

Opérateur RESOUDRE

1 But

Résoudre un système d'équations linéaires (méthode "directe" ou itérative)

Les méthodes de résolutions implantées dans *Code_Aster* et applicables par cette commande sont :

- 1) la méthode `MULT_FRONT` (méthode directe),
- 2) la méthode `MUMPS` (méthode directe),
- 3) la méthode `GCPC` (méthode itérative),
- 4) la méthode `PETSC` (méthode itérative),
- 5) la méthode `LDLT` (méthode directe),

Le choix effectif de la méthode se fait au travers de la commande `NUME_DDL` [U4.61.11].

Pour les méthodes directes, la matrice doit avoir été préalablement factorisée par la commande `FACTORISER` [U4.55.01]. Dans le cas des méthodes itératives avec pré conditionnement, la matrice de pré conditionnement est fournie par l'opérateur `FACTORISER` [U4.55.01].

L'opérateur permet des résolutions complexes pour les méthodes "directes" (pas pour les méthodes itératives).

Produit une structure de données de type `cham_no`.

2 Syntaxe

```

U   [cham_no_*] = RESOUDRE
      (
        ◊ reuse = U,
        ♦ MATR = A,
        # Si méthode LDLT, MULT_FRONT, MUMPS :
                                          / [matr_asse_DEPL_R]
                                          / [matr_asse_DEPL_C]
                                          / [matr_asse_TEMP_R]
                                          / [matr_asse_TEMP_C]
                                          / [matr_asse_PRES_R]
                                          / [matr_asse_PRES_C]

        # Si méthode GCPC ou PETSC :
                                          / [matr_asse_DEPL_R]
                                          / [matr_asse_TEMP_R]
                                          / [matr_asse_PRES_R]

        ♦ CHAM_NO = B, / [cham_no]
        ◊ CHAM_CINE = vcine, / [cham_no]

        # si méthode PETSC :
        ◊ ALGORITHMME = / 'CG', [DEFAULT]
                        / 'BCGS',
                        / 'BICG',
                        / 'CR',
                        / 'GEMRES',
                        / 'TFQMR',

        # si méthode MUMPS, GCPC, PETSC :
        ◊ RESI_RELA = / 1.e-6 , [DEFAULT]
                     / eps, [R]

        # si méthode GCPC ou PETSC :
        ◊ ♦ MATR_PREC = precondition, / [matr_asse_DEPL_R]
                                          / [matr_asse_TEMP_R]
                                          / [matr_asse_PRES_R]

        ◊ NMAX_ITER = / niter, [I]
                     / 0, [DEFAULT]

        ◊ TITRE = titr , [1_K80]
        ◊ INFO = / 1 , [DEFAULT]
                 / 2 ,

      )

```

Si CHAM_NO :	[cham_no_DEPL_R]	alors (*)	→	DEPL_R
	[cham_no_TEMP_R]		→	TEMP_R
	[cham_no_PRES_C]		→	PRES_C

3 Généralités

Cette commande permet de résoudre :

- par une méthode directe, le système linéaire $\mathbf{AX}=\mathbf{B}$, où \mathbf{A} est une matrice préalablement "factorisée" par la commande FACTORISER [U4.51.01.],
- par une méthode itérative (GCPC ou PETSC), le système linéaire $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{AX}=\mathbf{P}^{-1}\mathbf{B}$, où \mathbf{P}^{-1} est une matrice de pré conditionnement déterminée par la commande FACTORISER [U4.51.01] et \mathbf{A} la matrice assemblée initiale.

La résolution est possible pour des conditions aux limites de DIRICHLET (conditions aux limites cinématiques) dualisées ou éliminées [U2.01.02]. Dans ce dernier cas, si le chargement $\mathbf{X}=\mathbf{X}_0$ sur le « bord » Γ_0 a été traduit par une charge cinématique (opérateur AFFE_CHAR_CINE [U4.44.03] prise en compte dans la matrice assemblée (opérateur ASSE_MATRICE [U4.61.22], la « valeur » de ce chargement (\mathbf{X}_0) , calculée par l'opérateur CALC_CHAR_CINE [U4.61.03] doit être fournie par le mot clé CHAM_CINE.

4 Opérandes

4.1 Opérande MATR

♦ `MATR = A,`

Nom de la matrice assemblée du système à résoudre.

- Pour les méthodes directes, on fournit à MATR le concept modifié par l'opérateur FACTORISER ; cette matrice peut être réelle ou complexe, symétrique ou non.
- Pour les méthodes itératives, on fournit à MATR la matrice assemblée initiale. La matrice de pré conditionnement est à fournir avec le mot-clé MATR_PREC.

4.2 Opérande CHAM_NO

♦ `CHAM_NO = B,`

Nom du vecteur second membre (en général obtenu par la commande ASSE_VECTEUR).

4.3 Opérande CHAM_CINE

♦ `CHAM_CINE = vcine,`

Nom du vecteur représentant la "valeur" des conditions aux limites de type "DIRICHLET" traduites sous forme de chargement cinématique (c'est à dire par utilisation d'une des commandes AFFE_CHAR_CINE ou AFFE_CHAR_CINE_F).

