

	Cours	SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR	Classe :
Nom :	ELABORATION DES PIÈCES BRUTES		Date :

TECHNIQUES DE FABRICATION : par déformation à chaud ou à froid

1- Mise en situation :

Les différentes techniques de forge se ramènent toutes à la **compression** d'un matériau entre des **outillages** au moyen d'un **engin** qui fournit l'énergie nécessaire à l'opération. Ces techniques sont en «compétition» avec les autres procédés telles que la fonderie, le mécanosoudage ou l'usinage...

2- Principaux procédés par déformation :

- ♣ La forge libre
- ♣ L'estampage
- ♣ Le matriçage
- ♣ L'extrusion (à froid ou à faible chauffe)

3- Critères de choix :

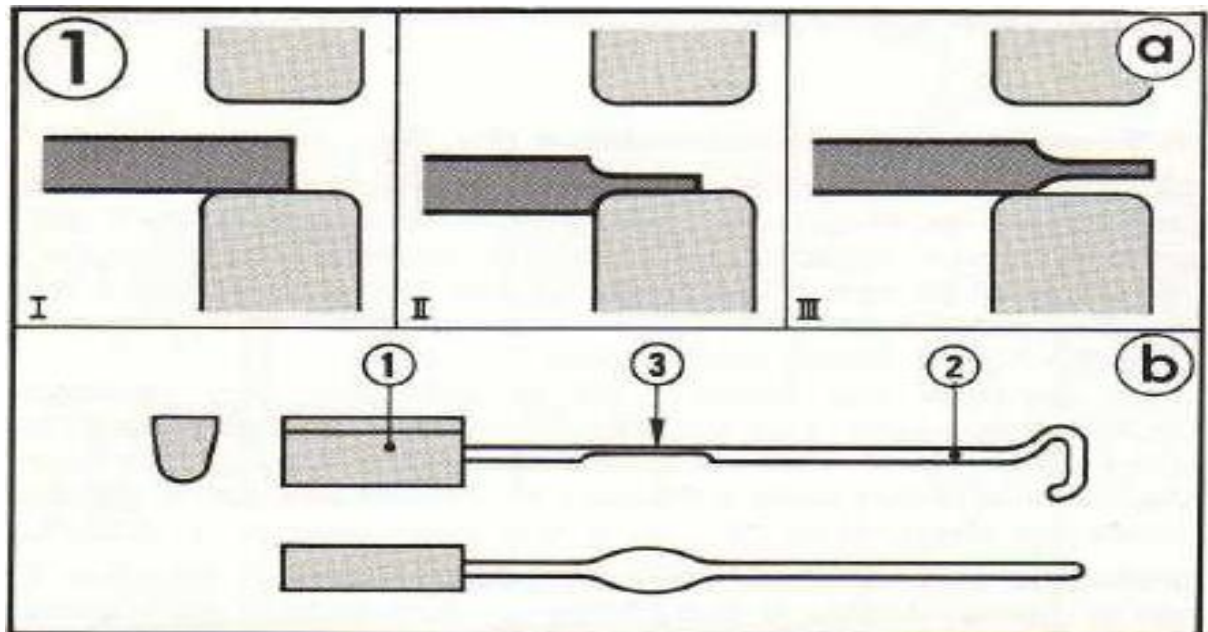
La distinction se fait au niveau :

- ♣ Du matériau mis en œuvre : ferreux, non ferreux
- ♣ Des types de pièces à réaliser : poids, complexité, précision
- ♣ De l'importance des séries
- ♣ Des engins (machines) utilisés : de chocs ou de pressions...

4- La forge libre :

4.1 Principe :

C'est un procédé d'obtention des pièces à **chaud** par une succession d'opérations élémentaires réalisées avec des engins mécanisés. Cette technique (forge libre) doit son nom, à la liberté que possède la pièce pour se déplacer.



a- Mode opératoire pour réaliser la pièce

b- Un dégorgeoir à manche.

4.2 Application :

- ♣ S'applique à tous les métaux : acier, aluminium, cuivre, titane...
- ♣ Valable pour l'ébauche des pièces unitaires ou de petites séries (< à 50 pièces)
- ♣ Valables pour des formes simples
- ♣ Fait appel à une main d'œuvre extrêmement qualifiée
- ♣ Cadence faible
- ♣ ...

