

LE PLIAGE

1°) Principe :

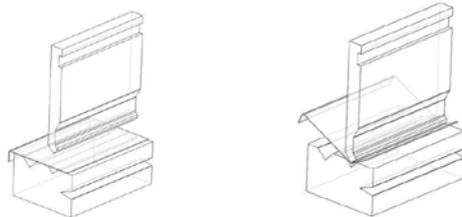
- Le pliage est une opération qui consiste à appliquer sur une *tôle plane*, un effort F permettant un ou plusieurs changements de direction qui définiront un ou plusieurs angles

- la force F est appliquée par un *poinçon* sur une *tôle* qui va s'enfoncer dans une *matrice* appelé *Vé*.

- 2 types de machines existent pour pouvoir réaliser une tôle pliée:

a) Les presses-plieuses :

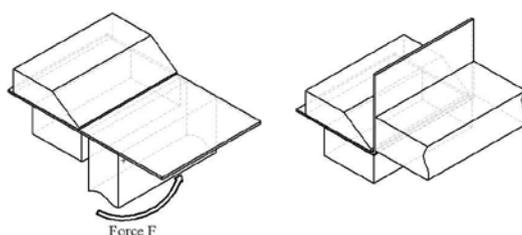
Ces presses ont pour caractéristiques leur *grande longueur*, elles sont principalement hydrauliques. Pour des cas particuliers où l'on doit exécuter un pliage de très grande longueur, on peut *associer* deux machines côte à côte.



Pliage sur une presse-plieuse

b) Les plieuses à sommier ou universelles.

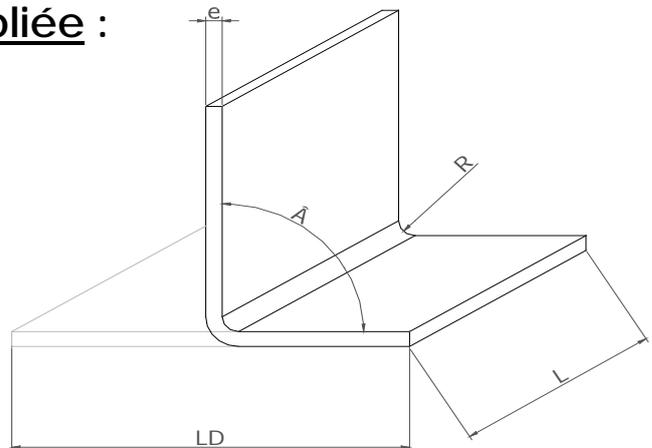
Sur les plieuses à sommier la mobilité du tablier est obtenue, soit par vérins *hydrauliques*, soit par moteur *électrique* ou bien *manuellement*. Ces presses permettent une *manutention* aisée des pièces lourdes.



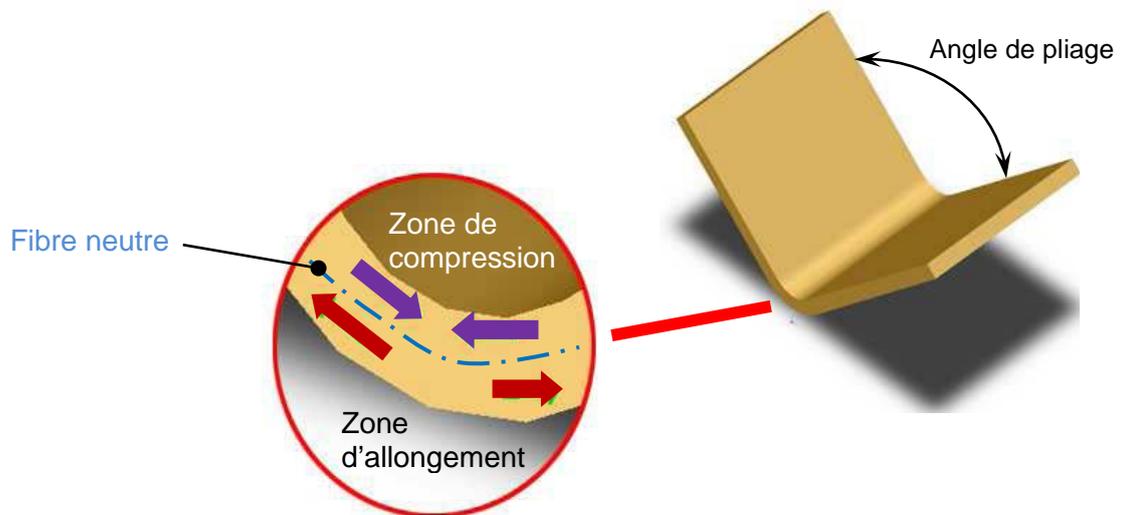
Pliage sur plieuse universelle

2°) Terminologie d'une pièce pliée :

