

CodapFatigue

Logiciel gratuit de vérification de la tenue à la fatigue selon le chapitre C11.3 "Analyse détaillée de la résistance à la fatigue" du CODAP

Logiciel créé par le CETIM

**52 avenue Félix-Louat - BP 80067
60304 Senlis Cedex
France**

Contact :

**Y. Simonet
yves.simonet@cetim.fr
00.33.3.44.67.32.09**

Le CETIM décline expressément toute garantie pour ce logiciel gratuit. Ce logiciel et les fichiers qui l'accompagnent sont fournis "tels quels" et sans garanties quant aux résultats issus de leur utilisation. Le CETIM ne pourra en aucun cas être tenu pour responsable des dommages, directs ou indirects, qui résulteraient de l'utilisation de résultats fournis par ce logiciel.

Table des matières

1. OBJET DE CODAPFATIGUE	3
2. UTILISATION DU LOGICIEL :	4
3. FORMAT BINAIRE DES FICHIERS DE DONNÉES.....	5
4. OBJETS UTILISÉS POUR DÉCRIRE UN PROBLÈME.....	6
5. CONTRAINTES ET REPÈRES POUR LA DÉFINITION DES CONTRAINTES.....	9
6. SYNTAXE DES CARTES DE DONNÉES.....	11
7. EXEMPLE DE DONNÉES : CODAP 2010 C11.A10.3 - EXEMPLE 3.....	20
8. EXEMPLE DE RÉSULTATS : CODAP 2010 C11.A10.3 - EXEMPLE 3	27
9. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE DE COMPTAGE DES CYCLES (CF. C11.3.9.2.3)	38

1. Objet de CodapFatigue

CodapFatigue est un post-processeur qui lit en entrée des valeurs de contraintes issues de l'utilisation d'un logiciel "Éléments Finis", qui produit en sortie des calculs de vérification de la tenue à la fatigue selon le chapitre C11.3 du CODAP 2015.

La livraison du logiciel comprend :

- Un guide utilisateur : le présent fichier.
- L'exécutable du logiciel : "CodapFatigue.exe".

Cet exécutable n'est pas équipé d'une interface graphique. Quand il est invoqué, il lit deux fichiers en entrée, un fichier de "Données" et un fichier de "Contexte", il détermine des taux d'endommagement à partir des contenus de ces deux fichiers, il écrit ensuite la note de calcul associée à l'obtention des valeurs de ces taux dans un fichier de résultats qu'il place dans le répertoire choisi par l'utilisateur (voir le paragraphe "Utilisation du logiciel")

Le fichier de "Données" contient les informations nécessaires (valeurs des contraintes, températures, ...) au déclenchement de calculs de taux d'endommagement selon C11.3.

Le fichier de "Contexte" contient des informations générales qu'il est en principe inutile de redéfinir lors de chaque calcul (définitions des courbes de fatigue, définitions des matériaux utilisés au sein de la société, définition des types de zones soudées - cf. C11.A5). Un fichier de contexte exemple est fourni, ce fichier contient en particulier les définitions de toutes les courbes de fatigue.

- Un exemple de fichier de données : "CodapFatigueDonneesExemple.txt"
- Un fichier de contexte exemple : "CodapFatigueContexteExemple.txt"
- Un fichier contenant une description exhaustive de la syntaxe des cartes de données reconnues par le logiciel (voir le paragraphe "Syntaxe des cartes de données").

2. Utilisation du logiciel :

CodapFatigue.exe **-h** **-d** DONNES **-c** CONTEXTE **-o** OUTPUTDIR

-h (ou --help)

Affiche l'aide en ligne sur la console

-d (ou --data)

Spécifie le chemin du fichier contenant les cartes de données

DONNES : chemin complet du fichier contenant les cartes de données

-c (ou --context)

Spécifie le chemin du fichier de contexte

CONTEXTE : chemin complet du fichier de contexte.

Le fichier de contexte contient les définitions des courbes de fatigue, des types de zones soudées et des matériaux utilisés. Ces définitions peuvent également être placées dans le fichier de données, le fichier de contexte est là pour éviter les redéfinitions qu'entraîne le fait de placer dans le seul fichier de données toutes les informations nécessaires aux calculs.

- o (or --outputdir)

Spécifie le chemin du répertoire de sortie

OUTPUTDIR : chemin complet du répertoire de sortie

Un fichier de résultats sera créé dans ce répertoire pour chaque calcul d'endommagement demandé dans le fichier de données.

Note : Il ne faut jamais créer les fichiers DONNES ou CONTEXTE à l'aide d'un programme qui place des balises autour des mots (--> il faut utiliser un éditeur de texte du type Notepad++)

Note : Les chemins complets DATA, CONTEXT ou OUTPUTDIR doivent être placés entre guillemets (" ") s'ils contiennent des caractères blancs

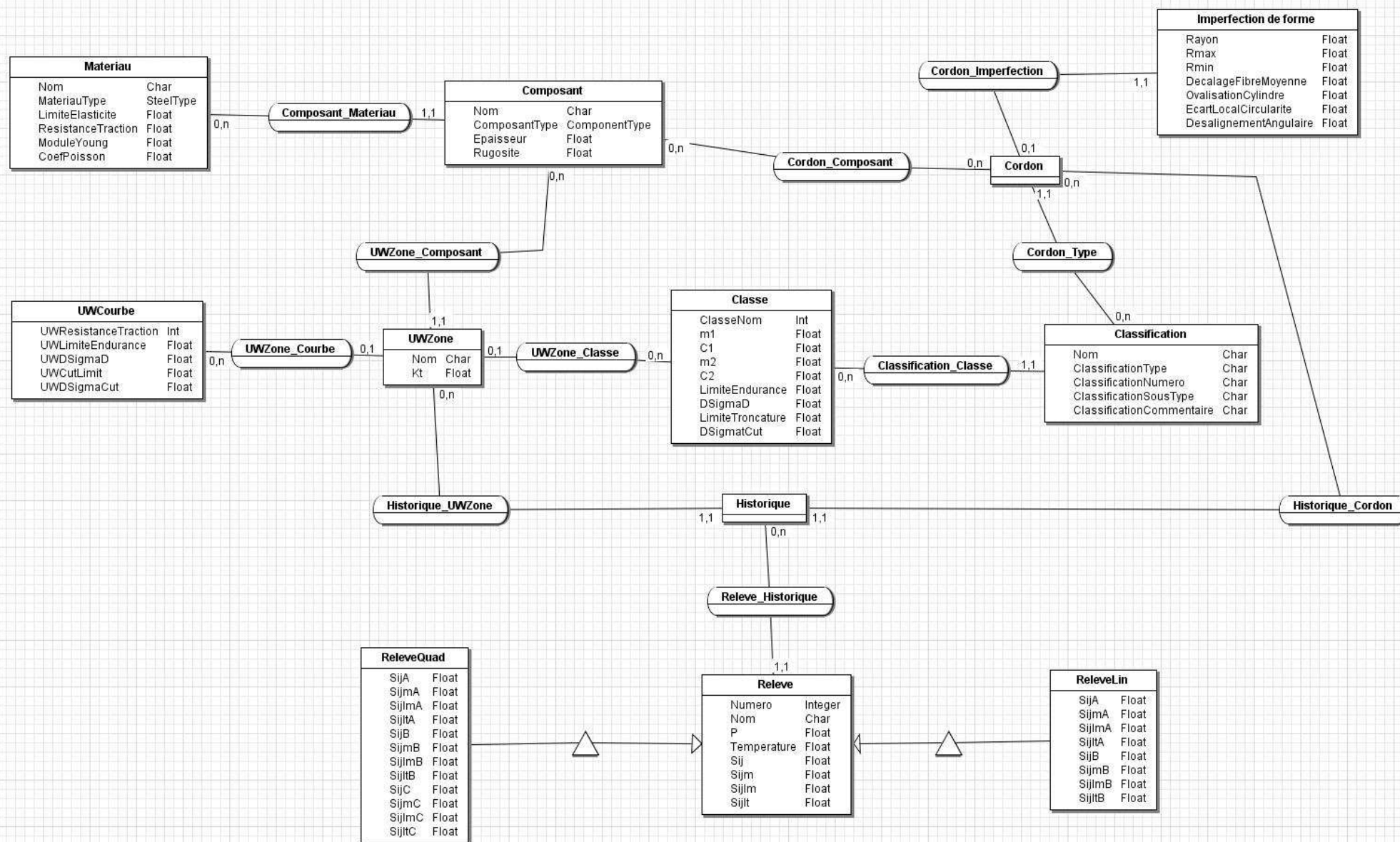
3. Format binaire des fichiers de données

Il existe de nombreuses façons de représenter un texte en format binaire (ASCII, UNICODE, ...). Le programme relit, stocke, puis retranscrit les chaînes de caractères (les noms des composants, les commentaires, ...) sans modifier leurs représentations binaires (sans les manipuler !). Par ailleurs, et pour des raisons de coût de développement, le programme comporte des chaînes de caractères codées en dur (ce qui ne constitue pas une pratique recommandée !). Il a été arbitrairement choisi d'écrire ces dernières dans les fichiers de résultats en utilisant le format UTF8 (Unicode codé sur un octet !). Ce choix étant dicté par le fait que ce format prend une place grandissante sur l'Internet. Pour obtenir une représentation correcte des caractères accentués dans les fichiers de sortie il est donc impératif de sauvegarder les fichiers de données et de contexte en UTF8. De même pour ouvrir correctement un fichier de résultats dans un éditeur de texte du type Microsoft Word il est également impératif de préciser à l'outil utilisé que le fichier est codé en UTF8.

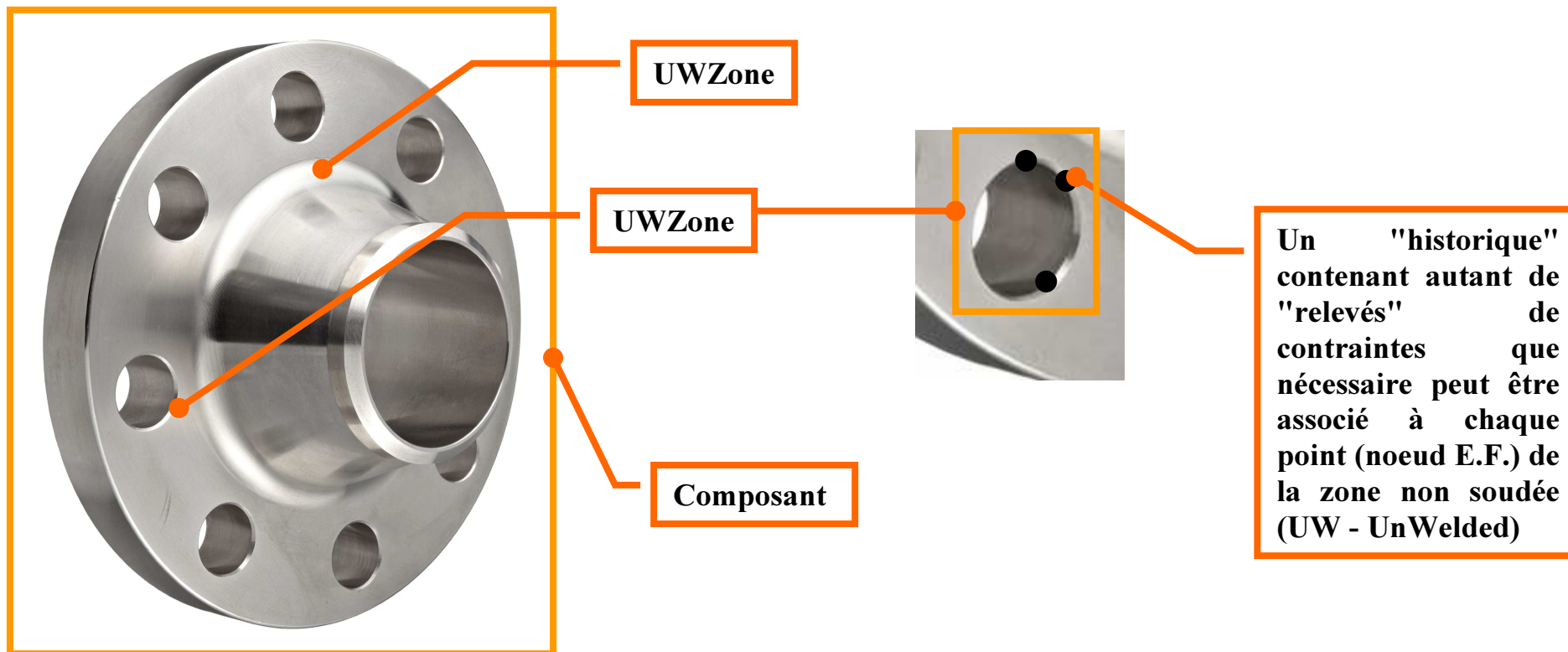
Note : Sur une machine fonctionnant sous Windows, les remarques précédentes ne concernent pas les chiffres et les lettres de l'alphabet Anglais, qui ont la propriété d'avoir la même représentation binaire quelque soit l'encodage utilisé.

