

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.3- : Fonction**  
**Document : U4.32.04**

# Opérateur *CALC\_FONCTION*

## 1 But

Effectuer des opérations mathématiques sur des structures de données de type fonction.

Les opérations suivantes sont actuellement disponibles :

- la dérivation d'une fonction,
- l'intégration d'une fonction,
- l'inverse d'une fonction,
- la recherche des maximums d'une fonction,
- la valeur absolue d'une fonction,
- la recherche de l'enveloppe de plusieurs fonctions,
- la combinaison linéaire réelle ou complexe de plusieurs fonctions,
- la composition de deux fonctions,
- la concaténation (mise bout à bout avec gestion des chevauchements) de plusieurs fonctions,
- l'extraction d'une fonction réelle à partir d'une fonction complexe,
- le calcul de la norme  $L_2$  d'une fonction,
- le calcul de la puissance  $n^{\text{ième}}$  d'une fonction,
- le calcul de FFT directe ou inverse d'une fonction,
- l'écart type ou la valeur RMS d'une fonction,
- la correction d'un accélérogramme mesuré en vue du calcul d'une réponse sismique,
- le calcul du spectre d'oscillateur d'un accélérogramme (fonction de la fréquence et de l'amortissement) sous forme d'une nappe,
- le lissage enveloppe d'un ou plusieurs spectres bruts d'oscillateur,
- la valeur de l'indicateur de nocivité de séisme.

Produit une structure de données *fonction*, ou *nappe*, ou *table* selon le mot clé *facteur* utilisé.  
En sortie de la commande, la fonction est réordonnée par abscisses croissantes.

## 2 Syntaxe

```

fr      = CALC_FONCTION

( ♦ / DERIVE = _F( ♦ FONCTION = f,           [fonction]
                  ♦ METHODE = 'DIFF_CENTREE', [DEFAULT]
                  ),
  / INTEGRE = _F( ♦ FONCTION = f,           [fonction]
                  ♦ METHODE = / 'TRAPEZE',    [DEFAULT]
                        / 'SIMPSON',
                  ♦ COEF      = / 0.,         [DEFAULT]
                        / r,                [R]
                  ),
  / INVERSE = _F( ♦ FONCTION = f,           [fonction]
                  ),
  / ABS = _F( ♦ FONCTION = f,               [fonction]
              ),
  / MAX = _F( ♦ FONCTION = f,               [fonction]
              ),
  / ENVELOPPE = _F( ♦ FONCTION = f,         [l_fonction]
                   ♦ CRITERE = / 'SUP',     [DEFAULT]
                        / 'INF',
                   ),
  / COMB = _F( ♦ FONCTION = f ,             [fonction]
              ♦ COEF      = r,              [R]
              ),
  ♦ LIST_PARA = lpara,                      [listr8]
  / COMB_C = _F( ♦ FONCTION = f_c,          [fonction_c]
                ♦ / COEF_R = r ,            [R]
                / COEF_C = c ,              [C]
                ),
  ♦ LIST_PARA = lpara,                      [listr8]
  / COMPOSE = _F( ♦ FONC_RESU = f_resu ,    [fonction]
                  ♦ FONC_PARA = f_para ,    [fonction]
                  ),
  / ASSE = _F( ♦ FONCTION = l_f,            [l_fonction]
              ♦ SURCHARGE = / 'DROITE',     [DEFAULT]
                        / 'GAUCHE',
              ),
  / EXTRACTION = _F( ♦ FONCTION = f_c,      [fonction_c]
                    ♦ PARTIE = / 'REEL',
                        / 'IMAG',
                        / 'MODULE',
                        / 'PHASE',
                    ),
  / NORME = _F( ♦ FONCTION = f ,            [fonction]
                ),
  / PUISSANCE = _F( ♦ FONCTION = f ,        [fonction]
                   ♦ EXPOSANT = / n,        [I]
                        / 1,                [DEFAULT]
                   ),

```

Titre :           Opérateur CALC\_FONCTION  
Auteur(s) :    M. COURTOIS, Y. PONS

Date :        08/12/03  
Clé :    U4.32.04-H1 Page :    3/24

```

/   FFT =      _F( ♦   FONCTION = f ,                [fonction]
                      ),
/   ECART_TYPE = ( identique au mot-clé RMS )          [fonction]
/   RMS = _F( ♦   FONCTION = f ,                      [fonction]
                ♦   METHODE = / 'TRAPEZE',           [DEFAULT]
                                / 'SIMPSON',
                ♦   INST_INIT= tdeb,                  [R]
                ♦   INST_FIN = tfin,                  [R]
                ♦   CRITERE = / 'RELATIF',            [DEFAULT]
                                / 'ABSOLU',
                ♦   PRECISION= / 0.001,               [DEFAULT]
                                / prec,                [R]
                      ),
/   LISS_ENVELOP = _F(
                      ,
                ♦   FONCTION = f ,                    [fonction]
                ♦   AMOR = amor,                      [R]
                ♦   FREQ_MIN = / fmin,                 [R]
                ♦   FREQ_MAX = / fmax,                 [R]
                ♦   FREQ_CREUX = lfreq,                [1_R]

                ♦   ELARG = / 'GLOBAL',                [DEFAULT]
                                / 'LOCAL',

    si ELARG = 'LOCAL'
        ♦   FREQ_1 = / f1,                            [R]
        ♦   FREQ_2 = / f2,                            [R]
        ♦   GAUCHE = / valg,                          [R]
                                / 10,                  [DEFAULT]
        ♦   DROITE = / vald,                          [R]
                                / 10,                  [DEFAULT]

    si ELARG = 'GLOBAL'
        ♦   GAUCHE = / valtg,                        [R]
                                / 10,                  [DEFAULT]
        ♦   DROITE = / valtd,                        [R]
                                / 10,                  [DEFAULT]

    ♦   TOLE_LISS = / toleliss,                        [R]
                                / 25,                  [DEFAULT]

    ♦   ECH_FREQ_REF = / 'OUI',
                                / 'NON',                [DEFAULT]

    si ECH_FREQ_REF = 'OUI'
        ♦   / LIST_FREQ = lfreq,                      [1_R]
        / AMOR_ECH = amor,                            [R]
    ),

