الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DU GÉNIE DE LA MATIÈRE



Projet de fin d'étude

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME
DE MASTER EN GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONCEPTION MECANIQUE

THEME

Etude de Conception d'une boite de commande pour machine CNC

DIRIGÉ PAR

Dr. Abdellah EL -hadj Abdellah

Dr. Alliche Mounir

Réalisé par :

- *NOURI Chafik*
- *DINE Khaled*

Promotion : 2015/2016



Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier notre Dieu, notreCréateur,
pour le courage et la patience qu'il nous donné pour Accomplir ce travail.
Nous remercions notre encadreur PR. ABDELLAH EL-HEJ ABDELLAH ET ALLICHE MOUNIR pour ses orientations et conseils. Nous tenon à notifier un remerciement
Spécial à tous mes professeurs qui ont contribué à notre formation de
Master.
Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements au membres de jury qui ont accepté de jury ce modeste travail.
Nous tenons aussi à remercier nos enseignants de département de
Génie mécanique pour la formation que nous avons reçue.
Nos derniers remerciements et qui ne sont pas les moindres, vont
À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement
De ce travail.

Sommaire

Introduction générale……..1

CHAPITRE I : procédé en mise en forme de tôle

I.1. PLIAGE……...2

I.1.1. Principe…….....2

I.1.2. Définition……..…….2

I.1.3. Les caractéristiques d'un pli……...3

I.1.3.1. Rayon minimal de pliage……3

I.1.4. Déformation plastique……...3

I.1.5. Le retour élastique……..5

I.1.6. La résolution du problème ……7

I.1.7. Critères de plasticité……...7

I.1.8. Outillage……8

I.2.Emboutissage……9

I.2.1.Principe……..9

I.2.2. L'emboutissage a froid et a chaud..……9

I.2.2.1. L'emboutissage a chaud……9

I.2.2.2. L'emboutissage a froid……...9

I.2.3.L'opération d'emboutissage typique (double-effet) ……10

I.2.4. OUTILLAGE……...12

I.2.5. Les inconvénients de l'emboutissage……....13

I.2.6.Le retour élastique……13

I.2.7. La courbe limite de formage……14

I.2.8.L'utilisation de l'emboutissage……15

Sommaire

CHAPITRE II : Méthodes de fabrication

II.1.Cisaillage ……16

II.1.1.Définition……..16

II.1.2.Le but du cisaillage……16

II.1.3. Principes du cisaillage.....16

II.1.4. Déformation jusqu'à la zone de rupture……....18

II.1.5.amorce de rupture ……18

II.1.6.Type de cisaillage ……19

II.1.6.1-Cisaillage avec lames parallèles…….....19

II.1.6.1.1.Calcule l'effort de cisaillage lames parallèles……19

II.1.6.2-Cisaillage avec lames obliques……..20

II- 2-POINÇONNAGE……....21

II-2-1.Définition……22

II.2.2. Principe……...22

II.2.3. Caractéristiques du poinçon……23

II.2.4.Effort de poinçonnage et section minimale du poinçon……...23

III.2.5.Calcul de la force nécessaire pour poinçonner tout type de matière……...24

II.3.PLIAGE……25

II.3.1.DEFINITION ……...25

II.3.2 Principe ……25

II.3.3. Calcul de la force de pliage nécessaire……26

II.3.4. Tableaux de la force…….……28

II.3.5. Choix de l'outillage……..29

II.3.5.1. Utilisation……..29

II.3.5.2. Montage des outils……30

II.3.5.2.1.Choix du contre –vé……....30

II.3.5.2.1.Choix du type de vé…….31

Chapitre III : Méthodes de calcul de tôlerie

III.1.Facteur k ……32

III.1.1. Définition……..32

III.1.2.Principe facteur k……...32

III.1.3.Calcule facteur k……....33

III.1.4.Calcule zone de pliage BA……33

III.1.5. Calcule de la longueur développée LD…….34

III.1.5.1.la pièce pliée……...34

III.1.5.2.Rayon de pliage……..35

III.2.La zone de pliage……36

III.2.1.Définition……36

III.2.2. Principe……...36

III.2.3. longueur développés LD……..37

III.3.perte aux plis……38

III.3.1.définition …….38

III.3.2.Principe ……....38

III.3.3.calculer Δl par la relation……38

III.3.4.Utilisations de tables……...39

III.3.5.tables de zones de pliage créées dans Microsoft Excel……...40

Sommaire

Chapitre IV : CONCEPTION DE LA BOITE DE COMMANDE PARE LOGECIEL SOLIDWORKS

IV.1.Logeiel solidworks……..41

IV.1.1.Introduction……...41

VI.1.2.Définition du logiciel Solidworks……41

IV.1.3. Fonctionnement……41

IV.1.3.1.Pièce……42

IV.3.2. Assemblages……42

IV.3.2.1. Etapes de l'assemblage……..42

IV.3.3. Mise en plan……..43

IV.3.3.1. Etapes de création d'une mise en plan……...43

IV.4.La fonction tôlerie de SolidWorks……44

IV.2. conception la boite de commande…….45

IV.2.1. conception la Piece enterieure……45

IV.2.2.conception pièce extérieure……...49

IV.2.3. Assemblage des pièces…….....52

Chapitre V : simulation numérique du pliage

V.1.Application de la méthode des éléments finis à la mécanique……53

V.1.2.1. Équations d'équilibre local……53

V.1.2.2.Relations déformations-déplacements……...53

V.2. Simulation numérique par le code ANSYSE……*54*

V.2.1. Introduction……54

V.2.2. Validation……54

Sommaire

V.2.3.Préparation de l'analyse……...54

V.2.3.1. Exécution de la Mechanical APDL (ANSYS)…….54

V.2.3.2. Conception du modèle …….55

VI.2.3.3. Spécification du matériau utilisé…….56

V.2.3.4.Maillage…….56

V.2.3.5. Application de la solution…….57

V.2.3.6.Résultats et Discussion……..58

V.2.3.6.1. Les Déplacement UY……58

V.2.3.6.2. Les Contraintes SY……60

V.2.3.6.3.Les Déformations Y……62

V.3. Conclusion……....64

Conclusion générale……..65

Liste des tableaux

Tableaux .II.1. Force nécessaire au pliage en l'air des tôles……..27

Tableaux.III.1. valeur dépend ri/t……...32

Tableau .III.1. Tableaux de zone de pliage…….39

La liste des figures

Figure. I.1. Mode de pliage……..2

Figure .I.2.pliage en V……..3

Figure .I.3. *Opération de pliage d'une tôle……...3*

Figure I.4. Pliage des tôles métalliques…….4

Figure .I.5. Formation des fissures lors de pliage…….....5

Figure I.6. *Retour élastique d'une tôle pliée……..5*

Figure I.7. Paramètres de retour élastique……6

Figure .I.8. Pliage par frappe…….....7

Figure .I.9. Presse plieuse de pliage…….8

Figure I.10. Principe de l'emboutissage……..9

Figure .I.11. Les différentes phases d'emboutissage……11

Figure .I.12. Presse à emboutir (en gris) les baignoires avec son outillage ……12

Figure I.13. Retour élastique……...14

Figure .I.14. Courbe limite de formage pour différents domaines……15

Figure .II.1.principe d'escaillage……....16

Figure .II.2.pièces tolère…….17

Figure .II.3.déformation de rupture……...18

Figure .II.4. Amorce……..19

Figure .II.5. L'effort de cisaillage……..19

Figure II.6. Machine poinçonneuse……...21

Figure .II.7. Le principe de poinçonnage……...22

Figure .II.8. Pièce tôlerie perforé……..23

Figure .II.9. Presse plieuse hydraulique……25

Figure II.10.Pièce tôlerie prêt……...26

Figure .II.11. Pliage sur une presse-plieuse……..27

Figure II.12. Largeur du vé……29

Figure .II.13. Type Ve……...30

Figure II.14. Matrice en U Pli de 180 à 45°……..31

Figure .II.15.Règle 4 Vé à 88° Pli de 180 à 90°…….31

Figure .III.1. Fibre neutre…….32

Figure .III.2.principe facteur k……..33

Figure .III.3. Fonction de tôlerie (zone de pliage……..34

Figure .III.4.pièces tôlerie…….34

Figure .III.5. Pièce Pliée…….35

Figure .III.6. Pièce dépliée…….35

Figure III.7.cotation pièces tôlerie…….35

Figure III.8.principe zone de pliage……...36

Figure .III.9.la longueur développée du pli……...36

Figure .III.10. Cotation Pièce Pliée……37

Figure .III.11. Cotation pièce dépliée……...37

Figure .III.12.longueur développée Perte aux plis……38

Figure.IV.1. Les trois concepts de base (SOLIDWORKS)……...41

Figure IV.2. Pièce de tôle……..45

Figure .IV.3.pièce tôle avec tôle pliée……...46

Figure IV.4.pièce de tôle……47

Figure .IV.5.pièce de tôle avec enlèvement de matière……..47

Figure .VI.6. Enlèvement de matière de la piècearrière…….48

Figure .IV.7. Enlèvement de matière de la pièce de l'avant ……48

Figure .IV.8.pièce fini 3D……..48

Figure .IV.9.pièce 2 extrudé avec tôle pliée……49

Figure .IV.10.pièce de tôle avec enlèvement de matière……50

Figure .IV.11.pièce de tôle avec répétions linéaire et enlèvement de matière……50

Figure .IV.12.pièce de tôle avec enlèvement de matière……51

Figure .IV.13.pièce de tôle finie……..51

Figure .IV.14.pièce assemblage finie……..52

Figure V.1. La fenêtre de code ANSYS ……..55

Figure .V.2. Schéma de modèle simplifié……...55

Figure .V.3.TYPE de matériaux et module d'élasticité et le coefficient de poisson…..56

Figure V.4. Plaque sous chargement…….....56

Figure V.5.Maillage de la plaque……...57

Figure V.6. Spécification les résultats……...57

Figure V.7.déplacement suivant UY(t=0s)……58

Figure V.8.déplacement suivant UY(t=0.4s)…….58

Figure V.9.déplacement suivant UY(t=0.8s)…….....59

Figure V.10.déplacement suivant UY(t=1s)……..59

Figure V.11. Contraintes suivant SY(t=0s)…….60

Figure V.12. Contraintes suivant SY(t=0.4s)……..60

Figure V.13. Contraintes suivant SY(t=0.8s)……..61

Figure V.14. Contraintes suivant SY(t=1s)……61

Figure V.15.déformation suivant Y(t=0s)……..62

Figure V.16.déformation suivant Y(t=0.4s)……...62

Figure V.17.déformation suivant Y(t=0.8s)……63

Figure V.18.déformation suivant Y(t=1s)……63

Référence

[1]- KHIRANI DALEL, « Répartition des déformations en étirage pliage et leurs effets sur le retour élastique », mémoire de Magistère, université de Mentouri Constantine 10 / 05 / 2010

[2]- L. GRISARD, "Modélisation bidimensionnelle de la mise en forme de tôles par la méthode des éléments finis", thèse de Doctorat, Université de Liège, 1992

[3]-DONGYE FEI, Peter Hodgson, «*Experimental and numerical studies of springbuck in air v-bending process for cold rolled TRIP steels*», Nuclear Engineering and Design, 236, 2006, pp 1847–1851.

[4]-BAHLOUL RIADH, " Optimisation du procédé de pliage sur presses de pièces en tôles à haute limite d'élasticité", thèse de Doctorat, université Mentouri Constantine, 2005.

[5]-.P. AULNOYE « Construction Mécanique appliquée L cours et applications » , 2002.

[6]- CRISBON D.J., « Experimental measurement and finite element simulation of springbuck in stamping aluminum alloy sheets for Auto-body panel application», mémoire de Doctorat Mississippi State University, 2003.

[7.]- Z. MARCINIAK, J. L. DUNCAN, S. J. HU, «*Sheet metal forming*», Butterworth Heinemann, 2002.

[8]- NAGTEGAAL, J. C., AND L. M. TAYLOR, "Comparison of Implicit and Explicit Finite" Technology 2005

[9]- JEROME BARISIEN, «*résistance des matériaux*», DUNOD, 2004, France.

[**10**]- SITE INTERNET- MICHEL. baehrel.pagesperso-orange.fr

www.lyc-ronceray-bezons.ac-versailles.f

[**11]-**SEBTI HAMZA. « Etude et conception d'une machine de profilage » mémoire de Magistère, Université Médéa Année 2010/2011

[12]-TOUFIK SEDRAT « *Étude et conception d'un procédé d'emboutissage Appliqué aux moules d'emboutissage pour emballage métallique »* mémoire de Magistère université de Batna 2007

Référence

[13]-CLAESARWIDSON, «*Numerical simulation of sheet metal forming for high strength steels*», Sweden, 2005.

[14]-Z. MARCINIAK, J. L. DUNCAN, S. J. HU, «*Sheet metal forming*», Butterworth-Heinemann, 2002.

[15]-CRISBON D.J., «Experimental measurement and finite element simulation of spring back in stamping aluminum alloy sheets for Auto-body panel application», Dep. Mechanical University, Mississippi State University, 2003.

[16]-CLOUDE MARTY,JEAN-MARC LINAIRES , « industrialisation des produits mécaniques », 3 procédé de fabrication , 2001

[17]- site internet- Michel. baehrel.pagesperso-orange.fr

www.rocdacier.fr

[18]- PATRICK ISAC, « procédé de fabrication », Technologie 2005

[19]- SEBTI HAMZA, « Etude et conception d'une machine de profilage », mémoire de Magistère, Université Médéa Année 2010/2011

[20]-solidworks.fr Profil de la société Perdue Université Perdue Research and Education Centre for Information Systems en génie 1997.

[**21]-** tutorial solidworks 2012

[22-] MR AHMED BENHAMOUDA « étude du comportement des fissures dans les tubes sous pression interne» mémoire de Magistère, université de Batna 2009/2010

هذا العمل يهتم بتصميم وانجاز علبة التحكم لآلة CNC انطلاقا من تصميم نموذج أولي باستخدام برنامج SOLIDWORKS ودالك بالتطرق الي المراحل التي تمر عليها الصفيحة المعدنية لانجاز مربع التحكم (القص – الثقب – الطي)

اخبرا قمنا بإجراء اختبار لعملية طي الصفيحة المعدنية عن طريق برنامج ANSYS التي تم التوصل الي نتائج مقبولة .

الكلمات المفتاحية - علبة التحكم - الصفيحة المعدنية -الطي - التصميم عن طريق الحاسوب

Résumé :

Ce travail porte sur la conception et l'exécution d'une boîte de commande de la machine CNC. Pour la conception du premier modèle on a utilisé le LOGICIEL SOLIDWORKS et aborder les étapes par lesquelles la plaque métallique pourl'achèvement de la boîte de commande (cisaillement - poinçonnage - Pliage).

Ensuite, nous avons procédé à un essai du processus de pliage de la plaque de métal à l'aidedu code ANSYS, qui nous a permis d'avoir des résultatsacceptables.

Mots-clés du : Boîte de commande - pliage -plaque de métal – conception CAO

Abstract:

This work is concerned with the design and delivery of a box to machine CNC control from the design of the first model using SOLIDWORKS program and addressing the stages through which the metal plate for the completion of the control box (shear - hole - Folding).

Finally, we have conducted a test of the process of folding the metal plate through the program ANSYS, which was reached acceptable results.

Keywords: - control box - the metal plate - - Design by Computer

Introduction générale

La transformation des tôles mécaniques en produits finis a une importance considérable dans de nombreuses industries telles que la construction mécanique, l'automobile ou l'aéronautique…..etc.

Le déchirement prématuré de la tôle lors de la mise en forme (emboutissage, pliage) est l'un des grands problèmes posés actuellement au niveau de l'industrie mécanique. Les scientifiques et les industriels cherchent donc toujours les meilleures conditions pour lesquelles l'aptitude à la déformation peut aller à son maximum afin de minimiser les rebuts.

Ce travail porte sur la conception et l'exécution d'une boîte de commande d'une machine CNC. Pour la conception du premier modèle, on utilise le LOGICIEL SOLIDWORKS. On aborde aussi les étapes par lesquelles la plaque métallique passe jusqu'à l'achèvement total de la boîte de commande (cisaillement - poinçonnage - Pliage).

Pour ce faire, ce travail est organisé en Cinque chapitres :

Chapitre I : présente de manière détaillée le procédé de mise en forme d'une Tôle. Certaines hypothèses expliquant la meilleure formabilité de ce procédé sont également reportées dans ce chapitre.

Chapitre II : présente la méthode de fabrication : cisaillage, poinçonnage et pliage

Chapitre III : traite le calcul de la longueur développée d'un pièce pliée en utilisant trois méthodes : facteur ket la zone de pliage et perte aux plis

Chapitre IV : on présente les étapes nécessaires pour la conception d'une boite de commande en utilisant le logiciel solidworks

Chapitre V:des résultats de simulations numériques par éléments finis de la mise en forme de tôle est présenté dans ce chapitre. Les résultats des simulations numériques sont étudiés.

I.1. PLIAGE

I.1.1. Principe :

Opération de mise en forme par déformation plastique d'un flan suivant une ou plusieurs Lignes droites. La pièce obtenue est développable.

Plusieurs techniques :

- Flexion d'une extrémité l'autre étant encastrée.

  Sur plieuse universelle.

- Flexion 3 points un par poinçon deux par matrice.

  Sur presse plieuse.

- Flexion 4 points pliage en U, en Z,….

  Outillage spécifique

  Sur presse verticale ou horizontale.

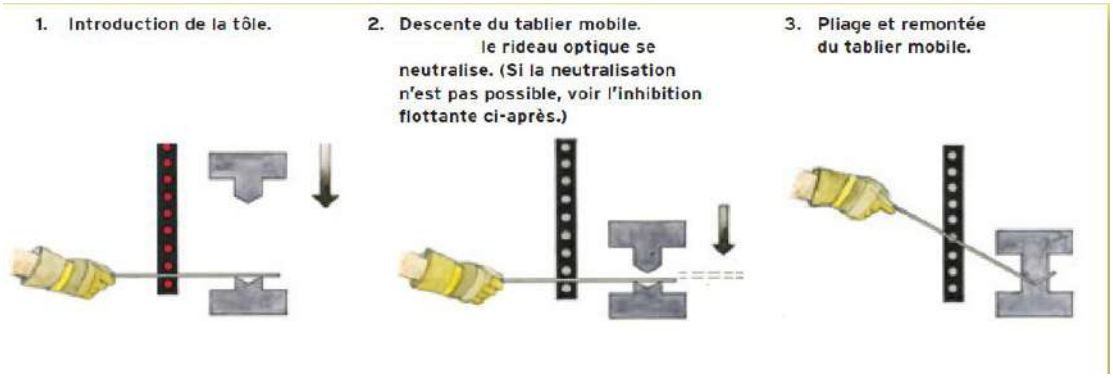


Figure. I.1. Mode de pliage[1]

Il y a deux types de pliage, en "V" et en "U";le plus utilisé est le pliage en "V'' et ce dernier est également subdivisé en:

- Pliage à coin.
- Pliage à l'air.

I.1.2. Définition

Le pliage est un procédé d'obtention des pièces par déformation plastique à partir de Tôles plates.

La forme à obtenir est une forme développable. C'est à dire en ≪ dépliant ≫ la pièce, on peut obtenir, ou presque, la forme initiale du flan. Ceci étant possible en négligeant les allongements dus aux rayons de pliage **[2].**

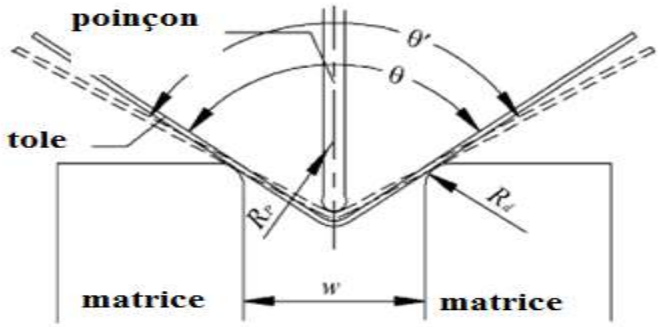


Figure .I.2.pliage en V [3]

I.1.3. Les caractéristiques d'un pli

I.1.3.1. Rayon minimal de pliage

Lors du pliage d'une tôle, dans le pli, se produit une déformation plastique. Cette Déformation est de type allongement de la partie extérieure et compression de la partie Intérieure **[4]**

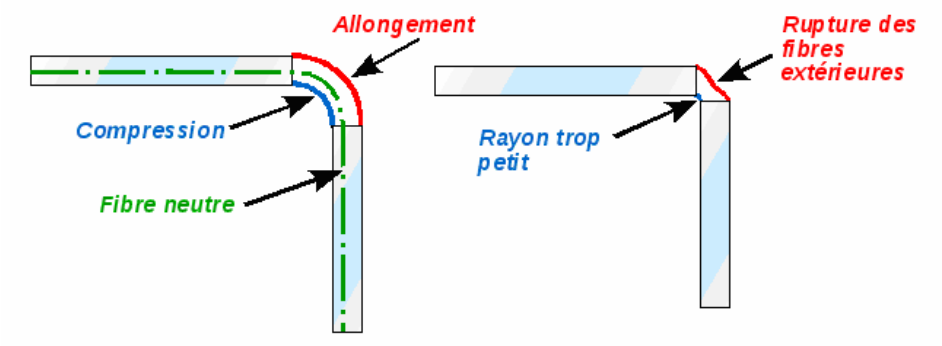


Figure .I.3.*Opération de pliage d'une tôle.*

Cette déformation doit assurer la non rupture du matériau dans cette zone. Plus le Rayon de pliage est grand, plus la déformation plastique est minimale. La fibre neutre est une fibre qui ne subit pas de déformation **[5].**

I.1.4. Déformation plastique

Le matériau est sollicité à l'extérieur en traction et en compression à l'intérieur, la surface qui délimite ces deux zones est la fibre neutre.

La déformation en traction étant plus" facile " que la déformation en compression. La fibre neutre se déplace vers l'intérieur du pli quand le rayon diminue **[6]** :

$d=e/2$ si $R/e >=3$

avec R :rayon de courbure du pliage

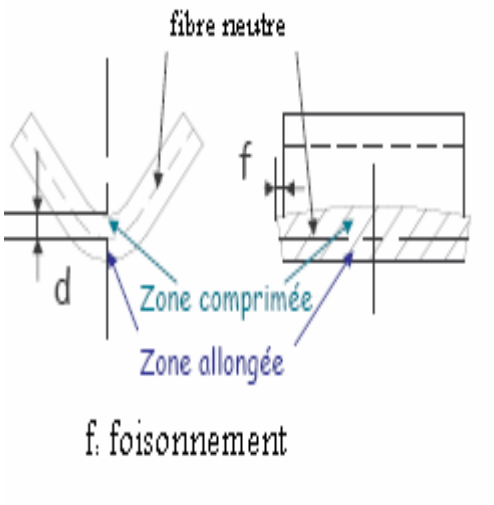


Figure I.4. Pliage des tôles métalliques **[6].**

Dans le pli, on constate :

- une réduction d'épaisseur d'autant plus que R< e
- un élargissement au niveau du pli.
- Le foisonnement.

Pour éviter la fissuration au niveau du pli, il faut vérifier que l'allongement de la fibre extérieure ne dépasse pas l'allongement de la rupture des matériaux.

On effectue le rapport entre la longueur de la fibre neutre et la longueur de la fibre extérieur **[6].**

Si R/e ≥3. $$A\% = \frac{(R+e)\alpha - (R+\frac{e}{2})\alpha}{\left(R+\frac{e}{2}\right)2} .100 \quad (I.1)$$

- si $A'\%$ est trop important par rapport à $A\%$ matériau.il ya criques et gerçures.



Figure .I.5. Formation des fissures lors de pliage **[7].**

I.1.5. Le retour élastique

Lors du pliage d'une pièce à un angle imposé par l'outillage (angle du vé sur presse plieuse), il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon **[8].**

L'angle final (α f) obtenu diffère de celui imposé par l'outillage (α i) de la valeur

Correspondant à ce retour élastique. Plus la limite élastique de l'alliage est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend aussi du rayon de pliage et de l'épaisseur, mais il est souvent plus simple et plus fiable de faire quelques essais et corriger l'angle de pliage en fonction des résultats obtenus à partir de quelques échantillons.

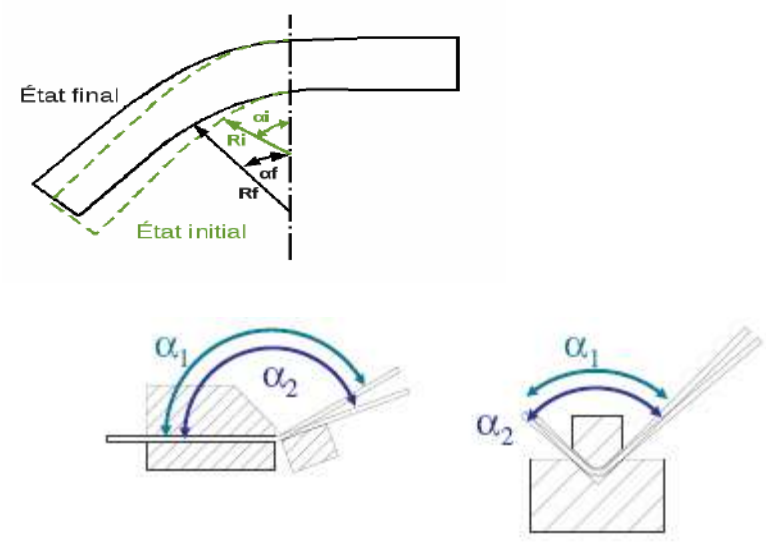


Figure I.6.*Retour élastique d'une tôle pliée.*

Angle de retour élastique :

$$\Delta\alpha = \alpha 2 - \alpha 1 \text{(I.2)}$$

Considérablement diminue lors du pliage en frappe.

