

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.8- : Post-traitement et analyses dédiées**  
**Document : U4.83.21**

## Opérateur *POST\_ZAC*

---

### 1 But

---

Déterminer un état adapté ou accommodé par la méthode Zarka-Casier.

Cet opérateur donne dans le cadre de l'élastoplasticité cyclique avec un modèle d'écrouissage cinématique linéaire l'état adapté ou accommodé de la structure sous chargement périodique (supposé élastique) affine ou non affine, avec ou sans calcul d'un état initial (par exemple le premier cycle) élastoplastique. De plus, il donne des estimations des variables du type amplitude de contrainte ou déformation plastique, ou de leurs valeurs moyennes à l'état limite saturé grâce à la méthode simplifiée Zarka-Casier (ZAC). La méthode n'est pas validée pour le phénomène d'accommodation dans le cas d'un chargement non affine.

Le concept produit par cet opérateur est de type `mult_elas` comportant un (adaptation) ou trois (accommodation) numéros d'ordre équivalents aux valeurs à l'état limite (moyenne, amplitude) et contenant les champs de déplacements solution des problèmes élastiques homogènes avec déformations initiales [R7.06.01] ainsi que les amplitudes de contraintes, de déformation plastique et un indicateur élémentaire d'adaptation ou d'accommodation.

Produit un concept de type `mult_elas`.

## 2    Syntaxe

```
[mult_elas] = POST_ZAC

(
  ♦  MODELE      =      mo      ,      [modele]
  ♦  CHAM_MATER =      chmater ,      [cham_mater]

  ♦  EXCIT =_F (  ♦  CHARGE      = chi ,      [char_meca]
                  ⋄  FONC_MULT   = fi ,      [fonction]
                  ⋄  TYPE_CHARGE= 'FIXE_CSTE', [DEFAULT]
                ),

  ♦  EVOL_ELAS = evol_elas ,      [evol_elas]
  ♦  /  NUME_ORDRE = l_nuor ,      [l_I]
  /  LIST_INST   = l_inst ,      [listr8]
  /  INST        = inst ,      [l_R]
⋄  TEMP_ZAC     = /  temp ,      [R]
                  /  0. ,      [DEFAULT]
⋄  EVOL_NOLI    = evol_noli ,      [evol_noli]
  ♦  INST_MAX   = inst ,      [R]

⋄  |  PRECISION = /  prec ,      [R]
                  /  1.0E-3 ,      [DEFAULT]

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

)

```

## 3 Opérandes

### 3.1 Opérandes MODELE / CHAM\_MATER

♦ `MODELE = mo`

Nom du modèle dont les éléments font l'objet du calcul.

♦ `CHAM_MATER = chmater`

Champ de matériau affecté au modèle `mo`. On doit y retrouver les caractéristiques matériau utilisées lors des calculs élastique et élastoplastique préalables à la méthode ZAC.

### 3.2 Mot clé EXCIT

Cf. [U4.51.03].

Deux types de chargement sont pris en compte ici :

- Les conditions aux limites cinématiques du problème (de type déplacement imposé).
- Dans le cas où la variable intermédiaire  $\alpha_0$  (état initial pour la méthode ZAC) est calculée à partir d'un calcul élastoplastique, l'opérateur `POST_ZAC` a besoin pour le calcul de la déformation plastique ( $\varepsilon^p = \varepsilon^t - \varepsilon^e - \varepsilon^{th}$ ) et du champ de température qui a servi pour ce calcul.

### 3.3 Opérande EVOL\_ELAS

♦ `EVOL_ELAS = evol_elas`

Nom d'un concept résultat de type `evol_elas`.

On indique ici le résultat de type `evol_elas` à post-traiter et les instants de calcul élastique correspondant au cycle de chargement dont on recherche l'état limite par la méthode simplifiée ZAC. Deux instants suffisent dans le cas d'un chargement affine (charge mini et charge maxi). La structure de données doit comporter les champs déplacements aux nœuds et contraintes aux points de Gauss.

