 0.5\text{TSM} + t_{ini}$. On prend des valeurs constantes avant et après la phase forte (il est conseillé de consulter R4.05.05 pour plus de

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

détails). On observe que, généralement, la fréquence fondamentale baisse avec le temps. Il faut dans ce cas donner une pente négative : $f_p<0$. Le code s'arrête en erreur si la fonction $f(t)$ produit des fréquences centrales négatives sur la durée de la phase forte. Si FREQ_PENTE n'est pas renseigné, alors on prend une fréquence fondamentale constante égale à f_0. Celle-ci doit être renseignée pour l'option DSP, dans le cas de SPEC_UNIQUE, SPEC_MEDIANE ou SPEC_FRACTILE, la fréquence centrale du processus se déduit du spectre de réponse cible.

Remarque :

Si on ne renseigne pas FREQ_PENTE et si on choisit une fonction de modulation constante, on obtient un processus stationnaire. Ce processus correspond à la DSP de Kanai-Tajimi classique (mais filtré en basses fréquences).

3.8 Mot-clé NB_TIRAGE

◊ NB_TIRAGE = Nbt [I]

Le nombre de signaux à simuler. La valeur de défaut est 1.

3.9 Mot-clé INIT_ALEA

◊ INIT_ALEA = ni [I]

Si le mot-clé INIT_ALEA est renseigné, on initialise le germe des suites aléatoires par cette valeur. Deux calculs consécutifs avec la même initialisation produisent alors les mêmes signaux sismiques. Si le mot-clé n'est pas renseigné, alors le germe utilisé est affiché dans le fichier des messages.

3.10 Mot-clé COEF_CORR

◊ COEF_CORR = rho [R]

Ce mot clé permet de renseigner un coefficient de corrélation pour la génération de signaux corrélés. Le coefficient de corrélation peut prendre les valeurs entre -1 et +1: $-1<rho<1$.

Si COEF_CORR est renseigné, alors on simule des paires de signaux corrélés, avec coefficient de corrélation rho. Ces signaux peuvent représenter les deux composantes de signaux sismiques horizontaux corrélés ou alors des chargements temporels pour des études en multi-appui.
Dans la TABLE_FONCTION en sortie de l'opérateur, les deux composantes sont recensés par 'NOM_PARA' qui vaut 'ACCE1' pour le premier et 'ACCE2'pour le deuxième signal.

3.11 Mot-clé RATIO_HV

◊ RATIO_HV = ratio [R]

Si RATIO_HV et COEF_CORR sont tous deux renseignés, alors on génère des signaux 3D avec composantes horizontales corrélées (définis par le coefficient de corrélation rho qui peut être nul) et une composante verticale non corrélée aux deux autres, mais à laquelle s'applique le ratio horizontal/vertical renseigné par RATIO_HV. Ce ratio est souvent pris égal à $\frac{3}{2}$ mais toute autre valeur supérieure à zéro peut être choisie. Dans la TABLE_FONCTION en sortie de l'opérateur, les trois composantes sont recensés par 'NOM_PARA' qui vaut 'ACCE1' et 'ACCE2' pour les signaux horizontaux et 'ACCE3' pour la composante verticale.

Remarque :

RATIO_HV n'est disponible que pour l'option SPEC_FRACTILE et si COEF_CORR est renseigné. Dans les autres cas, il suffit de générer des signaux verticaux par un appel indépendant à GENE_ACCE_SEISME et en donnant le spectre cible ou les paramètres de la DSP pour la composante verticale.

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

3.12 Mot_clé facteur MATR_COHE

Ce mot-clé facteur doit être renseigné si l'on souhaite générer des champs sismiques spatiaux. Ceci est utile pour faire une étude temporelle avec une excitation sismique variable en espace ou de type multi-appui. La fonction de cohérence définit la corrélation spatiale du mouvement sismique. Il faut alors renseigner le type de fonction de cohérence et, le cas échéant, les paramètres associés. On trouve plus de détails sur cette fonction de cohérence dans la documentation de l'opérateur DYNA_ISS_VARI [U4.53.31].
Dans la TABLE_FONCTION en sortie de l'opérateur, les signaux sont répertoriés par leur nom de nœud, par exemple NOEUD = N1.