- e** : épaisseur
LD : Longueur développée
L : Longueur de pliage
R : Rayon de pliage
Â : Angle de pliage

3°) Caractéristique d'un pli :

- Lors du pliage d'une tôle, il se produit une *déformation plastique* dans le pli. Cette déformation est de type *allongement* de la partie *extérieure* et *compression* de la partie *intérieure*.



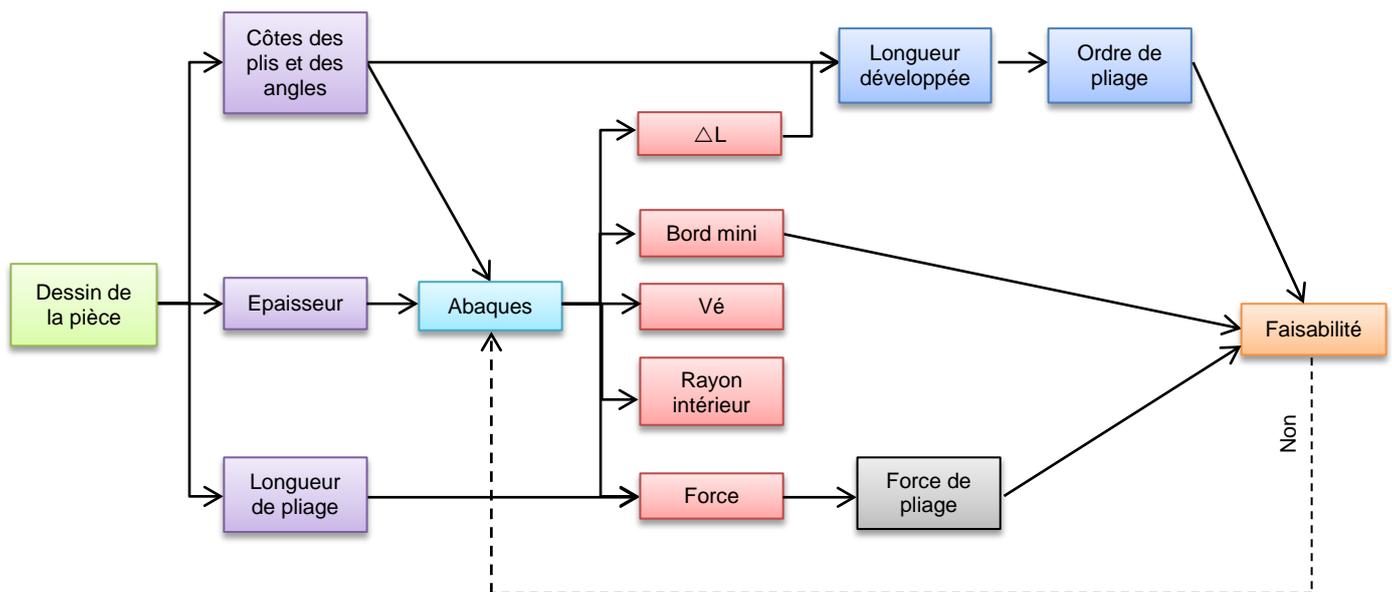
- Cette déformation doit assurer la *non rupture* des matériaux dans cette zone. Autant *le rayon de pliage* est *grand*, autant la déformation plastique est *minimale*.



- Entre *les deux zones* de déformations, *la fibre neutre* qui ne subit aucun *allongement* ni *raccourcissement* sera la *base* de notre calcul de la longueur développée (LD).