Il existe trois façons de l'estimer pour le pliage en l'air :

- Par des essais préliminaires
- Par un abaque fonction de *R/e*

R: rayon de pliage (intérieur).

e: épaisseur de la tôle .

$$K=\alpha 1/\alpha 2 \qquad \text{(I.3)}$$

Retour élastique des tôles pliées en V les alliages en aluminium et l'acier inoxydable

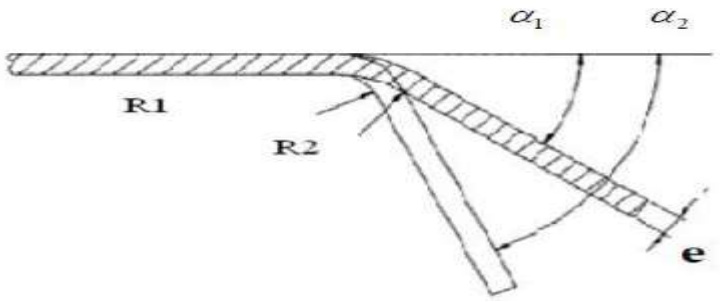


Figure I.7. Paramètres de retour élastique **[1].**

- Par calcul en considérant les notations suivantes :

$\alpha 1$: Angle de la pièce après pliage.

α2: Angle d'outil.

R1 : Rayon du pli (intérieur), avant retour élastique.

R2 : Rayon du pli (intérieur), pièce finie.

On estime le rayon *R1*de la pièce avent le retour élastique par la formule empirique

$$\mathbf{R1/R2=4.\ (R1.\sigma e.\frac{1}{(E.e)})^3 - 3.\ (R2.\sigma e.1/\ (E.\ e))\ +1.} \quad \textbf{[1]} \quad \text{(I.4)}$$

Avec σe: la limite élastique du matériau.

E: le module d'Young.

e: l'épaisseur de la tôle.

On considère alors que la longueur L de la fibre neutre est constante.

Avant retour élastique : α1 ,R1 .

Après retour élastique : α2 ,R2 .

$$L = (R1+e/2).\alpha 1= (R2+e/2).\alpha 2 \text{ Si } R/e> 3 \quad \text{(I.5)}$$

Pour évaluer le retour élastique :

$$k=\frac{\alpha 1}{\alpha 2} = \left(\frac{2.R1}{e+1}\right).1/(\frac{2.R2}{e+1}) \quad \text{(I.6)}$$

Ces valeurs α1 , α2 , R1 et R2 permettent aussi de dimensionner les outils .

I.1.6. La résolution du problème

On peut utiliser le pliage en frappe :

En fin de course, le poinçon provoque un écrouissage local par un léger encastrement de son extrémité dans la tôle .Le retour élastique est quasiment nul dans ce cas.

Mais ce procédé est réservé aux faibles épaisseurs< 3 mm.

Angle du poinçon = angle de la matrice.

Rayon de pliage = rayon du poinçon

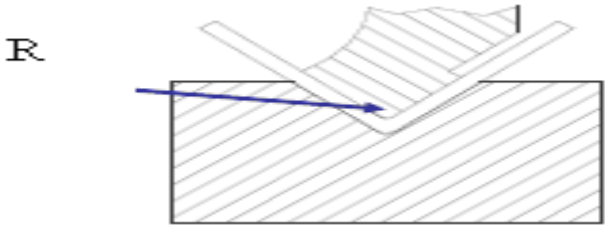


Figure .I.8. Pliage par frappe **[7].**

I.1.7. Critères de plasticité

En tout point d'un solide, il existe une contrainte équivalente σ_{eq}du tenseur des contraintes [σ] et une contraintes limite σ_y vérifiant les propriétés suivantes**[9] :**

Le comportement est élastique linéaire tant que $\sigma_{eq}([\sigma]) < \sigma_y$ On dira de façon équivalente que la plasticité apparaît dès que: $\sigma_{eq}([\sigma]) = \sigma_y$ (I.7)

Il existe beaucoup de critères, valables pour tel ou tel type de matériaux très plastiques, métal recuit, métaux….

Pour les métaux, les deux critères les plus utilisés sont le critère de Von Mises (1913) et celui de Tresca (1864).

I.1.8. Outillage

Les opérations de pliages se font sur des machines appelées presses plieuses. Les types de presses plieuses les plus utilisées sont :

• La plieuse à tablier : cette machine convient mieux dans un petit atelier de tôlerie.

• Les presses plieuses : sont des machines très puissantes que l'on utilise pour les pliages de métaux en feuilles de toutes épaisseurs



Figure .I.9. Presse plieuse de pliage.

I.2.Emboutissage

I.2.1.Principe

L'emboutissage est un procédé de mise en forme très utilisé dans l'industrie, permettant d'obtenir des pièces de surface non développable à partir de feuilles de tôle mince, montées sur presse. La tôle appelée « flan », est la matière brute qui n'a pas encore été emboutie. L'opération peut être réalisée avec ou sans serre flan pour maintenir le flan contre la matrice pendant que le poinçon déforme la feuille. **[10].**

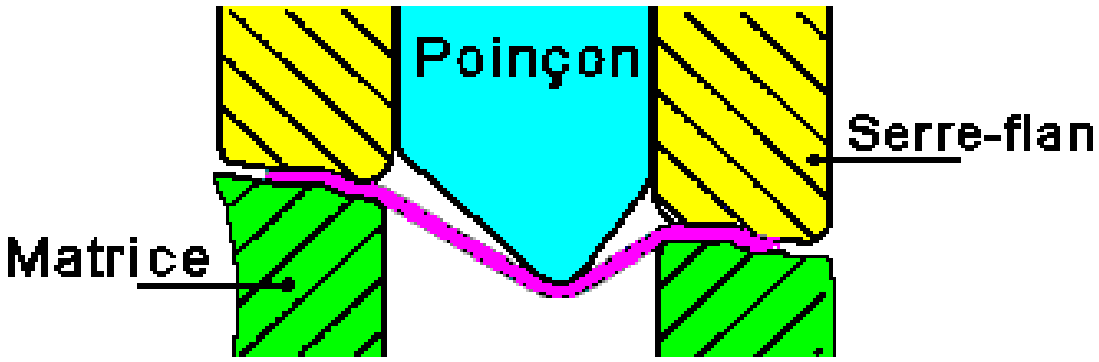


Figure I.10. Principe de l'emboutissage.

I.2.2. L'emboutissage à froid et à chaud

I.2.2.1. L'emboutissage à chaud

Principalement utilisé sur presses hydrauliques simple ou double effet, le formage de fonds de réservoir en acier est le plus important domaine d'application.

Cette technique facilite la déformation du matériau, permet l'emboutissage de pièces profondes par chauffage du flan (et de la matrice). Les cadences de production de l'emboutissage à chaud sont moins élevées que celles de l'emboutissage à froid du fait de l'inertie de chauffage. De plus les pièces finies sont de moins bonne qualité, que ce soit au niveau de l'état de surface ou du dimensionnement.

I.2.2.2. L'emboutissage à froid

Cette technique consiste à former une pièce à température ambiante. Elle est principalement utilisée sur un outillage avec serre-flan mais peut aussi l'être sur un

outillage sans serre flan dans le cas où les emboutis sont peu profonds ou s'ils nécessitent peu d'effort de serrage.

Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle, et limite les coûts.

I.2.3.L'opération d'emboutissage typique (double-effet)

- Phase 1 : poinçon et serre-flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice.
- Phase 2 : le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de fluer.
- Phase 3 : le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique en l'appliquant contre le fond de la matrice.
- Phase 4 : le poinçon et le serre-flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée).
- Phase 5 : on procède au « détourage » de la pièce, c'est-à-dire à l'élimination des parties devenues inutiles.(essentiellement les parties saisies par le serre-flan)

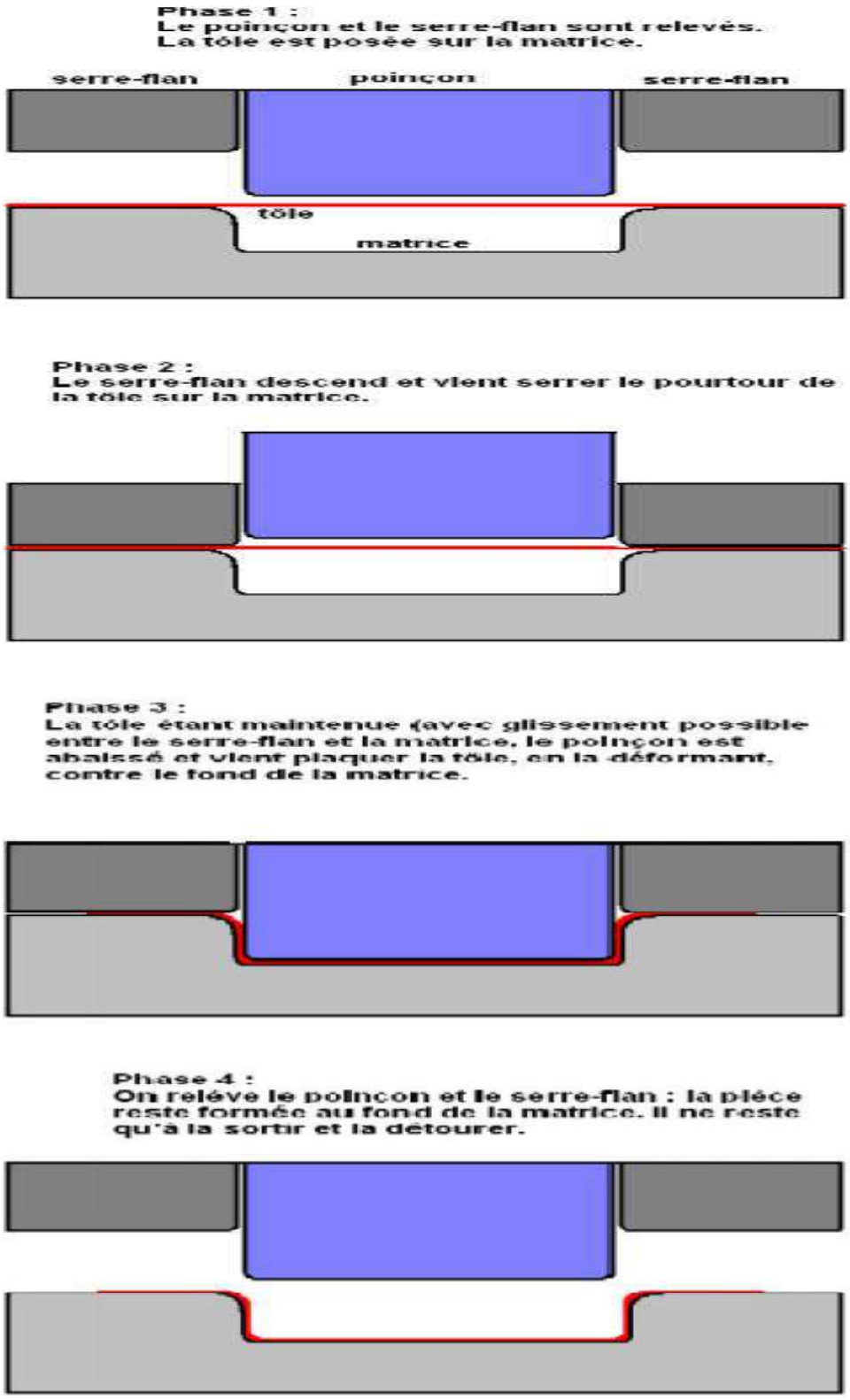


Figure .I.11. Les différentes phases d'emboutissage

I.2.4. OUTILLAGE

L'emboutissage peut comporter une ou plusieurs opérations dans chacune le flan ou pièce de l'opération précédente est préalablement plaquée contre la matrice par le serre flan, avec une certaine force, plus au moins constante puis mise en forme par avancée du poinçon.**[11].**

L'outillage d'emboutissage se compose généralement de trois éléments :

- un poinçon pour appliquer l'effort d'emboutissage et délimitant le contour intérieur de la tôle,

- une matrice délimitant le contour extérieur de la tôle,

- un serre-flan qui, en pressant la tôle métallique contre la matrice contrôle son écoulement lors de la descente du poinçon



Figure .I.12. Presse à emboutir (en gris) les baignoires avec son outillage (en bleu**) [10]**

I.2.5.Les inconvénients de l'emboutissage

- Les zones d'étirement subissent un amincissement (qui doit rester limité pour éviter la rupture) et les zones de rétreint (compression) subissent une combinaison d'épaississement et de plissement.
- Le retour élastique, lorsque le poinçon se retire après la phase de mise en forme, la pièce ainsi formée n'est plus soumise à la force de maintien. Il se produit alors un retrait de la matière. Afin d'atténuer ce phénomène, il est courant de recourir à certains artifices tels que la frappe du rayon, l'étirage en fin de gamme ou le maintien prolongé du poinçon.
- L'entrée de la matrice doit être très arrondie et polie pour éviter toute déchirure du métal et pour optimiser le comportement des zones de retreint.
- Pour obtenir des pièces précises il est nécessaire d'utiliser des logiciels permettant de simuler les retours élastiques de la pièce.
- Le temps de préparation est important.
- la mise au point des outils, poinçon, et matrice est très coûteuse et nécessitant un savoir faire de l'entreprise.

I.2.6.Le retour élastique

Lorsque le poinçon se retire après la phase de mise en forme, la pièce ainsi formée n'est plus soumise à la force de maintien. Il se produit alors un retrait de la matière dû à la déformation élastique du flan primitif et résultant de contraintes résiduelles après formage. On parle alors de retour élastique.

Il se manifeste sur les pièces pliées, sur les pièces cylindriques (diamètre intérieur de la pièce supérieur au diamètre du poinçon) et sur les pièces de grandes dimensions peu déformées.

Ce phénomène est facilement vérifiable à l'aide d'un essai de traction à déformation contrôlée. En effet, si l'essai est arrêté avant la rupture de l'éprouvette, et que la contrainte est suffisante pour dépasser la limite élastique, la longueur de l'éprouvette est supérieure à sa longueur initiale mais inférieure à celle atteinte à al fin de l'essai. L'éprouvette a subi un retour élastique correspondant à la déformation qu'elle a subie avant sa limite.

Afin d'obtenir une pièce de dimensions conformes aux attentes, il est donc important de prendre en considération ce phénomène. Afin d'atténuer ce phénomène, il est courant de recourir à certains artifices tels que la frappe du rayon, l'étirage en fin de gamme ou le maintien prolongé du poinçon. Il faut ajouter que ce phénomène est d'autant plus important que la limite élastique du matériau est elle même élevée (cas des aciers inoxydables par rapport aux aciers doux).

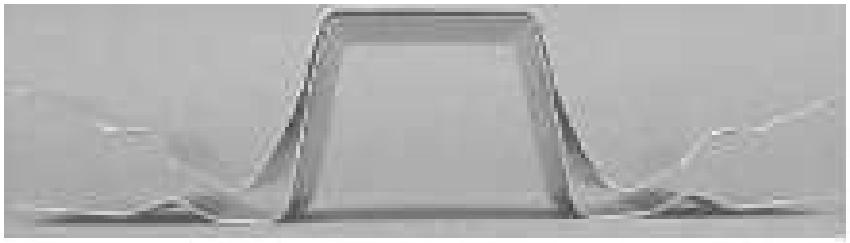


Figure I.13. Retour élastique **[12].**

I.2.7. La courbe limite de formage

La courbe qui forme la frontière inférieure du secteur C est la courbe limite de formage **[13].**

La courbe décrit le niveau de la contrainte jusqu'au laquelle le matériau réel peut résister à la rupture, le fendage ou le ridage. D'après un principe de base l'expérience à assurer que le composant ne cassera pas si le niveau de contrainte ne devrait pas excéder 80% du niveau de la courbe limite de formage **[14].**

Les différents secteurs dans le diagramme de figure(I.14) sont :

A. Des capacités de formage du matériau.

B. Danger de la rupture .

C. Le matériau a fendu.

D. Amincir grave.

E. Risque du retour élastique.

F. Tendance au ridage.

G. Rides entièrement développées.

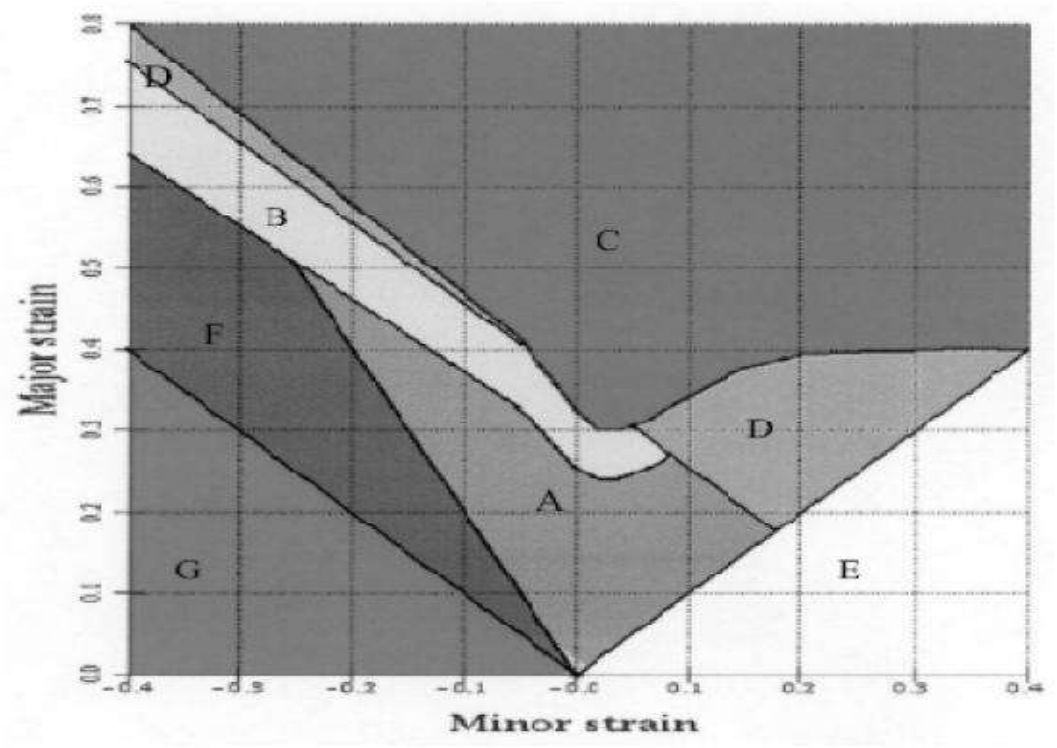


Figure .I.14. Courbe limite de formage pour différents domaines**[15].**

I.2.8.L'utilisation de l'emboutissage

- L'emboutissage est un procédé très largement utilisé dans la ferblanterie, l'industrie automobile pour les éléments de carrosserie mais aussi dans le domaine des appareils électroménagers du sanitaire et de l'emballage : lavabos métalliques, bacs de couches, boîtes de boisson, conserves,…
- Pour les emboutissages peu profonds, les moules sont alimentés par du feuillard en ruban alors que les moules en bloc sont alimentés par des disques ou des découpes de formes différentes.

II.1.Cisaillage

II.1.1.Définition

Séparation partielle ou totale d'un élément a' l'aide de deux lames **[16]**

II.1.2.Le but du cisaillage

Le but du cisaillage est la division ou la coupe à dimension de matières pour un usinage ultérieur. Face à d'autres pratiques, le cisaillage présente des avantages suivants :

- l'économie de temps et de matière
- du fait que les bords coupés n'ont en général pas besoin d'être retouchés.

II.1.3.Principes du cisaillage

L'expression "cisaillage avec lames obliques" provient de la façon avec laquelle les tranchants des lames se rencontrent progressivement, exactement comme les lames d'une paire de ciseaux.

L'angle formé par les deux lames est appelé : angle de coupe. La distance à laquelle se situent les deux lames est appelée : jeu entre lames **[16]**

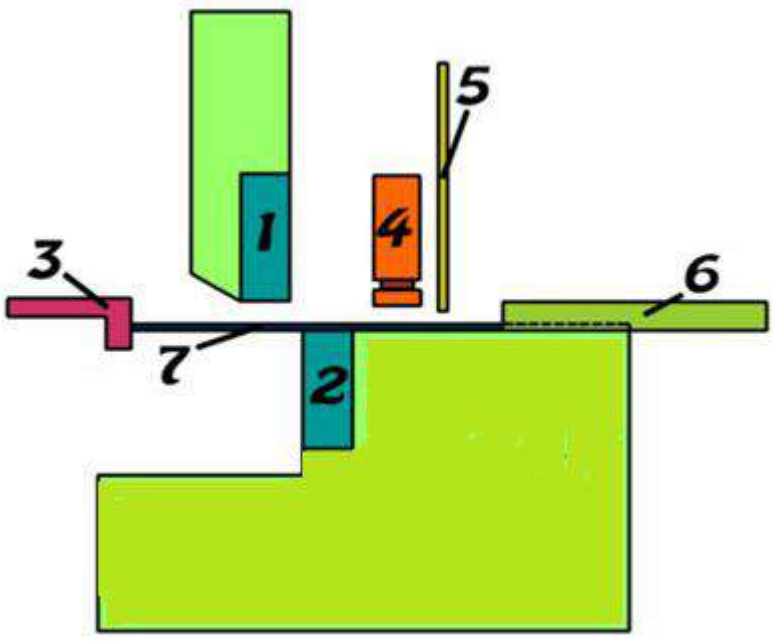


Figure .II.1.principe d'es caillage **[17]**

- **1-** Lame supérieure mobile
- **2-** Lame inférieure fixe
- **3-** Butée arrière réglable
- **4-** Presse-tôle
- **5-** Carter de protection
- **6-** Butée latérale
- **7-** Tôle à cisailler

L'application d'un cisaillement sur la pièce suivante :

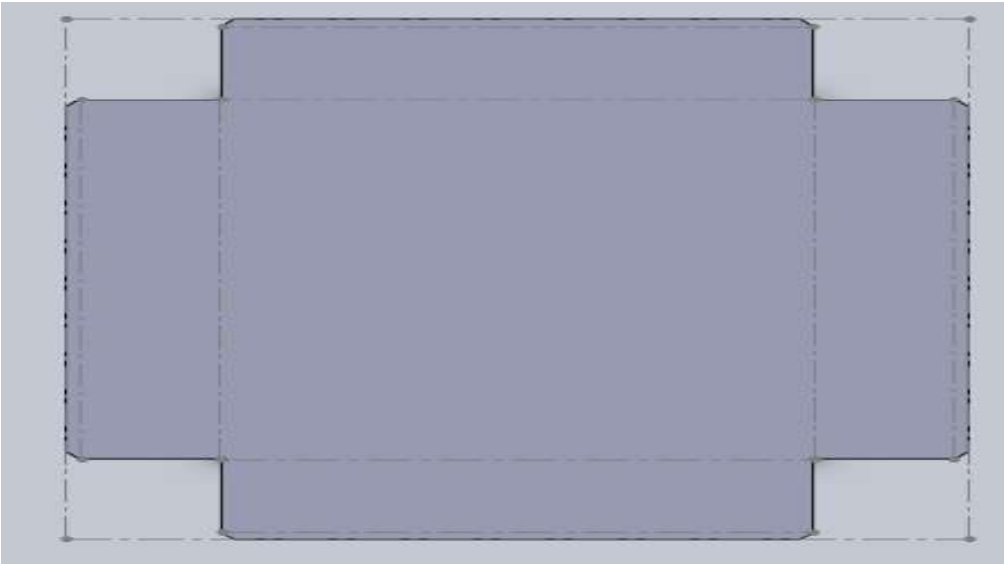


Figure .II.2.pièces de tôlerie

- La première phase consiste en un allongement de la matière sous l'action de la lame supérieure, la tôle se déforme mais ne cède pas.
- La lame supérieure continue son effort et les fibres s'étendent jusqu"à se rompre. Sous cet effort considérable, la zone cisaillée voit son état passer de l'état élastique à l'état plastique.
- Les fibres rompues, l'effort continu quelques instants pour lutter contre le frottement entre les parties détachées de la matière et pour éjecter la partie cisaillée.

II.1.4.Déformation jusqu'à la zone de rupture

Lorsque la lame pénètre la tôle, celle-ci est déformée plastiquement dans la zone de coupe jusqu'à la limite de résistance au cisaillement (Cf. schéma ci-dessous).