```

Titre : *Opérateur CALC\_FONCTION*  
Auteur(s) : **M. COURTOIS, Y. PONS**

Date : **08/12/03**  
Clé : **U4.32.04-H1** Page : **4/24**

```

/ CORR_ACCE = _F( ♦ FONCTION = f ,
[fonction]
                ♦ CORR_DEPL = / 'NON',
                                / 'OUI',
                                [DEFAULT]
                ),
/ SPEC_OSCI = _F( ♦ FONCTION = f,
[fonction]
                ♦ METHODE = 'NIGAM',
                                [DEFAULT]
                ♦ AMOR_REDUIT= lam,
                                [l_R]
                ♦ / FREQ = lfre,
                                [l_R]
                / LIST_FREQ = lfreq,
                                [listr8]
                ♦ NATURE = / 'ACCE',
                                [DEFAULT]
                                / 'VITE',
                                / 'DEPL',
                ♦ NATURE_FONC= 'ACCE',
                                [DEFAULT]
                ♦ NORME = / 9.81 ,
                                [DEFAULT]
                                / r ,
                                [R]
                ),

/ NOCI_SEISME = _F(
♦ / FONCTION = f ,
[fonction]
                ♦ OPTION =
                | 'TOUT' ,
                                [DEFAULT]
                | 'MAXI' ,
                ♦ COEF = / 0 ,
                                [DEFAULT]
                                / r1 ,
                                [R]
                ♦ ♦ INST_INIT = tdeb,
                                [R]
                ♦ INST_FIN = tfin,
                                [R]
                ♦ CRITERE = / 'RELATIF',
                                [DEFAULT]
                                / 'ABSOLU',
                ♦ PRECISION = / 0.001,
                                [DEFAULT]
                                / prec,
                                [R]
                | 'INTE_ARIAS',
                ♦ ♦ INST_INIT = tdeb,
                                [R]
                ♦ INST_FIN = tfin,
                                [R]
                ♦ CRITERE = / 'RELATIF',
                                [DEFAULT]
                                / 'ABSOLU',
                ♦ PRECISION = / 0.001,
                                [DEFAULT]
                                / prec,
                                [R]
                | 'POUV_DEST',
                ♦ COEF = / 0 ,
                                [DEFAULT]
                                / r1 ,
                                [R]
                ♦ ♦ INST_INIT = tdeb,
                                [R]
                ♦ INST_FIN = tfin,
                                [R]
                ♦ CRITERE = / 'RELATIF',
                                [DEFAULT]
                                / 'ABSOLU',
                ♦ PRECISION = / 0.001,
                                [DEFAULT]
                                / prec,
                                [R]

```

Titre :           Opérateur *CALC\_FONCTION*  
Auteur(s) :    **M. COURTOIS, Y. PONS**

Date :           08/12/03  
Clé :    U4.32.04-H1 Page :   5/24

```
| 'VITE_ABSO_CUMU',
|   ◇  INST_INIT = tdeb,           [R]
|   ◇  INST_FIN  = tfin,           [R]
|   ◇  CRITERE   = / 'RELATIF',    [DEFAULT]
|   |             / 'ABSOLU',
|   ◇  PRECISION = / 0.001,        [DEFAULT]
|   |             / prec,          [R]
| 'DUREE_PHAS_FORT',
|   ◇  INST_INIT = tdeb,           [R]
|   ◇  INST_FIN  = tfin,           [R]
|   ◇  CRITERE   = / 'RELATIF',    [DEFAULT]
|   |             / 'ABSOLU',
|   ◇  PRECISION = / 0.001,        [DEFAULT]
|   |             / prec,          [R]
|   ◇  BORNE_INF = / 0.05,          [DEFAULT]
|   |             / binf,          [R]
|   ◇  BORNE_SUP = / 0.95,          [DEFAULT]
|   |             / bsup,          [R]
| 'INTE_SPEC',
|   ◆  AMOR_REDUIT = am,           [R]
|   ◇  ◇  FREQ_INIT = / 0.4,        [DEFAULT]
|   |             / fdeb,          [R]
|   ◇  ◇  FREQ_FIN  = / 10.,        [DEFAULT]
|   |             / ffin,          [R]
|   ◇  CRITERE   = / 'RELATIF',    [DEFAULT]
|   |             / 'ABSOLU',
|   ◇  PRECISION = / 0.001,        [DEFAULT]
|   |             / prec,          [R]
|   ◇  NORME     = / 1.,           [DEFAULT]
|   |             / r2,            [R]
| 'ACCE_SUR_VITE',
|   ◇  COEF       = / 0,            [DEFAULT]
|   |             / r1,            [R]
/ SPEC_OSCI = sro,                  [fonction]
◇  OPTION =
| 'TOUT',                          [DEFAULT]
| 'INTE_SPEC',
|   ◆  AMOR_REDUIT = am,           [R]
|   ◇  NATURE      = / 'ACCE',      [DEFAULT]
|   |             / 'VITE',
|   |             / 'DEPL',
|   ◇  NORME       = / 1.,          [DEFAULT]
|   |             / r2,            [R]
|   ◇  ◇  FREQ_INIT = / 0.4,        [DEFAULT]
|   |             / fdeb,          [R]
|   ◇  ◇  FREQ_FIN  = / 10.,        [DEFAULT]
|   |             / ffin,          [R]
|   ◇  CRITERE   = / 'RELATIF',    [DEFAULT]
|   |             / 'ABSOLU',
|   ◇  PRECISION = / 0.001,        [DEFAULT]
|   |             / prec,          [R]
```

Titre : *Opérateur CALC\_FONCTION*  
Auteur(s) : **M. COURTOIS, Y. PONS**

Date : 08/12/03  
Clé : U4.32.04-H1 Page : 6/24

```

                                ◇   FREQ           = lfre,           [l_R]
                                ◇   LIST_FREQ        = lfreq,         [listr8]
                                ),
                                ◇   NOM_PARA = para ,           [Kn]
                                ◇   NOM_RESU = resu ,           [Kn]
                                ◇   PROL_DROITE = / 'CONSTANT',
                                                / 'LINEAIRE',
                                                / 'EXCLU',
                                ◇   PROL_GAUCHE = / 'CONSTANT',
                                                / 'LINEAIRE',
                                                / 'EXCLU'
                                ◇   INTERPOL = | 'LIN',           [l_Kn]
                                                | 'LOG',
                                                | 'NON',
                                ◇   INTERPOL_FONC = | 'LIN',       [l_Kn]
                                                | 'LOG',
                                                | 'NON',
                                ◇   NOM_PARA_FONC = parf,         [Kn]
                                ◇   PROL_DROITE_FONC = / 'CONSTANT',
                                                / 'LINEAIRE',
                                                / 'EXCLU',
                                ◇   PROL_GAUCHE_FONC = / 'CONSTANT',
                                                / 'LINEAIRE',
                                                / 'EXCLU',
                                ◇   TITRE = t,                   [l_Kn]
                                ◇   INFO = / 1,                   [DEFAULT]
                                                / 2,
                                )

```

```

Si mot-clé facteur DERIVE      alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur INTEGRE     alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur INVERSE     alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur MAX         alors fr = [TABLE]
Si mot-clé facteur ABS         alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur ENVELOPPE   alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur COMB        alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur COMB_C      alors fr = [FONCTION_C]
Si mot-clé facteur COMPOSE     alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur ASSE        alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur EXTRACTION  alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur ECART_TYPE  alors fr = [TABLE]
Si mot-clé facteur RMS         alors fr = [TABLE]
Si mot-clé facteur NOCI_SEISME alors fr = [TABLE]
Si mot-clé facteur SPEC_OSCI   alors fr = [NAPPE]
Si mot-clé facteur LISS_ENVELOP alors fr = [NAPPE]
Si mot-clé facteur FFT         alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur CORR_ACCE   alors fr = [FONCTION]
Si mot-clé facteur NORME       alors fr = [TABLE]
Si mot-clé facteur PUISSANCE   alors fr = [FONCTION]

```

## 3 Opérandes

### 3.1 Mot clé DERIVE

/ DERIVE =

On dérive la fonction  $f(t)$ .