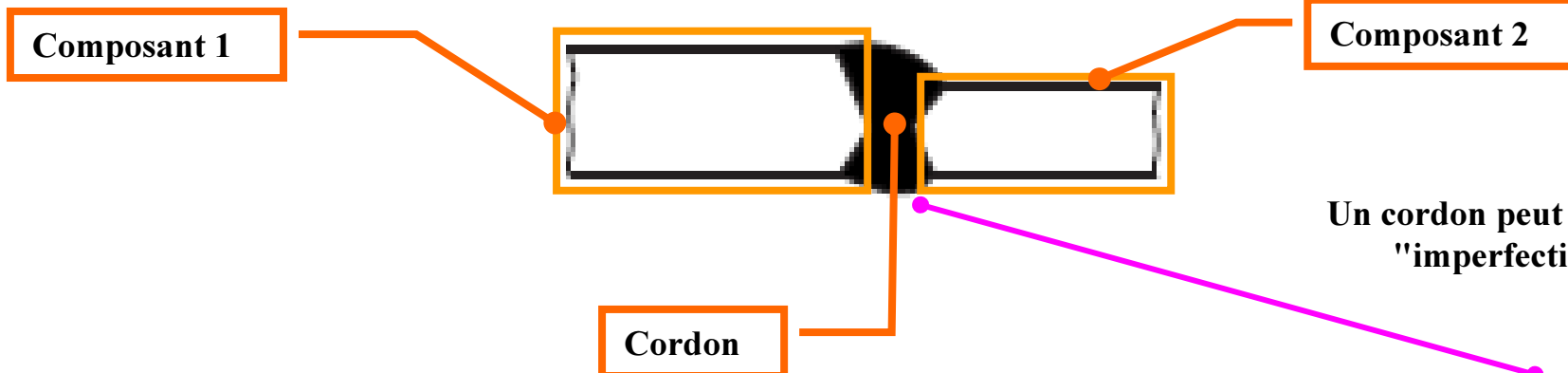
Note : Il a été convenu que, dans les fichiers de données, les nombres réels seraient fournis en séparant les parties entières et décimales à l'aide de points et non pas de virgules, ceci parce que ces nombres proviennent de programmes E.F. qui utilisent généralement cette convention.

4. Objets utilisés pour décrire un problème



Définitions des objets et des relations logiques entre ces objets

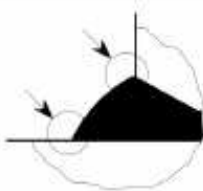





Un cordon peut être associé à une "imperfection de forme"

Un "cordon" est caractérisé par le fait qu'il correspond à l'un des types de zones définis par le tableau de l'annexe C11.A5

Si des lieux différents d'un cordon physique (endroit et envers, ...) correspondent à des types différents, ce cordon physique doit être modélisé à l'aide de plusieurs objets "cordon" au sens du logiciel

Type de zone soudée			Classe		Conditions à respecter
			avec CND	sans CND	
II - Soudures d'angle entre éléments constitutifs de la paroi de l'appareil ⁽¹⁾					
II.1	pied de cordon d'une soudure d'un assemblage à pleine pénétration		71	63	sans parachèvement
			90	63	avec dressage du pied de cordon
II.2	pied de cordon d'une soudure non pénétrante ou à pénétration partielle		63	63	

Classification

Nom : II.1_L1_C1

(L1-> ligne 1, C1 -> colonne 1)

Type : Soudures d'angle entre éléments constitutifs de la paroi de l'appareil

Numéro : II.1

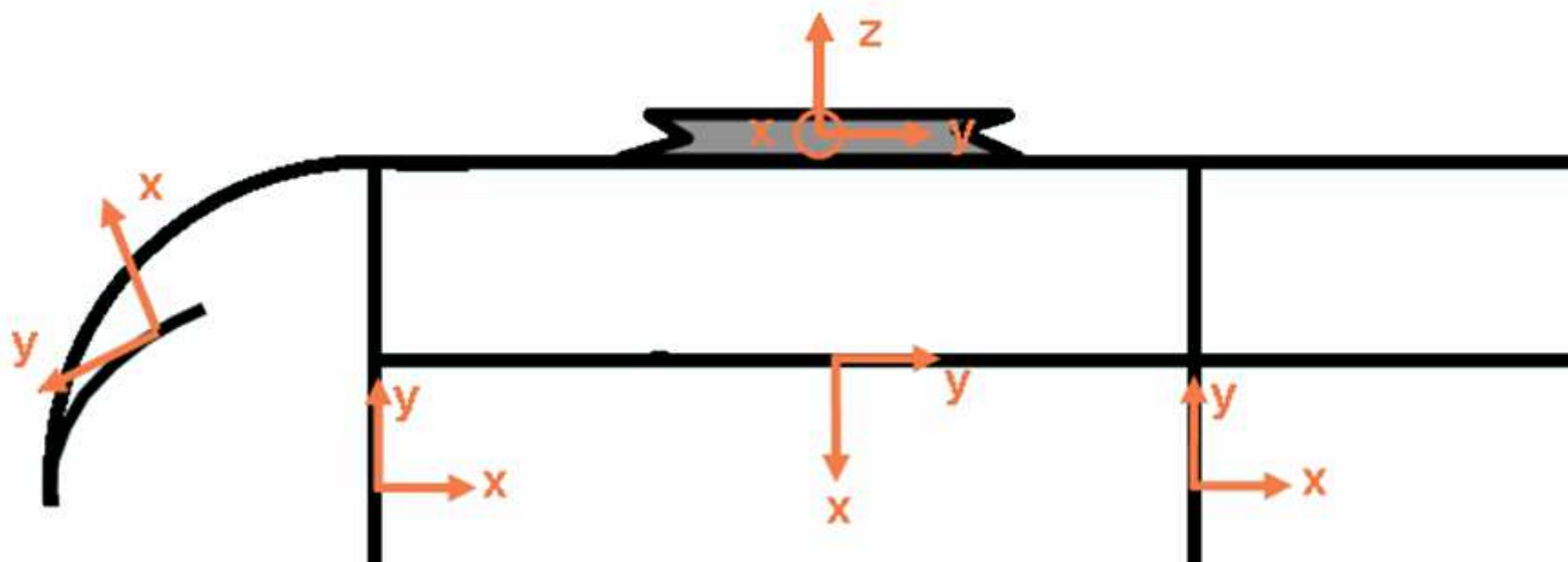
Sous type : pied de cordon d'une soudure

Commentaire : sans parachèvement

5. Contraintes et repères pour la définition des contraintes

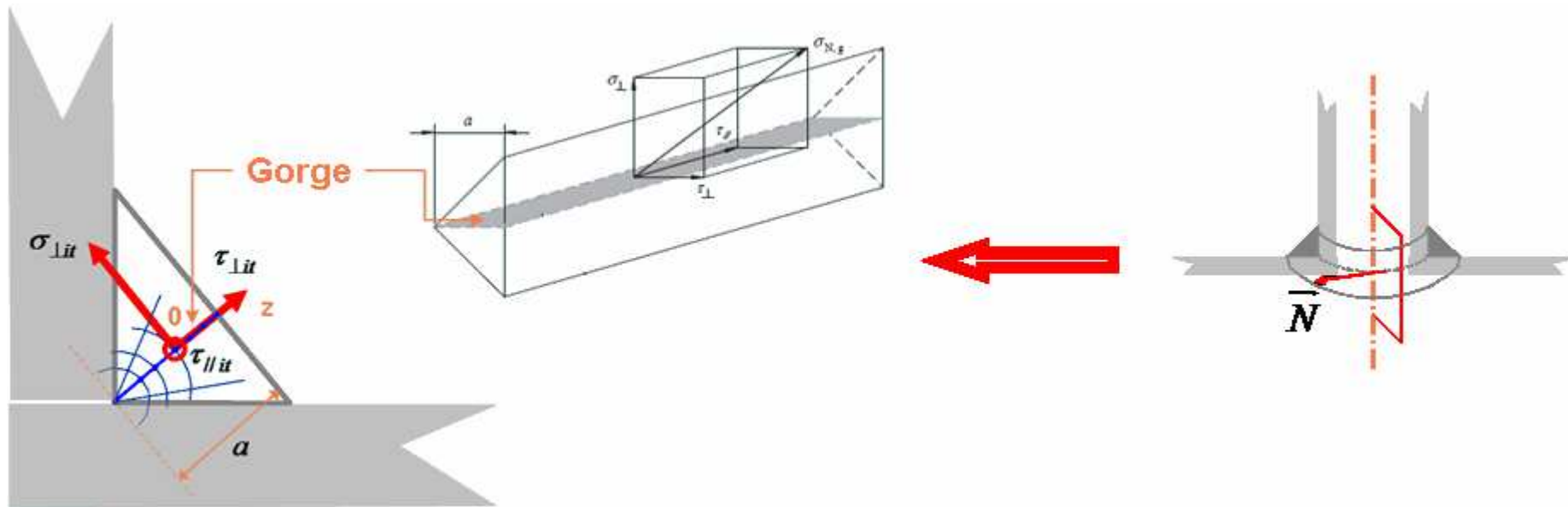
Cordon

Les contraintes utilisées sont des contraintes géométriques (cf. définition en C11.3.5.17). Des contraintes totales peuvent être utilisées de façon exceptionnelle en application des modalités prévues par le chapitre C11.3.4. Les contraintes géométriques doivent en principe être exprimées dans le repère (O, X, Y, Z) défini par la figure ci-dessous (--> $X \perp$ à la direction du cordon). Le respect de ce repère est obligatoire lorsque le cordon est associé à une imperfection de forme car le programme amplifiera automatiquement la contrainte σ_{XX} pour tenir compte de cette imperfection



Contrainte nominale de gorge

Les composantes σ_{\perp} τ_{\perp} τ_{\parallel} qui définissent les contraintes nominales de gorge (cf. définition en C11.3.5.20) doivent être exprimées dans le repère défini par la figure ci-dessous. Le repère local X, Y, Z doit être tel que σ_{\perp} agisse le long de l'axe X, que τ_{\perp} agisse le long de l'axe Y (ou Z), que τ_{\parallel} agisse le long de l'axe Z (ou Y).



