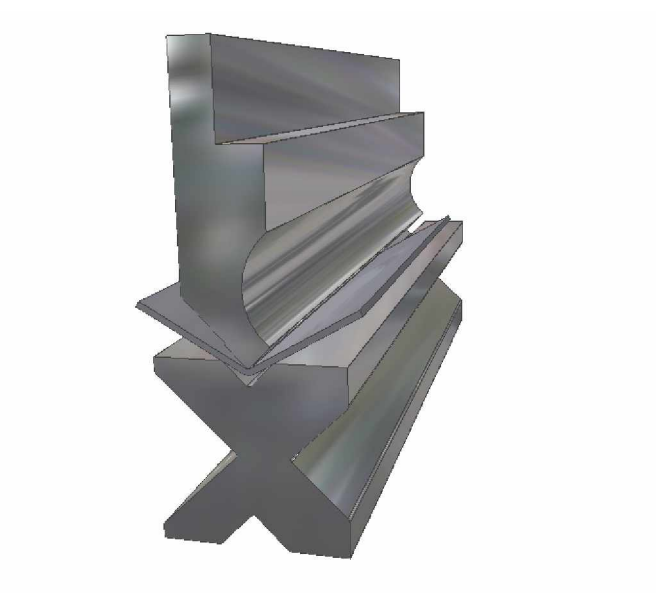


# **Le pliage des tôles**



## **Chapitre 7**

# **Le pliage en frappe**

## 1. Déroulement du pliage en frappe :

Réservé aux épaisseurs de tôle jusqu'à 2 mm, le pliage en frappe est un pliage combiné :

- Première phase : la tôle subit un pliage en l'air jusqu'à ce que les bords de la tôle arrivent au contact des faces du vé. On considère alors que, jusque là, le contact entre la tôle et l'outillage s'effectue suivant trois droites :

§ L'extrémité du contre vé,  
§ Les deux lignes d'entrée dans le vé.

- Deuxième phase : le pli est contraint d'épouser le profil de l'outillage et la tôle fait l'objet d'un « matriçage » qui lui confère une propriété remarquable : l'angle obtenu est celui de l'outillage. C'est cette deuxième phase qui constitue la « frappe ».
- Ce matriçage est obtenu au prix d'un effort de pliage considérablement accentué par rapport au pliage en l'air : il est couramment admis que la force est de trente tonnes par mètre d'arête et par millimètre d'épaisseur soient trente tonnes pour 1000 mm<sup>2</sup> de section pliée :

$$\begin{aligned}\bar{O} \quad F &= 30 * 10^{-4} \text{ N} / 1000 \text{ mm}^2 \\ \bar{O} \quad F &= 30 \text{ DaN} / \text{mm}^2\end{aligned}$$

- Paradoxalement, le pliage est dit en frappe bien qu'aucun choc ne soit subi par la tôle. La désignation « frappe » est à prendre comme un terme de métier.
- Enfin, la tôle fait localement l'objet d'un écrouissage élevé au niveau du pli. C'est à ce niveau que le métal atteint des valeurs d'élasticité les plus importantes qui donne au pli une raideur particulière. Après pliage, le pli ne se rouvre pas comme en pliage en l'air quand les deux outils libèrent la tôle. On a coutume de dire alors que le pliage en frappe « brise » l'élasticité de la tôle. Il faut bien sûr entendre qu'il brise les effets de l'élasticité rémanente de la tôle.
- On considère généralement que le développement s'effectue en cotes intérieures. La perte au pli dans ce cas est de  $- 2 * E_p$ .
- Dans l'exemple suivant nous prendrons :

§ Une tôle d'épaisseur 1mm,  
§ Un vé de 6

- Ø Le calcul nous fournit les rayons **Ril**, **Rex** et **Ri** de la phase en l'air.
- Ø Nous en déduisons l'aire dans la section normale pour la phase en l'air.
- Ø Les cotes intérieures nous permettent de calculer les rayons **Ril**, **Rex** et **Ri** de la phase en frappe.
- Ø A volume constant, nous avons la même aire.
- Ø D'où l'aire des rectangles et l'isoline rectiligne correspondante

