

Résolution de problèmes non linéaires

La procédure PASAPAS

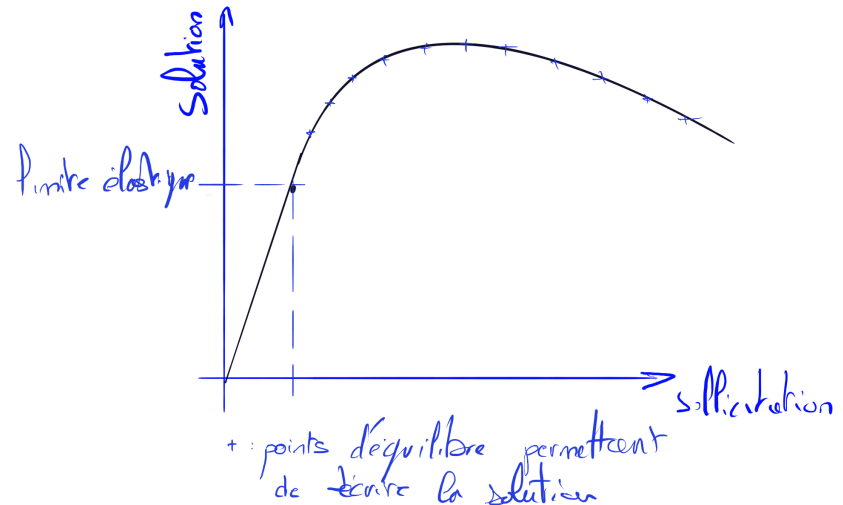


Non linéarités ?

- **Objectif**
 - > résolution de problèmes non linéaires **évolutifs** de manière incrémentale en **thermique** et en **mécanique**
 - > le "temps" peut être physique (ex : thermique transitoire)
 - > ou non (ex : plasticité avec chargement progressif)
 - > ➔ *on parle donc volontiers de **variable d'évolution***
- **Types de non linéarités traitées**
 - comportement** (plasticité, endommagement, matériaux variables, ...)
 - géométrie** (grands déplacements)
 - déformations** (grandes rotations)
 - conditions limites** (rayonnement, frottement, pression suiveuse, ...)

Donc

- ▶ La solution n'est plus proportionnelle à l'intensité de la sollicitation
- ▶ Il faut calculer plusieurs états d'équilibre

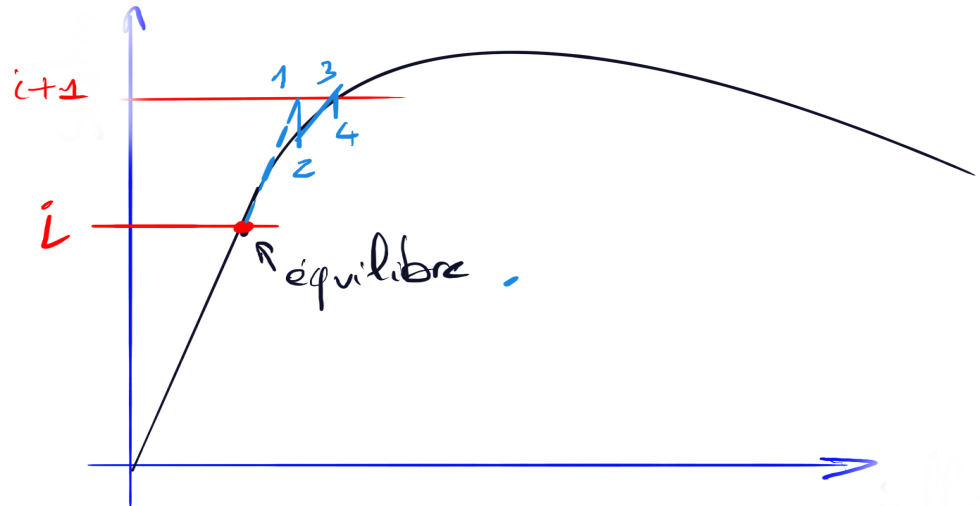


Procédure de calcul

► i = état d'équilibre de départ

► $i+1$ = état d'équilibre suivant

- 1 : équilibre OK
comportement KO
- 2 : comportement OK
équilibre KO
- 1-2 : erreur



