Structure de données sd_macr_elem_stat

Résumé :

La structure de données sd_macr_elem_stat représente un macro élément en sous-structuration statique. Un macro élément est en quelque sorte un élément fini dont la maille support a un nombre quelconque de nœuds. Pour le "fabriquer", on part d'un modèle éléments finis et on le "condense" sur certains de ces nœuds (que l'on appelle "externes"). Cette condensation se fait par élimination des ddls portés par les nœuds internes. Cette technique est décrite par exemple dans le livre de J-F. Imbert "Analyse des structures par éléments finis" aux éditions CEPADUES année 1991. Au terme de cette condensation, le macro élément est représenté par des matrices et des chargements condensés. Les matrices (rigidité, masse et amortissement) sont pleines et symétriques de dimension nddle si nddle est le nombre de ddls externes du macro-élément.

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

Table des Matières

1 La SD en quelques lignes....3
2 Arborescence....3
3 Contenu des objets....4
4 Exemple : sd_macr_elem_stat S_1 du test SSLP100B....6

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

1 La SD en quelques lignes

La structure de données sd_macr_elem_stat représente un macro élément en sous-structuration statique.

Un macro élément est en quelque sorte un élément fini dont la maille support a un nombre quelconque de nœuds. Pour le “fabriquer”, on part d’un modèle éléments finis et on le “condense” sur certains de ces nœuds (que l’on appelle “externes”). Cette condensation se fait par élimination des ddls portés par les nœuds internes. Cette technique est décrite par exemple dans le livre de J-F. Imbert “Analyse des structures par éléments finis” aux éditions CEPADUES année 1991. Au terme de cette condensation, le macro élément est représenté par des matrices et des chargements condensés. Les matrices (rigidité, masse et amortissement) sont pleines et symétriques de dimension nddle si nddle est le nombre de ddls externes du macro-élément.

La structure de données contient les informations suivantes :

- définition des nœuds externes du macro-élément,
- des références “amont” aux sd_maillage , sd_modele , sd_cham_mater et sd_cara_elem ,
- des références “amont” aux sd_char_meca de conditions cinématiques,
- une matrice de rigidité condensée,
- une matrice de masse condensée,
- des chargements condensés.

Il faut noter que ces nœuds externes ne sont pas tous des nœuds “physiques” : du fait que l’on peut imposer des conditions cinématiques (dualisées) sur un sd_macr_elem_stat , certains nœuds du macro élément sont de type “Lagrange”.

Un macro élément se comporte ensuite comme un élément fini qui ne saurait calculer que certaines options : RIGI_MECA , MASS_MECA , AMOR_MECA et CHAR_MECA .

2 Arborescence

```
sd_macr_elem_stat (K8) :: = record

       % description géométrique et topologique :
          ♦  '.DESM'    :   OJB    S    V    I         long=10
             '.LINO'    :   OJB    S    V    I
             '.REFM'    :   OJB    S    V    K8
             '.VARM'    :   OJB    S    V    R         long=2
          ◊  '.CONX'    :   OJB    S    V    I

       % rigidité condensée :
          ◊  '.RIGIMECA'  : sd_matr_asse
             '.MAEL_RAID_VALE'     :    OJB     S    V    R
             '.PHI_IE'             :    OJB     XD   V    R    NU    long=cste

      % masse condensée et amortissement :
          ◊  '.MASSMECA'  : sd_matr_asse
             '.MAEL_MASS_VALE'     :    OJB     S    V    R
          ◊  '.MAEL_AMOR_VALE'     :    OJB     S    V    R

       % description des chargements :
          ◊  '.LICA'               :    OJB     XD   V    R     NO    long=cste
             '.LICH'               :    OJB     XC   V    K8    NO    long=cste

       % si utilisation de DEFINITION/PROJ_MESU :
          ◊  '.PROJM'              :    sd_proj_mesu
```


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

3 Contenu des objets

'.DESM ' : OJB S V I long=10
DESM(1) : (vide)
DESM(2) : nombre de nœuds externes au maillage (nbnoe)
DESM(3) : nombre de nœuds internes maillage (nbnoi)
(nœud maillage = nœud physique ou nœud Lagrange)
DESM(4) : nombre de ddls externes. total (nddle)
DESM(5) : nombre de ddls internes. total (nddli)
DESM(6) : nombre de sd_char_meca cinématiques. (nbchar)
DESM(7) : nombre de cas de charge définis. (nbcas)
DESM(8) : nombre de lagranges externes (nlage)
DESM(9) : nombre de lagranges relations (nlagl)
DESM(10) : nombre de lagranges internes (nlagi)

