

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.MK : MEKELEC**  
**Document : U4.MK.10**

## 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*.

## 2 Syntaxe

```
f[fonction] = DEFI_FONC_ELEC
```

```
(  ◇  FREQ :      /  fr                      [R]
                                /  50.        [DEFAULT]
  ◇  SIGNAL :    /  'COMPLET'                [DEFAULT]
                                /  'CONTINU'
  ◆  /  ◆  COUR :      (
                                ◆  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 : (
                                ◆  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.              [DEFAULT]
                                ◇  INST_RENC_FIN    :  /  tfR       [R]
                                /  0.              [DEFAULT]
                                )
  ◆  COUR_SECO : (
                                ◆  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.              [DEFAULT]
                                )
  ◇  INFO :      /  1                      [DEFAULT]
                                /  2
) ;
```

## 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* : *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.

## 3.3    Mot clé COUR

◆    /    ◆    COUR :

- ◆    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 ou d'un intervalle de courant (mot clé  
COUR),

## 3.4 Mot clé COUR\_PRIN

- ◆ 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 :  $t_i$  instant initial du courant de court-circuit,
- ◆ INST\_CC\_FIN :  $t_f$  instant final du courant de court-circuit,
- ◇ INST\_RENC\_INIT :  $t_{iR}$  instant initial du courant de réenclenchement,
- ◇ INST\_RENC\_FIN :  $t_{fR}$  instant final du courant de réenclenchement,

### Remarque :

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

### 3.5    Mot clé COUR\_SECO

- ◆   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                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

## 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 :

$$F(t) = 4.10^{-7} * I_1^{(k)} * I_2^{(k)}$$

$$* \left[ \cos \left( 2\pi * fr * \left( t - t_r^{(k)} \right) + \phi_1^{(k)} \right) - e^{-\frac{t - t_r^{(k)}}{\tau_1^{(k)}}} * \cos \phi_1^{(k)} \right]$$

$$* \left[ \cos \left( 2\pi * fr * \left( t - t_r^{(k)} \right) + \phi_2^{(k)} \right) - e^{-\frac{t - t_r^{(k)}}{\tau_2^{(k)}}} * \cos \phi_2^{(k)} \right]$$

#### 4.1.2 Signal continu

$$F(t) = 4.10^{-7} * I_1^{(k)} * I_2^{(k)}$$

$$* \left[ \frac{1}{2} * \cos \left( \phi_2^{(k)} - \phi_1^{(k)} \right) + e^{-\left( t - t_r^{(k)} \right) \left( \frac{1}{\tau_1^{(k)}} + \frac{1}{\tau_2^{(k)}} \right)} * \cos \phi_1^{(k)} * \cos \phi_2^{(k)} \right]$$

pour  $t \in [t_i^{(k)}, t_f^{(k)}]$ ,  $k = 1, N$ .

avec  $t_r^{(k)}$  défini par :  $t_r^{(1)} = t_i^{(1)}$

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

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

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

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

## 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  $k^{\text{ième}}$  occurrence de COUR\_SECO sont affectés de l'indice ( $k$ ) soit :  $I_2^{(k)}$ ,  $\tau_2^{(k)}$ ,  $\phi_2^{(k)}$ ,  $d^{(k)}$  et éventuellement  $I_{2R}^{(k)}$ ,  $t_{2R}^{(k)}$ ,  $\phi_{2R}^{(k)}$ .

### 4.2.1 Cas où $t$ appartient au premier intervalle de courant

#### 4.2.1.1 Signal complet

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

$$F(t) = 4.10^{-7} * I_1 * \left[ \cos \left( 2\pi * fr * (t - t_i) + \phi_1 \right) - e^{-\frac{t - t_i}{\tau_1}} * \cos \phi_1 \right] \\ * \sum_{k=1, N} \frac{I_2^{(k)}}{d^{(k)}} \left[ \cos \left( 2\pi * fr * (t - t_i) + \phi_2^{(k)} \right) - e^{-\frac{t - t_i}{\tau_2^{(k)}}} * \cos \phi_2^{(k)} \right]$$

#### 4.2.1.2 Signal continu

$$F(t) = 4.10^{-7} * I_1$$

$$* \sum_{k=1, N} \frac{I_2^{(k)}}{d^{(k)}} \left[ \frac{1}{2} \cos \left( \phi_2^{(k)} - \phi_1^{(k)} \right) + e^{-\left( t - t_i \right) \left( \frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2^{(k)}} \right)} * \cos \phi_1 * \cos \phi_2^{(k)} \right]$$

si  $t \in [t_{iR}, t_{fR}]$  avec  $t_{iR} \neq 0 > t_f$

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

#### 4.2.2.1 Signal complet

$$F(t) = 4 * 10^{-7} * I_{1R} \left[ \cos \left( 2\pi * fr * (t - t_{iR}) + \phi_{1R} \right) - e^{-\frac{t - t_{iR}}{\tau_{1R}}} * \cos \phi_{1R} \right] \\ \left[ \cos \left( 2\pi * fr * (t - t_{iR}) + \phi_{2R}^{(k)} \right) - e^{-\frac{t - t_{iR}}{\tau_{2R}^{(k)}}} * \cos \phi_{2R}^{(k)} \right]$$



**4.2.2.2 Signal continu**

$$F(t) = 4.10^{-7} * I_{1R}$$

$$* \sum_{k=1, N} \frac{I_{2R}^{(k)}}{d^{(k)}} \left[ \frac{1}{2} \cos(\phi_{2R}^{(k)} - \phi_{1R}^{(k)}) + e^{-\left(t - t_{iR}\right) \left( \frac{1}{\tau_{1R}} + \frac{1}{\tau_{2R}^{(k)}} \right)} * \cos \phi_{1R} * \cos \phi_{2R}^{(k)} \right]$$

$$F(t) = 0 \text{ si } t \in [t_f, t_{iR}]$$

$$\text{ou si } t > \text{Max}(t_f, t_{fR})$$

**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 : (
        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
    )
    COUR : (
        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 : (
        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 : (
        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.
    )
) ;
```

## 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 : (  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
            )
      COUR : (  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
            )
      COUR : (  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 au 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 au 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 : (  INTE_CC_1 :      20.E3,      TAU_CC_1 :      0.2,
                    PHI_CC_1 :      45.          INST_CC_INIT : 0. ,
                    INST_CC_FIN : 1.
                )
      COUR_SECO : (  INTE_CC_2 :      20.E3,      TAU_CC_2 :      0.2,
                    PHI_CC_2 :      165.          DIST :      2.
                )
      COUR_SECO : (  INTE_CC_2 :      20.E3,      TAU_CC_2 :      0.2,
                    PHI_CC_2 :      - 75.          DIST :      - 2.
                )
      ) ;
```

Exemples de `DEFI_FONC_ELEC` dans les cas-test SDNL101A et YYYY103A.