◆ FONCTION = *f*

Nom de la fonction que l'on désire dériver.  
Ne s'applique pas aux concepts de type *nappe*.

◇ METHODE =

Nom de la METHODE que l'on désire utiliser : la seule méthode disponible est actuellement *DIFF\_CENTREE* (par défaut).

### 3.2 Mot clé INTEGRE

/ INTEGRE =

On intègre la fonction  $f(t)$ .

◆ FONCTION = *f*

Nom de la fonction que l'on désire intégrer.  
Ne s'applique pas aux concepts de type *nappe*.

◇ METHODE =

Nom de la METHODE que l'on désire utiliser.

Deux méthodes sont disponibles : la méthode des '*TRAPEZE*' (par défaut) et la méthode de '*SIMPSON*'.

La méthode de '*SIMPSON*' est à employer avec précaution car elle peut entraîner des oscillations. Il vaut mieux discrétiser finement  $f(t)$  et intégrer avec la méthode des '*TRAPEZE*'. Notamment il est déconseillé d'utiliser la méthode '*SIMPSON*' pour l'interprétation d'un accélérogramme.

◇ COEF = *r*

Constante d'intégration, par défaut 0.

### 3.3 Mot clé INVERSE

/ INVERSE =

On inverse la fonction  $f(t)$ .

◆ FONCTION = *f*

Nom de la fonction que l'on désire inverser, il est nécessaire que celle-ci soit bijective.  
Ne s'applique pas aux concepts de type *nappe*.

## 3.4 Mot clé MAX

/ MAX =

Recherche de tous les instants où est atteint le maximum.

Cette opération est disponible sur des fonctions de nature *fonction* ou *nappe*.

◆ FONCTION = *f*

Nom de la fonction dont on cherche les maximums.

Si *f* est une fonction, le concept produit est une table dont les paramètres d'accès sont :

FONCTION, MAXI, NOM\_PARA.

où NOM\_PARA est le nom du paramètre de la fonction.

Si *f* est une nappe, le concept produit est une table dont les paramètres d'accès sont :

FONCTION, MAXI, NOM\_PARA, NOM\_PARA\_FONC.

où NOM\_PARA est le nom du paramètre de la nappe et NOM\_PARA\_FONC est le nom du paramètre associé aux fonctions définissant la nappe.

## 3.5 Mot clé ABS

/ ABS =

Fournit la valeur absolue d'une fonction ou d'une nappe.

◆ FONCTION = *f*

Nom de la fonction dont on désire la valeur absolue.

## 3.6 Mot clé ENVELOPPE

/ ENVELOPPE =

Calcul de l'enveloppe de plusieurs fonctions.

Cette opération est disponible sur des opérandes de nature *fonction* ou *nappe*.

### 3.6.1 Opérande FONCTION

◆ FONCTION = *f*

Liste des fonctions dont on cherche l'enveloppe.

### 3.6.2 Opérande CRITERE

◇ CRITERE =

/ 'SUP'

On cherche l'enveloppe supérieure.

/ 'INF'

On cherche l'enveloppe inférieure.

**Remarques pour la recherche de l'enveloppe :**

- *les fonctions doivent être de même nature (fonction ou nappe),*
- *les fonctions sur lesquelles on recherche l'enveloppe doivent être de même paramètre (NOM\_PARA) et de même nom de résultat (NOM\_RESU),*
- *les fonctions de deux variables doivent être définies pour les mêmes paramètres de nappe.*



## 3.7 Mot clé `COMB` et opérande `LIST_PARA`

/ `COMB` =

Combinaison linéaire réelle de plusieurs concepts de nature `fonction` ou `nappe`.

- ◆ `FONCTION` = `f`  
Nom de la fonction à combiner.
- ◆ `COEF` = `r`  
Valeur du coefficient.

◇ `LIST_PARA` = `lpara`

Liste des valeurs des paramètres pour laquelle la combinaison des fonctions sera discrétisée. Si ce mot clé n'est pas renseigné, une liste par défaut est construite en prenant l'union des listes des valeurs des paramètres de chaque fonction.

### Attention :

| Ce n'est pas un mot clé du mot clé facteur `COMB`.

### Remarques pour la combinaison :

- les fonctions à combiner doivent être de même paramètre (`NOM_PARA`) et de même nom de résultat (`NOM_RESU`),
- les fonctions doivent être de même nature (*fonction d'une variable ou nappe de deux variables*),
- les fonctions de deux variables doivent être définies pour les mêmes paramètres de nappe.

## 3.8 Mot clé `COMB_C` et opérande `LIST_PARA`

/ `COMB_C` =

Combinaison linéaire complexe de plusieurs concepts de nature `fonction_c`.

- ◆ `FONCTION` = `f_c`  
Nom de la fonction complexe à combiner.

/ `COEF_R` = `r`,  
/ `COEF_C` = `c`,

Valeur du coefficient multiplicateur, soit sous forme réelle `r`, soit sous forme complexe `c`.

◇ `LIST_PARA` = `lpara`

Liste des valeurs des paramètres pour laquelle la combinaison de fonctions sera discrétisée. Si ce mot clé n'est pas renseigné, une liste par défaut est construite en prenant l'union des listes des valeurs des paramètres de chaque fonction.

### Remarques pour la combinaison :

| Les fonctions à combiner doivent être de même paramètre (`NOM_PARA`) et de même nom de résultat (`NOM_RESU`).

### 3.9 Mot clé COMPOSE

Mot clé facteur permettant de calculer la composée de deux fonctions  $F(G(t))$ .  
Ne s'applique pas aux concepts de type `nappe`.

```
/ COMPOSE =  
  
    ♦ FONC_RESU = f_resu  
      Fonction f_resu(x)  
  
    ♦ FONC_PARA = f_para  
      Fonction f_para(t)
```

On vérifie que le `NOM_PARA` de `f_resu` correspond au `NOM_RESU` de `f_para`.