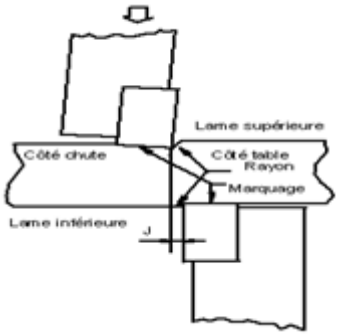


Figure .II.3.déformation de rupture

Cette phase nécessite la connaissance de l'effort de cisaillage qui varie en fonction :

- de l'épaisseur de la tôle e
- des caractéristiques de la tôle
- notamment de sa résistance au cisaillement RC
- généralement 0.8 fois la résistance à la rupture du matériau

Toutefois de manière à conserver une marge de sécurité les calculs sont déterminés par rapport à la résistance à la rupture, et de l'angle de coupe α. L'effort de coupe F est donné par la relation suivante :

$$F=\frac{e^2 Rc}{2\tan g\alpha} \qquad \text{(II.1)}$$

On s'aperçoit que la force évolue inversement proportionnellement à la tangente

II.1.5.Amorce de rupture

Des fissures ou fractures apparaissent dans la zone de sollicitation maximale. Elles précèdent les arêtes de coupe et effectuent la séparation de la tôle selon deux amorces Toute fois il convient de régler la machine de telle sorte à avoir un jeu entre lames idéal en effet : l'angle de coupe, et par conséquent inversement proportionnellement à la puissance machine. En règle générale l'angle de coupe varie entre 0 et 3°.

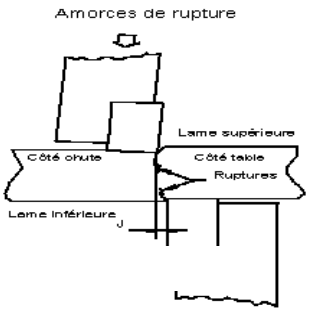


Figure .II.4. Amorce

II.1.6.Type de cisaillage

II.1.6.1-Cisaillage avec lames parallèles

Les coupes obtenues sont généralement exemple de défaut mais nécessitent

Un effort de coupe très important **[16]**

II.1.6.1.1.Calcul de l'effort de cisaillage à lames parallèles

L'effort de cisaillage est exercé simultanément sur toute la longueur L de la lame (en générale rectiligne) il sera de ce fait élève

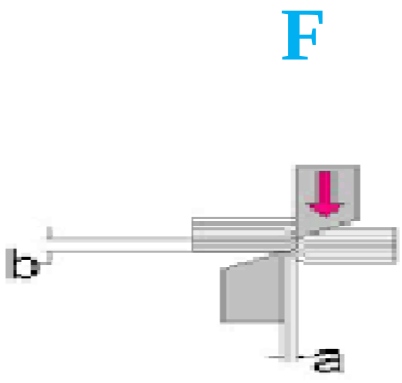


Figure .II.5. L'effort de cisaillage

$$F=s*Rc=L*e*Rc \qquad \text{(II.2)}$$

- e : la épaisseur
- L : longueur de la tôle
- Rc : la résistante au cisaillement qui vaut sensiblement

Rc=0.8*δr (II.3)

F=s*Rc=L*e*Rc

F=1000*0.8*272=217.6N/m

II.1.6.2-Cisaillage avec lames obliques

Les déformations des flans cisaillés sont fonction du compromis au niveau du réglage de l'angle et du jeu entre lames et de la profondeur de coupe. Les cisailles utilisant cette méthode sont appelées cisaillage guillotines

II- 2-POINÇONNAGE

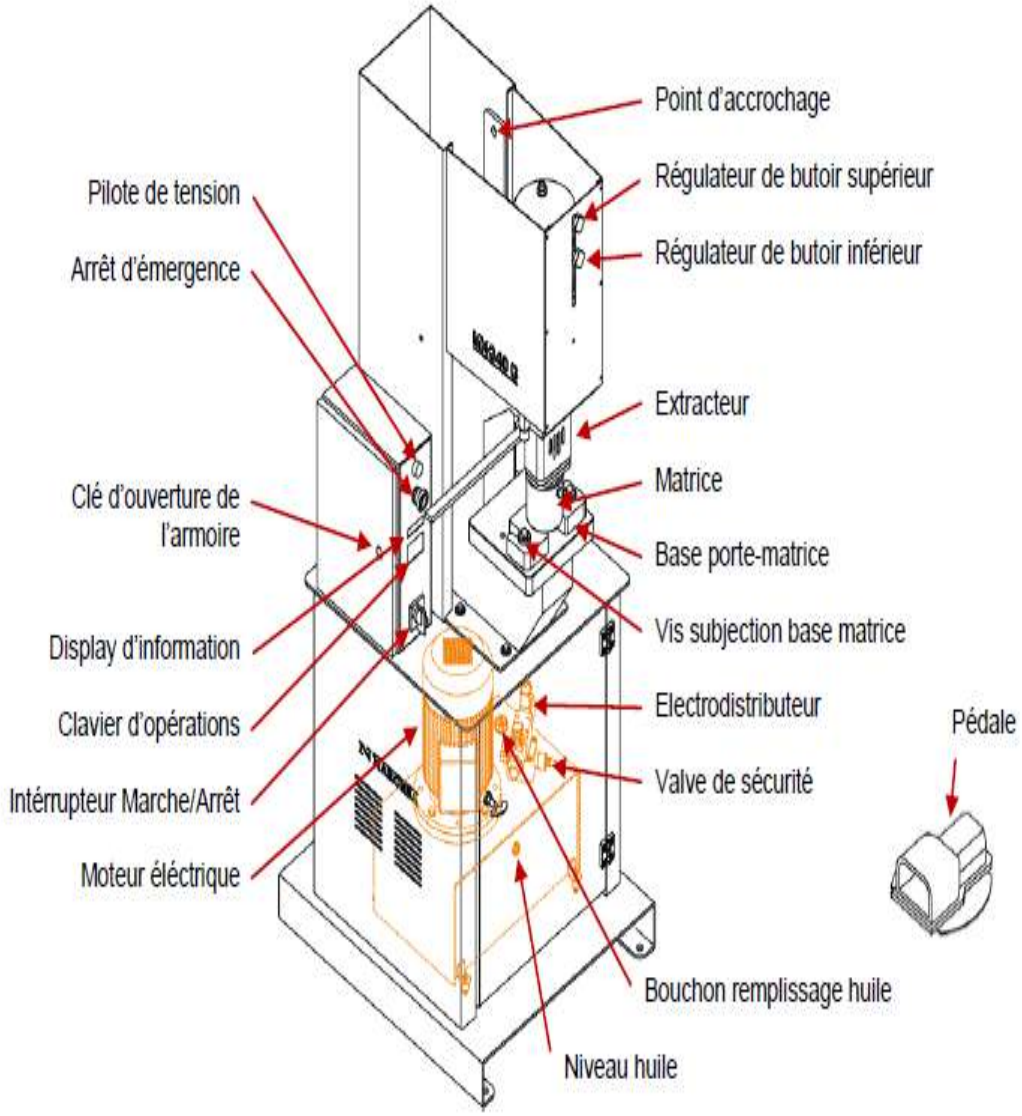


Figure II.6. Machine poinçonneuse

II-2-1.Définition

Le poinçonnage est, selon le corps de métier une marque ou poinçon lassés sur un objet ou une perforation occasionnée par une poinçonneuse

II.2.2. Principe

On considère que le poinçonnage est un cisaillage de forme fermée, c'est un glissement de métal dans un plan transversal entre deux barres, sans que celles-ci se déforment et ne cessent d'être parallèle. Le débouchage du trou est exécuté à l'aide d'un poinçon et d'une matrice, deux outils comparables aux lames de cisaille Il existe trois modes possibles de poinçonnage :

- le poinçonnage classique **[18]:** enlèvement de matière par simple réalisation de trous.
- le grignotage qui consiste à découper un pourtour intérieur ou extérieur par de multiples coups de poinçon.
- le découpage à la presse : découpe de flans à l'aide d'un outillage spécifique.

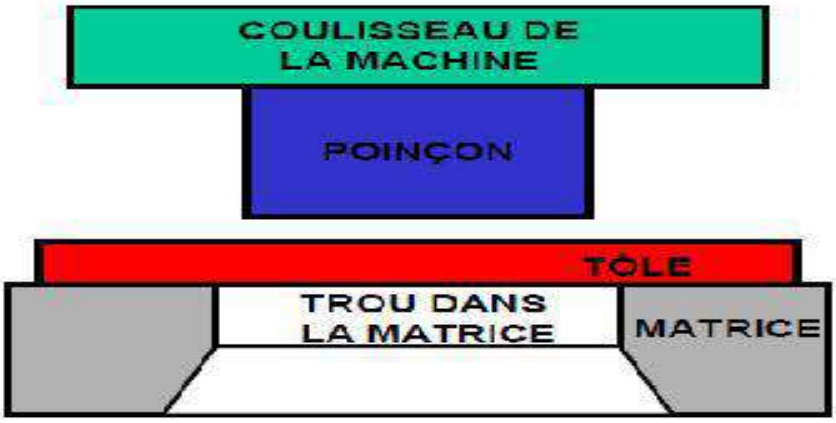


Figure .II.7. Le principe de poinçonnage

L'application de poinçonnage d'une pièce de tôlerie suivante :

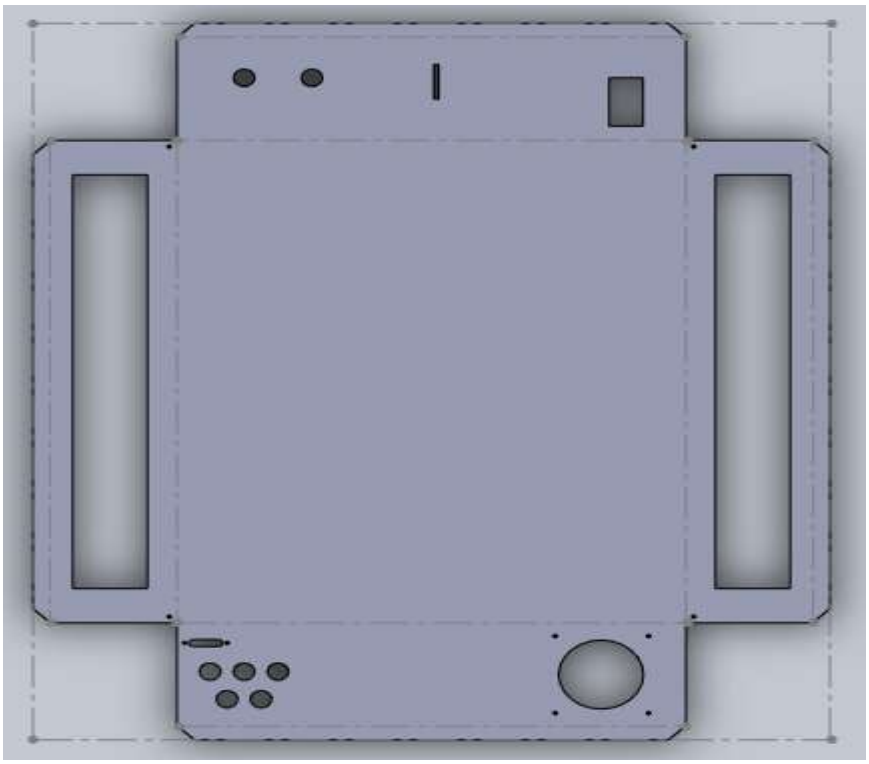


Figure .II.8. Pièce tôlerie perforé

II.2.3. Caractéristiques du poinçon

Un outil de poinçonnage est caractérise par :

- mobile ou fixe.
- résister à la compression.
- résister au flambage.
- si le poinçon circulaire : $d \geq 1.6*e$
- d: le diamètre du poinçon.
- e : l'épaisseur de la tôle.

II.2.4.Effort de poinçonnage et section minimale du poinçon[19]

L'effort de poinçonnage dépend de l'épaisseur, du périmètre de la section du trou, de la résistance du métal et des frottements qui sont généralement négligés. Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils. Par conséquent, La force à appliquer est:

$$F = L * e * Rm \qquad \text{(II.3)}$$

- L : est le périmètre découpé.
- e : est l'épaisseur.
- Rm : la résistance à la rupture par traction du matériau**.**

F=1000×0.8×340

F =272 N/m

II.2.5.Calcul de la force nécessaire pour poinçonner tout type de matière

$$F=\frac{D(mm)\times 3.14\times E(mm)\times Rr(kg/mm2)}{1000\,kg}$$

$$=\frac{25\times 3.14\times 0.87\times 340}{1000}$$

$$\mathbf{F=\ 23.22m/kg}$$

II.3.PLIAGE

II.3.1.DEFINITION

Dans ce procédé de fabrication on utilise une plieuse. C'est une machine de façonnage utilisée en imprimerie et permettant de réaliser différentes plieuse **[16]**

II.3.2 Principe

On distingue deux types de presse plieuse hydraulique : celle à tablier supérieur mobile et celle à tablier inférieur mobile.

Les illustrations ci-dessus schématisent les principales composantes d'une presse plieuse hydraulique à tablier supérieur mobile, sans détailler les moyens de protection puisque ces derniers seront abordés plus loin.

Le lexique et les explications proposés établissent le vocabulaire pour le reste du document

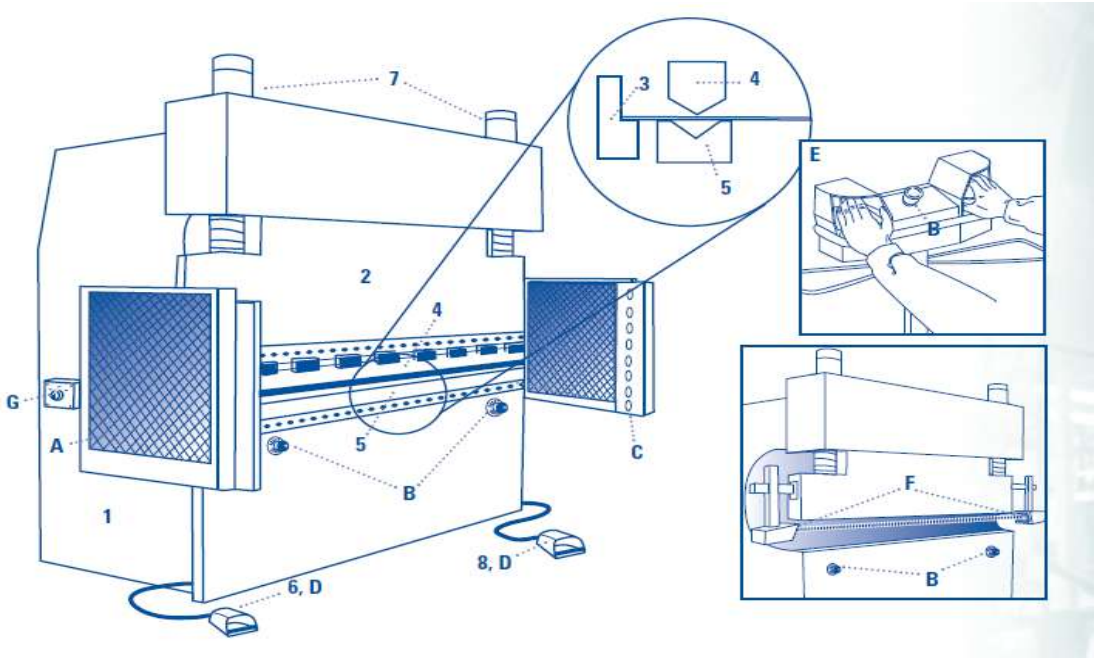


Figure .II.9. Presse plieuse hydraulique

Éléments de la presse plieuse hydraulique
1- Bâti. 2- Tablier. 3- Butée. 4- Matrice supérieure (poinçon). 5- Matrice inférieure.
6- Pédale de commande. 7- Vérins hydrauliques. 8- Pédale de commande.
Dispositifs de sécurité
A- Garde protecteur latéral. B- Bouton d'arrêt d'urgence. C- Rideau optique.
D- Protecteur sur le dessus et les côtés de la pédale. E- Commande biannuelle.
F- Dispositif de sécurité à faisceau laser. G- Sélecteur à clé pour activer la 2^{e} pédale.

Pliage sur le processus de la pièce tôlerie suivante :

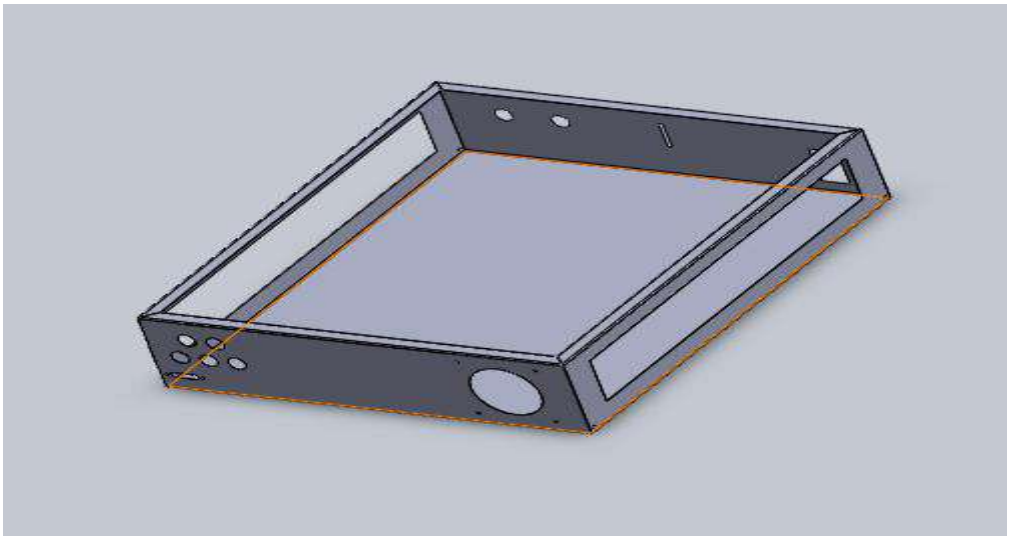


Figure II.10.Pièce tôlerie prêt

II.3.3. Calcul de la force de pliage nécessaire

Selon que l'on plie une longue tôle, une tôle épaisse ou qu'on utilise un petit vé, la presse plieuse a besoin de plus ou moins de force pour plier .

Il serait peut-être pratique de toujours laisser la pression à son maximum mais c'est exclu pour plusieurs raisons :

- Une trop grosse pression sur un petit outil le ferait éclater et pourrait causer des blessures à l'opérateur.
- La machine, toujours utilisé au maximum de ses capacités subirait une usure prématurée.
- En conséquence, le calcul et le réglage de la force de pliage est obligatoire.

Données :

- Epaisseur Ep =0.8 mm
- Longueur à plier L=1000 mm
- Vé de = 8mm

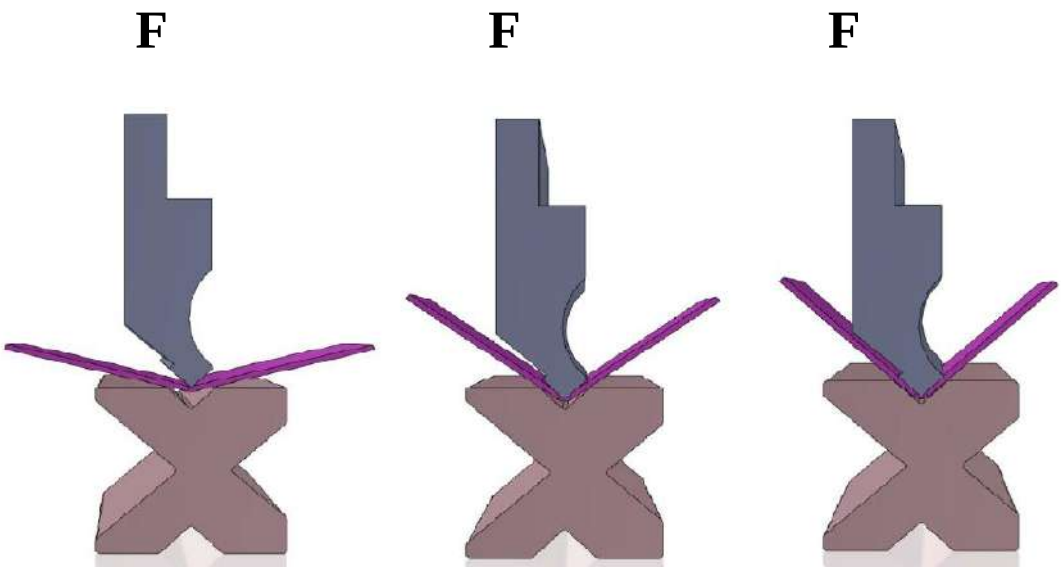


Figure .II.11. Pliage sur une presse-plieuse

La force de pliage nécessaire est donnée par l'abaque de pliage en l'air Il faut s'intéresser à la valeur inscrite au croisement de la ligne et de la colonne.

Dans notre exemple, c'est la case noire notée 5 t/mm

II.3.4. Tableaux de la force

Tableaux .II.1.Force nécessaire au pliage en l'air des tôles R=340MPA



E	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	V
	4	5,5	7	8,5	11	14	17,5	22	28	35	b
	1	1,3	1,6	2	2,6	3,3	4	5	6,5	8	Ri
0,8	7	5	4								
1	11	8	7	6							
1,2	16	12	10	8	6						
1,5		17	15	13	9	8					
2			27	22	17	13	11				
3				35	26	21	17	13			
4					54	42	34	27	21		
5						67	52	42	33	26	
6							75	60	48	38	
8								107	85	68	
10									134	105	
									F (T/m)		

Le choix du Vé est déterminant. En général on utilise :

Vé = 6 à 8 x ép.

- Il s'agit de la force en Tonne à régler sur la machine pour plier 1 m (1000 mm) de tôle.

Si nous voulons plier que1000 mm, il faut faire un calcul :

5 T ⇹ 1000 mm

F ⇹ 1000mm

⟹ (1000*5)/1000=5 T

On a besoin de 5T pour plier, le tablier de la machine pèse environ 1 Tonne qu'il va falloir lever aussi pour plier.

Récapitulons :

5 T DL FORCE DEPLIAGE + 1T DU TABLIERE = 6 T

Pour régler la machine on va arrondir à : 6 Tonnes

II.3.5. Choix de l'outillage

Données nécessaires :

- Pièce pliée uniquement à 90°
- Tôle fine 0.8 mm
- Longueur de pliage 1000 mm

On utilise l'abaque de pliage en utilisant la même table.

II.3.5.1. Utilisation

Dans la colonne orange, on cherche l'épaisseur de la tôle à plier – 0.8 mm – on suit la ligne jusqu'au carré noir qui représente la valeur recommandée.

A partir du carré noir, on remonte tout droit et va lire la valeur du vé utilisé

L'abaque nous donne la largeur du vé recommandé à utiliser Ve= 8mm



Figure II.12. Largeur du vé

II.3.5.2. Montage des outils

- Choisir les outils à monter
- Vérifier que la force de pliage est au minimum
- Entrer les valeurs X et Y sur la commande numérique et lancer le programme
- Faire monter le tablier en appuyant sur la pédale et actionnez le levier de réglage du point mort bas
- Relâcher la pédale (le tablier redescend un peu)
- Faire glisser le Vé jusqu'au milieu de la machine et serrer les brides avants modérément, sans forcer
- Faire glisser le contre vé à sa position, appuyer sur la pédale, mettre les outils en contact avec la molette de réglage et serrer les brides avec les petits leviers. On peut en profiter pour régler la force de pliage.

Relâcher la pédale en prenant garde que le contre vé ne tombe pas

II.3.5.2.1.Choix du contre-vé

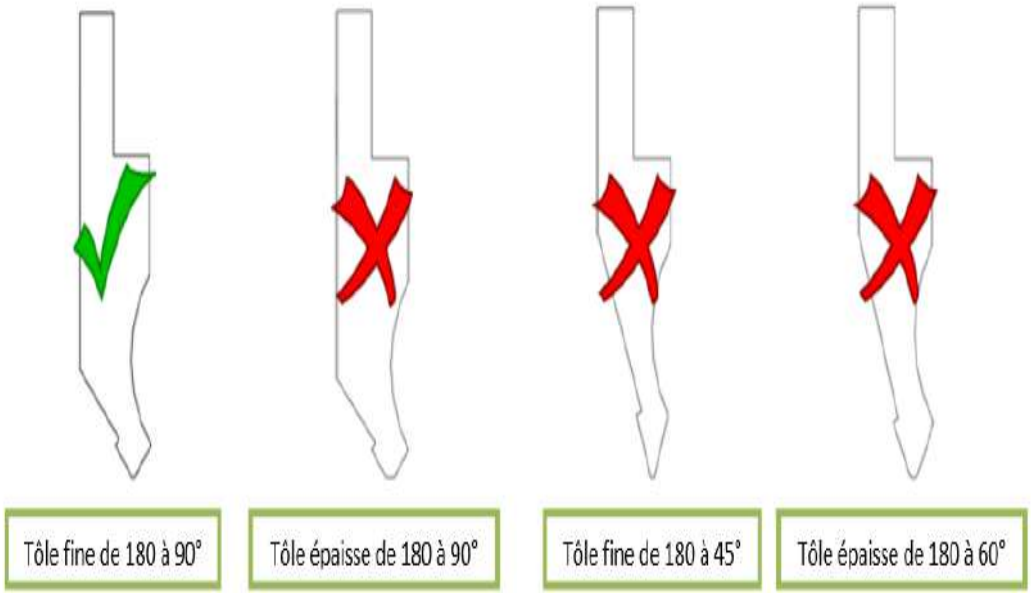
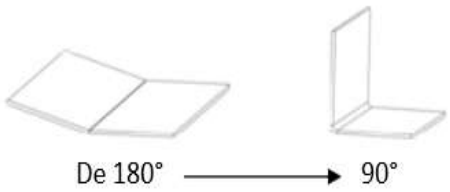


Figure .II.13. Type Ve

- Nous allons plier une tôle fine de 0.8 mm à 90°.
- Nous choisissons un CV à



- 88° avec lequel on peut plier les tôles de 180° à 90°

II.3.5.3.Choix du type de vé



Figure II.14. Matrice en U Pli de 180 à 45°



Figure .II.15.Règle 4 Vé à 88° Pli de 180 à 90°

Nous allons plier une tôle à 90° La règle 4 vé suffit d'autant qu'il n'y a pas de vé de 8 sur la matrice en U

III.1.Facteur k

III.1.1.Définition

Le facteur k est un facteur allant 0 à 1. Ce facteur définit la position de la fibre neutre de la tôle dans le pli.

