Opérateur MACR_ELEM_STAT

1 But

Créer des macro-éléments pour les calculs de "sous-structuration statique" ou pour les calculs de "modification structurale".

Dans le cas des calculs de "sous-structuration statique", le macro-élément est calculé par assemblage d'éléments finis ordinaires et condensation des matrices aux degrés de liberté "extérieurs".

Dans le cas de la "modification structurale", le macro-élément est calculé par expansion et condensation du modèle modal identifié (mesuré) aux degrés de liberté "extérieurs".

Produit une structure de données de type `macr_elem_stat`.

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

2 Syntaxe

```
S1 (macr_elem_stat) =  MACR_ELEM_STAT  (

        ◊ reuse = S1,
        ◊  DEFINITION = _F (

          / # sous-structuration statique :
              ♦ MODELE =              mo ,              [modele]
              ◊  CHAM_MATER =         chmat ,           [cham_mater]
              ◊  CARA_ELEM =          carac ,           [cara_elem]
              ◊  CHAR_MACR_ELEM  =    lchar ,           [l_char_meca]
              ◊  INST  =            /  inst  ,          [R]
                                    /  0.0,             [DEFAUT]
              ◊  NMAX_CAS =         /  10,              [DEFAUT]
                                    /  nbcamx ,         [I]
              ◊  NMAX_CHAR =        /  10,              [DEFAUT]
                                     / nbchmx ,         [I]

          / # modification structurale :
              ♦ MODELE =              mo ,              [modele]
              ◊  CHAM_MATER =         chmat ,           [cham_mater]
              ◊  CARA_ELEM =          carac ,           [cara_elem]
               ♦  PROJ_MESU =          repgene        / [tran_gene]
                                                     /  [harm_gene]
                                                     /  [mode_gene]
              ♦  MODE_MESURE =        modemes        /  [mode_meca]
                                                     /  [base_modale]
                        )

        ◊  EXTERIEUR = _F  (

            GROUP_NO =      l_gno  ,                  [l_gr_noeud]
                        ),

        ◊  RIGI_MECA = _F  (.),

         ◊ MASS_MECA = _F  ( . ),

         ◊ AMOR_MECA = _F  ( . ),


         # sous-structuration statique :
        ◊  CAS_CHARGE = (_F(

            ♦  NOM_CAS =       nocas  ,                [k8]
            ◊  SUIV  =     /   'OUI'  ,                [DEFAUT]
                           /   'NON'
            ◊  CHARGE =    lchar  ,                    [l_char_meca]
            ◊  INST  =     /   tps,                    [R]
                           /   0.0,                    [DEFAUT]
                  ),),
                                    )
```


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

3 Généralités

Cet opérateur est un point de passage **obligatoire** pour la sous-structuration statique ou pour un calcul de modification structurale par condensation de la mesure.

Pour la sous-structuration statique, il sert :

- à définir un macro-élément (mots clés : DEFINITION et EXTERIEUR),
- à demander la condensation de la matrice de rigidité (ou de masse),
- à définir (et condenser) les chargements associés ; l'utilisateur peut nommer à cette occasion un ou plusieurs cas de charge.

Ces 3 étapes peuvent être faites dans un seul appel à MACR_ELEM_STAT. Mais elles peuvent être faites en plusieurs fois grâce à l'emploi du mot clé "reuse" (enrichissement du macr_elem_stat). L'étape de définition est obligatoirement à réaliser en premier. La condensation de la masse doit se faire après la condensation de la rigidité.

Pour la modification structurale, il sert :

- à définir un macro-élément (mots clés : DEFINITION et EXTERIEUR),
- à demander l'expansion et la condensation de la mesure pour aboutir à des matrices de rigidité et de masse condensées.

Le macr_elem_stat est une structure de données qui contient :

- ses références : modele, cara_elem, cham_mater, charge,
- sa description topologique : les nœuds extérieurs,
- ses matrices condensées (rigidité, masse, ...),
- une liste de chargements condensés nommés (pour la sous-structuration statique).

