Notice d'utilisation du couplage entre *Code_Aster* et le module de lois de comportement UMAT

Résumé :

On décrit ici l'utilisation du couplage entre *Code_Aster* et le module d'intégration de lois de comportement UMAT, routine « utilisateur » dont les arguments sont spécifiés par le code Abaqus.

Attention : l'utilisation de ces lois de comportement « à façon » implique une validation spécifique pour l'étude envisagée, car on se place hors du domaine qualifié de *Code_Aster*.

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

Table des Matières

1 Modalités d'utilisation des routines de type UMAT....3
1.1Description des routines UMAT....3
1.1.1Variables en entrée....3
1.1.2Variables produites ou modifiées....4
1.2Utilisation des routines UMAT dans une étude....5
1.2.1Création de la bibliothèque dynamique à partir d'une routine Fortran umat.f....5
1.2.2Utilisation dans le fichier de commandes....6

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

1 Modalités d'utilisation des routines de type UMAT

1.1 Description des routines UMAT

UMAT est un format de routine Fortran familier des utilisateurs du code Abaqus, servant à intégrer leurs propres lois de comportement. Le contenu de cette routine est entièrement libre et à la charge de l'utilisateur, et doit permettre d'intégrer la loi de comportement, c'est-à-dire en un point d'intégration, de calculer le tenseur des contraintes, les variables internes, et l'opérateur tangent (cf. [D5.04.01] - Introduire un nouveau comportement).

Pour plus de précisions sur les routines UMAT, consulter la documentation du code Abaqus.

L'entête d'une routine UMAT se présente comme ceci :

```
SUBROUTINE UMAT( STRESS,STATEV,DDSDDE,SSE,SPD,SCD,
                 RPL,DDSDDT,DRPLDE,DRPLDT,
                 STRAN,DSTRAN,TIME,DTIME,TEMP,DTEMP,PREDEF,DPRED,CMNAME,
                 NDI,NSHR,NTENS,NSTATV,PROPS,NPROPS,COORDS,DROT,PNEWDT,
                 CELENT,DFGRD0,DFGRD1,NOEL,NPT,LAYER,KSPT,KSTEP,KINC)
```

Brièvement, les arguments en entrée et en sortie d'un routine UMAT sont les suivants :

1.1.1 Variables en entrée

Argument	Signification (spécification Abaqus)	Valeurs transmises par c*ode_aster*
NDI	Nombre de composantes de contraintes (hors cisaillement) au point d'intégration courant	3
NSHR	Nombre de composantes de contraintes de cisaillement au point d'intégration courant	1 (D_PLAN, AXIS, C_PLAN) ou 3 (en 3D)
NTENS	Nombre total de composantes de contraintes et de cisaillement	NTENS = NDI+NSHR
NPROPS	Nombre de paramètres matériaux	50 (valeur fixe)
NSTATV	Nombre de variables internes associées au comportement.	NB_VARI sous COMPORTEMENT
CMNAME	Nom du comportement	UMAT
COORDS	Tableau contenant les coordonnées du point d'intégration courant	Coordonnées du point de gauss courant si celles-ci sont définies comme variable de commande dans AFFE_MATERIAU.
PROPS(NPROPS)	Tableau des paramètres matériaux	DEFI_MATERIAU / UMAT / LISTE_COEF
TIME(1)	Temps du pas au début de l'incrément	$\Delta t = t_i - t_{i-1}$
TIME(2)	Temps total au début de l'incrément	t_{i-1}
DTIME	Incrément de temps	$\Delta t = t_i - t_{i-1}$

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

TEMP	Température au début de l'incrément	$T(t_{i-1})$
DTEMP	Incrément de température	$T(t_i)-T(t_{i-1})$
CELENT	Longueur caractéristique de l'élément	*Non défini*
NOEL	Numéro de l'élément	Numéro de l'élément
NPT	Numéro du point d'intégration	Numéro du point de Gauss dans l'élément courant
LAYER	Numéro de la couche pour les coques (sous-point d'intégration)	*Non défini*
KSPT	Numéro du point d'intégration dans la sous-couche courante	Numéro de sous-point d'intégration
KSTEP	Numéro du pas	2 (valeur fixe)
KINC	Numéro de l'incrément	Numéro de l'itération de Newton (KINC=0 en prédiction)
DROT(3,3)	Matrice d'incrément de rotation, présente si la base pour le matériau tourne avec l'élément.	Calculée à partir des 3 angles nautiques
DFGRD0(3,3)	Tableau contenant le gradient de transformation au début de l'incrément	*Non défini*
DFGRD1(3,3)	Tableau contenant le gradient de transformation à la fin de l'incrément	*Non défini*
STRAN(NTENS)	Déformations mécaniques totales au début de l'incrément. (les déformations thermiques sont retirées).	$\varepsilon(t_{i-1})-\varepsilon^{th}(t_{i-1})$
DSTRAN(NTENS)	Incréments de déformations mécaniques. Les déformations thermiques sont retirées.	$\Delta\varepsilon(t_{i-1})-\Delta\varepsilon^{th}(t_{i-1})$
PREDEF	Tableau des valeurs interpolées des champs externes imposés au début de l'incrément	Les valeurs fournies sont : 'IRRA','SECH','HYDR','CORR', 'NEUT1','NEUT2', dans cet ordre. (la valeur est NaN si la variable de commande n'est pas définie).
DPRED	Tableau des incréments des champs externes imposes	Incréments de variable de commande dans le même ordre que PREDEF.