'.REFM ' : OJB S V K8 LONG=9+nbchar
REFM(1) : sd_modele
REFM(2) : sd_maillage
REFM(3) : sd_cham_mater
REFM(4) : sd_cara_elem
REFM(5) : sd_nume_ddl
REFM(6) : "OUI_RIGI"/"NON_RIGI"
REFM(7) : "OUI_MASS"/"NON_MASS"
REFM(8) : "OUI_AMOR"/"NON_AMOR"
REFM(9) : nom de la structure de données fournie par l'utilisateur derrière le mot clé DEFINITION/PROJ_MESU (type mode_gene , tran_gene , ...)
REFM(9 +1) : char_cinema_1
REFM(9 +2) : char_cinema_2
...
REFM(9 +nchar) : char_cinema_N

'.LINO' : OJB S V I
LINO contient la liste des nœuds physiques externes.
Le nombre réel de ces nœuds (LONUTI) est aussi dans DESM(2) .
L'ordre des nœuds dans . LINO est celui d'apparition dans . CONX

'.CONX' : OJB S V I

Remarque :
Cet objet est en réalité obligatoire. Mais il n'apparaît dans la structure de données qu'au moment de la condensation de la rigidité et comme le sd_macr_elem_stat est un objet réentrant que l'on peut construire en plusieurs étapes, il peut arriver que l'objet . CONX soit absent de la SD.

nbnoe = lonuti(LINO)
nbnoet = nbnoe + nlage + nlagl : c'est le nombre total de nœuds externes.
CONX est dimensionné à 3*nbnoet

Les nœuds externes sont numérotés dans l'ordre d'apparition dans la numérotation initiale (matrice condensée).

CONX(1,inoe) : ili = numéro du ligrel de .LILI(nume_ddl)
contenant le nœud externe inoe
CONX(2,inoe) : ino = numéro de inoe dans le ligrel ili
CONX(3,inoe) : = 0 si nœud physique
= -1 si ce nœud de Lagrange est un nœud "avant"
= -2 si ce nœud de Lagrange est un nœud "après"

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

'.VARM ' : OJB S V R LONG=2

VARM(1) taille des blocs de la matrice de rigidité factorisée (LDLT) et taille des blocs de la matrice PHI_IE . Cette taille est données en kilo r8.
VARM(2) instant du calcul (DEFINITION/INST)

'.PHI_IE' : OJB XD V R long=cste NU()

PHI_IE est la matrice : PHI_IE = K_II**(-1)*K_IE
ou K_II : sous-matrice des ddls internes.
ou K_IE : sous-matrice des couplages internes/externes.
PHI_IE est une matrice de dimensions nddle X nddli . Elle est stockée comme une collection dispersée car cet objet peut être très volumineux. Dans chaque objet de la collection (de taille maximum VARM(1)), on stocke un certain nombre (nlblph) de lignes de la matrice PHI_IE . Chaque ligne est de longueur nddle .
Les lignes de PHI_IE sont bien entendu stockées consécutivement dans les objets de la collection. Le 1 er objet contient les lignes 1 à nlblph , le 2 eme objet contient les lignes nlblph+1 à 2*nlblph , ...

'.MAEL_RAID_VALE' : OJB S V R

Matrice de rigidité condensée (que l'on appelle KP_EE).
KP_EE est la matrice : KP_EE = K_EE - K_EI*PHI_IE

Cette matrice est stockée "symétrique" par colonnes :
KP_EE(i,j)= KP_EE(j*(j-1)/2 +i) pour j≥i

KP_EE est un vecteur de longueur nddle*(nddle+1)/2

'.MAEL_MASS_VALE' : OJB S V R

Matrice de masse condensée (que l'on appelle MP_EE).
MP_EE est la matrice :
⇒ MP_EE = M_EE + PHI_EI*M_II*PHI_IE - M_EI*PHI_IE - PHI_EI*M_EI

Cette matrice est stockée "symétrique" comme KP_EE

'.MAEL_AMOR_VALE' : OJB S V R

Matrice d'amortissement condensée (que l'on appelle AP_EE).
Cette matrice est stockée "symétrique" comme KP_EE

Remarque :
La commande MACR_ELEM_STAT *ne permet pas (pour l'instant) de calculer* . MAEL_AMOR_VALE . *Mais il existe une (ou plusieurs ?) commande dynamique dans laquelle on fait passer un* sd_macr_elem_dyna *pour un* sd_macr_elem_stat . *L'objet* . MAEL_AMOR_VALE *, s'il est présent, sera alors assemblé dans la matrice d'amortissement globale* .

