

---

## Opérateur DEFI\_SPEC\_TURB

---

### 1 But

---

Définir un spectre d'excitation turbulente. Différents types de spectres sont disponibles :

- pour les «faisceaux de tubes sous écoulement transverse», spectres de type «longueur de corrélation»,
- pour des écoulements uniformes établis, parallèles à des structures planes ou cylindriques circulaires , spectres de turbulence de couche limite,
- spectre d'excitation défini par sa décomposition sur une famille de fonctions de forme en fournissant une matrice interspectrale et une liste de fonctions de forme associées. Les concepts `tabl_intsp` et `fonction` doivent alors être générés en amont,
- spectre de turbulence prédéfini, identifié sur la maquette `GRAPPE1` ou `GRAPPE2`,
- spectre d'excitation associé à une ou plusieurs forces et moments ponctuels en fournissant une matrice interspectrale d'excitations (concept `tabl_intsp` devant être généré en amont) , la liste des nœuds d'application de ces excitations , la nature de l'excitation appliquée en chacun de ces nœuds (force ou moment) et les directions d'application des excitations ainsi définies.
- spectre d'excitation défini par un ensemble de fonctions analytiques complexes.

Produit un concept de type `spectre`.

## 2 Syntaxe

```
spe [spectre] = DEFI_SPEC_TURB (

    ♦ / SPEC_LONG_COR_1 = _F (
        ♦ LONG_COR = lc , [R]
        ♦ PROF_VITE_FLUI = profv , [fonction, formule]
        ♦ VISC_CINE = eps , [R]
    ),
    / SPEC_LONG_COR_2 = _F (
        ♦ LONG_COR = lc , [R]
        ♦ PROF_VITE_FLUI = profv , [fonction, formule]
        ◇ / FREQ_COUP = 0.1 [DEFAULT]
            PHI0 = 1.5D-3 [DEFAULT]
            BETA = 2.7 , [DEFAULT]
        / FREQ_COUP = frc [R]
            PHI0 = phi0 [R]
            BETA = beta , [R]
    ),
    / SPEC_LONG_COR_3 = _F (
        ♦ LONG_COR = lc , [R]
        ♦ PROF_VITE_FLUI = profv , [fonction, formule]
        ◇ / FREQ_COUP = 0.2 [DEFAULT]
            PHI0_1 = 5.D-3 [DEFAULT]
            BETA_1 = 0.5 [DEFAULT]
            PHI0_2 = 4.D-5 [DEFAULT]
            BETA_2 = 3.5 , [DEFAULT]
        / FREQ_COUP = frc [R]
            PHI0_1 = phi01 [R]
            BETA_1 = beta1 [R]
            PHI0_2 = phi02 [R]
            BETA_2 = beta2 , [R]
    ),
    / SPEC_LONG_COR_4 = _F (
        ♦ LONG_COR = lc , [R]
        ♦ PROF_VITE_FLUI = profv , [fonction, formule]
        ♦ TAUX_VIDE = tv , [R]
        ◇ / BETA = 2. [DEFAULT]
            GAMMA = 4. , [DEFAULT]
        / BETA = beta [R]
            GAMMA = gamma , [R]
    ),
    / SPEC_CORR_CONV_1 = _F (
        ♦ LONG_COR_1 = lc1 , [R]
        ◇ LONG_COR_2 = lc2 , [R]
        ♦ VITE_FLUI = vflui , [R]
        ◇ FREQ_COUP = fc , [R]
        ◇ K = / 5.8D-3 [DEFAULT]
            / k , [R]
        ♦ D_FLUI = dhyd , [R]
        ♦ RHO_FLUI = rho_f , [R]
        ◇ COEF_VITE_FLUI_A = alpha , [R]
        ◇ COEF_VITE_FLUI_O = beta , [R]
        ◇ METHODE = / 'GENERALE' [DEFAULT]
            / 'CORCOS'
            / 'AU_YANG' ,
    ),
)
```

```
/ SPEC_CORR_CONV_2 = _F (
    ♦ FONCTION          =      fonc ,      [fonction,formule]
    ♦ VITE_FLUI          =      vflui ,      [R]
    ♦ FREQ_COUP          =      fc ,        [R]
    ♦ COEF_VITE_FLUI_A   =      alpha ,     [R]
    ♦ COEF_VITE_FLUI_O   =      beta ,      [R]
    ♦ METHODE            =      / 'GENERALE'  [DEFAULT]
                                / 'CORCOS'
                                / 'AU_YANG' ,
                                ),
/ SPEC_CORR_CONV_3 = _F (
    ♦ TABLE_FONCTION    =      fonc ,      [table_fonction]
                                ),
/ SPEC_FONC_FORME = _F (
    ♦ / INTE_SPEC        =      int_spec ,   [interspectre]
      FONCTION           =      l_tab_fonc , [l_table_fonction]
      / GRAPPE_1         =      / 'DEBIT_180'
                                / 'DEBIT_300' ,
    ♦ NOEUD              =      no ,         [noeud]
    ♦ CARA_ELEM          =      cara ,       [cara_elem]
    ♦ MODELE             =      modele ,     [modele]
                                ),
/ SPEC_EXCI_POINT = _F (
    ♦ / INTE_SPEC        =      int_spec ,   [interspectre]
      NATURE             =      l_nat ,      [l_TXM]
      ANGLE              =      l_theta ,    [l_R]
      NOEUD              =      l_no ,      [l_noeud]
      / GRAPPE_2         =      / 'ASC_CEN'
                                / 'ASC_EXC'
                                / 'DES_CEN'
                                / 'DES_EXC' ,
      RHO_FLUI           =      rho_f ,      [R]
      NOEUD              =      no ,         [l_noeud]
    ♦ CARA_ELEM          =      cara ,       [cara_elem]
    ♦ MODELE             =      modele ,     [modele]
                                ),
♦ TITRE =      titre ,      [TXM]
                                )
```