### 3.10 Mot clé ASSE

```
/ ASSE =  
  
Mot clé facteur permettant de créer une fonction réelle en concaténant plusieurs fonctions  
réelles tabulées.  
Ne s'applique pas aux concepts de type nappe.
```

#### 3.10.1 Opérande FONCTION

```
♦ FONCTION = l_f  
  
Liste des fonctions à concaténer.
```

#### 3.10.2 Opérande SURCHARGE

```
◇ SURCHARGE = / 'DROITE',  
               / 'GAUCHE',
```

Les points de discrétisation de la fonction créée sont ceux de l'ensemble des fonctions de la liste, modulo les effets de surcharge.

Si les domaines de définition des fonctions se chevauchent, l'une des fonctions imposent ses points :

```
SURCHARGE = / 'DROITE' : c'est la fonction qui a le grand xmax qui est choisie,  
SURCHARGE = / 'GAUCHE' : c'est la fonction qui a le plus petit xmin qui est choisie.
```

#### 3.10.3 Vérifications

On vérifie que toutes les fonctions ont le même `NOM_PARA`.

### 3.11 Mot clé EXTRACTION

```
/ EXTRACTION =  
  
Mot clé facteur permettant de construire à partir d'une fonction complexe (type fonct_c),  
une fonction réelle représentant soit la partie réelle, soit la partie imaginaire, soit le module,  
soit la phase de la fonction complexe.
```

#### 3.11.1 Opérande FONCTION

```
♦ FONCTION = f_c  
  
Fonction complexe.
```

### 3.11.2 Opérande PARTIE

- ◆ PARTIE =
  - / 'REEL' : extraction de la partie réelle de  $f\_c$ ,
  - / 'IMAG' : extraction de la partie imaginaire de  $f\_c$ ,
  - / 'MODULE' : extraction du module de  $f\_c$ ,
  - / 'PHASE' : extraction de la phase (en degré) de  $f\_c$ .

### 3.12 Mot clé NORME

Ce mot clé permet de suivre la convergence suivant la norme  $L_2$  d'une suite de fonction  $f_N$  donnée sous forme d'une nappe. La table résultat comporte une ligne par fonction et un seul paramètre d'entrée nommé NORME.

- ◆ FONCTION = f  
Nom de la nappe dont la norme doit être évaluée.

### 3.13 Mot clé PUISSANCE

Ce mot clé permet de construire la puissance  $n^{\text{ième}}$  d'un ensemble de fonctions fourni sous forme d'une nappe.

- ◆ FONCTION = f  
Nom de la fonction f concernée (type nappe).
- ◇ EXPOSANT = n  
La fonction résultat calculée sera  $x \rightarrow f(x)^n$ . Par défaut,  $n = 1$ .

### 3.14 Mot clé FFT

- / FFT =  
On calcule la transformée de Fourier directe ou inverse d'une fonction.
- ◆ FONCTION = f  
Nom de la fonction sur laquelle s'effectue l'opération.  
Si le NOM\_PARA de la fonction est INST, alors la FFT directe est calculée.  
Si le NOM\_PARA de la fonction est FREQ, alors la FFT inverse est calculée.  
Ne s'applique pas aux concepts de type nappe.

### 3.15 Mot clé ECART\_TYPE

- / ECART\_TYPE =  
On calcule l'écart-type de la fonction  $f(t)$  qui est définie par :
 
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(t_{\text{fin}} - t_{\text{deb}})} \int_{t_{\text{deb}}}^{t_{\text{fin}}} (f(t) - \bar{f})^2 dt}$$
 où  $\bar{f}$  est la moyenne sur  $[t_{\text{deb}}, t_{\text{fin}}]$

Les mots clés sont identiques à ceux fournis sous le mot clé facteur RMS.

### 3.16 Mot clé RMS

/ RMS =

On calcule la valeur RMS de la fonction  $f(t)$  qui est définie par :

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{(t_{fin} - t_{deb})} \int_{t_{deb}}^{t_{fin}} f^2(t) dt}$$

◆ FONCTION = f

Nom de la fonction dont on calcule la valeur RMS.  
Ne s'applique pas aux concepts de type *nappe*.

◇ METHODE =

Nom de la METHODE que l'on utilise pour calculer l'intégrale.

Deux méthodes sont disponibles : la méthode des 'TRAPEZE' (par défaut) et la méthode de 'SIMPSON'.

◇ INST\_INIT = tdeb,

◇ INST\_FIN = tfin,

Bornes inférieure et supérieure de l'intervalle d'intégration.

Si ces valeurs ne sont pas renseignées, les points de discrétisation inférieur et supérieur (la relation d'ordre étant définie par rapport au paramètre en abscisse) sont pris comme borne de l'intervalle d'intégration.

◇ PRECISION = / 0.001,  
/ prec,

◇ CRITERE = / 'ABSOLU',  
/ 'RELATIF', [DEFAULT]

On cherche un point de discrétisation de la fonction dans un intervalle défini par la position absolue ou relative autour d'une valeur du paramètre des abscisses pour laquelle la fonction doit être estimée :

- [inst (1-prec) , inst (1+prec)] Si CRITERE = 'RELATIF'
- [inst - prec , inst + prec] Si CRITERE = 'ABSOLU'

Le concept produit est une table de type TABL\_FONC\_RMS dont les paramètres d'accès sont :

FONCTION, METHODE, INST\_INIT, INST\_FIN, RMS.

### 3.17 Mot clé LISS\_ENVELOP

La courbe d'origine est un spectre SRO brut défini sur un grand nombre de points pour un amortissement et un niveau de plancher donné.

La première étape consiste à élargir en fréquence le spectre (décalage à gauche et à droite). Un lissage s'effectue ensuite sur l'enveloppe des 3 spectres (brut, brut décalé à droite, brut décalé à gauche). Cette seconde étape doit permettre de diminuer le nombre de points de définition du spectre tout en restant enveloppe. Dans la plupart des cas, on cherche à relier les pics entre eux (lissage pic à pic) mais on souhaite pouvoir conserver une fréquence de creux pour certains spectres, lorsque celui-ci a une signification physique.

Chaque spectre brut est traité sous une occurrence du mot-clé LISS\_ENVELOP. La méthode de lissage enveloppe est détaillée dans le document [R4.05.04].

◆ FONCTION = f

Nom de la fonction simple représentant le spectre brut à lisser.

Nom de la nappe d'entrée formée des spectres bruts associés à chaque niveau d'amortissement.

◇ AMOR = amor

Niveau d'amortissement permettant de sélectionner le spectre brut à traiter si une nappe est renseignée sous FONCTION.

◇ FREQ\_MIN et FREQ\_MAX

Plage de définition en fréquence du spectre lissé.

Les fréquences mentionnées sous FREQ\_MIN et FREQ\_MAX doivent être choisies parmi les fréquences de discrétisation du spectre brut.

Par défaut, on considère le spectre complet.

◇ FREQ\_CREUX

Liste des fréquences de creux à conserver.

Les fréquences sélectionnées doivent être choisies parmi les fréquences de discrétisation du spectre brut.

◇ ELARG

Type d'élargissement en fréquence du spectre.

