

## ***Chapitre 2***

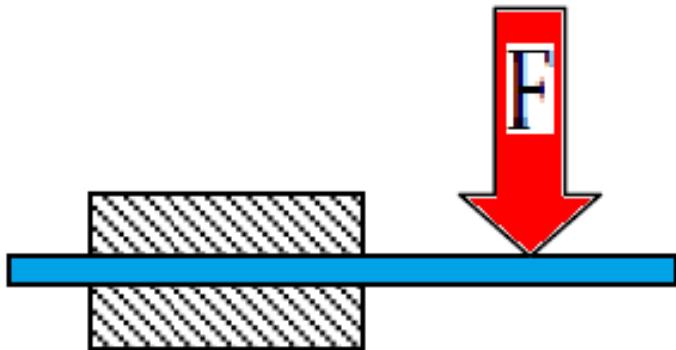
# **PROCEDES D'OBTENTION DES PIECES PAR DEFORMATION PLASTIQUE**

***Partie A:***      **LE PLIAGE DES TOLES**

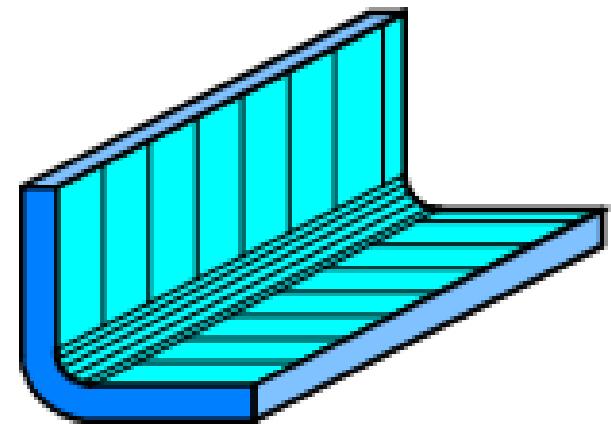
## 1- Définition:

Le pliage est une opération de mise en forme qui consiste à appliquer sur une tôle plane, un effort de flexion  $F$  permettant la formation d'un angle dont l'arête est rectiligne et plus ou moins arrondie.

Le pliage peut être considéré comme un cintrage de faible rayon.



a) tôle avant le pliage



b) tôle après le pliage

## 2 - Description d'une pièce pliée:

Une pièce en tôle pliée a les caractéristiques géométriques suivantes:

$e$  : épaisseur

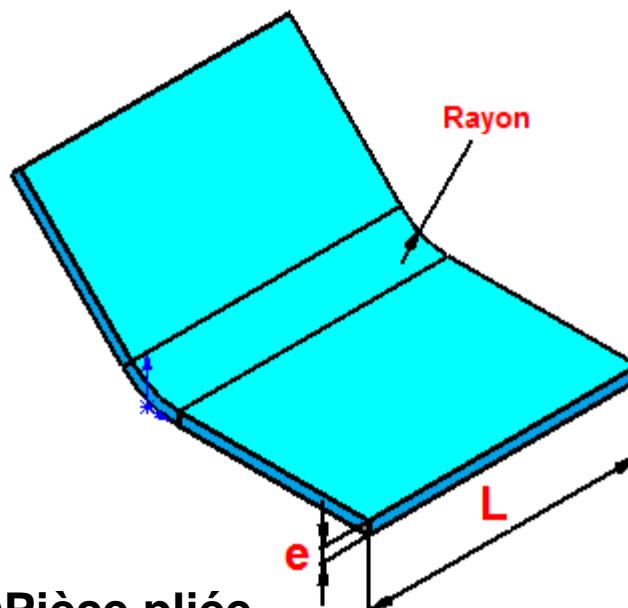
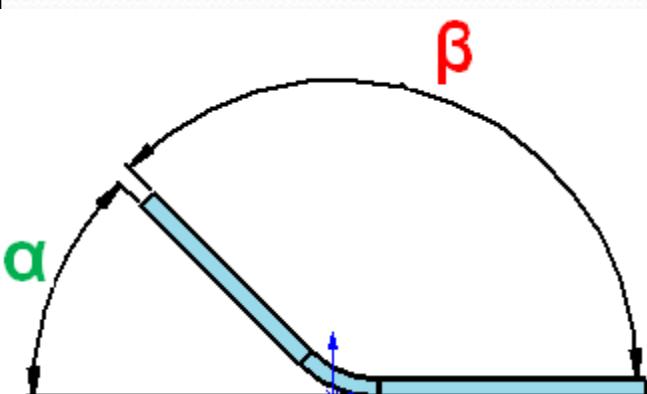
$LD$  : Longueur développée

$L$  : Longueur à plier

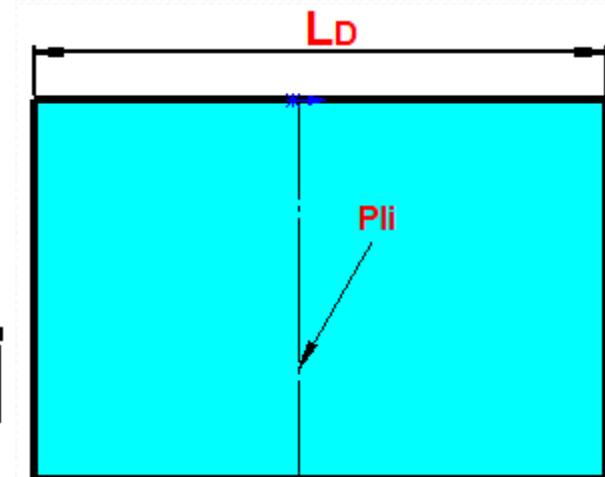
$R$  : Rayon de pliage

$\beta$ : Angle intérieur de pliage

$\alpha$  : Angle de pliage



a)Pièce pliée

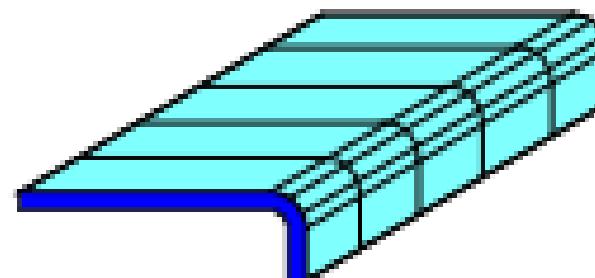
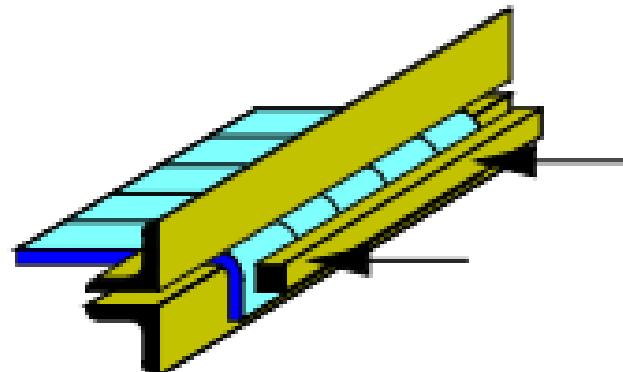


b) pièce développée

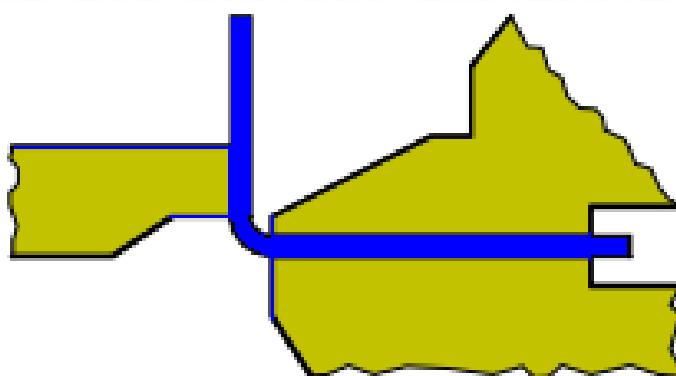
### 3 -Principe de pliage

Le pliage s'obtient par un effort de flexion provoqué sur toute la longueur du pli soit :

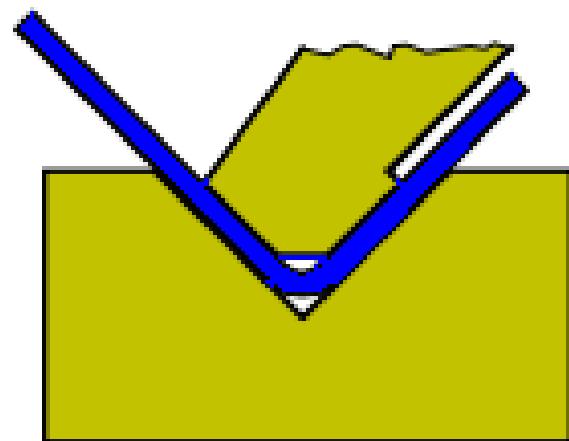
3.1. Manuellement: (Par pression ou par chocs}.