4°) ETUDE DE PLIAGE :a. Chronologie d'une étude de pliage

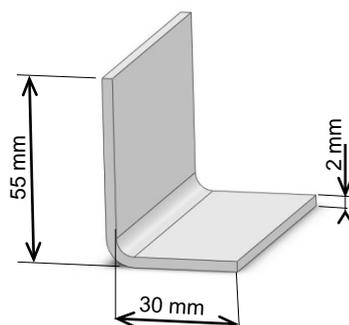
Pour permettre la *réalisation* d'une étude de pliage il est important de *respecter* l'ordre des taches suivantes :

b.) La détermination des paramètres

La détermination des paramètres de pliage s'effectue par la lecture d'abaques (doc 9/10) et est fonction de l'épaisseur de la tôle
Cette lecture permet de définir les paramètres suivant :

- Le Vé : largeur en millimètre du Vé
- Le bord mini (b): la valeur minimale de la cote intérieure du pli
- Le rayon intérieur (Ri) en mm
- La Force de pliage en Tonne/mètre de pli

Exemple :



$$\text{Vé} = 16 \text{ mm}$$

$$b = 11 \text{ mm}$$

$$R_i = 2,6 \text{ mm}$$

$$F = 16 \text{ Tonne/mètre}$$

D.) Calcul de la longueur développée

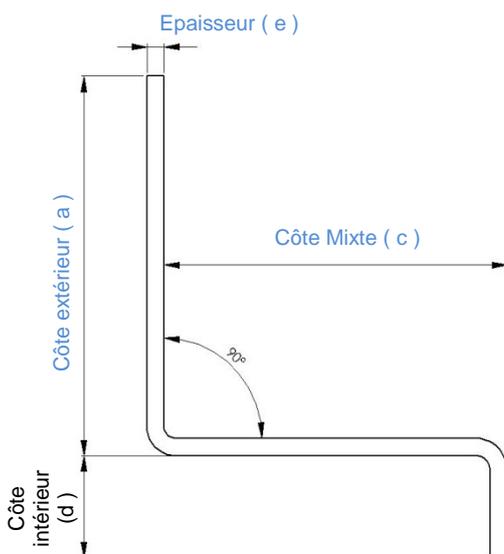
Pour effectuer la recherche de la longueur développée il existe deux méthodes.

1^{ER} MÉTHODE : CALCUL DE LA LONGUEUR DÉVELOPPÉE AVEC LES ÉPAISSEURS.

Le principe consiste à *additionner les côtes intérieures* du pliage en considérerons que les *rayons de pliage* sont égales à zéro. Cette méthode est réservée à des tôles aillant une épaisseur $< 2 \text{ mm}$, elle reste la *plus simple*, mais est néanmoins *la moins précise*.

Exemple de calcul

Dans ce cas l'on a :



$$LD = (a-e) + (c-e) + d$$

e	a	d	c	LD
1,5	111	32	87	$(111 - 3) + (87 - 1,5) + 32 = 225.5$
0.8	80	15	63	$(80 - 3) + (63 - 1,5) + 15 = 153.5$
1	92	40	72	$(92 - 3) + (72 - 1,5) + 40 = 199.5$

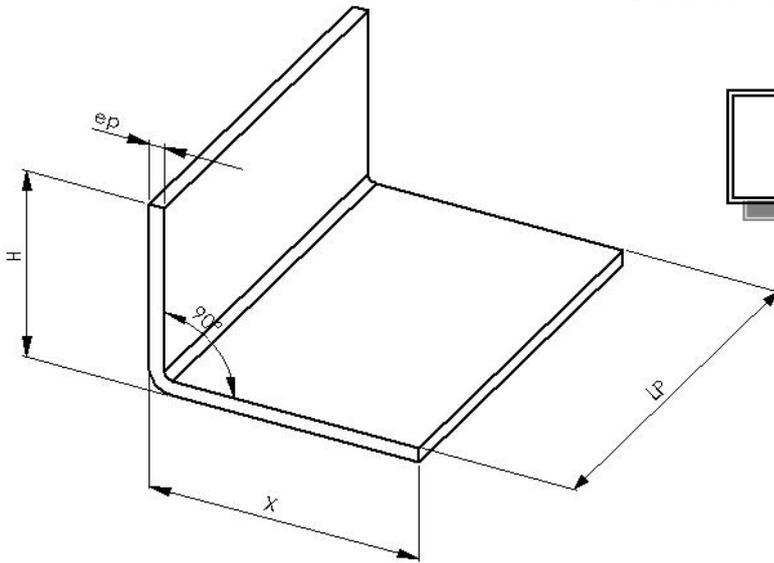
2^{ÈME} MÉTHODE : CALCUL DE LA LONGUEUR DÉVELOPPÉ AVEC LES ΔL

Le ΔL est donné par *un abaque* (doc 10/10) qui prend en compte la *largeur du vé*, l'*épaisseur de la tôle* et l'*angle du pli*. La valeur du ΔL est souvent *négative*, mais ce n'est pas *systématique*

