Opérateur DEFI_FONC_ELEC

1 But

Définir une fonction du temps intervenant dans le calcul des forces de Laplace.

Ces forces s'exercent sur un conducteur principal (s'appuyant sur un maillage *Aster*) agissant avec un ou plusieurs conducteurs secondaires (ne s'appuyant pas nécessairement sur des maillages *Aster*) ; ces conducteurs sont parcourus par des intensités de courant de court-circuit. L'expression de la force de Laplace se compose du produit d'une fonction du temps due elle-même aux produits des intensités de courant et d'une fonction de l'espace due à la position relative des conducteurs.

Produit une structure de données de type `fonction`.

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

2 Syntaxe

```
f[fonction] = DEFI_FONC_ELEC (

      ◊  FREQ   =  /   fr,                                          [R]
                   /  50.,                                          [DEFAUT]
      ◊  SIGNAL =  /  'COMPLET',                                    [DEFAUT]
                   /  'CONTINU',
      ♦  /  ♦  COUR      =  (_F(
                              ♦  INTE_CC_1        =  I1,           [R]
                              ♦  TAU_CC_1         = τ1,            [R]
                              ♦  /  PHI_CC_1      = ϕ1,            [R]
                                 /  INTC_CC_1     =  IC1,          [R]
                              ♦  INTE_CC_2        =  I2,           [R]
                              ♦  TAU_CC_2         = τ2,            [R]
                              ♦  /  PHI_CC_2      = ϕ2,            [R]
                                 /  INTC_CC_2     =  IC2,          [R]
                              ◊  INST_CC_INIT     =  ti,           [R]
                              ♦  INST_CC_FIN      =  tf,           [R]
                            ),),
         /  ♦  COUR_PRIN =  (_F(
                              ♦  INTE_CC_1        =  I1,           [R]
                              ♦  TAU_CC_1         = τ1,            [R]
                              ♦  /  PHI_CC_1      = ϕ1,            [R]
                                 /  INTC_CC_1     =  IC1,          [R]
                              ◊  INTE_RENC_1      =  I1R,          [R]
                              ◊  TAU_RENC_1       = τ1R,           [R]
                              ◊  PHI_RENC_1       = ϕ1R,           [R]
                              ♦  INST_CC_INIT     =  ti,           [R]
                              ♦  INST_CC_FIN      =  tf,           [R]
                              ◊  INST_RENC_INIT   =  /  tiR,       [R]
                                                     /  0.,        [DEFAUT]
                              ◊  INST_RENC_FIN    =  /  tfR,       [R]
                                                     /  0.,        [DEFAUT]
                             ),),
         ♦  COUR_SECO =  (_F(
                              ♦  INTE_CC_2        =  I2,           [R]
                              ♦  TAU_CC_2         = τ2,            [R]
                              ♦  /  PHI_CC_2      = ϕ2,            [R]
                                 /  INTC_CC_2     =  IC2,          [R]
                              ◊  INTE_RENC_2      =  I2R,          [R]
                              ◊  TAU_RENC_2       = τ2R,           [R]
                              ◊  PHI_RENC_2       = ϕ2R,           [R]
                              ◊  DIST             =  /  d,         [R]
                                                     /  1.,        [DEFAUT]
                             ),),
      ◊  INFO   =  /  1,                                            [DEFAUT]
                   /  2,
      )
```


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

3 Opérandes

Les données traitées peuvent se répartir en deux groupes :

- celles concernant un **seul** conducteur secondaire, le plus souvent dans une position **quelconque** par rapport au conducteur principal mais avec **plusieurs** intervalles de temps. Ces intervalles de temps peuvent être continus entre eux (cas d'un même courant avec des caractéristiques différentes d'un intervalle à l'autre) ou discontinus (cas d'un ou plusieurs réenclenchements à différents niveaux d'intensité mot clé facteur COUR),
- celles concernant un ou **plusieurs** conducteurs secondaires éventuellement parallèles et/ou infinis avec **un** intervalle de temps correspondant au court-circuit et **éventuellement** un deuxième intervalle de temps correspondant à un réenclenchement (mots clés facteurs COUR_PRIN et COUR_SECO).