Itération → erreur < critère

L'objet de type chargement

- ▶ Le chargement représente l'évolution des sollicitations avec le temps ou la variable d'évolution
 - $F(x, t) = F_0(x) * \Lambda(t)$
 - $F_0(x)$: Champ correspondant à la répartition spatiale de la sollicitation (CHPOINT ou MCHAML)
 - $\Lambda(t)$: multiplicateur d'évolution en fonction du temps

Chargement progressif d'une pression

*Champ de force du à une pression appliqué sur D1

```
F1=PRESS MASS MOD1 D1 100.E6;
```

* Pseudo temps

```
PROGT=PROG 0. 1. ;
```

* Multiplicateur

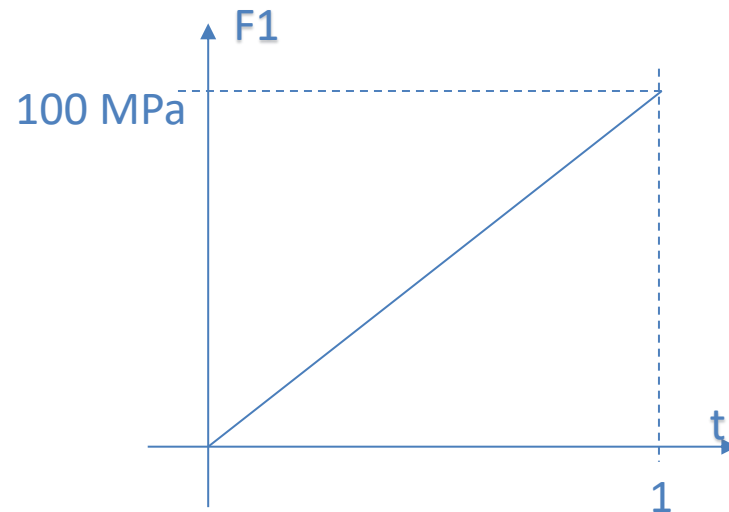
```
PROGF= PROG 0. 1.;
```

* Evolution pseudo-temporelle

```
EVOL1=EVOL MANU PROGT PROGF;
```

*CHARGEMENT

```
CHAR1=CHARGEMENT F1 EVOL1 'MECA';
```



Mot clef 'MECA' nécessaire pour PASAPAS, voire notice

Chargement combiné poids propre et déplacement imposé

*matrice de masse

```
MASS1=MASS MOD1 MAT1;
```

* Gravité appliquée sur la structure

```
CHG=MANU CHPO MAILL1 1 'UZ' -9.81;
```

* Champ de force gravitaire

```
CHP=MASS1*CHG;
```

*Déplacement impose de 1 sur condition CL1

```
DIMP1=DEPI CL1 1.;
```

* Pseudo temps

```
PROGT=PROG 0. 1. 10.;
```

* Multiplicateur de poids

```
PROGP=PROG 0. 1. 1.;
```

* Multiplicateur de déplacement

```
PROGD=PROG 0. 0. 1.E-3;
```

*evolutions

```
EVOLP=EVOL MANU PROGT PROGP;
```

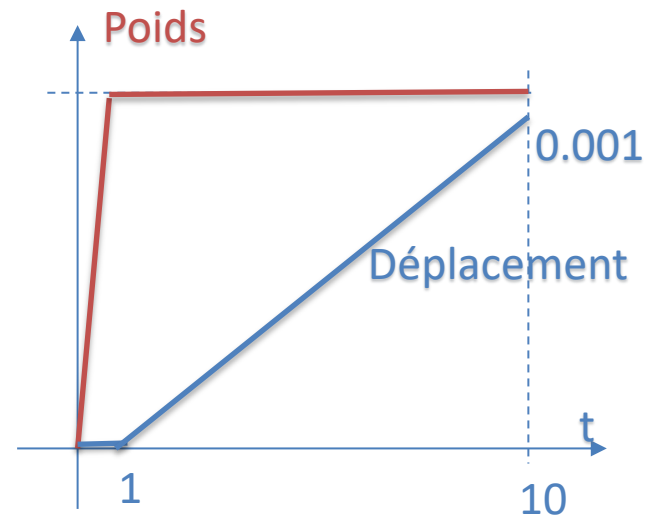
```
EVOLD=EVOL MANU PROGT PROGD;
```

* Chargements

```
CHARP=CHAR CHP EVOLP 'MECA';
```

```
CHARD=CHAR DIMP1 EVOLD 'DIMP';
```

```
CHARTOT=CHARP ET CHARD
```