La longueur développée se détermine sur la *fibre neutre* en effectuant la somme *des cotés extérieurs* et *du ΔL* , pour un angle donnée. Cette méthode est utilisable dans tous les cas et reste la *plus précise*

Exemple de calcul

Dans ce cas l'on a :



$$LD = H + X + \Delta L$$

ep	Vé	H	X	ΔL	LD
2	12	52	68	- 3,8	$52 + 68 - 3,8 = 116,2$
2	16	52	68	- 4	$52 + 68 - 4 = 116 \text{ mm}$
5	40	45	72	- 10	$45 + 72 - 10 = 107 \text{ mm}$

E. Calcul de la force de pliage

Pour déterminer *les efforts de pliages* il est nécessaire de se *référer* aux *abaques de pliage* et d'effectuer *la relation* avec *la longueur de pliage* et *la matière utilisée*.

L'ensemble des *abaques* sont *généralement* déterminées pour le travail de tôles E 24 ayant une *résistance mécanique* de 34 - 48 daN/mm². Dès lors que la résistance des tôles travaillées est *différente*, il convient d'y appliquer un *coefficient majorateur* ou *minorateur* obtenu en faisant le *rapport* entre la base de 48 daN/mm² et la *résistance mécanique maximale* du matériau concerné

Ceci qui donne la formule suivante :

$$F_p = F \times L \times \beta$$

F_p : Force utile pour un pli donnée

F : Force de pliage en tonne par mètre
(1KN / m = 0.981 T / m)

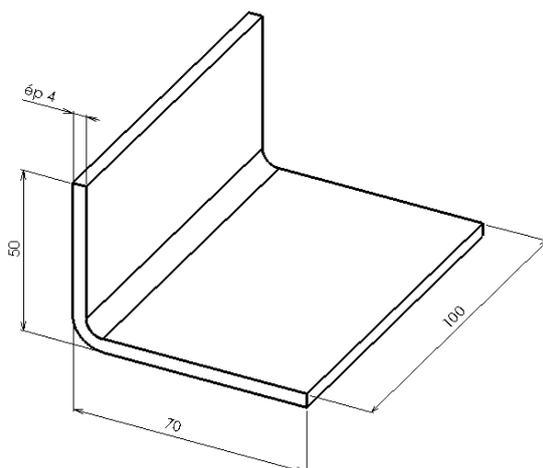
L ou **LP** : Longueur de pliage en mètre

β : Coefficient de résistance de la matière

Tableau de coefficient de calcul de force pour presse

Matière	Nuance NFA	Désignation EN	Résistance mécanique	Coefficient de calcul de force
Aciers de construction	E 24	S 235	34- 48 daN/mm ²	1
	E 28	S 275	40 - 56 daN/mm ²	1,2
Aciers inoxydables	304L		49 - 69 daN/mm ²	1,4
	316		56 - 76 daN/mm ²	1,6
Alliages d'aluminium	1050 A	A 5	7.5 - 15.5 daN/mm ²	0,3
	5005	A-G 0.6	12 - 20 daN/mm ²	0,4