Deux options sont disponibles :

'GLOBAL' : l'élargissement porte sur l'ensemble du spectre (par défaut),

'LOCAL' : l'élargissement porte sur une plage de fréquence renseignée sous les opérandes FREQ\_1 et FREQ\_2. Les deux fréquences mentionnées doivent être choisies parmi les fréquences de discrétisation du spectre brut.

Les élargissements à gauche et à droite sont définis sous les opérandes GAUCHE et DROITE.

Ils sont donnés en pourcentage et valent 10% par défaut.

Pour chaque fréquence  $F_i$  du spectre brut contenue dans l'intervalle de travail, on définit deux nouvelles valeurs de fréquences telles que :

- $F^- = F_i(1 - \tau_g)$  avec  $0 < \tau_g < 1$ ,
- $F^+ = F_i(1 + \tau_d)$  avec  $0 < \tau_d < 1$ .

Les paramètres  $\tau_g$  et  $\tau_d$  représentent l'amplitude de l'élargissement en fréquence.

Les valeurs des fréquences excentrées  $F^-$  et  $F^+$  ne correspondent pas aux valeurs  $F_i$  de la liste de définition du spectre brut. On définit ainsi  $F_j$  et  $F_k$  telles que :

- $F_j$  : valeur appartenant à la liste, immédiatement inférieure ou égale à  $F^-$ ,
- $F_k$  : valeur appartenant à la liste, immédiatement inférieure ou égale à  $F^+$ .

Pour chaque fréquence  $F_i$ , deux points de coordonnées  $(F_j, \gamma_i)$  et  $(F_k, \gamma_i)$  sont définies

où  $\gamma_i$  représente l'accélération à la fréquence  $F_i$ . Deux nouveaux spectres résultants du décalage du spectre brut sur l'axe des fréquences sont donc construits.

◇ TOLE\_LISS

Critère en pourcentage portant sur l'élimination des points lors de lissage. Cette tolérance est fixée à 25% par défaut.

Le lissage est réalisé sur l'enveloppe des spectres brut, décalé à droite et à gauche.

◇ ECH\_FREQ\_REF

Définition de l'échantillonnage en fréquence du spectre lissé sous l'occurrence de LISS\_ENVELOP.

Deux options sont disponibles :

ECH\_FREQ\_REF = 'NON'

Chaque spectre lissé conserve l'échantillonnage en fréquence fixé intrinsèquement par la procédure de lissage enveloppe (tolérance de lissage, fréquences de creux). Cette option est activée par défaut.

ECH\_FREQ\_REF = 'OUI'

L'utilisateur définit un échantillonnage en retenant :

- une liste de fréquences sous l'opérande LIST\_FREQ,  
ou
- un échantillonnage en fréquence obtenu pour un spectre traité sous l'une des occurrences de LISS\_ENVELOP. Ce spectre de référence est repéré en mentionnant le niveau d'amortissement sous AMOR\_ECH.

Dans les deux cas, chaque spectre conserve ses fréquences de creux.

Il est donc possible de définir un échantillonnage en fréquence commun à chacun des spectres traités sous les différentes occurrences de LISS\_ENVELOP.

Une alarme est émise lorsqu'une accélération du spectre brut est supérieure à une accélération du spectre lissé enveloppe.

Des exemples d'application sont proposés dans le cas test zzzz100d.

## 3.18 Mot clé CORR\_ACCE

/ CORR\_ACCE =

Mot clé facteur permettant de corriger un accélérogramme mesuré en vue du calcul de la réponse sismique d'un système.

On supprime la dérive du signal, calculée par lissage linéaire au sens des moindres carrés sur la totalité du signal, afin de rendre l'accélérogramme plus réaliste. La dérive de la vitesse relative correspondante est également supprimée.

On retourne en sortie l'accélérogramme corrigé.

### 3.18.1 Opérande FONCTION

◆ FONCTION = f

Accélérogramme réel mesuré.

Ne s'applique pas aux concepts de type *nappe*.

### 3.18.2 Opérande CORR\_DEPL

◇ CORR\_DEPL =

/ 'NON'

On ne corrige pas la dérive du déplacement relatif, c'est la valeur par défaut.

/ 'OUI'

On supprime aussi la dérive du déplacement relatif. Cette option est à utiliser avec précaution, car on ne connaît pas a priori la valeur du déplacement final après le séisme.

## 3.19 Mot clé SPEC\_OSCI

/ SPEC\_OSCI =

Calcule le spectre d'oscillateur d'un accélérogramme, fonction de nature `fonction` [R4.05.03].

Le spectre d'oscillateur n'est calculable que sur les fonctions de `NOM_RESU` = 'ACCE' et de `NOM_PARA` = 'INST'.

Pour tout  $i$  et tout  $j$  on considère  $q_i^j$  la solution de l'équation différentielle :

$$\ddot{q}_i^j + 2 \xi_j \omega_i \dot{q}_i^j + \omega_i^2 q_i^j = f(t)$$

$$\text{avec } q_i^j(0) = \dot{q}_i^j(0) = f(0) \text{ et } \omega_i = 2 \pi \varphi_i$$

Le concept produit `fr` est une nappe (fonction à deux variables) constituée des fonctions  $(fr_i, \dots, fr_j, \dots)$  avec  $fr_j$  fonction définie aux points  $\omega_i$  avec :

$$fr_j(\omega_i) = \max_{t \in D} |q_i^j(t)| \text{ et } D = \{t / f \text{ définie}\}$$

Par défaut pour le calcul du spectre d'oscillateur

- on considère pour les amortissements réduits les valeurs :  
0.02      0.05      0.10
- on considère pour les fréquences, les 150 valeurs suivantes en Hz,  
la première est à 0.2 Hz et on déduit les suivantes par la règle ;  
de la      2ème      à la 57ème : par pas de      0.05 Hz  
58      65      0.075 Hz  
66      79      0.10 Hz  
80      103      0.125 Hz  
104      131      0.25 Hz  
132      137      0.5 Hz  
138      141      1. Hz  
142      150      1.5 Hz
- le spectre est normé à  $g$  (soit à la valeur  $9.81 \text{ ms}^{-2}$ ).

### 3.19.1 Opérande FONCTION

- ◆ `FONCTION` = `f`  
Nom de la fonction sur laquelle s'effectue l'opération.  
Ne s'applique pas aux concepts de type `nappe`.

### 3.19.2 Opérande METHODE

- ◇ `METHODE` =  
Nom de la `METHODE` que l'on désire utiliser : la seule méthode utilisable actuellement est 'NIGAM' (par défaut) qui est détaillée dans le document [R5.05.01].

### 3.19.3 Opérande AMOR\_REDUIT

- ◇ `AMOR_REDUIT` = `lam`  
 $lam = (\xi_1, \dots, \xi_i, \dots)$   
Liste des amortissements réduits : exemple 0.01, 0.05, ....