1.1.2 Variables produites ou modifiées

Argument	Signification (spécification Abaqus)	Valeurs transmise à *Code_Aster*
STRESS(NTENS)	Tenseur des contraintes de Cauchy au début du pas de temps. Doit être modifié pour donner les contraintes à la fin du pas de temps.	Stockées dans le champ SIEF_ELGA, utilisées pour le calcul des forces internes (résidu)

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

STATEV(NSTATV)	Tableau contenant les variables internes de la loi de comportement.	Stockées dans le champ VARI_ELGA
DDSDDE(NTENS,NTENS)	Opérateur tangent (symétrique) du modèle de comportement	Utilisé pour le calcul de la matrice tangente.
PNEWDT	Rapport du nouveau pas de temps suggéré sur le pas de temps initial	*Fonctionnalité débranchée*
SSE, SPD, SCD	Énergie élastique, de dissipation plastique et énergie de fluage.	Non utilisé

Pour les analyses thermo-mécaniques couplées uniquement :

RPL	Production de chaleur volumétrique par unité de temps à la fin de l'incrément provoquée par la mécanique.	Non utilisé
DDSDDT(NTENS)	Variation de l'incrément des contraintes par rapport à la température	Non utilisé
DRPLDE(NTENS)	Variation de la production de chaleur par rapport aux incréments de déformation	Non utilisé
DRPLDT	Variation de la production de chaleur par rapport à la température	Non utilisé

Les limitations actuelles de l'interface Aster-Umat sont :
- Les seules modélisations supportées sont : 3D, AXIS, D_PLAN (et C_PLAN *via* DEBORST) ;
- Les énergies ne sont pas récupérées par *Code_Aster* actuellement ;
- Pas de couplage thermo-mécanique pour le moment.

On peut prendre en compte les grandes déformations via DEFORMATION='GDEF_LOG'.

1.2 Utilisation des routines UMAT dans une étude

1.2.1 Création de la bibliothèque dynamique à partir d'une routine Fortran umat.f

La bibliothèque dynamique contenant la routine UMAT doit être préparée avant l'exécution du calcul. Pour cela, l'utilisateur dispose d'un moyen simple de compiler cette bibliothèque en utilisant l'utilitaire as_run [U1.04.00], (avec une version d'astk supérieure ou égale à 1.8.3).

Le fonctionnement est le suivant :
1) l'utilisateur écrit sa routine de comportement umat.f (les noms du fichier et de la routine sont quelconques puisqu'ils sont rappelés au moment du calcul) ;
2) il produit la bibliothèque dynamique associée à ce comportement de la façon suivante :
   - cd /chemin/fichiers/etude
   - as_run --make_shared -o libumat.so umat.f
3) pour lancer l'étude, dans astk, il indique :
   - /chemin/fichiers/etude/libumat.so, **type="nom"**, UL=0, en Donnée (le fichier sera recopié dans le répertoire de travail sans changer de nom)
   - dans le fichier de commandes, il indique sous COMPORTEMENT :
     - RELATION='UMAT' ,
     - LIBRAIRIE='libumat.so' ,
       (ou en chemin absolu :
       LIBRAIRIE='/chemin/fichiers/etude/libumat.so')

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

- NOM_ROUTINE='umat_' (on peut omettre le caractère « _ »)

Par ce mécanisme, il est tout à fait possible d'avoir plusieurs comportements UMAT différents qui cohabitent (plusieurs routines dans une même bibliothèque ou des bibliothèques différentes, voir par exemple le test umat002a).

1.2.2 Utilisation dans le fichier de commandes

Le couplage UMAT-Code_Aster se traduit dans le fichier de commandes de la façon suivante :

- Les données nécessaires du champ matériau sont fournies dans l'opérateur DEFI_MATERIAU [U4.43.01], sous le mot clé UMAT/UMAT_FO.
- Sous le mot-clé COMPORTEMENT de STAT_NON_LINE, DYNA_NON_LINE ou SIMU_POINT_MAT :
  - spécifier RELATION='UMAT' ;
  - sous le mot_clé NB_VARI, préciser le nombre de variables internes du comportement ;
  - l'hypothèse des contraintes planes est prise en compte par la méthode de De Borst [R5.03.03] ;
  - indiquer le chemin vers la bibliothèque sous le mot-clé LIBRAIRIE et le nom de la routine contenue dans la bibliothèque sous le mot-clé NOM_ROUTINE, comme décrit ci-dessus.
- les mot-clés RESI_INTE_RELA, ITER_INTE_MAXI, ALGO_INTE, PARM_THETA, ne sont pas utilisés, car les arguments d'entrée d'UMAT ne permettent pas de les prendre en compte.

Exemples : voir les tests umat001 (test thermo-élastique avec STAT_NON_LINE), umat002 (test analytique multi-directionnel avec SIMU_POINT_MAT) ou zzzz409a (test thermomécanique avec une loi d'endommagement et en SIMU_POINT_MAT).

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