Métal de base (--> UWZone)

Les contraintes utilisées sont des contraintes totales (cf. définition en C11.3.5.14). Ces contraintes peuvent être obtenues à l'aide d'un modèle prenant en compte la géométrie détaillée des pièces ou bien à partir de contraintes géométriques multipliées par un coefficient de concentration de contrainte (K_t , cf. définition en C11.3.5.18).

6. Syntaxe des cartes de données

```

/ Syntaxe
/ *****
/ Une carte commençant par le caractère "/" est une carte de commentaire
/ Une carte commençant par le caractère "*" provoque l'exécution d'une action
/ Le nom de l'action est décrit après le caractère "*" jusqu'à la colonne 19
/ Les paramètres de l'action sont décrits de la colonne 20 à la colonne 200 (--> longueur maximale d'une chaîne = 180)
/ La position de chaque paramètre n'est pas imposée à l'intérieur des colonnes 20 à 200
/ L'ordre des paramètres est lui imposé et c'est le caractère " " qui est utilisé comme séparateur
/ Une carte ne commençant pas par "/" ou "*" provoque une erreur et un arrêt anormal du programme
/
/ Position des cartes dans les paragraphes
/ *****
/ Les cartes de données sont regroupées dans des paragraphes et sous paragraphes
/ Un paragraphe correspond à une unité de traitement, un sous paragraphe peut être inclus dans un paragraphe
/ Chaque paragraphe ou sous paragraphe commence par une carte imposée et se termine par une autre carte imposée
/ Une carte qui n'est pas placée dans le bon (sous )paragraphe provoque une erreur et un arrêt anormal du programme
/ Une carte invoquant une action inconnue provoque une erreur et un arrêt anormal du programme
/
/ Unités imposées : MM, DEG(Angle), DEG(Température), MPA
/ *****
/
/ Chaînes de caractères
/ *****
/ Utiliser si possible une longueur maximale de 60 (→ sorties faciles à manipuler avec une taille de caractère de 8!)
/
/ Liste des paragraphes reconnus par le logiciel
/ *****
/
/Début                Fin
/.....              ...
/UWCOURBE              FIN_UWCOURBE
/CLASSE                FIN_CLASSE
/CLASSIFICATION        FIN_CLASSIFICATION
/MATERIAU              FIN_MATERIAU
/COMPOSANT              FIN_COMPOSANT
/UWZONE                FIN_UWZONE
/CORDON                FIN_CORDON
/HISTORIQUE            FIN_HISTORIQUE
/DOMMAGE               FIN_DOMMAGE
/
/ Liste des sous paragraphes reconnus par le logiciel
/ *****
/
/IMPERFECTION          FIN_IMPERFECTION  --> Toujours inclus dans un paragraphe CORDON
/RELEVE                FIN_RELEVE        --> Toujours inclus dans un paragraphe HISTORIQUE
/RELEVELIN             FIN_RELEVELIN     --> Toujours inclus dans un paragraphe HISTORIQUE
/RELEVEQUAD            FIN_RELEVEQUAD    --> Toujours inclus dans un paragraphe HISTORIQUE

```

```

/
/UWCOURBE : Définition d'une courbe de fatigue pour une zone non soudée
/
/      Permet d'utiliser une courbe déjà existante
/
/      L'action "PARAMETRE" est obligatoire (définition de la résistance à la traction Rm)
/
/      Lors de la définition d'une zone non soudée, une courbe de fatigue (objet UWCOURBE)
/
/      est automatiquement créée par le logiciel à partir du Rm du matériau de la zone
/
/      si nécessaire (--> la création de courbes de fatigue pour les zones non soudées n'est pas obligatoire)
/
/      Le fichier de contexte livré avec le logiciel contient les définitions présentes en C11.3.12.1.2
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/UWCOURBE      Nom
/
/      400, 600, 800, 1000
/PARAMETRE      Rm
/FIN_UWCOURBE
/
/
/CLASSE : Définition d'une courbe de fatigue pour une zone soudée
/
/      L'action "PARAMETRE" est obligatoire
/
/      L'action "PARAMETRES" est obligatoire
/
/      Pour la signification des valeurs saisies voir C11.3.12.1.3
/
/      Le fichier de contexte livré avec le logiciel contient déjà toutes les définitions nécessaires
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/CLASSE      Nom
/
/      100, 90, 80, 71, 63, 56, 50, 40, 32
/PARAMETRE      Endurance DSIGMAD      Troncature DSIGMAC
/PARAMETRES      m1      C1      m2      C2
/FIN_CLASSE
/
/
/CLASSIFICATION : Définition d'un type de zone soudée selon l'annexe C11.A5
/
/      Permet une référence à l'un des cas de figure définis en C11.A5
/
/      L'action "CORDON_CLASSE" est obligatoire
/
/      Les autres actions sont des descriptions non obligatoires
/
/      Le fichier de contexte livré avec le logiciel contient déjà les définitions des types possibles
/
/      Convention de nom dans le fichier de contexte : Numéro_Numéro de ligne_Numéro de colonne
/
/      Exemple : I.2_L2_C2 pour le détail I.2 avec un angle inférieur à 150° et absence de CND (-> classe 63)
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/CLASSIFICATION      Nom
/CORDON_CLASSE      Nom d'une classe de fatigue déjà existante
/TYPE      Type principal de la zone soudée (Soudure d'assemblages bout à bout ....)
/NUMERO      Numéro de la zone selon C11.A5 (I.1, I.2, ....)
/SOUSTYPE      Sous type de la zone selon C11.A5 (Zone arasée par meulage, ....)
/COMMENTAIRE      Commentaire associé à la zone selon C11.A5 (Angle Theta > 150, ....)
/FIN_CLASSIFICATION

```

```

/MATERIAU : Définition d'un matériau
/
/      L'action "COMMENTAIRE" est facultative
/
/      Les actions "TYPE" (nécessaire au calcul de Ke selon C11.3.11.1.2) et "PARAMETRE" sont obligatoires
/
/      Les actions "RPT" (T et limite élasticité Rpt à T) en nombre quelconque sont non obligatoires
/
/      Le module d'Young et la résistance à la traction sont des valeurs à la température ambiante (20°C)
/
/      La limite d'élasticité est calculée par interpolation à partir des cartes "RPT" fournies
/
/      S'il n'y a pas d'action "RPT", le matériau ne sera utilisable qu'à 20°C
/
/      Le module d'Young à la température T est calculé selon EN13445-3 ANNEX O
/---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
/MATERIAU      Nom
/COMMENTAIRE    Commentaire facultatif
/TYPE          F ou A
/              F --> Acier non allié ou allié et non austénitique
/              A --> Acier austénitique, nickel ou alliage de nickel
/              Autre valeur --> Erreur et arrêt du traitement
/PARAMETRE      Rp20      Rm      E      Nu
/              Rp20 : Limite d'élasticité à la température ambiante
/              Rm   : Résistance à la traction à la température ambiante
/              E    : Module d'Young à la température ambiante
/              Nu   : Coefficient de Poisson
/RPT            T      Rpt
/....
/RPT            T      Rpt
/FIN MATERIAU
/
/COMPOSANT : Permet de créer un composant
/
/      Un composant est défini par son type, son matériau, son épaisseur et sa rugosité (Rz)
/
/      L'action "COMMENTAIRE" est facultative, les autres actions sont obligatoires
/
/      Le type d'un composant est utilisé pour prendre en compte les imperfections de forme
/
/      Ce type doit être "TOLE_CYLINDRE" ou "TOLE_SPHERE " ou "GENERAL" (autre valeur --> erreur !)
/
/      L'action "PARAMETRE" définit les informations nécessaires aux calculs des coefficients de correction
/---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
/COMPOSANT      Nom
/COMMENTAIRE    Commentaire facultatif
/TYPE          TOLE_CYLINDRE ou TOLE_SPHERE ou GENERAL
/              TOLE_CYLINDRE : cylindre ou cône
/              TOLE_SPHERE   : sphère
/              GENERAL       : tous autres cas, les imperfections ne sont pas prises en compte
/COMPOSANT_MATERIAU Nom d'un matériau déjà défini quand cette ligne est atteinte
/---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
/PARAMETRE      Épaisseur Rugosité Pa
/              200. MICRO M : Si état laminé, forgé ou extrudé      50. MICRO M : Si usiné à l'outil
/              10.  MICRO M : Si rectifié                          0.  MICRO M : 200. sera utilisé
/              Pa (>= 0.!) : pression extérieure maximale admissible selon C4 - Seulement pour les cylindres (cônes)
/FIN_COMPOSANT

```

```

/
/UWZONE : Permet de définir une zone d'un composant existant
/
/      L'action "UWZONE_COMPOSANT" est obligatoire
/
/      Si une courbe de fatigue pour le matériau du composant n'existe pas déjà, le programme
/      crée automatiquement la courbe nécessaire en utilisant le Rm du matériau
/
/      L'action "PARAMETRE" n'est pas obligatoire, lorsqu'elle est présente elle sert
/      à indiquer que les contraintes relevées pour le composant sont des contraintes géométriques,
/      ces contraintes sont alors multipliées par le coefficient Kt fourni pour obtenir des contraintes totales
/      Kt est défini ici plutôt qu'au niveau des historiques de contraintes parce que la modélisation retenue
/      (coques ou 3D) est une propriété du composant (plusieurs historiques peuvent être fournis pour le composant)
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/UWZONE          Nom
/COMMENTAIRE      Commentaire facultatif
/UWZONE_COMPOSANT Nom d'un composant déjà défini quand cette ligne est atteinte
/PARAMETRE        Kt
/FIN UWZONE
/
/CORDON : Permet de définir un cordon de soudure, ou plus exactement une zone d'un tel cordon
/
/      L'action "CORDON_TYPE" est obligatoire, elle définit la classification de la zone du cordon selon C11.A5
/
/      Les actions "COMPOSANT_1" et "COMPOSANT_2" sont obligatoires
/
/      Ces actions définissent les composants de l'appareil que le cordon lie entre eux
/      COMPOSANT_1=COMPOSANT_2 est permis (Ex: Cordon longitudinal d'un tube roulé-soudé),
/      Si COMPOSANT_1 et COMPOSANT_2 sont des tôles de cylindre (cf. COMPOSANT + TYPE)
/      une des actions "CIRCONFÉRENTIEL" ou(exclusif) "LONGITUDINAL" doit être placée
/      juste après la dernière carte "COMPOSANT_i" et avant une éventuelle carte "IMPERFECTION"
/
/      Si le cordon est associé à une imperfection de forme, une action "IMPERFECTION" doit exister
/
/      L'action facultative "IMPERFECTION" permet de définir une imperfection de forme
/      elle doit être située après les actions "COMPOSANT_i" et "CIRCONFÉRENTIEL" ou "LONGITUDINAL"
/      elle permet l'existence des actions "DIAMETRE", "PARAMETRE", "FIN IMPERFECTION"
/      (voir C11.A5 pour la signification des informations portées par les actions "DIAMETRE" et "PARAMETRE")
/      Quand elle existe l'action "IMPERFECTION" rend obligatoire la présence des dernières actions citées
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/CORDON          Nom
/CORDON_TYPE      Nom d'une "CLASSIFICATION" déjà définie quand cette ligne est atteinte
/COMPOSANT_1      Nom d'un "COMPOSANT" déjà défini quand cette ligne est atteinte
/COMPOSANT_2      Nom d'un "COMPOSANT" déjà défini quand cette ligne est atteinte
/CIRCONFÉRENTIEL Indique un cordon circonférentiel si les composants sont des tôles de cylindre
/LONGITUDINAL     Indique un cordon longitudinal si les composants sont des tôles de cylindre
/IMPERFECTION     Nom (" " permis)
/DIAMETRE         Dm          Dmax          Dmin
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/PARAMETRE        Delta1      Theta2      Theta3      Delta4
/FIN IMPERFECTION
/FIN CORDON

