

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.5- : Méthodes de résolution**  
**Document : U4.51.01**

## Opérateur MECA\_STATIQUE

---

### 1 But

---

Résoudre un problème de mécanique statique linéaire.

Cet opérateur permet de résoudre soit :

- un problème mécanique statique linéaire avec superposition de différentes conditions aux limites et de différents chargements,
- une analyse thermo-mécanique pour une liste donnée d'instants.
  - dans ce cas les caractéristiques mécaniques des matériaux peuvent dépendre de la température : le concept de type `cham_mater` doit alors être défini à partir de fonctions (Cf. opérateur `DEFI_MATERIAU` [U4.43.01] opérande `ELAS_FO`),
  - le chargement de dilatation ne peut être déterminé que si l'on a défini le coefficient de dilatation et la température de référence (Cf. opérateurs `DEFI_MATERIAU` [U4.43.01] et `AFFE_MATERIAU` [U4.43.03]).

Le concept produit par cet opérateur est de type `evol_elas` contenant un ou plusieurs champs de déplacements aux différents instants de calcul. Le calcul d'autres options (déformations, contraintes, etc ...) est également possible.

Dans le cas de l'analyse mécanique statique, on affecte le numéro d'ordre 0 (instant 0) au champ solution.

Produit une structure de données de type `evol_elas`.

Quand un calcul de sensibilité du résultat par rapport à un paramètre est demandé, il y a production d'autant de structures de données de type `evol_elas` que de paramètres de sensibilité définis.

## 2    Syntaxe

```

mestat [evol_elas] = MECA_STATIQUE
(
  ♦  MODELE =                mo ,                [modele]
  ♦  |   CHAM_MATER =        chmat ,            [cham_mater]
  ♦  |   CARA_ELEM =         carac ,            [cara_elem]
  ♦  EXCIT =(_F( ♦  CHARGE = char ,            / [char_meca]
                                     / [char_cine_meca]
                                     ◇ FONC_MULT= fmult , [fonction]
                                     ),)
  ◇  /   INST =                / tps ,          [R]
                                     / 0. ,        [DEFAULT]
  /   LIST_INST =              / litps ,        [listr8]
  ◇  SOLVEUR = ( ... voir [U4.50.01] ),
  ◇  OPTION = (
    | 'DEGE_ELNO_DEPL' ,
    | 'EFGE_ELNO_DEPL' ,
    | 'ENEL_ELGA' ,
    | 'ENEL_ELNO_ELGA' ,
    | 'EPOT_ELEM_DEPL' ,
    | 'EPME_ELNO_DEPL' ,
    | 'EPME_ELGA_DEPL' ,
    | 'EPSI_ELGA_DEPL' ,
    | 'EPSI_ELNO_DEPL' ,
    | 'EQUI_ELGA_EPSI' ,
    | 'EQUI_ELGA_SIGM' ,
    | 'EQUI_ELNO_EPSI' ,
    | 'EQUI_ELNO_SIGM' ,
    | 'EQUI_ELNO_EPME' ,
    | 'EQUI_ELGA_EPME' ,
    | 'SIEF_ELGA_DEPL' ,
    | 'SIGM_ELNO_DEPL' ,
    | 'SIPO_ELNO_DEPL' ,
    | 'SANS' ,
  ),
  ◇  NUME_COUCHE =          / NUME ,          [I]
                                     / 1 ,        [DEFAULT]
  ◇  NIVE_COUCHE =          / 'INF' ,
                                     / 'SUP' ,
                                     / 'MOY' ,          [DEFAULT]
  ◇  PLAN =                / 'INF' ,
                                     / 'SUP' ,
                                     / 'MOY' ,          [DEFAULT]
                                     / 'MAIL' ,
  ◇  ANGLE =                / 0 ,              [DEFAULT]
                                     / ndegré ,        [I]
  ◇  SENSIBILITE = ( ... voir [U4.50.02] ),
  ◇  INFO =                / 1 ,              [DEFAULT]
                                     / 2 ,
  ◇  TITRE = titre ,          [l_k80]
);

```

## 3 Opérandes

### 3.1 Opérandes MODELE / CHAM\_MATER / CARA\_ELEM

On fournit les arguments permettant de calculer la matrice de rigidité (et le second membre) :

- ◆ `MODELE = mo,`  
Nom du modèle dont les éléments font l'objet du calcul mécanique.
- ◆ `CHAM_MATER = chmat,`  
Nom du champ de matériau.
- ◇ `CARA_ELEM = carac,`  
Nom des caractéristiques des éléments structuraux (poutre, coque, discrets, ...) s'ils sont utilisés dans le modèle.