On peut remarquer que :

- dans le second groupe de données, les caractéristiques des courants traversant les conducteurs secondaires sont traitées séparément de celles des courants traversant le conducteur principal (avec le mot clé COUR_SECO que l'on peut répéter plusieurs fois),
- tous les cas traités par le second groupe de données peuvent être traités par le premier groupe. Cependant dans le cas de courants traversant plusieurs conducteurs secondaires, il faut alors répéter l'opérateur DEFI_FONC_ELEC avec le mot clé COUR autant de fois qu'il y a de conducteurs secondaires (et de même pour AFFE_CHAR_MECA et CALC_VECT_ELEM).

3.1 Opérande FREQ

◊ FREQ = / 50.,
/ fr,

Fréquence du courant en Hertz (50.0 par défaut).

3.2 Opérande SIGNAL

◊ SIGNAL =

Précise le mode de calcul de la fonction électrique du temps :

/ 'COMPLET' tous les termes de la fonction électrique sont pris en compte,
/ 'CONTINU' on ne prend pas en compte les termes périodiques de la fonction électrique.

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

3.3 Mot clé COUR

♦ / ♦ COUR = (_F (

♦ INTE_CC_1 = I1 intensité efficace du courant de court-circuit, traversant le conducteur principal (en Ampères),

♦ TAU_CC_1 = $\tau 1$ constante de temps du courant de court-circuit, traversant le conducteur principal (en secondes),

♦ / PHI_CC_1 = $\phi 1$ déphasage (en degrés) du courant principal (courant de court-circuit),

/ INTC_CC_1 = IC1 intensité de première crête du courant principal (en Ampères), revient à donner un déphasage,

♦ INTE_CC_2 = I2 intensité efficace du courant de court-circuit, traversant le conducteur secondaire (en Ampères),

♦ TAU_CC_2 = $\tau 2$ constante de temps du courant de court-circuit, traversant le conducteur secondaire (en secondes),

♦ / PHI_CC_2 = $\phi 2$ déphasage (en degrés) du courant secondaire (courant de court-circuit),

/ INTC_CC_2 = IC2 intensité de première crête du courant secondaire (en Ampères), revient à donner un déphasage,

◊ INST_CC_INIT = ti instant initial d'un intervalle de courant, par défaut, égal à l'instant final de l'intervalle précédent (les intervalles sont alors continus),

♦ INST_CC_FIN = tf instant final d'un intervalle de courant

),),

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

3.4 Mot clé COUR_PRIN

```
/  ♦  COUR_PRIN =  (_F(
```

♦ `INTE_CC_1 = I1` intensité efficace du courant de court-circuit, traversant le conducteur principal (en Ampères),

♦ `TAU_CC_1 =` $\tau 1$ constante de temps du courant de court-circuit, traversant le conducteur principal (en secondes),

♦ `/ PHI_CC_1 =` $\phi 1$ déphasage (en degrés) du courant principal (courant de court-circuit),

`/ INTC_CC_1 = IC1` intensité de première crête du courant principal (en Ampères), revient à donner un déphasage,

◊ `INTE_RENC_1 = I1R` intensité efficace du courant de réenclenchement, traversant le conducteur principal (en Ampères),

◊ `TAU_RENC_1 =` $\tau 1R$ constante de temps du courant de court-circuit, traversant le conducteur secondaire (en secondes),

◊ `PHI_RENC_1 =` $\phi 1R$ déphasage (en degrés) du courant principal de réenclenchement,

♦ `INST_CC_INIT = ti` instant initial du courant de court-circuit,

♦ `INST_CC_FIN = tf` instant final du courant de court-circuit,

◊ `INST_RENC_INIT = / tiR,` instant initial du courant de réenclenchement,
`/ 0.,`

◊ `INST_RENC_FIN = / tfR` instant final du courant de réenclenchement,
`/ 0.,`

```
        ), ),
```

Remarque :

Par défaut, t_{iR} et t_{fR} sont nuls et il n'y a pas de courant de réenclenchement.