Exemple de calcul



Matière : Alliage d'aluminium 1050 A

Épaisseur : 4 mm

L : 100 mm

Vé = 32 mm

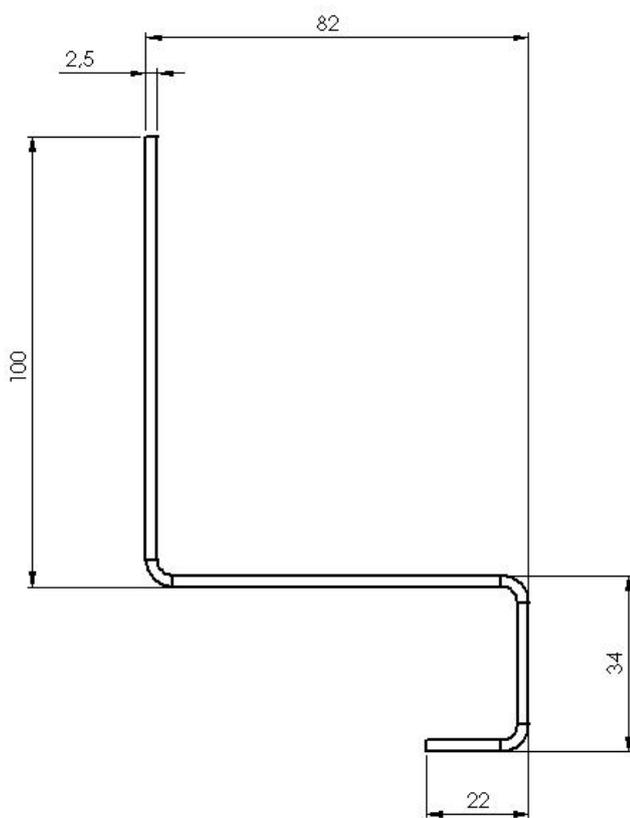
F = 30 T/m

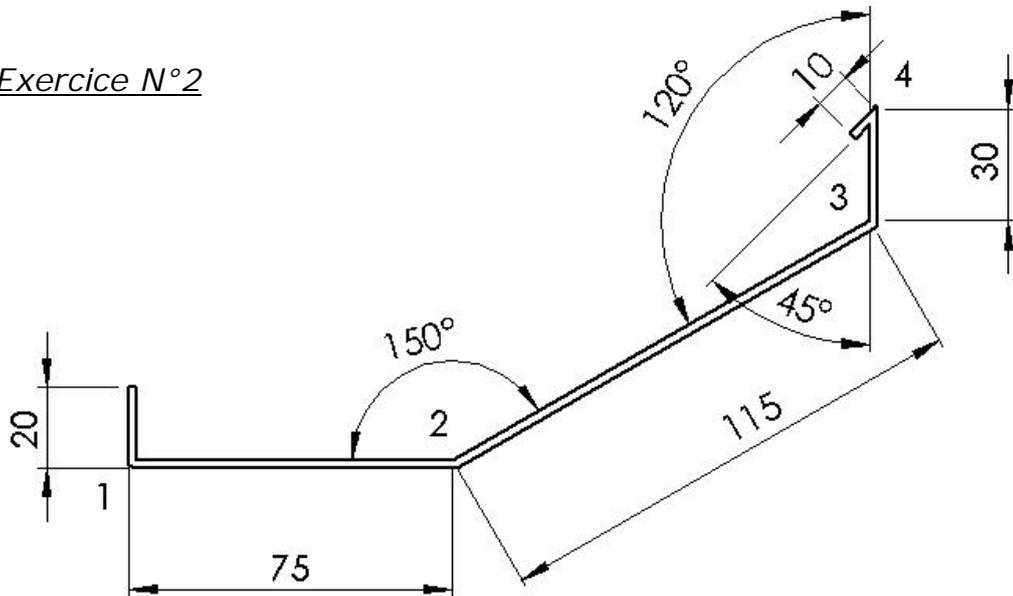
β = 0,3

$$F_p = 30 \times 0.1 \times 0.3$$

$$F_p = 0.9 \text{ T}$$

La force nécessaire pour l'exécution du pli est de 0.9 Tonne

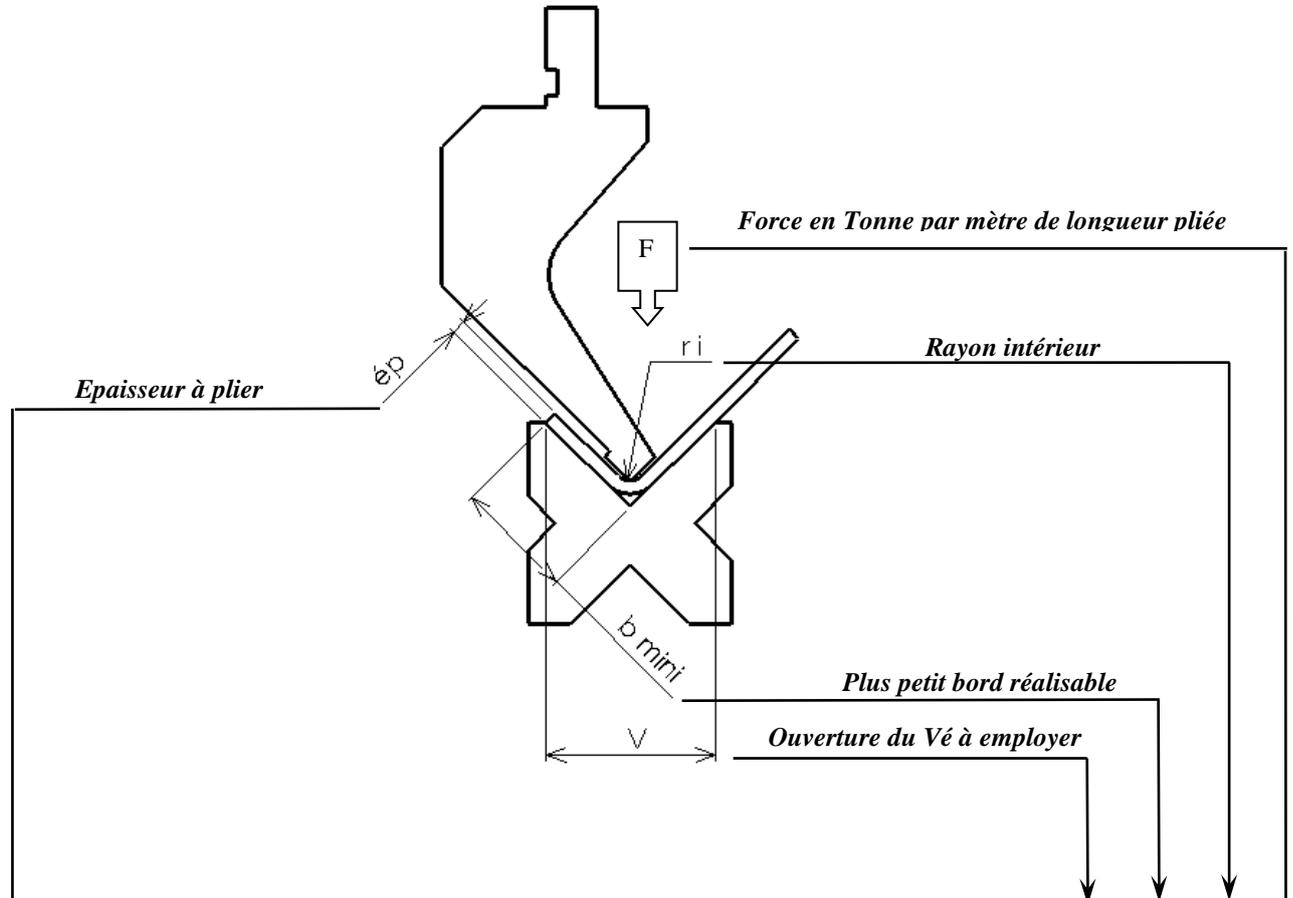
5°) Application :Exercice N°1Données :**Matière** : acier de construction E24**Epaisseur** : 2,5 mm**Longueur de pliage** : 985 mmLecture de l'abaque de pliage**Vé** = 20 mm**Ri** = 3.3 mm**b** = 14 mm**F** = 20 T/mValeur de correction ΔL $\Delta L_{90^\circ} = -5$ Calcul de la longueur développée**LD** = $22 + 34 + 82 + 100 + (-5 \times 3)$ **LD** = 238 - 15**LD** = 223 mmCalcul de la force de pliageMatière = E24 donc $\beta = 1$ **Fp** = $20 \times 0,985 \times 1$ **Fp** = 19.7 T

Exercice N°2

Données :