3.2. Mécaniquement: (Sur plieuse ou sur presse plieuse).



Pliuse



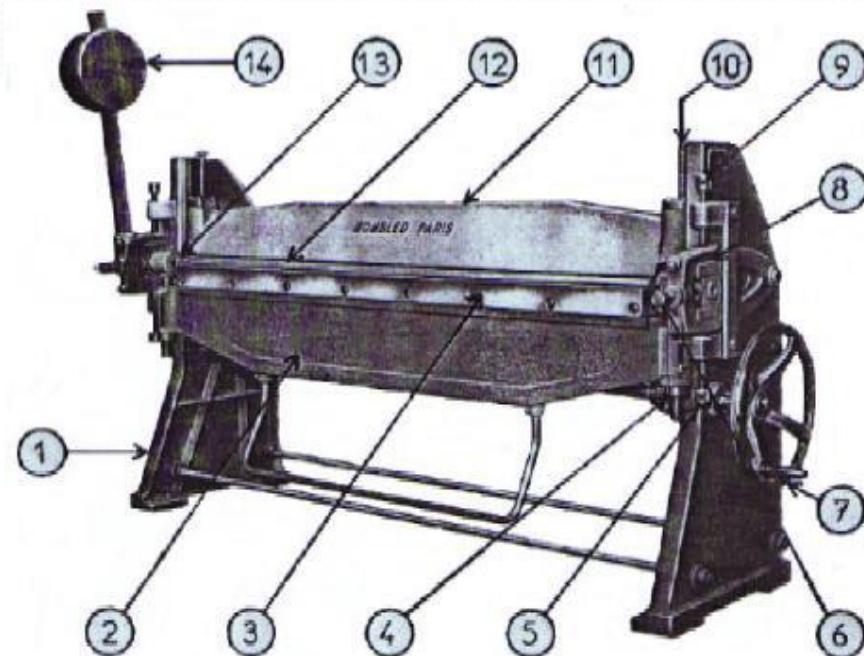
Presse plieuse

## 4- Les machines de pliages:

### 4-1- Plieuse universelle manuelle

Cette machine est utilisée pour les petites séries, elle permet des pliages assez complexes pour des tôles de dimension importantes, avec une qualité et précision moyenne.

Bâti : maintient les différents organes	1	Etrier : permet le désaxage de la rotation du tablier	8
Tablier : tient et dirige la règle pendant le mouvement de rotation	2	Vis : maintien en position l'étrier de désaxage	9
Règle : guide la carre du pli pendant sa formation	3	Vis : guide la montée / descente du sommier	10
Vis : règle la position du tablier (rayon ext. De pliage)	4	Sommier : guide la pince et serre fortement la tôle sur la table	11
Vis : règle la monté / descente de l'étrier de désaxage	5	Pince : limite la carre du pli pendant sa formation	12
Vis : règle l'écartement du tablier	6	Tourillon : axe de rotation du sommier	13
Volant : permet la montée / descente du sommier	7	Contre poids : limite l'effort de l'opérateur en équilibrant le mouvement à vide	14



## 4-2-Plieuse presse universelle

C'est une plieuse mécanique hydraulique dont les principaux organes de pliage sont le poinçon (contre vé) et la matrice (vé de pliage), l'effort nécessaire au pliage est produit par des vérins. Le poinçon descend avec une force F et produit un effort de flexion sur la tôle qui, elle descend dans la matrice et forme le pli.

• Bâti fixe ou tablier inférieur	1	• Partie active de la machine voir description	7
• Table mobile supérieur ou coulisseau	2	• Commande manuelle ou à pied	8
• Pupitre de commande et de programmation	3	• Armoire électrique	9
• Document technique	4	• Sélecteur de mode de travail	10
• Bouton d'arrêt d'urgence	5		
• Carter de protection mobile	6		



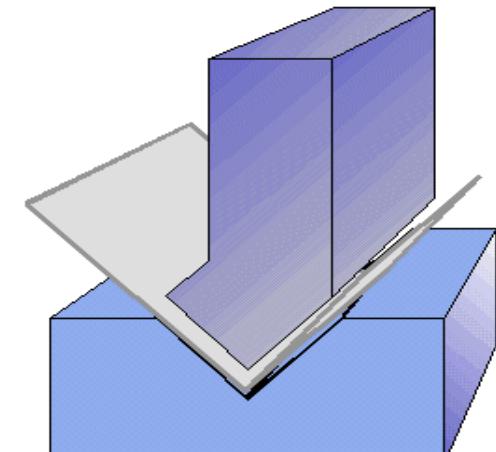
**Le pliage à la presse est réalisé suivant deux techniques fondamentales que sont :**

- Pliage en frappe**
- Pliage en l'air**

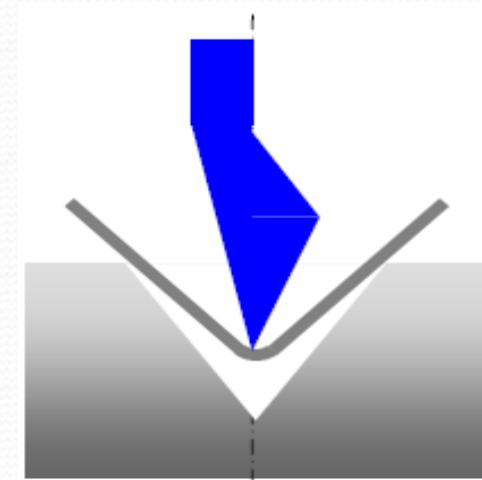
### a) Pliage en frappe

Le poinçon entraîne les deux branches libres du pli jusqu'au contact des faces intérieures de la matrice, il en résulte un écrouissage de la zone pliée et l'angle obtenu est sensiblement égale à celui du vé.

Cette technique permet d'obtenir des pièces précises, mais elle nécessite des efforts de pliage importants (environ 30t/m/mm d'ép.). Il faut un outillage pour chaque angle et il est limité aux tôles jusqu'à 2 mm d'épaisseur.



**pliage en frappe**



**pliage en l'air**

### b) Pliage en l'air

Les branches libres du pli ne viennent pas au contact des faces intérieures du vé. La limitation de la descente du poinçon et l'écartement du vé, permettent d'obtenir les plis aux angles désirés.

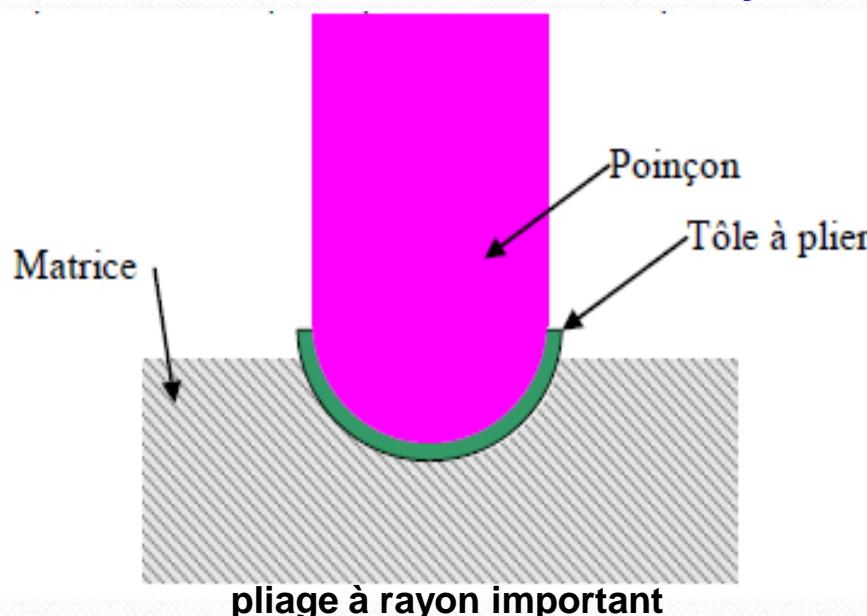
#### **4-3-Outillage et formes réalisées**

Les outils utilisés pour le pliage sont en acier traité, et ils sont classés en deux catégories :

- Outils simples: de formes très varié, ils sont les plus utilisés en tôlerie, chaudronnerie.
- Outils combinés: ils peuvent effectuer plusieurs opérations simultanées (plusieurs plis, des poinçonnages, découpages...). Ces outils sont très spécialisés et coûteux.