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

3.5 Mot clé COUR_SECO

/ ♦ COUR_SECO = (_F(

♦ INTE_CC_2 = I2 intensité efficace du courant de court-circuit, traversant le conducteur secondaire (en Ampères),

♦ TAU_CC_2 = $\tau 2$ constante de temps du courant de court-circuit, traversant le conducteur secondaire (en secondes),

♦ / PHI_CC_2 = $\phi 2$ déphasage (en degrés) du courant secondaire (courant de court-circuit),

/ INTC_CC_2 = IC2 intensité de première crête du courant secondaire (en Ampères), revient à donner un déphasage,

◊ INTE_RENC_2 = I2R intensité efficace du courant de réenclenchement, traversant le conducteur secondaire (en Ampères),

◊ TAU_RENC_2 = $\tau 2R$ constante de temps du courant de réenclenchement, traversant le conducteur secondaire (en secondes),

◊ PHI_RENC_2 = $\phi 2R$ déphasage (en degrés) du courant secondaire de réenclenchement,

◊ DIST = / d, / 1., distance (en mètres) d'un conducteur secondaire infini et parallèle au conducteur principal.

),),

Remarque :

Non actif dans les autres cas et pris à 1 . par défaut pour neutraliser son action dans le calcul de la force de LAPLACE.

3.6 Opérande INFO

◊ INFO = Précise les options d'impression sur le fichier MESSAGE.

1 = pas d'impression (option par défaut),

2 = impression des paramètres plus la liste des 10 premières valeurs dans l'ordre croissant du paramètre.

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

4 Expression de la fonction calculée

4.1 Données du premier groupe

Dans le cas de données du premier groupe, avec N occurrences du mot clé facteur COUR correspondant à N intervalles de temps, les arguments entrés à la k[ième] occurrence du mot clé facteur sont affectés de l'indice (k) soit :

$$I_1^{(k)}, \tau_1^{(k)}, \phi_1^{(k)}, I_2^{(k)}, \tau_2^{(k)}, \phi_2^{(k)}, t_1^{(k)}, t_f^{(k)}$$

4.1.1 Signal complet

L'expression de la fonction calculée est :

$$F(t) = 4.10^{-7} I_1^{(k)} I_2^{(k)} \times \left[\cos(2\pi\, fr\,(t-t_r^{(k)}) + \phi_1^{(k)}) - \cos\phi_1^{(k)} e^{-\frac{t-t_r^{(k)}}{\tau_1^{(k)}}}\right] \times \left[\cos(2\pi\, fr\,(t-t_r^{(k)}) + \phi_2^{(k)}) - \cos\phi_2^{(k)} e^{-\frac{t-t_r^{(k)}}{\tau_2^{(k)}}}\right]$$

4.1.2 Signal continu

$$F(t) = 4.10^{-7} I_1^{(k)} I_2^{(k)} \times \left[\frac{1}{2}\cdot\cos(\phi_2^{(k)} - \phi_1^{(k)}) + \cos\phi_1^{(k)} \times \cos\phi_2^{(k)} \times e^{-\left(\frac{1}{\tau_1^{(k)}} + \frac{1}{\tau_2^{(k)}}\right)\left(t - t_r^{(k)}\right)}\right]$$

pour $t \in \left[t_i^{(k)}, t_f^{(k)}\right], k = 1, N$
avec $t_r^{(k)}$ défini par :

$$\begin{aligned} t_r^{(1)} &= t_i^{(1)} \\ t_r^{(k)} &= t_r^{(k-1)} \quad \text{si} \quad t_i^{(k)} = t_f^{(k-1)}, \quad k = 2, N \\ t_r^{(k)} &= t_i^{(k)} \quad \text{si} \quad t_i^{(k)} > t_f^{(k-1)}, \quad k = 2, N \end{aligned}$$

$F(t) = 0$ si $t_i^{(k)} > t_f^{(k-1)}$ et $t \in \left[t_f^{(k-1)}, t_i^{(k)}\right], k = 2, N$

ou si $t > t_f^{(N)}$

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

4.2 Données du second groupe

Dans le cas de données du second groupe, avec une occurrence du mot clé COUR_PRIN (un courant principal) et N occurrences du mot clé facteur COUR_SECO (N courants secondaires), les arguments entrés à la $k^{ième}$ occurrence de COUR_SECO sont affectés à l'indice (k) soit : $I_2^{(k)}, \tau_2^{(k)}, \Phi_2^{(k)}, d^{(k)}$ et éventuellement $I_{2R}^{(k)}, \tau_{2R}^{(k)}, \Phi_{2R}^{(k)}$.