'.LICH' : OJB XC V K8 LONG(cste) NO()

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

Cette collection est sur-dimensionnée par rapport au nombre des cas de charge.
Elle est nommée par les noms des cas de charge nomcas .
LICH (nomcas) est de dimension n_char_max+1
LICH(nomcas)(1)= / 'NON_SUIV ' chargement non suiveur/ ' OUI_SUIV ' chargement suiveur
LICH(nomcas)(1<i≤n_char_max+1) = nom de la charge i-1

'.LICA' : OJB XD V R LONG(cste) NO()

Cette collection est sur-dimensionnée par rapport au nombre des cas de charge.
Elle est nommée par les noms de cas de charge nomcas .

LICA (nomcas) est de dimension 2*nddlt= 2*(nddli+ nddle)

Chaque objet LICA(nomcas) est formé de 2 segments de même longueur (nddli+ nddle) stockés bout à bout.

Dans le 1 er segment, on trouve le second membre correspondant au cas de charge nomcas :
LICA(nomcas)(1 ≤ i ≤ nddli) = F_I
LICA(nomcas)(nddli+1 ≤ i ≤ nddli+nddle) = F_E

Dans le second segment, on trouve le second membre condensé correspondant à nomcas :
LICA(nomcas)(nddlt+1 ≤ i ≤ nddlt+nddli) = (K_II**-1)*F_I
LICA(nomcas)(nddlt+nddli+1 ≤ i ≤ nddlt+nddle) = FP_E
avec FP_E = F_E - K_EI*(K_II**-1)*F_I

4 Exemple : sd_macr_elem_stat S_1 du test SSLP100B

Structure de Données : S_1

```
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .CONX                    <
 >>>>>
      1 -            1            1            0            1            3
      6 -            0            1            4            0            1
     11 -            7            0            1            9            0
     16 -            1            6            0            1           10
     21 -            0            1           12            0
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .DESM                    <
 >>>>>
      1 -            0            8            4           16           12
      6 -            1            2            0            0            4
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION DE LA COLLECTION : S_1     .LICA

 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .LICA           $$NOM   <
 >>>>> REPERTOIRE DE NOMS DE LA COLLECTION :S_1     .LICA
      1 - >CHF1    <>CHF2    <

 IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >S_1     .LICA           <  OC :      1
 >>>>>
      1 -  3.53553D+00  1.46447D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
      6 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
     11 -  0.00000D+00  0.00000D+00  1.91342D+00  3.80604D-01  1.62212D+00
     16 -  1.08386D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
```