5- Estampage :

5.1 Principe :

C'est un procédé de formage par choc ou par pression d'un lopin métallique à l'état plastique. Consiste à porter un lopin à une température convenable pour le rendre pâteux, puis on l'écrase à l'aide de deux blocs d'acier dur portant la forme de la pièce, appelés '**Matrices**'. Sous l'action des forces extérieures, le métal se déforme et remplit les empreintes. L'estampage est une sorte de « moulage par déformation plastique »

5.2 Machines utilisées :

- ♣ Des engins (machines) de choc,
- ♣ Des engins de pression.

5.3 Applications :

- ♣ S'applique aux métaux ferreux : Acier
- ♣ Valable pour des pièces en petites séries renouvelables, ou pour des moyennes ou grandes séries à cause du grand investissement.
- ♣ Meilleures caractéristiques mécaniques de la pièce estampée.
- ♣ Meilleure précision dimensionnelle et géométrique.
- ♣ Cadence élevée
- ♣ ...

6- Matricage :

6.1 Principe :

Identique à l'estampage, sauf que le matricage est appliqué aux alliages **non ferreux**

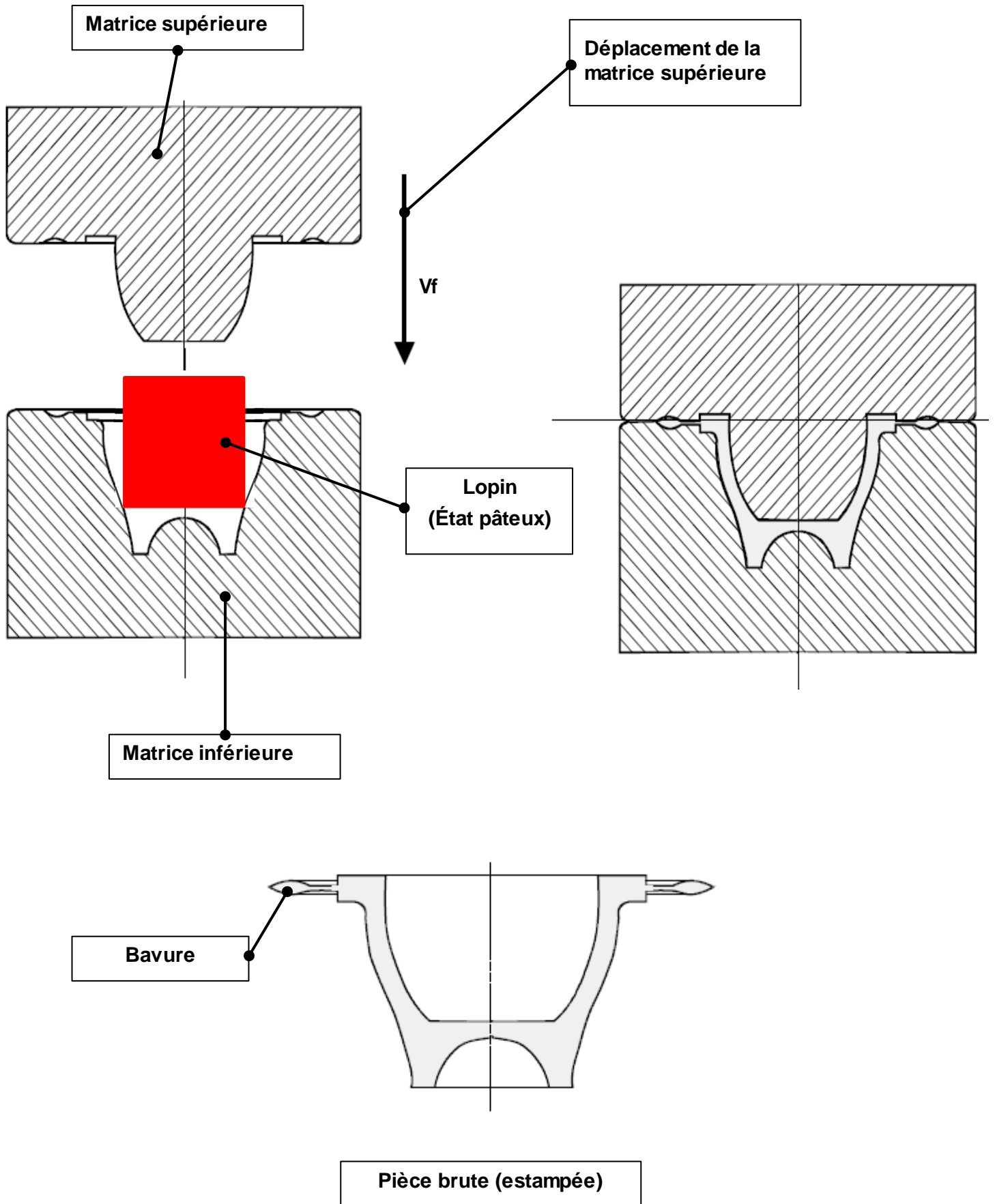
6.2 Machines utilisées :