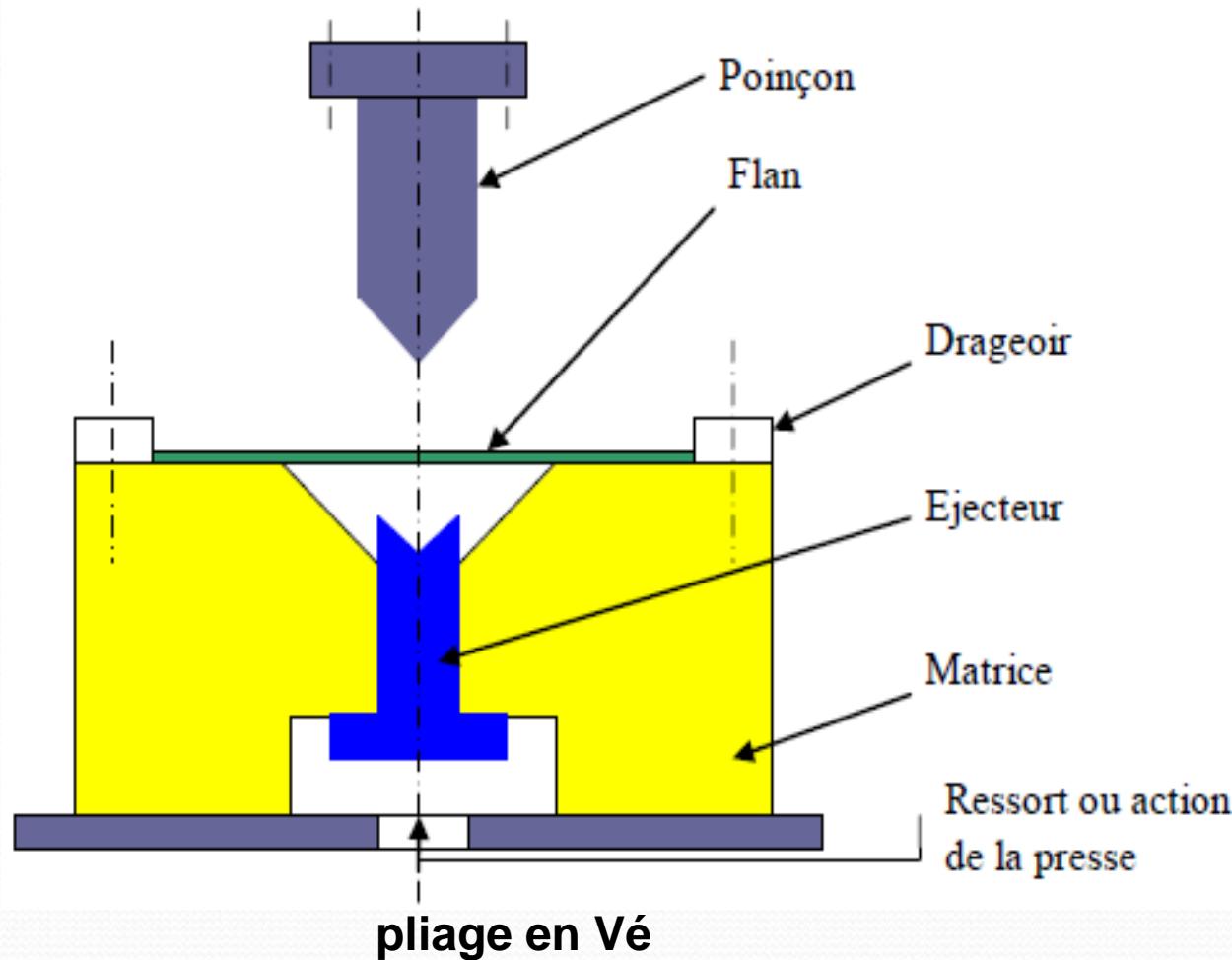
##### **a) Pliage à rayon important**

**Le rayon de pliage est imposé par la forme du poinçon et de la matrice**

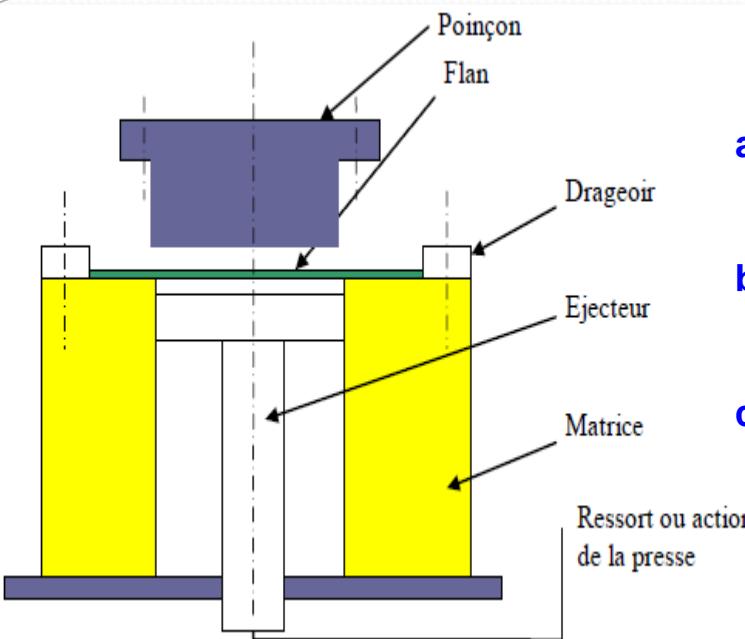


## b) Pliage en V

Outilage simple, le poinçon est fixé sous le coulisseau de presse, la matrice sur la table. Un éjecteur facilite la récupération de la pièce et drageoir positionne le flan sur la matrice.



### c) Pliage en U



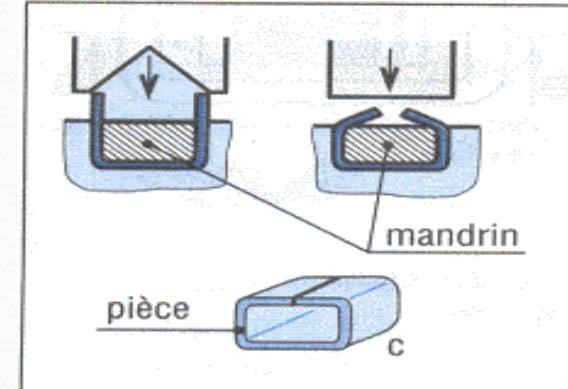
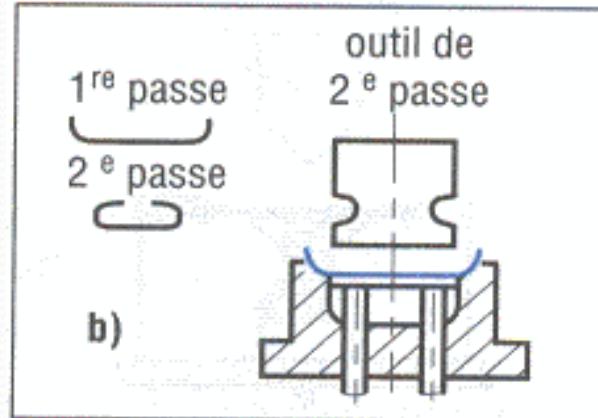
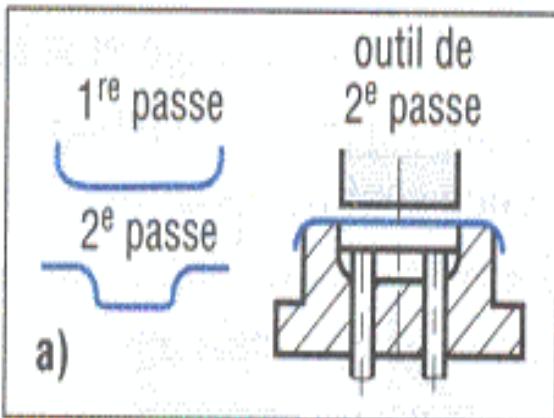
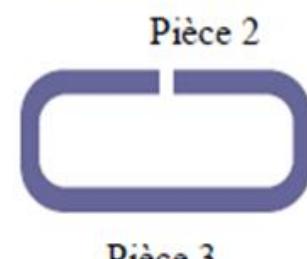
a) Pliage avec ailes extérieures (pièce 1)



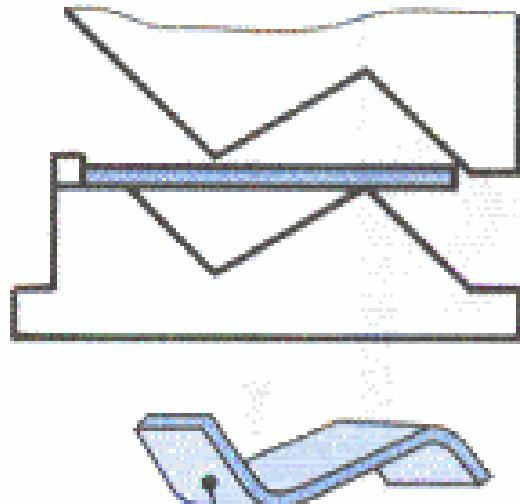
b) Pliage avec ailes intérieures (pièce 2)



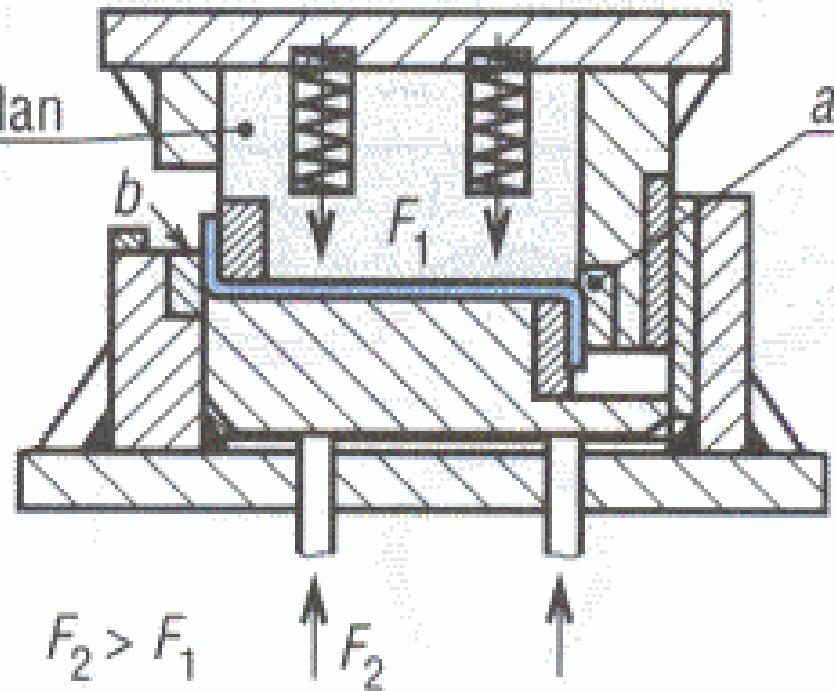
c) Pliage fermé (pièce 3)



