

## Notice d'utilisation de la méthode GTP

---

### Résumé :

Ce document présente des conseils d'utilisation de la méthode *GTP* .

Il est conseillé d'avoir pris connaissance du guide méthodologique général en mécanique de la rupture, qui recense les différentes approches disponibles [U2.05.00].

## 1 Généralités sur GTP

L'approche *GTP* est une généralisation de l'approche classique en *G* [R7.02.07] ; l'énergie prise en compte pour le calcul du taux de restitution est l'énergie mécanique totale [1][2]. L'énergie dissipée se répartit d'une part en rupture et d'autre part en plasticité sans qu'il soit possible de quantifier a priori séparément ces deux types de dissipation : l'énergie est considérée comme intégralement dissipée dans la rupture, ce qui constitue une hypothèse pessimiste.

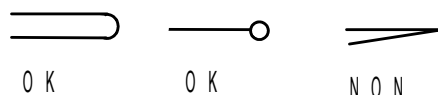
Le paramètre *GTP* permet d'analyser les situations de chargements non monotones du défaut, pour des comportements de matériau irréversibles [3][4].

La formulation de *G* pour une relation thermo-élastoplastique (approche  $G_{TP}$ ) n'est valable que pour un solide entaillé et pas pour un solide fissuré : la difficulté principale dans l'établissement de cette formulation est l'impossibilité de démontrer l'existence de la dérivée de l'énergie mécanique totale pour un domaine comportant une fissure, et ceci principalement par l'absence de connaissance des singularités des champs en plasticité. Il est important de noter que les termes pris en compte dans un calcul thermo-élastoplastique avec la méthode *thêta* sont ceux supportés par les éléments entre la pointe de fissure et  $R_{sup}$  (par opposition au calcul en thermo-élasticité non-linéaire où seuls les termes entre  $R_{inf}$  et  $R_{sup}$  sont non nuls).

## 2 Calcul du paramètre GTP [R7.02.07]

**Maillage** : le défaut doit être modélisé par une **entaille** et non pas par une fissure. On rappelle que la normale au défaut doit être définie dans `DEFI_FOND_FISS`. De plus, il est nécessaire d'utiliser un maillage fin avec des éléments quadratiques au voisinage du fond de l'entaille pour avoir des résultats fiables dans les cas de décharge.

L'entaille peut avoir la forme d'un cigare ou d'une fissure prolongée d'un cercle en son extrémité, confer figure ci-dessous. Une telle modélisation en 3D peut être délicate et conduire à des temps de calcul importants.



**Figure 2-1 : Formes d'entaille possibles**

Dans le cadre de la méthode *thêta* on considère que l'entaille se propage en gardant la même forme (même si cela n'a pas de signification physique pour une entaille de type pastille).

Le type de l'entaille et le rayon en fond d'entaille n'ont pas d'influence sur les valeurs de *GTP* à condition que l'épaisseur de l'entaille soit faible par rapport aux dimensions de la structure.

Il est **impératif** de ne pas calculer *GTP* sur une entaille pointue (fissure classique) car les résultats seront faux ! En effet, les termes de gradient des déformations plastiques sont mal calculés numériquement.

**Calcul** : le calcul mécanique se fait de manière classique, avec l'opérateur `STAT_NON_LINE`, en utilisant une loi de comportement élasto-plastique : mot clé facteur `COMPORTEMENT` avec `RELATION = 'VMIS_ISOT_LINE'` ou `'VMIS_ISOT_TRAC'`.. Il est nécessaire de récupérer ensuite les champs des tenseurs de déformation plastique par l'opérateur `CALC_CHAMP` [U4.81.04].

**Post-traitement** : le calcul de *GTP* se fait avec l'opérateur `CALC_G`. Le mot clé facteur `COMPORTEMENT` (avec `RELATION = 'VMIS_ISOT_LINE'` ou `'VMIS_ISOT_TRAC'`, seules relations

de comportement autorisées pour le calcul de *GTP*) peut être renseigné dans la commande `CALC_G`, dans ce cas, il doit l'être en cohérence avec le comportement utilisé pour le calcul mécanique dans `STAT_NON_LINE`. Si Le mot clé facteur `COMPOTEMENT` n'est pas renseigné dans `CALC_G`, le comportement défini dans `STAT_NON_LINE` sera automatiquement sélectionné par l'opérateur `CALC_G`.

*remarque* : pour la loi de comportement '`VMIS_ISOT_TRAC`' , il n'est actuellement pas possible de prendre en compte la thermique dans le calcul de *GTP* . Le champ de matériau utilisé pour le calcul mécanique et résultant de la commande `AFFE_MATERIAU` [U4.43.03] doit donc être créé sans affectation de la variable de commande température, c'est-à-dire en l'absence du mot-clé facteur `AFFE_VARC` (`NOM_VARC` = '`TEMP`' ).

**Interprétation des résultats** : cette formulation est issue de travaux de recherche assez récents et le paramètre *GTP* n'a pas encore de validité expérimentale.

La question principale porte sur l'interprétation à faire des résultats obtenus avec ce paramètre de rupture *GTP* , qui ne permet pas de dissocier l'énergie dissipée en rupture et celle dissipée en plasticité. Ainsi, au cours d'une décharge les valeurs de *GTP* sont d'abord décroissantes puis ensuite croissantes. Si l'on se place dans l'hypothèse de Griffith, on pourrait donc avoir propagation de la fissure en décharge, ce qui est problématique. Le critère de rupture associé à *GTP* reste donc à discuter.

Un exemple d'étude industrielle avec le paramètre *GTP* peut être trouvé dans [5]. Il s'agit dans ce cas de l'étude de la nocivité d'un défaut sous revêtement soumis à un choc thermique.

Le lecteur pourra se reporter au cas test de validation : `ssnp102`.

## 3 Bibliographie

- [1] WADIER Y., Mécanique de la rupture élastoplastique : étude numérique du paramètre *GTP*, et réflexions sur le critère de rupture. CR MMN/97/087, juillet 97.
- [2] WADIER Y., Quelques remarques sur le problème de charge/décharge en rupture élastoplastique, IMA/MMN, HI-70/95/020/0, 1995.
- [3] WADIER Y., DEBRUYNE G., « New energetic parameters for cleavage fracture and ductile tearing : application to the analysis of a subclad flaw located in a pressure vessel of a PWR ». PVP 2000, Seattle.
- [4] WADIER Y., LORENTZ E., « The energetic approach of elastic-plastic fracture mechanics applied to the problem of unloading ». SMIRT 16-2001, Washington.
- [5] DEBRUYNE G., Etude d'un DSR, par une approche énergétique, durant un transitoire de petite brèche primaire 3"Note EDF R&D HT-64/02/010, 2002