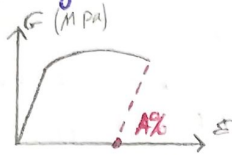


Les propriétés des matériaux

- **Ductilité**: c'est la déformation du matériau irréversible et caractérisée par l'allongement $A\%$; le matériau qui a le $A\%$ le plus grand est celle le plus ductile.



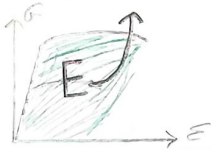
- **Elasticité**: c'est la déformation du matériau et sa capacité de se déformer et revenir à l'état initial.

- **Rigidité**: c'est caractérisée par le module de young E (pente de la droite); le matériau qui a E le plus grande est celle le plus rigide.

- **Fragilité**: c'est les matériaux qui ne subit aucune déformation ou bien lorsque $A\%$ ne dépasse pas 5%.

- **Résistance**: caractérisée par R_e et R_m .

- **Ténacité**: c'est l'énergie nécessaire pour subir la déformation.



*) Types des matériaux:

1) Métalliques:

- **Ferreuse**:
 - acier: $C\% \leq 2,1\%$
 - fonte: $2,1\% \leq C\% \leq 6,7\%$

2) Non Ferreux:

- aluminium: (aérospatial: mise en forme des pièces en feuille)
- zinc (protection).
- Bronze: $Cu + Sn$ // - Laiton: $Cu + Zn$

2) Non métalliques:

1) Polymère:

- Synthétique: élastomère...
- naturels: Bois...

2) Céramique:

- usuelles: Verre, plâtre, gypse, terre cuite...

3) Composites:

- matrice: polymère
- renfort: métallique; Ex pneumatique

*) Propriétés métalliques des matériaux:

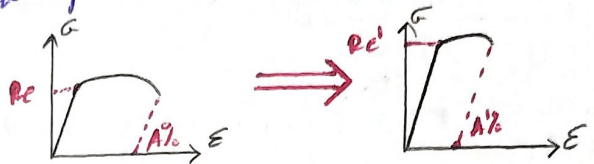
1) Mise en forme des pièces:

- à froid (emboutissage)
- à chaud (laminage)

Fidaa

2) Aptitudes:

- **Aptitude d'érouissage**: c'est τ de la limite à la rupture élastique R_e et ϵ de $A\%$



*) Aptitude de moulage:

- **fusibilité**: solide $\rightarrow$ liquide: action de chaleur
- **Coulabilité ou fluidité**: changement des props de métaux par l'addition d'élément d'addition.

*) Aptitude de soudabilité (soudage):

- des matériaux unis à eux m sous l'action de chaleur (si $C\% \uparrow \Rightarrow$ Soud $\downarrow$)

*) Aptitude de traitement thermique: changement des props des matériaux par un traitement thermique.

*) Usabilité: déformation des matériaux par froid ou chaud sans rompre.

*) Propriétés physiques des matériaux:

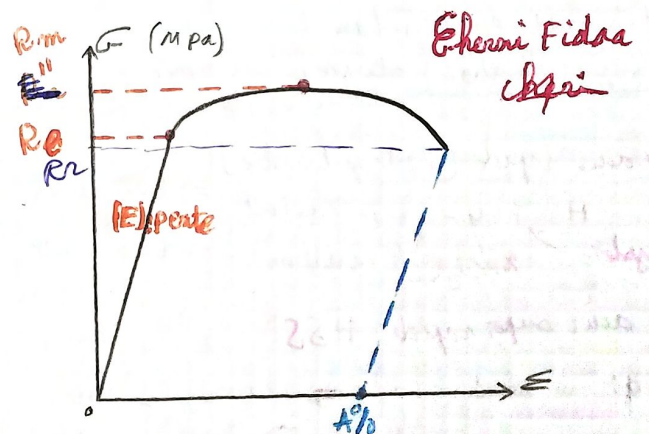
1) **Densité**: rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corp pris comme référence.

2) Conductibilité électrique: laisser passer l'

- | | | | |
|------------|----------|----------|--------|
| 1 - argent | 3 - or | 5 - zinc | 7 - Fe |
| 2 - cuivre | 4 - alum | 6 - Ni | : |

3) Conductibilité thermique: " " chaleur

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| 1 - argent | 3 - alum | 6 - zinc |
| 2 - cuivre | 4 - laiton | 7 - étain |



R_m : Résistance à la rupture en traction (R_m)

R_e : Limite à la rupture élastique en traction

$A\%$: Allongement

E : Module de young (pente) $\Rightarrow$ dureté (rigidité)

a) Désignation des matériaux et justifications:

1) Les alliages Ferreux:

Fidaa

a) Les aciers: ($0.02\% < C\% \leq 2.1\%$):

- S: acier d'usage générale
- E: acier de construction mécanique
- GE: acier moulé de construction mécanique

⇒ justification: + Re

- E: Bonne corac mec / Bonne usinabilité
- S: Bonne corac mec / Bonne usinabilité
- Bon marché

- C: acier spécial non allié pour traitement thermique

⇒ justification: - excellent prop. mec

- très grande rigidité (dureté)
- grande résistance à l'usure et après traitement thermique
- Bonne ténacité

- acier faiblement allié: L C a-b-1,2...

Ex: 35 Ni Cr Mo 16: acier faiblement allié de 0,35% de C ; 4% de Ni et qq traces de Mo et Cr.

Dir: - B ⇒ 1000

- Ce, N, P, S ⇒ 100

- Al, Be, Cu, Mo, Hb, Pb, Ta, Ti, V, Zn ⇒ 10

- Ni, Co, Mn, Cr, Si, W ⇒ 4

⇒ justification: - acier pour traitement thermique

- Bonne résistance à la corrosion
- excellente rigidité
- très grande résistance à la déformation et à l'usure par abrasion
- grande résistance à la fatigue thermomécanique.

- acier fortement allié: X C a-b-1,2...

Ex: X 6 Cr Ni Ti 18 10: acier fortement allié de 0,06% de carbone, 18% de chrome, 10% de Nickel et qq traces de Titane.

⇒ justification: - Bonne corac mec

- Bonne résistance à la corrosion

... acier rapide (Fortement allié):

HS 7-4-2-5-2 Cobalt ⇒ Bonne dureté

↑ % Vanadium ⇒ Bonne résistance

↑ % Molybdène

↑ % Tungstène

... acier super rapide: HSS

- Pq: acier fortement allié ⇒ acier inoxydable

⇒ résistance à la corrosion ⇒ % chrome > 12%

b) Les fontes: ($2.1\% < C\% \leq 6.7\%$)

- Fonte grise à graphite lamellaire: EN GJL...

+ Rm + A% ⇒ justification: - Bonne corac mec

- Bonne coulabilité (excellente aptitude au moulage)

- Bonne conductivité thermique
- rigide et résistant à la rupture / Ductile
- dissipation du chaleur
- Bonne capacité d'amortissement et vibration
- Fonte grise à graphite sphéroïdale: EN GJS

+ Rm + A%

⇒ justification: - Bonne coulabilité

- Bonne Rm et A% (ductile)
- rigide
- plus chère

- Fonte malléable à cœur noir ou blanc:

EN GJM / EN GMB + Rm + A%

⇒ justification: - malléabilité

- apte au moulage

Pq: si A% des fontes < 5% les fontes est dite fragile.

- Fonte blanche: EN GJN-HV

+ coeff de Vickers =

si C > 0.9% + au moins élément % > 3% ⇒ acier

⇒ justification: ⇒ dureté et résistan à l'usure au frottement et abrasion

- ⇒ Inapte à l'usinage (non déformable à froid)

c) Alliage d'Aluminium: EN A []:

- W: corroyé (wrought)

- α durcissement mécanique (écrouissage)
- non trempé: 1^{xxx}; 3^{xxx}; 5^{xxx}; 4^{xxx}
- α durcissement structural (trait therm)
- Trempé: 2^{xxx}; 6^{xxx}; 7^{xxx}

- B: Block lingot recylé

- M: -

- C: cast moulé

pour fonderie

Ex: EN AW 2014 [Al Cu 4 Mg Si]:

aluminium corroyé à durcissement structural de 4% de cuivre et qq trace de magnésium et silicium.

d) Alliage de Cuivre: Bronze et Laiton:

Ex: CCu 33K [Cu Sn 7 Zn 4 Pb 7] / Cu Zn: laiton

alliage de cuivre (Bronze) moulé, contenant 7% d'étain, 4% de zinc et 4% de plomb.

e) Polymère: (plastique):

- Elastomère: HBR ⇒ justification: - très grande élasticité

- un effort de serrage réglable (rattrapage du serrage au serrage)

f) Acier de maraging: (Fort) (Inox):

X % C { - faible de carbone

- riche en Nickel

⇒ justification: - importante résistance + dureté

- Bonne ductilité
- résis à l'usure

D) Essai de flexion par choc:

Essai de résilience Charpy:

La résilience, K , caractérise la résistance d'un matériau d'absorber les chocs sans rompre.
(ce risque est amplifié en basses températures)

- elle est mesurée sur des machines de type Charpy (éprouvette sur deux appuis).

$$W = p \cdot h_0 - p \cdot h_1 = mg(h_0 - h_1) \quad \text{: énergie absorbée par l'éprouvette}$$

$$K_C = W/S \text{ (J/cm}^2\text{)} \quad \text{: énergie surfacique de rupture } K_C$$

$K_C U$: en U et $K_C V$: en V.