## 3 Opérandes

### 3.1 Mots-clés SPEC\_LONG\_COR\_n

La définition d'un spectre d'excitation de type «longueur de corrélation» ne peut se faire que par une seule occurrence d'un des mots-clés facteurs SPEC\_LONG\_COR\_n, correspondant à une zone du tube définie préalablement par la fonction renseignée dans l'opérande PROF\_VITE\_FLUI de la commande DEF1\_FLUI\_STRU [U4.25.01]. Le profil de vitesse associé à cette zone, rappelé ici sous l'opérande PROF\_VITE\_FLUI, doit être identique à celui renseigné dans DEF1\_FLUI\_STRU [U4.25.01]. L'utilisation de spectres d'excitation de type «longueur de corrélation» est limitée à la configuration «faisceau de tubes sous écoulement transverse» (mot-clé facteur FAISCEAU\_TRANS de l'opérateur DEF1\_FLUI\_STRU [U4.25.01]).

Pour effectuer un calcul avec plusieurs zones d'excitation, il faut définir autant de spectres qu'il y a de zones. Les contributions des différents spectres peuvent ensuite s'ajouter lorsque l'excitation est projetée sur base modale par la commande PROJ\_SPEC\_BASE [U4.63.14]. Cependant, il n'est pas possible dans cette commande de combiner des spectres de type «longueur de corrélation» avec des spectres d'un autre type (SPEC\_CORR\_CONV\_n, SPEC\_FONC\_FORME ou SPEC\_EXCI\_POINT).

Les quatre spectres du type «longueur de corrélation» ont des valeurs définies par défaut. La définition de nouveaux coefficients est délicate, en particulier en ce qui concerne le modèle 3 pour lequel il existe des conditions de raccordement entre les droites déterminées par les coefficients.

La forme analytique générale des modèles 1 à 4 est la suivante :

$$S(s_1, s_2, f_r) = S(f_r) \cdot \exp\left(\frac{-|s_2 - s_1|}{\lambda_c}\right)$$

avec :

$S(s_1, s_2, f_r)$  interspectre adimensionnel de turbulence entre deux points d'abscisses curvilignes  $(s_1, s_2)$  ;

$S(f_r)$  autospectre de turbulence ;

$\exp\left(\frac{-|s_2 - s_1|}{\lambda_c}\right)$  fonction de corrélation spatiale et  $\lambda_c$  longueur de corrélation.