#### d) Pliage en Z



serre-flan

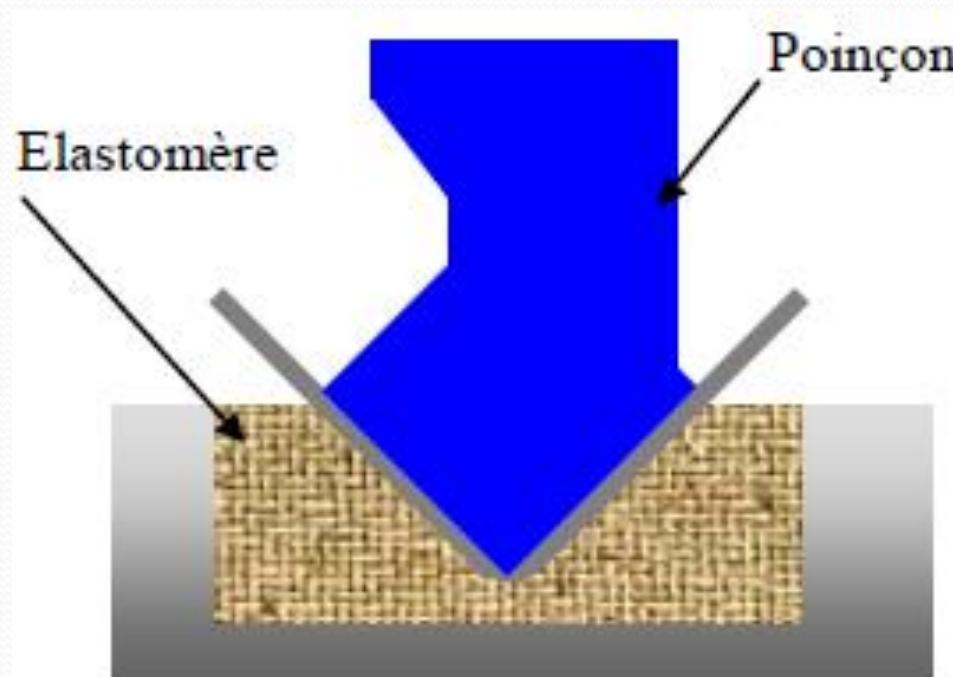


pièce obtenue

**outil de pliage en Z**

## e) Pliage sur élastomère

Ce procédé consiste à remplacer la matrice en métal par un coussin élastique en caoutchouc enchâssé dans un support métallique. Le pliage à l'aide d'un outil élastique convient particulièrement à la mise en œuvre des tôles minces. Cette technique a l'avantage de ne jamais marquer la tôle.

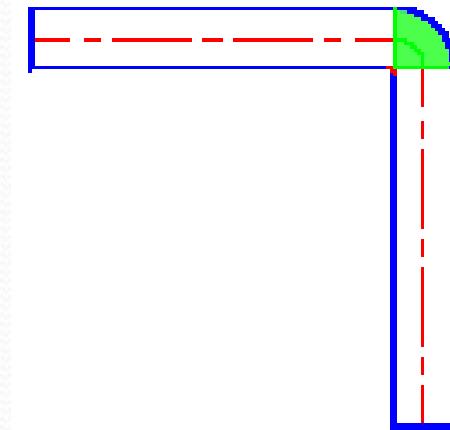


pliage sur élastomère

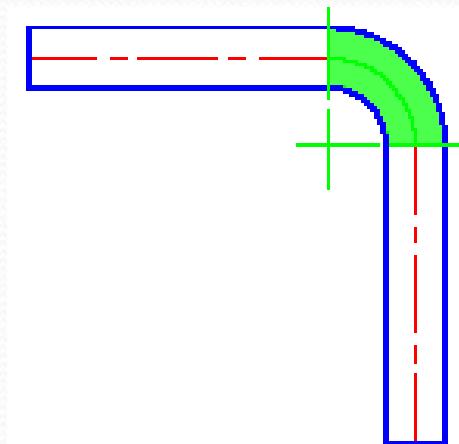
## 5- Le rayon de pliage

### 5-1- Introduction:

Ce qu'on cherche est d'avoir un rayon minimum garantissant l'épaisseur uniforme et un allongement des fibres qui soit accepté par le matériau. Pas d'amorce de rupture (figb).



a) théorique



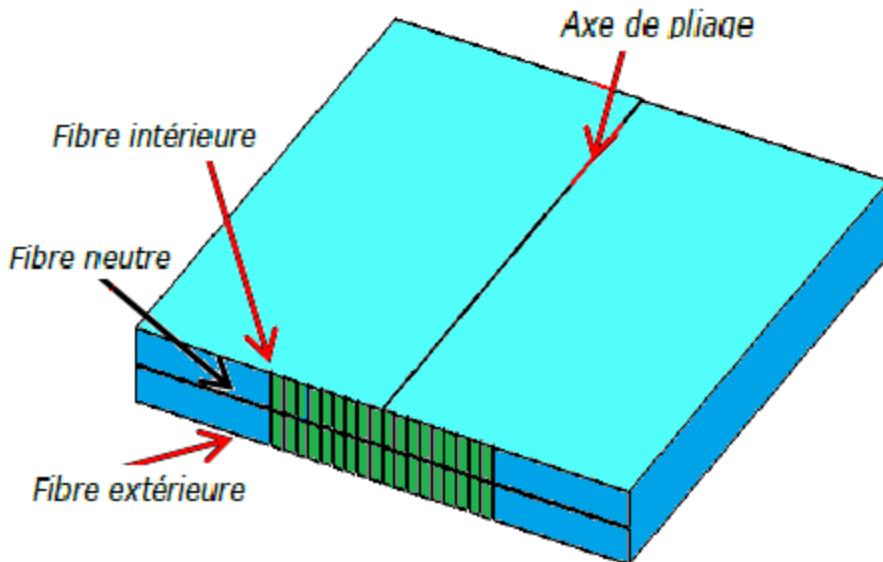
b) parfait

Les paramètres influençant le rayon mini sont :

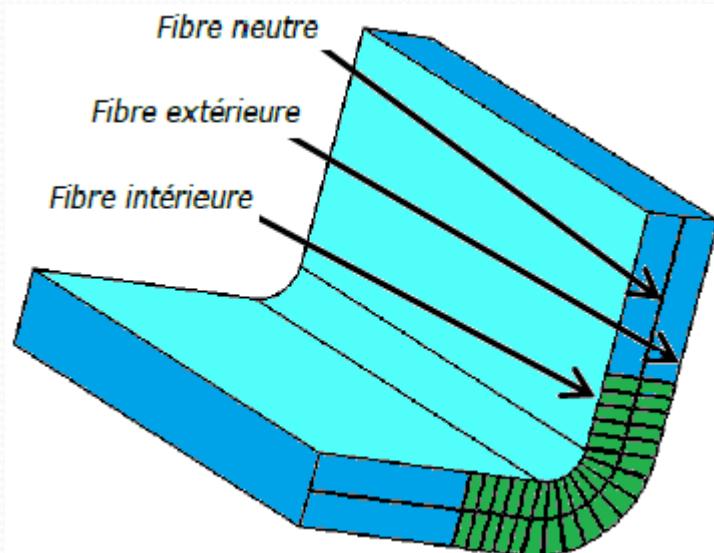
- Capacité d'allongement des fibres du matériau sans rupture
- La nature du matériau
- Son état recuit ou écroui
- Son épaisseur

## 5-2- Déformation de la zone pliée:

Pendant le pliage la zone de déformation de la pièce est exposée aux contraintes de compression pour les fibres situées vers les rayons intérieurs et aux contraintes de traction pour les fibres extérieures. Cette contrainte s 'annule sur la fibre non déformée dénommée la fibre neutre.



tôle avant le pliage



tôle après le pliage

### 5-3- Rayon minimum de pliage:

Le rayon minimum de pliage diminue lorsque la capacité de déformation plastique du métal augmente.

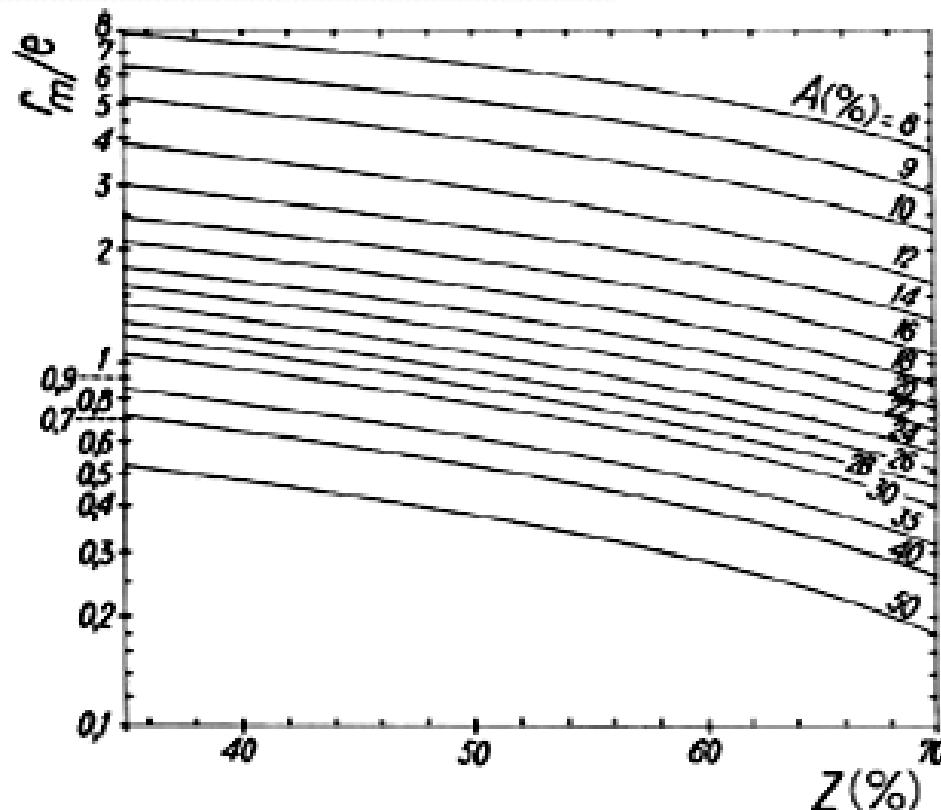
$$\frac{R_{mini}}{e} = \frac{1}{\left[ \frac{A-4}{100-Z} \right] \times \left[ \frac{A-4}{(100-Z)} + 2 \right]}$$