```



```

/
/HISTORIQUE : Permet de définir un historique de contraintes en un point
/
/      Un historique est composé d'un ensemble de relevés, chaque relevés correspondant à un temps de calcul
/
/      Une des actions "HISTORIQUE_UWZONE" ou(exclusif) "HISTORIQUE_CORDON" ou(exclusif) "HISTORIQUE_GORGE"
/
/      doit exister, cette action fixe la nature des contraintes portées par l'historique
/
/      Chaque relevé de contraintes est défini par un sous paragraphe "RELEVE" ou "RELEVELIN" ou "RELEVEQUAD"
/
/      Les relevés doivent être fournis dans l'ordre chronologique
/
/      "RELEVE" : donne directement les contraintes au point de calcul
/
/      "RELEVELIN" : les contraintes au point de calcul sont déterminées par extrapolation linéaires à partir
/
/      des valeurs lues en deux points
/
/      "RELEVEQUAD" : les contraintes au point de calcul sont déterminées par extrapolation quadratique à partir
/
/      des valeurs lues en trois points
/
/      À l'intérieur d'un "HISTORIQUE" tous les types de relevés peuvent être mélangés
/
/      Les sous paragraphes "RELEVE" ou "RELEVELIN" ou "RELEVEQUAD" doivent obligatoirement être inclus
/
/      dans un paragraphe "HISTORIQUE" même s'ils sont décrits séparément dans la suite du présent document
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/HISTORIQUE      Nom
/HISTORIQUE_UWZONE Nom d'une zone non soudée "UWZONE" déjà définie quand cette ligne est atteinte
/HISTORIQUE_CORDON Nom d'une zone de cordon de soudure "CORDON" déjà définie quand cette ligne est atteinte
/HISTORIQUE_GORGE  Nom d'une zone de cordon de soudure "CORDON" déjà définie quand cette ligne est atteinte
/RELEVE
/.....
/FIN_RELEVE
/RELEVE
/.....
/FIN_RELEVE
/.....
/RELEVE
/.....
/FIN_RELEVE
/FIN HISTORIQUE
/

```

```

/
/RELEVE : Définit les valeurs des contraintes lues en un point à un instant du calcul
/
/      Ce sous paragraphe doit obligatoirement être inclus à l'intérieur d'un paragraphe "HISTORIQUE"
/
/      L'action "PARAMETRE" est obligatoire, elle définit la pression et la température au temps de calcul considéré
/
/      La pression est nécessaire pour corriger les valeurs des contraintes en vue de la prise en compte d'une
/
/      imperfection de forme (cette valeur n'est pas utilisée s'il n'y a pas de correction pour imperfection)
/
/      La température est nécessaire pour calculer le facteur de correction lié à la température (Ct)
/
/      L'action "SIJ" est obligatoire, elle sert à définir les composantes du tenseur des contraintes
/
/      Dans le cas d'une gorge (cf. HISTORIQUE_GORGE) les contraintes utilisées sont uniquement SXX, SXY SXZ
/
/      L'action "SIJM" est obligatoire, elle permet de définir la composante de membrane des contraintes dans la coupe
/
/      Cette action est nécessaire pour prendre en compte les augmentations de contraintes liées à la présence
/
/      d'une imperfection de forme (cf. Annexe C11.A6)
/
/      Si le point étudié n'appartient pas à un cordon de soudure associé à une imperfection de forme,
/
/      entrer des valeurs quelconques (ex : 6 "0." )
/
/      L'action "SIJLM" est obligatoire, elle permet de définir la valeur linéarisée des contraintes
/
/      d'origine mécanique. Cette action est nécessaire au calcul du facteur de correction de plasticité Ke
/
/      L'action "SIJLT" est obligatoire, elle permet de définir la valeur linéarisée des contraintes
/
/      d'origine thermiques. Cette action est nécessaire au calcul du facteur de correction de plasticité Kv
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/RELEVE          Nom
/PARAMETRE        Pression  Temperature
/SIJ              SXX       SXY       SXZ       SYX       SYZ       SZZ
/SIJM             SXXM      SXYM      SXZM      SYXM      SYZM      SZZM
/SIJLM            SXXLM      SXYLM      SXZLM      SYXLM      SYZLM      SZZLM
/SIJLT            SXXLT      SXYLT      SXZLT      SYXLT      SYZLT      SZZLT
/FIN_RELEVE
/

```

```

/
/RELEVELIN : Définit les valeurs des contraintes nécessaires aux calculs par extrapolation linéaire à partir des valeurs
/             lues en deux points (nommés A et B)
/             Ce type d'extrapolation n'est pas directement prévu par le CODAP, il est proposé ici parce qu'il est
/             d'une mise en oeuvre assez simple (maillage avec une taille constante égale à l'épaisseur) alors que
/             l'extrapolation prévue par le CODAP (cf. C11.3.7.3 et RELEVQUAD) implique un maillage dur à construire
/             Ce sous paragraphe doit obligatoirement être inclus à l'intérieur d'un paragraphe "HISTORIQUE"
/             Il est en particulier destiné au cas où une extrapolation est nécessaire et qu'un maillage d'éléments
/             quadratiques assez grossier est utilisé
/             Il suppose que le premier noeud de calcul (point A) est situé à 0.5*EPAISSEUR du point étudié
/             Il suppose que le second noeud de calcul (point B) est situé à 1.5*EPAISSEUR du point étudié
/             Si la pièce est maillée avec une taille égale à EPAISSEUR, A est le noeud milieu du premier élément
/             et B est le noeud milieu du second élément
/             Il calcule les contraintes selon la formule :  $S = 1.5*SA - 0.5*SB$  (cf. IIW DOCUMENT IIW-1823-07 (2.9))
/             L'action "PARAMETRE" est obligatoire, elle définit la pression et la température
/             La pression est nécessaire pour corriger les valeurs des contraintes en vue de la prise en compte d'une
/             imperfection de forme (cette valeur n'est pas utilisée s'il n'y a pas de correction pour imperfection)
/             La température est nécessaire pour calculer le facteur de correction lié à la température (Ct)
/             L'action "SIJA" est obligatoire : définition des composantes du tenseur des contraintes en A
/             L'action "SIJMA" est obligatoire : définition de la composante de membrane des contraintes en A
/             L'action "SIJLMA" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes mécaniques en A
/             L'action "SIJLTA" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes thermiques en A
/             L'action "SIJB" est obligatoire : définition des composantes du tenseur des contraintes en B
/             L'action "SIJMB" est obligatoire : définition de la composante de membrane des contraintes en B
/             L'action "SIJLMB" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes mécaniques en B
/             L'action "SIJLTB" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes thermiques en B
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/RELEVELIN          Nom
/PARAMETRE          Pression  Temperature
/SIJA              SXXA      SXYA      SXZA      SYYA      SYZA      SZZA
/SIJMA            SXXMA      SXYMA      SXZMA      SYYMA      SYZMA      SZZMA
/SIJLMA           SXXLMA      SXYLMA      SXZLMA      SYYLMA      SYZLMA      SZZLMA
/SIJLTA           SXXLTA      SXYLTA      SXZLTA      SYYLTA      SYZLTA      SZZLTA
/SIJB             SXXB       SXYB       SXZB       SYB       SYZB       SZZB
/SIJMB            SXXMB       SXYMB       SXZMB       SYMB       SYZMB       SZZMB
/SIJLMB           SXXLMB       SXYLMB       SXZLMB       SYYLMB       SYZLMB       SZZLMB
/SIJLTB           SXXLTB       SXYLTB       SXZLTB       SYYLTB       SYZLTB       SZZLTB
/FIN_RELEVELIN
/

```

```

/
/RELEVEQUAD: Définit les valeurs des contraintes nécessaires aux calculs par extrapolation quadratique
/
/      à partir des valeurs lues en trois points (nommés A, B, C)
/
/      L'extrapolation est celle prévue par le CODAP (cf. C11.3.7.3)
/
/      Ce sous paragraphe doit obligatoirement être inclus à l'intérieur d'un paragraphe "HISTORIQUE"
/
/      Il est utilisable quel que soit le profil d'évolution des contraintes
/
/      Il suppose que le premier noeud de calcul (point A) est situé à 0.4*EPAISSEUR du point étudié
/
/      Il suppose que le second noeud de calcul (point B) est situé à 0.9*EPAISSEUR du point étudié
/
/      Il suppose que le troisième noeud de calcul (point C) est situé à 1.4*EPAISSEUR du point étudié
/
/      Il calcule les contraintes selon la formule :  $S = 2.52*SA - 2.24*SB + 0.72*SC$  (cf. C11.3.7.3)
/
/      L'action "PARAMETRE" est obligatoire, elle définit la pression et la température
/
/      La pression est nécessaire pour corriger les valeurs des contraintes en vue de la prise en compte d'une
/      imperfection de forme (cette valeur n'est pas utilisée s'il n'y a pas de correction pour imperfection)
/
/      La température est nécessaire pour calculer le facteur de correction lié à la température (Ct)
/
/      L'action "SIJA" est obligatoire : définition des composantes du tenseur des contraintes en A
/
/      L'action "SIJMA" est obligatoire : définition de la composante de membrane des contraintes en A
/
/      L'action "SIJLMA" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes mécaniques en A
/
/      L'action "SIJLTA" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes thermiques en A
/
/      L'action "SIJB" est obligatoire : définition des composantes du tenseur des contraintes en B
/
/      L'action "SIJMB" est obligatoire : définition de la composante de membrane des contraintes en B
/
/      L'action "SIJLMB" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes mécaniques en B
/
/      L'action "SIJLTB" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes thermiques en B
/
/      L'action "SIJC" est obligatoire : définition des composantes du tenseur des contraintes en C
/
/      L'action "SIJMC" est obligatoire : définition de la composante de membrane des contraintes en C
/
/      L'action "SIJLMC" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes mécaniques en C
/
/      L'action "SIJLTC" est obligatoire : définition de la valeur linéarisée des contraintes thermiques en C
/
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8