Le spectre est défini en fonction d'une fréquence réduite  $f_r$  (nombre de Strouhal). Pour un tube sous écoulement transverse, l'expression de  $f_r$  est la suivante :

$$f_r = \frac{f \cdot de}{V_g}$$

$f$  est la fréquence dimensionnée,  $de$  le diamètre extérieur du tube  $V_g$  et la vitesse transverse moyenne du fluide le long de la structure, qui sera récupérée dans l'opérateur PROJ\_SPEC\_BASE [U4.63.14] via le concept [melasflu] produit par l'opérateur CALC\_FLUI\_STRU [U4.66.02].

## 3.1.1 Expression analytique des spectres de type SPEC\_LONG\_COR\_1

♦ / SPEC\_LONG\_COR\_1

Mot-clé facteur correspondant au premier modèle de spectre avec longueur de corrélation.

♦ LONG\_COR = lc

Longueur de corrélation.

♦ PROF\_VITE\_FLUI = profv

Nom du profil de vitesse correspondant à la zone où est appliquée l'excitation turbulente.

♦ VISC\_CINE = eps

Viscosité cinématique du fluide.

$$S(f_r) = \frac{\Phi_0}{\left[1 - \left[\frac{f_r}{f_{rc}}\right]^{\beta/2}\right]^2 + 4e^2 \left[\frac{f_r}{f_{rc}}\right]^{\beta/2}}$$

avec :  $\Phi_0 = \Phi_0(R_e)$  polynôme du 5<sup>ème</sup> degré.

$$\beta = \beta(R_e)$$

$$\varepsilon = \varepsilon(R_e)$$

$$f_{rc} = 0,2$$

Si  $1,5 \cdot 10^4 < R_e \leq 5 \cdot 10^4$  :

$$\Phi_0 = 1,3 \cdot 10^{-4} \left[ 20,42 - 14 \cdot 10^{-4} R_e - 9,81 \cdot 10^{-8} R_e^2 + 11,97 \cdot 10^{-12} R_e^3 - 35,95 \cdot 10^{-17} R_e^4 + 34,69 \cdot 10^{-22} R_e^5 \right]$$

Si  $R_e > 5 \cdot 10^4$  :  $\Phi_0 = 38,6075$

Si  $R_e \leq 3,5 \cdot 10^4$   $\varepsilon = 0,7$   $\beta = 3$

Sinon si  $3,5 \cdot 10^4 < R_e \leq 5,5 \cdot 10^4$   $\varepsilon = 0,3$   $\beta = 4$

Sinon  $\varepsilon = 0,6$   $\beta = 4$

## 3.1.2 Expression analytique des spectres de type SPEC\_LONG\_COR\_2

/ SPEC\_LONG\_COR\_2

Mot-clé facteur correspondant au second modèle de spectre avec longueur de corrélation.

♦ LONG\_COR = lc

Longueur de corrélation.

◆ PROF\_VITE\_FLUI = profv

Nom du profil de vitesse correspondant à la zone où est appliquée l'excitation turbulente.

◇ / FREQ\_COUP = frc

Fréquence réduite de coupure.

PHI0 = phi0

BETA = beta

Coefficients du spectre.

#### Remarque :

*Si l'utilisateur renseigne l'une de ces opérandes, il doit obligatoirement renseigner les deux autres, afin d'avoir des valeurs cohérentes.*

*Si l'utilisateur ne renseigne aucune des trois opérandes, les valeurs par défaut sont utilisées.*

$$S(f_r) = \frac{\Phi_0}{1 + \left[ \frac{f_r}{f_{rc}} \right]^\beta}$$

Les valeurs des paramètres par défaut sont :  $\Phi_0 = 1,5 \cdot 10^{-3}$ ,  $\beta = 2,7$ ,  $f_{rc} = 0,1$

### 3.1.3 Expression analytique des spectres de type SPEC\_LONG\_COR\_3

/ SPEC\_LONG\_COR\_3

Mot-clé facteur correspondant au troisième modèle de spectre avec longueur de corrélation.

◆ LONG\_COR = lc

Longueur de corrélation.

◆ PROF\_VITE\_FLUI = profv

Nom du profil de vitesse correspondant à la zone où est appliquée l'excitation turbulente.

◇ / FREQ\_COUP = frc

Fréquence réduite de coupure.

PHI0\_1 = phi01

BETA\_1 = beta1

PHI0\_2 = phi02

BETA\_2 = beta2

Coefficients du spectre.