Avec :

K=0 la fibre est à' l'intérieure du pli

K=1 la fibre est à l'extérieure

III.1.2.Principe facteur k

On appelle le facteur k, un ratio représentant la position de la fibre neutre par rapport à l'épaisseur de la pièce de tôlerie.

On appelle fibre neutre la fibre dans l'épaisseur qui ne varie pas de longueur après pliage

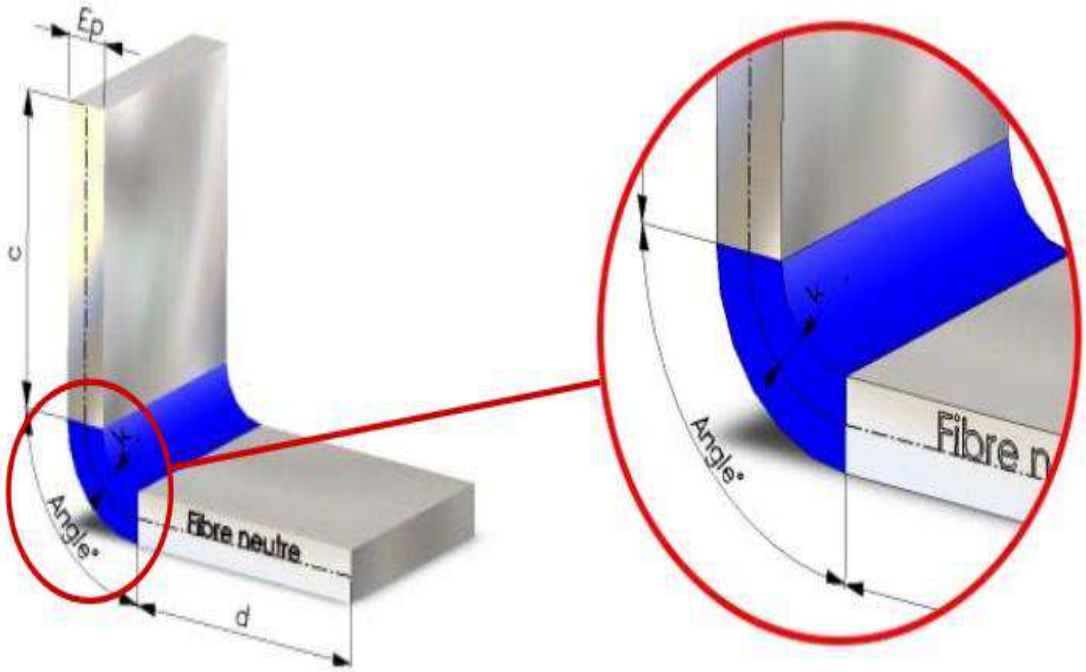


Figure .III.1. Fibre neutre

III.1.3.Calcul du facteur k

K=t/T

T : épaisseur du matériau (III.1)

=0.4/0.8=0.5

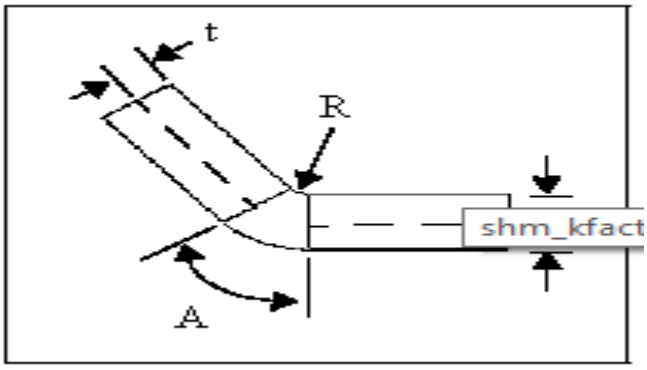


Figure .III.2.principe facteur k

0 < K <1 correspond à un % de t, sa valeur dépend du rapport **ri/t** elle est appréciée par le tableau Suivant :

Tableaux.III.1. valeur dépend ri/t

r/t	≈1	≈2	≈3
K	1/3	2/5	1/2

III.1.4.Calcul de la zone de pliage BA

$$BA = \pi \times (ri + K .t) \times \alpha/180 \quad \text{(III.2)}$$

- BA = zone de pliage
- ri = rayon de pliage intérieur
- k = facteur-k représentant le rapport t / T
- T = épaisseur du matériau

- t = distance entre la face intérieure

α = angle de pliage en degrés

BA=3.14(1.3+0.5×0.8)90/180 =2.669 mm

Sur SolidWorks :

-Il existe plusieurs méthodes pour travailler en facteur k dans SolidWorks

- on choisit une valeur générale pour la fonction tôlerie



Figure .III.3. Fonction de tôlerie (zone de pliage)

III.1.5.Calcul de la longueur développée LD

III.1.5.1.la pièce pliée

Pour fabriquer une pièce pliée répondant aux exigences demandées, il faut connaître la longueur de développement d'une tôle.

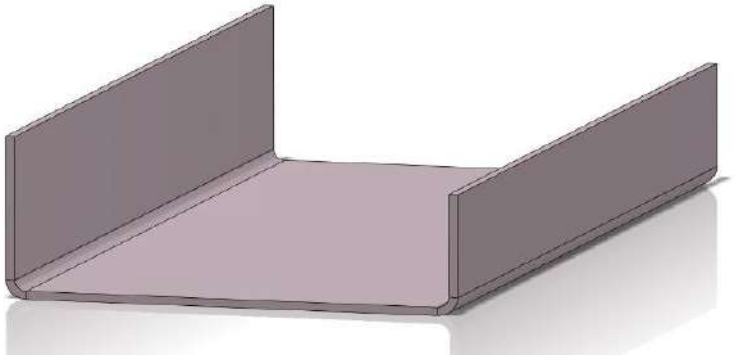


Figure .III.4.pièces tôlerie

III.1.5.2.Rayon de pliage

Le rayon de pliage, désigne le rayon intérieur du pli. Ce rayon est obtenu avec le poinçon que l'on utilise pour plier la tôle. Lors du pliage de la tôle, si on utilise un poinçon pointu, il y aura amincissement, sur la courbe extérieure du pli. Il y aura donc risque de rupture de la pièce

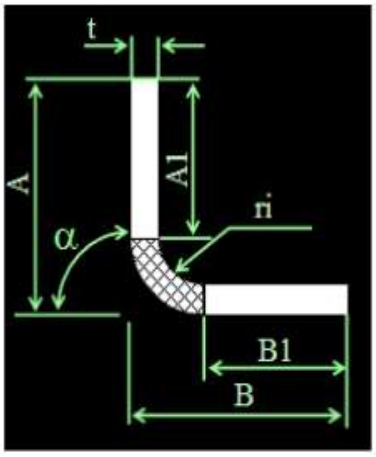


Figure .III.5. Pièce **Pliée**

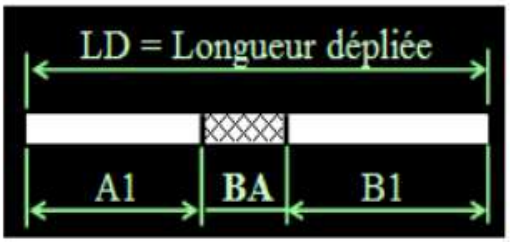


Figure .III.6.Pièce dépliée

La longueur de développée se calcul par

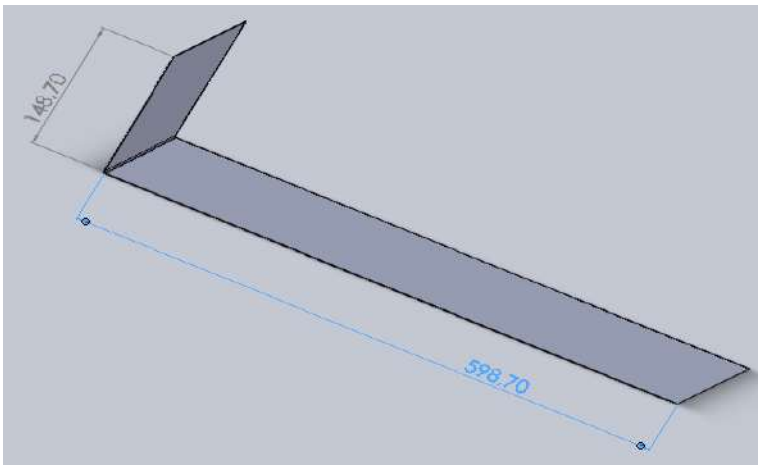


Figure III.7.cotation pièces tôlerie

LD = A1 - BA + B1=148.70-2.6+598.7 (III.3)

LD= 744.8 mm

III.2.La zone de pliage

III.2.1.Définition

La zone de pliage est la longueur de l'arc du pli telle que mesurée le long de l'axe neutre du matériau.

III.2.2. Principe

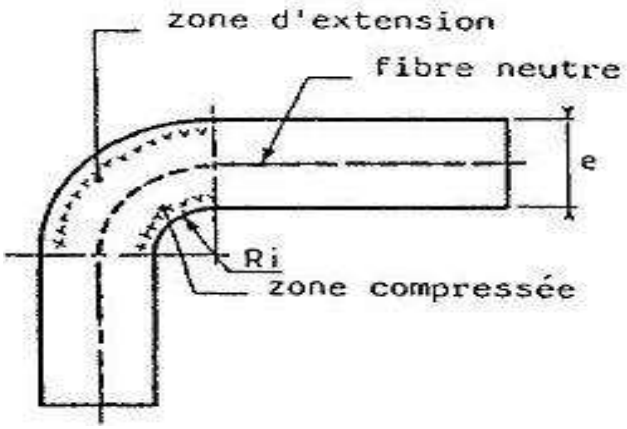


Figure III.8.principe zone de pliage

On appelle Zone de pliage la valeur qui correspond à la longueur développée du pli cette valeur est à ajouter aux parties droite pour obtenir la longueur développée

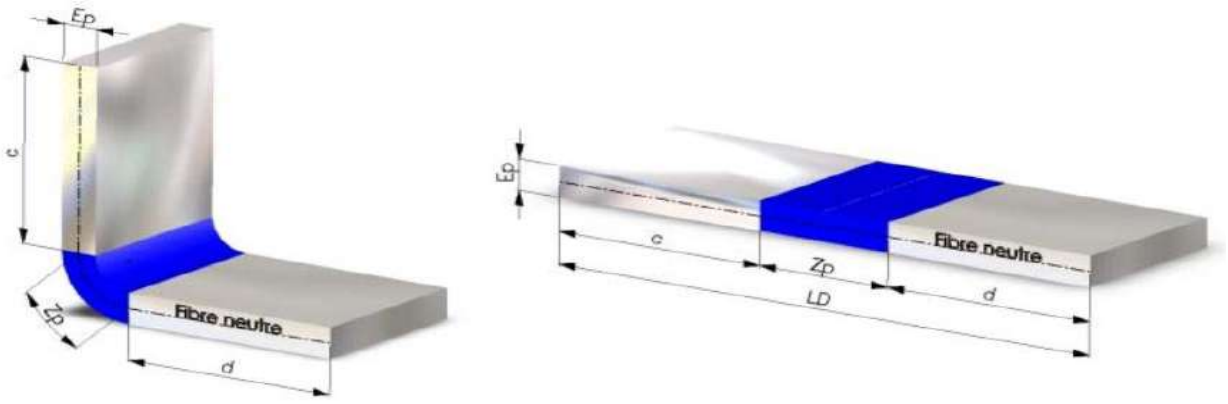


Figure .III.9.la longueur développée du pli

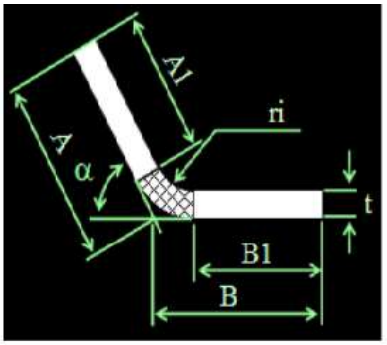


Figure .III.10. Cotation Pièce Pliée

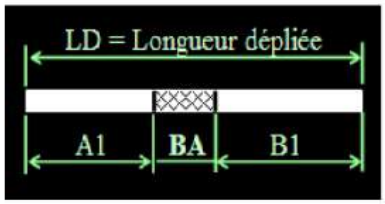


Figure .III.11. Cotation pièce dépliée

III.2.3. longueur développés LD

LD = c + d + Zp (III.4)

LD = A1+z p+B1

Ou

LD= A1+B1– 2((ri + T) ×Tang (α/2)+BA) (III.5)

=148.7+598.7-9.35

=737.88mm

Avec BA = (ri+ k. T) α×pi / 180 (III.6)

=2.667mm

Sur solidWorks :



III.3.perte aux plis

III.3.1.définition

la perte au pli est la différence entre la zone de pliage et deux fois le décalage extérieur.

III.3.2.Principe

On appelle Perte aux plis Pp la méthode qui permet d'obtenir la longueur développée LD à partir des côtes extérieures de la pièce pliée.

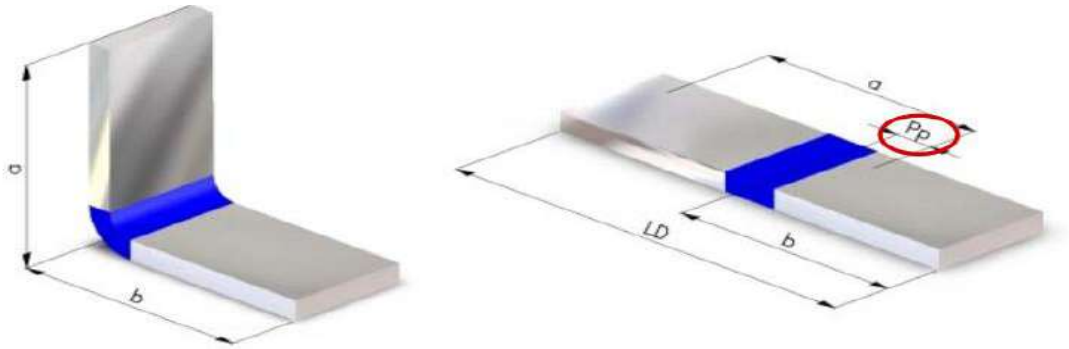


Figure .III.12.longueur développée Perte aux plis

LD = a + b – Pp (III.7)

III.3.3.calculer Δl par la relation

Δl= 2(ri + t). Tang (α/2)- (ri+k.t) α.pi / 180 (III.8)

=2[1.3+0.8]Tang(45)-(1.3+0.5×0.8)90×3.14/180 =1.53mm

Déduite des deux relations

LD = A1+ B1 –Δl et **LD = A1+B1 - 2(ri + t). Tang (α/2) + BA** (III.9)

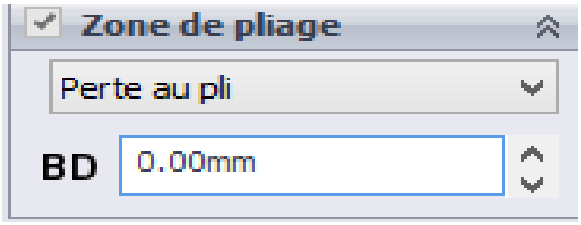
Puisque : BA= (ri+k. T) α.pi / 180=2.669mm

Donc : Δl= 2(ri + T).tg (α/2)- (ri+k .T) α.pi / 180

=2(1.3+0.8)×1-(1.3+0.5×0.8)90×3.14/180= 1.53mm

Sur SolidWorks :

Par une valeur globale entrée directement au moment de la création de la fonction tôlerie (Pour les pièces simples, qui sont composées de plis identiques)



- Par les tables comme définit en fin de document

Cette méthode est la plus couramment utilisée sur des machines Européennes qui sont le plus souvent livrées avec des abaques de calculs suivant cette méthode de perte aux plis

III.3.4.Utilisations de tables

Pour chacune des méthodes *Table de zones* de *pliage perte au pli* ou *Facteur k*

Il existe la possibilité de passer par des tables de valeurs, dans laquelle vous spécifierez la méthode utilisée

Sur solin Works :



A partir de la commande Table de zones de pliage il est possible de créer une table de perte au pli ou Facteur k , ceci est une simple incohérence de nom de commande .

III.3.5. Tables de zones de pliage créées dans Microsoft Excel

Tableau .III.1. Tableaux de zone de pliage

Unité:	Millimètres			#	Unités disponible	Millimètr	Centimè	Mètres	Pouces	Pieds	
Type:	Zone de pliage			#	Types disponible	Zone de pliage		Perte au pli		Facteur-k	
Matériau:	acie garvanisé										
#											
Epaisseur:	0,87										
Angle	Rayon										
	0,40	0,50	0,80	1,30	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	8,00	10,00
90				1,6							

Es nouvelles tables de zones de pliage que vous créez pour SolidWorks sont mémorisées dans une feuille de calcul Excel intégrée au document Vous ajoutez des valeurs de la table de zones de pliage aux cellules de la feuille de calcul, en vous assurant que la table est lue correctement par le logiciel SolidWorks.

Les tables de zones de pliage créées dans Microsoft Excel prennent désormais en charge :

*Tous les types de tables de zones de pliage (perte au pli, zone de pliage et facteur k).

*Plusieurs angles dans un même fichier de table de zones de pliage.

IV.1.Logiciel solidworks

IV.1.1.Introduction

La conception du boit commande a été réalisée par une conception CAO sous le logiciel Solidworks .

Par conséquent, ce chapitre a été introduit par une première partie donnant une vision générale sur le logiciel CAO «solidworks ».

Ensuite, une deuxième partie qui traite la méthode de la conception en 3D de la boite de commande en donnant tous les détails ainsi que les différentes étapes de conception.

VI.1.2.Définition du logiciel Solidworks

L'utilisation du logiciel solidworks a été choisi vu sa capacité de réaliser les différentes formes de notre boite commande ; de plus il nous permet d'enregistrer le dessin sous les différents formats (DXF, STL, STEEP, etc….).

Solidworks est un outil de conception de modélisation volumique paramétrée basée sur des fonctions, associatif.

IV.1.3. Fonctionnement

Solidworks est un modeleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

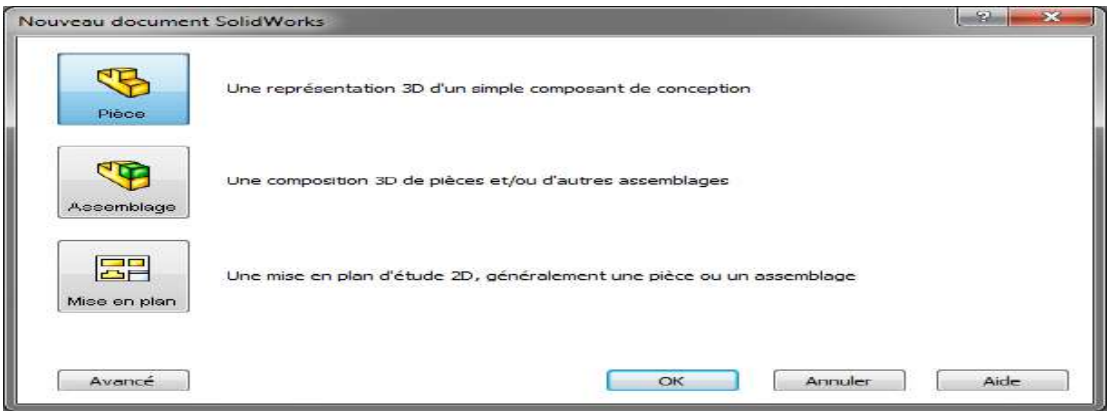


Figure.IV.1. Les trois concepts de base (SOLIDWORKS).

Un dossier complet contenant l'ensemble des fichiers relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur Solidworks. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle. **[20]**

IV.1.3.1.Pièce

La pièce est l'objet 3D monobloc. La modélisation d'une telle entité dépendra de la culture de l'utilisateur. Comme de nombreux logiciels conviviaux, SolidWorks permet d'aboutir à un même résultat apparent par des voies souvent différentes. C'est lors de la retouche de ces fichiers ou de leur exploitation qu'on appréciera la bonne méthode. Une pièce est la réunion d'un ensemble de fonctions volumiques avec des relations d'antériorité, des géométriques, des relations booléennes (ajout retrait)... Cette organisation est rappelée sur l'arbre de construction. Chaque ligne est associée à une fonction qu'on peut renommer à sa guise. **[20]**

IV.3.2. Assemblages

Les assemblages sont obtenus par la juxtaposition de pièces. La mise en position de pièces est définie par un ensemble des contraintes d'assemblage associant, deux entités respectives par une relation géométrique (coïncidence, tangence, coaxialité...). Dans une certaine mesure, ces associations de contraintes s'apparentent aux liaisons mécaniques entre les pièces. Le mécanisme monté, s'il possède encore des mobilités, peut être manipulé virtuellement. On peut alors aisément procéder à des réglages à l'aide des différents outils disponibles

(déplacement composants, détection de collision ou d'interférence, mesure des jeux, etc.) **[20]**

IV.3.2.1. Etapes de l’assemblage

- Ajouter des pièces dans un assemblage
- Déplacer et faire pivoter des composants dans un assemblage
- On peut positionner et orienter les composants à l'aide de contraintes qui créent des relations entre les composants. **[21]**

IV.3.3. Mise en plan

Une fois les pièces ou assemblages créés, il est possible de générer automatiquement les mise en plan (représentation 2D) avec insertion automatique des cotes et liaisons entre les vues 2D et le modèle 3D.

De plus, des fonctions d'habillage (texte, hachure, cotation,…) permettent à l'utilisateur d'annoter rapidement un plan.

Pour faire des mises en plan, il est tout d'abord nécessaire d'avoir des fonds de plan pour y projeter les dessins. Ces fonds de plans on un format (A4, A3,…), une orientation (portrait ou paysage) et contiennent éventuellement un cartouche.

Un certain nombre de fonds de plan de base sont proposés à l'origine, mais il est préférable, avant de commencer, de personnaliser les fonds en plan que l'on utilisera par la suite [20].

IV.3.3.1. Etapes de création d'une mise en plan

- Ouvrir un modèle de mise en plan et éditer un fond de plan
- Insérer des vues standard d'un modèle de pièce
- Ajouter des annotations de modèle et de référence
- Ajouter une autre feuille de mise en plan
- Insérer une vue nommée

IV.4.La fonction tôlerie de SolidWorks

Objectifs :

- expliquer les différentes options de cette fonction
- comprendre le principe du dépliage
- définir des longueurs développées exactes



1/ présentation des différentes commande de la barre d'outils tôlerie :

La barre d'outils tôlerie se présente comme suit

 : Fonction Insérer des plies ; permet de créer une pièce de tôlerie à partir de la pièce existante

 : Fonction déplié ; permet de voir l'état déplié de la pièce tôlerie existante.

 : Fonction pas de plie ; effectue une reprise de tous les plis de la pièce tôlerie.

:Fonction découpe ; c'est un intervalle entre deux arêtes dans une pièce de tôlerie.

 :Fonction tôle de base pliée/patte ; crée une pièce de tôlerie ou ajoute de matériaux à une pièce de tôlerie (patte).

 :Fonction tôle a bord replie ; ajoute de bords replies à une ou plusieurs arêtes d'une pièce de tôlerie.

et  fonction Plier et déplier ; plié et déplié les plies dans une pièce de tôlerie

 :Fonction plie esquisse ; ajoute une plie, à partir d'une esquisse sélectionnée, dans une pièce de tôlerie.

:Fonction tôle pliée sur arête ; ajoute une paroi à l'arête d'une pièce de tôlerie.

 :Fonction coin fermée ; prolonge la face d'une pièce de tôlerie

:Fonction plie écraser ; ajoute une fonction de plie écrasé sur arête d'une pièce de tôlerie.