#### 3.3.1 Opérandes NUME\_ORDRE / INST / LIST\_INST

Cf. [U4.71.00].

### 3.4 Opérande TEMP\_ZAC

Dans le cas où les caractéristiques matériau dépendent de la température, cet opérande permet d'indiquer la température à laquelle on veut que les caractéristiques matériau soient utilisées dans la méthode ZAC. Les valeurs sont interpolées dans les fonctions matériau contenues dans le champ donné par l'opérande `CHAM_MATER`. La température est facultative dans le cas où les constantes matériau sont indépendantes de la température (température constante).

### 3.5 Opérande **EVOL\_NOLI**

◊ `EVOL_NOLI = evol_noli`

Nom d'un concept résultat de type `evol_noli`.

On indique ici les résultats du calcul élastoplastique préalable dont un des instants va servir à déterminer l'état initial au sens de la méthode ZAC :  $\alpha_0 = C\varepsilon_A^p - \tilde{\sigma}_A + \tilde{\sigma}_A^e$ , où  $\tilde{\sigma}_A$  est le déviateur des contraintes (obtenu par le calcul élastoplastique) et  $\tilde{\sigma}_A^e$  le déviateur des contraintes pour ce même calcul réalisé en élasticité. L'instant de calcul élastique équivalent doit être présent dans la structure de données indiquée par le mot clé `EVOL_ELAS`. La structure de données doit comporter les champs déplacements aux nœuds et contraintes aux points de Gauss. **Si cet opérande n'est pas renseigné, alors l'état initial au sens de la méthode ZAC est nul :  $\alpha_0 = 0$ .**

#### 3.5.1 Opérande **INST\_MAX**

◆ `INST_MAX = inst` [R]

On indique ici l'instant  $t_{\max}$  (chargement maximal avant décharge) du calcul élastoplastique (mot clé `EVOL_NOLI`) qui va servir à déterminer l'état initial. **Cet instant doit aussi être présent dans la liste d'instant fournis avec le mot-clé `EVOL_ELAS`.**

### 3.6 Opérandes **PRECISION / CRITERE**

Cf. [U4.71.00]. Ces opérandes sont à utiliser avec l'opérande `INST_MAX` et permettent d'affiner l'extraction d'un champ par une variable d'accès réelle. Par défaut `PRECISION = 1.D-3` et `CRITERE = 'RELATIF'`.

## 4 Résultats fournis dans le concept produit

Le concept produit est de type `mult_elas` et comporte soit un numéro d'ordre (situation d'adaptation), soit trois numéros d'ordre (situation d'accommodation).

Ceux-ci sont référencés par la variable d'accès `NOM_CAS`. Cette variable d'accès vaut soit : « VALEUR MOYENNE », soit « AMPLITUDE I », soit « AMPLITUDE S ».

Les champs suivants sont stockés :

| `'DEPL'`

Déplacements obtenus par la résolution des problèmes élastiques homogènes munis de la déformation initiale ( $\alpha_{lim}$  ou  $\alpha_{moy}$ ,  $\alpha_I$ ,  $\alpha_S$ ).

| `'SIEF_ELGA'`

Champ de contraintes aux points de Gauss calculé à partir des déplacements précédents. Il représente l'état de contraintes résiduelles estimé par la méthode ZAC.

| `'ALPH0_ELGA_EPSP'`

Etat initial ( $\alpha_0$ ) calculé aux points de Gauss à partir de la donnée du calcul élastoplastique, cf. [§3.5], ( $\alpha_0 = C\varepsilon_A^p - \tilde{\sigma}_A^p + \tilde{\sigma}_A^e$ ) si celui-ci est renseigné sinon l'état initial est nul ( $\alpha_0 = 0$ ).

| 'ALPHP\_ELGA\_ALPHP'