$R_{mini}$  : Rayon minimal de pliage

$e$  : Epaisseur de la tôle

$A\%$  : Allongement après rupture

$Z\%$  : Cœfficient de striction



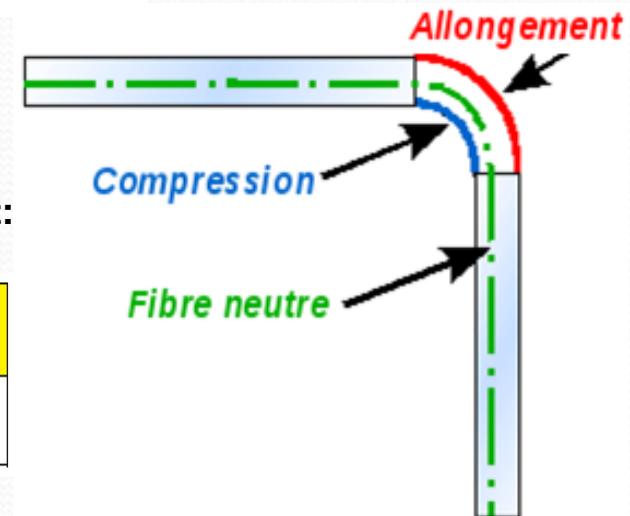
#### 5-4- Rayon de fibre neutre:

Le rayon de fibre est donné par la relation:  $R_f = R_i + K \times e$

avec:

K coefficient qui dépend du rapport  $R_i / e$  donné par le tableau suivant:

$R_i / e$	> 0.65	> 1.00	> 1.50	> 2.40	> 3.80
K	0.30	0.35	0.4	0.45	0.50

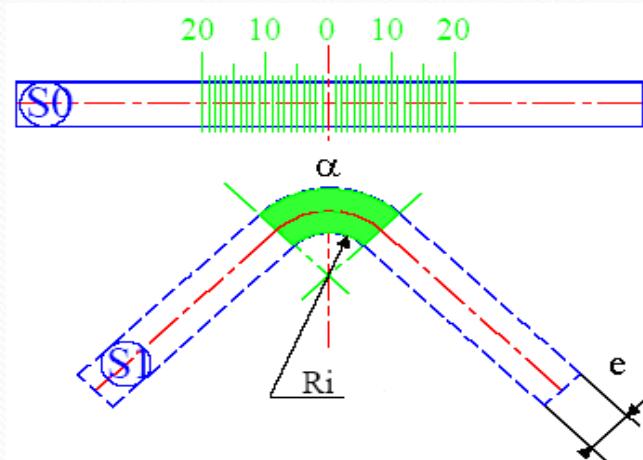


#### 5-5- Allongement de la fibre extérieure:

C'est l'allongement supporté par les fibres les plus tendues.

Il est défini par la relation:

$$A\% = \frac{(R_i + e)\alpha - (R_i + e/2)\alpha}{(R_i + e/2)\alpha} \times 100$$

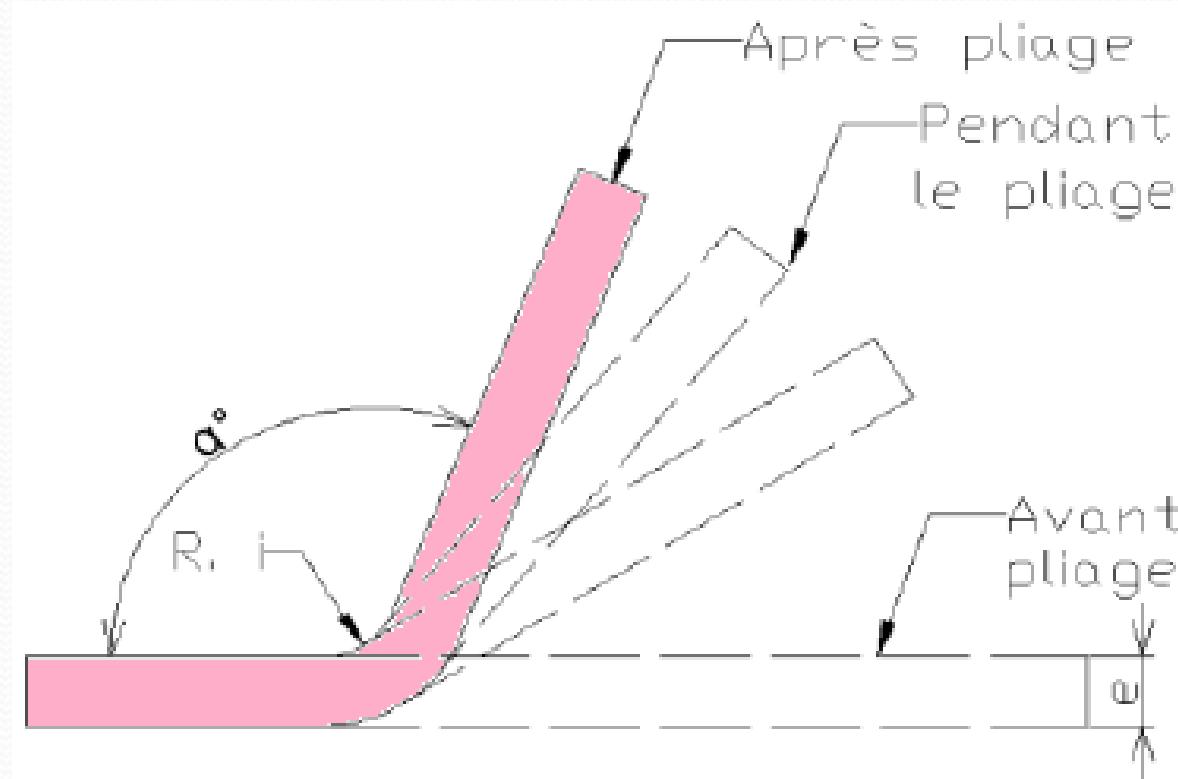


## 6- Détermination de la longueur développée

### 6-1- but:

L'importance de la détermination de la longueur du flan (longueur avant pliage) concerne notamment

- L'économie de la matière.
- Le réglage de la position des butées lors de l'opération de pliage.



## 6- 1- Méthode de calcul:

### 1ère Méthode (Calcul théorique)

Le développement du flan est donné par la longueur de la fibre neutre

Quelque soit la valeur de l'angle de pliage la longueur développée est donnée par la formule suivante :  $LD = A1 + A2 - C$

$$\cotg \left( \frac{180 - \beta}{2} \right) = \frac{Y}{R + e}$$

$$Y = (R + e) \cotg \left( \frac{180 - \beta}{2} \right)$$

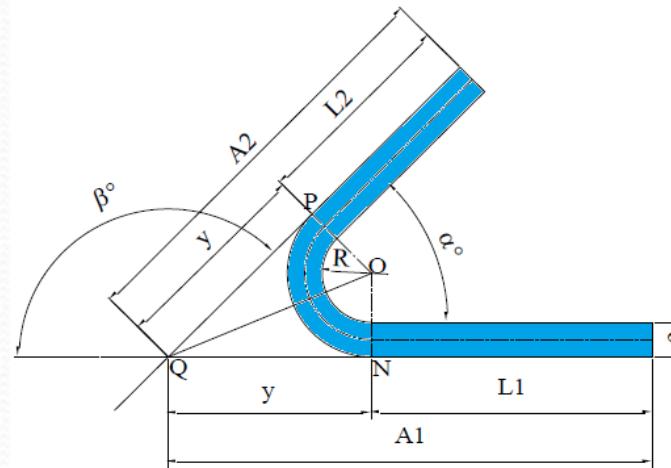
La valeur de  $C$  est donnée par la formule suivante :

$$C = 2(R + e)\cotg\left(\frac{180 - \beta}{2}\right) - \frac{\pi}{180}(R + ke)\beta$$

Si la pièce contient ( $n$ ) plis, on aura alors:

$$LD = \sum_{i=1}^{n+1} Ai - \sum_{i=1}^{i=n} Ci$$

Il existe des abaques permettant de déterminer  $C$  rapidement en donnant l'épaisseur de la tôle, l'angle et le rayon de pliage.