3.12.1 Opérande MAILLAGE

♦ MAILLAGE = mail [maillage_sdaster]

Maillage de la modélisation .

3.12.2 Opérande GROUP_NO_INTERF

♦ GROUP_NO_INTERF = gni [grno]

Avec ce mot-clé, on définit le groupe de nœuds pour lesquels on souhaite générer un champ sismique spatio-temporel.

3.12.3 Opérande TYPE

♦ TYPE = modele de cohérence [txt]

On peut choisir entre la fonction de cohérence de Mita & Luco (MITA_LUCO) ou ceux de Abrahamson (ABRAHAMSON, ABRA_ROCHER, ABRA_SOLMOYEN).
Si on choisit MITA_LUCO, alors on doit en plus renseigner VITE_ONDE. Le paramètre PARA_ALPHA est facultatif, par défaut on prend alpha = 0.1.

3.12.4 Opérandes VITE_ONDE et PARA_ALPHA

```
♦ VITE_ONDE    =  vite_onde,      [R]
◊ PARA_ALPHA   =  / 0,1           [DEFAUT]
                  / alpha,        [R]
```

On trouve une description détaillée de ces paramètres dans [U4.53.31].

3.13 Mot_clé facteur PHASE

Ce mot-clé facteur doit être renseigné si l'on souhaite générer un ensemble de signaux sismiques tenant compte du déphasage du à la propagation d'onde. Les temps d'arrivées des signaux sont calculées en fonction des coordonnées des nœuds du maillage, et par rapport à un point de référence.
Dans la TABLE_FONCTION en sortie de l'opérateur, les signaux sont répertoriés par leur nom de nœud, par exemple NOEUD = N1.

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

3.13.1 Opérande MAILLAGE

♦ MAILLAGE = mail [maillage_sdaster]

Maillage de la modélisation .

3.13.2 Opérande GROUP_NO_INTERF

♦ GROUP_NO_INTERF = gni [grno]

Avec ce mot-clé, on définit le groupe de nœuds pour lesquels on souhaite générer un champ sismique spatio-temporel.

3.13.3 Opérande VITE_ONDE

♦ VITE_ONDE = vite_onde, [R]

La vitesse de propagation de l'onde.

3.13.4 Opérande DIRECTION

♦ DIRECTION = dir, [R]

La direction de propagation de l'onde (vecteur directionnel : 3 valeurs).

3.13.5 Opérande COOR_REFE

◊ COOR_REFE = crefe [R]

Ce mot-clé est optionnel. Il permet de renseigner les coordonnées (3D) d'un point de référence pour le calcul du déphasage (temps d'arrivée de l' onde). Par défaut, on identifie le nœud du maillage qui voit en premier l'onde.

3.14 Mot-clé PESANTEUR

♦ PESANTEUR = g [R]

En général, on prend PESANTEUR =9.81 (m/s^2) (*cf.* aussi §3.8.2). Dans ce cas, il faut renseigner ACCE_MAX (PGA), et ECART_TYPE ou, le cas échéant, le spectre cible (SPEC_OSCI) en g. Cette grandeur de normalisation est également utilisé pour le calcul de l'intensité d'Arias. À titre d'exemple, donner ACCE_MAX= 0.2 correspond à un PGA de $0.2\mathrm{g}$ avec $g=9.81\mathrm{m}/s^2$. Les accélérogrammes générés seront alors des accélérations en m/s^2.

3.15 Mot-clé facteur DSP

Le séisme est modélisé par un processus stochastique non stationnaire. Les densités spectrales de puissance (DSP) évolutives permettent de tenir compte d'un phénomène non stationnaire en amplitude et contenu fréquentiel comme le séisme. La variation de l'amplitude est prise en compte par une fonction de modulation alors que l'évolution du contenu fréquentiel est modélisée par la DSP de Kanai-Tajimi évolutive. La DSP de Kanai-Tajimi est en outre filtrée afin de supprimer le contenu fréquentiel en très basses fréquences qui peut conduire à des problèmes numériques (dérives non nulles pour les signaux intégrés).