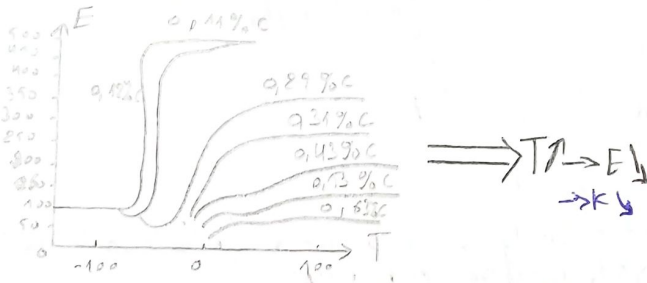
$$K_C = f(\alpha, \theta):$$

$$K_C = \frac{mgR(\cos \theta - \cos \alpha)}{S}$$

$$K = f(V):$$

$$V = \sqrt{2gR(1 - \cos \alpha)} \quad \text{: Vitesse de choc}$$

* Énergie de rupture:



* Paramètres influençant la mesure de la résilience:

- T° d'essai: $T^{\circ} \rightarrow \Delta T^{\circ} \rightarrow E \rightarrow K$
- le rapport entre la largeur (b) et longueur (L)
 $K \rightarrow b/L$
- la triaxialité des contraintes: elle met en évidence par exemple à partir de l'acuité de l'entaille (en V ou en U)
- la structure du matériau, les structures cristallines (CFC, CC, ...); l'affinement des grains $T_{Re} \rightarrow K$

E) Essai de dureté: Technique de caractérisation

par indentation: La dureté caractérise la résistance d'un matériau à la pénétration locale d'un corps plus dur; elle dépend non seulement des caractéristiques du matériau mais aussi des conditions de mesure de l'essai.

- Choix (force) exercée sur le matériau par le pénétrateur.
- type de pénétrateur: acier, carbure, diamant.
- forme de pénétrateur: sphérique, pyramidal, conique.
- temps de pénétration / mode de pénétration: statique, dynamique.

* Essai de Brinell:

appliquer une charge F par l'intermédiaire d'une bille en acier ou en carbure de tungstène de diamètre choisi.

$$F = K D^2 \quad ; \quad 1 Kgf = 9.81 N \approx 1 daN$$

$$500 \leq F \leq 3000 \quad ; \quad K? \rightarrow \begin{matrix} \text{acier} \rightarrow 2 \leq K \leq 6 \\ \text{aluminium} \rightarrow 1 \leq K \leq 3 \\ \text{cuivre et alliages} \rightarrow 0.5 \leq K \leq 1.5 \end{matrix}$$

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$R_m \approx 3.5 HB \quad \text{: relation entre HB et } R_m \text{ (MPa)}$$

Fidaa

* Essai de Vickers:

consiste à appliquer une charge F par l'intermédiaire d'un pénétrateur en diamant en forme de pyramide à base carrée avec un angle au sommet de 136° .

$$F = 30 Kgf = 294 N$$

$$HV = 1.854 \frac{F}{d^2} \quad \text{: } d \text{ en mm et } D \text{ en m, } F \text{ en Kgf}$$

$$R_m \approx 3.5 HV \quad \text{: relation entre HV et } R_m \text{ (MPa)}$$

* Essai de Rockwell:

L'essai de Brinell et Vickers appartiennent à la mesure surfacique de la géométrie de l'empreinte, l'essai de Rockwell consiste à mesurer l'enfoncement rémanent d'un pénétrateur.

$$F = 10 Kgf = 98 N$$

$$h = c - a \quad \text{: (mm) du pénétrateur}$$

$$HRC = 100 - \frac{h}{0.002}$$

$$HRB = 130 - \frac{h}{0.002}$$

procédés de formage par déformation plastique

mise en forme sans enlèvement de matière.

Température de formage

$0,15T_f - 0,3T_f$
mise en forme à froid

$> 0,5T_f$
mise en forme à chaud

T_f : 0° de fusion

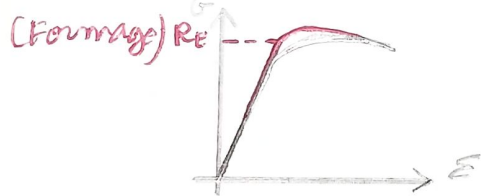
$0^\circ T \Rightarrow \begin{cases} \%AT \\ ReL \end{cases}$

- contrainte appliquer $\sigma > \sigma_0$

σ_0 : contrainte d'écoulement statique

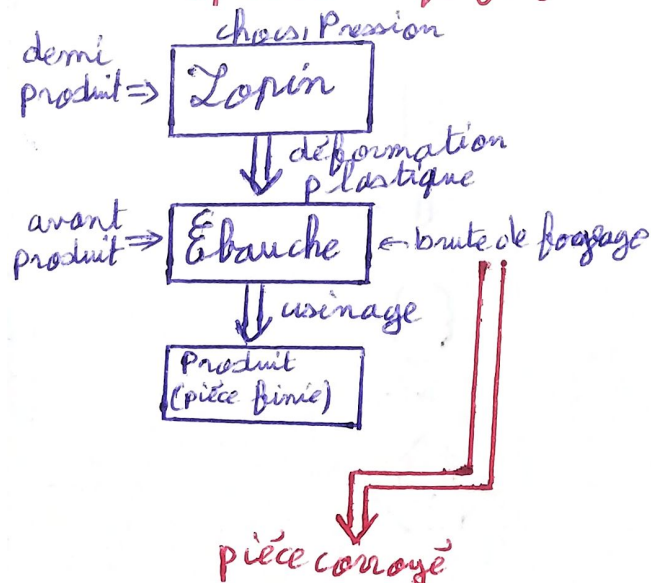
↓
déformation permanente

* Formage: rendre la pièce plus résistante que le moulage.



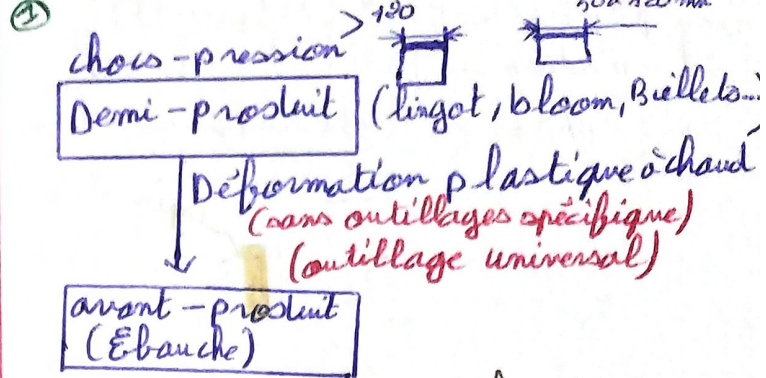
Fidela

I Mise en forme à chaud:
→ procédés de forgeage:



taux de conoyage: si $ZT \Rightarrow ReT$

$$Z = \frac{S_0}{S_f} \left. \begin{array}{l} \text{section initiale} \\ \text{section finale} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{formation de fibrage}$$



Avantages: ⊕ pièces forgées lourdes (jusqu'à 250 tonnes)

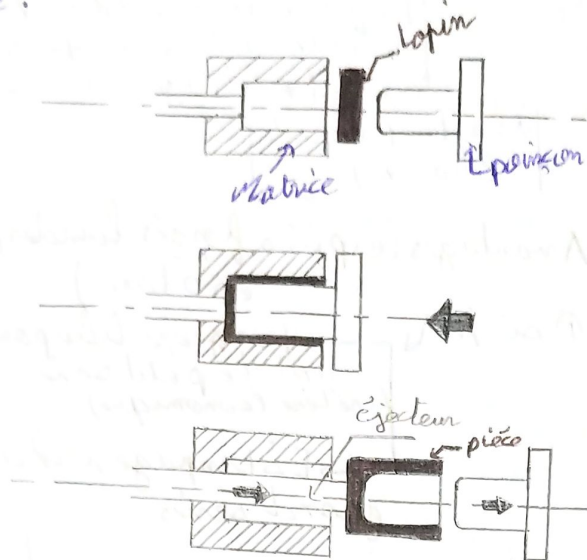
⊕ si $M \downarrow$ → Forgeage libre pour production unitaire petit série (critère économique)
→ Estampage à chaud pour grand série

⇒ Le forgeage est l'ensemble des techniques permettant d'obtenir une pièce mécanique en appliquant un effort important sur un lopin, chauffé ou non, pour le contraindre à prendre la forme désirée.

