Macro-commande CALC_PRECONT

Résumé

Cette macro-commande permet de mettre en tension les câbles dans une structure, de telle sorte que, à l'issue de ce calcul, la structure soit en équilibre et la tension soit égale à la tension donnée par les règles BPEL91, calculée par la commande DEFI_CABLE_BP.
Elle permet également :

- d'appliquer la précontrainte de façon progressive, de façon à pouvoir traiter le cas où le béton va plastifier ou s'endommager selon le modèle de comportement retenu,
- de pratiquer le phasage de mise en précontrainte, c'est-à-dire la mise en tension des câbles de façon séquentielle.

Dans cette phase de mise en tension, le comportement de l'acier est considéré comme purement élastique.

Pour plus de détails sur le modèle mis en œuvre par la commande, consultez la documentation intitulée : « Modélisation des câbles de précontrainte » [R7.01.02].

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

1 Syntaxe

```
statnl [evol_noli] = CALC_PRECONT

(  ◊  reuse         =      statnl,
   ♦  MODELE        =      mo ,                              [modele]
   ♦  CHAM_MATER    =      chmat  ,                          [cham_mater]
   ♦  CARA_ELEM     =      carac  ,                          [cara_elem]

   ♦  EXCIT         =(_F(   ♦ CHARGE =   chi             /   [char_meca]
                                                         /   [char_cine_meca]
                      ), ),
   ♦  COMPORTEMENT         =   (   voir le document [U4.51.11]   )
   ♦  INCREMENT =_F(
         ♦  LIST_INST      =   /litpsr8,                     [listr8]
                               /litps,                     [list_inst]
         ◊  INST_INIT      =   instini,                      [R]
         ◊  INST_FIN       =   instfin,                      [R]
         ◊  PRECISION      =   /1.0E-6,                      [DEFAUT]
                               /prec,                      [R]

   ♦  CABLE_BP             =   cabl_pr,                      [cable_precont]

   ◊  CABLE_BP_INACTIF     =   cabl_pr,                      [cable_precont]

   ◊  ETAT_INIT            =   (   voir le document [U4.51.03]   ),

   ◊  METHODE              =   /   NEWTON,                   [DEFAUT]
                               /   IMPLEX,

      ◊  NEWTON            =   (   voir le document [U4.51.03]   ),

   ◊  RECH_LINEAIRE        =   (   voir le document [U4.51.03]   ),

   ◊  SOLVEUR              =   (   voir le document [U4.50.01]   ),

   ◊  CONVERGENCE          =   (   voir le document [U4.51.03]   ),

   ◊   ARCHIVAGE           =   (    voir le document  [U4.51.03]     ),

   ◊  ENERGIE              = _F(),

   ◊  INFO                 =   /   1,                        [DEFAUT]
                               /   2,

   ◊  TITRE                =   tx                            [Kn]
   ),
```


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

2 Opérandes

2.1 Opérandes MODELE / CHAM_MATER / CARA_ELEM

♦ MODELE = mo

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

♦ CHAM_MATER = chmat

Nom du champ de matériau affecté sur le maillage. Attention, toutes les mailles du modèle doivent être associées à un matériau.

♦ CARA_ELEM = carac

Nom des caractéristiques des éléments de coque, poutre, tuyau, barre, câble et éléments discrets affectés sur le modèle mo.

2.2 Mot clé EXCIT

♦ EXCIT =

Ce mot-clé facteur permet de décrire à chaque occurrence une charge. Il faut fournir les conditions aux limites pour la structure, éventuellement des chargements instantanés comme la pesanteur ainsi que les liaisons cinématiques liées aux câbles ayant déjà été mis en tension par un précédent appel à CALC_PRECONT. En aucun cas, il ne faut inclure le chargement du (des) câble(s) que l'on veut mettre en tension par l'appel à cette macro-commande, ni les chargements liés au(x) câble(s) déclaré(s) inactif(s).

2.2.1 Opérandes CHARGE

♦ CHARGE = ch_i

ch_i est le chargement mécanique précisé à la i ème occurrence de EXCIT.

2.3 Mot clé COMPORTEMENT

La syntaxe de ce mot clé commun à la commande STAT_NON_LINE est décrite dans le document [U4.51.11].

2.4 Mot clé INCREMENT

♦ INCREMENT =

Définit les intervalles de temps pris dans la méthode incrémentale.