- ♣ Des engins de **pression**

6.3 Applications :

- ♣ S'applique aux métaux **non ferreux** : Alliages légers, alliages cuivreux, titane, ...
- ♣ Valable pour des pièces petites séries renouvelables, ou pour des moyennes ou grandes séries à cause du grand investissement.
- ♣ Hautes caractéristiques mécaniques de la pièce matricée.
- ♣ Cadence élevée.
- ♣ Meilleure précision dimensionnelle et géométrique.
- ♣ Meilleur aspect géométrique.

6.4 Schéma de principe de l'estampage :



7- Machines de forgeage :

Elles sont classées en deux grandes catégories selon leur mode d'action :

7.1 Les engins travaillant par chocs : Sont de 2 types :

7.1.1 Les moutons :

a. Principe :

Convertir l'énergie cinétique d'une masse tombante en chute libre, en énergie de déformation par l'intermédiaire d'un choc entre le lopin à déformer et la matrice,

b. Application :

- ✓ Employées en forge libre, en estampage jamais en extrusion.
- ✓ L'énergie fournie est limitée.

7.1.2 les marteaux pilons :

a. Principe :

Augmenter l'énergie de déformation en augmentant l'effet de la pesanteur en propulsant la masse tombante par un fluide sous pression.

b. Application :

- ✓ Employées en forge libre, en estampage mais jamais en extrusion.
- ✓ L'énergie fournie est importante

7.2 Les engins travaillant par pression : déformation par pression.

7.2.1 Les presses hydrauliques :

a. Principe :

L'effort nécessaire à la déformation est produit par un vérin hydraulique sous haute pression.

b. Application :

- ✓ Employées en estampage, en matriçage et en extrusion.
- ✓ L'énergie fournie est importante
- ✓ Vitesse réglable

7.2.2 Les presses mécaniques :

a. Principe :

L'effort nécessaire à la déformation est produit par un système mécanique :

- ✓ Système à excentrique
- ✓ Système à vilebrequin
- ✓ Système à vis
- ✓ Système à genouillère

c. Applications :

- ✓ les plus utilisées dans l'industrie.
- ✓ employées en estampage, en matriçage et en extrusion.
- ✓ l'énergie fournie est plus importante (système à excentrique ou à vilebrequin)
- ✓ vitesse plus rapide

8- L'extrusion :

8.1 Principe :

Consiste à obliger un lopin enfermé dans une **matrice** et **comprimé** par un **poinçon**, à **passer** dans un orifice, en **produisant** des **pièces** de **forme** définie par celle de **l'outillage**. L'extrusion se fait à **froid**, c.à.d. le lopin n'est pas chauffé préalablement, (au cours de l'opération d'extrusion la pièce se chauffe et peut atteindre 200°C environ)

8.2 Machines utilisées :

- ♣ Des engins de pression.

8.3 Application :

- ♣ S'applique à tous les métaux ferreux et non ferreux.
- ♣ La pièce doit avoir une forme symétrique.
- ♣ Valable pour des pièces de grandes séries ou séries renouvelables, à cause du coût élevé du matériel
- ♣ Meilleure caractéristiques mécaniques de la pièce que les autres types (estampage et matriçage).
- ♣ ...