4.2.1 Cas ou t appartient au premier intervalle de courant

4.2.1.1 Signal complet

L'expression de la fonction calculée devient alors : si $t \in [t_i, t_f]$

$$F(t) = 4.10^{-7} \times I_1 \cdot \left[\cos\left(2\pi \cdot fr \cdot (t - t_i) + \Phi_1\right) - \cos(\Phi_1) \cdot e^{-\frac{t-t_i}{\tau_1}} \right] \times \sum_{k=1,N} \frac{I_2^{(k)}}{d^{(k)}} \left[\cos\left(2\pi \cdot fr \cdot (t - t_i) + \Phi_2^{(k)}\right) - \cos(\Phi_2^{(k)}) \cdot e^{-\frac{t-t_i}{\tau_2^{(k)}}} \right]$$

4.2.1.2 Signal continu

$$F(t) = 4.10^{-7} \cdot I_1 \times \sum_{k=1,N} \frac{I_2^{(k)}}{d^{(k)}} \left[\frac{1}{2} \cos\left(\Phi_2^{(k)} - \Phi_1^{(k)}\right) + \cos(\Phi_1) \cdot \cos(\Phi_2^{(k)}) \cdot e^{-\left(\frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2^{(k)}}\right)(t - t_i)} \right]$$

4.2.2 Cas où t appartient au second intervalle de courant (réenclenchement)

4.2.2.1 Signal complet

L'expression de la fonction calculée devient alors : si $t \in [t_{iR}, t_{fR}]$

$$F(t) = 4.10^{-7} \cdot I_{1R} \left[\cos\left(2\pi f_r (t - t_{iR}) + \Phi_{1R}\right) - \cos(\Phi_{1R}) \cdot e^{-\frac{t-t_{iR}}{\tau_{1R}}} \right] \left[\cos\left(2\pi f_r (t - t_{iR}) + \Phi_{2R}^{(k)}\right) - \cos(\Phi_{2R}^{(k)}) \cdot e^{-\frac{t-t_{iR}}{\tau_{2R}^{(k)}}} \right]$$

NB : on doit avoir $t_{iR} > t_f$ et $t_{iR} \neq 0$

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

4.2.2.2 Signal continu

$$F(t)=4.10^{-7}\cdot I_{1R}$$
$$\times\sum_{k=1,N}\frac{I_{2R}^{(k)}}{d^{(k)}}\left[\frac{1}{2}\cos\left(\Phi_{2R}^{(k)}-\Phi_{1R}^{(k)}\right)+\cos\left(\Phi_{1R}\right)\cdot\cos\left(\Phi_{2R}^{(k)}\right)\cdot e^{-\left(\frac{1}{\tau_{1R}}+\frac{1}{\tau_{2R}^{(k)}}\right)(t-t_{iR})}\right]$$

De plus :
Lorsqu'il y a réenclenchement : $F(t)=0$ si $t\in[t_f,t_{iR}]$ ou si $t>t_{fR}$
Lorsqu'il n'y a réenclenchement : $F(t)=0$ si $t>t_f$

5 Exemples de fonction de courant

5.1 Avec données des deux groupes

Définition de fonctions de courants utilisant aussi bien les données du premier groupe que du second groupe.

Cas de court circuit biphasé durant 0.5 seconde avec réenclenchement de 1.5 à 2 secondes d'intensité $20\,kA$, de phase nulle et constante de temps 0.2 seconde avant réenclenchement et d'intensité $15\,kA$ après réenclenchement.