L'utilisation de l'ensemble des opérateurs de sous-structuration statique est décrite dans la notice U2.07.02, et la démarche de modification structurale est décrite dans la notice U2.07.03.

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

4 Opérandes

4.1 Mot clé DEFINITION

◊ DEFINITION

Ce mot clé facteur (non répétable) sert à définir le macro-élément.

4.1.1 Opérande MODELE

♦ MODELE = mo

Cas "sous-structuration statique" :

Nom du modèle que l'on veut condenser. Les matrices (et chargements) que l'on condense sont toujours calculés sur le modèle **dans son ensemble**. Lorsque l'on veut condenser plusieurs sous-ensembles d'un même maillage, il faut donc créer plusieurs modèles sur des groupes de mailles différents.

Cas "modification structurale" :

Nom du modèle donné dans le mot clé MODELE_CALCUL de la commande PROJ_MESU_MODAL associé à repgene du mot clé PROJ_MESU. Ce modèle sert de support pour l'expansion de la mesure aux nœuds "externes".

4.1.2 Opérande CHAM_MATER

◊ CHAM_MATER = chmat

Nom du champ de matériau associé au modèle. Cet argument est inutile si le modèle ne contient que des éléments discrets et des sous-structures statiques. Il est obligatoire sinon.

4.1.3 Opérande CARA_ELEM

◊ CARA_ELEM = carac

Nom des caractéristiques élémentaires si le modèle comporte des éléments de poutre, de plaque ou de coque.

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

4.1.4 Opérandes CHAR_MACR_ELEM / INST

◊ CHAR_MACR_ELEM = lchar

Cet argument sert à définir :

- le chargement thermique qui modifie éventuellement les caractéristiques du matériau, lorsque celles-ci dépendent de la température ; on précisera si nécessaire l'instant de l'évolution thermique (mot clé INST),
- les conditions cinématiques appliquées aux **nœuds internes** (cf. mot clé EXTERIEUR) du macro élément.

◊ INST = inst

Lors d'un calcul pour lequel les caractéristiques de matériau dépendent de la température, on précise ici le champ de température à utiliser. Le champ utilisé est celui correspondant à l'instant inst de l'évolution thermique référencée dans la liste des charges lchar (se reporter à la commande CALC_MATR_ELEM ('RIGI_MECA')) [U4.61.01].

Remarques sur les conditions cinématiques :

Dans les opérateurs de sous-structuration statique, les conditions cinématiques de type "Dirichlet" sont toujours dualisées, jamais éliminées.

*En général on appliquera les conditions cinématiques sur les **nœuds externes** au niveau supérieur de sous-structuration. Donc ils n'apparaîtront pas dans les charges de lchar.*

Par contre, les conditions cinématiques qu'il faut donner avant la condensation (lchar) sont celles que l'on ne pourra plus donner après :

- *les conditions impliquant des nœuds internes (ddl imposés ou relations linéaires) car ces nœuds seront éliminés,*
- *les conditions définies à partir des **bords** des éléments finis (FACE_IMPO) car ces éléments finis n'existeront plus après la condensation.*

Remarque sur l'argument lchar :

Les charges qui apparaissent dans la liste lchar , sont celles qui permettent de calculer les matrices de rigidité et de masse :

- *éventuelle charge de température modifiant les caractéristiques de matériau,*
- *conditions cinématiques (dualisation).*

en revanche, ces charges n'interviennent en rien dans la définition des chargements (seconds membres).

*Par exemple, les dilatations dues au champ de température ne seront prises en compte dans un cas de charge que si la charge contenant ce champ de température est explicitement donnée dans la définition de ce cas de charge (mots clés CAS_CHARGE et CHARGE). De la même façon les **conditions cinématiques non nulles** doivent être redonnées dans la définition des cas de charge.*

4.1.5 Opérandes NMAX_CAS / NMAX_CHAR

◊ NMAX_CAS = nbcamx

On donne ici un **majorant** du nombre de cas de charge que l'utilisateur va définir sur le macro-élément (Cf argument CAS_CHARGE). Ce nombre est pris par défaut à 10.