8.4 Différents types de déformation par extrusion :

a- **ECRASAGE** : voir figure -a-

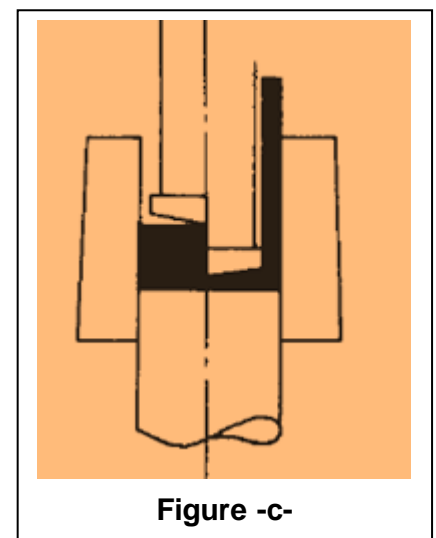
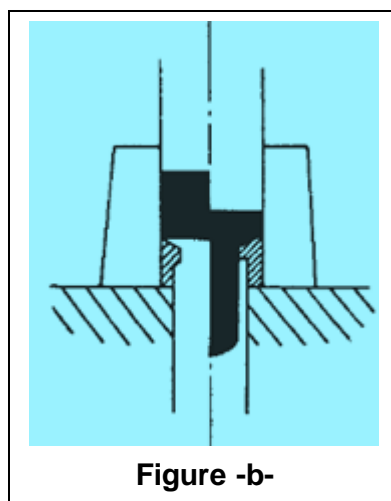
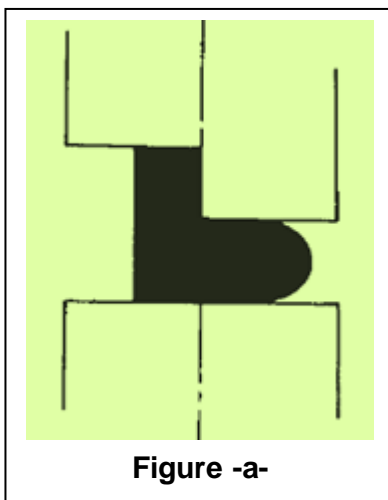
Déformation d'un lopin dans la direction de son axe par compression entre deux tas plats

b- **FILAGE DIRECT** : voir figure -b-

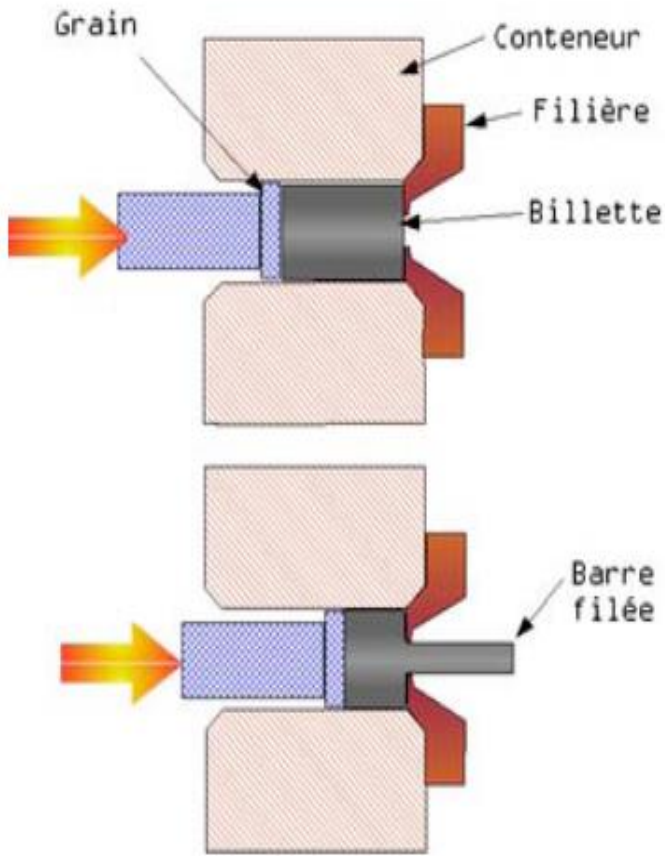
Opération qui consiste à faire s'écouler le métal au travers d'une filière, dans le sens du déplacement du poinçon. L'ensemble de la matière ne traverse pas la filière