```

RELEVEQUAD	Nom					
PARAMETRE	Pression	Temperature				
/SIJA	SXXA	SXYA	SXZA	SYXA	SYZA	SZZA
/SIJMA	SXXMA	SXYMA	SXZMA	SYXMA	SYZMA	SZZMA
/SIJLMA	SXXLMA	SXYLMA	SXZLMA	SYXLMA	SYZLMA	SZZLMA
/SIJLTA	SXXLTA	SXYLTA	SXZLTA	SYXLTA	SYZLTA	SZZLTA
/SIJB	SXXB	SXYB	SXZB	SYXB	SYZB	SZZB
/SIJMB	SXXMB	SXYMB	SXZMB	SYXMB	SYZMB	SZZMB
/SIJLMB	SXXLMB	SXYLMB	SXZLMB	SYXLMB	SYZLMB	SZZLMB
/SIJLTB	SXXLTB	SXYLTB	SXZLTB	SYXLTB	SYZLTB	SZZLTB
/SIJC	SXXC	SXYC	SXZC	SYXC	SYZC	SZZC
/SIJMC	SXXMC	SXYMC	SXZMC	SYXMC	SYZMC	SZZMC
/SIJLMC	SXXLMC	SXYLMC	SXZLMC	SYXLMC	SYZLMC	SZZLMC
/SIJLTC	SXXLTC	SXYLTC	SXZLTC	SYXLTC	SYZLTC	SZZLTC
FIN RELEVEQUAD						

```

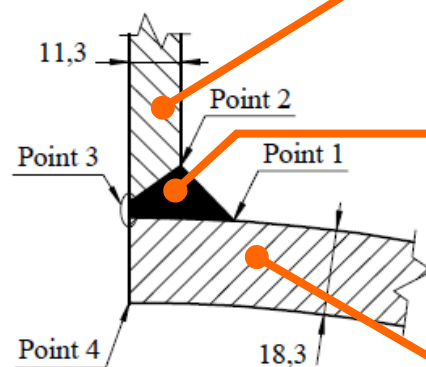
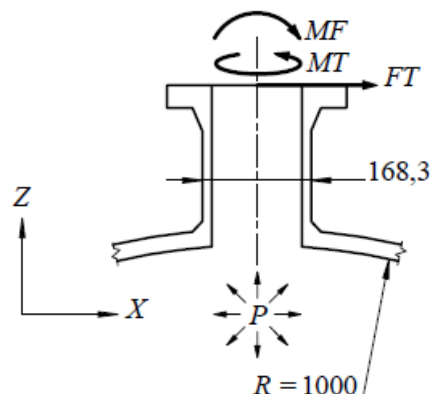
/
/DOMMAGE : Provoque le calcul d'un taux d'endommagement
/          L'action "POINT_HISTORIQUE" est obligatoire, elle définit l'historique (cf. HISTORIQUE) existant
/          pour lequel le calcul est effectué
/          L'action obligatoire "FICHIER_SORTIE" définit le nom du fichier dans lequel les résultats seront écrits
/          Le programme range ce fichier dans le répertoire dont le nom est fourni au lancement
/          (cf. le paragraphe "Utilisation du logiciel")
/          L'action "RESERVOIR" demande d'utiliser la méthode du réservoir pour compter les cycles (cf. C11.A7)
/          L'action "RAINFLOW" demande d'utiliser la méthode de la goutte d'eau pour compter les cycles (cf. C11.A7)
/          L'existence d'une action "RESERVOIR" ou (exclusif) "RAINFLOW" est obligatoire
/          Note : Les actions "RESERVOIR" ou "RAINFLOW" donnent les mêmes taux d'endommagement !
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
/DOMMAGE
/POINT_HISTORIQUE    Nom d'un historique "HISTORIQUE" déjà défini quand cette ligne est atteinte
/FICHIER_SORTIE      Nom du fichier de sortie
/RESERVOIR
/RAINFLOW
/FIN_DOMMAGE
/

```

7. Exemple de données : CODAP 2010 C11.A10.3 - Exemple 3

Exemple d'application de la méthode détaillée (objet de C11.3.9) à un cas où les sollicitations sont non proportionnelles et les directions principales variables..

COMPOSANTS :



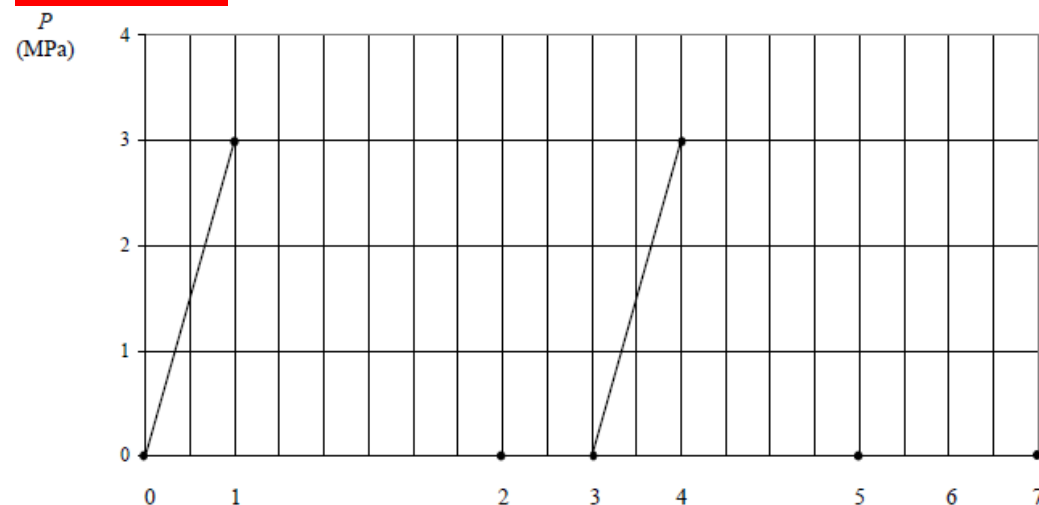
Composant : Tube

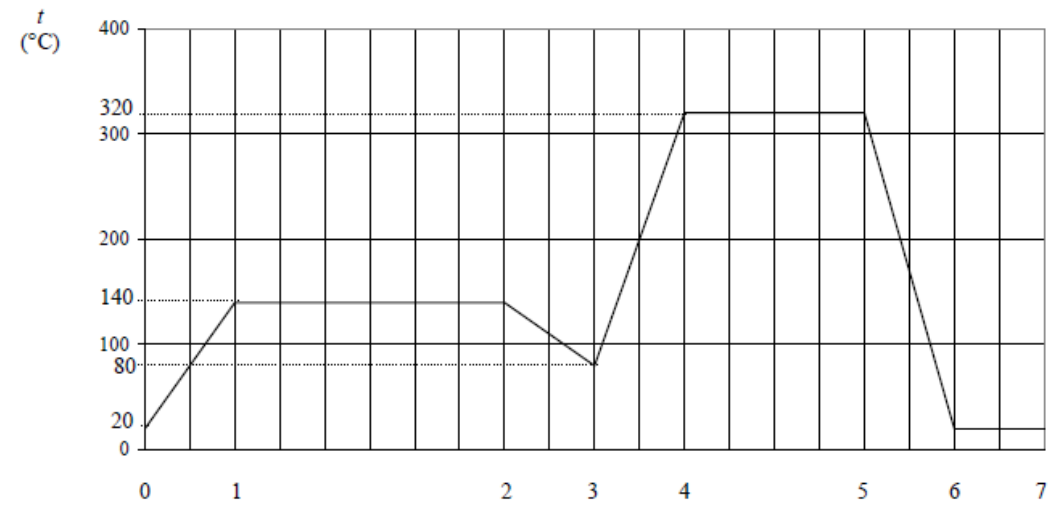
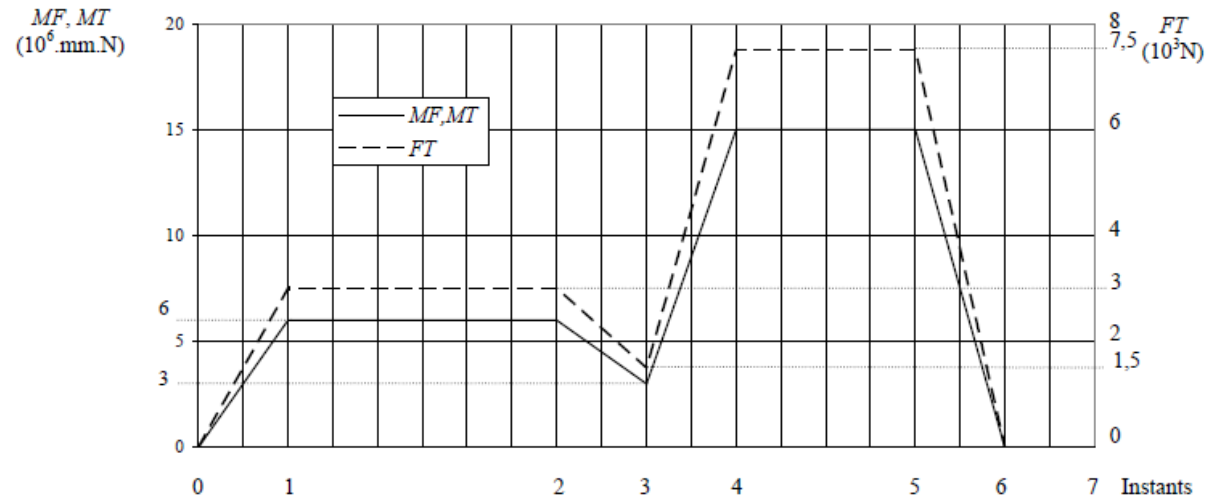
Cordon : Connexion du tube et de la sphère
Utilise : Classification II.1_L1_C1
Il n'y a pas d'imperfection de forme

Composant : Sphère

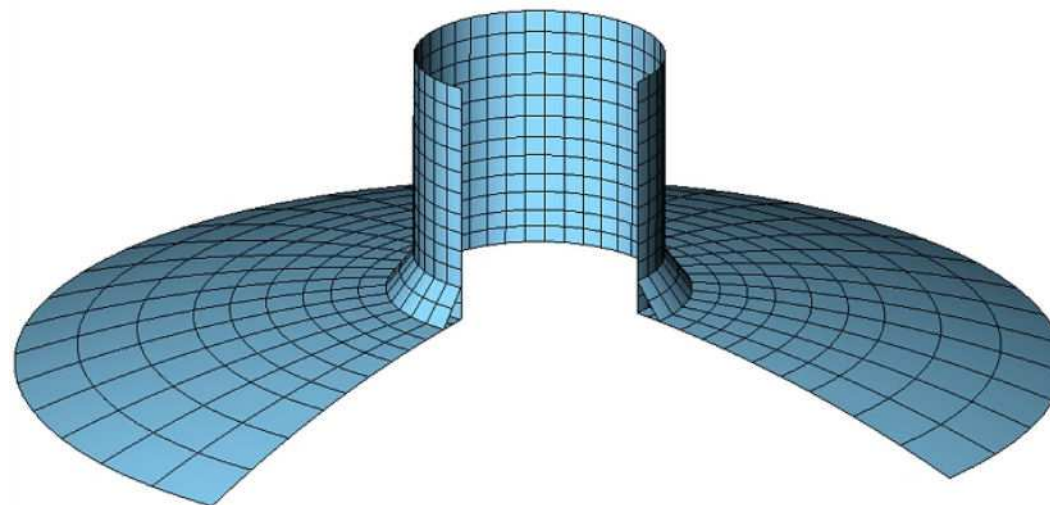
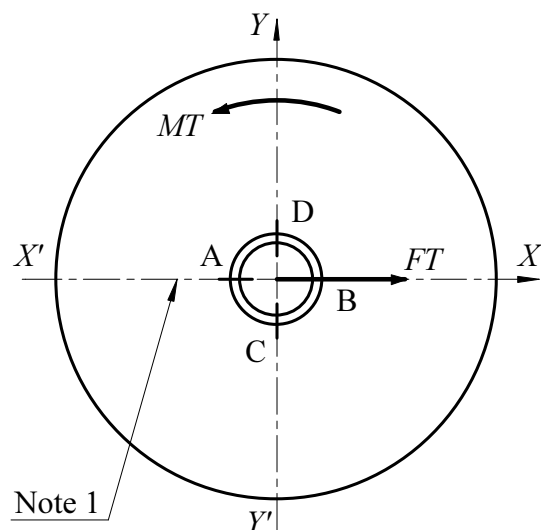
MATERIAU : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10

CHARGEMENT :





FINITE ELEMENTS RESULTS :



Note 1 : Plan d'action du moment MF

Historiques des contraintes aux points potentiellement critiques DE LA SECTION A (MPa)

Le repère retenu pour exprimer ces contraintes est celui attaché aux directions «naturelles» de description de la géométrie (axisymétrique) de la structure :

- la direction circonférentielle, notée ici « x »,
- la direction méridienne, notée ici « y »,
- la direction normale à la paroi, notée ici « z ».