- Données du premier groupe :

```
f1 =   DEFI_FONC_ELEC   (
        COUR =(_F(INTE_CC_1    =  20.E3,    TAU_CC_1      =    0.2,
                  PHI_CC_1     =   0.,      INTE_CC_2     =   20.E3,
                  TAU_CC_2     =   0.2,     PHI_CC_2      =  180.,
                  INST_CC_INIT =   0.,      INST_CC_FIN   =    0.5,
                ),
               _F(INTE_CC_1    =  15.E3,    TAU_CC_1      =    0.2,
                  PHI_CC_1     =   0.,      INTE_CC_2     =   15.E3,
                  TAU_CC_2     =   0.2,     PHI_CC_2      =  180.,
                  INST_CC_INIT =   1.5,     INST_CC_FIN   =    2.0,
               ),),
                          )
```

- Données du second groupe :

```
f2 =   DEFI_FONC_ELEC   (
COUR_PRIN =(_F( INTE_CC_1        =  20.E3,    TAU_CC_1      =    0.2,
                PHI_CC_1         =   0.,      INTE_RENC_1   =  15.E3,
                TAU_RENC_1       =   0.2,     PHI_RENC_1    =   0.,
                INST_CC_INIT     =   0. ,     INST_CC_FIN   =   0.5,
                INST_RENC_INIT   =   1.5,     INST_RENC_FIN=    2.0,
              ),),
COUR_SECO = (_F( INTE_CC_2     =  20.E3,        TAU_CC_2      =    0.2,
                PHI_CC_2      = 180.,          INTE_RENC_2   =   15.E3,
                TAU_RENC_2    =   0.2,         PHI_RENC_2    =  180.,
              ),),
                          )
```


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

5.2 Avec seulement des données du premier groupe

Définition de fonctions de courants utilisant **strictement** les données du premier groupe.

Cas de court-circuit biphasé durant 1 seconde, de phase nulle, de constante de temps 0.2 seconde et de paliers d'intensité de $20\,kA$ durant 0.5 seconde, de $15\,kA$ entre 0.5 seconde et 0.7 seconde, de $10\,kA$ entre 0.7 seconde et 1 seconde.

```
f1 =   DEFI_FONC_ELEC   (
        COUR =(_F(INTE_CC_1    =  20.E3,    TAU_CC_1      =    0.2,
                  PHI_CC_1     =   0.,      INTE_CC_2     =   20.E3,
                  TAU_CC_2     =   0.2,     PHI_CC_2      =  180.,
                  INST_CC_INIT =   0. ,     INST_CC_FIN   =    0.5,
                ),
               _F(INTE_CC_1    =  15.E3,    TAU_CC_1  =    0.2,
                  PHI_CC_1     =   0.,      INTE_CC_2 =   15.E3,
                  TAU_CC_2     =   0.2,     PHI_CC_2  =  180.,
                  INST_CC_FIN  =   0.7,
                ),
               _F(INTE_CC_1    =  10.E3,    TAU_CC_1  =    0.2,
                  PHI_CC_1     =   0.,      INTE_CC_2 =   10.E3,
                  TAU_CC_2     =   0.2,     PHI_CC_2  =  180.,
                  INST_CC_FIN  =   1.0,
               ),),
                          )
```

5.3 Avec préférentiellement des données du second groupe

Définition de fonctions de courant utilisant **préférentiellement** les données du second groupe.

Pour exprimer l'interaction de deux conducteurs avec la phase étudiée, l'utilisation de données du premier groupe conduirait à définir deux fonctions F_1 et F_2 (par deux appels à DEFI_FONC_ELEC) et deux charges ch1 et ch2.

Les données du second groupe permettent de se limiter à une seule fonction.

Cas de court-circuit triphasé durant 1 seconde d'intensité 20 kA, de phase 45 degrés, de constante de temps 0.2 seconde avec phases parallèles et infinies distantes de 2 mètres.

```
f1 =   DEFI_FONC_ELEC   (
       COUR_PRIN =(_F( INTE_CC_1    =  20.E3,    TAU_CC_1      =  0.2,
                       PHI_CC_1     =  45.,      INST_CC_INIT  =  0. ,
                       INST_CC_FIN  =   1.,
                       ),),
       COUR_SECO =(_F( INTE_CC_2 =   20.E3,      TAU_CC_2  =  0.2,
                        PHI_CC_2 =  165.,        DIST      =  2.,
                    ),
                   _F( INTE_CC_2 =    20.E3,     TAU_CC_2  =    0.2,
                       PHI_CC_2  =  - 75.,       DIST      =  - 2.,
                    ),),
                         )
```

On trouvera des exemples de DEFI_FONC_ELEC dans les cas-tests SDNL101A, SDLL102A et SDLL102B.

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