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

Les paramètres liés à la variation de l'amplitude sont l'intensité d'Arias, la durée de la phase forte et l'instant de début de la phase forte. Les paramètres liés à la DSP et l'évolution du contenu fréquentiel sont l'amortissement et la fréquence fondamentale de la DSP de Kanai-Tajimi ainsi que la pente décrivant l'évolution de cette dernière au cours du temps. Ces paramètres peuvent être déterminés à partir d'un acélérogramme donné, d'un SRO (spectre de réponse d'oscillateur) ou en faisant appel aux données disponibles dans la littérature. En outre, le modèle étant paramétré, il est possible de tenir compte de la variabilité et de l'incertitude de ces paramètres à l'aide de tirages aléatoires.
L'algorithme de simulation et le modèle sont décrits avec plus de détail dans la documentation de référence [R4.06.04].

3.15.1 Opérandes AMOR_REDUIT, FREQ_FOND

♦ AMOR_REDUIT = amo [R]

Valeur du taux d'amortissement critique de la DSP de Kanai-Tajimi.

♦ FREQ_FOND = f_0 [R]

Fréquence centrale de la DSP de Kanai-Tajimi, c'est la fréquence où le plus d'énergie est concentré.

3.16 Mots-clés facteurs SPEC_MEDIANE, SPEC_MOYENNE, SPEC_UNIQUE et SPEC_FRACTILE

Ce mot-clé facteur permet de renseigner la donné d'un SRO cible afin de générer des signaux sismiques en accord avec le SRO cible. Il faut alors déterminer une DSP « compatible » avec la donnée du SRO cible. Il y a plusieurs options :

- SPEC_UNIQUE : Génération d'un signal sismique dont le SRO est très proche du SRO cible : il faut procéder à des itérations pour ajuster au mieux le contenu spectral du signal. Si on demande plusieurs signaux (NB_TIRAGE), alors l'ajustement se fait par signal généré.
- SPEC_MOYENNE, SPEC_MEDIANE : Génération de Nbt signaux dont le spectre médian/moyen respecte la cible. Si le SRO cible est un spectre physique, alors l'ensemble des signaux générés possède en général un SRO médian proche de la cible. On peut toutefois faire des itérations pour améliorer l'ajustement du SRO, soit en médiane (SPEC_MEDIANE) ou en moyenne (SPEC_MOYENNE). Si on ne fait pas d'itérations (NB_ITER non renseigné) pour améliorer l'ajustement, alors les deux options produisent le même résultat.
- SPEC_FRACTILE : Génération de Nbt signaux dont le spectre médian et le spectre à un sigma respectent la cible. Il s'agit d'une méthode pour les études « *best-estimate* ». Les signaux générés possèdent une variabilité proche de celle des signaux réelles disponibles dans les bases de données, notamment en ce qui concerne la variabilité entre les réalisations (*record-to-record variability*). Pour cela, il faut renseigner le spectre médian ainsi que le spectre à un sigma. Le spectre médian ainsi que le spectre à un sigma sont généralement fournis par les lois d'atténuation.

3.16.1 Opérande SPEC_OSCI

♦ SPEC_OSCI = spec_cible

On renseigne ici le SRO cible sous forme d'une fonction avec en abscisse les fréquences et en ordonnée les accélérations spectrales (les dernières doivent être normées selon PESANTEUR). On peut utiliser DEFI_FONCTION pour la construire. Si on a choisi l'option SPECTRE_FRACTILE, alors ce spectre doit correspondre au spectre médian (comme défini par les lois d'atténuation).