Champs ( $\alpha_{lim}$  ou  $\alpha_{moy}$ ,  $\alpha_I$ ,  $\alpha_S$ ) calculés aux points de Gauss à partir de la projection de l'état initial ( $\alpha_0$ ) sur l'intersection des convexes de centre  $\tilde{\sigma}_i^{el}$  et de rayon  $\sigma_y$ ,  $\sigma_y$  seuil de plasticité et  $i$  indice de chargement.

| 'SIGM\_ELNO\_ZAC'

Contraintes moyennes et deux amplitudes de contraintes aux nœuds à l'état limite :  $\sigma_{lim}$  (contrainte résiduelle) pour le numéro d'ordre 1 dans un cas d'adaptation,  $\sigma_{moy}$ ,  $\Delta\sigma_I$ ,  $\Delta\sigma_S$  pour les numéros d'ordre 1,2 et 3 dans un cas d'accommodation.

| 'EPSP\_ELNO\_ZAC'

Déformations plastiques moyennes et amplitudes de déformations aux nœuds à l'état limite :  $\varepsilon_{lim}^p$  pour le numéro d'ordre 1 dans un cas d'adaptation,  $\varepsilon_{moy}^p$ ,  $\Delta\varepsilon_I^p$ ,  $\Delta\varepsilon_S^p$  pour les numéros d'ordre 1,2 et 3 dans un cas d'accommodation.

| 'VARI\_ELGA\_ZAC'

Indicateur élémentaire sur la nature du phénomène à l'état limite. La valeur 1 indique une situation d'accommodation et la valeur 0 une situation d'adaptation sur l'élément considéré. Ce champ est stocké sur le numéro d'ordre 1 uniquement.

**Attention :**

- Le fichier résultat comporte un message précisant la situation à l'état limite (ADAPTATION ou ACCOMMODATION).
- Une situation d'accommodation dans le cas d'un chargement non affine provoque un arrêt du programme et l'émission d'un message dans le fichier RESULTAT : la méthode n'est alors pas applicable.

## 5 Exemples

### 5.1 Calcul sans état initial

```
solsta = MECA_STATIQUE (
    MODELE      = mo
    LIST_INST   = listel
    CHAM_MATER  = chmat
    EXCIT       = _F( CHARGE = chme ),
    OPTION      = ( 'SIEF_ELGA_DEPL' , 'EPSI_ELGA_DEPL' )
)

chzac1 = POST_ZAC ( MODELE      = mo , CHAM_MATER = chmat,
    EXCIT       = _F( CHARGE = chme ),
    EVOL_ELAS   = solsta , LIST_INST = listel )
```

### 5.2 Calcul avec état initial

```
solpl = STAT_NON_LINE (
    MODELE      = mo
    CHAM_MATER  = chmat
    EXCIT       = _F( CHARGE = chpres, FONC_MULT = varpress),
    EXCIT       = _F( CHARGE = chcl ),
    COMP_INCR   = _F( RELATION = 'VMIS_CINE_LINE'),
    INCREMENT   = _F( LIST_INST = listpl, NUME_INST_FIN = 20),
    NEWTON      = _F( MATRICE = 'TANGENTE'),
    CONVERGENCE = _F( RESI_GLOB_RELA= 0.001,
        ITER_GLOB_MAXI= 100 )
)

solsta = MECA_STATIQUE = (
    MODELE      = mo
    LIST_INST   = listel
    CHAM_MATER  = chmat
    EXCIT       = _F( CHARGE = chme ),
    OPTION      = ( 'SIEF_ELGA_DEPL' , 'EPSI_ELGA_DEPL' )
)

chzac2 = POST_ZAC ( MODELE = mo , CHAM_MATER = chmat,
    EXCIT       = _F( CHARGE = chme ),
    EVOL_ELAS   = solsta , LIST_INST = listel
    EVOL_NOLI    = solpl , INST_MAX = 3.
)
```