Instant	Point 1 - Enveloppe				Point 2 - Tubulure			
	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	σ_{xy}	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{zz}	σ_{xy}
1	223,78	197,46	0	5,59	135,85	91,06	0	14,08
2	80,83	94,23	0	5,59	82,48	120,14	0	14,08
3	40,42	47,12	0	2,80	41,24	60,07	0	7,04
4	345,03	338,80	0	13,98	259,57	271,27	0	35,21
5	202,08	235,57	0	13,98	206,20	300,34	0	35,21

Les contraintes de cisaillement σ_{yz} et σ_{zx} ne sont pas mentionnées dans le tableau précédent, car elles sont nulles en surface de paroi.

Quant à la contrainte normale σ_{zz} , elle est toujours égale à 0 dans ce même tableau, en raison du fait que les points étudiés sont tous situés sur la surface extérieure de la paroi, non soumise à pression.

Cartes de données :

```

/
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
*CLASSIFICATION      Cordon selon figure C11.A10-3-2
*CORDON_CLASSE       71
*TYPE                Soudures d'angle entre éléments constitutifs de la paroi de l'appareil, soudures d'angle directement sollicitées d'éléments
rapportés
*NUMERO              II.1
*SOUSTYPE            Pied de cordon d'une soudure d'un assemblage à pleine pénétration - Avec CND - Sans parachèvement
*COMMENTAIRE          Ce type de soudure existe déjà sous le nom II.1_L1_C1 dans le fichier de contexte livré. La classe 71 est déjà définie dans le
fichier de contexte
*FIN_CLASSIFICATION
/
*MATERIAU            Matériau de l'exemple C11.A10.3 : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10
*COMMENTAIRE          Épaisseur comprise entre 0 and 75 mm
*TYPE                A
*PARAMETRE            250.      510.      201660.    0.3
*RPT                  100.      191.
*RPT                  150.      172.
*RPT                  200.      157.
*RPT                  250.      147.
*RPT                  300.      137.
*RPT                  350.      132.
*RPT                  400.      127.
*RPT                  450.      122.
*RPT                  500.      118.
*RPT                  550.      113.
*RPT                  600.      108.
*FIN_MATERIAU
/
*COMPOSANT            Enveloppe sphérique
*COMMENTAIRE          Sphère de rayon 1000 mm et d'épaisseur 18,3
*TYPE                TOLE_SPHERE
*COMPOSANT_MATERIAU  Matériau de l'exemple C11.A10.3 : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10
*PARAMETRE            18.3      200.      0.
*FIN_COMPOSANT
/
*COMPOSANT            Tube
*COMMENTAIRE          Tubulure de diamètre 168,3 mm et d'épaisseur 11,3
*TYPE                TOLE_CYLINDRE
*COMPOSANT_MATERIAU  Matériau de l'exemple C11.A10.3 : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10
*PARAMETRE            11.3      200.      0.
*FIN_COMPOSANT
/
*CORDON              Cordon de soudure du piquage
*CORDON_TYPE          Cordon selon figure C11.A10-3-2
*COMPOSANT_1          Enveloppe sphérique
*COMPOSANT_2          Tube
*FIN_CORDON
/

```

```

/
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
*HISTORIQUE          Contraintes au point 1 de la section A
*HISTORIQUE_CORDON   Cordon de soudure du piquage
*RELEVE              Début
*PARAMETRE           0.      20.
*SIJ                 0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJM                0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLT               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE              Instant 1
*PARAMETRE           3.      140.
*SIJ                 223.78  5.59      0.      197.46  0.      0.
*SIJM                0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM               223.78  5.59      0.      197.46  0.      0.
*SIJLT               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE              Instant 2
*PARAMETRE           3.      140.
*SIJ                 80.83   5.59      0.      94.23   0.      0.
*SIJM                0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM               80.83   5.59      0.      94.23   0.      0.
*SIJLT               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE              Instant 3
*PARAMETRE           0.      80.
*SIJ                 40.42   2.80      0.      47.12   0.      0.
*SIJM                0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM               40.42   2.80      0.      47.12   0.      0.
*SIJLT               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE              Instant 4
*PARAMETRE           3.      320.
*SIJ                 345.03  13.98      0.      338.80  0.      0.
*SIJM                0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM               345.03  13.98      0.      338.80  0.      0.
*SIJLT               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE              Instant 5
*PARAMETRE           3.      320.
*SIJ                 202.08  13.98      0.      235.57  0.      0.
*SIJM                0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM               202.08  13.98      0.      235.57  0.      0.
*SIJLT               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE              Fin
*PARAMETRE           0.      20.
*SIJ                 0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJM                0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLT               0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*FIN_HISTORIQUE
/

```

```

/
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
*HISTORIQUE      Contraintes au point 2 de la section A
*HISTORIQUE_CORDON  Cordon de soudure du piquage
*RELEVE          Début
*PARAMETRE        0.      20.
*SIJ              0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJM             0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLT            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE          Instant 1
*PARAMETRE        3.      140.
*SIJ              135.85   14.08   0.      91.06   0.      0.
*SIJM             0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM            135.85   14.08   0.      91.06   0.      0.
*SIJLT            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE          Instant 2
*PARAMETRE        3.      140.
*SIJ              82.48   14.08   0.      120.14  0.      0.
*SIJM             0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM            82.48   14.08   0.      120.14  0.      0.
*SIJLT            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE          Instant 3
*PARAMETRE        0.      80.
*SIJ              41.24   7.04    0.      60.07   0.      0.
*SIJM             0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM            41.24   7.04    0.      60.07   0.      0.
*SIJLT            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE          Instant 4
*PARAMETRE        3.      320.
*SIJ              259.57   35.21   0.      271.27  0.      0.
*SIJM             0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM            259.57   35.21   0.      271.27  0.      0.
*SIJLT            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE          Instant 5
*PARAMETRE        3.      320.
*SIJ              206.20   35.21   0.      300.34  0.      0.
*SIJM             0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM            206.20   35.21   0.      300.34  0.      0.
*SIJLT            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*RELEVE          Fin
*PARAMETRE        0.      20.
*SIJ              0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJM             0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLM            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*SIJLT            0.      0.      0.      0.      0.      0.
*FIN_RELEVE
*FIN_HISTORIQUE
/

```

```
/
/-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
*DOMMAGE
*POINT_HISTORIQUE    Contraintes au point 1 de la section A
*FICHIER_SORTIE      Resultats_Codap_C11_A10_3_Section_A_Pt1.txt
*RESERVOIR
*FIN_DOMMAGE
/
*DOMMAGE
*POINT_HISTORIQUE    Contraintes au point 1 de la section A
*FICHIER_SORTIE      Resultats_Codap_C11_A10_3_Section_A_Pt2.txt
*RAINFLOW
*FIN_DOMMAGE
/
```


8. Exemple de résultats : CODAP 2010 C11.A10.3 - Exemple 3

Résultats pour le point 1 de la section A (Le programme a placé ces résultats dans le fichier "Resultats_Codap_C11_A10_3_Section_A_Pt1.txt")

```
*****
* Calcul du taux d'endommagement pour une zone soudée selon C11.3.9.3 et C11.3.9.2.3 *
* Le calcul est basé sur la recherche itérative du plan critique pour l'endommagement *
*****

+++++
+ Définition du premier composant lié à la zone soudée +
+++++

Nom du composant           : Enveloppe sphérique
Type du composant          : 40
                           10-->Inconnu
                           20-->Général
                           30-->Tôle de cylindre
                           40-->Tôle de sphère
Commentaire                : Sphère de rayon 1000 mm et d'épaisseur 18,3
Épaisseur du composant (mm) : 18,3
Rugosité du composant (micro m) : 200
Pression extérieure admissible : 0
                           Utile pour les cylindres et les cônes avec défauts
Nom du matériau utilisé     : Matériau de l'exemple C11.A10.3 : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10

+++++
+ Caractéristiques du matériau du premier composant +
+++++

Nom du matériau           : Matériau de l'exemple C11.A10.3 : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10
Type du matériau          : 30
                           10 --> inconnu
                           20 --> acier non allié ou allié et non austénitique
                           30 --> acier austénitique, nickel ou alliage de nickel
Commentaire               : Épaisseur comprise entre 0 and 75 mm
Limite d'élasticité à 20°C (MPa) : 250
Nombre des paires (T,Rpt) : 11
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 100 191
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 150 172
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 200 157
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 250 147
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 300 137
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 350 132
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 400 127
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 450 122
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 500 118
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 550 113
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa) : 600 108
Résistance à la traction (MPa) : 510
Module d'élasticité (MPa) : 201 660
Coefficient de Poisson      : 0,3
```

```

+++++
+ Définition du second composant lié à la zone soudée +
+++++

```

```

Nom du composant           : Tube
Type du composant          : 30
                           10-->Inconnu
                           20-->Général
                           30-->Tôle de cylindre
                           40-->Tôle de sphère
Commentaire                : Tubulure de diamètre 168,3 mm et d'épaisseur 11,3
Épaisseur du composant (mm) : 11,3
Rugosité du composant (micro m) : 200
Pression extérieure admissible : 0
                           Utile pour les cylindres et les cônes avec défauts
Nom du matériau utilisé     : Matériau de l'exemple C11.A10.3 : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10

```

```

+++++
+ Caractéristiques du matériau du second composant +
+++++

```

```

Nom du matériau           : Matériau de l'exemple C11.A10.3 : NF EN 10028-7 X6CrNi18-10
Type du matériau          : 30
                           10 --> inconnu
                           20 --> acier non allié ou allié et non austénitique
                           30 --> acier austénitique, nickel ou alliage de nickel
Commentaire                : Épaisseur comprise entre 0 and 75 mm
Limite d'élasticité à 20°C (MPa) : 250
Nombre des paires (T,Rpt)  : 11
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 100  191
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 150  172
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 200  157
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 250  147
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 300  137
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 350  132
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 400  127
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 450  122
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 500  118
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 550  113
  Paire (T,Rpt) (°C,MPa)    : 600  108
Résistance à la traction (MPa) : 510
Module d'élasticité (MPa)    : 201 660
Coefficient de Poisson       : 0,3

```

```

+++++
+ Définition de la zone soudée +
+++++

```

```

Nom du cordon de soudure          : Cordon de soudure du piquage
Nom du premier composé soudé      : Enveloppe sphérique
Nom du second composé soudé       : Tube
Classification de zone soudée selon C11.A5 : Cordon selon figure C11.A10-3-2
Cordon de soudure sans imperfection de forme !