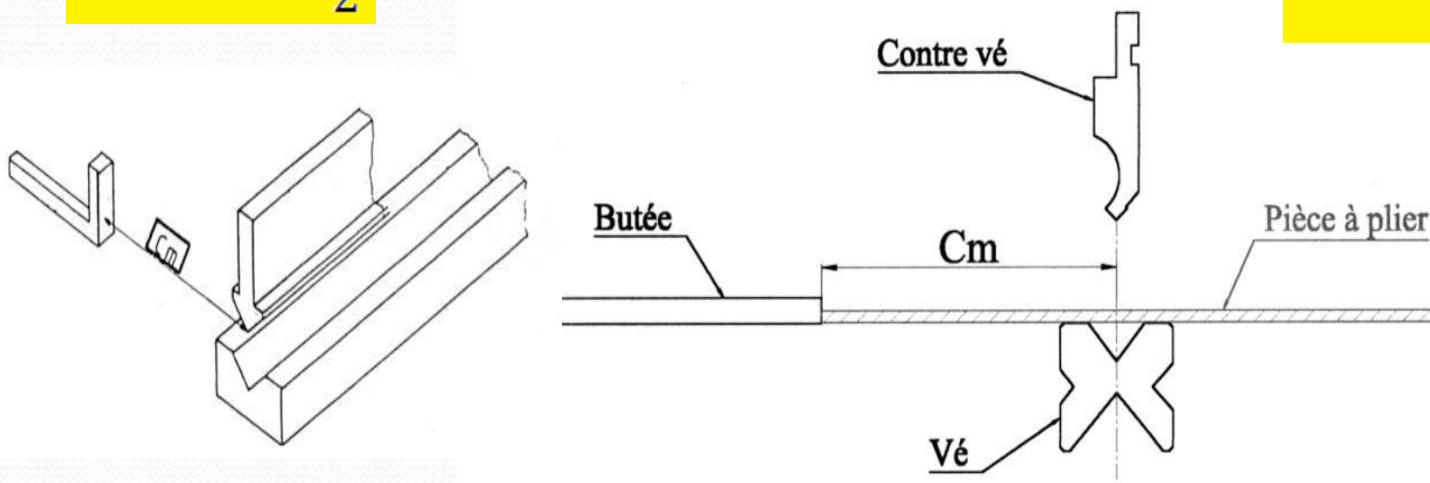
## 7- Cotes de mise en butée (Cote machine Cm):

La côte machine (Cm) est la distance entre la butée et l'outil (axe du Vé ou arrête du contre-vé). C'est la côte de référence du pli sur la pièce.

$$Cm = A_1 - \frac{c}{2}$$

; Si la pièce contient (n) plis, on aura alors:

$$Cmi = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{i=1}^{n-1} C_i - \frac{c_n}{2}$$



### 2ème Méthode (Méthode de delta L)

La longueur développée avec cette méthode est la suivante :

**Ld =  $\Sigma$  des cotes extérieures + un  $\Delta L$  pour chaque pli**

- La cote de traçage (ou cote machine Cm) sera la suivante :

Cm = **la cote extérieure + un  $\Delta L/2$**

## ABAQUE DE PERTE AU PLI (PLIAGE)

## **Rayon intérieur**

## Largeur du Vé

### Force (T/m)

## Bord minimum

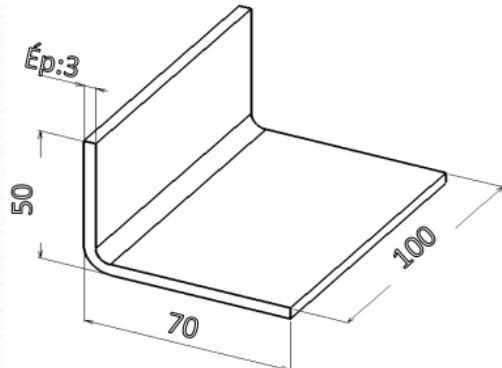
## Angle de pliage

ép	V	ri	F	b	165°	150°	135°	120°	105°	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°
0.6	6	1	4	4	-0.1	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.3	-1	-0.6	-0.3	0	+0.3	+0.3
	8	1.3	4	5.5	-0.1	-0.2	-0.4	-0.6	-0.9	-1.4	-1	-0.6	-0.2	+0.3	+0.7	+1
	6	1	7	4	-0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-1.1	-1.6	-1.3	0.9	-0.6	-0.3	+0.1	+0.1
0.8	8	1.3	5	5.5	-0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-1.1	-1.7	-1.3	-0.8	-0.4	0	+0.4	+0.4
	10	1.6	4	7	-0.1	-0.3	-0.5	-0.8	-1.2	-1.8	-1.3	-0.8	-0.3	+0.2	+0.7	+1
	6	1	11	4	-0.2	-0.4	-0.6	-0.9	-1.3	-1.9	-1.6	-1.2	-0.9	-0.5	-0.2	-0.1
1	8	1.3	8	5.5	-0.2	-0.4	-0.6	-0.9	-1.4	-2	-1.6	-1.1	-0.7	-0.3	+0.2	+0.2
	10	1.6	7	7	-0.2	-0.4	-0.6	-0.9	-1.4	-2.1	-1.6	-1.1	-0.5	0	+0.5	+1
	12	2	6	8.5	-0.2	-0.4	-0.6	-1	-1.5	-2.2	-1.6	-1	-0.3	+0.3	+0.9	+1
1.2	6	1	16	4	-0.2	-0.5	-0.8	-1.1	-1.6	-2.3	-1.9	-1.5	-1.2	-0.8	-0.5	-0.1
	8	1.3	12	3.5	-0.2	-0.5	-0.7	-1.1	-1.6	-2.3	-1.9	-1.4	-1	-0.6	-0.1	+0.1
	10	1.6	10	7	-0.2	-0.4	-0.7	-1.1	-1.6	-2.4	-1.9	-1.4	-0.8	-0.3	+0.2	+0.2
1.5	12	2	8	8.5	-0.2	-0.4	-0.7	-1.1	-1.7	-2.5	-1.9	-1.3	-0.6	0	+0.7	+1
	16	2.6	6	11	-0.2	-0.4	-0.7	-1.2	-1.8	-2.7	-1.9	-1.1	-0.3	+0.5	+1.3	+2
	8	1.3	17	5.5	-0.3	-0.6	-0.9	-1.4	-2	-2.8	-2.4	-1.9	-1.5	-1	-0.5	-0.1
1.5	10	1.6	15	7	-0.3	-0.6	-0.9	-1.4	-2	-2.9	-2.4	-1.8	-1.3	-0.7	-0.2	+0.1
	12	2	13	8.5	-0.3	-0.6	-0.9	-1.4	-2.1	-3	-2.4	-1.7	-1	-0.4	+0.3	+1
	16	2.6	9	11	-0.3	-0.5	-0.9	-1.4	-2.1	-3.2	-2.4	-1.5	-0.7	+0.1	+1	+1
2	20	3.3	8	14	-0.2	-0.5	-0.9	-1.4	-2.2	-3.4	-2.4	-1.4	-0.4	+0.7	+1.7	+2
	10	1.6	27	7	-0.4	-0.8	-1.3	-1.9	-2.7	-3.7	-3.2	-2.6	-2	-1.4	-0.9	-0.1
	12	2	22	8.5	-0.4	-0.8	-1.2	-1.8	-2.7	-3.8	-3.1	-2.5	-1.8	-1.1	-0.4	+0.1
2	16	2.6	17	11	-0.3	-0.7	-1.2	-1.9	-2.7	-4	-3.1	-2.3	-1.4	-0.5	+0.3	+1
	20	3.3	13	14	-0.3	-0.7	-1.2	-1.9	-2.8	-4.2	-3.2	-2.1	-1	0	+1.1	+2
	25	4	11	17.5	-0.3	-0.7	-1.2	-1.9	-2.9	-4.5	-3.2	-1.9	-0.7	+0.6	+1.8	+3
2.5	12	2	35	8.5	-0.5	-1	-1.6	-2.3	-3.3	-4.7	-4	-3.2	-2.5	-1.8	-1.1	+0.1
	16	2.6	26	11	-0.5	-0.9	-1.5	-2.3	-3.3	-4.8	-3.9	-3	-2.1	-1.2	-0.3	+0.1
	20	3.3	21	14	-0.4	-0.9	-1.5	-2.3	-3.4	-5	-3.9	-2.8	-1.7	-0.6	+0.5	+1
2.5	25	4	17	17.5	-0.4	-0.9	-1.5	-2.3	-3.5	-5.2	-3.9	-2.6	-1.4	-0.1	+1.2	+2
	32	5	13	22	-0.4	-0.9	-1.5	-2.4	-3.6	-5.6	-4	-2.4	-0.8	+0.7	+2.3	+3
	16	2.6	38	11	-0.6	-1.2	-1.9	-2.8	-4	-5.7	-4.7	-3.8	-2.9	-2	-1.1	-0.1
3	20	3.3	30	14	-0.5	-1.1	-1.8	-2.8	-4	-5.8	-4.7	-3.6	-2.5	-1.3	-0.2	+0.1
	25	4	24	17.5	-0.5	-1.1	-1.8	-2.8	-4.1	-6	-4.7	-3.4	-2.1	-0.7	-0.6	+1
	32	5	19	22	-0.5	-1.1	-1.8	-2.8	-4.2	-6.3	-4.7	-3.1	-1.5	+0.1	+1.7	+3
3	40	6.5	15	28	-0.5	-1	-1.8	-2.9	-4.5	-6.8	-4.8	-2.8	-0.8	+1.3	+3.3	+5
	20	3.3	54	14	-0.7	-1.6	-2.5	-3.7	-5.3	-7.5	-6.3	-5.2	-4	-2.8	-1.6	-0.1
	25	4	42	17.5	-0.7	-1.5	-2.5	-3.7	-5.3	-7.7	-6.3	-4.9	-3.5	-2.1	-0.7	+0.1
4	32	5	34	22	-0.7	-1.5	-2.4	-3.7	-5.4	-7.9	-6.3	-4.6	-2.9	-1.2	+0.4	+2
	40	6.5	27	28	-0.7	-1.4	-2.4	-3.7	-5.6	-8.4	-6.3	-4.2	-2.1	0	+2.1	+4
	50	8	21	35	-0.6	-1.2	-2.4	-3.8	-5.8	-8.9	-6.4	-3.9	-1.3	+1.2	+3.7	+6
5	25	4	67	17.5	-0.9	-1.9	-3.1	-4.6	-6.6	-9.4	-7.9	-6.5	-5.1	-3.6	-2.2	-0.1
	32	5	52	22	-0.9	-1.9	-3.1	-4.6	-6.7	-9.6	-7.9	-6.1	-4.4	-2.7	-0.9	+0.1
	40	6.5	42	28	-0.9	-1.8	-3	-4.6	-6.8	-10	-7.8	-5.7	-3.5	-1.3	+0.8	+3
5	50	8	33	35	-0.8	-1.8	-3	-4.7	-7	-10	-7.9	-5.3	-2.7	-0.1	+2.5	+5.5
	63	10	26	45	-0.8	-1.7	-3	-4.7	-7.3	-11	-8	-4.8	-1.7	+1.5	+4.6	+7
	32	5	75	22	-1.1	-2.3	-3.8	-5.6	-8	-11	-9.5	-7.7	-5.9	-4.1	-2.3	-0.1
6	40	6.5	60	28	-1.1	-2.3	-3.7	-5.5	-8.1	-12	-9.4	-7.2	-5	-2.7	-0.5	+1
	50	8	48	35	-1	-2.2	-3.6	-5.5	-8.2	-12	-9.4	-6.8	-4.1	-1.4	+1.2	+3
	63	10	38	45	-1	-2.1	-3.6	-5.6	-8.5	-13	-9.5	-6.2	-3	+0.2	+3.4	+6
6	80	13	30	55	-1	-2.1	-3.6	-5.7	-8.9	-14	-9.6	-5.6	-1.5	+2.5	+6.6	+1
	63	10	68	45	-1.4	-2.9	-4.9	-7.4	-11	-16	-13	-9.2	-5.8	-2.5	-0.9	+4
	80	13	53	55	-1.3	-2.9	-4.8	-7.5	-11	-17	-13	-8.4	-4.2	0	+4.2	+8
8	100	16	43	71	-1.3	-2.8	-4.8	-7.6	-12	-18	-13	-7.7	-2.7	+2.3	+7.4	+1

