

## Règles de conception et de tracé des pièces estampées

### 1 JOINT DES MATRICES

La forge par estampage consiste à former, après chauffage, des pièces brutes par pression entre deux blocs -- les matrices -- portant en creux la forme exacte du produit à réaliser.

On donne le nom de joint à la surface séparative des deux blocs.

Lors de la conception de la pièce, il faut veiller à ce que ce joint respecte les règles suivantes :

→ Prévoir si possible un joint plan et horizontal, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction de frappe du pilon ou de la presse (fig. 1);

→ Le plan de joint doit contenir la section de pièce présentant la surface maximale.

→ Eviter un plan de joint oblique. D'une telle inclinaison résulte en effet, au moment du forgeage, des efforts horizontaux qui s'exercent sur les deux blocs et tendent à les faire glisser l'un sur l'autre en fatiguant les glissières de guidage, insuffisantes d'ailleurs à éviter ce glissement. Il faut alors prévoir un «talon» à la matrice inférieure (fig. 2 et 2-1) destiné à encaisser ces efforts horizontaux et à maintenir les matrices en rapport.

Afin d'éviter cet inconvénient, il est préférable de basculer la pièce (fig. 3 et 3-1). Les efforts horizontaux résultant des parties inclinées se trouvent compensés. Cependant pour extraire la pièce de la gravure, il faut majorer penser à majorer la dépouille.

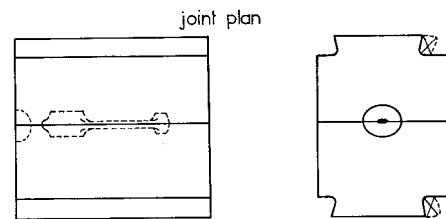


Fig. 1

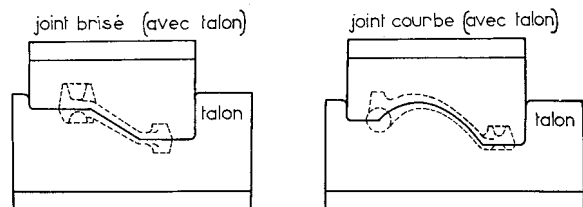


Fig. 2

Fig. 2-1

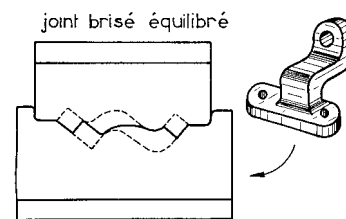


Fig. 3

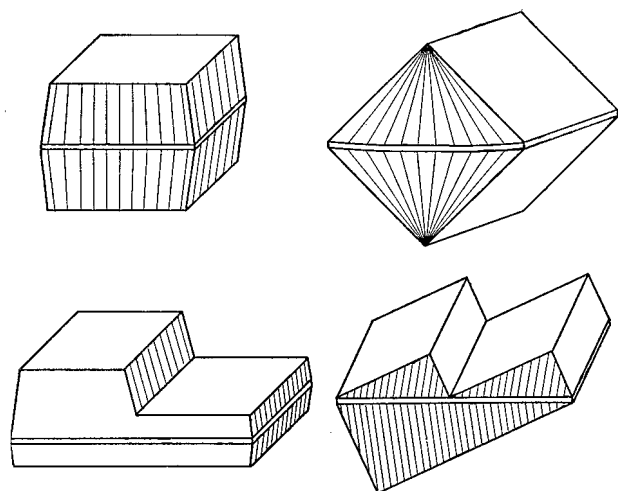


Fig. 3-1

## 2 DEPOUILLES

La «dépouille d» est l'angle que les parois des gravures des matrices font avec la direction du déplacement. Cet angle permet au métal de pénétrer au fond des gravures et facilite l'extraction des pièces hors de celles-ci.