### 3.2 Mot clé EXCIT et opérandes INST / LIST\_INST

On définit ici les conditions aux limites et les chargements.

- ◆ `EXCIT =`  
Ce mot clé facteur permet de définir plusieurs concepts de type `charge`, un par occurrence ; la solution est calculée en **superposant** les effets des différentes charges appliquées.

#### 3.2.1 Opérandes CHARGE / FONC\_MULT

- ◆ `CHARGE = char,`  
Nom d'un concept de type `char_meca` produit par `AFFE_CHAR_MECA` ou `AFFE_CHAR_MECA_F` [U4.44.01] à partir du modèle `mo`. Une seule occurrence doit faire référence à la température (charge avec `TEMP_CALCULEE`).  
  
On peut également donner le nom d'une "charge cinématique" (type `char_cine_meca`) résultat des opérateurs `AFFE_CHAR_CINE` et `AFFE_CHAR_CINE_F`.
- ◇ `FONC_MULT = fmult,`  
Nom d'un concept de type `fonction` qui permet de définir pour chaque instant de calcul un coefficient multiplicateur appliqué à la charge `char`.  
Pour un chargement d'origine thermique (dilatation) défini par `TEMP_CALCULEE` dans la commande `AFFE_CHAR_MECA` [U4.44.01] le champ de température **n'est pas multiplié** par `fmult`.  
  
`fmult` est une fonction du temps : par défaut c'est une fonction constante qui vaut 1.

#### 3.2.2 Opérandes INST / LIST\_INST

- ◇ `/ INST = tps,`  
Mot clé utilisé pour effectuer le calcul à un seul instant `tps` avec la température correspondant à cet instant.
- `/ LIST_INST = litps,`  
La liste `litps` produite par `DEFI_LIST_REEL` [U4.34.01] définit tous les instants pour lesquels on demande le calcul d'une évolution thermo-mécanique.

### 3.3 Mot clé facteur SOLVEUR

Voir [U4.50.01].

### 3.4 Opérandes OPTION / NUME\_COUCHE / NIVE\_COUCHE / PLAN / ANGLE

Remarque :

*Les mots clés de ce paragraphe, liés au calcul de post-traitements sont décrits plus complètement dans la commande CALC\_ELEM [U4.81.01].*

On demande, si on le souhaite, des options de calcul de "post-traitement" à partir des déplacements. On peut ne pas demander ces options à ce stade de l'étude pour analyser la solution obtenue en déplacement ; puis, dans un travail ultérieur, compléter le concept produit par la commande CALC\_ELEM [U4.81.01].

Cas particulier de l'option 'SIEF\_ELGA\_DEPL' : pour éviter de se tromper lors de l'appel à la commande CALC\_ELEM pour l'option SIEF\_ELGA\_DEPL, celle-ci est ajoutée par défaut à la liste spécifiée par l'utilisateur.

Dans le cas où l'utilisateur ne veut vraiment pas le calcul de cette option "naturelle", il peut utiliser l'option 'SANS' qui veut dire : "ne pas calculer SIEF\_ELGA\_DEPL".

```
◇ OPTION = (  
| 'DEGE_ELNO_DEPL' ,  
| 'EFGE_ELNO_DEPL' ,  
| 'ENEL_ELGA' ,  
| 'ENEL_ELNO_ELGA' ,  
| 'EPOT_ELEM_DEPL' ,  
| 'EPME_ELNO_DEPL' ,  
| 'EPME_ELGA_DEPL' ,  
| 'EPSI_ELGA_DEPL' ,  
| 'EPSI_ELNO_DEPL' ,  
| 'EQUI_ELGA_EPSI' ,  
| 'EQUI_ELGA_SIGM' ,  
| 'EQUI_ELNO_EPSI' ,  
| 'EQUI_ELNO_SIGM' ,  
| 'EQUI_ELNO_EPME' ,  
| 'EQUI_ELGA_EPME' ,  
| 'SIGM_ELNO_DEPL' ,  
| 'SIPO_ELNO_DEPL' ,  
| 'SANS' , )
```

La signification des options est donnée dans la commande CALC\_ELEM [U4.81.01].

Quand le modèle contient des éléments de coque, on pourra préciser, si nécessaire, pour le calcul de certaines options :

```
◇ NUME_COUCHE = nume ,
```

Dans le cas d'un matériau multicouche, valeur entière comprise entre 1 et le nombre de couches, nécessaire pour préciser la couche où l'on désire effectuer le calcul élémentaire. Par convention la couche 1 est la couche inférieure. Par défaut le numéro de couche est 1 pour un élément de coque monocouche.