⇒ forgeage libre: déformation plastique à chaud de lopin (demi-produit) par fluage du matériau sous l'action de chocs importants ou par pression élevée permet de réaliser une ébauche nommée avant-produit.

⇒ Le formage regroupe toutes les techniques de mise en forme des matériaux à l'état solide par déformation plastique, on distingue suivant la température de formage; la mise en forme à froid (entre $0,15T$ et $0,3T_f$) et la mise en forme à chaud ($> 0,5T_f$).

* Le forgeage à froid (extrusion) :
déformation à froid d'une ébauche
par compression entre un poinçon et une
matrice.

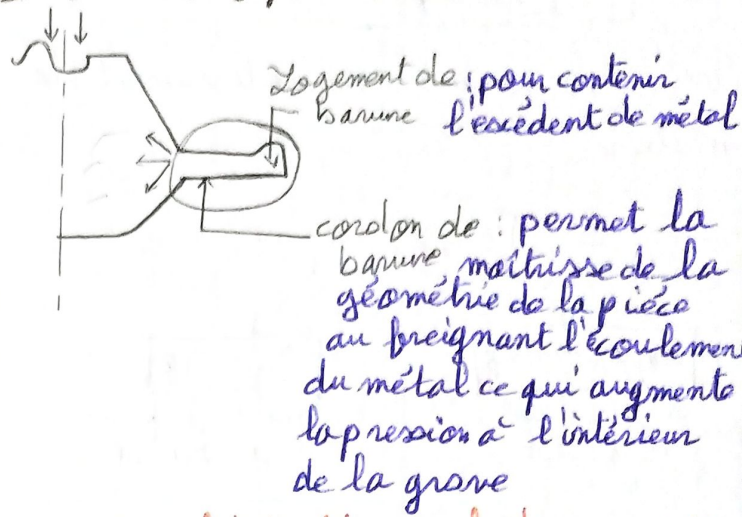


- ⊕ obtention de la pièce sans déperdition
- ⊕ géométrie complexe souvent irréalisables
- ⊕ alléger la pièce, par son filage et l'écrasage du métal.
- ⊕ Économie de matière % autotechniques
- ⊕ une cadence élevée de production
- ⊕ obtention de tolérances précises.
- ⊖ réalisation et mise au pt des outillages souvent onéreux, amortissables.
- ⊖ emploi pour les aciers de nuances présentant de bonnes caractéristiques de déformabilité
- ⊖ nécessité d'installations annexes de débrutage, traitement de surface, rectif et d'un atelier d'outillage

* Le filage :
c'est un procédé de mise en forme par
déformation plastique, il consiste à
introduire, dans un conteneur creux de
forme cylindrique, chauffé, une
ébauche.

Fidlaa

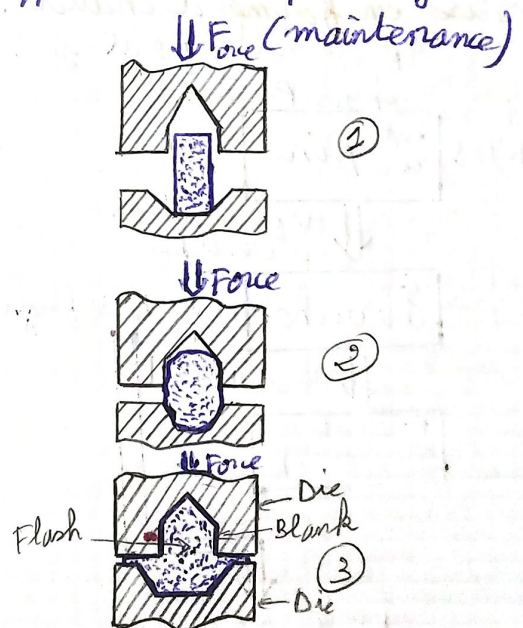
II- Estampage / usinage :



barne : Élimination de la barne par
(V) ébarrages (presse d'ébarrage)

* propriété de la matrice :

- acier spécial : acier pour travail à chaud ($\%C < 0,5$) : ex: X34 CrMo V 5-1
- grande résistance mécanique
- grande résistance à l'oxydation à chaud de la fatigue thermo-mécanique.
- grande résistance à l'abrasion à chaud et l'usure.
- Bonne tenacité (bonne résilience)
- Très grande stabilité dimensionnelle
- faible sensibilité aux chocs thermiques
- grande aptitude au polissage

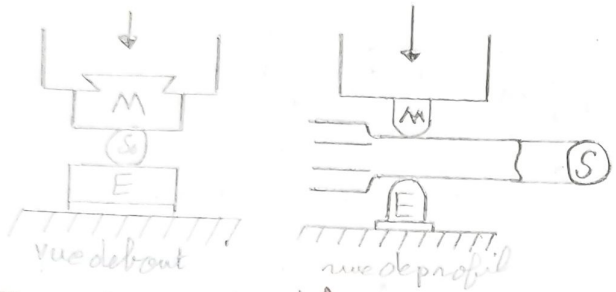


chermin Fidlaa

*) Procédés de Forgeage - Forgeage libre;

1- Etirage:

Allongement d'un lingot ou une ébauche suivant son axe initial en une barre de section ronde, conique, rectangulaire ou polygonale



E: enclume ou tas inférieur

M: marteau ou tas supérieur

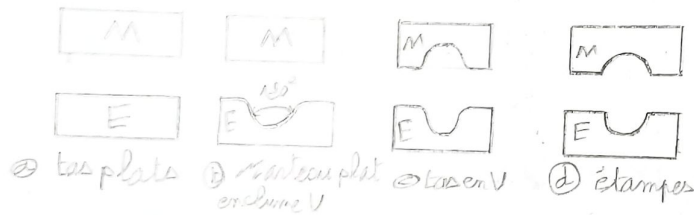
S₀: section initiale

S: section finale

S₀/S: conoyage

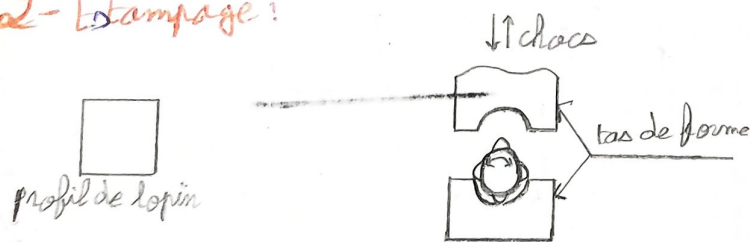
Fidlar

* Différents types de marteau et d'enclume:



- enclumes et marteaux: éviter les repliures de métal et de largeur variant avec les sections travailler.

