

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.

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]
            ),
/ COMB_C = _F( ♦ FONCTION = f_c, [fonction_c]
              ♦ / COEF_R = r, [R]
              / COEF_C = c, [C]
              ),
      # si COMB ou COMB_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]
                 ),

```

```

/   FFT =      _F( ♦   FONCTION = f ,                [fonction]
                   ◇   METHODE   = /   'PROL_ZERO' ,    [DEFAULT]
                                   /   'TRONCATURE' ,
                   ),
/   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 ,              [l_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 ,        [l_R]
                  /   AMOR_ECH   = amor ,           [R]
              ),

```

Titre : *Opérateur CALC_FONCTION*
Auteur(s) : **M. COURTOIS, Y. PONS**

Clé : **U4.32.04-H** Date : **08/03/05**
Page : **4/24**

```

/  CORR_ACCE = _F( ♦  FONCTION = f ,                                [fonction]
                  ◇  CORR_DEPL = / 'NON' ,                        [DEFAULT]
                              / 'OUI' ,
                  ),
/  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]

```

```

| '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**

Clé : **U4.32.04-H** Date : **08/03/05**
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_ENVELOPPE 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'une fonction ou d'un ensemble de fonctions fourni sous forme d'une nappe.

- ◆ FONCTION = f
Nom de la fonction f concernée (type fonction ou 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 (algorithme FFT).
- ◆ 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.
- ◇ METHODE =
L'algorithme FFT n'accepte en entrée qu'un signal dont le nombre d'échantillons est une puissance de 2.
La méthode 'PROL_ZERO' (par défaut) propose de prolonger le signal d'entrée avec des zéros jusqu'à avoir un nombre total d'échantillon qui est la première puissance de 2 dont la valeur est supérieure au nombre d'échantillons initial.
La méthode 'TRONCATURE' ne va considérer que les premiers échantillons dont le nombre total est la plus grande puissance de deux dont la valeur est inférieure au nombre initial d'échantillon.
Par exemple, sur un signal de 601 valeurs, la méthode 'PROL_ZERO' va compléter le signal pour avoir 1024 échantillons, alors que la méthode 'TRONCATURE' ne va considérer que les 512 premiers instants.
Si le signal d'entrée a un nombre d'échantillon qui est une puissance de deux, les deux méthodes sont bien évidemment équivalentes : on prend en compte le signal sans le modifier.

3.15 Mot clé ECART_TYPE

/ ECART_TYPE =

On calcule l'écart-type de la fonction $f(t)$ qui est définie par :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(t_{fin} - t_{deb})} \int_{t_{deb}}^{t_{fin}} (f(t) - \bar{f})^2 dt} \text{ où } \bar{f} \text{ est la moyenne sur } [t_{deb}, t_{fin}]$$

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 τ_g et τ_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, γ_i) et (F_k, γ_i) sont définies où γ_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 ω_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 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), cette valeur est rappelée dans le fichier de message.

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 :

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

| '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 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
```

4.2 Calcul d'une enveloppe

Le fichier de commandes qui suit :

```
depi = 2. * pi  
pas  = depi / 200.  
li1  = DEFI_LIST_REEL( DEBUT= 0.,  
                       INTERVALLE=_F( JUSQU_A= depi, PAS= pas ) )  
si=FORMULE( PARA = 'INST', VALE = ""sin(INST)"" )  
co=FORMULE( PARA = 'INST', VALE = ""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' ) )
```

4.3 Calcul de la dérivée de la fonction si

Les commandes qui suivent

```
der1 = CALC_FONCTION( DERIVE=_F( FONCTION= si ),  
                      TITRE= 'calcul de la dérivé de la fonction "sinus" ' )  
  
inst1 = 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
```

4.4 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.

4.5 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.

Page laissée intentionnellement blanche.