Présentation de PASAPAS

- **Objectif**

- > résolution de problèmes non linéaires **évolutifs** de manière incrémentale en **thermique** et en **mécanique**
- > le "temps" peut être physique (ex : thermique transitoire)
- > ou non (ex : plasticité avec chargement progressif)
- > ➔ *on parle donc volontiers de **variable d'évolution***

- **Types de non linéarités traitées**

comportement (plasticité, endommagement, matériaux variables, ...)

géométrie (grands déplacements)

déformations (grandes rotations)

conditions limites (rayonnement, frottement, pression suiveuse, ...)

Utilisation de PASAPAS

- **Créer une table** contenant toutes les données du problème :
certaines indices sont obligatoires, d'autres non
 - > TAB1 = **TABL** ;
 - > TAB1 . **MODELE** = MOD1 **ET** MOD2 ;
 - > TAB1 . **CARACTERISTIQUES** = MAT1 **ET** MAT2 ;
 - > TAB1 . **BLOCAGES_MECAIQUES** = BL01 ;
 - > TAB1 . **CHARGEMENT** = CHA1 **ET** CHA2 **ET** CHA3 ;
 - > TAB1 . **TEMPS_CALCULES** = **PROG** 0.1 'PAS' 0.1 50. ;
 - > TAB1 . **TEMPS_SAUVES** = **PROG** 4. 8. 15. 16. 23. 42. ;
 - > TAB1 . **PRECISION** = 1.E-6 ;
 - > TAB1 . **GRANDS_DEPLACEMENTS** = VRAI ;
 - > ...
- **Appel à la procédure** proprement dite :
PASAPAS TAB1 ;
- **Post-traitement des résultats**

Aperçu des paramètres d'entrée

- **Généralités**

- > **MODELE** (MMODEL) *Équations à résoudre, formulation E.F. (MODE)*
- > **CARACTERISTIQUES** (MCHAML) *Paramètres matériau et/ou géométriques (MATE)*
- > **CHARGEMENT** (CHARGE) *Évolution des C.L. au cours du calcul (CHAR)*

- **Thermique**

- BLOCAGES_THERMIQUES** (RIGIDITE) *Matrice de blocage des C.L. de type DIRICHLET (BLOQ)*
- CELSIUS** (LOGIQUE) *=VRAI si les températures sont en degrés CELSIUS*
- TEMPERATURES . 0** (CHPOINT) *Conditions initiales*

- **Mécanique**

- BLOCAGES_MECANIQUES** (RIGIDITE) *Matrice de blocage des C.L. de type DIRICHLET (BLOQ)*
- GRANDS_DEPLACEMENTS** (LOGIQUE) *Équilibre vérifié sur les configurations déformées*
- DEPLACEMENTS . 0** (CHPOINT)
- CONTRAINTES . 0** (MCHAML)
- VARIABLES_INTERNES . 0** (MCHAML)
- DEFORMATIONS_INELASTIQUES . 0** (MCHAML)

} *Conditions initiales*

Aperçu des paramètres d'entrée

- **Mécanique (dynamique)**

- > **DYNAMIQUE** (LOGIQUE) *=VRAI si calcul dynamique*
- > **AMORTISSEMENT** (RIGIDITE) *Matrice d'amortissement*
- > **VITESSES . 0** (CHPOINT) *Conditions initiales*
- > **ACCELERATIONS . 0** (CHPOINT) *Conditions initiales*

- **Instants de calcul et sauvegarde**

- > **TEMPS_CALCULES** (LISTREEL) *Liste des instants de calcul (variable d'évolution)*
- > **TEMPS_SAUVES** (LISTREEL) *Instants de calcul conservés dans la table à la sortie*
- > **OPTI 'SAUV' 'mon_fichier' ;**
- > **TEMPS_SAUVEGARDES** (LISTREEL) *Instants de calcul où PASAPAS fera appel à SAUV*
- > **MES_SAUVEGARDES** (TABLE) *Grandeurs à sauvegarder (déformations totales, ...)*