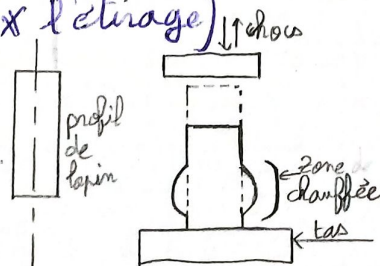
2- Estampage:



mise au rond d'un lopin de section carré par forgeage entre tas de forme arrondie

3- Refoulement: (x l'étréage)

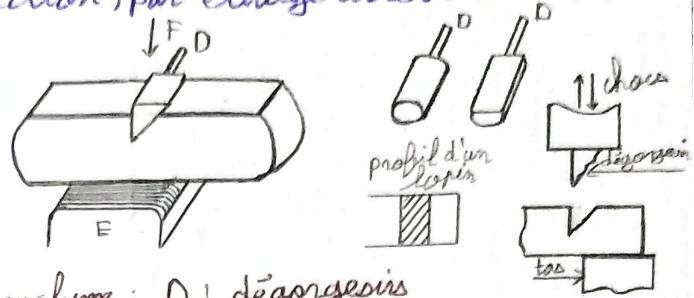
augmentation de la section d'une ébauche en réduisant sa longueur



③

4- Dégorgeage:

réalisation de gorge(s), en cours de forgeage permettant une diminution brusque de section, par étréage ultérieur

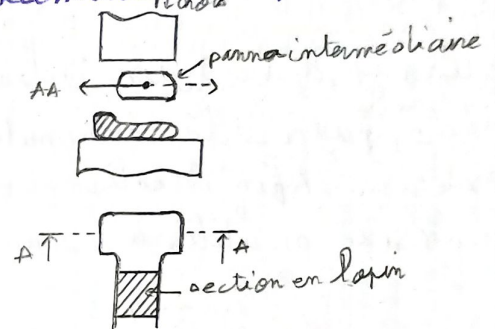


E: enclume; D: dégorgoirs

F: force appliquée

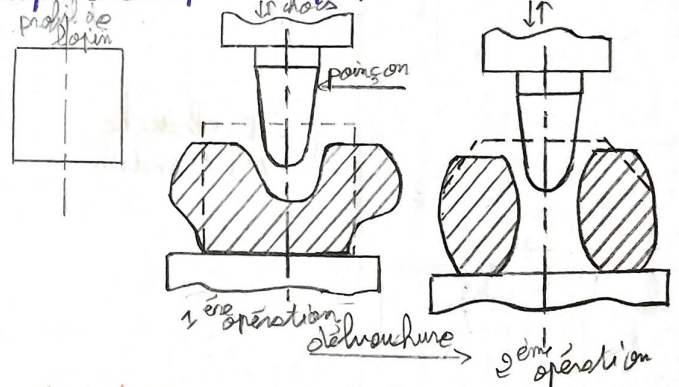
5- Élargissement:

élargissement de l'extrémité d'un lopin, généralement après dégorgage, provoqué par le déplacement d'une panne.



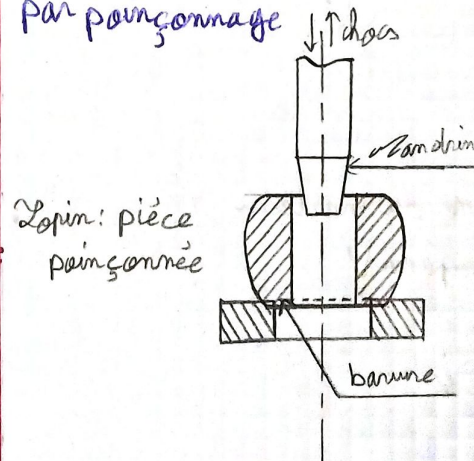
6- Poinçonnage:

Réalisation d'un trou non calibré de forme conique, cette opération prépare le mandrinage



7- Mandrinage:

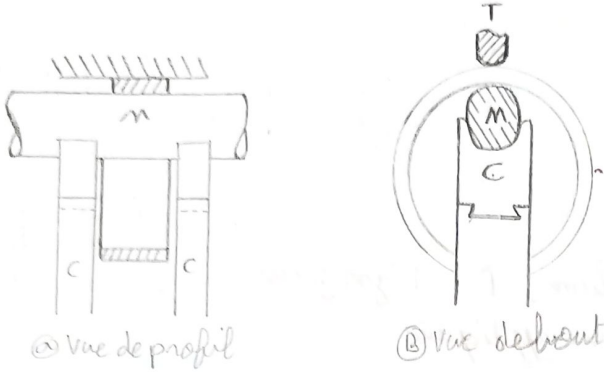
calibrage d'un trou, obtenu préalablement par poinçonnage



Lopin: pièce poinçonnée

8- Bigornage :

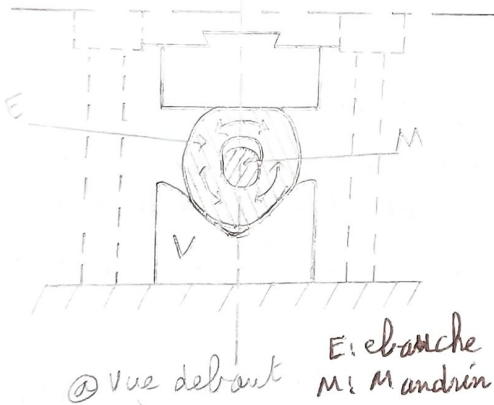
accroissement de diamètre d'une couronne métallique provoquant un filage circulaire de la matière



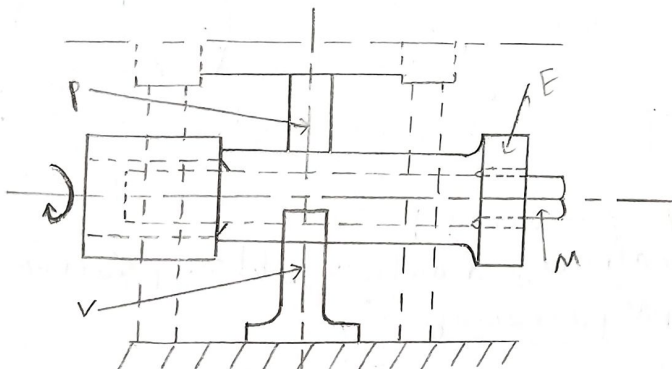
C: chevalet ; M: mandrin ; T: tas supérieur

9- Retrainte :

Etirage d'un lopin tubulaire accompagné de la diminution du diamètre extérieur. Afin de calibrer éventuellement un lésage on utilise un mandrin.



E: banche
M: Mandrin



(B) Vue de profil

p: panne ou marteau

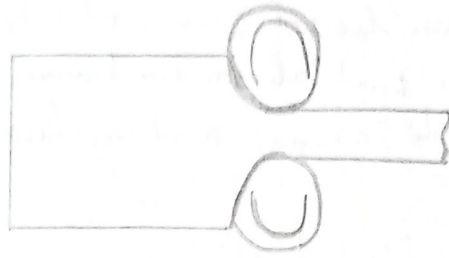
V: étampe en V

chemi Fiolaa

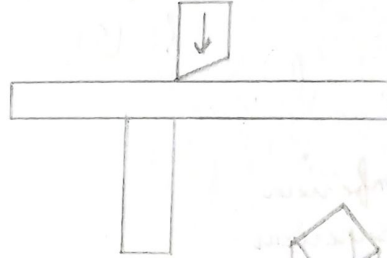
~~chemi~~

Rq1

1- Laminage :

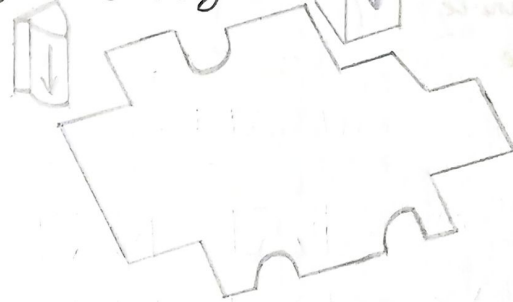


2- découpage : cisailage :

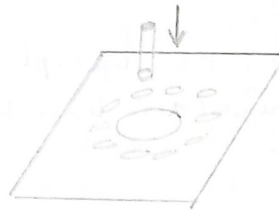


Fidaa

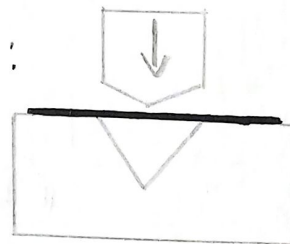
3- encochage :



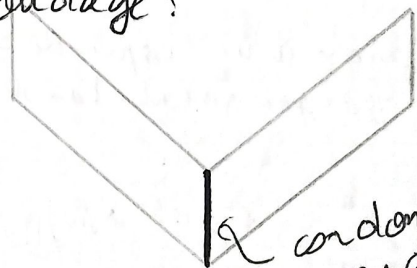
4- poinçonnage :



5- pliage :



6- soudage :



cordon de soudure

Moulage (en sable)