Ce `cham_no` provient de l'exécution de l'opérateur CALC_CHAR_CINE sur la liste des `char_cine` (chargements cinématiques) associée à la matrice assemblée A [U2.01.02].

4.4 Opérande ALGORITHME

♦ `ALGORITHME = 'CG' / 'BCGS' / 'GEMRES' / ...`

Ce mot clé sert à choisir l'algorithme de la méthode itérative PETSC. Les différents algorithmes disponibles sont documentés dans le manuel utilisateur PETSC que l'on peut consulter par exemple à l'adresse : <http://www.mcs.anl.gov/petsc/petsc-as/documentation/linearsolvertable.html>

4.5 Opérande MATR_PREC

◇ MATR_PREC = precondition

Matrice de pré conditionnement, obtenue par l'opérateur FACTORISER [U4.55.01].

Le pré conditionnement est nécessaire pour obtenir une bonne convergence en un minimum d'itérations.

Avec la méthode GCPC, la matrice de pré conditionnement est une matrice distincte de la matrice du problème (mot clé MATR).

En revanche, avec la méthode PETSC, il est conseillé d'utiliser la même matrice pour MATR_PREC et MATR, ce qui veut dire que la commande FACTORISER doit être faite « en place » (avec le mot clé reuse). Voir exemple ci-dessous.

4.6 Opérande RESI_RELA

◇ RESI_RELA

Pour les méthodes itératives GCPC et PETSC :

Critère de convergence de l'algorithme ; c'est un critère relatif sur le résidu :

$$\frac{\|r_m\|}{\|b\|} \leq resi$$

r_m est le résidu à l'itération m

b est le second membre et $\| \|$ la norme euclidienne.

Pour la méthode MUMPS, ce mot clé est décrit dans [U4.50.01]

La valeur par défaut est 1.E-6.

4.7 Opérande NMAX_ITER

◇ NMAX_ITER = niter

Nombre d'itérations maximum de l'algorithme itératif.

Si niter = 0 alors l'algorithme choisit un nombre d'itérations par défaut.

4.8 Opérande TITRE

◇ TITRE = titr ,

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

4.9 Opérande INFO

◇ INFO =

1 : pas d'impression.

2 : impressions

5 Exemples

5.1 Résolution par la méthode directe **MULT_FRONT**

- Constitution des matrices assemblées :

On a calculé auparavant les termes élémentaires `KEL` , `FEL`.

```
NU =NUME_DDL( MATR_RIGI=KEL, METHODE='MULT_FRONT' )
K  =ASSE_MATRICE( MATR_ELEM=KEL, NUME_DDL=NU, )
F  =ASSE_VECTEUR( MATR_ELEM=FEL, NUME_DDL=NU, )
```

- Factorisation :

```
K  =FACTORISER( reuse=K, MATR_ASSE=K, )
```

- Résolution :

```
U  =RESOUDRE( MATR=K, CHAM_NO=F, )
```

- pour l'utilisation des charges cinématiques (avec élimination des degrés de liberté imposés), voir l'exemple donné dans la commande `AFFE_CHAR_CINE` [U4.44.03].

5.2 Résolution par la méthode **MUMPS**

```
NU      = NUME_DDL( MATR_RIGI= KEL, METHODE= 'MUMPS', RENUM='METIS' )

K       = ASSE_MATRICE ( MATR_ELEM= KEL, NUME_DDL= NU )
F       = ASSE_VECTEUR ( VECT_ELEM= FEL, NUME_DDL= NU )
K       = FACTORISER   ( reuse= K, MATR_ASSE= K )
dep     = RESOUDRE     ( CHAM_NO  = F , MATR= K )
```

5.3 Résolution par la méthode du gradient conjugué pré conditionné

```
NU      = NUME_DDL( MATR_RIGI= KEL, METHODE= 'GCPC' )

K       = ASSE_MATRICE ( MATR_ELEM= KEL, NUME_DDL= NU )
F       = ASSE_VECTEUR ( VECT_ELEM= FEL, NUME_DDL= NU )
KPREC   = FACTORISER   ( MATR_ASSE= K )
dep     = RESOUDRE     ( CHAM_NO  = F , MATR= K,
                        NMAX_ITER= 1000 , RESI_RELA= 1e-07
                        )
```

5.4 Résolution par la méthode **PETSC**

```
NU      = NUME_DDL( MATR_RIGI= KEL, METHODE= 'PETSC' )

K       = ASSE_MATRICE ( MATR_ELEM= KEL, NUME_DDL= NU )
F       = ASSE_VECTEUR ( VECT_ELEM= FEL, NUME_DDL= NU )
K       = FACTORISER   ( reuse=K, MATR_ASSE= K )
dep     = RESOUDRE     ( CHAM_NO  = F , MATR= K, MATR_PREC= K,
                        ALGORITHM='GMRES',
                        NMAX_ITER= 1000 , RESI_RELA= 1e-07
                        )
```