

Manuel d'Utilisation
Fascicule U4.4- : Modélisation
Document : U4.44.31

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 noeuds d'application de ces excitations , la nature de l'excitation appliquée en chacun de ces noeuds (force ou moment) et les directions d'application des excitations ainsi définies.

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              = betal [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' ,
    ),

```

Titre : Opérateur *DEFI_SPEC_TURB*
Auteur(s) : **A. ADOBES**

Date : 27/01/05
Clé : **U4.44.31-E** Page : 3/12

```

/   SPEC_CORR_CONV_2 = _F (
    ♦   FONCTION           =      func ,      [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_FONC_FORME = _F (
    ♦   /   INTE_SPEC      =      int_spec ,   [tabl_intsp]
          FONCTION        =      l_fonc ,      [l_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 ,   [tabl_intsp]
          NATURE           =      l_nat ,       [l_TXM]
          ANGL             =      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 DEFI_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 DEFI_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 DEFI_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 λ_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 et V_g 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.

$$S(f_r) = \frac{\phi_0}{1 - \frac{f_r}{f_{rc}} \frac{\beta/2}{2} + 4\varepsilon^2 \frac{f_r}{f_{rc}} \frac{\beta/2}{2}}$$

avec : $\phi_0 = \phi_0(R_e)$ polynôme du 5^{ième} degré.

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

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

$$f_{rc} = 0.2$$

Si $1.5 \cdot 10^4 < R_e \leq 5 \cdot 10^4$:

$$\phi_0 = 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot [20.42 - 14 \cdot 10^{-4} \cdot R_e - 9.81 \cdot 10^{-8} \cdot R_e^2 + 11.97 \cdot 10^{-12} \cdot R_e^3 - 35.95 \cdot 10^{-17} \cdot R_e^4 + 34.69 \cdot 10^{-22} \cdot R_e^5]$$

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.*

$$S(f_r) = \frac{\phi_0}{1 + \frac{f_r}{f_{rc}}} \beta$$

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.*

$$S(f_r) = \frac{\phi_0}{f_r^\beta} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \phi_0 = \phi_0(f_{rc}) \\ \beta = \beta(f_{rc}) \end{cases} \quad \text{où } f_{rc} = 0.2$$

$$\begin{aligned} \text{Si } f_r \leq f_{rc} \quad & \phi_0 = 5 \cdot 10^{-3} \quad \beta = 0.5 \\ \text{Sinon} \quad & \phi_0 = 4 \cdot 10^{-5} \quad \beta = 3.5 \end{aligned}$$

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 opérandes, il doit obligatoirement renseigner l'autre.
Dans le cas où aucune des deux opérandes n'est renseignée, les valeurs par défaut sont utilisées.*

$$S(f_r) = \frac{\phi_0}{(f_r)^\beta (\rho_v)^\gamma} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \phi_0 = \frac{1}{6.8 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^\phi \\ \phi = A \cdot \tau_v^{0.5} - B \cdot \tau_v^{1.5} + C \cdot \tau_v^{2.5} - D \cdot \tau_v^{3.5} \end{cases}$$

τ_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 $\gamma = 4$.

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

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.

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 \mathbf{x} et \mathbf{x}' sur la structure plane, du type

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

Dans le modèle de base de CORCOS, on a

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

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 :

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

- θ et θ' correspondent aux positions angulaires des deux points du cylindre à corrélérer,
- x et x' désignent les cotes des points à corrélérer,
- 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,
- λ et λ' sont les longueurs de corrélation suivant l'axe et la direction orthoradiale respectivement.
- La corrélation GENERALE est une fonction du type

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

- \mathbf{x} et \mathbf{x}' sont les vecteurs repérant les positions des deux points à corrélérer,
- U_c est la vitesse convective des tourbillons,
- λ 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 $K = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{1/2} / \text{m}^{3/2}$;

ρ 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).

◇ METHODE = '*CORCOS*'

Méthode de corrélation pour les structures de type plaque. Les longueurs de corrélation retenues sont les longueurs du modèle de *CORCOS* par défaut (voir [§3.2]).

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 *tabl_intsp* 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_fonc*

Liste de concepts de type *fonction* définissant la famille de fonctions de forme associée.

/ 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 noeud 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 renseignera donc, par convention, ces fonctions sur l'intervalle $(0 ; 2L)$, les domaines $(0 ; L)$ et $(L ; 2L)$ étant associés respectivement aux directions y et z .

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`

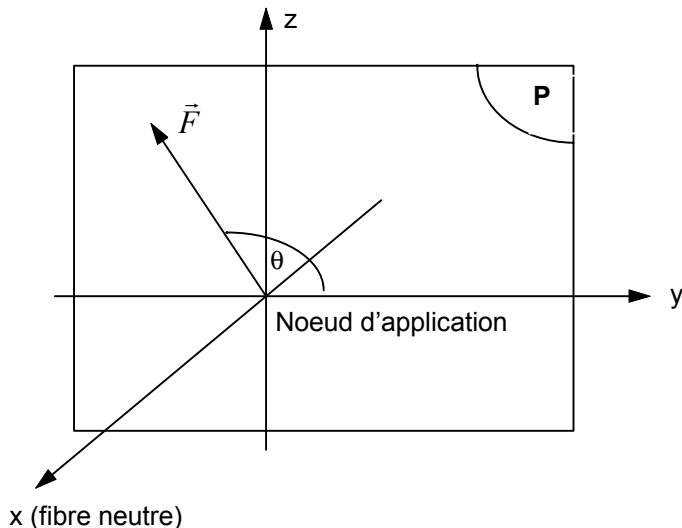
Concept de type `tabl_intsp` définissant une matrice interspectrale d'excitations ponctuelles. Ce concept peut être produit par l'opérateur `LIRE_INTE_SPEC` [U4.56.01] après lecture de la matrice interspectrale sur fichier externe.

`NATURE = l_nat`

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

`ANGL = l_theta`

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



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

NOEUD = l_no

Liste des noeuds 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 noeuds 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

Noeud 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