Matière : Alliage d'aluminium 5005**Epaisseur** : 2 mm**Longueur de pliage** : 2250 mmLecture de l'abaque de pliage**Vé** = 12 mm**Ri** = 2 mm**b** = 8,5 mm**F** = 24 T/mValeur de correction ΔL ΔL_{90° pli 1 = -3,8 ΔL_{150° pli 2 = -0,8 ΔL_{120° pli 3 = -1,8 ΔL_{45° pli 4 = -1,8Calcul de la longueur développée $LD = 20 + 75 + 115 + 30 + 10 + (-3,8 - 0,8 - 1,8 - 1,8)$ $LD = 250 - 8,2$ $LD = 241,3 \text{ mm}$ Calcul de la force de pliageMatière = alliage d'aluminium 5005 donc $\beta = 0,4$ $F_p = 24 \times 2,250 \times 0,4$ $F_p = 21,6 \text{ T}$

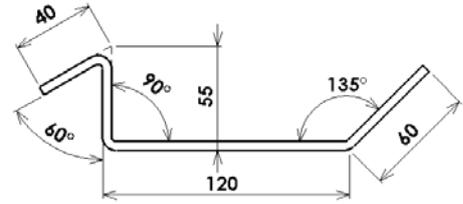
ABAQUE DE PLIAGE EN L'AIR
 (Pour acier de 34 à 48 daN/mm² de résistance à la rupture)



	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	V		
	4	5,5	7	8,5	11	14	17,5	22	28	35	45	55	b mini		
	1	1,3	1,6	2	2,6	3,3	4	5	6,5	8	10	13		ri	
0,5	3														
0,6	5	4													
0,8	8	5	4												
1	13	9	7	6											
1,2	20	14	11	8	6										
1,5		22	16	13	9	7									
2			32	24	16	12	9								
2,5				42	29	20	15	11							
3					49	32	23	16	12						
4						66	43	30	22	16					
5							80	51	36	15	19				
6								82	55	38	28	23	F (T/m)		