2.4.1 Opérandes LIST_INST

♦ LIST_INST = /litpsr8, [listr8]
/litps, [list_inst]

♦ Si LIST_INST = litpsr8 [listr8]

Les instants de calcul sont ceux définis dans le concept litpsr8 par l'opérateur DEFI_LIST_REEL [U4.34.01].

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

♦ Si LIST_INST = litps [list_inst]

Les instants de calcul sont ceux définis dans le concept litps par l'opérateur DEFI_LIST_INST [U4.34.03].

Remarque :

Dans le cas de câbles adhérents (ADHERENT='OUI' dans DEFI_CABLE_BP), même si le calcul est réalisé avec plusieurs pas de temps, seul le dernier pas de temps est stocké dans le concept résultat.
Au cours du processus de mise en tension des câbles, des instants sont générés automatiquement en plus de ceux fournis par l'utilisateur. Il est donc tout à fait normal de voir apparaître dans le fichier de message des calculs avec STAT_NON_LINE à des instants que l'utilisateur n'a pas spécifié. Ces instants sont également stockés dans le concept résultat.

2.4.2 Opérandes INST_INIT / INST_FIN

◊ INST_INIT = instini

L'instant initial du calcul (qui donc n'est pas (re)calculé) doit être désigné par sa valeur.

Si cet instant initial n'est pas spécifié, le défaut est calculé de la manière suivante :

- si un état initial est précisé (opérande ETAT_INIT) et s'il définit un instant correspondant (par EVOL_NOLI ou INST_ETAT_INIT) alors l'instant initial est celui défini par l'état initial,
- s'il n'y a pas d'état initial ou qu'il ne définit pas d'instant correspondant (les champs sont donnés dans ETAT_INIT sans préciser INST_ETAT_INIT), alors on prend le premier instant de la liste d'instants litps (NUME_INST_INIT =0).

◊ INST_FIN = instfin

L'instant final (dernier pas calculé) est désigné de la même manière que l'instant initial, sauf qu'il n'est pas possible de faire référence à l'instant de l'état initial.

2.4.3 Opérande PRECISION

◊ PRECISION = prec

2.5 Mot clé CABLE_BP

♦ CABLE_BP = cabl_pr

Il s'agit ici de fournir une liste des concepts de type cabl_precont produits par l'opérateur DEFI_CABLE_BP [U4.42.04]. Tous les câbles concernés seront tendus à l'issue de ce calcul.

2.6 Mot clé CABLE_BP_INACTIF

◊ CABLE_BP_INACTIF = cabl_pr

Il s'agit ici de fournir une liste des concepts de type cabl_precont produits par l'opérateur DEFI_CABLE_BP [U4.42.04]. La macro-commande se charge de générer les liaisons cinématiques liées à ces câbles inactifs, et ne prend pas en compte la rigidité de ces câbles.

2.7 Mot clé METHODE

◊ METHODE = /NEWTON , [DEFAUT]
/IMPLEX ,

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

Ce mot clé permet de définir la méthode de résolution du problème. Par défaut, c'est la méthode itérative exacte de Newton qui est utilisée. Si l'utilisateur le souhaite, il peut utiliser la méthode robuste mais approchée IMPLEX.

2.8 Mot clé NEWTON

La syntaxe de ce mot clé commun à la commande STAT_NON_LINE est décrite dans le document [U4.51.03]. Il n'est utilisable que si la méthode demandée est NEWTON.

2.9 Mot clé ETAT_INIT

La syntaxe de ce mot clé commun à la commande STAT_NON_LINE est décrite dans le document [U4.51.03].

2.10 Mot clé RECH_LINEAIRE

La syntaxe de ce mot clé commun à la commande STAT_NON_LINE est décrite dans le document [U4.51.03].

2.11 Mot clé SOLVEUR

La syntaxe de ce mot clé commun à plusieurs commandes est décrite dans le document [U4.50.01].

2.12 Mot clé CONVERGENCE

La syntaxe de ce mot clé commun à la commande STAT_NON_LINE est décrite dans le document [U4.51.03].

2.13 Mot clé ARCHIVAGE

La syntaxe de ce mot clé commun à la commande STAT_NON_LINE est décrite dans le document [U4.51.03].