◊ NMAX_CHAR = nbchmx

On donne ici un **majorant** du nombre de concepts de type charge que l'on affectera à **chaque** cas de charge (Cf argument CAS_CHARGE). Ce nombre est pris par défaut à 10.

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

4.1.6 Opérande PROJ_MESU

♦ PROJ_MESU = repgene

repgene désigne le nom du concept issu de la commande PROJ_MESU_MODAL [U4.73.01] qui a permis de définir la mesure et la base de projection.

4.1.7 Opérande MODE_MESURE

♦ MODE_MESURE = modemes

On donne ici le nom du concept contenant les modes propres identifiés expérimentalement. Ces modes propres permettent de construire le modèle modal de la structure initiale qui sera ensuite condensé aux nœuds "externes".

4.2 Mot clé EXTERIEUR

♦ EXTERIEUR =

Ce mot clé facteur (non répétable) sert à définir l'ensemble des nœuds "externes" où seront condensés les matrices et les chargements (les autres nœuds seront dits "internes"). Ce mot clé doit apparaître dans le premier appel à la commande MACR_ELEM_STAT (on définit l'extérieur d'un macro-élément en une seule fois).

Chaque nœud externe porte les mêmes degrés de liberté que le nœud correspondant du modèle mo. Un macro-élément est topologiquement (et géométriquement) entièrement défini par l'ensemble de ses nœuds externes.

4.2.1 Remarques sur la définition de l'"extérieur" d'un macro élément

- L'extérieur d'un macro-élément est l'ensemble des nœuds "externes" qui définissent la topologie et la géométrie du macro-élément,
- chaque nœud "externe" porte **tous** les degrés de liberté qui existent sur ce nœud dans le modèle sous-jacent. Les macro-éléments produits par *Aster* ne sont utilisables qu'en recollant leurs nœuds externes et par conséquent tous les degrés de liberté qu'il portent. D'autres codes de calcul opèrent différemment. Pour certaines modélisations (glissement, articulation, …), on sera conduit à ne pas recoller certains nœuds et à utiliser, au niveau de sous-structuration supérieur, des relations linéaires entre les degrés de liberté des nœuds externes de plusieurs macro-éléments,
- lors de la définition des nœuds externes d'un macro-élément, si un nœud apparaît plusieurs fois, on ne le compte qu'une seule fois,
- pour des raisons de programmation, il faut qu'il existe à la fois des nœuds externes et des nœuds internes : aucune des familles ne peut être vide.

4.2.2 Opérande GROUP_NO

GROUP_NO = l_grno

Liste des noms des groupes de nœuds que l'on désire "externes".

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

4.3 Mots clés RIGI_MECA / MASS_MECA

♦ RIGI_MECA

Ce mot clé sert à préciser que l'on veut condenser la matrice de rigidité.

Cas "sous-structuration statique" :
Cette matrice est calculée sur **tous** les éléments du modèle ainsi que sur les éléments de LAGRANGE des conditions cinématiques contenues dans l'argument de CHAR_MACR_ELEM.

Cas "modification structurale" :
La matrice de rigidité condensée est calculée par expansion de la matrice spectrale mesurée aux nœuds "externes".

◊ MASS_MECA

Ce mot clé sert à préciser que l'on veut condenser la matrice de masse.

Cas "sous-structuration statique" :
Cette matrice est calculée sur **tous** les éléments du modèle (condensation de GUYAN).

Cas "modification structurale" :
La matrice de masse condensée est obtenue par expansion de la matrice de masses généralisées mesurées aux nœuds "externes".

◊ AMOR_MECA

Ce mot clé sert à préciser que l'on veut condenser la matrice d'amortissement.

Cette fonctionnalité n'est pas disponible en "sous-structuration statique" :

Cas "modification structurale" :
La matrice d'amortissement condensée est obtenue par expansion de la matrice des amortissements généralisés mesurés aux nœuds "externes".

4.4 Mot clé CAS_CHARGE.

◊ CAS_CHARGE

Ce mot clé facteur permet de définir un ensemble de cas de charge **nommés** (mot clé NOM_CAS). Ces cas de charge pourront être appliqués au modèle de niveau supérieur (CALC_VECT_ELEM [U4.61.02]).