Les parties en relief dans les gravures de matrices portent le nom de «**noyaux**» (cf fig 4). Le métal chaud en se refroidissant se frette sur les noyaux. La dépouille « D » à leur attribuer est, de ce fait, plus importante.

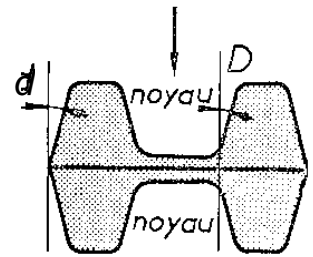


Fig. 4

Valeurs normales des dépouilles (sur presse à forger verticale) :

Dépouille intérieure			Dépouille extérieure		
Pente %	Angle	Domaine de validité	Pente %	Angle	Domaine de validité
16 %	9°	Pour des creux profonds	10 %	6 °	Pour pièces de révolution de faible hauteur
10 %	6 °	Valeur normale	5%	3°	Valeur normale
5 %	3°	Avec éjecteur	2 %	1°	Avec éjecteur

## 3 CONTOUR DES PIÈCES

→ Eviter que le contour des pièces ne conduise à des outillages d'ébavurage trop dentelés qui sont toujours fragiles.

→ Veiller à ce que le raccordement de deux bras formant levier coudé ne conduise pas à une accumulation excessive de matière dans les angles des pièces. Sous l'action du forgeage, le métal en excédent s'écoule en effet dans deux bavures, qui progressent parallèlement aux deux côtés de l'angle, en se recouvrant et en formant un repli pouvant atteindre la pièce elle-même (cf fig 5).

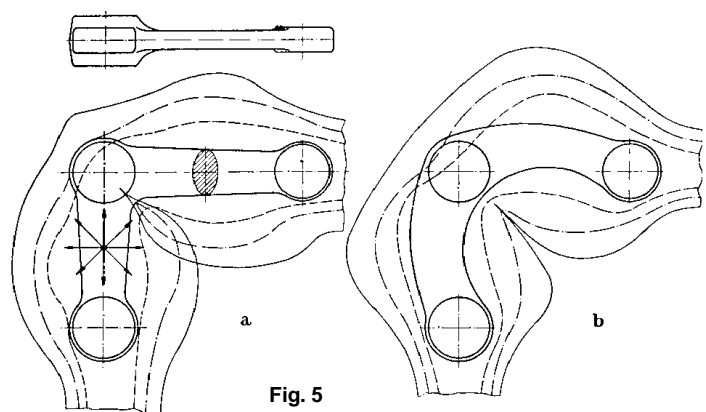


Fig. 5

*Naissance d'un pli dans l'angle d'une pièce présentant une accumulation excessive de métal  
a) Tracé défavorable b) Tracé favorable d'un levier*

## 4 FORME DES SECTIONS

### 4-1 - Variation des sections

→ Eviter les variations brusques de section

→ Si possible, prévoir des sections transversales à aires égales.

De brusques variations de section (cf fig 6) sont en effet causes de difficultés en estampage ainsi que de perte de métal qui passe en bavure, l'ébauche ne pouvant dans de tels cas épouser exactement la forme de la matrice de finition.

### 4-2 - Arrondis dans les sections

→ Prévoir des sections avec des arrondis les plus grands possibles. L'application de cette règle conduit à un bon écoulement du métal au moment du forgeage en même temps qu'elle assure une durée plus longue aux matrices.

#### 4-2-1 - Arêtes saillantes et arrondis d'arêtes :

Plus les rayons  $r_1$  et  $r_2$  choisis sont faibles, plus l'effort à appliquer au cours du forgeage est grand et plus les matrices fatiguent.