**3.19.4 Opérands FREQ / LIST\_FREQ**

/ ◇ FREQ = lfre  
       lfre =  $(\varphi_1, \dots, \varphi_i, \dots)$ . Liste des fréquences.

/ ◇ LIST\_FREQ = lfreq  
       Liste des fréquences fournies sous un concept listr8.

**3.19.5 Opérands NATURE / NATURE\_FONC**

◇ NATURE =  
   Nature de la grandeur de la nappe créée par la commande CALC\_FONCTION.

      'ACCE' : spectre de pseudo – accélération  $\ddot{u}(t) = \omega_i^2 u(t)$   
       'VITE' : spectre de pseudo – vitesse  $\dot{u}(t) = \omega_i u(t)$   
       'DEPL' : spectre de déplacement  $u(t)$

◇ NATURE\_FONC = 'ACCE'  
   Nature de la fonction qui sert à construire le spectre. Pour l'instant seule la valeur 'ACCE' est disponible. Ce mot clé permet de surcharger le NOM\_RESU de la fonction spécifiée sous le mot clé FONCTION lorsque celle-ci est créée par RECU\_FONCTION [U4.32.03].

**3.19.6 Opérande NORME**

◇ NORME = r  
   Le spectre d'oscillateur sera normé à la valeur r (valeur de la pseudo-accélération).

**3.20 Mot clé NOCI\_SEISME**

/ NOCI\_SEISME =

◆ / FONCTION = f,  
   / SPEC\_OSCI = sro,

Nom de la fonction ou de la nappe considérée qui doivent être défini dans DEFI\_FONCTION [U4.31.02] avec NOM\_RESU = 'ACCE'.

Si l'on considère une nappe, seul le calcul d'intensité spectral est disponible.

◇ / OPTION =  
   Permet de choisir un ou plusieurs des six indices de nocivité suivants :

    | 'TOUT'  
       donne l'ensemble des six indices de nocivité,

    | 'MAXI'  
       donne le maximum de l'accélération, de la vitesse et du déplacement  

$$PGA = \max_{t \in [t_i, t_f]} \{|\Gamma(t)|\}, PGV = \max_{t \in [t_i, t_f]} \{|\dot{v}(t)|\} PGD = \max_{t \in [t_i, t_f]} \{|\dot{x}(t)|\}$$



| 'INTE\_ARIAS'

donne l'intensité d'Arias  $I_A = \frac{\pi}{2g} \int_{t_i}^{t_f} \Gamma^2(t) dt$

| 'POUV\_DEST'

donne le pouvoir destructeur  $Pd = \frac{I_A}{v_0^c} = \frac{\pi^3}{2g} \int_{t_i}^{t_f} v(t)^2 dt$

| 'VITE\_ABSO\_CUMU'

donne la valeur absolue cumulée de la vitesse  $CAV = \int_{t_i}^{t_f} |\Gamma(t)| dt$

| 'DUREE\_PHAS\_FORT' durée de phase forte :

Durée minimale  $t_{\text{sup}} - t_{\text{inf}}$  telle que :

$$b \inf \times I_A \leq \frac{\pi}{2g} \int_{t_{\text{inf}}}^{t_{\text{sup}}} \Gamma^2(t) dt \leq b \sup \times I_A$$

| 'INTE\_SPEC' intensité spectrale

$$I_H = \int_{f_{\text{deb}}}^{f_{\text{fin}}} \frac{S_v(f, n)}{f^2} df$$

| 'ACCE\_SUR\_VITE' rapport Amax/Vmax

$$\text{ACCE\_SUR\_VITE} = \frac{\max_{t \in [t_i, t_f]} \{|\Gamma(t)|\}}{\max_{t \in [t_i, t_f]} \{|v(t)|\}}.$$

Suivant l'option, on doit renseigner certains paramètres, si on indique pas d'option, par défaut, on calcule tous les indices donc il faut tout renseigner.

La méthode d'intégration est la méthode des 'TRAPEZE'

INST\_INIT = tdeb,  
INST\_FIN = tfin,

Bornes inférieure et supérieure de l'intervalle de temps.

Si ces valeurs ne sont pas renseignées, les points de discrétisation inférieur et supérieur (la relation d'ordre étant définie par rapport au paramètre en abscisse) sont pris comme borne de l'intervalle.

PRECISION = / 0.001,  
/ prec,

CRITERE = / 'ABSOLU',  
/ 'RELATIF', [DEFAULT]

On cherche un point de discrétisation de la fonction dans un intervalle défini par la position absolue ou relative autour d'une valeur du paramètre des abscisses pour laquelle la fonction doit être estimée :

- [inst\*(1-prec) , inst\*(1+prec)] si CRITERE = 'RELATIF'
- [inst - prec , inst + prec] si CRITERE = 'ABSOLU'
- [freq\*(1-prec) , freq\*(1+prec)] si CRITERE = 'RELATIF'
- [freq - prec , freq + prec] si CRITERE = 'ABSOLU'

COEF = r1

Constante d'intégration, par défaut 0. Dans l'option 'MAXI', on calcule la vitesse et le déplacement par deux intégrations successives de l'amortissement, il faut donc renseigner COEF si l'on ne veut pas le prendre par défaut.

FREQ\_INIT = fdeb,  
FREQ\_FIN = ffin,

Fréquences représentant les deux bornes d'intégration pour le calcul de l'intensité spectrale. Celles-ci doivent être comprises entre les extréma de la base de fréquences définissant la nappe SRO, sinon se pose un problème d'interpolation. Par défaut, ces deux fréquences valent 0,4Hz et 10Hz.

AMOR\_REDUIT = am

Amortissement réduit, pour le calcul de l'intensité spectrale.

FREQ = lfre

fre =  $(\varphi_1, \dots, \varphi_i, \dots)$ . Liste des fréquences.

LIST\_FREQ = lfreq

Liste des fréquences fournies sous un concept listr8.

NORME = r2

Le spectre d'oscillateur sera normé à la valeur r2 (valeur de la pseudo-accélération).

BORNE\_INF = binf,  
BORNE\_SUP = bsup,

Bornes limitant la part d'intensité Arias définissant les instants initial et final de la phase forte (entre (binf)% et (bsup)% de  $(I_A)_{\max}$ ) du séisme.

## 3.21 Attributs du concept fonction en sortie

### 3.21.1 Valeurs par défaut

Par défaut les attributs du concept fonction en sortie de la commande CALC\_FONCTION sont pour les différentes options (cf. commandes DEFI\_FONCTION [U4.31.02] et DEFI\_NAPPE [U4.31.03]).