:Fonction coin brise/coin ajuste ; enlève de la matière sur une face ou une arête dans une pièce detôlerie.

:Fonction décalage ; ajout deux plies a partir d'une ligne esquissée dans une pièce de tôlerie

 : Fonction plie de transition ; crée une pièce de tôlerie entre deux esquisses à l'aide de la fonction delissage.

:Outil d'emboutissage : cree un emboutissage sur une pièce de tôlerie.

 :Fonction aération ; utilise des éléments d'esquisse pour créer une ouverture d'aération dans lesconceptions en plastique ou de tôlerie.

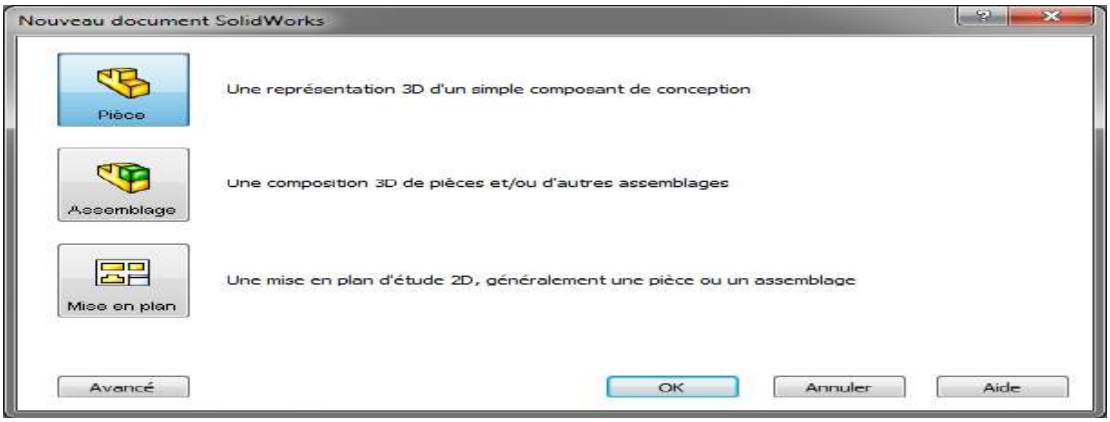
IV.2. conception de la boite de commande

IV.2.1. conception la Piece interieure

Ouvrir Solidworks

Lors de l'ouverture, cliquer sur nouveau document apparition de l'écran de démarrage: (3 possibilités sont proposées)

- Pièce
- Assemblage (de pièces)
- Mise en plan (de pièces ou d'assemblage de pièces)



- Sélectionner Pièce puis OK
- Sélectionner le plan de dessus, créer une esquisse et dessiner :

- click sur fonction 

On donne la valeur de tôle de base et click sur ok

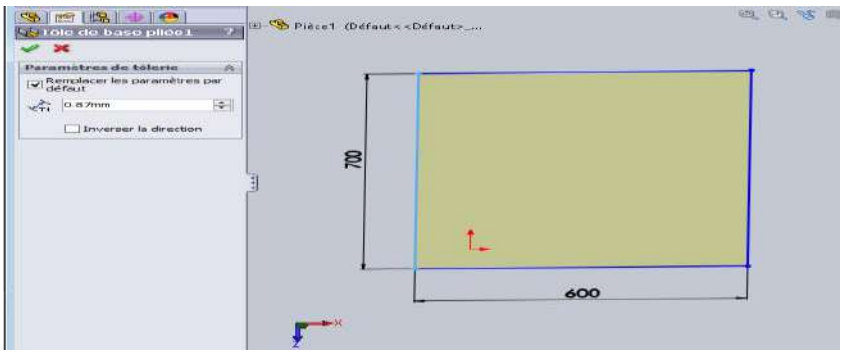


Figure IV.2. Pièce de tôle

- Click sur OK
- Click sur fonction 

En utilisant la fonction de tôle pliée sur arête, on ajoute une paroi à l'arête d'une pièce :

- L'épaisseur 0.8mm
- Longueur 150mm
- utiliser le rayon par défaut 1.3mm et intervalle 0.3mm
- angle de tôle 90°
- facture k=0.5

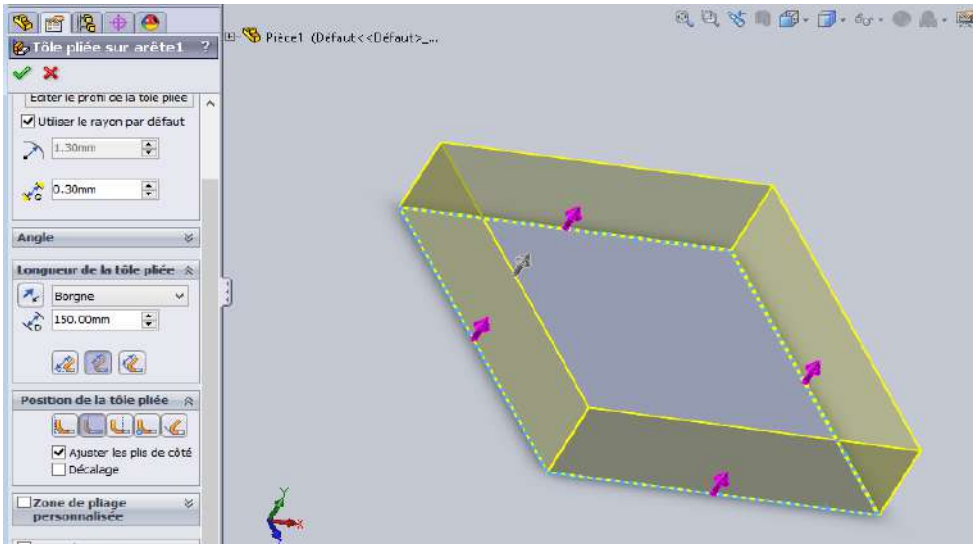
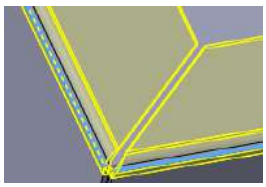


Figure .IV.3.pièce tôle avec tôle pliée

- Click sur OK

On utilise la Fonction tôle pliée sur arête 

Où la paroi à l'arête d'une pièce doit être supérieure à 10 mm pour la machine de pliage ; on choisit une valeur de longueur égale à 15mm.

Et un intervalle utilisé de 1.3mm 

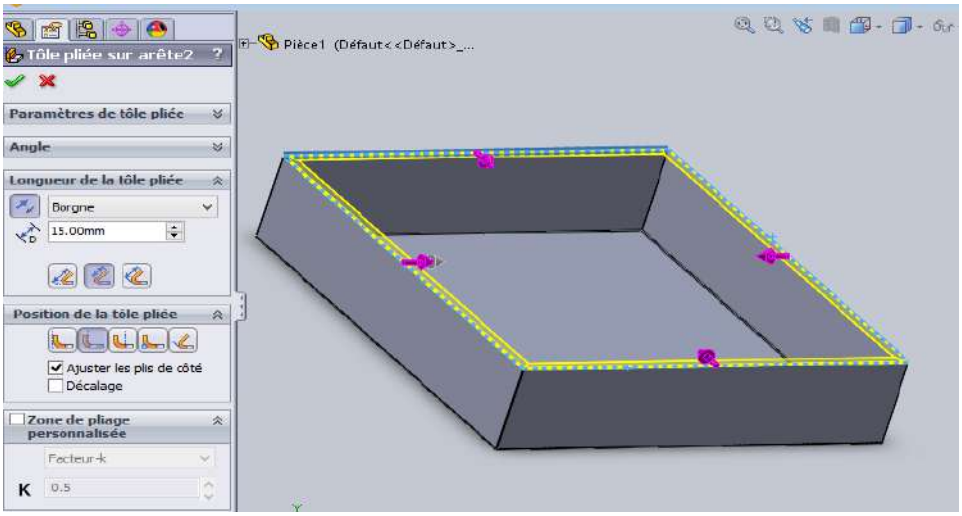


Figure IV.4.pièce de tôle

- Click sur OK

Après l'opération de pliage, on entame l'opération de création des trous et des fentes dans les cotés de note boite de commande afin de les utilisés dans la mise en place des boutons de commande.

Une pièce de tôlerie peut être dépliée pour créer un enlèvement de matière qui traverse plusieurs lignes de pliage.

- Click sur fonction 

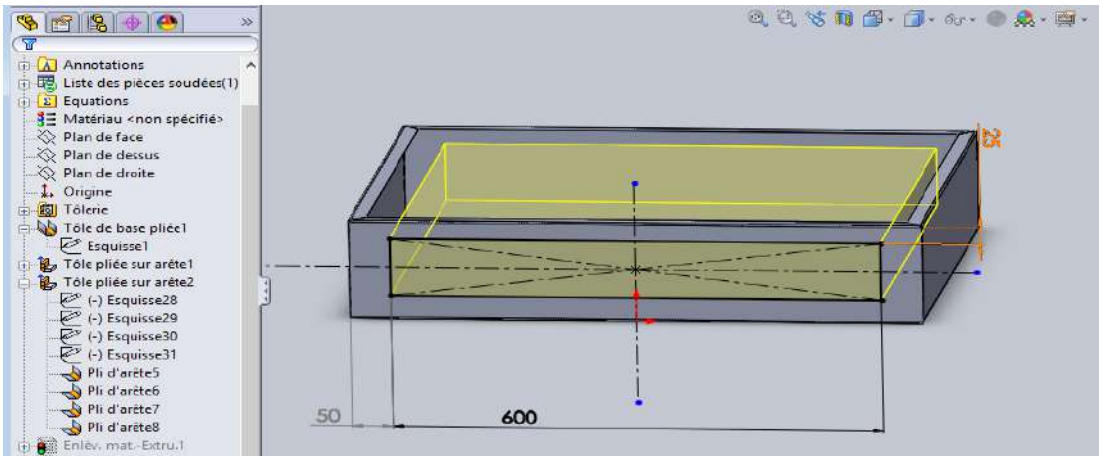


Figure .IV.5.pièce de tôle avec enlèvement de matière

- Click sur OK

- Click sur fonction 

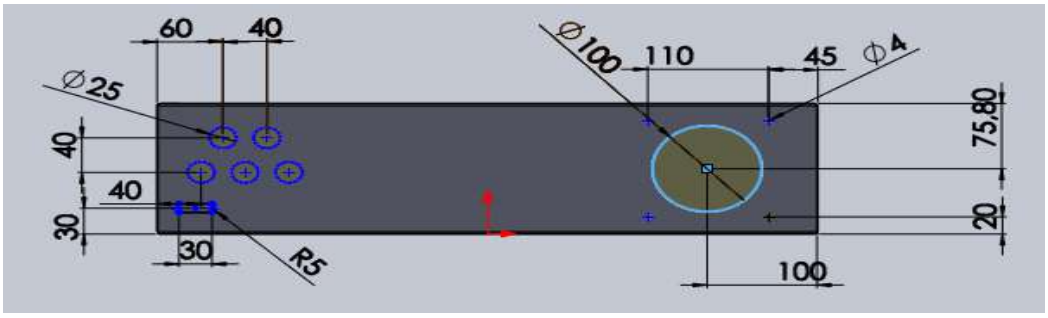


Figure .VI.6. Enlèvement de matière de la pièce arrière

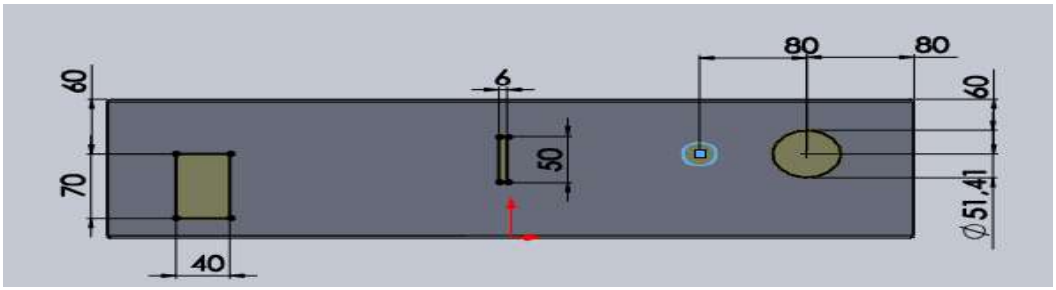


Figure .IV.7. Enlèvement de matière de la pièce de l'avant

- Click sur OK

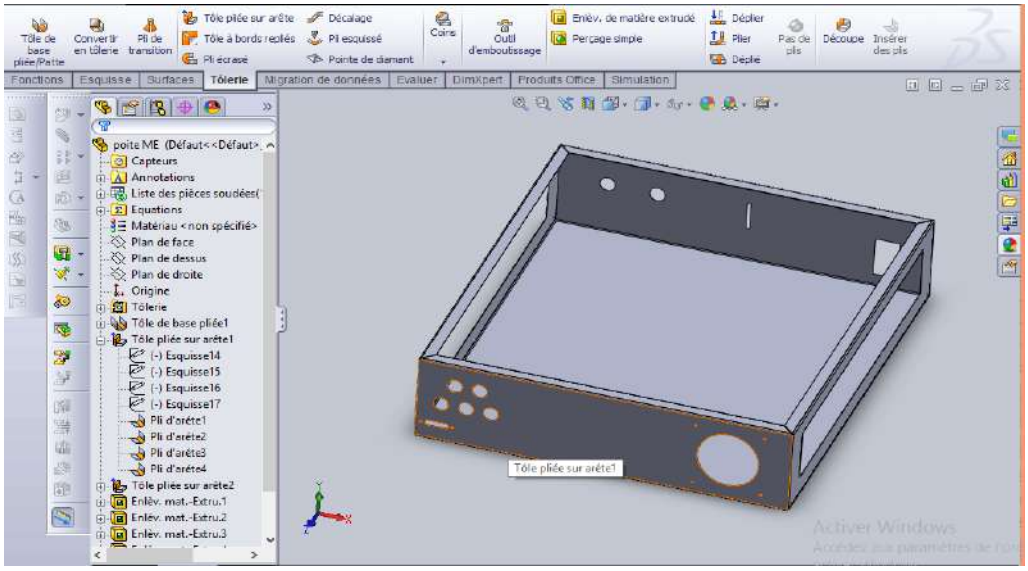


Figure .IV.8.pièce fini 3D

IV.2.2.conception la pièce extérieure

- Sélectionner Pièce puis OK
- Sélectionner le plan de dessus, créer une esquisse et dessiner :
- click sur fonction 

On donne la valeur de tôle de base :

- L'épaisseur 0.8mm
- utilisée le rayon par défaut 1.3mm et intervalle 0.3mm
- angle de tôle 90°
- et click sur ok
- facture k=0.5

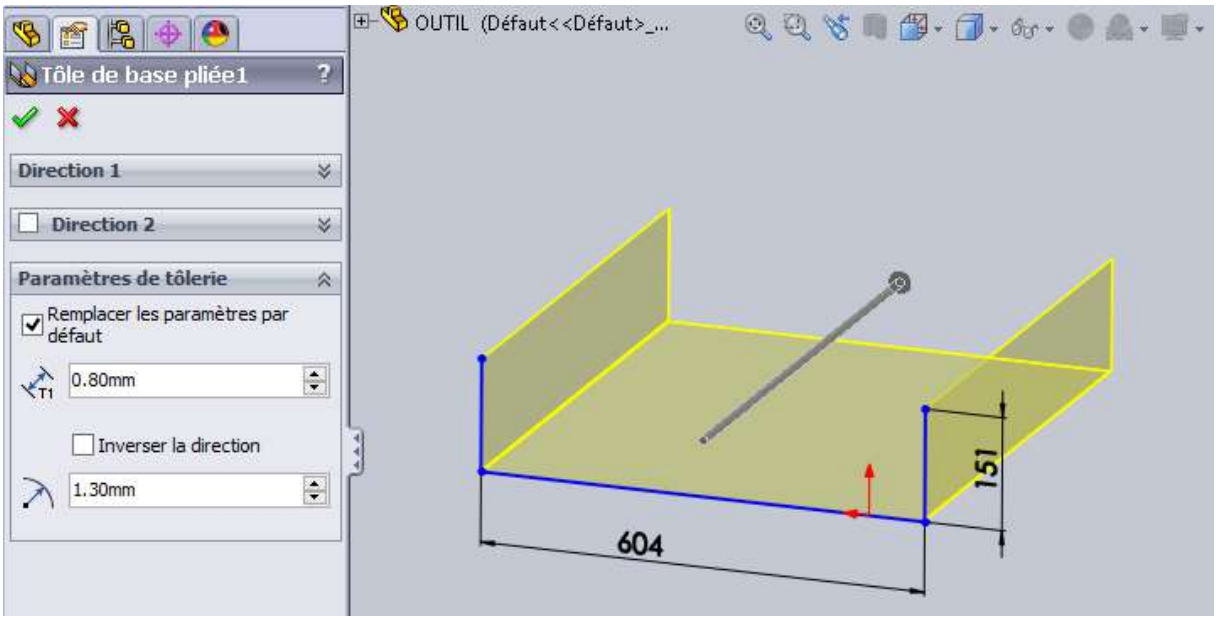


Figure .IV.9.pièce 2 extrudé avec tôle pliée

- Click sur OK

Click sur fonction 

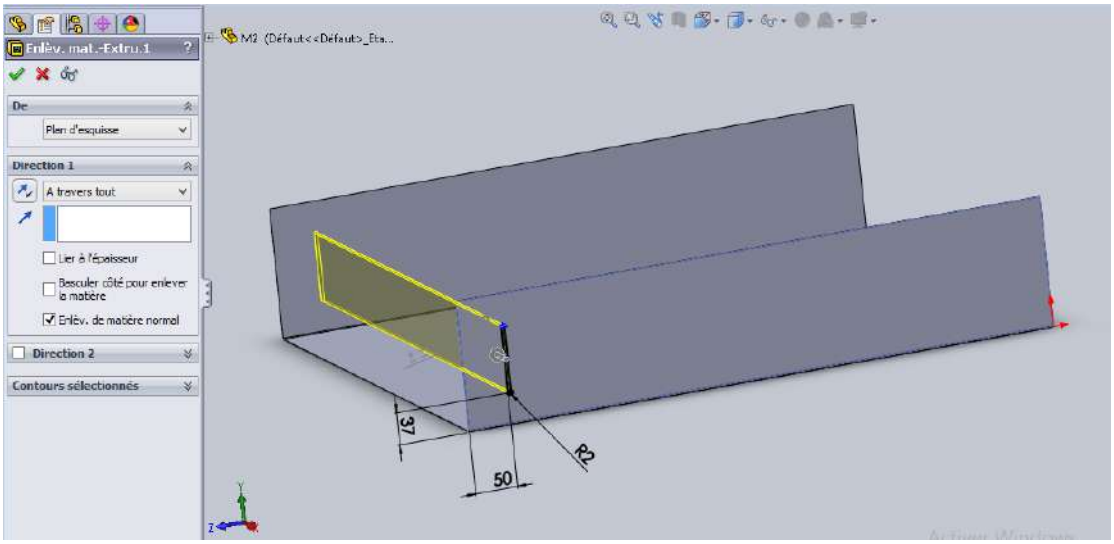


Figure .IV.10.pièce de tôle avec enlèvement de matière

- Click sur OK

- Click sur fonction 

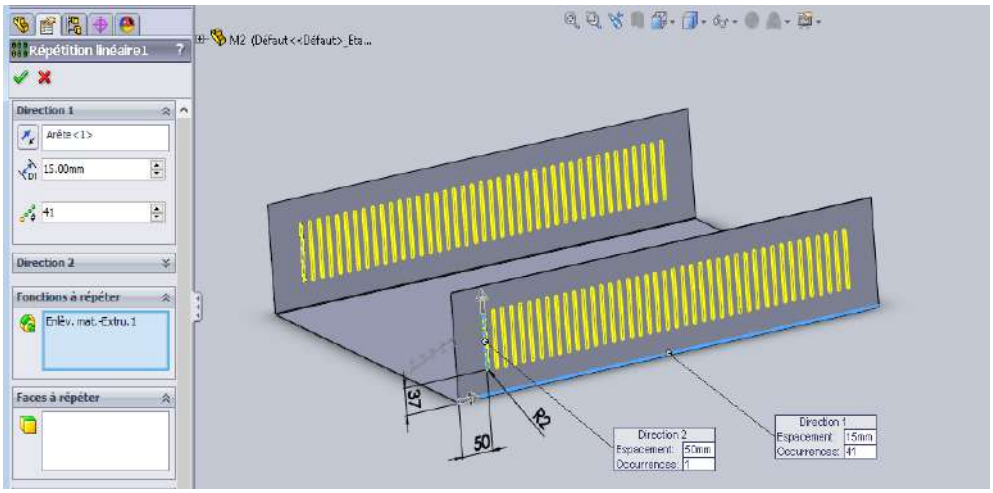


Figure .IV.11.pièce de tôle avec répétions linéaire et enlèvement de matière

- Click sur OK

- Click sur fonction 

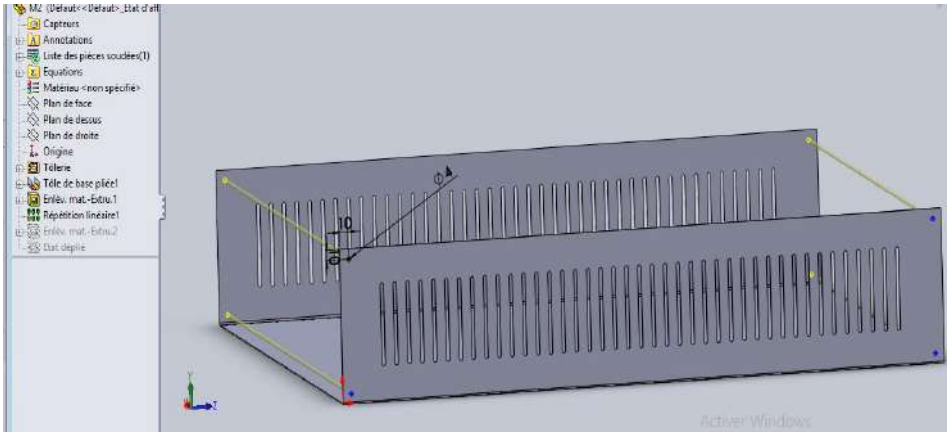


Figure .IV.12.pièce de tôle avec enlèvement de matière

- Click sur OK

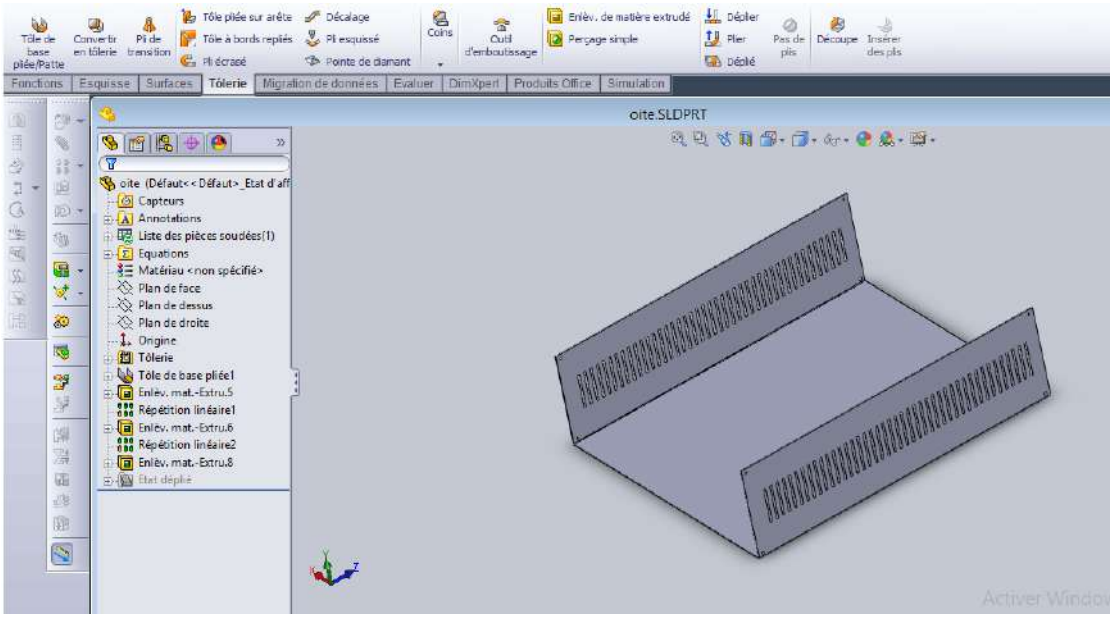
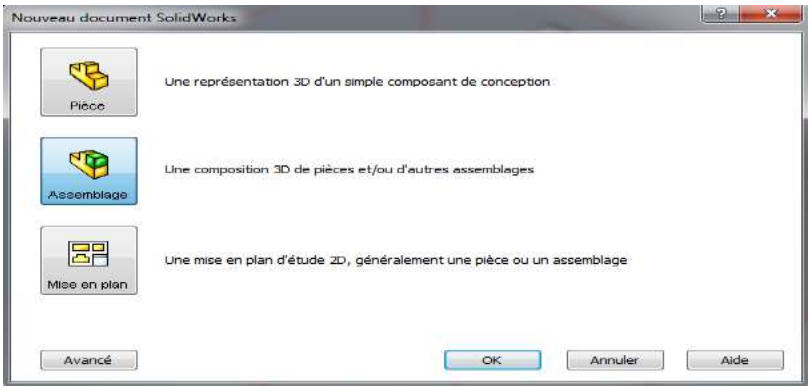


Figure .IV.13.pièce de tôle finie

IV.2.3.Assemblage des pièces

Lorsque la conception des pièces et terminer nous avons édité l'assemblage donc :

- Click sur crée un nouveau document



- Sélectionner assemblage puis OK
- Click sur parcourir et ouvrir tous les pièces qu'on a
- Click sur contrainte et on fait l'assemblage

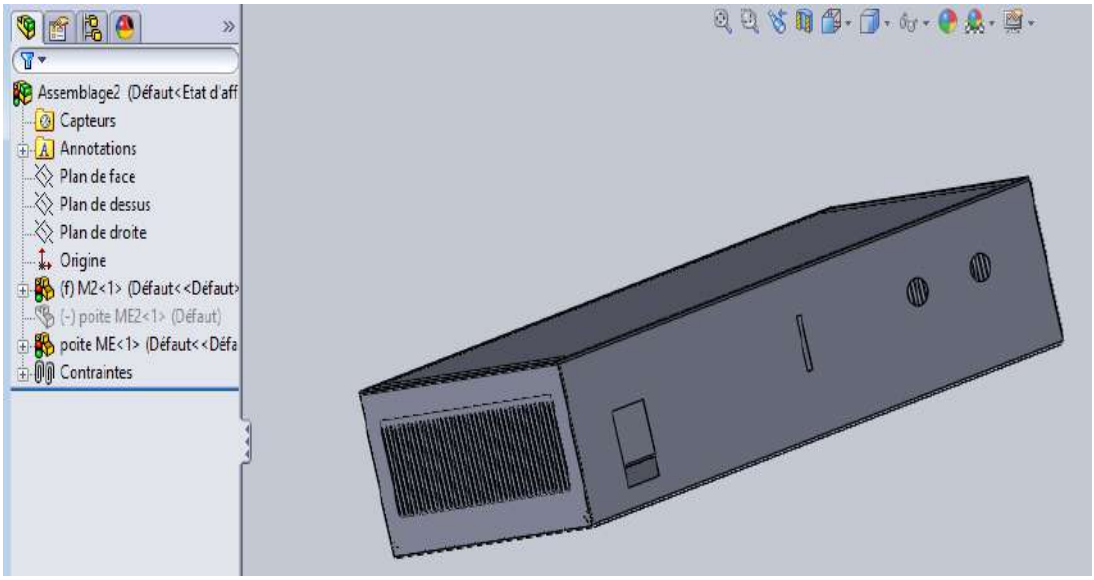


Figure .IV.14.pièce assemblage finie de piecs

V.1.Application de la méthode des éléments finis à la mécanique

V.1.1.Équations d'équilibre local

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} + F_x = 0$$

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} + F_y = 0 \qquad \text{(VI.1)}$$

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + F_z = 0$$

V.1.2.Relations déformations-déplacements

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \qquad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \qquad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$\gamma_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \qquad \text{(VI.2)}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

V.2. Simulation numérique par le code ANSYS*:*

V.2.1. Introduction

Pour mener notre étude par simulation numérique, on a utilisé le code numérique «ANSYS», qui est l'un des codes de calcul, basé sur la méthode d'éléments finis, parmi les plus utilisés dans le monde.