Aperçu des paramètres de sortie

- Les résultats sont rangés dans la table

- > **TEMPS** (TABLE)
« **TEMPS_SAUVES** »

Instants de calcul, correspond aux

- > **TEMPERATURES** (TABLE)

- > **PROPORTIONS_PHASE** (TABLE)

Champs solution calculés pour chaque « TEMPS_SAUVES »

- > **DEPLACEMENTS** (TABLE)

- > **CONTRAINTES** (TABLE)

- > **DEFORMATIONS_INELASTIQUES** (TABLE)

- > **VARIABLES_INTERNES** (TABLE)

- > **REACTIONS** (TABLE)

- > **VITESSES** (TABLE)

- > **ACCELERATIONS** (TABLE)

Post traitement (exemples)

- **Extraction des champs solution :**

à partir de l'indice dans la table

SIG1 = TAB1 . CONTRAINTE5 ;

ou bien en connaissant l'instant de calcul

SIG1 = PECHE TAB1 'CONTRAINTE5' 28.3 ;

- **Tracé en mode graphique interactif (limité) :**

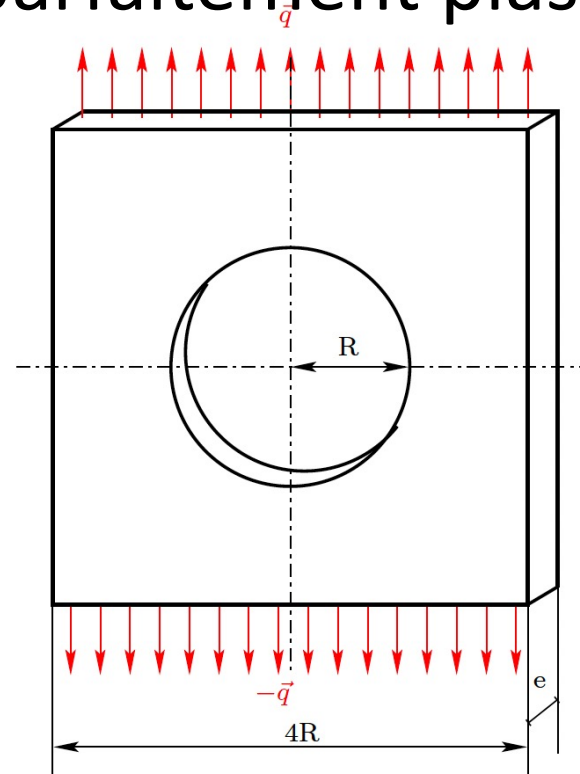
EXPLORER TAB1 ;

- **Évolution temporelle d'un champ calculé :**

EV1 = EVOL 'TEMP' TAB1 'DEPLACEMENTS' 'UX' P1 ;

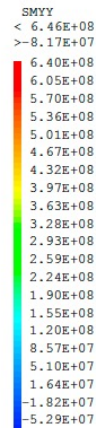
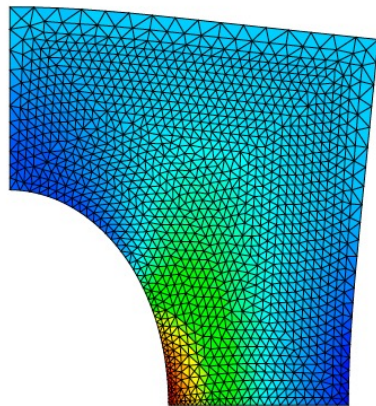
Exercice

- ▶ Comportement plastique d'une plaque trouée
- ▶ Modèle élastique parfaitement plastique
- ▶ $\sigma_y = 500MPa$



Méthode

- ▶ On reprend les calculs élastiques (Cf ISA4)



AMPLITUDE
DEFORMEE

- ▶ On calcule la charge Q_{elas} correspondant à la limite élastique
- ▶ On crée un objet chargement
- ▶ On charge jusqu'à $3Q_{elas}$
- ▶ → pasapas
- ▶ Dépouillement

GIBI FECIT

2014