

Exemple : loi de Norton

Un comportement très simple : la loi viscoplastique de Norton. Osons les **équations** !

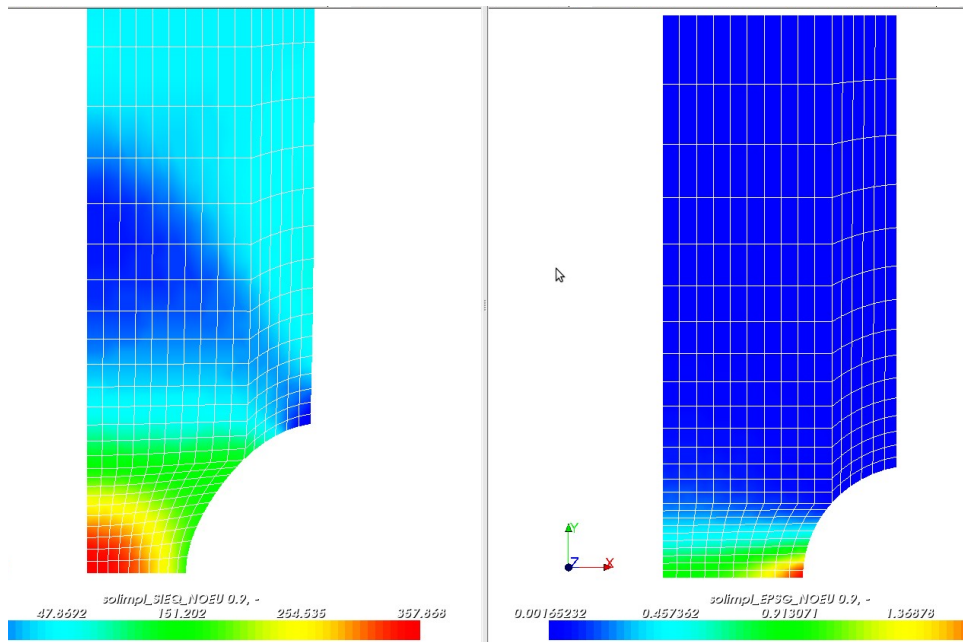
$$\begin{cases} \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^v = \dot{p} \boldsymbol{n} \\ \dot{p} = \left[\frac{\sigma_{eq}}{K} \right]^n \\ \boldsymbol{\sigma} = \mathbf{H} (\boldsymbol{\varepsilon} - \boldsymbol{\varepsilon}^v) \end{cases} \quad \text{Les coefficients à introduire sont : } n > 0 \text{ et } \frac{1}{K}$$

\mathbf{H} est l'opérateur d'élasticité, σ_{eq} la norme de Von Mises, \boldsymbol{n} la normale à la surface de charge.

Osons maintenant le **fortran** ! Hormis la routine classique de lecture des coefficients matériau, il suffit d'introduire la routine suivante (appelée par LCDVIN) :

```
      SUBROUTINE NORTON(NVI,VINI,COEFT,NMAT,SIGI,DEPS,DVIN,IRET)
      IMPLICIT NONE
C =====
C      MODELE VISCOPLASTIQUE DE NORTON
C =====
C      DERIVEES DE L ENSEMBLE DES VARIABLES INTERNES DU MODELE
C      IN NVI      : NOMBRE DE VARIABLES INTERNES
C      VINI       : VARIABLES INTERNES A T
C      COEFT      : COEFFICIENTS MATERIAU INELASTIQUE A T
C      NMAT       : DIMENSION MAXI DE COEFT
C      SIGP       : CONTRAINTES A L'INSTANT COURANT, AVEC SQRT(2)
C      DEPS       : INCREMENT DE DEFORMATIONS, AVEC SQRT(2)
C      OUT:
C      DVIN       : DERIVEES DES VARIABLES INTERNES A T
C      IRET       : CODE RETOUR =0 SI OK, =1 SI PB
C -----
C      INTEGER IRET,ITENS,NDI,NMAT,NVI,NDT
C      REAL*8 COEFT(NMAT),VINI(NVI),DVIN(NVI),SMX(6),SIGI(6)
C      REAL*8 DP,N,UNSURK,GRJ2V,EPSI,R8MIEM,LCNRTS,DEPS(6)
C -----
C      IRET=0
C      INITIALISATION DES DERIVEES DES VARIABLES INTERNES A ZERO
C      CALL R8INIR(7,0.D0,DVIN,1)
C -- COEFFICIENTS MATERIAU
C      N = COEFT(1)
C      UNSURK = COEFT(2)
C      ZERO NUMERIQUE ABSOLU
C      EPSI=R8MIEM()
C----- CALCUL DU TENSEUR DEVIATORIQUE DES CONTRAINTES ---
C      CALL LCDEVI(SIGI , SMX )
C-----CALCUL DU DEUXIEME INVARIANT DE CONTRAINTE -----
C      GRJ2V = LCNRTS(SMX )
C----- EQUATION DONNANT LA DERIVEE DE LA DEF VISCO PLAST
C      IF (GRJ2V .GT. EPSI) THEN
C          DP=(GRJ2V*UNSURK)**N
C      INUTILE DE CALCULER DES DEFORMATIONS PLASTIQUES MINUSCULES
C      IF (DP .GT. 1.D-10) THEN
C          DO 12 ITENS=1,6
C              DVIN(ITENS)=1.5D0*DP*SMX(ITENS)/GRJ2V
12      CONTINUE
C          DVIN(7)=DP
C      ENDIF
C      ENDIF
C      END
```

Test de fluage sur une éprouvette entaillée avec la loi de Norton



Contrainte hydrostatique sur la déformée

déformation epyy sur géométrie initiale

Comparaison des performances :

Algo	Temps CPU	Nb pas de temps	Nb itérations
Norton Implicite	83s	101	382
Norton Explicite (1/3 du calcul)	162s	1061	2275
Lemaitre implicite	23s	101	330

La résolution implicite est donc beaucoup plus efficace que la résolution explicite (qui n'aboutit pas au -delà de la moitié du temps total). Les résultat sont identiques au calcul de référence (loi de Lemaitre), comme le montre l'évolution des déformations maximum en fonction du temps :

Fluage sur eprouvette entaille