## 2. Etude du pliage en frappe :

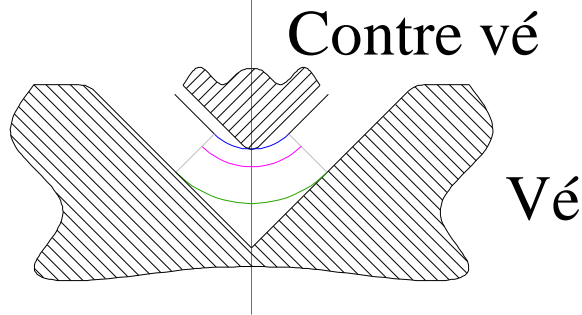
- Notre objectif est d'analyser cette technique et de proposer une explication à l'absence de retour élastique après pliage.
- Nous allons procéder en deux temps :
  - § Premier temps : analyse des déformations dans un cas fictif où l'épaisseur est considérée constante.
  - § Deuxième temps : analyse des déformations dans le cas réel où l'épaisseur diminue au niveau du pli.

### 2.1. observation du pli sans prise en compte de la diminution de l'épaisseur :

- Dans l'hypothèse d'un volume constant, représentons le pli dans les deux phases du pliage en frappe :

§ la phase de pliage en l'air :

Pliage en l'air



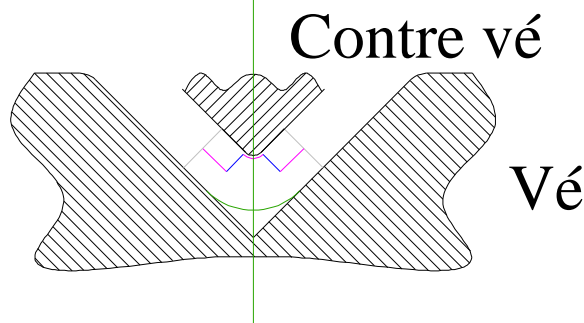
Ep	1
Vé	6

Ril Air	1,293
Rex Air	1,969
Ri Air	0,969
Aire Air	2,307

Ril Frappe	0,255
Rex Frappe	1,2
Ri Frappe	0,2
Aire Frappe	2,307

§ la phase de pliage en frappe :

Pliage en frappe



Aire Rectangles	1,208
L Rectangles	0,604

Extrados initial	3,093
Extrados final	3,093
Différence en %	0,00

Intrados initial	1,522
Intrados final	1,522
Différence en %	0,00

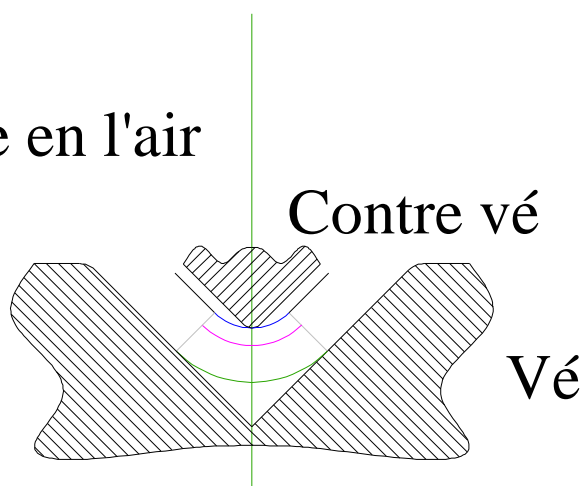
## 2.2. Analyse des transformations à épaisseur constante :