- Option DERIVE :  
Interpolation : donnée par la fonction en entrée  
Prolongement gauche : donnée par la fonction en entrée  
Prolongement droit : donnée par la fonction en entrée  
NOM\_PARA = 'INST'  
NOM\_RESU = 'VITE' ou 'ACCE'
- Option INTEGRE :  
Interpolation : donnée par la fonction en entrée  
Prolongement gauche : donnée par la fonction en entrée  
Prolongement droit : donnée par la fonction en entrée  
NOM\_PARA = 'INST'  
NOM\_RESU = 'DEPL' ou 'VITE'
- Option MAX :  
Interpolation : 'NON'  
Prolongement gauche : 'EXCLU'  
Prolongement droit : 'EXCLU'  
NOM\_PARA : donnée par la fonction en entrée  
NOM\_RESU : donnée par la fonction en entrée

- Options COMB / COMB\_C :  
Les attributs de la première fonction combinée.
- Option SPEC\_OSCI : le résultat est une nappe  
Les attributs de la nappe :  
NOM\_PARA = 'AMOR'  
NOM\_RESU = 'DEPL' ou 'VITE' ou 'ACCE'  
Interpolation : 'LOG'  
Prolongement gauche : 'EXCLU'  
Prolongement droit : 'EXCLU'  
Les attributs de chaque fonction :  
NOM\_PARA = 'FREQ'  
Interpolation : 'LOG'  
Prolongement gauche : 'EXCLU'  
Prolongement droit : 'CONSTANT'
- Option LISS\_ENVELOP :  
Les attributs sont donnés par la fonction d'entrée.
- Option ENVELOPPE :  
Interpolation : 'LIN'  
Prolongement gauche : 'CONSTANT'  
Prolongement droit : 'CONSTANT'  
NOM\_PARA : donnée par la fonction en entrée  
NOM\_RESU : donnée par la fonction en entrée
- Option FFT :  
NOM\_PARA = FREQ si NOM\_PARA de la fonction est INST  
Sinon c'est l'inverse
- Option COMPOSE :  
NOM\_PARA : celui de la fonction FONC\_PARA  
NOM\_RESU : celui de la fonction FONC\_RESU  
INTERPOL : celui de la fonction FONC\_RESU  
Prolongement : celui de la fonction FONC\_RESU
- Option EXTRACTION :  
Attributs identiques à ceux de la fonction donnée en entrée
- Option ASSE :  
NOM\_PARA : celui des fonctions  
NOM\_RESU : celui des fonctions  
INTERPOL : linéaire  
Prolongement : 'EXCLU'

### 3.21.2 Surcharge des attributs

L'utilisateur peut surcharger les attributs donnés par défaut en utilisant les mots clés suivants :

#### 3.21.2.1 Opérande NOM\_PARA

◇ NOM\_PARA = para

Il désigne le nom du paramètre (variable ou abscisse) de la fonction ou de la nappe. Les valeurs actuellement autorisées pour para sont :

/ 'TEMP'	/ 'INST'	/ 'EPSI'
/ 'X'	/ 'Y'	/ 'Z'
/ 'FREQ'	/ 'PULS'	/ 'AMOR'
/ 'DX'	/ 'DY'	/ 'DZ'
/ 'DRX'	/ 'DRY'	/ 'DRZ'
/ 'ABSC'		

#### 3.21.2.2 Opérande NOM\_RESU

◇ NOM\_RESU = resu

Il permet de documenter, la fonction créée en donnant un nom (8 caractères) à la fonction. Sauf exception (cf. [§3.1], [3.2], [§3.5]), ce nom n'est pas testé.

#### 3.21.2.3 Opérande INTERPOL

◇ INTERPOL

Type d'interpolation de la fonction entre les valeurs du paramètre du domaine de définition. Derrière ce mot clé on attend une liste de paramètres (deux au maximum) parmi 'NON', 'LIN', 'LOG'. Si une seule valeur est donnée l'interpolation sera identique pour les abscisses et les ordonnées. Si deux valeurs sont données, la première correspond à l'interpolation des abscisses et la deuxième à l'interpolation des ordonnées.

#### 3.21.2.4 Opérandes PROL\_DROITE / PROL\_GAUCHE

◇ PROL\_DROITE et PROL\_GAUCHE

Ils définissent le type de prolongement à droite (à gauche) du domaine de définition de la variable :

- 'CONSTANT' pour un prolongement avec la dernière (ou première) valeur de la fonction,
- 'LINEAIRE' pour un prolongement le long du premier segment défini (PROL\_GAUCHE) ou du dernier segment défini (PROL\_DROITE),
- 'EXCLU' si l'extrapolation des valeurs en dehors du domaine de définition du paramètre est interdite.

#### 3.21.2.5 Opérandes NOM\_PARA\_FONC / INTERPOL\_FONC / PROL\_DROITE\_FONC / PROL\_GAUCHE\_FONC

Ces mots clé permettent de modifier les attributs des fonctions qui interviennent dans la définition des nappes. Ils ont donc la même signification que les mots clé sans le suffixe FONC.

## 3.22 Opérande TITRE

◇ TITRE = t

Titre attaché au concept produit par cet opérateur [U4.03.01].

## 3.23 Opérande INFO

◇ INFO =

Précise les options d'impression sur le fichier MESSAGE.

- 1 pas d'impression
- 2 impression du descripteur de la fonction (option par défaut) et de la liste des 10 premières valeurs de chaque fonction dans l'ordre croissant des 10 premiers paramètres.

## 4 Exemples

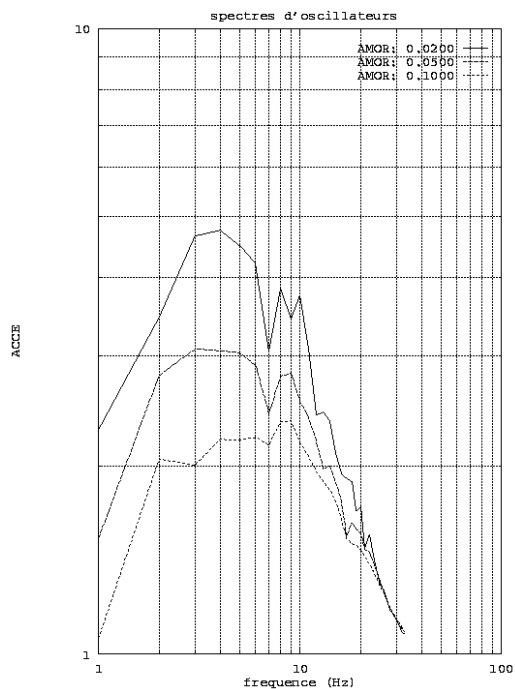
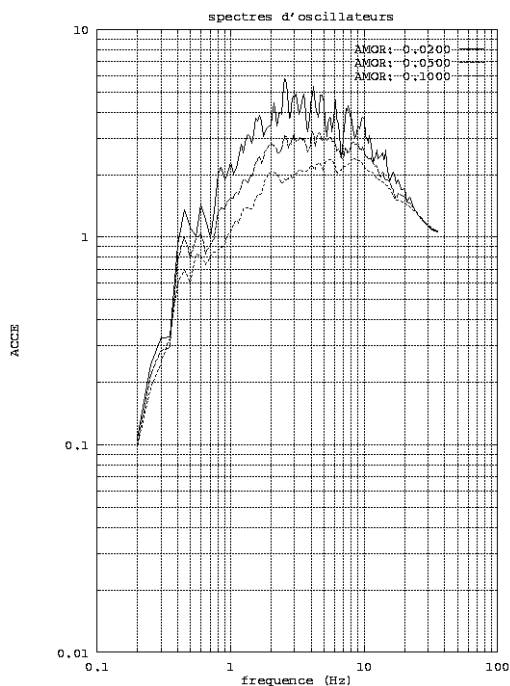
### 4.1 Calcul de spectres d'oscillateurs