Tableau de valeur de correction des ΔL

ép	Vé	α=	165°	150°	135°	120°	105°	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	1° Calcul de la longueur développée
0,8	6		-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,1	-1,6	-1,3	-0,9	-0,6	-0,3	+0,1	+0,4	Tôle ép. 4mm
	8		-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,1	-1,7	-1,3	-0,8	-0,4	0	+0,4	+0,6	
	10		-0,1	-0,3	-0,5	-0,8	-1,2	-1,8	-1,3	-0,8	-0,3	+0,2	+0,7	+1,2	
1	6		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,3	-1,9	-1,6	-1,2	-0,9	-0,5	-0,2	+0,2	
	8		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,3	-2	-1,6	-1,1	-0,7	-0,3	+0,2	+0,6	
	10		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,4	-2,1	-1,6	-1,1	-0,5	0	+0,5	+1	
1,2	12		-0,2	-0,4	-0,6	-1	-1,5	-2,2	-1,6	-1	-0,3	+0,3	+0,9	+1,6	
	6		-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		-0,2	-0,5	-0,7	-1,1	-1,6	-2,3	-1,9	-1,4	-1,0	-0,6	-0,1	+0,3	
	10		-0,2	-0,4	-0,7	-1,1	-1,6	-2,4	-1,9	-1,4	-0,8	-0,3	+0,2	+0,8	
1,5	12		-0,2	-0,4	-0,7	-1,1	-1,7	-2,5	-1,9	-1,3	-0,6	0	+0,7	+1,3	
	16		-0,2	-0,4	-0,7	-1,2	-1,8	-2,7	-1,9	-1,1	-0,3	+0,5	+1,3	+2,1	
	8		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2	-2,8	-2,4	-1,9	-1,5	-1	-0,5	-0,1	
	10		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2	-2,9	-2,4	-1,8	-1,3	-0,7	-0,2	+0,4	
2	12		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2,1	-3	-2,4	-1,7	-1	-0,4	+0,3	+1	
	16		-0,3	-0,5	-0,9	-1,4	-2,1	-3,2	-2,4	-1,5	-0,7	+0,1	+1	+1,8	
	20		-0,2	-0,5	-0,9	-1,4	-2,2	-3,4	-2,4	-1,4	-0,4	+0,7	+1,7	+2,7	
	25		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,8	-4,2	-3,2	-2,1	-1	0	+1,1	+2,2	
2,5	32		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,9	-4,5	-3,2	-1,9	-0,7	+0,6	+1,8	+3,1	
	12	ΔL	-0,5	-1	-1,6	-2,3	-3,3	-4,7	-4	-3,2	-2,5	-1,8	-1,1	-0,4	Pour un Vé de 35 ΔL= -7,9 pour 90° ΔL= -4,5 pour 60° ΔL= -3,7 pour 135°
	16		-0,5	-0,9	-1,5	-2,3	-3,3	-4,8	-3,9	-3	-2,1	-1,2	-0,3	+0,6	
	20		-0,4	-0,9	-1,5	-2,3	-3,4	-5	-3,9	-2,8	-1,7	-0,6	+0,5	+1,6	
25		-0,4	-0,9	-1,5	-2,3	-3,5	-5,2	-3,9	-2,6	-1,4	-0,1	+1,2	+2,5		
3	32		-0,4	-0,9	-1,5	-2,4	-3,6	-5,6	-4	-2,4	-0,8	+0,7	+2,3	+3,9	LD = 40+(-4,5)+55+(-7,9)+120+(-3,7)+60 LD = 258,9 mm
	16		-0,6	-1,2	-1,9	-2,8	-4	-5,7	-4,7	-3,8	-2,9	-2	-1,1	-0,1	
	20		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4	-5,8	-4,7	-3,6	-2,5	-1,3	-0,2	+0,9	
	25		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4,1	-6	-4,7	-3,4	-2,1	-0,7	-0,6	+1,9	
4	32		-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		-0,5	-1	-1,8	-2,9	-4,5	-6,8	-4,8	-2,8	-0,8	+1,3	+3,3	+5,3	
	20		-0,7	-1,6	-2,5	-3,7	-5,3	-7,5	-6,3	-5,2	-4	-2,8	-1,6	-0,4	
	25		-0,7	-1,5	-2,5	-3,7	-5,3	-7,7	-6,3	-4,9	-3,5	-2,1	-0,7	+0,7	
5	32		-0,7	-1,5	-2,4	-3,7	-5,4	-7,9	-6,3	-4,6	-2,9	-1,2	+0,4	+2,1	
	40		-0,7	-1,4	-2,4	-3,7	-5,6	-8,4	-6,3	-4,2	-2,1	0	+2,1	+4,2	
	50		-0,6	-1,2	-2,4	-3,8	-5,8	-8,9	-6,4	-3,9	-1,3	+1,2	+3,7	+6,2	
	63		-0,9	-1,9	-3,1	-4,6	-6,6	-9,4	-7,9	-6,5	-5,1	-3,6	-2,2	-0,7	
6	32		-0,9	-1,9	-3,1	-4,6	-6,7	-9,6	-7,9	-6,1	-4,4	-2,7	-0,9	+0,8	
	40		-0,9	-1,8	-3	-4,6	-6,8	-10	-7,8	-5,7	-3,5	-1,3	+0,8	+3	
	50		-0,8	-1,8	-3	-4,7	-7	-10	-7,9	-5,3	-2,7	-0,1	+2,5	+5,1	
	63		-0,8	-1,7	-3	-4,7	-7,3	-11	-8	-4,8	-1,7	+1,5	+4,6	+7,8	
6	32		-1,1	-2,3	-3,8	-5,6	-8	-11	-9,5	-7,7	-5,9	-4,1	-2,3	-0,6	
	40		-1,1	-2,3	-3,7	-5	-8,1	-12	-9,4	-7,2	-5	-2,7	-0,5	+1,7	
	50		-1	-2,2	-3,6	-5,5	-8,2	-12	-9,4	-6,8	-4,1	-1,4	+1,2	+3,9	
	63		-1	-2,1	-3,6	-5,6	-8,5	-13	-9,5	-6,2	-3	+0,2	+3,4	+6,6	
80		-1	-2,1	-3,6	-5,7	-8,9	-14	-9,6	-5,6	-1,5	+2,5	+6,6	+11		



On additionne les cotes extérieures et Les correcteurs ΔL correspondants (positifs ou négatifs)

Pour un Vé de 35 ΔL= -7,9 pour 90°
ΔL= -4,5 pour 60°
ΔL= -3,7 pour 135°

LD = 40+(-4,5)+55+(-7,9)+120+(-3,7)+60
LD = 258,9 mm