Le code « ANSYS » comprend plusieurs composantes telles que : ANSYS/ Professionnel, ANSYS/Multiphasiques, ANSYS/Structural…etc. Chaque Composante est destinée à l'un des domaines d'ingénierie, et son choix met automatiquement à la disposition de l'utilisateur les processus adéquats (type d'élément, conditions aux limites, tracées,….etc.) **[22].**

Dans notre analyse, on a utilisé «ANSYS», qui permet de traiter la majorité des problèmes de mécanique de la rupture et fissuration des structures. Il offre des outils puissants pour l'analyse en deux et trois dimensions.

De nombreux processus de calcul sont disponibles dans ce code et chaque processus est un ensemble de fonctions qui effectuent une tâche spécifique.

V.2.2. Validation

La première étape consiste à valider notre simulation numérique en comparant nos résultats avec ceux publiés par d'autres auteurs. Pour cela, on utilise les mêmes conditions (dimensionnement de la structure, les propriétés de matériau utilisées, les conditions aux limites).

V.2.3.Préparation de l'analyse

V.2.3.1. Exécution de la Mechanical APDL (ANSYS):

Pour exécuter **ANSYS-APDL**

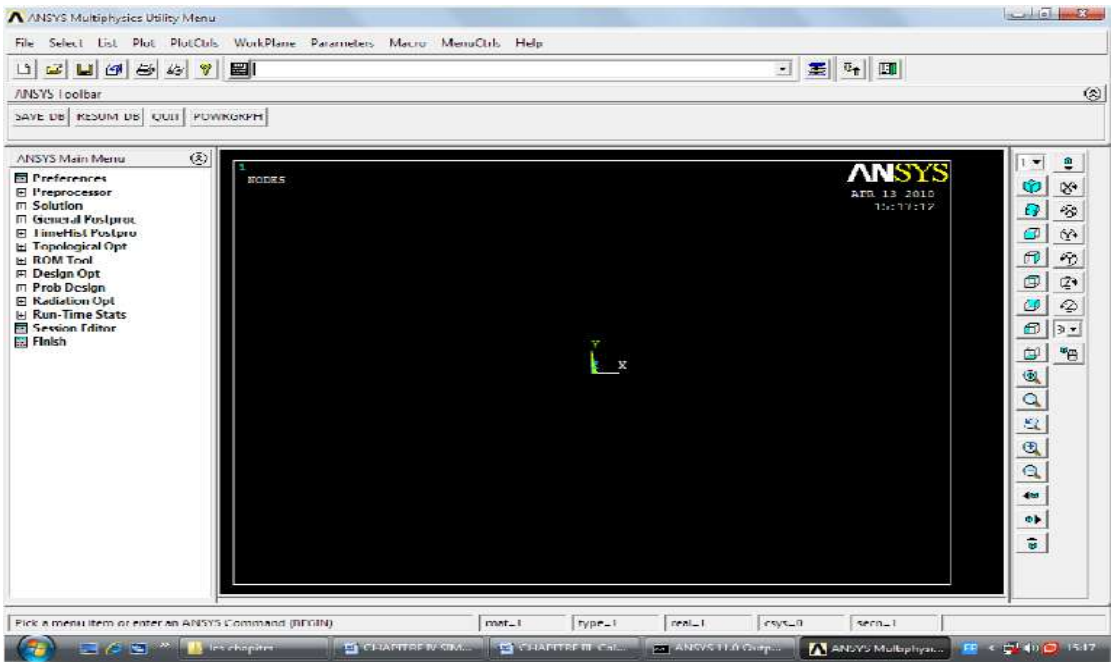


Figure V.1. La fenêtre de code (ANSYSE.V014)

V.2.3.2. Conception du modèle

L'épaisseur =0.8mm

Largeur du vé=8mm

b=5.5mm

Longueur =20mm

Rayon =1.3mm

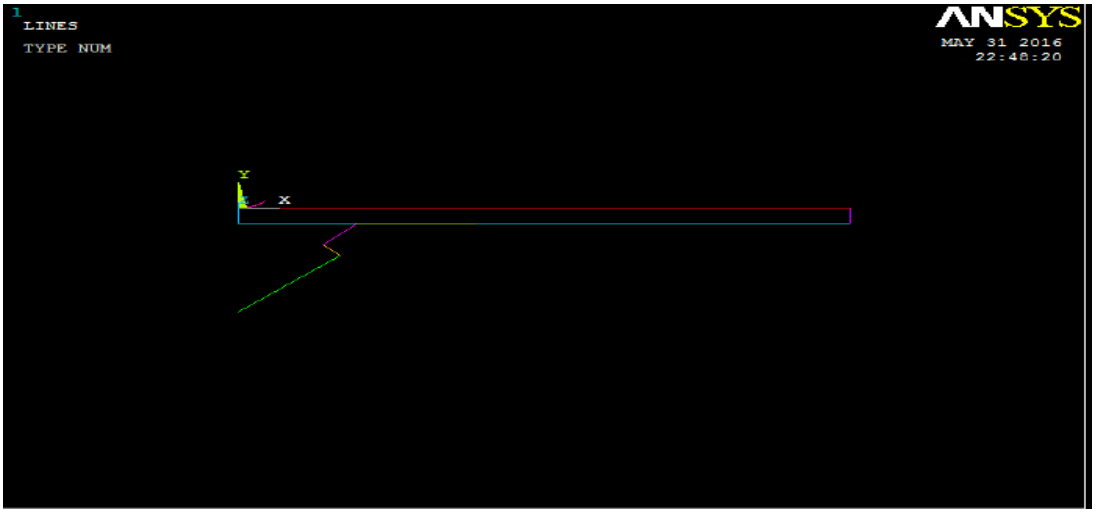


Figure .V.2. Schéma de modèle simplifié

V.2.3.3.Spécification du matériau utilisé

Les propriétés mécaniques de la plaque sont les suivantes :

- Matériau utilisé : acier galvanisé
- Module de Young : 2×1011 Pa
- Limite élastique 235MPA
- Coefficient de poisson 0.29

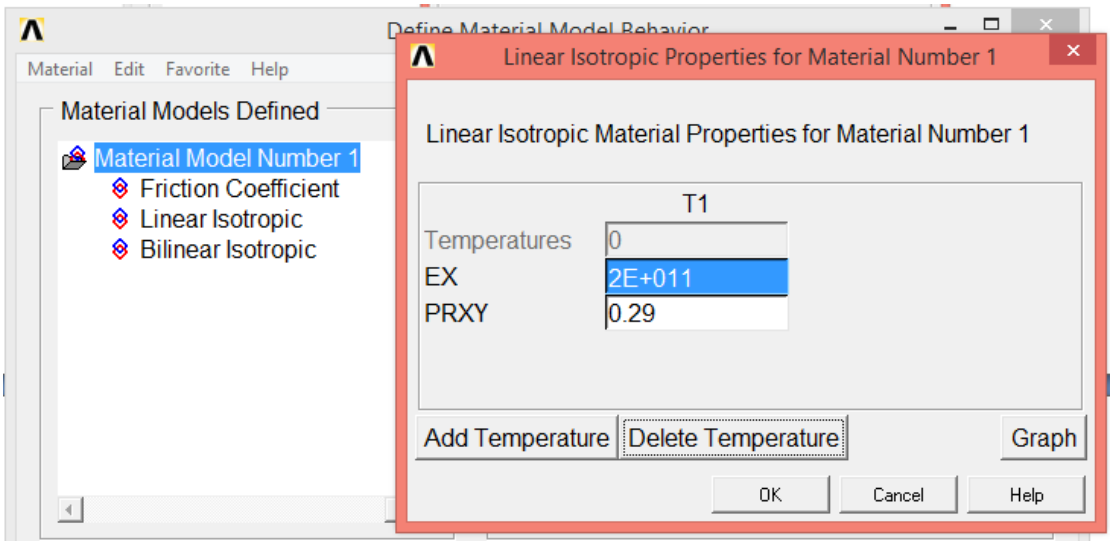


Figure .V.3.TYPE de matériaux et module d'élasticité et le coefficient de poisson

V.2.3.4.Maillage

La figure suivante montre les paramètres de maillage (taille des éléments de maillage ,Type de maillage, etc.…).

Preprocessor\Meshing\Size Cntrls\ManualSize\Areas\All Areas

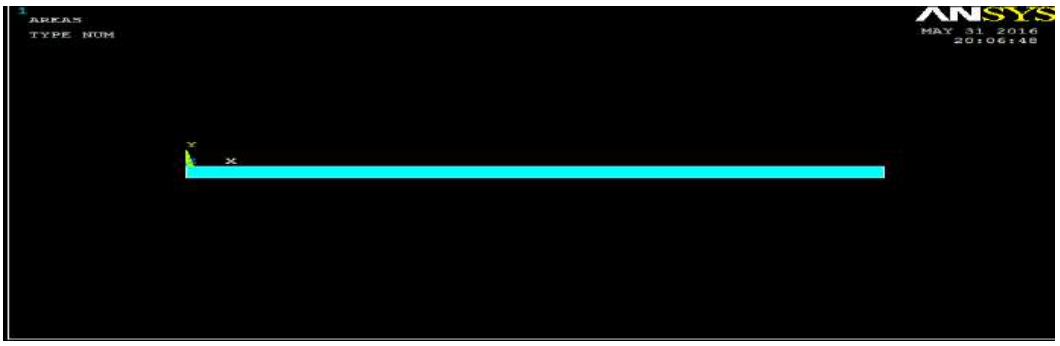


Figure V.4.*Plaque sous chargement.*

Preprocessor\Meshing\Size Cntrls\ManualSize\Areas\All Areas

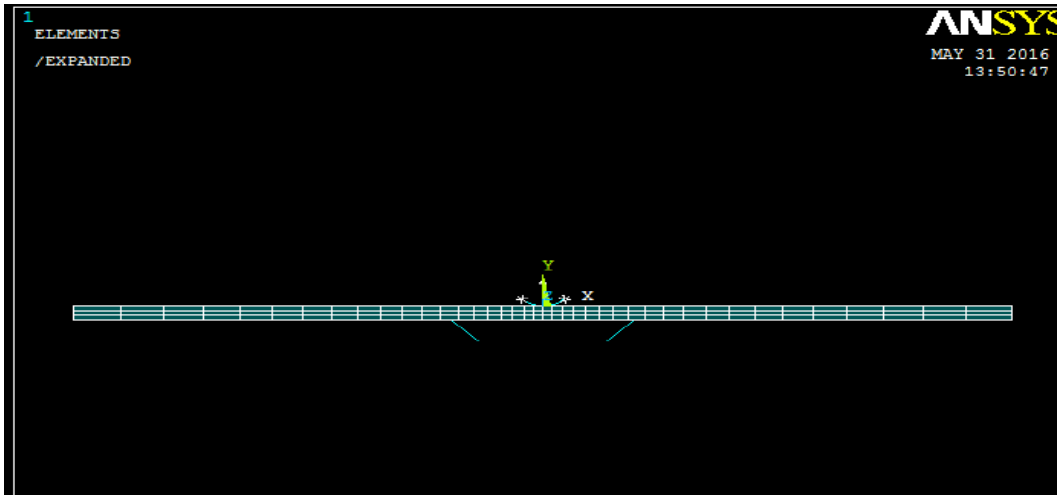


Figure V.5.*Maillage de la plaque.*

VI.2.3.5. Application de la solution

Il faut spécifier les résultats désirés par leur insertion dans la partie solution. On peut Obtenir différent résultats tels que les déformations, les contraintes, les déplacements, etc. comme schématisé dans la figure suivante.

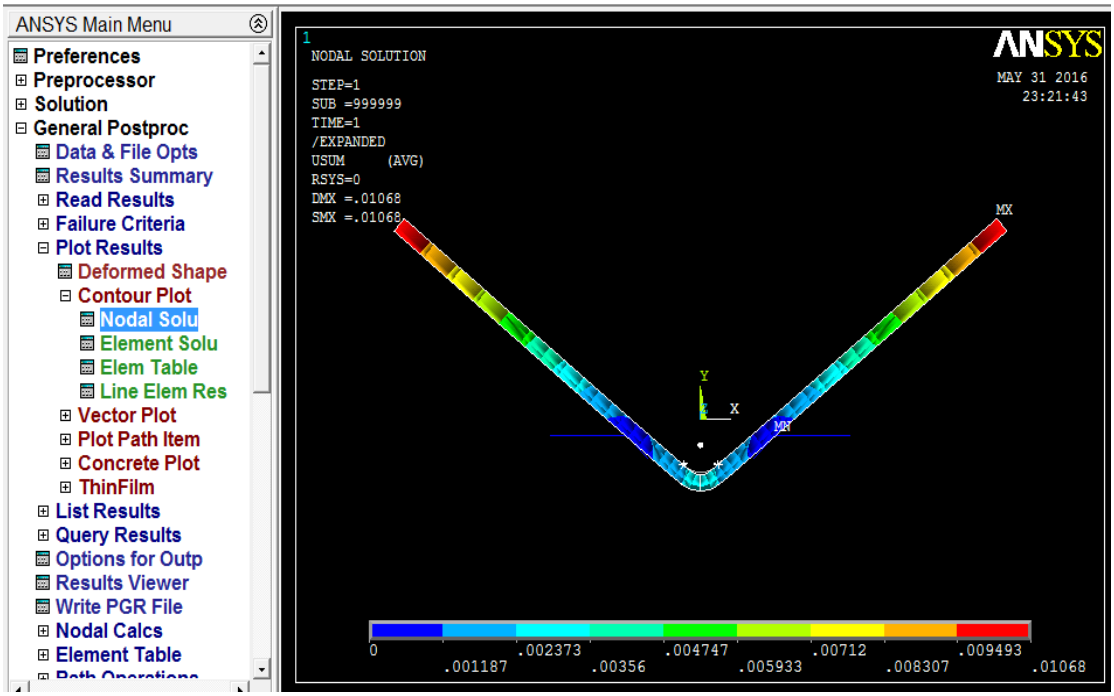


Figure V.6. Spécification les résultats

V.2.3.6.Résultats et Discussion

Dans cette partie on va présenter les principaux résultats obtenus par la simulation Numérique concernant l'interaction des corps (pliage-tôle).

V.2.3.6.1. Les Déplacement UY

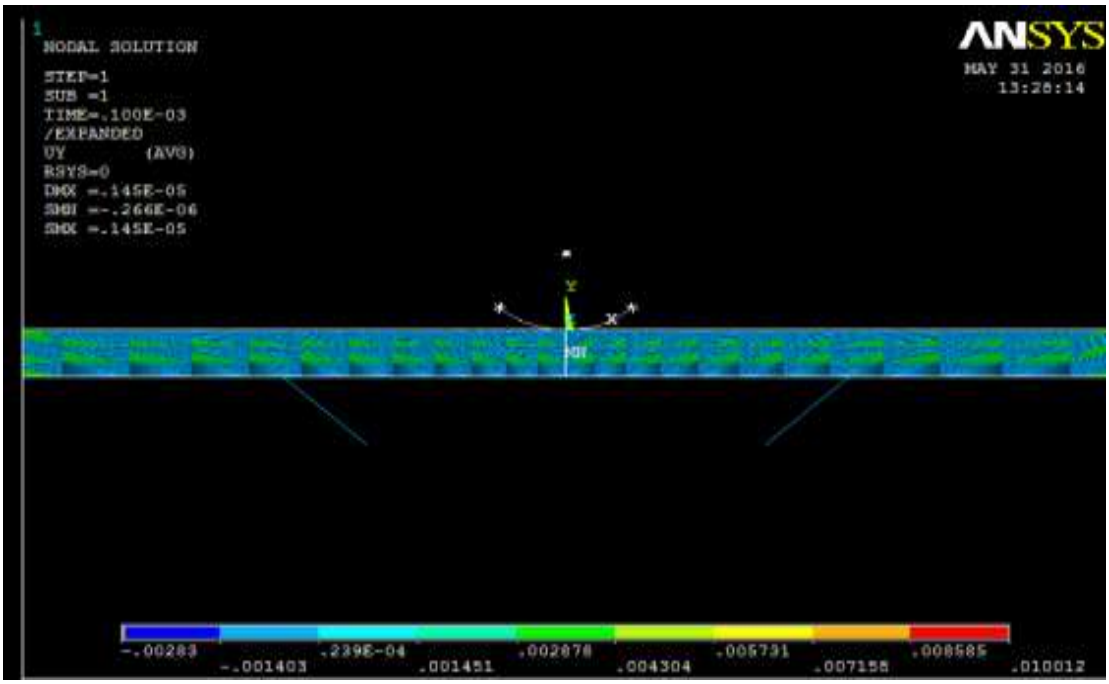


Figure V.7.déplacement suivant UY(t=0s)

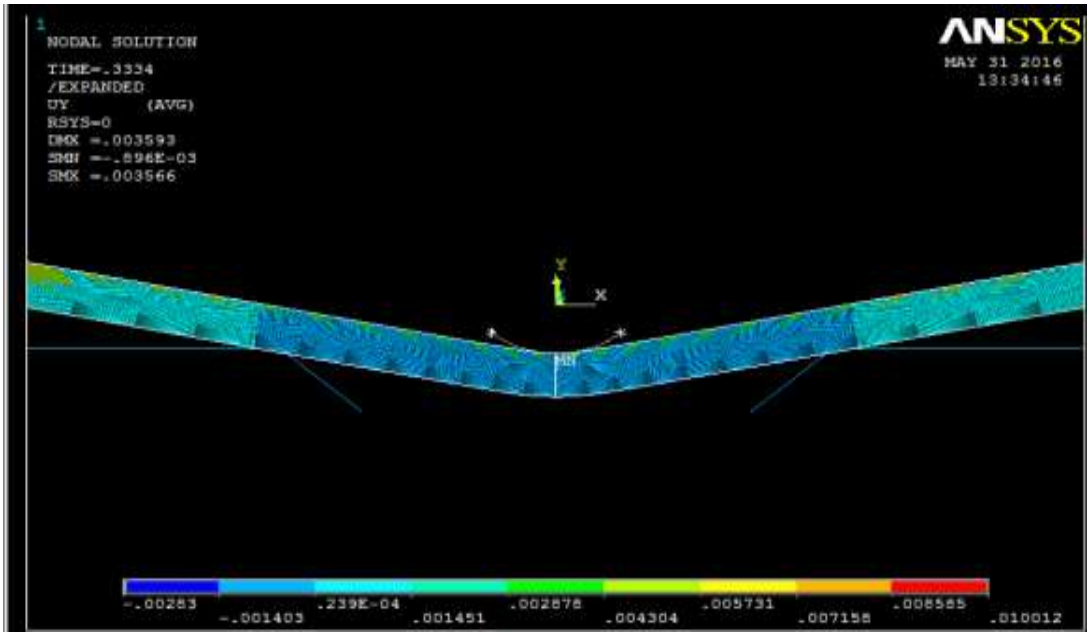


Figure V.8.déplacement suivant UY(t=0.4s)

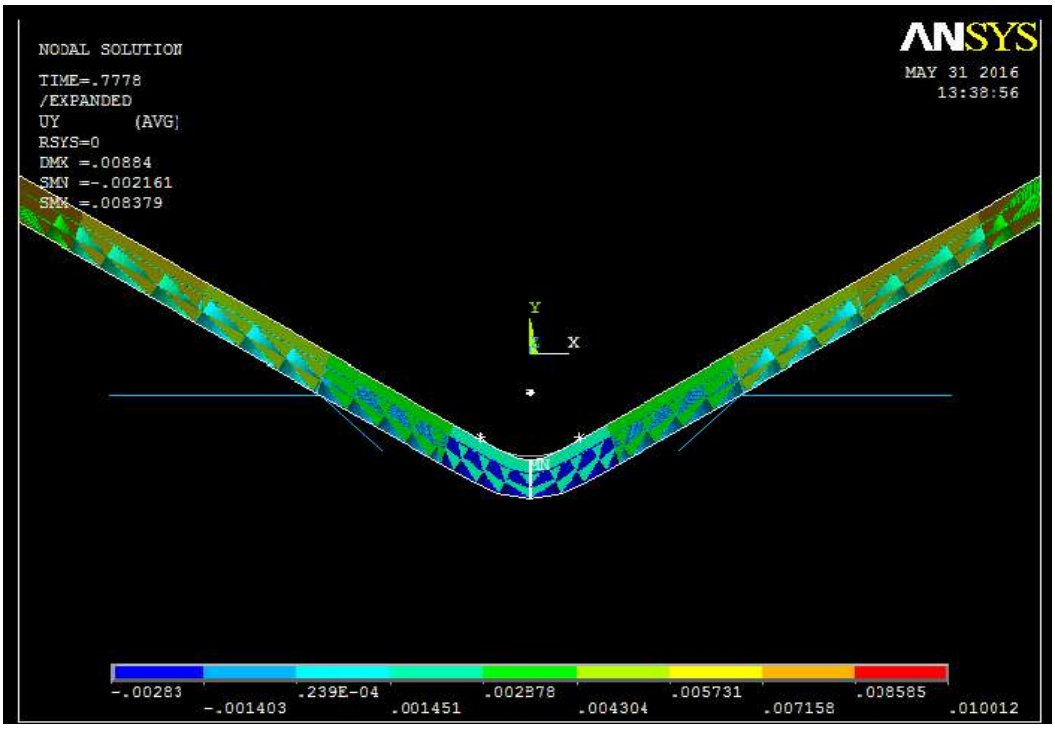


Figure V.9.déplacement suivant UY(t=0.8s)

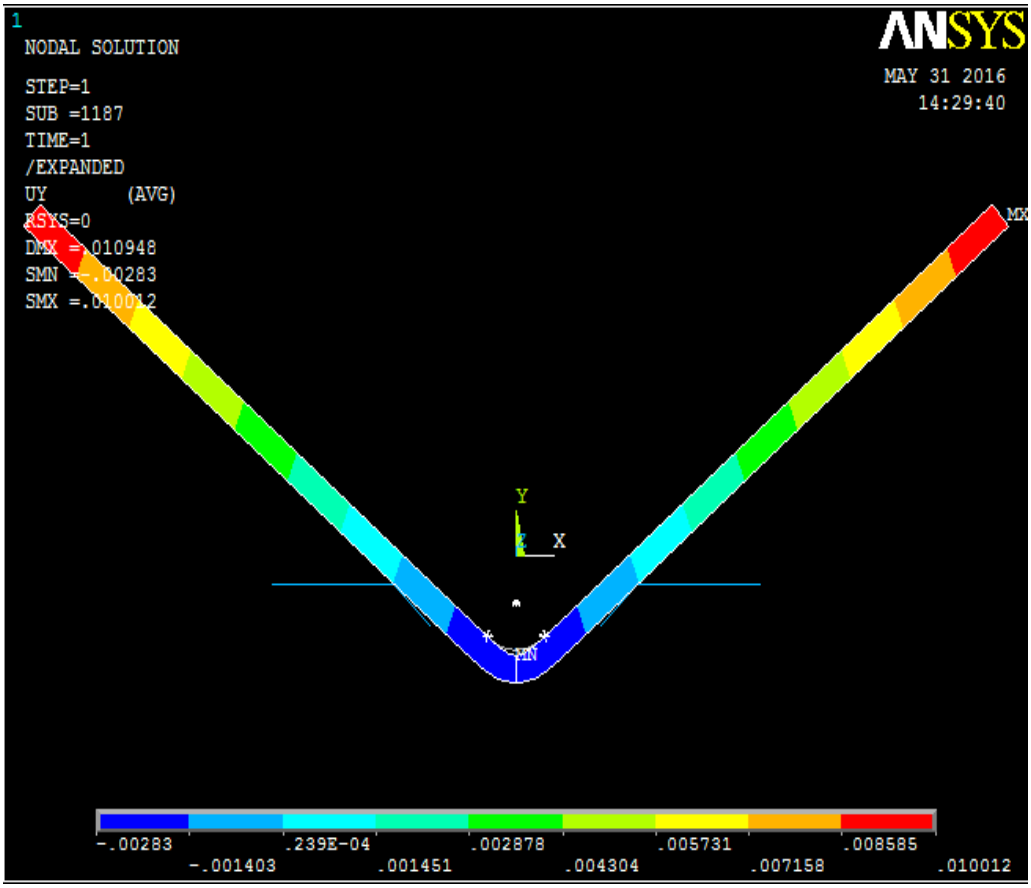


Figure V.10.déplacement suivant UY(t=1s)

V.2.3.6.2. LesContraintesSY

Les figures suivantes montrent les contours des contraintes appliquées sur la structure à la cour de pliage.