#### Remarque :

*Les cinq opérandes doivent être utilisées simultanément. Si l'une est renseignée, les autres doivent l'être également.*

*Les valeurs par défaut sont utilisées lorsque l'utilisateur n'a renseigné aucune des cinq opérandes.*

$$S(f_r) = \frac{\Phi_0}{f_r^\beta} \text{ avec } \begin{cases} \Phi_0 = \Phi_0(f_{rc}) \\ \beta = \beta(f_{rc}) \end{cases} \text{ où } f_{rc} = 0,2$$

$$\begin{aligned} \text{Si } f_r \leq f_{rc} \quad & \Phi_0 = 5.10^{-3} \quad \beta = 0,5 \\ \text{Sinon} \quad & \Phi_0 = 4.10^{-5} \quad \beta = 3,5 \end{aligned}$$

### 3.1.4 Expression analytique des spectres de type SPEC\_LONG\_COR\_4

/ SPEC\_LONG\_COR\_4

Mot-clé facteur correspondant au quatrième modèle de spectre avec longueur de corrélation.

- ♦ LONG\_COR = lc  
Longueur de corrélation.
- ♦ PROF\_VITE\_FLUI = profv  
Nom du profil de vitesse correspondant à la zone où est appliquée l'excitation turbulente.
- ♦ TAUX\_VIDE = tv  
Taux de vide (écoulement diphasique).
- ◇ / BETA = beta  
GAMMA = gamma  
Coefficients du spectre.

#### Remarque :

*Si l'utilisateur renseigne l'une de ces deux opérantes, il doit obligatoirement renseigner l'autre.  
Dans le cas où aucune des deux opérantes n'est renseignée, les valeurs par défaut sont utilisées.*

$$S(f_r) = \frac{\Phi_0}{(f_r)^\beta (\rho_v)^\gamma} \text{ avec } \begin{cases} \Phi_0 = \frac{1}{6,8 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^\Phi \\ \Phi = A \cdot \tau_v^{0,5} - B \cdot \tau_v^{1,5} + C \cdot \tau_v^{2,5} - D \cdot \tau_v^{3,5} \end{cases}$$

$\tau_v$  désigne le taux de vide ;  
 $A = 24,042$  ;  $B = -50,421$  ;  $C = 63,483$  ;  $D = 33,284$

Les valeurs par défaut des exposants sont  $\beta = 2$  et  $\gamma = 4$ .

$$\rho_v \text{ est le débit volumique : } \rho_v = \rho_m \times V = \sum_{i=N_d}^{N_f} \rho_e \frac{(x_i)}{N_n} \times V$$

où  $V$  désigne la vitesse du fluide pour laquelle l'étude d'interaction fluide-structure a été menée et  $N_n$  le nombre de points pris en compte sur la longueur excitée. La vitesse du fluide sera récupérée dans l'opérateur PROJ\_SPEC\_BASE [U4.63.14] via le concept [melasflu] produit par l'opérateur CALC\_FLUI\_STRU [U4.66.02].

## 3.2 Mots-clés SPEC\_CORR\_CONV\_n

Les mots-clés facteurs SPEC\_CORR\_CONV\_1 et SPEC\_CORR\_CONV\_2 permettent de définir respectivement des spectres de turbulence de couche limite et d'une fonction de la fréquence quelconque. SPEC\_CORR\_CONV\_3 laisse à l'utilisateur la maîtrise entière de la définition de l'inter-spectre, en utilisant des fonctions analytiques rassemblées dans une table.

### Précisions théoriques :

- Dans le cas d'une structure plane soumise à un écoulement turbulent parallèle, dont on souhaite connaître la réponse spectrale à cette excitation, le modèle de corrélation de CORCOS introduit une fonction de corrélation entre deux points  $x$  et  $x'$  sur la structure plane, du type

$$r(\omega, x, x') = \exp\left(\frac{-|x-x'|}{\lambda_1}\right) \times \exp\left(\frac{-|y-y'|}{\lambda_2}\right) \times \cos\left(\frac{\omega(x-x')}{U_c}\right)$$

Dans le modèle de base de CORCOS, on a

$$\begin{cases} \lambda_1 = \frac{1}{k_L} \text{ avec } k_L = 0,1 \cdot \frac{\omega}{U_c} \\ \lambda_2 = \frac{1}{k_T} \text{ avec } k_T = 0,55 \cdot \frac{\omega}{U_c} \end{cases}$$

$x$  est l'axe parallèle à l'écoulement.