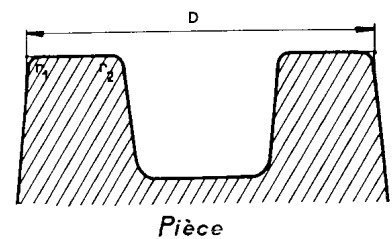
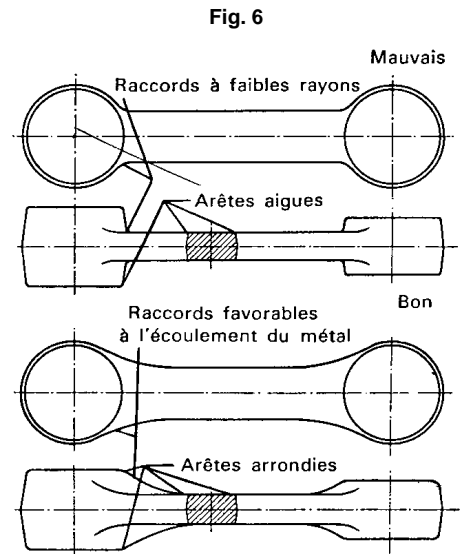


Fig. 7

→ Valeurs courantes des arrondis des arêtes saillantes en fonction de D (cf fig 7)

Métal Température de forgeage	Acier au carbone 1 050 °C	Duralumin 470°C	Laiton 670 °C	Bronzes d'aluminium 850°C
$r_1$ minimum	$D * 0,013$	0,018	0,08	0,011
$r_2$ minimum	$D * 0,018$	0,025	0,011	0,015
		mêmes valeurs pour aciers fortement alliés au tungstène et molybdène		

#### 4-2-2 - Arêtes rentrantes (Congés de raccordement)

Les angles rentrants d'une pièce sont réalisés par les arêtes saillantes des matrices et c'est à leur bonne tenue et leur facilité d'exécution qu'il faut penser quand on se préoccupe

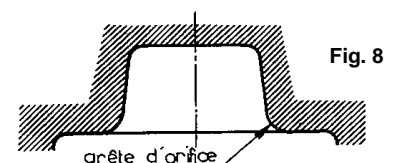


Fig. 8

des arrondis à leur attribuer. On distingue les arêtes d'orifices (fig. 8) et les arêtes de noyaux (fig. 9). Il se peut du reste que ces deux types d'arêtes de matrices coexistent (fig. 10).

#### 4-2-3 - Noyaux

Quand un noyau de matrice attaque un lopin ou une ébauche à température de forgeage, sa pénétration dans le métal provoque le mouvement de celui-ci selon une courbe logarithmique qui est la conséquence de l'invariabilité du volume de ce métal. La pièce présente, après pénétration du noyau, l'aspect de la figure 11. L'une de ces figures représente des noyaux parallélépipédiques, l'autre correspond à des noyaux de révolution. Si le métal est gêné dans son expansion par une paroi latérale, il envahit la cavité et donne naissance à une vague dont la crête est dirigée dans le sens 2 alors que le pied est dirigé dans le sens 1 (fig. 12a). Après remplissage, il peut se produire une crique selon la figure 12b ou une amorce plus bénigne selon figure 12c. C'est la valeur attribuée au congé  $r$  qui décide de la gravité du défaut, de sa bénignité ou de sa totale disparition.

Ces considérations conduisent à concevoir un noyau dont la face d'attaque ne soit pas plane mais convexe et comporte de plus un arrondi (fig. 13). L'arc de circonférence  $R$  est bien souvent remplacé par des lignes obliques dont l'inclinaison est de  $4^\circ$  (pente 7 %). Les valeurs des rayons  $R$  et  $r$  dépendent essentiellement du diamètre ou de la largeur  $L$  du noyau, de l'épaisseur  $e$  de la toile et de sa hauteur  $h$  (fig. 14).