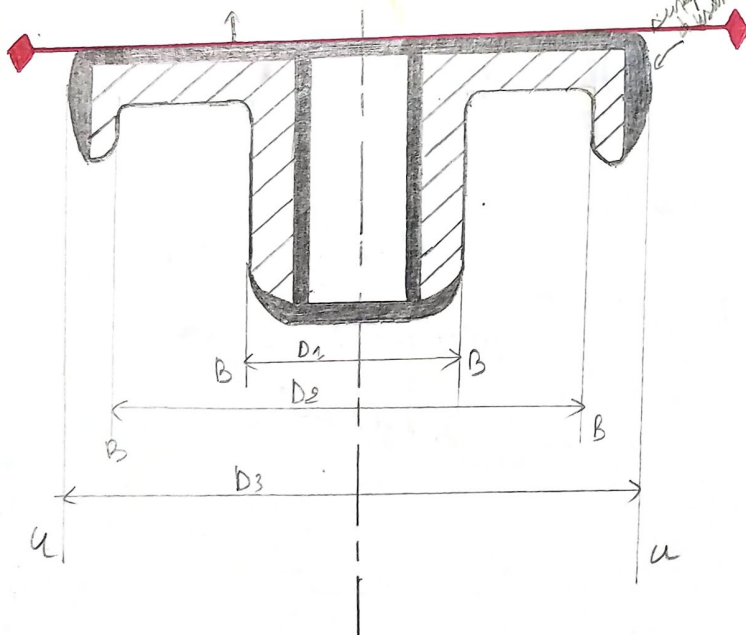
1) choix de plan de joints :

- p.j. placé $\perp$ à la descente de coulée.
- un seul plan de joint (1)
- p.j. écrite toutes contre - dépourilles
- placé au niveau de la plus grande section de la pièce
- empreinte en bas (الفرانجة السفلى)
- prévoir le minimum d'empreinte dans le chasis supérieur.
- minimiser le nbre de noyau
- choisir une solution avec le noyau
- préférer des noyaux verticaux.

2) Les éléments à prendre en considération pour déterminer la forme et les dimensions du modèle en bois :

- 1- surépaisseur d'usinage
- 2- Dépourilles
- 3- congés et arrondies
- 4- portée de noyau
- 5- retrait à la solidification

3) Exemple : surépaisseur = 3mm, on l'ajout seulement à les surfaces tolérantes (en gras) seul de déchargement

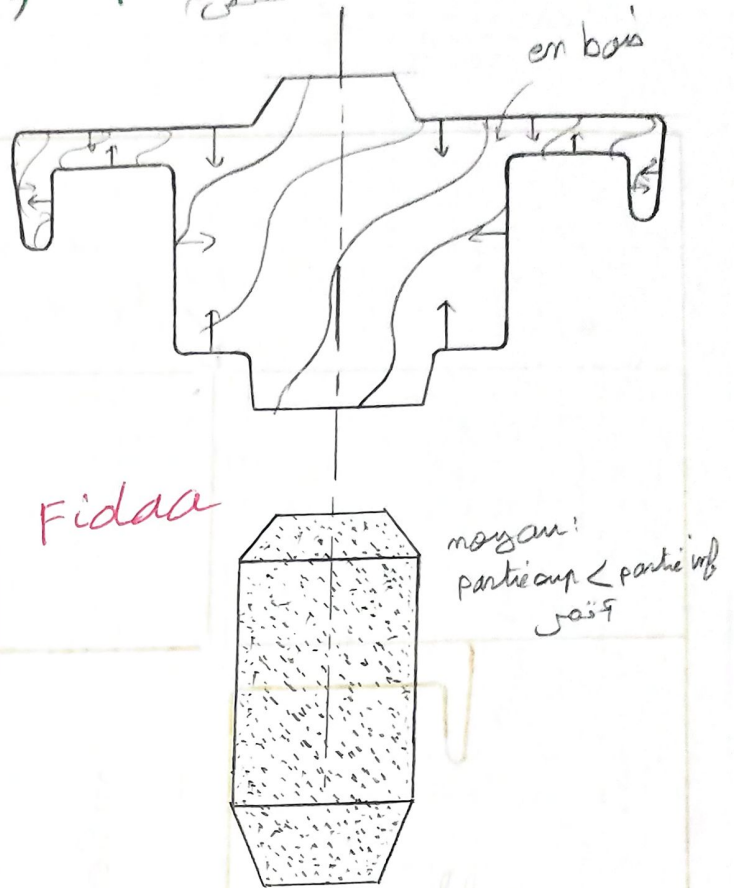


u-B: on ajout 1 fois

u-u: " " 2 "

B-b: " " 0 "

4) Exemple : rebroussement



=> modèle en bois

5) Les défauts :

- 1) Les fissures : $\perp \Rightarrow \perp$
- origine : retrait différentiel
- sol : veiller à l'uniformité des épaisseurs
- arrondir les angles

- 2) Netassures : $\square \Rightarrow \square$
- origine : différence dans le refroidissement des certaines parties de la pièce.

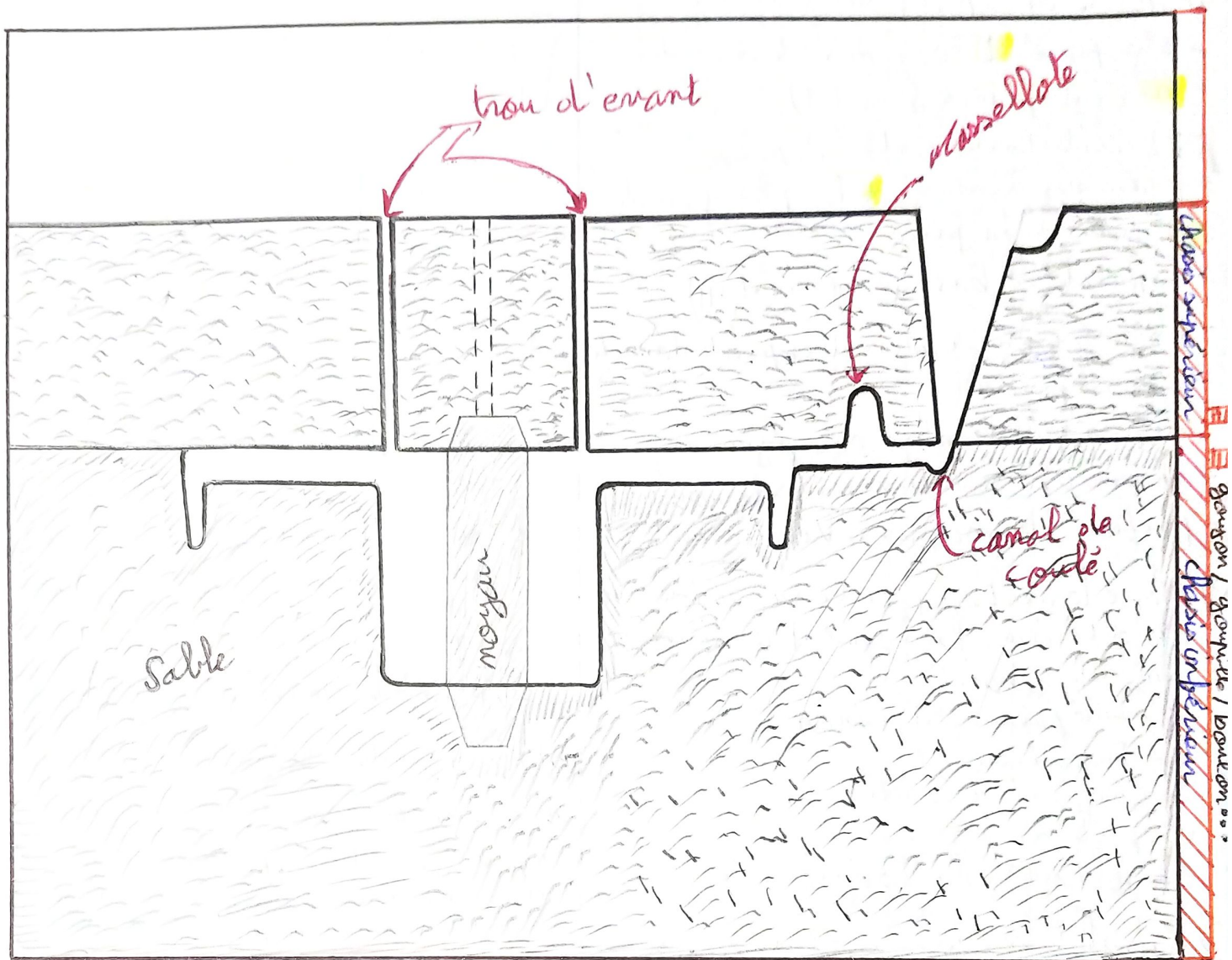
- sol : masselote : بيردناكي
- 3) piqûres : microcavité d'origine (الغوصات الصغيرة) air base
- dissociation des gaz dans le métal liquide
- modifier la position d'entrants

- 4) soufflures : cavité crée et occupée par les gaz (الغوصات الكبيرة) les gaz provient de l'air entraînés pendant le remplissage.