$y$  est l'axe perpendiculaire à l'écoulement.

$U_c$  est la vitesse convective des tourbillons. Il est admis qu'elle représente entre 60 et 70% de la vitesse du fluide. Par défaut, on la prend égale à 65% de la vitesse du fluide.

- Dans le cas d'une structure cylindrique circulaire soumise à un écoulement axial, le modèle de corrélation de AU\_YANG introduit une fonction de corrélation entre deux points définie par :

$$r(\omega, x, x') = \exp\left(\frac{-|x-x'|}{\lambda_1}\right) \times \cos\left(\frac{\omega(x-x')}{U_c}\right) \times \exp\left(-R \frac{|\theta-\theta'|}{\lambda'}\right) \times \cos\left(\frac{\omega R(\theta-\theta')}{U'_c}\right)$$

- $\theta$  et  $\theta'$  correspondent aux positions angulaires des deux points du cylindre à corréler,
  - $x$  et  $x'$  désignent les cotes des points à corréler,
  - $R$  est le rayon du cylindre,
  - $U_c$  est la vitesse convective axiale des tourbillons : elle est égale au produit du coefficient de vitesse axiale par la vitesse du fluide,
  - $U'_c$  est la vitesse convective orthoradiale des tourbillons : elle est égale au produit du coefficient de vitesse orthoradiale par la vitesse du fluide,
  - $\lambda$  et  $\lambda'$  sont les longueurs de corrélation suivant l'axe et la direction orthoradiale respectivement.
- La corrélation GENERALE est une fonction du type

$$r(\omega, x, x') = \exp\left(\frac{-\|x-x'\|}{\lambda}\right) \times \cos\left(\frac{\omega\|x-x'\|}{U_c}\right)$$

- $x$  et  $x'$  sont les vecteurs repérant les positions des deux points à corréler,
- $U_c$  est la vitesse convective des tourbillons,
- $\lambda$  est la longueur de corrélation.

## 3.2.1 Définition d'un spectre de turbulence de couche limite

/ SPEC\_CORR\_CONV\_1

Mot-clé facteur correspondant au premier modèle de spectre de pression avec longueur de corrélation et vitesse de convection des tourbillons dans le fluide.

◆ LONG\_COR\_1 = lc1

Première longueur de corrélation (suivant l'axe parallèle à l'écoulement) pour la méthode de AU\_YANG. Longueur de corrélation de la méthode GENERALE.

◇ LONG\_COR\_2 = lc2

Deuxième longueur de corrélation pour la méthode de AU\_YANG.

◆ VITE\_FLUI = vflui

Vitesse du fluide longeant la structure étudiée.

◇ FREQ\_COUP = fc

Fréquence de coupure du spectre. Dans le cas de la méthode de CORCOS, on utilise la valeur  $f_c = 10 \frac{U}{d}$  (voir notations ci-dessous) par défaut.

◇ K = k

Constante donnant l'amplitude du spectre de pression.  
Par défaut,  $k$  vaut  $5,8 \cdot 10^{-3}$  en unités SI.

◆ D\_FLUI = dhyd

Diamètre hydraulique entrant dans l'expression de l'amplitude du spectre de pression.

◆ RHO\_FLUI = rho\_f

Masse volumique du fluide.

◇ COEF\_VITE\_FLUI\_A = alpha

Coefficient de la vitesse convective des tourbillons dans la direction axiale (direction de l'écoulement) pour les méthodes de CORCOS, de AU\_YANG.

◇ COEF\_VITE\_FLUI\_O = beta

Coefficient de la vitesse convective des tourbillons dans la direction orthoradiale au cylindre, pour la méthode de AU\_YANG.

◇ METHODE = 'GENERALE' ou 'CORCOS' ou 'AU\_YANG'

Méthode de corrélation déterminée par le type de la structure dont on veut étudier les vibrations engendrées par la turbulence.  
Par défaut, la méthode GENERALE est utilisée.

### Remarque :

Dans le cas de la méthode de CORCOS, on utilise pour LONG\_COR\_1 et LONG\_COR\_2 les longueurs de corrélation du modèle de base (voir [§3.2]).