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

```
     21 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
     26 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  2.39508D-01  9.92075D-02
     31 -  2.98282D-02  1.23552D-02 -1.97778D-19 -7.02300D-20  2.95966D-03
     36 -  7.14525D-03 -3.06170D-19 -5.50571D-21  2.95966D-03  7.14525D-03
     41 -  2.64693D+00  1.18501D+00  2.70958D+00  1.03373D+00  8.48546D-01
     46 - -3.31522D-01  1.30381D-01 -6.22318D-02  4.81890D-02  1.36198D-01
     51 -  3.65592D-01  8.34435D-01 -1.16015D-18  8.41068D-19  4.58200D-20
     56 -  2.87916D-20

 IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >S_1     .LICA           <  OC :      2
 >>>>>
      1 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
      6 - -2.00000D+01  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
     11 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
     16 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
     21 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00
     26 -  0.00000D+00  0.00000D+00  0.00000D+00 -1.61431D-18 -7.81792D-19
     31 - -6.45718D-18 -2.26429D-18  3.01596D-01 -1.61168D+00 -8.43526D-02
     36 - -1.00331D-01 -1.59744D-17 -1.28342D-17 -8.43526D-02 -1.00331D-01
     41 - -2.64622D-17 -4.13600D-17 -5.05295D-17  1.06224D-17 -9.17765D-17
     46 - -1.39652D-16 -4.67445D+00 -7.31983D+00  3.49452D+00 -1.72624D+00
     51 - -1.21457D-16  2.45518D-17  2.19705D+00 -4.60236D+00  3.50220D+00
     56 - -2.55199D+00
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION DE LA COLLECTION : S_1     .LICH

 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .LICH           $$NOM   <
 >>>>> REPERTOIRE DE NOMS DE LA COLLECTION :S_1     .LICH
      1 - >CHF1    <>CHF2    <

 IMPRESSION OBJET DE COLLECTION CONTIGUE>S_1     .LICH           <  OC :      1
 >>>>>
      1 - >OUI_SUIV<>CHBL_1  <>CHF1_1  <>        <>        <>        <>        <
      8 - >        <>        <>        <

 IMPRESSION OBJET DE COLLECTION CONTIGUE>S_1     .LICH           <  OC :      2
 >>>>>
      1 - >NON_SUIV<>CHF2_1  <>        <>        <>        <>        <>        <
      8 - >        <>        <>        <
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .LINO                   <
 >>>>>
      1 -           1           3           4           7           9
      6 -           6          10          12
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .MAEL_RAID_VALE         <
 >>>>>
      1 -  6.41345D+00  1.76677D+00  9.20402D+00 -1.81735D+00  1.25037D+00
      6 -  9.57550D+00  1.00328D+00 -4.07100D+00 -1.39527D+00  6.04196D+00
     11 - -2.86996D+00 -2.86915D-01 -2.19245D+00  1.87984D+00  1.43014D+01
     ...
    131 -  2.36288D-18 -3.29156D-18 -5.30569D-01 -4.81304D-01  2.71008D+00
    136 -  1.03411D+01
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION DE LA COLLECTION : S_1     .PHI_IE

 IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >S_1     .PHI_IE         <  OC :      1
 >>>>>
      1 - -2.11984D-01  1.09032D-02 -9.57179D-02 -1.05534D-01 -1.51204D-18
      6 - -6.17392D-19 -8.67300D-03 -2.98079D-02 -2.08419D-18 -7.70800D-19
```


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

```
     ...
    186 - -1.27599D-01 -1.52778D-01  4.83504D-03  4.08788D-19 -1.44063D-17
    191 - -1.52778D-01  4.83504D-03
--------------------------------------------------------------------------------

 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .REFM                    <
 >>>>>
      1 - >MO_1    <>MA      <>CHMAT   <>        <>S_1     <>OUI_RIGI<>NON_MASS<
      8 - >NON_AMOR<>        <>CHBL_1  <
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .RIGIMECA  .REFA         <
 >>>>>
      1 - >MA                      <>S_1                     <
      3 - >                        <>RIGI_MECA               <
      5 - >                        <>                        <
      7 - >                        <>DECP                    <
      9 - >MS                      <>NOEU                    <
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION DE LA COLLECTION : S_1     .RIGIMECA  .UALF

 IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >S_1     .RIGIMECA  .UALF<  OC :      1
 >>>>>
      1 -  1.77687D+01 -3.40898D-01  2.78185D+01 -1.18521D-01 -1.90123D-01
      6 -  3.20885D+01 -2.57251D-01  1.96913D-01 -7.70137D-02  3.68408D+01
     11 -  ...
    341 -  0.00000D+00  0.00000D+00  2.77973D+00  1.12895D+01
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION DE LA COLLECTION : S_1     .RIGIMECA  .VALM

 IMPRESSION OBJET DE COLLECTION >S_1     .RIGIMECA  .VALM<  OC :      1
 >>>>>
      1 -  1.77687D+01 -6.05732D+00  2.98834D+01 -2.10596D+00 -4.57102D+00
      6 -  3.33437D+01 -4.57102D+00  7.03607D+00 -2.97096D+00  3.92857D+01
     11 -  ...
    166 -  1.12895D+01
--------------------------------------------------------------------------------
 IMPRESSION SEGMENT DE VALEURS >S_1     .VARM                    <
 >>>>>

      1 -  8.00000D+02  0.00000D+00
--------------------------------------------------------------------------------
```


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