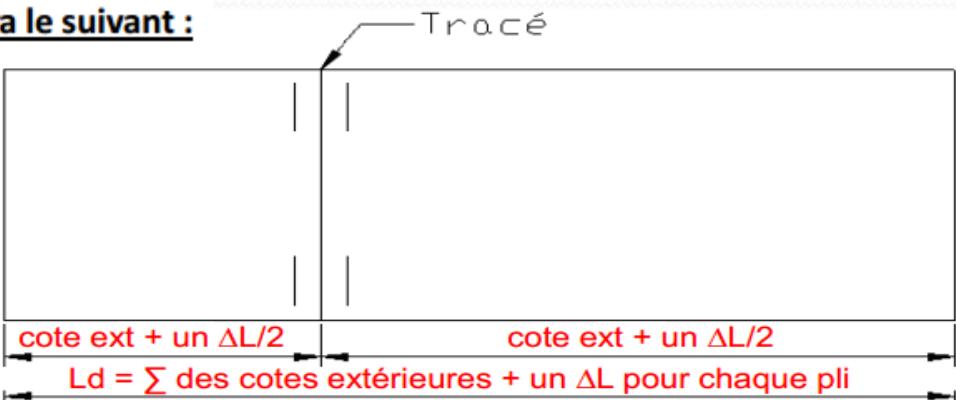
## Perte au pli pour l'angle de pliage

### a) Application avec un pli :

- Il faut rechercher dans le correcteur de pliage l'épaisseur à plier.
- On a alors le choix entre plusieurs Vé, et l'on choisira ce qui se rapproche le plus de **8**. fois l'épaisseur de la tôle à plier, soit  $3 \times 8 = 24$ , le Vé de 25 sera retenu.



Le déroulé sera le suivant :



On aura donc :

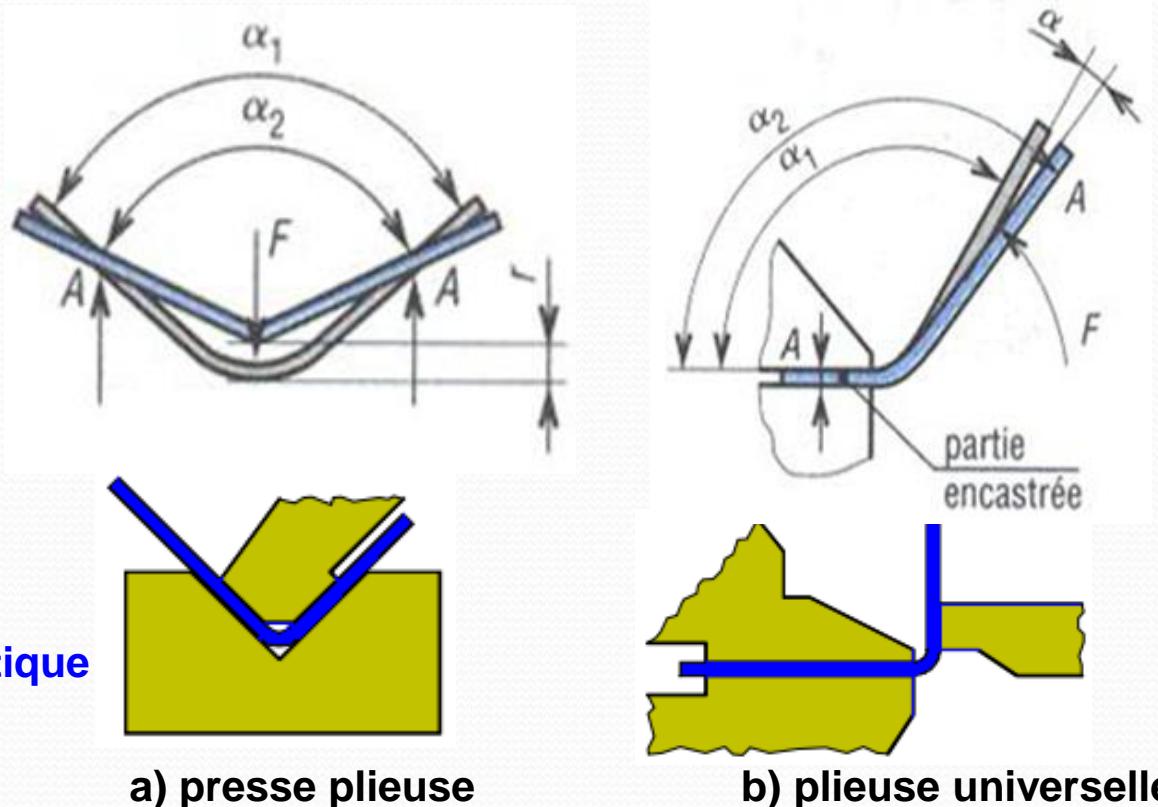
- $Ld = 70 + 50 + (-6) = 114$
- $Cm = 50 + (-6/2) = 47$

		CALCULATEUR							
ép	Vé	$\alpha =$	165°	150°	135°	120°	105°	90°	75
1	6		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,3	-1,9	-1,
	8		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,3	-2	-1,
	10		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,4	-2,1	-1,
	12		-0,2	-0,4	-0,6	-1	-1,5	-2,2	-1,
1,5	8		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2	-3	-2,
	10		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2	-3	-2,
	12		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2,1	-2	-2,
	16		-0,3	-0,5	-0,9	-1,4	-2,1	-2	-2,
2	20		-0,2	-0,5	-0,9	-1,4	-2,2	-4	-2,
	10		-0,4	-0,8	-1,3	-1,9	-2,7	-7	-3,
	12		-0,4	-0,8	-1,2	-1,8	-2,7	-8	-3,
	16		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,7	-7	-3,
2,5	20		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,8	-7	-3,
	25		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,9	-7	-3,
	12		-0,5	-1	-1,6	-2,3	-3,3	-7	-4,
	16		-0,5	-0,9	-1,5	-2,3	-3,3	-8	-3,
3	20		-0,4	-0,9	-1,5	-2,3	-3,4	-7	-3,
	25		-0,4	-0,9	-1,5	-2,3	-3,5	-7	-3,
	35		-0,4	-0,9	-1,5	-2,4	-3,6	-6	-4,
	16	$\Delta L$	-0,6	-1,2	-1,9	-2,8	-4	-5	-4,
3	20		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4	-5	-4,
	25		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4	-5	-4,
	35		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4	-5	-4,
	40		-0,5	-1	-1,8	-2,9	-4,5	-6,8	-4,
			-0,7	-1,6	-2,5	-3,7	-5,3	-7,5	-6

## 7- Le retour élastique:

### 7.1 Phénomène:

Pendant l'opération de pliage sous l'action du poinçon la tôle est pliée d'un angle  $\alpha_1$ , lorsque l'action de la force est cessée, l'angle s'ouvre légèrement jusqu'à un angle  $\alpha_2$ . Ce phénomène dû au relâchement des contraintes élastiques est appelé **retour élastique**. Pour respecter les spécifications demandées, il faut tenir compte du retour élastique lors de conception de l'outillage.