Le spectre de pression utilisé est du type  $S_p(\omega) = K^2 (\rho U^2)^2 d^3$  si  $f \leq f_c$  et 0 pour  $f > f_c$ .

$K$  désigne la constante du modèle, renseignée sous l'opérande K. Pour le modèle de CORCOS,  $K$  est déterminée expérimentalement et vaut  $K = 5,8 \cdot 10^{-3} s^{1/2} m^{-3/2}$  ;

$\rho$  est la masse volumique du fluide, renseignée sous l'opérande RHO\_FLUI ;

$U$  est la vitesse du fluide, renseignée sous l'opérande VITE\_FLUI ;

$d$  est le diamètre hydraulique, renseigné sous l'opérande D\_FLUI.

## 3.2.2 Définition d'un spectre de turbulence d'une fonction de la fréquence quelconque

/ `SPEC_CORR_CONV_2`

Mot-clé facteur permettant de définir un spectre de pression fonction quelconque de la fréquence.

◆ `FONCTION = fonc`

Concept de type fonction définissant le spectre de pression en fonction de la fréquence, produit par l'un des opérateurs `DEFI_FONCTION` [U4.31.02], `CALC_FONCTION` [U4.32.04] ou `CALC_FONC_INTERP` [U4.32.01].

◆ `VITE_FLUI = vflui`

Vitesse du fluide longeant la structure étudiée.

◇ `FREQ_COUP = fc`

Fréquence de coupure au-delà de laquelle la fonction définissant le spectre de pression est considérée comme nulle.

◇ `COEF_VITE_FLUI_A = alpha`

Coefficient de la vitesse convective des tourbillons dans la direction axiale (direction de l'écoulement).

◇ `COEF_VITE_FLUI_O = beta`

Coefficient de la vitesse convective des tourbillons dans la direction orthoradiale au cylindre, pour la méthode de `AU YANG`.

◇ `METHODE = 'GENERALE' ou 'CORCOS' ou 'AU YANG'`

Méthode de corrélation déterminée par le type de la structure dont on veut étudier les vibrations engendrées par la turbulence.  
Par défaut, la méthode `GENERALE` est utilisée.

## 3.2.3 `SPEC_CORR_CONV_3` : spectre quelconque défini analytiquement

/ `SPEC_CORR_CONV_3`

Mot-clé facteur permettant de définir un spectre sur la base de fonctions analytiques.

◆ `TABLE_FONCTION = table`

Concept de type table de fonctions contenant les formules analytiques définissant le spectre.

Exemple d'utilisation : on souhaite décrire les efforts de pression induits par un écoulement axial le long d'un crayon combustible sous la forme d'un spectre de type « longueur de corrélation » et décrivant :

- d'une part la décroissance de l'énergie turbulente en aval de la grille,
- d'autre part le déphasage dû à la convection de la turbulence avec l'écoulement.

La longueur de corrélation, et l'auto-spectre dépendent de la fréquence. La formulation analytique proposée est la suivante :

$$S_f(\underline{r}_1, \underline{r}_2, \omega) = \begin{cases} S_x = \exp\left(-\frac{|\underline{r}_2 - \underline{r}_1|}{\lambda_{cx}(\omega)}\right) \cdot \exp\left(j\omega \frac{z_2 - z_1}{U_c}\right) S_f(\underline{r}_1, \underline{r}_1, \omega) \\ S_y = \exp\left(-\frac{|\underline{r}_2 - \underline{r}_1|}{\lambda_{cy}(\omega)}\right) \cdot \exp\left(j\omega \frac{z_2 - z_1}{U_c}\right) S_f(\underline{r}_1, \underline{r}_1, \omega) \end{cases}$$

$\underline{r}_1$  et  $\underline{r}_2$  sont les vecteurs repérant les positions des deux points à corrélérer,  $z$  est la direction parallèle à l'axe du crayon. On peut aussi ajouter, si on le souhaite, un terme de corrélation entre les efforts selon  $x$  et  $y$ .