- La zone prise en compte est réduite à la seule partie déformée dans la phase de pliage en l'air. Nous reprenons cette zone, à aires égales, dans la phase de pliage en frappe afin d'observer à quels types de contraintes les différentes parties seraient soumises.
  - Les effets de l'élasticité rémanente ne sont pas observés à l'issue de la frappe : le pli ne s'ouvre pas. Or cette élasticité n'a pas disparu, bien au contraire : on sait que l'écrouissage accroît la valeur de la limite élastique du métal. Nous pouvons donc penser qu'il se produit un équilibrage des contraintes d'extension et de compression au niveau du pli tel qu'aucune réouverture ne soit observée à l'issue du pliage.
  - Comment sont calculées les valeurs figurant dans le tableau à droite des figures :
    - §  $R_{il\ Air}$  et  $R_{ex\ Air}$  ont été déterminées par nos relations de perte au pli cas général. Nous en déduisons  $R_{i\ Air}$  puis Aire Air.
    - §  $R_{i\ Frappe}$  correspond au rayon du contre vé d'où nous déduisons  $R_{ex\ Frappe}$ .
    - § Aire Frappe est identique à Aire Air en raison de l'hypothèse du volume constant.
    - §  $R_{il\ Frappe}$  est lié à la valeur de la perte au pli de  $-2 * E_p$ .
    - § La zone considérée au départ se situe entre l'arc de rayon  $R_{ex\ Air}$  et celui de rayon  $R_{i\ Air}$ .
    - § Lors de la frappe, cette zone se transforme en trois parties :
      - La zone située entre les deux arcs  $R_{ex\ Frappe}$  et  $R_{i\ Frappe}$ ,
      - Les deux rectangles de part et d'autre de cette zone.
    - La première zone est calculée puis soustraite à l'Aire Frappe pour connaître celle des deux rectangles d'où la longueur L.
    - Intrados et extrados correspondent aux longueurs des lignes intérieure et extérieure.
  - Que constatons-nous :
    - § Nous observons une migration sensible de l'isoligne vers l'intérieur du pli lors de la frappe.
    - § Après calculs, les longueurs des arcs extérieurs et intérieurs en l'air sont égales à la somme des arcs correspondants en frappe et des deux longueurs L des rectangles (1,52 et 3,09 mm).
- Les contraintes d'extension à l'extérieur et de compression à l'intérieur n'ont pas varié dans cette simulation.

## 2.3. observation du pli avec prise en compte de la diminution de l'épaisseur :

- Nous savons qu'en réalité le pliage en frappe produit une diminution sensible de l'épaisseur.
- Dans ce cas, l'observation d'une pièce pliée en frappe montre que le rayon extérieur ne passe pas de 1,97 à 1,2 mm mais ne diminue que d'environ 20% de la différence soit 1,81 mm ce qui se traduit par les dessins suivants :

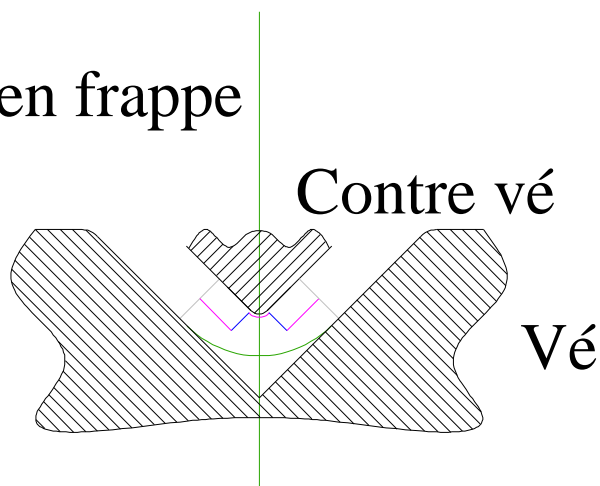
## Pliage en l'air



Ril Air	1,293
Rex Air	1,969
Ri Air	0,969
Aire Air	2,307

Ril Frappe	0,255
Rex Frappe	1,815
Ri Frappe	0,2
Aire Frappe	2,307

## Pliage en frappe



Aire Rectangles	0,376
L Rectangles	0,188

Extrados initial	3,093
Extrados final	3,227
Différence en %	4,153

Intrados initial	1,522
Intrados final	1,921
Différence en %	20,747

### 2.4. Analyse des transformations à épaisseur réelle :

- En effectuant les calculs on se rend compte que la frappe provoque un allongement de l'extrados du pli (**Rex**) de 4,15% et de l'intrados (**Ri**) de 20,75%. Sous l'effet de l'extension, ces déformations vont provoquer des contraintes rémanentes de retrait nettement en faveur de l'intrados du pli, de l'ordre de 16,60%.
  - ⊖ Il y a une tendance à la fermeture du pli à la suite de la frappe.
  - ⊖ Cette tendance s'oppose à l'effet d'ouverture provoqué par la phase de pliage en l'air et la compense d'où le maintien de l'angle de 90° après pliage.