c- **FILAGE INVERSE**: voir figure -c-

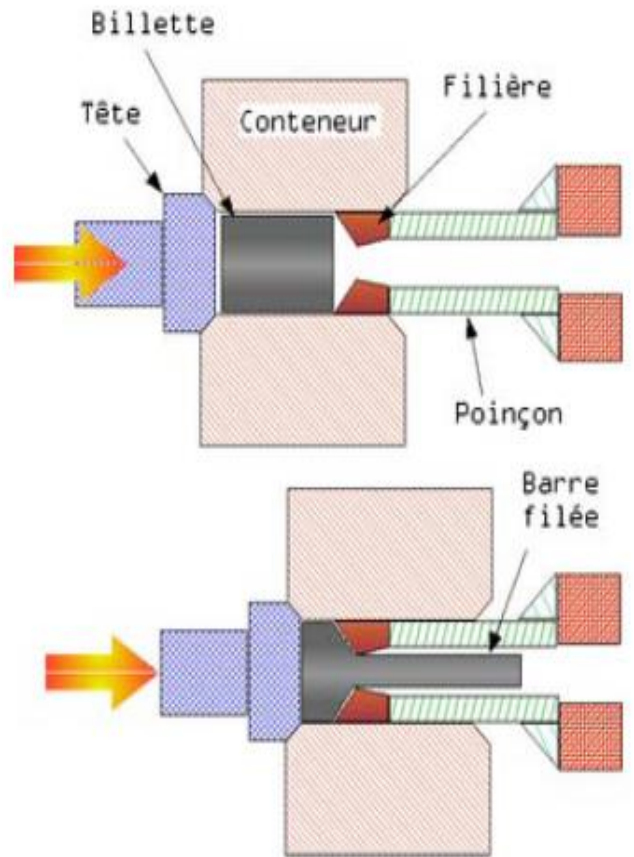
Opération qui consiste à faire s'écouler le métal le long, autour ou à l'intérieur, du poinçon dans le sens contraire de son avance.



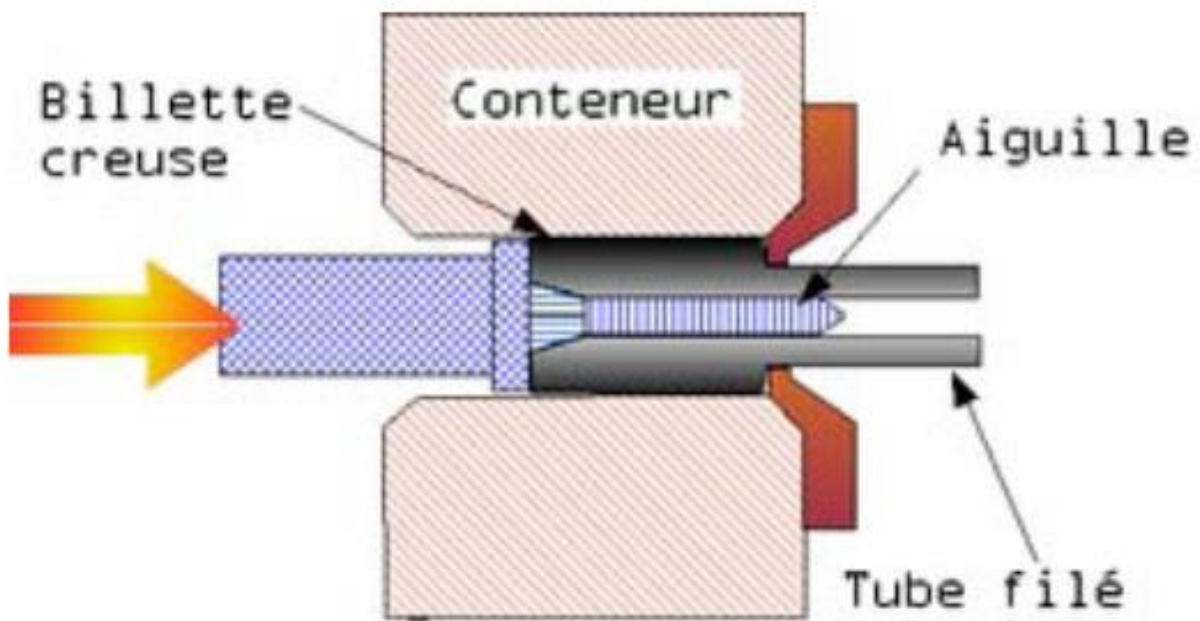
On observe différents types de filages :