## 7.2. Correction de l'angle et du rayon de pliage

La fibre neutre de la tôle garde une longueur constante au cours du pliage et au cours du retour élastique, on a:

donc

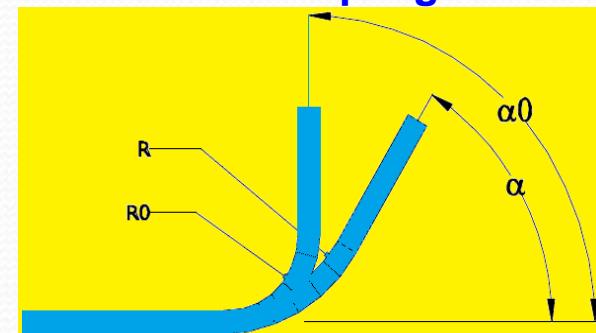
$$\alpha_0 \times R_{f0} = \alpha \times R_f$$

$$\frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{R_{f0}}{R_f} = K$$

avec  $\alpha_0$  : angle de l'outil,

$\alpha$  : angle à obtenir.

La valeur de K dépend du rapport  $(\frac{R_i}{e})$  et du matériau à plier (voir tableau).



Pour déterminer les paramètres de l'outil de pliage:

$$\frac{R_i}{e} = ? \Rightarrow K \quad K = \frac{R_0 + \frac{e}{2}}{R + \frac{e}{2}} \Rightarrow R_0 = K \times \left( R + \frac{e}{2} \right) - \frac{e}{2} \quad K = \frac{\alpha}{\alpha_0} \Rightarrow \alpha_0 = \frac{\alpha}{K}$$

Coefficient du Retour élastique

	K	Aluminium	Acier doux	Laiton	Z2CN18-10
R <sub>i</sub> /e	1	0.99	0.99	0.98	0.99
	2	0.99	0.99	0.97	0.97
	4	0.99	0.98	0.95	0.94
	10	0.99	0.95	0.92	0.90

## 8- Effort de pliage

### *8.1. Introduction:*

L'effort de pliage dépend de plusieurs facteurs englobant :

- Le matériau (la résistance, l'épaisseur)
- La forme de la pièce (en V, Z, U, ...)
- La façon d'exécution du pliage (pliage avec poinçon et matrice ou avec plaque pivotante).
- Le frottement entre le demi-produit et l'outillage.
- La vitesse de déformation...

## 8.2. Effort de pliage en V:

Difficile à situer avec exactitude compte tenu du frottement pièce outil, de l'évolution de la résistance du métal qui s'écrouit. Les formules expérimentales fournissent des valeurs expérimentales.

### 8.2.1 Pliage en l'air:

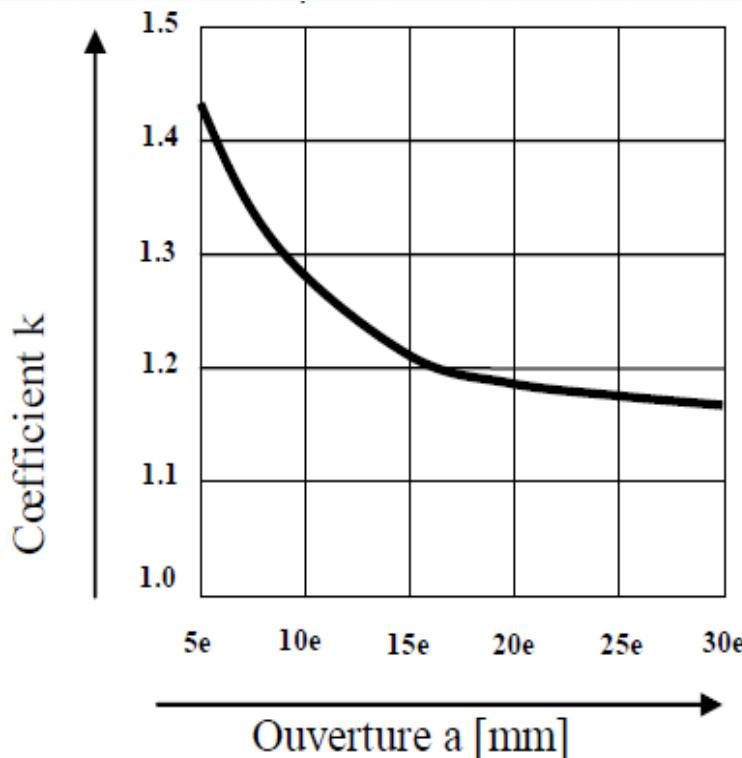
$$F = k \times \frac{L \times e^2 \times Rm}{a}$$

e : Épaisseur à plier; L : Longueur de pli

a : Ouverture du Vé

Rm : Résistance à la rupture du métal en daN/mm<sup>2</sup>

La valeur de k peut être déterminé à partir des abaques:



Force en KN par mètre de longueur

Rayon intérieur

Plus petit bord

Ouverture du Vé à employer

Epaisseur à plier

ri

b mini

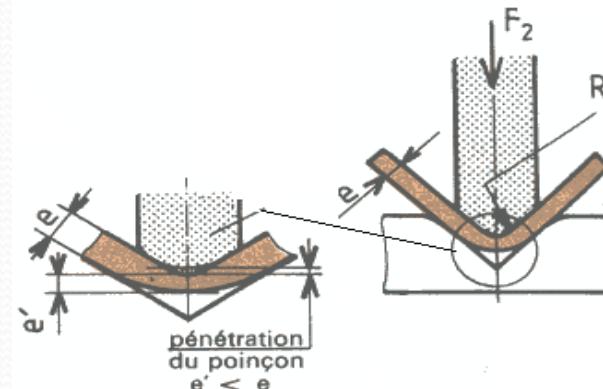
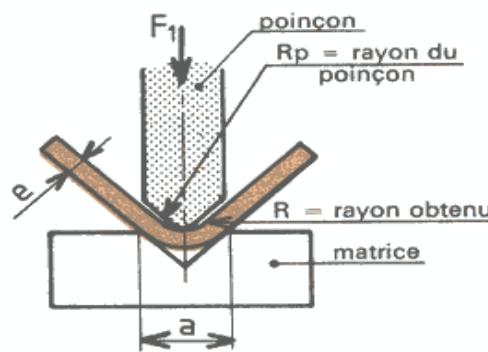
F (KN/m)

	6	8	10	12	16	20	25	35	40	50	63	V	b mini	ri
1	110	80	70											
1,5				150	130	90								
2					220	170	130							
2,5						260	210	170						
3							300	240	190					
4								420	340	270				
5									520	420	330			
6										600	480	380	F (KN/m)	

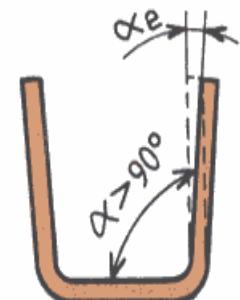
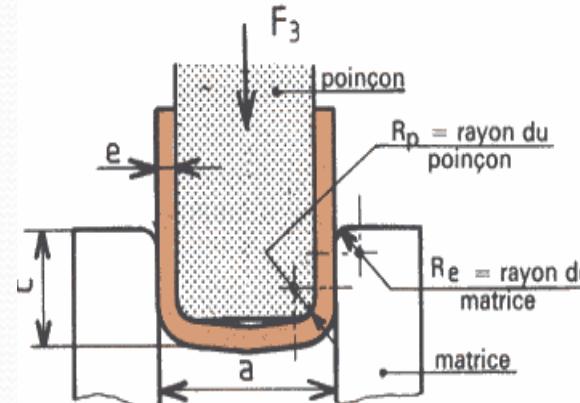
Abaque établi pour acier de 40 à 45 daN/mm<sup>2</sup> de résistance à la rupture

## 8.2.2 Pliage avec frappe

De bons résultats sont obtenus pour  $a = 6e$ . Le rayon du poinçon  $R_p$  qui va pénétrer doit être voisin de  $2/3 R$  obtenu par pliage en air. L'effort  $F_2 = 2F_1$



$\alpha_e$  = retour élastique



pièce ouverte  
à la sortie de  
la matrice

$$C = R_p + R_e + 4e \quad \text{avec } R_e \geq 2e$$

## 8.3 Pliage en U:

### 8.3.1 Sans frappe

Dans ce cas, l'effort est fortement tributaire du jeu entre poinçon et matrice. Si le jeu = épaisseur nominale de la tôle + tolérance maximale, l'effort peut être défini par la relation:

$$F_3 = 2/3 \times L \times R_m \times e * (1 + \frac{e}{a})$$

### 8.3.2 Avec frappe

La relation  $F_4 = 2,5 \times F_3$  permet d'obtenir de bons résultats.

## 8.4 Effort de pliage avec plaque pivotante:

La figure suivante schématise l'opération de pliage avec plaque pivotante exerçant une force sur la pièce qui est d'un côté encastrée et libre de l'autre.

$$F = \frac{e \times l \times R_m}{3 \times L}$$

avec :

e : Épaisseur à plier

L : Longueur de plie

l : longueur de la pièce soumise au pliage

R<sub>m</sub> : Résistance à la rupture du métal en N/mm<sup>2</sup>