```

```

+++++
+ Classification de la zone soudée selon C11.A5 +
+++++

```

```

Nom donné à la classification selon C11.A5 : Cordon selon figure C11.A10-3-2
Classe de fatigue utilisée : 71
Type de zone soudée          : Soudures d'angle entre éléments constitutifs de la paroi de l'appareil, soudures d'angle directement sollicitées
d'éléments rapportés
Numéro de zone soudée        : II.1
Sous type de zone soudée     : Pied de cordon d'une soudure d'un assemblage à pleine pénétration - Avec CND - Sans parachèvement
Commentaire                   : Ce type de soudure existe déjà sous le nom II.1_L1_C1 dans le fichier de contexte livré. La classe 71 est déjà définie
dans le fichier de contexte

```

```

+++++
+ Définition de la courbe de fatigue utilisée +
+++++

```

```

Nom de la classe de fatigue          : 71
Nombre de cycles à la limite d'endurance : 5 000 000
Limite d'endurance (MPa)              : 52
Nombre de cycles à la limite de troncature : 100 000 000
Limite de troncature (MPa)           : 29
Paramètre m1 de  $N*(DSigma**m1)=C1$  (selon C11.3.12.1.3) : 3
Paramètre C1 de  $N*(DSigma**m1)=C1$  (selon C11.3.12.1.3) : 7,16e+011
Paramètre m2 de  $N*(DSigma**m2)=C2$  (selon C11.3.12.1.3) : 5
Paramètre C2 de  $N*(DSigma**m2)=C2$  (selon C11.3.12.1.3) : 1,96e+015

```

```
*****
* Historique des contraintes qui sollicitent la zone analysée *
*****
```

```
Nom de l'historique de contraintes      : Contraintes au point 1 de la section A
Nom de la zone (cordon, UW , gorge) associée : Cordon de soudure du piquage
Type de l'historique                    : 20
                                         10-->inconnu
                                         20-->pour une zone soudée
                                         30-->pour une zone non soudée
                                         40-->pour une gorge de cordon
Nombre de relevés de contraintes stockés : 7
```

```
Numéro du relevé      : 0
+++++++
Nom                    : Début
Pression (MPa)        : 0
Température (deg)     : 20
Sij (MPa)              :
|   Sxx   |   Sxy   |   Sxz   |   Syx   |   Syz   |   Szz   |
|         |         |         |         |         |         |
|   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |
Sij membrane (MPa) :
|   Sxxm   |   Sxym   |   Sxzm   |   Syym   |   Syzm   |   Szzm   |
|         |         |         |         |         |         |
|   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |
Sij lin. meca (MPa) :
|   Sxxlm   |   Sxylm   |   Sxzlm   |   Syylm   |   Syzlm   |   Szzlm   |
|         |         |         |         |         |         |
|   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |
Sij lin. ther (MPa) :
|   Sxxlt   |   Sxylt   |   Sxzlt   |   Syylt   |   Syzlt   |   Szzlt   |
|         |         |         |         |         |         |
|   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |
```

```
Numéro du relevé      : 1
+++++++
Nom                    : Instant 1
Pression (MPa)        : 3
Température (deg)     : 140
Sij (MPa)              :
|   Sxx   |   Sxy   |   Sxz   |   Syx   |   Syz   |   Szz   |
| 223,78 | 5,59   | 0       | 197,46 | 0       | 0       |
Sij membrane (MPa) :
|   Sxxm   |   Sxym   |   Sxzm   |   Syym   |   Syzm   |   Szzm   |
|         |         |         |         |         |         |
|   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |
Sij lin. meca (MPa) :
|   Sxxlm   |   Sxylm   |   Sxzlm   |   Syylm   |   Syzlm   |   Szzlm   |
| 223,78   | 5,59     | 0       | 197,46   | 0       | 0       |
Sij lin. ther (MPa) :
|   Sxxlt   |   Sxylt   |   Sxzlt   |   Syylt   |   Syzlt   |   Szzlt   |
|         |         |         |         |         |         |
|   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |   0     |
```

```

Numéro du relevé      : 2
+++++++
Nom                   : Instant 2
Pression (MPa)        : 3
Température (deg)     : 140
Sij (MPa)             :
|   Sxx   |   Sxy   |   Sxz   |   Syx   |   Syz   |   Szz   |
|  80,83  |  5,59  |    0   |  94,23  |    0   |    0   |
Sij membrane (MPa) :
|   Sxxm  |   Sxym  |   Sxzm  |   Syxm  |   Syzm  |   Szzm  |
|    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |
Sij lin. meca (MPa) :
|   Sxxlm |   Sxylm |   Sxzlm |   Syxlm |   Syzlm |   Szzlm |
|  80,83  |  5,59  |    0    |  94,23  |    0    |    0    |
Sij lin. ther (MPa) :
|   Sxxlt |   Sxylt |   Sxzlt |   Syxlt |   Syzlt |   Szzlt |
|    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |

```

```

Numéro du relevé      : 3
+++++++
Nom                   : Instant 3
Pression (MPa)        : 0
Température (deg)     : 80
Sij (MPa)             :
|   Sxx   |   Sxy   |   Sxz   |   Syx   |   Syz   |   Szz   |
|  40,42  |  2,8   |    0    |  47,12  |    0    |    0    |
Sij membrane (MPa) :
|   Sxxm  |   Sxym  |   Sxzm  |   Syxm  |   Syzm  |   Szzm  |
|    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |
Sij lin. meca (MPa) :
|   Sxxlm |   Sxylm |   Sxzlm |   Syxlm |   Syzlm |   Szzlm |
|  40,42  |  2,8   |    0    |  47,12  |    0    |    0    |
Sij lin. ther (MPa) :
|   Sxxlt |   Sxylt |   Sxzlt |   Syxlt |   Syzlt |   Szzlt |
|    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |

```

```

Numéro du relevé      : 4
+++++++
Nom                   : Instant 4
Pression (MPa)        : 3
Température (deg)     : 320
Sij (MPa)             :
|   Sxx   |   Sxy   |   Sxz   |   Syx   |   Syz   |   Szz   |
| 345,03  | 13,98  |    0    | 338,8   |    0    |    0    |
Sij membrane (MPa) :
|   Sxxm  |   Sxym  |   Sxzm  |   Syxm  |   Syzm  |   Szzm  |
|    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |
Sij lin. meca (MPa) :
|   Sxxlm |   Sxylm |   Sxzlm |   Syxlm |   Syzlm |   Szzlm |
| 345,03  | 13,98  |    0    | 338,8   |    0    |    0    |
Sij lin. ther (MPa) :
|   Sxxlt |   Sxylt |   Sxzlt |   Syxlt |   Syzlt |   Szzlt |
|    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |    0    |

```

```

Numéro du relevé      : 5
+++++
Nom                   : Instant 5
Pression (MPa)        : 3
Température (deg)     : 320
Sij (MPa)             :
|   Sxx   |   Sxy   |   Sxz   |   Syx   |   Syz   |   Szz   |
|  202,08 |  13,98 |      0 |  235,57 |      0 |      0 |
Sij membrane (MPa)   :
|   Sxxm  |   Sxym  |   Sxzm  |   Syxm  |   Syzm  |   Szzm  |
|      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |
Sij lin. meca (MPa)  :
|   Sxxlm |   Sxylm |   Sxzlm |   Syxlm |   Syzlm |   Szzlm |
|  202,08 |  13,98 |      0 |  235,57 |      0 |      0 |
Sij lin. ther (MPa)  :
|   Sxxlt |   Sxylt |   Sxzlt |   Syxlt |   Syzlt |   Szzlt |
|      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |

```

```

Numéro du relevé      : 6
+++++
Nom                   : Fin
Pression (MPa)        : 0
Température (deg)     : 20
Sij (MPa)             :
|   Sxx   |   Sxy   |   Sxz   |   Syx   |   Syz   |   Szz   |
|      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |
Sij membrane (MPa)   :
|   Sxxm  |   Sxym  |   Sxzm  |   Syxm  |   Syzm  |   Szzm  |
|      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |
Sij lin. meca (MPa)  :
|   Sxxlm |   Sxylm |   Sxzlm |   Syxlm |   Syzlm |   Szzlm |
|      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |
Sij lin. ther (MPa)  :
|   Sxxlt |   Sxylt |   Sxzlt |   Syxlt |   Syzlt |   Szzlt |
|      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |      0  |

```


+++++++
+ Symboles +
+++++++

A : Coefficient global d'intensification de contraintes selon C11.A6
DSigmaEq : Variation équivalente des contraintes - cf. C11.3.9.2.3d2
égale à 2. fois la variation de longueur du vecteur cisaillement
DSigmaR : Taille du cycle de contraintes extrait de l'historique de DSigmaEq
DSigmaRlm : Variation de la partie linéarisée des contraintes mécaniques durant le cycle
DSigmaRlt : Variation de la partie linéarisée des contraintes thermiques durant le cycle
Seules les variations de contraintes à travers l'épaisseur doivent être considérées
Ce : Coefficient de correction d'épaisseur selon CODAP Division 2 : 2015 C11.3.12.4
CtR : Coefficient de correction de température selon CODAP Division 2 : 2015 C11.3.12.4
Noté Ct dans le CODAP mais s'applique à la température moyenne de cycle t^*
Le C11.3.12.4 renvoie vers le C11.1.3.3 qui donne les formules utilisées
Cr : Coefficient global de correction selon CODAP Division 2 : 2015 C11.3.12.4
Ke : Coefficient de correction de plasticité pour les contraintes d'origine mécanique
Selon CODAP Division 2 : 2015 C11.3.11.1
Kv : Coefficient de correction de plasticité pour les contraintes d'origine thermique
Selon CODAP Division 2 : 2015 C11.3.11.1
Ne concerne que les variations de contraintes à travers l'épaisseur
N : Nombre de cycles admissibles donné par la courbe de fatigue - cf. C11.3.13
N0 : Instant d'origine déterminant pour le paramètre d'endommagement - cf. C11.3.9.2.3
N0 est noté t_0 dans le CODAP
Phi : Angle Phi du plan d'analyse - cf. Figure C11.3.9.2.3a
Rpt : Limite d'élasticité du matériau à la température du cycle
Sx'x' : Contrainte normale sur le plan d'analyse défini par Theta et Phi - cf. C11.3.9.2.3b1
Sx'y' : Composante de la contrainte de cisaillement sur le plan défini par Theta et Phi
Sx'z' : Composante de la contrainte de cisaillement sur le plan défini par Theta et Phi
Pour Sx'y' et Sx'z' voir C11.3.9.2.3b2 et b3
Theta : Angle Theta du plan d'analyse - cf. Figure C11.3.9.2.3a
Temp : Température

```

+++++
+ Recherche du plan critique selon C11.3.9.2.3 +
+++++

```

Pour cette recherche un coefficient global de correction Cr très faible de 0,2 est utilisé, ainsi presque tous les cycles sont pris en compte (de très petits cycle sont comptés)
Des cycles qui seront négligés dans le calcul final de l'endommagement sont donc pris en compte
Le taux d'endommagement qui apparaît dans le tableau suivant n'est donc pas significatif
Le tableau retranscrit la suite des itérations effectuées par le logiciel
Un taux d'endommagement est écrit dès lors qu'il devient le plus élevé déjà rencontré !