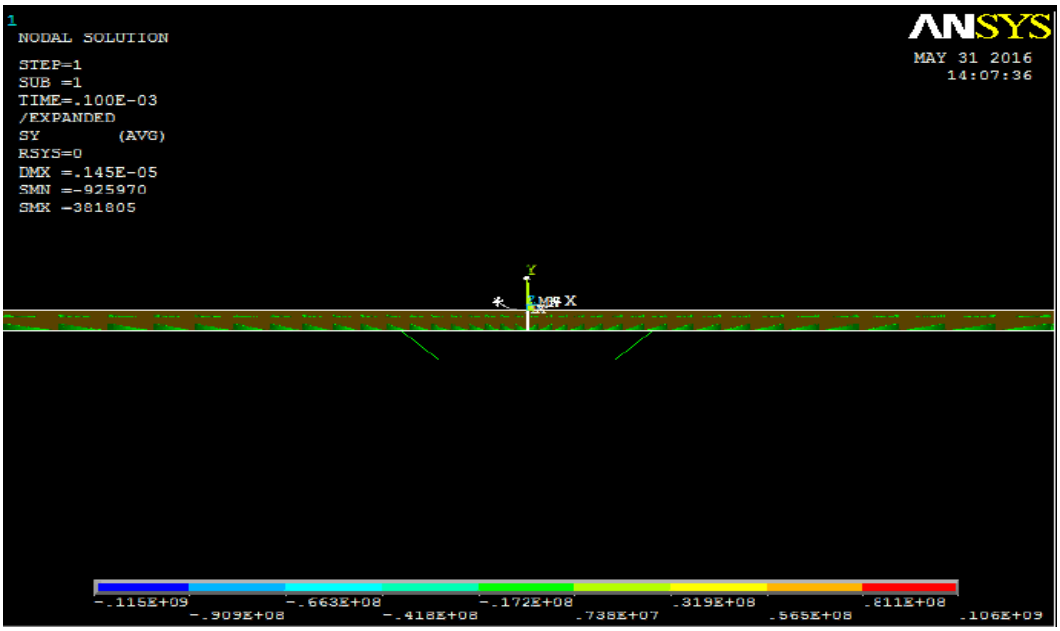


Figure V.11. Contraintes suivant SY(t=0s)

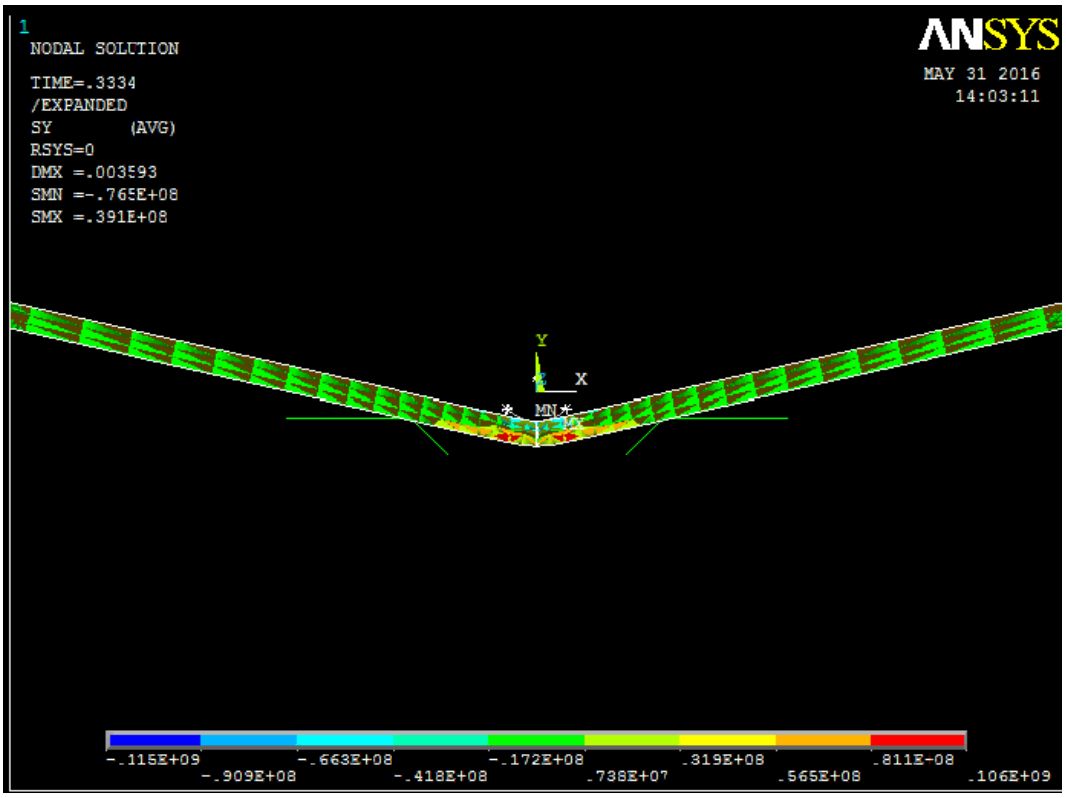


Figure V.12. Contraintes suivant SY(t=0.4s)

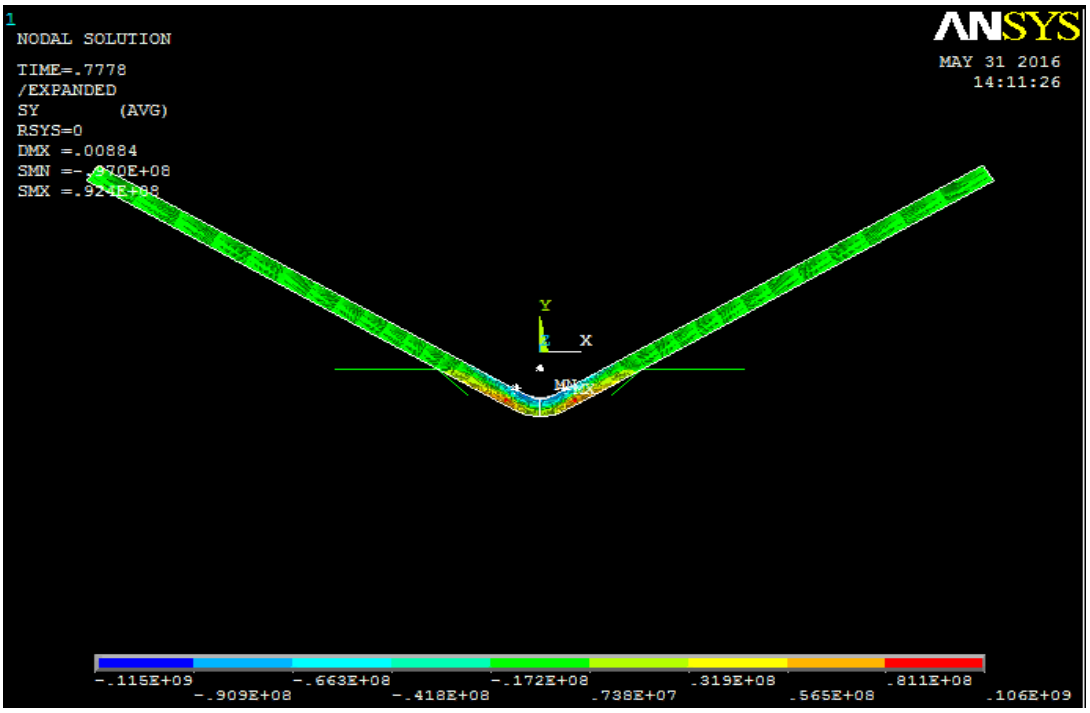


Figure V.13. Contraintes suivant SY(t=0.8s)

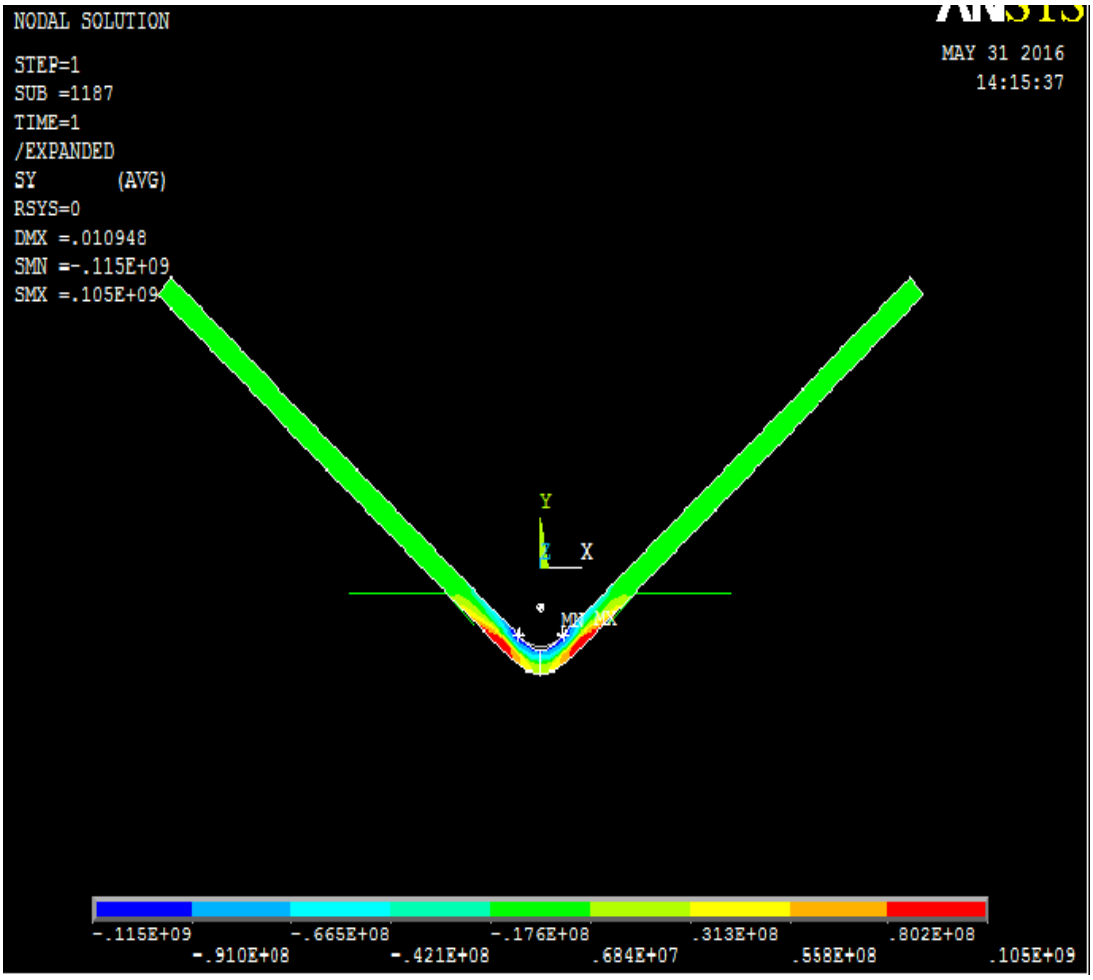


Figure V.14. Contraintes suivant SY(t=1s)

V.2.3.6.3.Les Déformations Y

Les figures(V.15) suivantes présentent respectivement les déférentes déformations obtenues au cours du pliage.

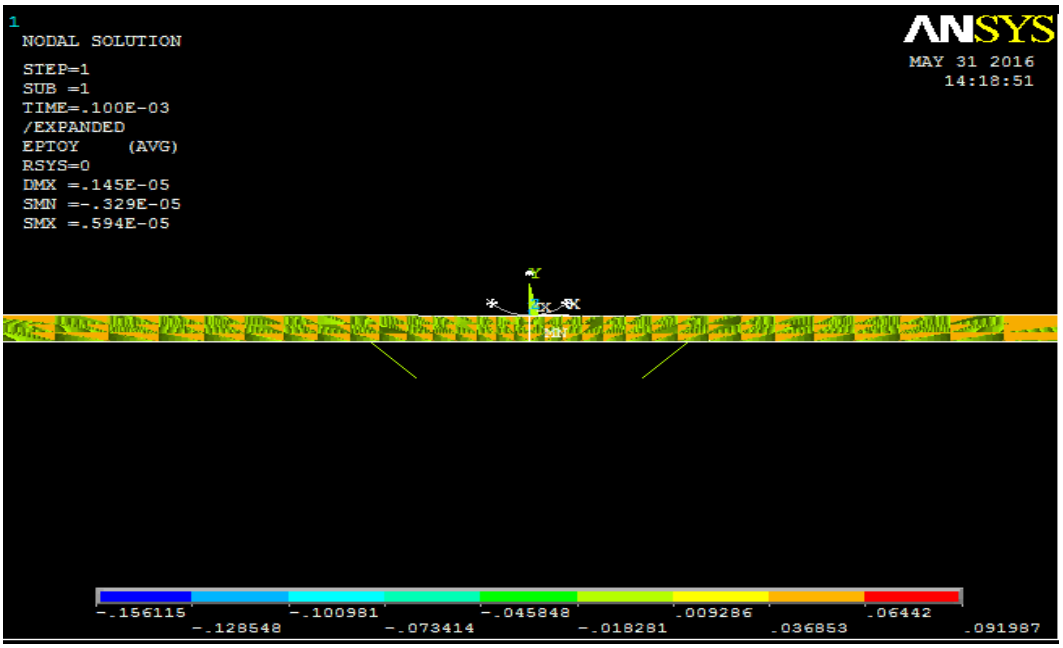


Figure V.15.déformation suivant Y(t=0s)

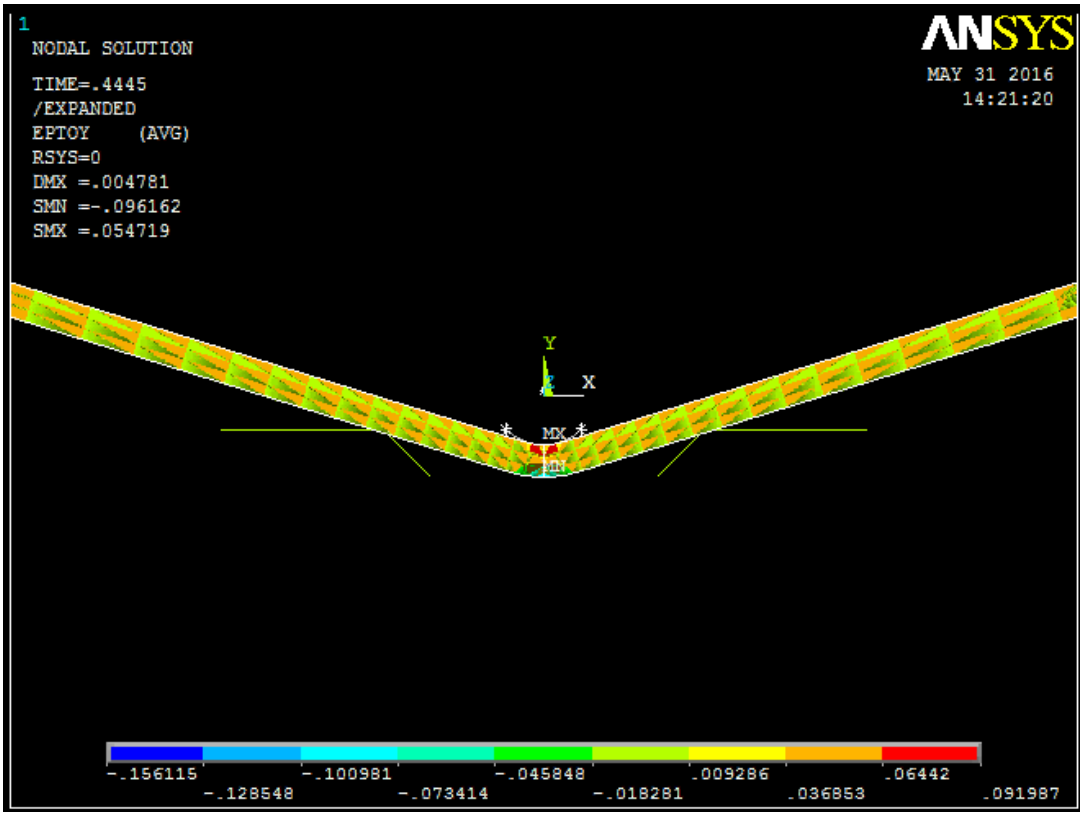


Figure V.16.déformation suivant Y(t=0.4s)

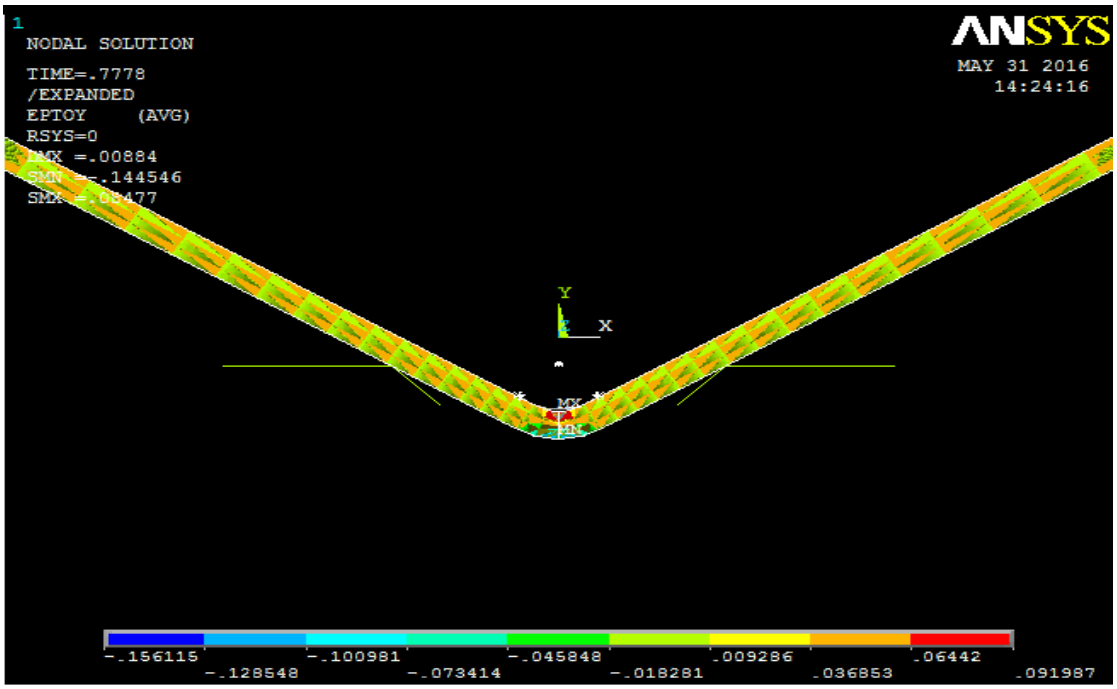


Figure V.17.déformation suivant Y(t=0.8s)

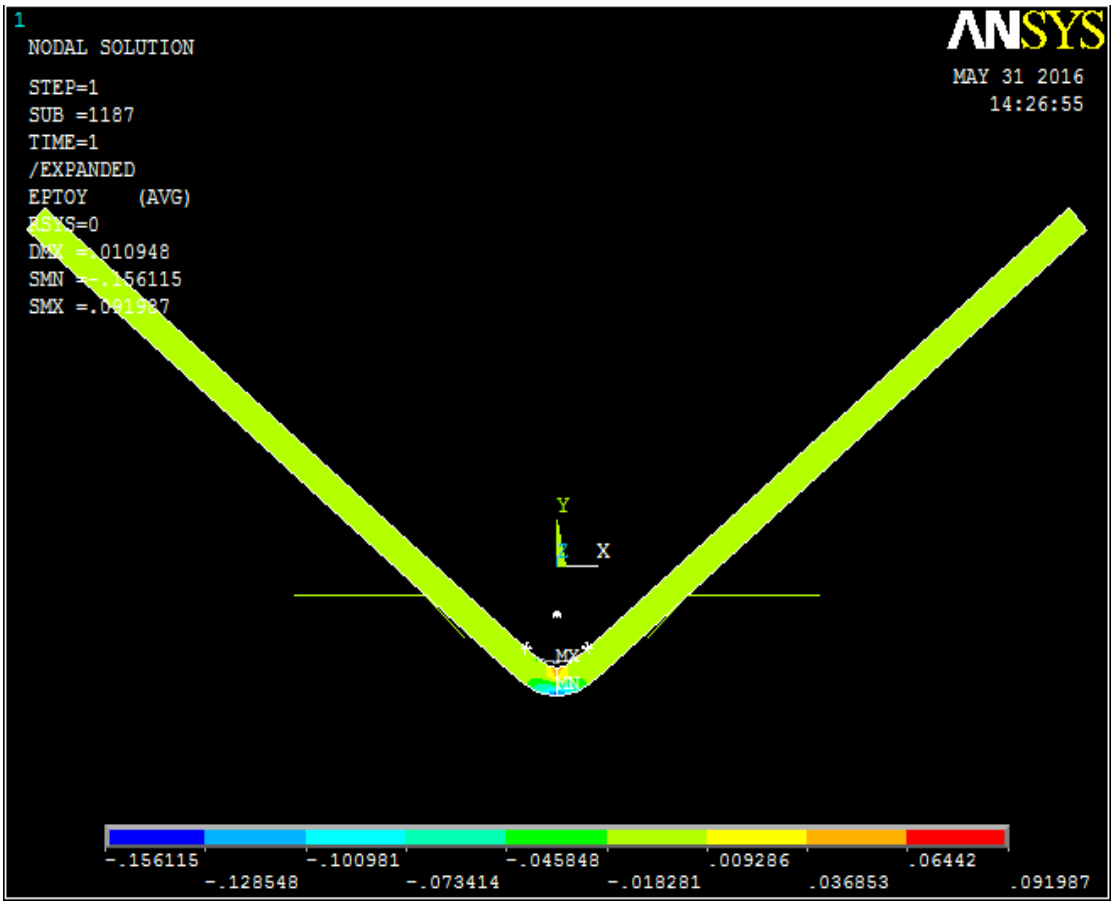


Figure V.18.déformation suivant Y(t=1s)

V.3.Conclusion

On a utilisé le modèle explicite dynamique pour résoudre notre problème. On a présenté dans ce chapitre la procédure de résolution et les principaux résultats de déformé et des contrainte appliquées sur le modèle (tôle pliage).