- origine : temps de remplissage lent.
=> formation de turbulence le cas de remplissage.

=> canal de coule' $\Rightarrow$

*) modèle complet :



• caractéristique du sable du moulage :

- le sable de fondrière doit être **infusible**, **constituant** et **poreux**.

• le sable est composé de :

- sable de silice
- d'argile
- de noir de fondrière, de graphite ou de noir végétal

• le traitement thermique :

écuit : se fait afin de rendre plus **homogène** le matériau.

Cherhi Fidaa
cherhi

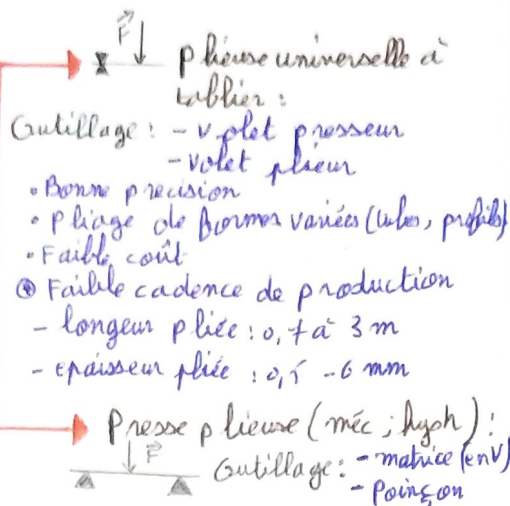
...
⇒ suite

Travail des métaux en feuilles : Formage par pliage

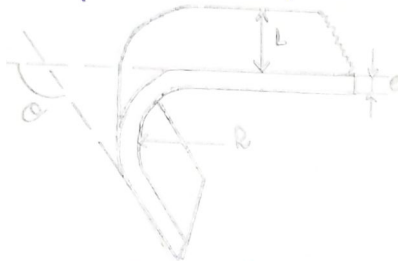
Machine à plier

Flan
(tôle découpée)

Forme pliée
développable



Paramètres de pliage :
Les paramètres de pli sont :



α : angle de pliage
R : Rayon de pliage
e : épaisseur de la tôle
L : Longueur du pli

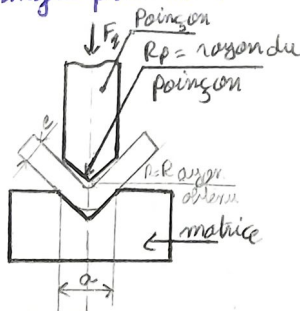
① Angle de pliage :

notons α : le ressaut : angle de retour élastique.

$\alpha = f(\text{matériau, modes et procédés de pliages})$

①' : pliage en l'air :

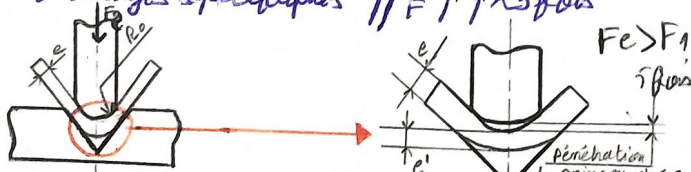
- α poinçon < α matrice
- α (angle de pliage) = f (course de poinçon)
- $\alpha \sim 2^\circ \alpha 3^\circ$
- Différentes angles pour le même outillage.



Ethermi
Fidao
Q'

①'' pliage en frappe :

- α poinçon = α matrice
- pliage à fond la matrice (Forçage brutal du pli)
(sans poinçon e.V.)
- outillages spécifiques // $\approx 7 \sim 5$ fois



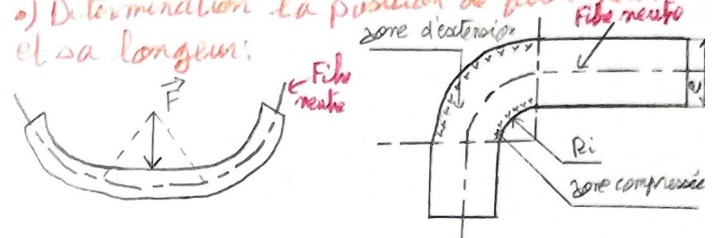
② Rayon de pliage R : rayon intérieur
le rayon minimal de pliage est le plus petit rayon pour lequel il n'y a pas apparition de fissures lors du pliage. Il dépend de plusieurs paramètres tels que l'épaisseur de la pièce, l'état du métal (recuit ou écroui) et sa capacité de déformation plastique.

$$R_{\min} = \frac{e}{\left[\frac{A-4}{100-2} \right] \left[\frac{A-4}{100-2} + 2 \right]}$$

$R_{\min}$: rayon min de pliage (mm)
e : épaisseur de la tôle (mm)
A% : allongement ponctuel
Z% : coeff de striction

* Détermination du flan de départ :

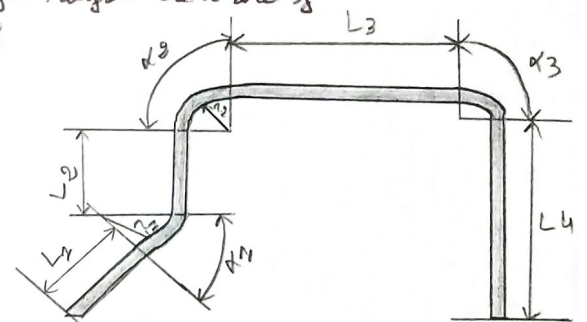
a) Détermination la position de fibre neutre et sa longueur :



$$L = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{j=1}^m \frac{2\pi \cdot \alpha_j \cdot r_j}{360}$$

avec : n = nbre de segments droits
m = nbre d'arcs (généralement $m = n - 1$)
 L_i = Longueur du segments droits
 α_j = angle de l'arc j
 r_j = rayon de l'arc j

Exemple :



b) Détermination de l'effort de pliage lors d'un pliage en l'air :