2.14 Mot clé ENERGIE

Ce mot-clé permet d'activer le calcul du bilan d'énergie et son affichage au cours du calcul des étapes de mise en précontrainte du béton et du basculement des efforts extérieurs en efforts intérieurs (voir le document [R4.09.01]).
Ce bilan est stocké dans la table de nom PARA_CALC d'où il peut être extrait à l'aide de la commande RECU_TABLE [U4.71.02]. Le bilan au dernier instant correspond seulement au bilan d'énergie de l'étape du basculement des efforts extérieurs en efforts intérieurs. Comme mentionné dans la doc [R7.01,02] cette étape est un artifice numérique servant à permettre de poursuivre le calcul par la suite et donc le bilan d'énergie y est négligeable. Le bilan d'énergie à l'issue de la phase de précontrainte est celui observé à l'instant précédent.

2.15 Opérande INFO

La syntaxe de ce mot clé commun à la commande STAT_NON_LINE est décrite dans le document [U4.51.03].

2.16 Opérande TITRE

◊ TITRE = tx

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

tx est le titre du calcul. Il sera imprimé en tête des résultats. Voir [U4.03.01].

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

3 Exemple

On détaille ici les principales étapes d'un calcul de structure contenant des câbles de précontrainte (cas-test SSNV164)

3.1 Avant d'utiliser la macro-commande

- **Définition des câbles**

En cas de mise en tension non-simultanée de tous les câbles, il est nécessaire de faire (au moins) autant de DEFI_CABLE_BP que d'étapes de chargement.

```
CAB_BP1=DEFI_CABLE_BP(MODELE=MO,
                      CHAM_MATER=CMAT,
                      CARA_ELEM=CE,
                      GROUP_MA_BETON='VOLTOT',
                      DEFI_CABLE=(_F(GROUP_MA='CAB1',
                                     GROUP_NO_ANCRAGE=('PC1D','PC1F',),
                                     TYPE_ANCRAGE=('ACTIF','PASSIF',),),
                                  _F(GROUP_MA='CAB2',
                                     GROUP_NO_ANCRAGE=('PC2D','PC2F',),
                                     TYPE_ANCRAGE=('ACTIF','PASSIF',),),),),
                      TENSION_INIT=3.750000E6,
                      RECUL_ANCRAGE=0.001,)

CAB_BP3=DEFI_CABLE_BP( MODELE=MO,
                       CHAM_MATER=CMAT,
                       CARA_ELEM=CE,
                       GROUP_MA_BETON='VOLTOT',
                       DEFI_CABLE=(_F(GROUP_MA='CAB3',
                                      GROUP_NO_ANCRAGE=('PC3D','PC3F',),
                                      TYPE_ANCRAGE=('ACTIF','PASSIF',),),
                                   _F(GROUP_MA='CAB4',
                                      GROUP_NO_ANCRAGE=('PC4D','PC4F',),
                                      TYPE_ANCRAGE=('ACTIF','PASSIF',),),),),
                       TENSION_INIT=3.750000E6,
                       RECUL_ANCRAGE=0.001,)

CAB_BP5=DEFI_CABLE_BP(MODELE=MO,
                      CHAM_MATER=CMAT,
                      CARA_ELEM=CE,
                      GROUP_MA_BETON='VOLTOT',
                      DEFI_CABLE=_F(GROUP_MA='CAB5',
                                    GROUP_NO_ANCRAGE=('PC5D','PC5F',),
                                    TYPE_ANCRAGE=('ACTIF','ACTIF',),),
                      TENSION_INIT=3.750000E6,
                      RECUL_ANCRAGE=0.001,
                      )
```


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

- **Définition des chargements**

Il faut distinguer :
- *les chargements liés aux conditions aux limites plus les éventuels chargements instantanés,*
- *les chargement liés aux câbles contenant uniquement les liaisons cinématiques,*
- *les chargements non-instantanés postérieurs à la mise en tension des câbles.*

```
CLIM =AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,
                     DDL_IMPO=(
                            _F(GROUP_NO='PP',
                               DX=0.0,DY=0.0,),
                            _F(GROUP_NO='PX',
                               DY=0.0,),
                            _F(GROUP_NO='PY',
                               DX=0.0,),
                            _F(GROUP_NO='SU3',
                               DZ=0.0,), ),
                   PESANTEUR=(9.81,0.0,0.0,-1.0,), )

CMCAB1=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,
                      RELA_CINE_BP=_F(CABLE_BP=CAB_BP1,
                                      SIGM_BPEL='NON',
                                      RELA_CINE='OUI',),)
CMCAB3=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,
                      RELA_CINE_BP=_F(CABLE_BP=CAB_BP3,
                                      SIGM_BPEL='NON',
                                      RELA_CINE='OUI',),)
CMCAB5=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,
                      RELA_CINE_BP=_F(CABLE_BP=CAB_BP5,
                                      SIGM_BPEL='NON',
                                      RELA_CINE='OUI',),)

CHMECA =AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MO,
                       DDL_IMPO=_F(GROUP_NO='SU2',
                                   DZ=1.0,), )
```