On constate que la contrainte est beaucoup plus grande et le plus grand déplacement est constaté sur la plaque.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons conçu la boîte de commande pour une machine CNC par le logiciel (SolidWorks).

Nous avons pu grâce à ce travail connaître la nature du matériau utilisé dans l'industrie des boîtes de commande.

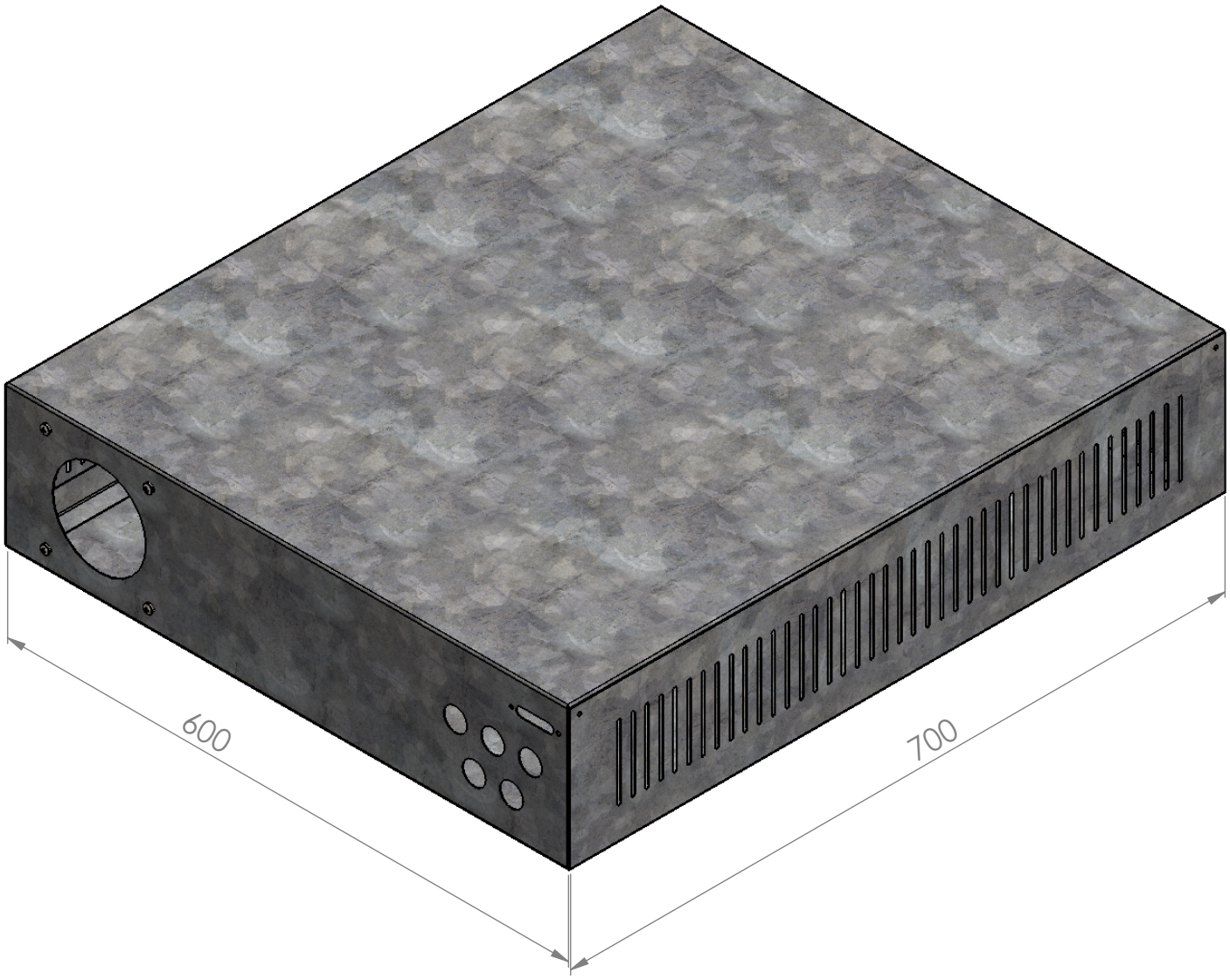
En outre, dans la mesure des distorsions non durables et la façon d'accomplir la boîte à travers les étapes du processus de pliage, nous avons procéder à un calcul des déformations et déplacements sous l'effet de la force de pliage.

Pour cela, le logiciel ANSYS APDL est utilisé pour simuler numériquement l'opération de pliage.

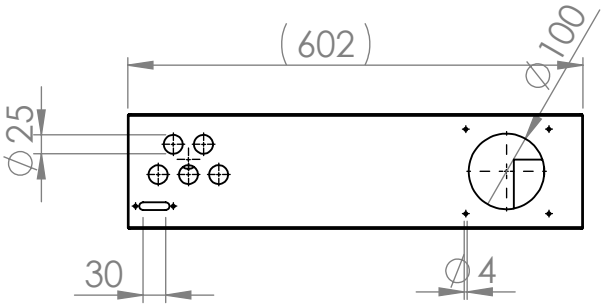
La mise en place de modèles de simulation numérique avec ce code de calcul nous a permis de caractériser aussi bien les sollicitations sur les outils que la qualité des pièces produites. A cet effet, un modèle est proposé dont lequel l'opération du pliage est représentée. Un maillage raffiné dans la zone de découpe est utilisé pour la simulation numérique.

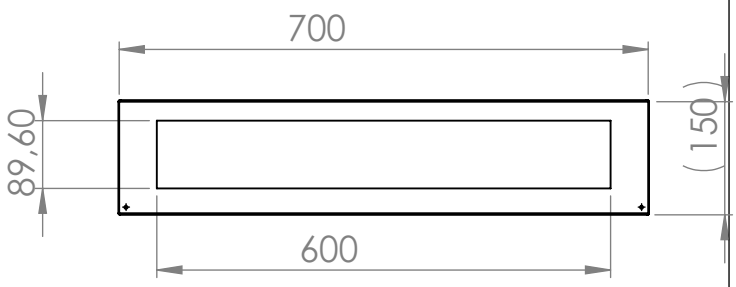
Des applications portant sur l'influence du déplacement et l'épaisseur de la tôle ont été effectuées. Des résultats en termes de contraintes et déformations ont été présentés par la suite.

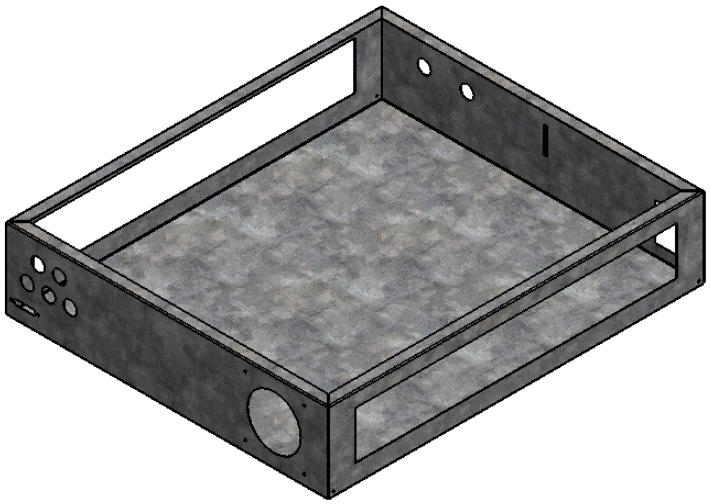
Finalement, on souhaite que ce travail soit une première étape qui peut ouvrir des perspectives dans l'étude et la théorie du pliage.



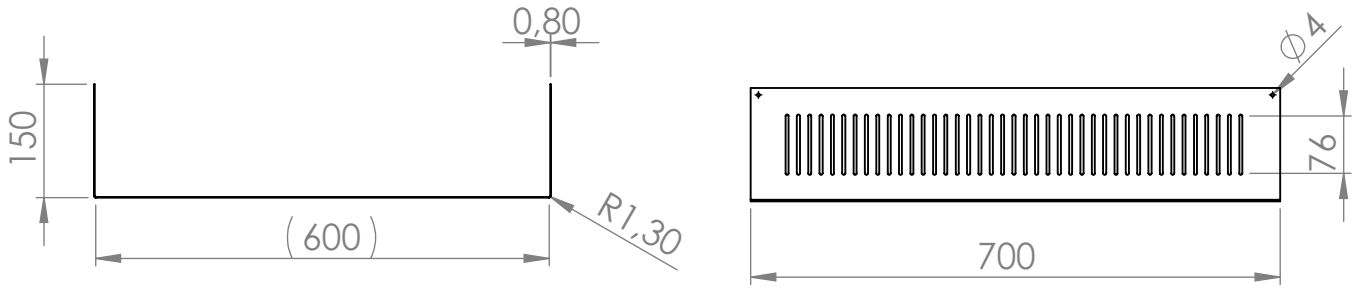
universite de médéa		
DESSIN	DessineD'Assemblage	N°04
PFE		Ech 1:5
05/06/16	NOURI-DINE	

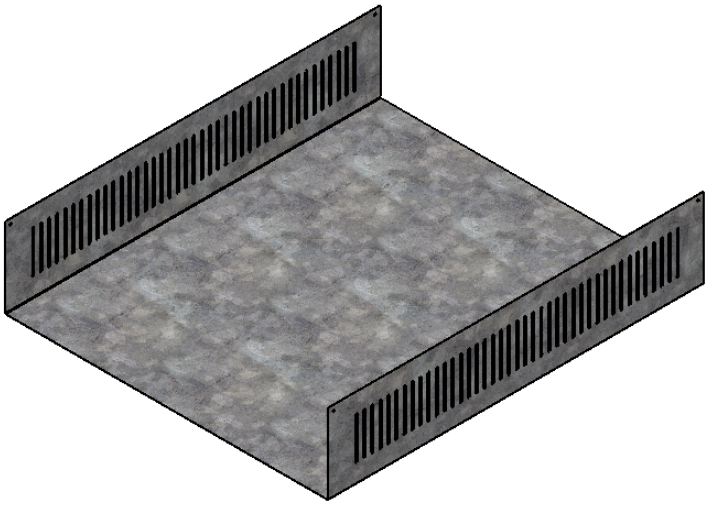






universite de médéa		
DESSIN	piece enterieure	N°03
PFE		Ech 1:5
05/06/16	NOURI-DINE	





universite de médéa		
DESSIN	Piece enterieure	N°02
PFE		Ech 1:10
05/06/16	NOURI-DINE	

```
FINISH
/CLEAR
/filname,test01
/CONFIG,NRES,100000
! Parameter
E=0.8e-3
V=8e-3
b=5.5e-3
L1=20e-3
r=1.3e-3
L2=3.889087297e-3
W1=3.889087297e-3

N1=20
N2=3
/PREP7
!*
ET,1,PLANE182
!*
KEYOPT,1,1,0
KEYOPT,1,3,3
KEYOPT,1,6,0
!*
R,1,10e-3,
!*
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,2e11
MPDATA,PRXY,1,,0.29
```

```
TB,BISO,1,1,2,
TBTEMP,0
TBDATA,,2.039e8,1e8,,,,

RECTNG,,L1,,-E,
K,10,,,,
K,11,,r,,
K,12,0.919238815e-3,0.380761184e-3,,
LARC,10,12,11,1.3e-3,

K,13,0,-(E+W1+E),,
K,16,L2,-E,,
K,14,L2-1.13137085e-3+0.565685424e-3,-1.13137085e-3-0.565685424e-3-E,,
K,15,L2-1.13137085e-3,-1.13137085e-3-E,,
K,17,L2+L2,-E,
LSTR,13,14
LSTR,14,15
LSTR,15,16
LSTR,16,17

LPLOT
SAVE
lsel,s,,,1,
LESIZE,ALL,,,N1,5! manual meshing in all the lines
lsel,s,,,3,
LESIZE,ALL,,,N1,0.2! manual meshing in all the lines
lsel,s,,,2,4
LESIZE,ALL,,,N2,! manual meshing in all the lines
!*
```

```
MSHAPE,0,2D
MSHKEY,1
!*
AMESH,1
SAVE
LPLOT

alls
alls
lplot
!*
!*
!*
/COM, CONTACT PAIR CREATION - START
CM,_NODECM,NODE
CM,_ELEMCM,ELEM
CM,_KPCM,KP
CM,_LINECM,LINE
CM,_AREACM,AREA
CM,_VOLUCM,VOLU
/GSAV,cwz,gsav,,temp
MP,MU,1,0.1
MAT,1
R,3
REAL,3
ET,2,169
ET,3,172
KEYOPT,3,9,0
KEYOPT,3,10,2
```

```
R,3,
RMORE,
RMORE,,0
RMORE,0
! Generate the target surface
LSEL,S,,,5
CM,_TARGET,LINE
TYPE,2
LATT,-1,3,2,-1
TYPE,2
LMESH,ALL
! Create a pilot node
KSEL,S,,,12
KATT,-1,3,2,-1
KMESH,12
! Generate the contact surface
LSEL,S,,,3
CM,_CONTACT,LINE
TYPE,3
NSLL,S,1
ESLN,S,0
ESURF
*SET,_REALID,3
ALLSEL
ESEL,ALL
ESEL,S,TYPE,,2
ESEL,A,TYPE,,3
ESEL,R,REAL,,3
LSEL,S,REAL,,3
```

```
/PSYMB,ESYS,1
/PNUM,TYPE,1
/NUM,1
EPLOT
ESEL,ALL
ESEL,S,TYPE,,2
ESEL,A,TYPE,,3
ESEL,R,REAL,,3
LSEL,S,REAL,,3
CMSEL,A,_NODECM
CMDEL,_NODECM
CMSEL,A,_ELEMCM
CMDEL,_ELEMCM
CMSEL,S,_KPCM
CMDEL,_KPCM
CMSEL,S,_LINECM
CMDEL,_LINECM
CMSEL,S,_AREACM
CMDEL,_AREACM
CMSEL,S,_VOLUCM
CMDEL,_VOLUCM
/GRES,cwz,gsav
CMDEL,_TARGET
CMDEL,_CONTACT
/COM, CONTACT PAIR CREATION - END
!*
!*
/COM, CONTACT PAIR CREATION - START
CM,_NODECM,NODE
```

```
CM,_ELEMCM,ELEM
CM,_KPCM,KP
CM,_LINECM,LINE
CM,_AREACM,AREA
CM,_VOLUCM,VOLU
/GSAV,cwz,gsav,,temp
MP,MU,1,0.1
MAT,1
R,4
REAL,4
ET,4,169
ET,5,172
KEYOPT,5,9,0
KEYOPT,5,10,2
R,4,
RMORE,
RMORE,,0
RMORE,0
! Generate the target surface
LSEL,S,,,8
LSEL,A,,,9
CM,_TARGET,LINE
TYPE,4
LATT,-1,4,4,-1
TYPE,4
LMESH,ALL
! Generate the contact surface
LSEL,S,,,1
CM,_CONTACT,LINE
```

TYPE,5

NSLL,S,1

ESLN,S,0

ESURF

*SET,_REALID,4

ALLSEL

ESEL,ALL

ESEL,S,TYPE,,4

ESEL,A,TYPE,,5

ESEL,R,REAL,,4

LSEL,S,REAL,,4

/PSYMB,ESYS,1

/PNUM,TYPE,1

/NUM,1

EPLOT

ESEL,ALL

ESEL,S,TYPE,,4

ESEL,A,TYPE,,5

ESEL,R,REAL,,4

LSEL,S,REAL,,4

CMSEL,A,_NODECM

CMDEL,_NODECM

CMSEL,A,_ELEMCM

CMDEL,_ELEMCM

CMSEL,S,_KPCM

CMDEL,_KPCM

CMSEL,S,_LINECM

CMDEL,_LINECM

CMSEL,S,_AREACM

```
CMDEL,_AREACM
CMSEL,S,_VOLUCM
CMDEL,_VOLUCM
/GRES,cwz,gsav
CMDEL,_TARGET
CMDEL,_CONTACT
/COM, CONTACT PAIR CREATION - END
*CREATE,cwzplot,mac
/COM,
/COM,PLOT CONTACT PAIR(S)
~eui,'::apdl::noprint 1'
~eui,'::apdl::nooutput 1'
!*
CM,_CWZ_EL,ELEM
CM,_CWZ_ND,NODE
CM,_CWZ_KP,KP
CM,_CWZ_LN,LINE
CM,_CWZ_AR,AREA
CM,_CWZ_VL,VOLU
ESEL,NONE
ESEL,A,REAL,,4
ESEL,R,ENAME,,169,170
NSLE
*GET,_z1,ELEM,,NUM,MAX
KSLN,S
LSLK,S,1
ASLL,S,1
/PNUM,REAL,1
/NUM,1
```

```
/PSYMB,ESYS,0
EPLOT
CMSEL,S,_CWZ_EL
CMDEL,_CWZ_EL
CMSEL,S,_CWZ_ND
CMDEL,_CWZ_ND
CMSEL,S,_CWZ_KP
CMDEL,_CWZ_KP
CMSEL,S,_CWZ_LN
CMDEL,_CWZ_LN
CMSEL,S,_CWZ_AR
CMDEL,_CWZ_AR
CMSEL,S,_CWZ_VL
CMDEL,_CWZ_VL
!*
/PSYMB,ESYS,0
/NUM,0
/PNUM,TYPE,0
/PNUM,REAL,0
/mrep,cwzplot
~eui,'::apdl::nooutput 0'
~eui,'::apdl::noprint 0'
*END
cwzplot
*CREATE,cwzplot,mac
/COM,
/COM,PLOT CONTACT PAIR(S)
~eui,'::apdl::noprint 1'
~eui,'::apdl::nooutput 1'
```

```
!*
CM,_CWZ_EL,ELEM
CM,_CWZ_ND,NODE
CM,_CWZ_KP,KP
CM,_CWZ_LN,LINE
CM,_CWZ_AR,AREA
CM,_CWZ_VL,VOLU
ESEL,NONE
ESEL,A,REAL,,4
ESEL,R,ENAME,,169,170
NSLE
*GET,_z1,ELEM,,NUM,MAX
KSLN,S
LSLK,S,1
ASLL,S,1
/PNUM,REAL,1
/NUM,1
/PSYMB,ESYS,1
EPLOT
CMSEL,S,_CWZ_EL
CMDEL,_CWZ_EL
CMSEL,S,_CWZ_ND
CMDEL,_CWZ_ND
CMSEL,S,_CWZ_KP
CMDEL,_CWZ_KP
CMSEL,S,_CWZ_LN
CMDEL,_CWZ_LN
CMSEL,S,_CWZ_AR
CMDEL,_CWZ_AR
```

```
CMSEL,S,_CWZ_VL
CMDEL,_CWZ_VL
!*
/PSYMB,ESYS,0
/NUM,0
/PNUM,TYPE,0
/PNUM,REAL,0
/mrep,cwzplot
~eui,'::apdl::nooutput 0'
~eui,'::apdl::noprint 0'
*END
cwzplot
!*
CM,_CWZ_EL,ELEM
CM,_CWZ_ND,NODE
CM,_CWZ_KP,KP
CM,_CWZ_LN,LINE
CM,_CWZ_AR,AREA
CM,_CWZ_VL,VOLU
ESEL,NONE
ESEL,A,REAL,,4
ESEL,R,ENAME,,169,170
NSLE
*GET,_z1,ELEM,,NUM,MAX
KSLN,S
LSLK,S,1
ASLL,S,1
*CREATE,cwzplot,mac
/COM,
```

```
/COM,PLOT CONTACT PAIR(S)
~eui,'::apdl::noprint 1'
~eui,'::apdl::nooutput 1'
/PNUM,REAL,1
/NUM,1
/PSYMB,ESYS,1
EPLOT
/PSYMB,ESYS,0
/NUM,0
/PNUM,TYPE,0
/PNUM,REAL,0
/mrep,cwzplot
~eui,'::apdl::nooutput 0'
~eui,'::apdl::noprint 0'
*END
cwzplot
*SET,_REALID,4
FLST,5,2,2,ORDE,2
FITEM,5,83
FITEM,5,-84
CM,_ELMCM,ELEM
ESEL,S, , ,P51X
ESURF,,REVERSE
/REPLOT
CMSEL,S,_ELMCM
CMDELE,_ELMCM
!*
CMSEL,S,_CWZ_EL
CMDEL,_CWZ_EL
```

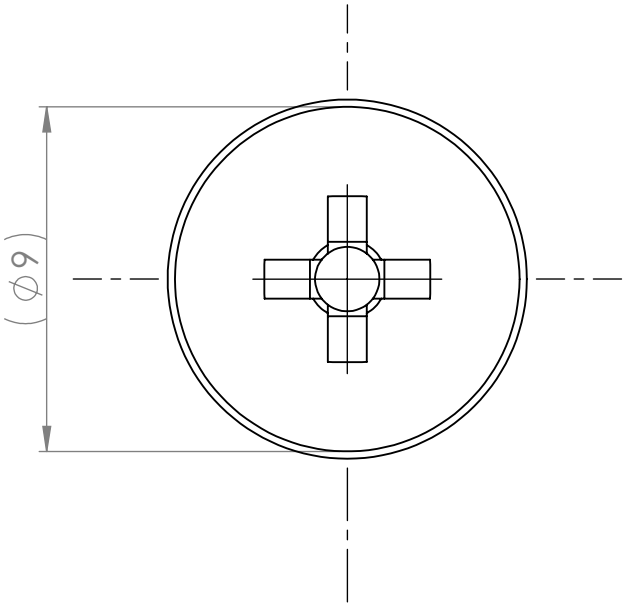
```
CMSEL,S,_CWZ_ND
CMDEL,_CWZ_ND
CMSEL,S,_CWZ_KP
CMDEL,_CWZ_KP
CMSEL,S,_CWZ_LN
CMDEL,_CWZ_LN
CMSEL,S,_CWZ_AR
CMDEL,_CWZ_AR
CMSEL,S,_CWZ_VL
CMDEL,_CWZ_VL
!*
!*
CM,_CWZ_EL,ELEM
CM,_CWZ_ND,NODE
CM,_CWZ_KP,KP
CM,_CWZ_LN,LINE
CM,_CWZ_AR,AREA
CM,_CWZ_VL,VOLU
ESEL,NONE
ESEL,A,REAL,,4
ESEL,R,ENAME,,169,170
NSLE
*GET,_z1,ELEM,,NUM,MAX
KSLN,S
LSLK,S,1
ASLL,S,1
*CREATE,cwzplot,mac
/COM,
/COM,PLOT CONTACT PAIR(S)
```

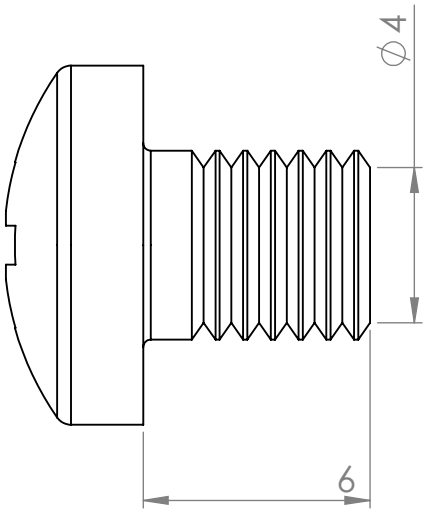
```
~eui,'::apdl::noprint 1'
~eui,'::apdl::nooutput 1'
/PNUM,REAL,1
/NUM,1
/PSYMB,ESYS,1
EPLOT
/PSYMB,ESYS,0
/NUM,0
/PNUM,TYPE,0
/PNUM,REAL,0
/mrep,cwzplot
~eui,'::apdl::nooutput 0'
~eui,'::apdl::noprint 0'
*END
cwzplot
*SET,_REALID,4
CMSEL,S,_CWZ_EL
CMDEL,_CWZ_EL
CMSEL,S,_CWZ_ND
CMDEL,_CWZ_ND
CMSEL,S,_CWZ_KP
CMDEL,_CWZ_KP
CMSEL,S,_CWZ_LN
CMDEL,_CWZ_LN
CMSEL,S,_CWZ_AR
CMDEL,_CWZ_AR
CMSEL,S,_CWZ_VL
CMDEL,_CWZ_VL
!*
```

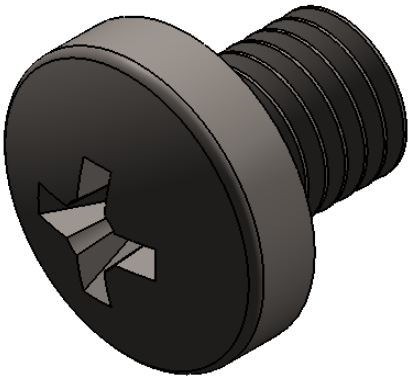
```
/MREP,EPLOT

!* Boundary conditions

DK,12, ,-(r+E+E/1.5), ,0,UY, , , , , ,
!FK,12,FY,-60*50
DL,4, ,SYMM
/SOL
ANTYPE,0
NLGEOM,1
AUTOTS,on ! Auto time-search on
NSUBST,10000,100000,50 ! 20 load steps
OUTRES,ALL,ALL
SAVE
solve
```







universite de médéa		
DESSIN	Vise à tete fendue	N°03
PFE		Ech 1:5
05/06/16	NOURI-DINE	