Le filage direct

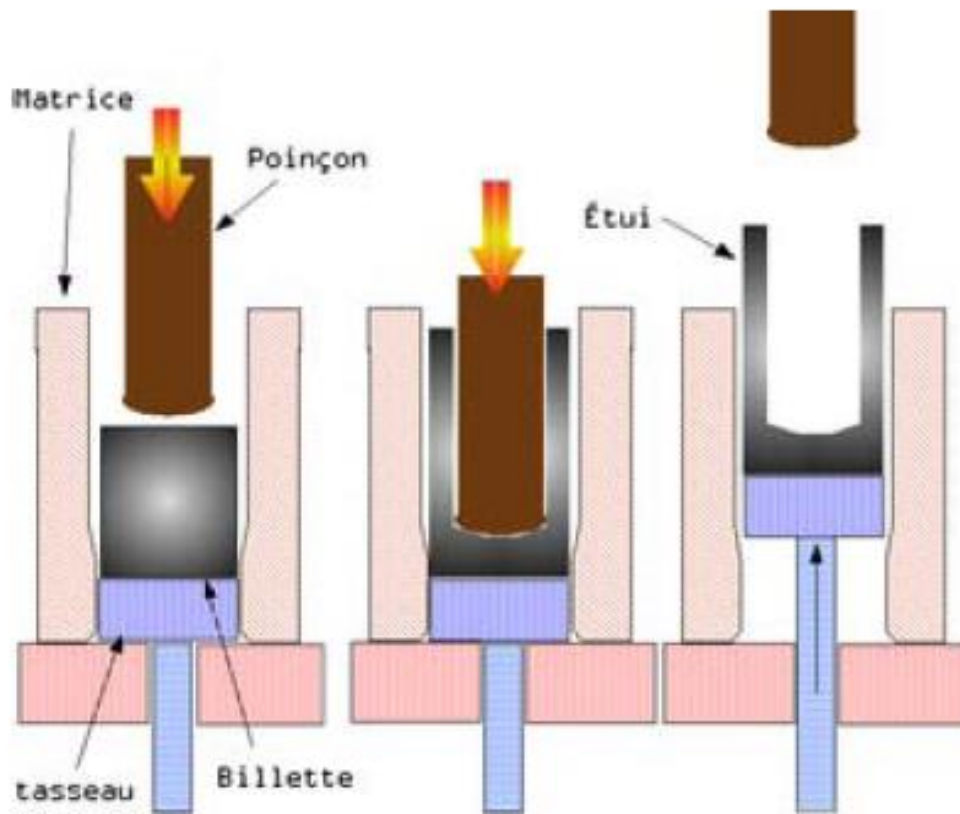


Le filage inverse



Le filage sur aiguille

Le filage inverse en conteneur



9. Gamme type de mise en forme :

- | | | |
|-------------------|----------------------|--|
| Phase 10 : | Débit du lopin : | sciage d'une barre d'une longueur L prédéterminée |
| Phase 20 : | Chauffage : | porter le lopin à une température la plus grande possible, jamais au point de fusion |
| Phase 30 : | Etirage : | diminuer la section et allonger le lopin |
| Phase 40 : | Roulage : | assurer une bonne répartition des volumes de matière, le long de la fibre neutre |
| Phase 50 : | Cambrage : | dresser l'ébauche roulée pour la rendre compatible avec la forme de la gravure pour la phase suivante d'estampage ébauche ou estampage finition. |
| Phase 60 : | Estampage ébauche : | affiner la répartition du volume de matière, de sorte à s'approcher de la forme de finition. |
| Phase 70 : | Estampage finition : | mise en forme, obtenir la forme finale de la pièce conformément au CDC. |

Phase 80 : Ebavurage : Eliminer (par cisaille ou meulage) l'excédent de matière.

Phase 90 : Traitement thermique éventuel.

Phase 100 : Contrôle géométrique et dimensionnel.

10. Tableau récapitulatif des différents procédés de forgeage :

Types de procédés	Forge libre	Estampage	Matriçage	Extrusion
Types de matériaux	tous les métaux : acier, aluminium, cuivre, titane...	acier	Alliage d'aluminium, de cuivre, titane	<ul style="list-style-type: none"> • Acier C maxi <0.45% • Aciers faiblement alliés
Poids des pièces brutes	1 Kg à 200T	De quelques grammes à 2 à 3T		<ul style="list-style-type: none"> • 50g à 50000 pièces/mois • 15kg à 1000 pièces/mois
Série	1 à 50 pièces	50 pièces à plusieurs millions par mois		<ul style="list-style-type: none"> • Formes symétriques
Engins utilisées	<p>Chocs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auto compresseur • Mouton 3T • Marteau-pilon 5T 	<ul style="list-style-type: none"> • Chocs • presses 	presses	<p>Presse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presse mécaniques <ul style="list-style-type: none"> ✓ vilebrequin ✓ ou à genouillère • Presse hydraulique
Types d'outillage	Outillages standard	Outillages spécifiques à la pièce		Outillages spécifiques à la pièce
Tolérance moyenne	±5 mm	±1 à ± 2 mm		<ul style="list-style-type: none"> • ±0.1 mm sur le diamètre • ±0.5 mm sur la longueur