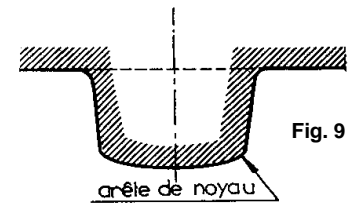


Fig. 9

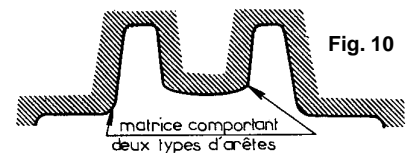


Fig. 10

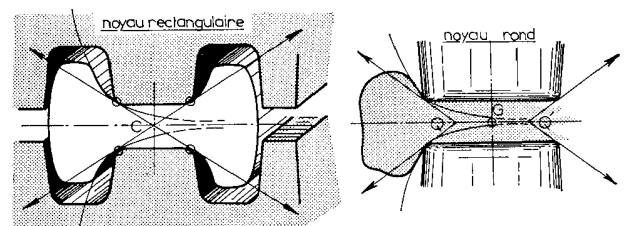


Fig. 11

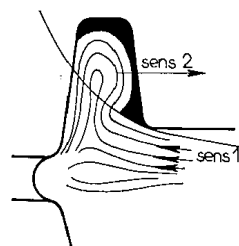


Fig. 12a

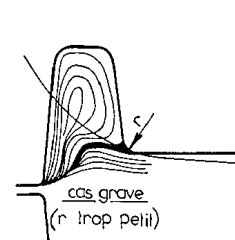


Fig. 12b

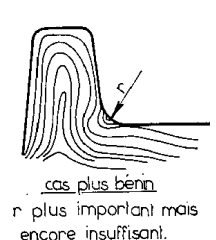


Fig. 12c

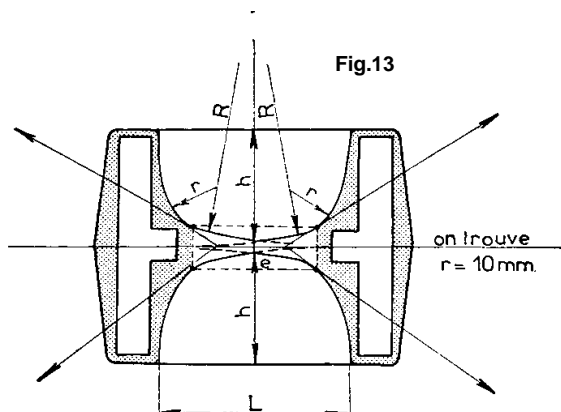


Fig.13

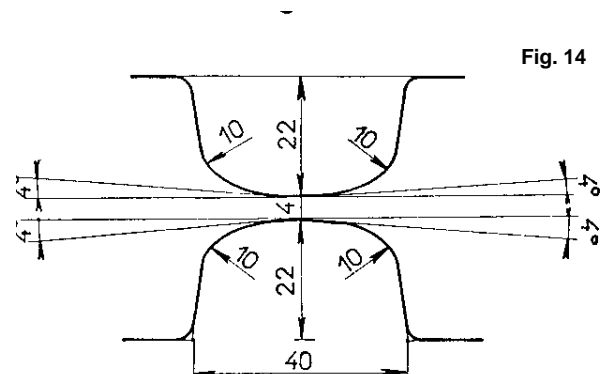


Fig. 14

→ Valeurs courantes pour les arrondis d'arête des noyaux (en mm)

Diamètre ou largeur L en mm		12	18	22	30	36	45	58	70	90	110
h=8	e=3	4	4	4,5	5	6,5					
	e=4		3,5	4	4,5	5,5	7,5	8			
	e=5				4	4,5	6,5	7	9		
h = 11	e=3	4	4,5	5	6	7					
	e=4		3,5	4	5"	6	8,5	9			
	e=5					5	7,5	8	10		
h = 14	e=3	5	5,5	6	7	8					
	e=4		4,5	5	6	7	8	10			
	e=5					6	7	9	11		
h = 18	e=3		6	6	8	9	10				
	e=4		4,5	5	7	8	10				
	e=5			4	5,5	7	9	10	11	12,5	
h = 22	e=3			6,5	9	10	11				
	e=4			5,5	8	9	10	12			
	e=5				7	8	9	11	12	14	17
h = 28	e=4				10	12	13	14			
	e=5				10	11	12	13	14	16	
	e=6				8	9	10	11	12	14	18
h = 36	e=5					13	14	15	16		
	e=6						13	14	15	17	21
	e=7						12	13	14	15	19
h = 45	e=7						16	17	19	21	
	e=8						15	16	18	19	22
	e=9						13	14	16	18	20