Theta	Phi	N0	Dommage
0	0	0	3,817e-006
0,000	2,500	0	1,277e-005
0,000	5,000	0	5,579e-005
0,000	7,500	0	1,610e-004
0,000	10,000	0	3,532e-004
0,000	12,500	0	6,507e-004
0,000	15,000	0	1,064e-003
0,000	17,500	0	1,593e-003
0,000	20,000	0	2,230e-003
0,000	22,500	0	2,963e-003
0,000	25,000	0	3,762e-003
0,000	27,500	0	4,591e-003
0,000	30,000	0	5,415e-003
0,000	32,500	0	6,205e-003
0,000	35,000	0	6,916e-003
0,000	37,500	0	7,505e-003
0,000	40,000	0	7,924e-003
0,000	42,500	0	8,207e-003
0,000	45,000	0	8,323e-003
2,500	45,000	0	8,377e-003
5,000	45,000	0	8,429e-003
7,500	45,000	0	8,537e-003
10,000	45,000	0	8,589e-003
12,500	45,000	0	8,640e-003
15,000	45,000	0	8,690e-003
17,500	45,000	0	8,738e-003
20,000	45,000	0	8,787e-003
22,500	45,000	0	8,834e-003
27,500	45,000	0	8,866e-003
35,000	45,000	0	8,876e-003

```

+++++
+ Contraintes normale et de cisaillement sur le plan déterminant +
+ Température associée à ces contraintes +
+++++

```

```

Angle Theta du plan critique      : 35,000
Angle Phi du plan critique       : 45,000
Instant d'origine déterminant sur ce plan : 0

```

Temps	Sx'x'	Sx'y'	Sx'z'	Temp.
0	0,000	0,000	0,000	20,000
1	110,187	-7,392	-110,187	140,000
2	45,246	5,804	-45,246	140,000
3	22,628	2,903	-22,628	80,000
4	178,059	1,311	-178,059	320,000
5	113,117	14,507	-113,117	320,000
6	0,000	0,000	0,000	20,000

```

+++++
+ Variation équivalente des contraintes sur le plan critique +
+++++

```

Temps	DSigmaEq
0	0,000
1	220,869
2	91,233
3	45,626
4	356,127
5	228,088
6	0,000
0	0,000

```

+++++
+ Taille des cycles de contraintes extraits de l'historique de DSigmaEq +
+++++

```

Nombres des cycles extraits de l'historique : 2

Temps1	Temps2	Temps3	DSigmaR	DSigmaRlm	DSigmaRlt	Temp.
Début	Pic	Fin				
1	3	3	175,243	183,594	0,000	125,000
4	6	4	356,127	356,238	0,000	245,000

```
+++++
+ Corrections de plasticité +
+++++
```

```
Si (DSigmaR>2.*Rpt)
    --> Les variations de contraintes géométriques DSigmaRlm, DSigmaRlt, DSigmaR doivent être amplifiées
Quand il n'existe que des contraintes d'origine mécanique
    Ke est le coefficient de correction de plasticité pour les contraintes d'origine mécanique
    Ke est calculé à partir de DSigmaRlm selon CODAP Division 2 : 2015 C11.3.11.1.2
    DSigmaRlm est multiplié par Ke
    DSigmaR est multiplié par Ke
Quand il n'existe que des contraintes thermiques venant de la répartition des températures dans l'épaisseur
    Kv est le coefficient de correction de plasticité pour les contraintes d'origine thermique
    Kv est calculé à partir de DSigmaRlt selon CODAP Division 2 : 2015 C11.3.11.1.2
    Pour une justification détaillée de la formulation retenue voir RCC-M Criteria - Annexe 8 - A8-3.5
    DSigmaRlt est multiplié par Kv
    DSigmaR est multiplié par Kv
Quand il existe des contraintes d'origine mécanique et des contraintes thermiques venant
de la répartition des températures dans l'épaisseur
    Le logiciel calcule Ke comme précédemment (--> Ke calculé à partir de DSigmaRlm)
    Le logiciel calcule Kv comme précédemment (--> Kv calculé à partir de DSigmaRlt)
    Le logiciel amplifie DSigmaR en utilisant une combinaison des coefficients Ke et Kv
    La formulation utilisée est décrite en C11.3.11.1.2 : DSigmaR-->ke*A+kv*B
    DSigmaRlm est multiplié par Ke
    DSigmaRlt est multiplié par Kv
```

Pour chaque cycle de contraintes extrait de l'historique de DSigmaEq le tableau suivant donne :

- La taille du cycle avant (ligne 1) et après (ligne 2) la correction de plasticité
- Les principaux paramètres utilisés pour effectuer la correction (lignes 1 et 2)

Temps1	Temps2	Temps3	DSigmaR	DSigmaRlm	DSigmaRlt	Temp.	Rpt
Début	Pic	Fin	DSigmaR	DSigmaRlm	DSigmaRlt	Ke	Kv
1	3	3	175,243	183,594	0,000	125,000	181,500
			175,243	183,594	0,000	1,000	1,000
4	6	4	356,127	356,238	0,000	245,000	148,000
			385,117	385,236	0,000	1,081	1,000

```

+++++
+ Calcul final du taux d'endommagement +
+++++

```

Les coefficients de corrections Ce, CtR qui doivent être appliqués sont calculés selon C11.3.12.4
 La recherche du nombre des cycles admissibles N est faite selon C11.3.12
 Le cumul des taux d'endommagement est effectué selon C11.3.12

Plus grande épaisseur des composants soudés : 18,300
 Coefficient de correction d'épaisseur Ce : 1,000

Temps1	Temps2	Temps3	DSigmaR	Temp.	CtR	Cr	N	Domage
Début	Pic	Fin						
1	3	3	175,243	125,000	0,989	0,989	128798	7,764e-006
4	6	4	385,117	245,000	0,938	0,938	10333	9,678e-005

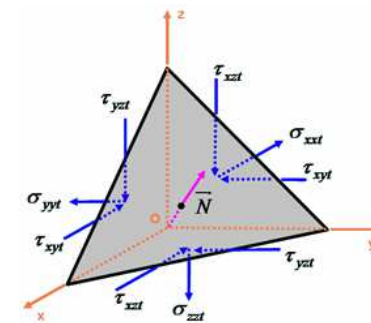
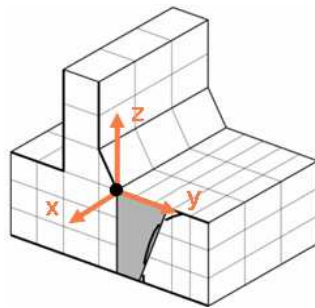
Taux d'endommagement total pour l'historique de contraintes : 1,0454e-004

9. Présentation de la méthode de comptage des cycles (cf. C11.3.9.2.3)

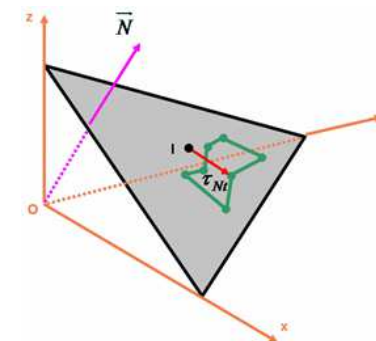
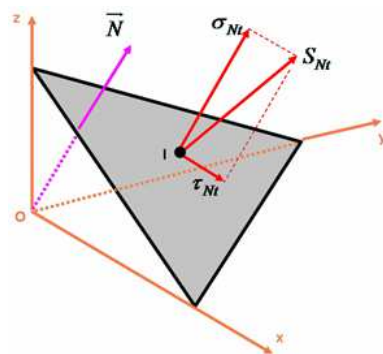
Pour analyser l'effet de sollicitations non proportionnelles vis-à-vis du risque de fissuration par fatigue s'amorçant en surface, les règles du présent Chapitre se fondent, quand les directions principales sont variables, sur la recherche du plan matériel le plus sollicité au point étudié (voir C11.3.9.2.3).

Le degré de sollicitation d'un plan matériel est mesuré par l'endommagement que produisent les variations de la contrainte de cisaillement s'exerçant dans ce plan.

Les principales étapes de la procédure suivie sont les suivantes :



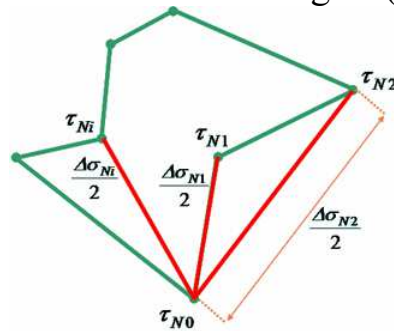
I : Choisir un plan de l'espace susceptible d'être un plan critique pour l'endommagement



II : Établir les historiques, sur l'intervalle d'étude, des contraintes suivantes :

- les composantes de la contrainte de cisaillement exercée dans ce plan,
- la contrainte normale au plan d'analyse considéré

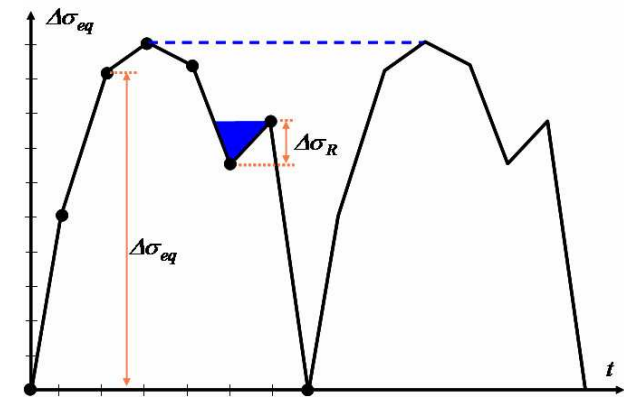
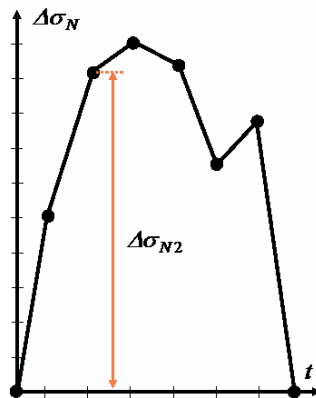
III : Choisir un instant origine (N_0 sur le dessin suivant) susceptible d'être déterminant pour le calcul de l'endommagement



IV : Calculer la variation de la contrainte de cisaillement s'exerçant dans le plan d'analyse entre tout instant N_i utile à l'analyse et l'instant origine N_0 choisi

La variation équivalente des contraintes est égale au double de cette variation de la contrainte de cisaillement.

Établir l'historique, sur l'intervalle d'étude, de la variation équivalente des contraintes ainsi obtenue.



V : Identifier et compter les cycles élémentaires composant cet historique, conformément aux règles de l'Annexe C11.A7 (méthode du réservoir ou de la goutte d'eau).

Calculer le taux d'endommagement à partir de ces cycles élémentaires.

VI : Répéter les étapes III à V qui précèdent pour tous les instants origines N_0 susceptibles d'être déterminants.

VII : Répéter les étapes I to VI qui précèdent pour tous les plans d'analyse susceptibles d'être déterminants, afin d'identifier l'un des plans critiques au point étudié, c'est-à-dire, l'un des plans d'analyse auquel correspond la plus grande valeur du paramètre d'endommagement calculé lors de l'étape V.