Le spectre ci-dessus est défini dans le cas-test sdll148b avec efforts corrélés. On propose ici la modélisation avec efforts décorrélés (pas de terme croisés  $S_{XY}$  et  $S_{YX}$ ). Dans ce cas-test le crayon est orienté selon la direction Y.

```
SXX = FORMULE (NOM_PARA=('X1','Y1','Z1','X2','Y2','Z2','FREQ'),
               VALE_C='exp(-FREQ/freq0)*
                     exp(distance(X1,Y1,Z1,X2,Y2,Z2)/correl(FREQ))*
                     complex(cos(2*pi*FREQ*(Y2-Y1)/Uc),
                             sin(2*pi*FREQ*(Y2-Y1)/Uc))',)

SYY = ...

# INTER-SPECTRE AVEC EFFORTS X ET Y DECORRELES
INTESPEC=CREA_TABLE(LISTE=( _F(LISTE_K=('SXX','SYY'),
                                PARA='FONCTION_C'),
                             _F(LISTE_K=('DX','DY'),
                                PARA='NUME_ORDRE_I'),
                             _F(LISTE_K=('DX','DY'),
                                PARA='NUME_ORDRE_J'),),
                    TYPE_TABLE='TABLE_FONCTION',
                    TITRE='EXCITATION FLUIDE TURBULENTE') ;

SPECTRE1=DEFI_SPEC_TURB( SPEC_CORR_CONV_3=_F( TABLE_FONCTION =
                                                INTESPEC ), ) ;
```

La fonction distance a été définie en python et donne la distance entre deux points de coordonnées respectives  $(x_1, y_1, z_1)$  et  $(x_2, y_2, z_2)$ . La fonction correl dépend exponentiellement de la fréquence.

### 3.3 Mot-clé SPEC\_FONC\_FORME

/ SPEC\_FONC\_FORME

Mot-clé facteur permettant de définir un spectre d'excitation par sa décomposition sur une famille de fonctions de forme.

♦ / INTE\_SPEC = int\_spec

Concept de type interspectre définissant une matrice interspectrale d'excitation. Ce concept peut être produit par l'opérateur LIRE\_INTE\_SPEC [U4.36.01] après lecture de la matrice interspectrale sur fichier externe.

FONCTION = l\_tab\_fonc

Liste de concepts de type table\_fonction définissant la famille de fonctions de forme associée à chaque mode. Pour chaque mode, on renseigne une table contenant 2 fonctions de forme dans les 2 directions orthogonales à l'axe de la structure filaire.

/ GRAPPE\_1 = 'DEBIT\_180' ou 'DEBIT\_300'

Deux choix possibles correspondant aux débits pour lesquels l'excitation GRAPPE1 a été identifiée.

- ◆ NOEUD = no

Noeud d'application de l'excitation.

- ◆ CARA\_ELEM = cara

Concept de type `cara_elem` produit par l'opérateur `AFFE_CARA_ELEM` [U4.42.01], définit les caractéristiques géométriques affectées aux éléments de la structure.

Les caractéristiques géométriques sont nécessaires à l'estimation du diamètre hydraulique. En outre, le concept de type `cara_elem` apporte les informations relatives aux orientations des éléments.

- ◆ MODELE = modele

Concept de type `modele` produit par l'opérateur `AFFE_MODELE` [U4.41.01], définit les types d'éléments affectés aux mailles de la structure.

#### Remarques :

- 1) La longueur d'application  $L$  est caractérisée d'une manière intrinsèque par le domaine de définition des fonctions de forme associées à l'excitation. La zone d'application est centrée autour du nœud d'application.
- 2) L'excitation turbulente pouvant être développée de manière corrélée dans les deux directions orthogonales à l'axe de la structure filaire (axe  $x$ ), les fonctions de forme sont a priori des vecteurs à deux composantes (suivant  $y$  et  $z$ ).

On définit donc, pour chaque mode, deux fonctions de forme (une suivant  $y$  et une suivant  $z$ ) sur l'intervalle  $(0; L)$ . Les fonctions sont ensuite passées dans une table\_fonction à l'opérateur `DEFI_SPEC_TURB`. (cf. cas-test `sdll116a`)

## 3.4 Mot-clé `SPEC_EXCI_POINT`

/ SPEC\_EXCI\_POINT

Mot-clé facteur permettant de définir un spectre d'excitation associé à une ou plusieurs forces et moments ponctuels.