#### 4-3 - Épaisseur des toiles

Les «toiles» correspondent aux parties plates d'une pièce estampée obtenues par le rapprochement de deux noyaux l'un vers l'autre. Elles peuvent être de toutes formes possibles (rondes, carrées, rectangulaires, annulaires, etc. → cf fig 15).

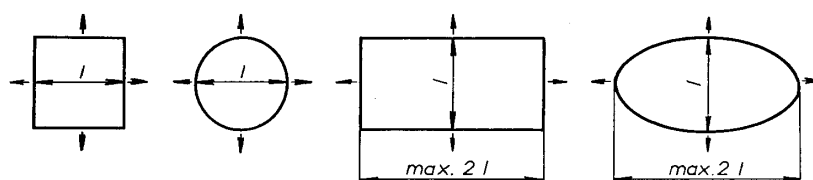


Fig. 15

La minceur de la toile est définie par le rapport entre l'épaisseur  $e$  et la dimension horizontale la plus faible de la toile. Afin de garantir la résistance mécanique des noyaux des matrices, cette valeur ne peut descendre en dessous d'une certaine limite.

→ Épaisseurs  $e$  minimales des toiles rondes, carrées, ovales ou peu rectangulaires

Valeurs de 1		0 à 40	41 à 65	66 à 100	101 à 140	141 à 190	191 à 235	236 à 300	301 à 360	361 à 455
$e$ minimale	Acier	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Duralumin	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	11	12
	Laiton	1,4	2,1	2,8	3,6	4,3	5	5,7	6,4	7,2
	Bronzes d'aluminium	1,7	2,5	3,4	4,2	5	6	6,8	7,6	8,5

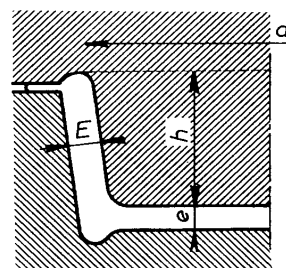
Toutes les dimensions sont exprimées en mm. Ces épaisseurs, absolument minimales, imposent deux matrices pour être obtenues. Les petites séries exigent de doubler ces valeurs.

#### 4-4 - Épaisseur des parois latérales et hauteur des noyaux

La résistance mécanique des matrices et leur échauffement conditionnent l'épaisseur minimale  $E$  et la hauteur maximale  $h$  des parois latérales des pièces tubulaires à fonds pleins du type godet.

→ Maximum ( $h$ ) de hauteur des noyaux et minimum ( $E$ ) des épaisseurs des parois latérales en fonction du diamètre  $d$  du noyau (cf fig 16).

Fig. 16



Valeurs de $d$		16	22	32	45	64	85	125	175	250
$h$ maximale	Acier	11	15	22	32	45	60	90	130	190
	Duralumin	10	13	20	29	40	55	80	120	170
	Laiton	13	17	26	37	52	70	105	150	220
	Bronzes d'aluminium	13	17	26	37	52	70	105	150	220
$E$ minimale	Acier	1,7	2	2,5	3	3,5	4,5	6	8	12
	Duralumin	2,5	2,9	3,5	4	4,5	5,8	6,5	10	15
	Laiton	1,1	1,3	1,6	2,1	2,6	3,3	4,6	6,1	9,2
	Bronzes d'aluminium	1,4	1,7	2	2,6	3	4	5,3	7	11