Le fichier de commandes qui suit :

```
lbew = LIRE_FONCTION( UNITE= 25)
spos = CALC_FONCTION( SPEC_OSCI=_F( FONCTION= lbew
                                     NORME   = 1.          ) )

IMPR_COURBE (   FICHER= 'POSTSCRIPT'
                LABEL_X= 'frequence (Hz)'
                LABEL_Y= 'ACCE'
                DATE    = 'NON'
                SORTIE  = 'MONOCHROME'
                TITRE   = 'spectres d'oscillateurs'
                COURBE  = _F(FONCTION= spos
                              )
                )
```

produit le dessin suivant :



## 4.2 Recherche de max de la fonction lbew

```
lbewM = CALC_FONCTION( MAX=_F( FONCTION= lbew),
                        TITRE= 'calcul du max de la fonction "lbew" ' )
IMPR_TABLE ( TABLE = lbewM)

Donne sur le fichier 'RESULTAT'.
```

```
CONCEPT lbewM CALCULE LE 05/02/98 A 09:56:21 DE TYPE
TABL_FONC_MAX
FONCTION      MAXI      INST
lbewM      1.00000E+00  1.21000E+00
lbewM     -1.00000E+00  4.84000E+00
lbewM     -1.00000E+00  4.86000E+00
```

## 4.3 Calcul d'une enveloppe

Le fichier de commandes qui suit :

```
depi = DEFI_VALEUR( R8= EVAL( 2. * pi ) )
pas  = DEFI_VALEUR( R8= EVAL( depi / 200. ) )
li1  = DEFI_LIST_REEL( DEBUT= 0.,
                      INTERVALLE=_F( JUSQU_A= depi, PAS= pas ) )
si=FORMULE( REEL=""(REEL:inst) = sin(inst)"" )
co=FORMULE( REEL=""(REEL:inst) = cos(inst)"" )
si = CALC_FONC_INTERP( reuse = si, FONCTION= si , LIST_PARA= li1 ,
                      NOM_RESU= 'depl' )
co = CALC_FONC_INTERP( reuse = co, FONCTION= co , LIST_PARA= li1
                      NOM_RESU= 'depl' )

env1 = CALC_FONCTION( ENVELOPPE=_F( FONCTION= ( si , co ),
                                   CRITERE= 'sup' ) )
IMPR_COURBE( FICHIER= 'POSTSCRIPT'
             LABEL_X= 'Instant (s)'
             LABEL_Y= ' '
             DATE   = 'NON'
             SORTIE = 'MONOCHROME'
             TITRE  = 'enveloppe sup des fonctions sinus et cosinus'
             COURBE = ( _F( FONCTION= env1 ),
                       _F( FONCTION= si   ),
                       _F( FONCTION= co   ) )
             )
```

## 4.4 Calcul de la dérivée de la fonction si

Les commandes qui suivent

```
der1 = CALC_FONCTION( DERIVE=_F( FONCTION= si ),
                     TITRE= 'calcul de la dérivée de la fonction "sinus" ' )

inst1 = DEFI_VALEUR( R8= EVAL( 20. * pas ) )

TEST_FONCTION( VALEUR=
               _F( FONCTION = der1, NOM_PARA = 'inst',
                   VALE_PARA= inst1, VALE_REFE= EVAL(co(inst1)) )
               )
```

produisent sur le fichier 'RESULTAT' :

```
---- FONCTION : DER1
OK INST      RELA  -0.016 %      VALE : 8.0888392298051E-01
      6.28319E-01 TOLE   0.100 %      REFE : 8.0901699437495E-01
```

## 4.5 Concaténation de deux fonctions

```

dfc1 =      DEFI_FONCTION      (  NOM_PARA =      'X',
                                VALE =      (  0., 10.,
                                                4., 14.,
                                                6., 16.) )

dfc2 =      DEFI_FONCTION      (  NOM_PARA =      'X',
                                VALE =      (  5., 25.,
                                                7., 27.,
                                                8., 28.) )

dfc3 =      CALC_FONCTION      (  ASSE = _F( FONCTION = (dfc1, dfc2),
                                SURCHARGE = 'DROITE' ) )

dfc4 =      CALC_FONCTION      (  ASSE = _F( FONCTION = (dfc1, dfc2),
                                SURCHARGE = 'GAUCHE' ) )

```

Les valeurs de la fonction dfc3 sont :

```

x  =  0.      4.      5.      7.      8.
y  =  10.     14.     25.     27.     28.

```

Les valeurs de la fonction dfc4 sont :

```

x  =  0.      4.      6.      7.      8.
y  =  10.     14.     16.     27.     28.

```

## 4.6 Composition de deux fonctions

```

fonc1 = DEFI_FONCTION  (  NOM_PARA =  'X',
                        NOM_RESU  =  'F',
                        VALE      =  (  0.,    0.,
                                        2.,    5.,
                                        3.,   10.,
                                        5.,   15.,
                                        7.,   13.,
                                        8.,   10.,
                                        10.,    9.,
                                        12.,    8.,
                                        13.,    5.,
                                        15.,    1.,
                                        20.,    0. ) )

fonc2 = DEFI_FONCTION  (  NOM_PARA =  'INST',
                        NOM_RESU  =  'X',
                        VALE      =  (  0.,    0.,
                                        0.1,    2.,
                                        0.2,    4.,
                                        0.3,    6.,
                                        0.4,    8.,
                                        0.5,   10.,
                                        0.6,   12.,
                                        0.7,   14.,
                                        0.8,   16.,
                                        0.9,   18.,
                                        1.0,   20. ) )

comp1 = CALC_FONCTION  (  COMPOSE = _F( FONC_RESU =  fonc1,
                                        FONC_PARA =  fonc2 )
                        )

```

Les valeurs de la fonction comp1 sont :

```

inst  =  0.  0.1  0.2  0.3  0.4  0.5  0.6  0.7  0.8  0.9  1.0
F      =  0.  5.  12.5  14.  10.  9.  8.  3.  0.8  0.4  0.

```