- **Calcul préliminaire avant mise en tension des câbles (facultatif)**

Il s'agit ici de prendre en compte les chargements qui s'appliquent à la structure avant la mise en tension des câbles. Pour ne pas prendre en compte la rigidité des câbles, et ne pas introduire un chargement sur les câbles, il faut effectuer le calcul soit sur un modèle ne contenant pas les câbles soit en leur affectant une loi de comportement SANS, qui impose que la contrainte reste nulle dans ces éléments.

```
RES1 = STAT_NON_LINE(MODELE=MO,
                     CHAM_MATER=CMAT,
                     CARA_ELEM=CE,
                     COMPORTEMENT=(_F( RELATION = 'ELAS',),
                                   _F( RELATION = 'SANS',
                                       GROUP_MA= ('CAB1' ,'CAB3', 'CAB5'),),),
                     EXCIT   =(_F(CHARGE = CLIM,),
                               _F(CHARGE = CMCAB1),
                               _F(CHARGE = CMCAB3),
                               _F(CHARGE = CMCAB5),),
                     INCREMENT=_F(LIST_INST = LINST,
                                  INST_FIN = 150.),)
```


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

3.2 Utilisation de la macro-commande : mise en tension successive des 5 câbles

On fait appel à la macro-commande autant de fois que nécessaire.

```
RES1 =  CALC_PRECONT ( reuse=RES1,
                            ETAT_INIT=_F(EVOL_NOLI=RES1),
                            MODELE=MO,
                            CHAM_MATER=CMAT,
                            CARA_ELEM=CE,
                            COMPORTEMENT=(_F( RELATION = 'ELAS',),),
                            EXCIT   =(_F(CHARGE = CLIM,),),
                            CABLE_BP   =(CAB_BP1,),
                            CABLE_BP_INACTIF = (CAB_BP3, CAB_BP5,),
                            INCREMENT=_F( LIST_INST = LINST,
                                          INST_FIN  = 300.,
                                          ),)
RES1 =  CALC_PRECONT ( reuse=RES1,
                            ETAT_INIT=_F(EVOL_NOLI=RES1),
                            MODELE=MO,
                            CHAM_MATER=CMAT,
                            CARA_ELEM=CE,
                            COMPORTEMENT=(_F(RELATION = 'ELAS',),),
                            EXCIT    =(_F(CHARGE = CLIM,),
                                       _F(CHARGE = CMCAB1,),
                            CABLE_BP   =(CAB_BP3,),
                            CABLE_BP_INACTIF = (CAB_BP5,),
                            INCREMENT=_F(LIST_INST = LINST,
                                         INST_FIN  = 450.,
                                         ),)
RES1 =  CALC_PRECONT (  reuse=RES1,
                             ETAT_INIT=_F(EVOL_NOLI=RES1),
                             MODELE=MO,
                             CHAM_MATER=CMAT,
                             CARA_ELEM=CE,
                             COMPORTEMENT=(_F( RELATION = 'ELAS',),),
                             EXCIT   =(_F(CHARGE = CLIM,),
                                       _F(CHARGE = CMCAB1,),
                                       _F(CHARGE = CMCAB3,),
                             CABLE_BP   =(CAB_BP5,),
                             INCREMENT=_F(LIST_INST = LINST,
                                          INST_FIN = 600.,
                                          ),)
```


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

3.3 Poursuite du chargement après mise en tension des câbles

Les câbles étant tendus, il n'y a plus qu'à poursuivre le calcul en incluant toujours les liaisons cinématiques liant les nœuds du câble au béton.

```
RES1 = STAT_NON_LINE(reuse = RES1,
                     ETAT_INIT=_F(EVOL_NOLI=RES1),
                     MODELE=MO,
                     CHAM_MATER=CMAT,
                     CARA_ELEM=CE,
                     COMPORTEMENT=_F( RELATION = 'ELAS'),
                     EXCIT   =(_F(CHARGE = CLIM,),
                               _F(CHARGE = CMCAB1),
                               _F(CHARGE = CMCAB3),
                               _F(CHARGE = CMCAB5),
                               _F(CHARGE=CHMECA,
                                  FONC_MULT = FCT,),
                     INCREMENT=_F(LIST_INST = LINST,),)
```


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