◇ NIVE\_COUCHE =

Pour la couche `nume` définie par `NUME_COUCHE`, permet de préciser le niveau dans l'épaisseur où l'on désire effectuer le `post_traitement` :

- / 'INF' ordonnée inférieure de la couche (peau inférieure),
- / 'SUP' ordonnée supérieure de la couche (peau supérieure),
- / 'MOY' ordonnée moyenne de la couche (feuillet moyen).

◇ PLAN =

Permet d'indiquer dans quel "plan", on souhaite faire le post-traitement. Ce mot clé est utilisé pour les éléments de coques (éventuellement excentrées). Il n'y a de sens que pour les résultats de type "généralisés" c'est-à-dire résultat d'une intégration dans l'épaisseur.

- / 'MOY' le "plan" choisi est le plan "moyen" de la coque (à mi distance des peaux inférieure et supérieure)
- / 'SUP' peau supérieure
- / 'INF' peau inférieure
- / 'MAIL' le "plan" choisi est celui du maillage, c'est-à-dire celui déterminé par les coordonnées des nœuds des éléments. Si la coque n'est pas excentrée, 'MOY' est identique à 'MAIL'.

Restriction : ce mot clé n'est utilisable que pour l'option `EFGE_ELNO_DEPL` et les modélisations `DKT` et `GRILLE`.

◇ ANGLE = `ndegré`,

Ce mot ne sert qu'aux post-traitements demandés sur les éléments de tuyaux. Lorsque l'on veut calculer une quantité continue (par exemple le tenseur des contraintes) il faut préciser le point précis où l'on veut le résultat. Pour un tuyau, il faut préciser l'angle (en degrés) du point par rapport à la génératrice du circuit de tuyauterie.

### 3.5 Mot clé SENSIBILITE

Active le calcul des dérivées du champ de déplacement par rapport à un paramètre du problème. Voir [U4.50.02].

### 3.6 Opérande INFO

◇ INFO = 1,

Imprime les principales caractéristiques des systèmes linéaires à résoudre : nombre d'inconnues, taille de la matrice.

### 3.7 Opérande TITRE

◇ TITRE = `titr`,

Titre que l'on veut donner au résultat [U4.03.01].

## 4 Exemples de calculs

### 4.1 Calcul statique avec superposition de 2 cas de charge

```
mest1 = MECA_STATIQUE (   MODELE = mo,   CHAM_MATER = chmat,
                          CARA_ELEM = carac,
                          EXCIT = ( _F( CHARGE = ch1 , FONC_MULT = COS ),
                                    _F( CHARGE : ch2 ), ),
                          OPTION = ( 'EPOT_ELEM_DEPL' ) )
```

### 4.2 Calcul thermo-élastique à différents instants

```
ch_temp = AFFE_CHAR_MECA (   ... TEMP_CALCULEE = evoth ... ) ;

mest2 = MECA_STATIQUE (   MODELE = mo , CHAM_MATER = chmat ,
                          EXCIT = ( _F( CHARGE = ch_temp ),
                                    _F( CHARGE = bloq ), ),
                          LIST_INST = litps )
```

### 4.3 Sensibilité à un déplacement imposé

```
psx= DEFI_PARA_SENSI(VALE=7.0)
psy= DEFI_PARA_SENSI(VALE=3.0)

ch=AFFE_CHAR_MECA_F( MODELE=mo,
                     FACE_IMPO=_F(GROUP_MA='BORD_SUP', DX=psx, DY=psy))

mest3 = MECA_STATIQUE (   MODELE = mo , CHAM_MATER = chmat ,
                          EXCIT = _F( CHARGE = ch ),
                          SENSIBILITE=(psx,psy), )
```

Ce calcul produira la structure de données mest3 de type `evol_elas`, contenant le champ de déplacement sous le nom 'DEPL'. Il produira deux autres structures de données de type `evol_elas`. La première contiendra sous le nom de champ 'DEPL', le champ de la dérivée du déplacement par rapport au paramètre psx. La seconde contiendra la dérivée par rapport au paramètre psy.

Le nom de ces 2 structures est créé automatiquement par le code et reste inconnu de l'utilisateur. L'accès à leur contenu (impression, test, post-relevé, ...) se fait en invoquant la commande correspondante avec le nom de la structure principale, mest3, et le nom du paramètre sensible concerné (psx ou psy).

## 5 Remarque

Pour certaines études en élasticité linéaire pour lesquelles les caractéristiques de rigidité de la structure sont indépendantes de l'histoire thermique et les conditions aux limites cinématiques indépendantes des autres charges, on peut déterminer les déformées pour plusieurs cas de chargement en utilisant `MACRO_ELAS_MULT` [U4.51.02].