$$F = \frac{K \cdot L \cdot e^3 \cdot R_m}{a} \text{ (daN)}$$

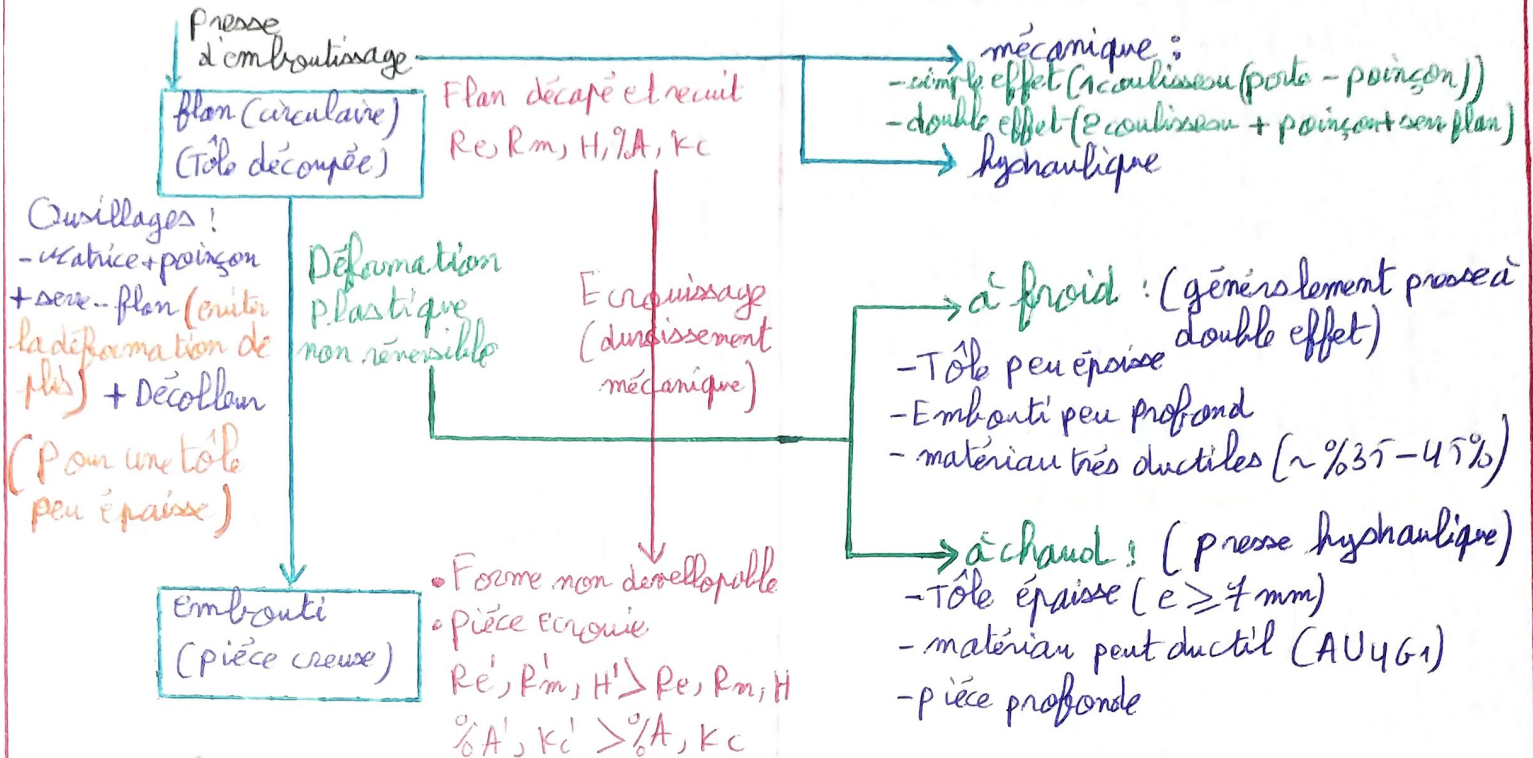
avec : L (mm) : longueur du pli
a (mm) : ouverture du V
 R_m (daN/mm²) : résistance à la rupture en traction
e (mm) : épaisseur de la tôle
Données : K : facteur empirique dépendant de a/e :

a/e	6	8	12	16
K	1,40	1,33	1,24	1,20

Emboutissage:

Ehermi Fidaa

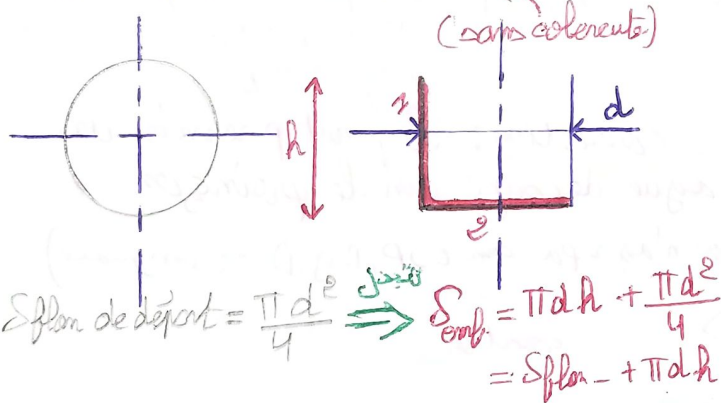
1) schéma complet:



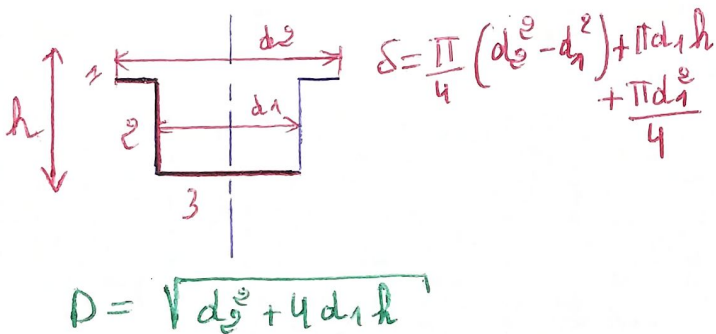
$V_{\text{emboutissage}} = V_{\text{flan primitif}}$

$d_e = d_{te} \Rightarrow S_{\text{emb}} = S_{\text{flan pri}}$: conservation de surface

Embouti = profil de la fibre neutre



$D = \sqrt{d^2 + 4 d h}$ → diamètre du flan primitif



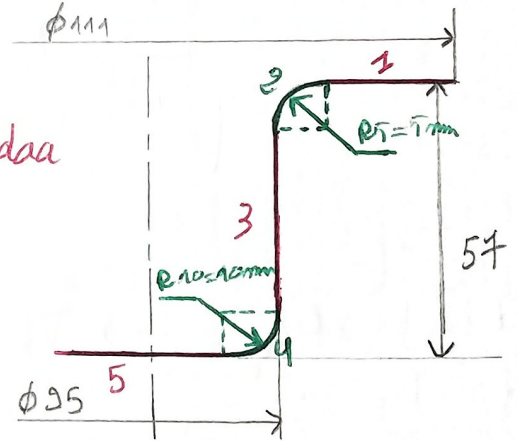
$F_e = \pi d e R_m K$ (da H)

K : coeff de réduction du ϕ de l'effort.

$K = f(d/D)$ (donné)

Exemple: $\phi 111$

Ehermi Fidaa



élément	forme	$4S/\pi$ (mm ²)	calcul (mm)
1	—	$D^2 - d^2$	—
2	7 r	$2\pi R(D + 0.7R)$	—
3	11	$\pi D H$	—
4	U J	$4\pi R(D - 0.7R)$	—
5	—	D^2	—

$H = 57 - R_5 - R_{10}$
 $d = 55 + 2R_5$

$D_f = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$
(mm)

- *) Nbre de passes :
- un seul passe d'emboutissage :
 - de faible (de 1 diamètre de l'embouti)
 - $\frac{d_e}{D}$: petite réduction du diamètre du plan primitif

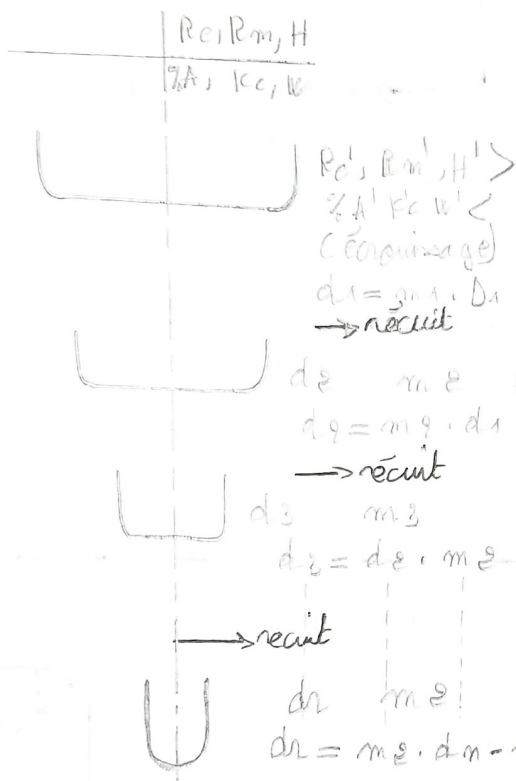
- le peu profond (h_e : hauteur d'emboutissage)

Si $m = \frac{d}{D} > m_1 \Rightarrow$ une seule opération

• plusieurs passes d'emboutissage :

- $\frac{d}{D} < 0,5$: plusieurs passes d'emboutissage

- m : coeff de réduction



*) Exemples

*) $d_1 = K_1 \cdot D_f$ ($D_f = \sqrt{\frac{4 S_i}{\pi}}$)
 $d_2 = K_2 \cdot d_1$
 $d_3 = K_3 \cdot d_2$
 $d_n = K_n \cdot d_{n-1}$
 $\Rightarrow n$ opération (plusieurs passes)

$D_{fc} = \frac{d_e}{\pi m_i}$

($D_{fc} = n \cdot D_f$)
($n \neq 1,02$)

$\hookrightarrow$ diamètre de plan corrigé qui permet la correction

*) un seul passe :

$d_1 = K_1 \cdot D_f$

$d_2 = K_2 \cdot d_1$

$K_1, K_2 \in$ tableau

$4S/\pi \in$ tableau...