En général, on cherchera à appliquer les chargements nodaux (FORCE_NODALE) au niveau supérieur de sous-structuration.

Par contre tous les chargements définis sur les éléments finis doivent être appliqués avant toute condensation : (PESANTEUR, ROTATION, FORCE_FACE, FORCE_CONTOUR, FORCE_INTERNE, FORCE_COQUE, FORCE_POUTRE, PRES_REP, ...) puisque ces éléments finis auront "disparus" après la condensation.

Notons que pour un macro-élément, il n'y a pas de notion de contour, d'orientation, de face, ...

4.4.1 Opérande NOM_CAS

♦ NOM_CAS = nocas

Le chargement condensé sous le nom nocas (entre "quotes") correspond au chargement défini par les arguments de CHARGE et INST auquel on ajoute **systématiquement** les chargements de

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

nom nocas éventuellement présents sur les sous structures de niveau inférieur contenues dans le modèle mo.

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

4.4.2 Opérande SUIV

◊ SUIV = 'OUI'/'NON'

Ce mot clé dit si le cas de charge "suit" le macro-élément dans ses transformations géométriques : translation, rotation, (cf. opérateur DEFI_MAILLAGE [U4.23.01]). Par exemple, le chargement dû à une rotation (force centrifuge), une pression (ou une dilatation contrariée) est ”suiveur” car sa direction est liée à la position de la sous-structure. En revanche, la pesanteur est un chargement "non suiveur" (sa direction est absolue).

Attention :

Les chargements cinématiques sont toujours "suiveurs" car leur prise en compte est faite dans la matrice de rigidité (dualisation) et cette matrice est “suiveuse” par nature.

4.4.3 Opérandes CHARGE / INST

◊ CHARGE = lchar,
◊ INST = tps,

Les mots clés CHARGE et INST ont la même signification que dans l’opérateur CALC_VECT_ELEM [U4.61.02].

5 Exemples de définition d'un macro élément

5.1 Définir l'extérieur d'un macro-élément

```
sup1 =    MACR_ELEM_STAT   (

          DEFINITION = _F  (  MODELE = mo,        CHAM_MATER = chmat),
          EXTERIEUR =  _F  (  GROUP_NO = EXT ),
                           )

sup3 =    MACR_ELEM_STAT   (

           DEFINITION =_F  (  MODELE = mo ,       CHAM_MATER = chmat,),
          EXTERIEUR =  _F  (  GROUP_NO = ('L1','L3'),)
```

5.2 Condenser des matrices de rigidité et de masse

```
sup1 =    MACR_ELEM_STAT   (reuse = sup1,

          RIGI_MECA = _F (),  MASSE_MECA = _F (),
                           )
```

5.3 Définir un chargement sur le macro-élément

```
sup1 =    MACR_ELEM_STAT   (reuse = sup1,

          CAS_CHARGE = (  NOM_CAS = 'ch1'  ,  CHARGE = ch1,),
                           )
```


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

5.4 Définir le macro-élément, ses chargements, et demander la condensation des matrices

```
sup2 =    MACR_ELEM_STAT   (

          DEFINITION    = _F   (  MODELE = mo   ,  CHAM_MATER = chmat),
          EXTERIEUR     = _F   (  GROUP_NO = EXT ),
          RIGI_MECA     = _F   (),
          MASSE_MECA    = _F   (),
          CAS_CHARGE    = _F   (  NOM_CAS = 'ch1'  ,  CHARGE = ch1 ),
                               )
```

5.5 Définir un macro-élément pour un calcul de modification structurale et demander la condensation des matrices

```
Sup4 =    MACR_ELEM_STAT   (

          DEFINITION    = _F   (  MODELE = mo   ,  CHAM_MATER = chmat
                                  PROJ_MESU=repgene, MODE_MESURE=modemes),
          EXTERIEUR     = _F   (  GROUP_NO = EXT ),
          RIGI_MECA = _F   (),MASSE_MECA = _F (),
                               )
```


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