3.16.2 Opérande SPEC_1_SIGMA

♦ SPEC_1_SIGMA = spec_cible

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

Mot-clé obligatoire pour l'option SPEC_FRACTILE. On renseigne ici le SRO à un sigma cible sous forme d'une fonction avec en abscisse les fréquences et en ordonnée les accélérations spectrales (les dernières doivent être normées selon PESANTEUR). On peut utiliser DEFI_FONCTION pour la construire. Le spectre à un sigma est, par exemple, fourni par les lois d'atténuation qui supposent une distribution log-normale des accélérations spectrales et donc des valeurs du SRO. Cela implique que le SRO à un sigma correspond au fractile à 84% du SRO. Il est conseillé de consulter la documentation de référence [R4.05.05] pour plus de détails sur cette modélisation.

3.16.3 Opérande AMOR_REDUIT

♦ AMOR_REDUIT = amo [R]

Valeur de l'amortissement réduit du SRO renseigné sous SPEC_OSCI.

3.16.4 Opérandes ERRE_ZPA, ERRE_RMS et ERRE_MAX

◊ ERRE_MAX = (cmax,emax) [R]
◊ ERRE_ZPA = (czpa,ezpa) [R]
◊ ERRE_RMS = (crms,erms) [R]

Ces mot-clés sont optionnels, on peut renseigner les coefficients de pondération ainsi que l'erreur maximale souhaité par l'utilisateur pour les trois critères d'ajustement : erreur maximale sur la bande de fréquence, erreur sur la ZPA (*zero period acceleration*) et erreur RMS. Il est possible de renseigner un coefficient de pondération (cmax, czpa,crms) mais pas d'erreur maximale cible (emax, ezpa, erms). Par contre, il faut renseigner les trois pondérations ensemble. L'erreur calculée est l'erreur relative, à savoir la différence entre la valeur du spectre réalisé et la valeur du spectre cible divisée par la valeur du spectre cible. Si l'erreur maximale souhaitée (emax, ezpa, erms). Si l'une des erreurs est plus grande que la valeur renseignée, une alarme est émise. Les coefficients de pondération sont utilisé pour déterminer une erreur multi-objectifs pondérée pour chaque itération. Ce critère est utilisé pour choisir, parmi les résultats des itérations, l'accélérogramme (ou les accélérogrammes) en sortie du calcul qui respectent au mieux le critère (ce n'est pas toujours la dernière itération).

3.16.5 Opérande NB_ITER

◊ NB_ITER = nbiter [I]

On renseigne le nombre d'itérations pour améliorer l'ajustement de l'accélérogramme au spectre (SRO) cible. Ce mot-clé est optionnel : par défaut, on ne fait pas d'itérations. Avec l'option SPEC_FRACTILE, on ne peut pas itérer.

3.16.6 Opérande METHODE

◊ METHODE = /'HARMO' [DEFAUT]
= /'NIGAM' [TXM]

Ce mot-clé facultatif permet de choisir la méthode pour le calcul des spectre de réponse. Ce sont les mêmes méthodes que ceux disponible pour le calcul de SRO avec CALC_FONCTION [U4.32.04]. Par défaut, on utilise la méthode 'HARMO'. Le spectre de réponse est alors obtenu par des calculs harmoniques successifs (pour différents fréquences propres d'oscillateur) en passant par une FFT/IFFT du signal en entrée. La méthode 'NIGAM' est détaillée dans le document [R5.05.01].

3.16.7 Opérande FREQ_PAS

◊ FREQ_PAS = fpas [R]

Avec ce mot-clé facultatif, on peut choisir le pas de discrétisation du SRO utilisé pour déterminer la DSP compatible. Les valeurs du SRO renseignées via SPEC_OSCI sont ensuite interpolées pour obtenir le pas de discrétisation fpas souhaité. Par défaut, on prend le même pas de fréquence que

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

celui utilisé pour la génération des signaux. Ce dernier se déduit de la fréquence de coupure et du nombre de points NB_POIN, cf §3.6.