- ◆ / INTE\_SPEC = int\_spec

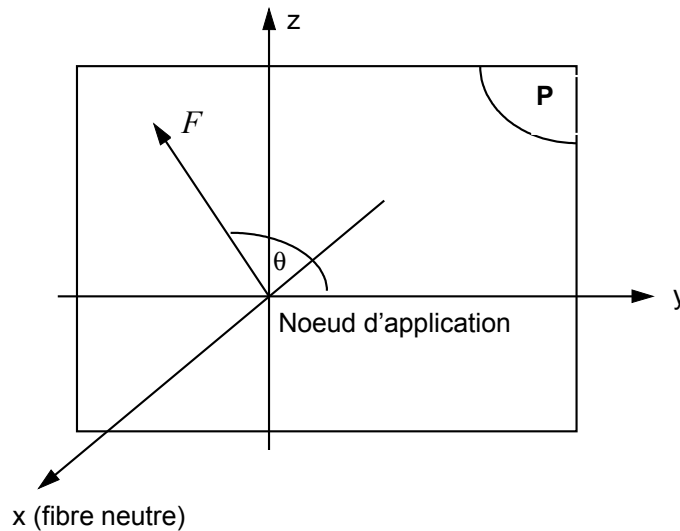
Concept de type `interspectre` définissant une matrice interspectrale d'excitations ponctuelles. Ce concept peut être produit par l'opérateur `LIRE_INTE_SPEC` [U4.56.01] après lecture de la matrice interspectrale sur fichier externe.

NATURE = l\_nat

Liste d'arguments de type texte définissant la nature de l'excitation en chacun des nœuds d'application. Les arguments licites sont 'FORCE' ou 'MOMENT'.

ANGLE = l\_theta

Liste des angles définissant les directions des vecteurs forces et moments en chacun des nœuds d'application (voir schéma).



Le vecteur force est dirigé dans le plan  $P$  orthogonal à la fibre neutre. Dans ce plan, l'azimut  $\theta$  donne la direction du vecteur. Les angles doivent être donnés en **degrés**.

NOEUD = l\_no

Liste des nœuds d'application des excitations ponctuelles.

**Remarque :**

*La matrice interspectrale a pour dimension le nombre de forces et moments ponctuels appliqués. Les termes diagonaux de cette matrice caractérisent les autospectres de ces excitations.*

*Les listes définissant les nœuds d'application, la nature et la direction des excitations imposées doivent donc être ordonnées conformément à la structure de la matrice interspectrale d'excitations.*

/ GRAPPE\_2 = 'ASC\_CEN' ou 'ASC\_EXC' ou 'DES\_CEN' ou 'DES\_EXC'

Quatre choix possibles correspondant aux différentes configurations expérimentales pour lesquelles l'excitation GRAPPE2 a été identifiée :

- écoulement ASCendant tige de commande CENtrée,
- écoulement ASCendant tige de commande EXCentrée,
- écoulement DEScendant tige de commande CENtrée,
- écoulement DEScendant tige de commande EXCentrée.

L'excitation GRAPPE2 est caractérisée par une force et un moment ponctuels appliqués en un même noeud, d'une manière homogène dans les deux directions orthogonales à l'axe de la structure filaire.

RHO\_FLUI = rho\_f

Masse volumique du fluide environnant la structure.

NOEUD = no

Nœud d'application de l'excitation GRAPPE2.

**Remarque :**

*Lorsque l'on recourt à un spectre GRAPPE2 prédéfini, la liste de noeuds attendue sous l'opérande NOEUD est réduite à un seul élément (un seul noeud d'application).*

♦ CARA\_ELEM = cara

Concept de type `cara_elem` produit par l'opérateur `AFFE_CARA_ELEM` [U4.42.01], définit les caractéristiques géométriques affectées aux éléments de la structure. Les caractéristiques géométriques sont nécessaires à l'estimation du diamètre hydraulique. En outre, le concept de type `cara_elem` apporte les informations relatives aux orientations des éléments.

♦ MODELE = modele

Concept de type `modele` produit par l'opérateur `AFFE_MODELE` [U4.41.01], définit les types d'éléments affectés aux mailles de la structure.

## 4 Bibliographie

---

- 1) N. GAY, T. FRIOU : Résorption du logiciel FLUSTRU dans *Aster* HT-32/93/002/B
- 2) L. PEROTIN, M. LAINET : Intégration d'un modèle général d'excitation turbulente dans le *Code\_Aster* : spécifications HT-32/96/003/A