$F_e = \pi d_1 e R_m m$ (daN)

si ya une correction (plusieurs passes), il faut choisir le nouveau diamètre qui a été corrigé
 $d_1 \Rightarrow d_{1c}$

*) 2' effort d'emboutissage d'un n passe :
 (hors programme 1^{ère} année prep)

$F_n = 0,5 F_{n-1} + (\pi d_n) e \cdot \phi \cdot R_m$

R_m, ϕ, e : données

*) 2' effort de serre-plan nécessaire pour la réalisation de i - passe :

$F_s = \frac{\pi}{4} (D_{fc}^2 - d_{ic}^2) \cdot P$ (daN)

avec $D_{fc} = 1,02 \alpha D_f$

Poinçonnage : réalisation des trous : $\alpha \alpha E \alpha$

$F_p = P \cdot e \cdot R_g = \pi \cdot D \cdot e \cdot R_g$: effort de poinçonnage

P : pression

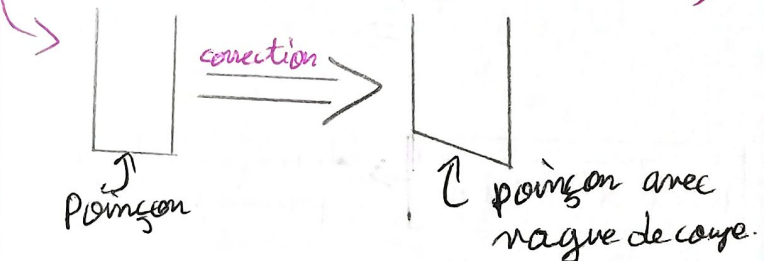
e : épaisseur

$N \rightarrow$ tonnes
 10^{-4}

si l'effort $F_p >$ capacité de presse :
 $\Rightarrow$ on ne peut pas réaliser la trou : ϕD

$\Rightarrow$ correction : il faut prévoir une vague de coupe sur le poinçon

(on n'agit pas sur e, P, R_g, D : inégalités)



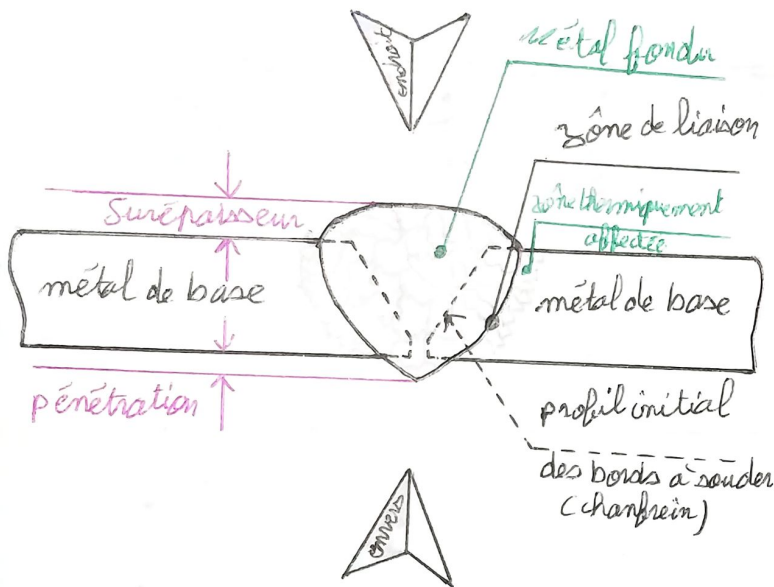
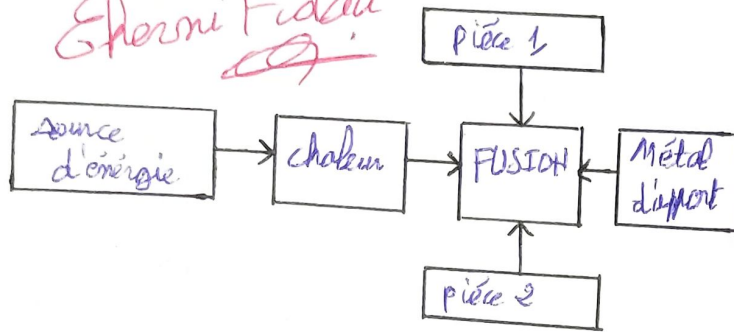
Ehermi Fidaa

Ehermi

Les techniques de soudage

- Le soudage est un procédé d'assemblage permanent de 2 ou plusieurs pièces par fusion localisée du métal avec ou sans métal d'apport.

Ehromi Fidaa



• la soudure autogène: le métal qui compose le joint est de même nature que les pièces à souder.

• la soudure hétérogène: la soudure; le métal qui compose le joint est de nature différente des pièces à souder.

• soudage: assembler 2 pièces par fusion à l'aide de source de chaleur à l'aide d'un métal de b d'apport ayant la m T^e, la partie soudée est désignée par soudure ou cordon de soudure. (homogène: sa résis = résis de métal). ↑ autogène

• Brasage: " " sans fusion " "

seul le métal d'apport est amené à fusion.
la partie brasée est désignée par brasure.

- Assemblage de pièces du même métal par fusion localisée des bords, généralement à l'aide d'un métal d'apport de m nature (m prop m^e) que le métal de base. Le cordon de soudure est dans ce cas est autogène.

Rq: Si le métal d'apport est de nature différente (° de fusion est plus faible), le soudure est dit hétérogène, c'est un procédé de brasage.

fusion → chaleur → source d'énergie (O₂) (C₂H₄)

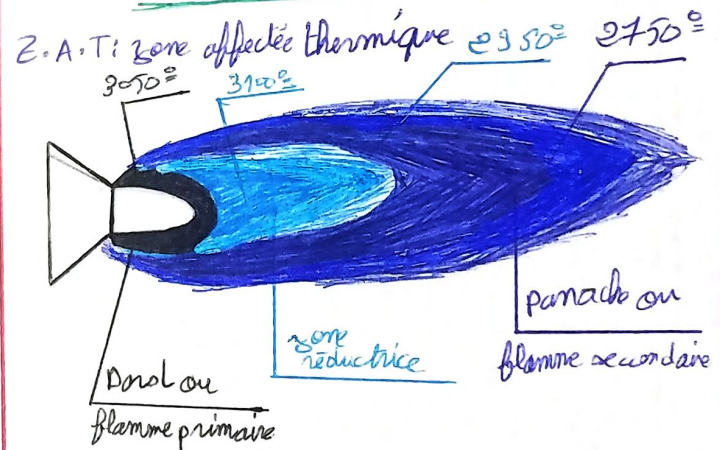
* Soudage au chalumeau au gaz oxyacétylénique flamme ~ 3000°C

⇒ zone de chauffage importante (Z.A.T assez large)
⇒ déformation importante.

⇒ prop m^e affectée au niveau du cordon de soudure

⇒ 3O₂ ⇒ oxydation du cordon de soudure

→ lors du soudage, placer la pièce au niveau de la zone réduction de la flamme.



Rq: La soudabilité des aciers:

C_{eq} ↑ ⇒ soudabilité ↓

$$C_{eq} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{25}$$

• C_{eq} ≤ 0,25% : parfaitement soudable

• 0,25 ≤ C_{eq} ≤ 0,45% : moyennement soudable

• 0,45 ≤ C_{eq} ≤ 0,65% : soudage avec préchauffe

• %C > 0,65% : Difficilement soudable

Procédés de dosage de l'ac (électrique)

Le mode : embar

Final:

conduction élect

+
métal d'appent

3) Produit des gens de

protection et forme des
laidin diminuant
l'oxydation du corail
du squelette

Mm A.V. Metal manual A Welding

⑤ Sondage de l'air sous protection gazeuse (GMAW): MIG/MAG:

MAG

- Angon (ry) : bonne

Helium (He); Ar

plus chaud $\Rightarrow$ pièce épaissée

$$(ex: CO_2)$$

gives a chit chimpoo

du cordon de soudure.

- utilisé uniquement pour les aéro

MAc: Metal actif gas

MIG: Metal Inert gas

Pharm

Fidaa



③ Sondage à l'aveugle

Electrode en W refractive + Métal

TIG: Tungsten Inert gas (W)

Population $\rightarrow$ 2000

(Protection)

Eg: Eg: xx

-TIL généralement on les
active immédiatement: $H^+ > 10\%$

- le cordon de soudure est propre (pas d'oxydation $\neq$ O.A) (prix) et de bonne qualité.

contenuement aux O.A (flamme);
- de formation de la t^{de} due à
la flamme (Z.A.T large)

- l'exploration du cosmos de manière (géné)

20