3.17 Mot-clé facteur MODULATION

Les paramètres des fonctions de modulation GAMMA et de Jennings & Housner (JENNINGS_HOUSNER), sont identifiées de sorte à ce que la phase forte TSM moyenne des signaux corresponde à celle donnée. Pour une modulation CONSTANTE (pas de modulation), la durée des signaux simulés correspond à TSM. On utilise la définition s'appuyant sur l'intensité d'Arias. On note $TSM = T_2 - T_1$ où T_1 et T_2 sont respectivement les instants de temps où 5% et 95% de l'intensité d'Arias (l'énergie totale) sont réalisés. L'instant T_1 correspond au début de la phase forte t_{ini}.
Si NB_POIN est donné pour les modulations Gamma et *Jennings & Housner*, alors la durée totale des signaux correspond à (NB_POIN-1)*PAS_INST.

3.17.1 Opérande TYPE

♦ TYPE = / 'JENNINGS_HOUSNER' [TXM]
/ 'GAMMA'
/ 'CONSTANT'

Définition du type de modulation (*cf.* aussi [R4.05.05]).
La modulation de type CONSTANT correspond à un signal sans modulation de l'amplitude. Si on suppose de plus que la fréquence fondamentale de la DSP est constante, alors on se ramène à un processus stationnaire.

3.17.2 Opérandes INT_ARIAS, ACCE_MAX, ECART_TYPE

Si on a choisi l'option DSP, alors il faut renseigner l'un des trois paramètres intensité d'Arias, PGA (accélération maximale au sol) ou écart-type pour définir l'énergie contenu dans les signaux. Si on a choisi l'un des trois mots-clé facteur SPEC_UNIQUE, SPEC_MEDIANE ou SPEC_FRACTILE, alors cette information est déjà contenu dans le spectre cible.

◊ INT_ARIAS = arias [R]

Intensité d'Arias moyenne : $Arias = \boldsymbol{E}\left(\frac{\pi}{2g}\int_0^\infty X^2(t)dt\right)$ avec X le processus modélisant le mouvement sismique (acce) et g est la pesanteur.

◊ ACCE_MAX = pga [R]

Accélération maximale au sol (PGA). On associe cette valeur au maximum médian des signaux à générer. L'écart-type correspondant est déterminé à partir du facteur de pic et pour la phase forte TSM. Il faut renseigner ACCE_MAX (PGA) en g. La valeur de g est à renseigner par le mot-clé PESANTEUR. Ainsi, ACCE_MAX= 0.2 correspond à un PGA de $0.2\mathrm{g}$ avec $g = 9.81\mathrm{m}/s^2$. Les accélérogrammes générés seront alors des accélérations en m/s^2.

◊ ECART_TYPE = ect [R]
Écart-type du processus stochastique stationnaire sous-jacent. On applique ensuite la modulation de l'amplitude (GAMMA ou JENNINGS_HOUSNER).

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

Il faut renseigner ECART_TYPE en g (confer aussi ci-dessus). La valeur de g est à renseigner par le mot-clé PESANTEUR . On doit prendre PESANTEUR =9.81 (m/s^2) pour obtenir des accélérations en m/s^2 .

3.17.3 Opérande INST_INIT

♦/◊ INST_INIT = t_ini [R]

Instant de début de la phase forte dans le cas de la fonction de modulation GAMMA.
Les paramètres de la fonction de modulation GAMMA sont identifiés (par moindre carrés) pour que TSM et t_{ini} soient respectés.

3.18 Opérande INFO

◊ INFO =

/ 1 : pas d'impression.

/ 2 : impression des informations relatives au modèle et la discrétisation (traitement du signal).

3.19 Opérande TITRE

◊ TITRE = titre

titre est le titre du calcul à imprimer en tête des résultats [U4.03.01].

4 Table produite

Les paramètres de la table produite sont les suivants :

PARAMETRE	TYPE	DESCRIPTION
NUME_ORDRE	I	numéros d'ordre (NB_TIRAGE)
FONCTION	K24	nom des fonctions générées
NOM_PARA	K24	ACCE1 et ACCE2 (si COEF_CORR) ACCE1, ACCE2 et ACCE3 (si RATIO_HV)
NOEUD	K24	Nom du nœud (si MATR_COHE)

5 Exemples

On peut consulter le cas test zzzz317 [V1.01.317].

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