

Brevet de Technicien Supérieur
en
Mise en Forme des Matériaux par Forgeage

Session 2014

Epreuve E 4
Etude des Systèmes d'outillage

Sous épreuve U 4.1
Comportement mécanique d'une machine et de son outillage

Temps alloué : 2H00

Coefficient : 1

DOCUMENTS REMIS AU CANDIDAT :

- Sujet de l'épreuve (pages 2 à 11 + plan au format A3)

DOCUMENTS DISPONIBLES :

- Copies de rédaction
- Feuilles pré imprimées de « Calcul prévisionnel de l'effort et de l'énergie »
- Feuilles de brouillon

DOCUMENTS PERSONNELS AUTORISES :

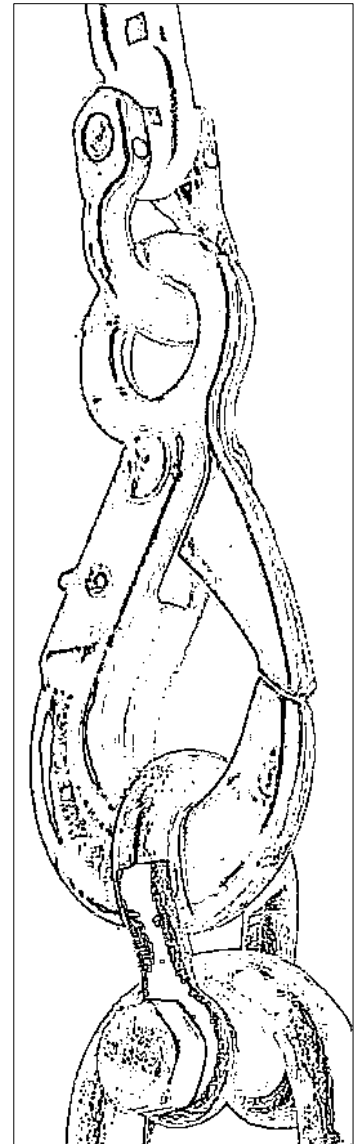
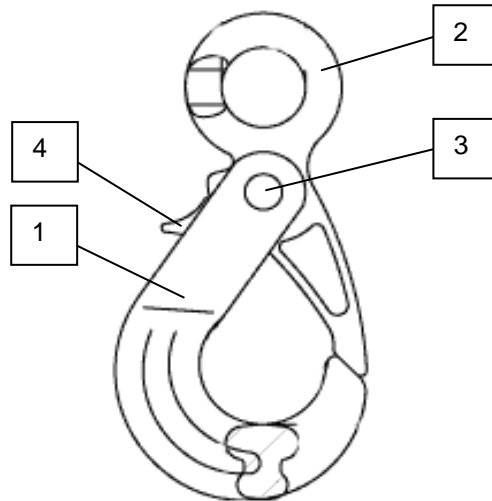
- Aucun

Estampage du corps d'un crochet à verrouillage automatique

Dossier technique

Les crochets à verrouillage automatique sont constitués de quatre pièces principales :

- 1- Le corps du crochet,
- 2- L'anneau - linguet,
- 3- L'axe d'articulation
- 4- Le verrou



Le client propose différents types de crochets qui se différencient en remplaçant l'anneau par d'autres systèmes d'attelage : Chape, tige, émerillon...

Il propose aussi une famille composée de 6 dimensions différentes.

L'objet de l'étude est le corps du crochet dans une dimension moyenne de la gamme.

Le dessin de définition partiel du corps de crochet brut d'estampage est fourni en ANNEXE 1 (format A3).

Matériau

Le corps du crochet étudié est produit dans une nuance d'acier inoxydable austénitique à haute résistance : X6CrNiMoTi17-12-2 .

La masse du crochet est de 2,9 kg.

Les données rhéologiques de cet acier sont fournies en ANNEXE 2 page 4.

Gamme de forgeage

- Débit du lopin : \varnothing 50 mm x L205 mm.
- Chauffage à 1200°C par induction.
- Ebauchage par laminage et cambrage sur machines annexes.
- Estampage sans tenue sur marteau pilon en deux gravures.

N. B. : La première gravure sert essentiellement à limiter l'usure de la gravure de finition.

- Ebavurage sur presse mécanique.

Les machines de l'atelier d'estampage

Les caractéristiques des principales machines de l'atelier d'estampage sont fournies dans le tableau en ANNEXE 4 page 11.

Sur les marteaux pilons de l'entreprise, étant donné le type de fabrication en moyenne série, voire grande série, le nombre économique de frappes pour la réalisation d'un estampage en gravure est de l'ordre de 3 à 6.

Travail demandé

| |
|---|
| Choisir la machine et déterminer le nombre de frappes |
|---|

- 1- Calculer l'effort ultime de forgeage ainsi que l'énergie minimale de forgeage lorsqu'il s'agit d'une pièce en acier non allié C35 produite dans des conditions normales de forgeage (Chauffage à 1250°C).

Les tableaux et graphiques utiles à cette démarche sont fournis en ANNEXE 3 pages 4 à 10

- 2- En considérant le vrai matériau de la pièce (X6CrNiMoTi17-12-2) et les conditions de forgeage, déterminer l'énergie utile de forgeage nécessaire pour chacune des machines.
 - 3- Calculer le nombre de chocs correspondant.
 - 4- Choisir la (ou les) machine(s) possible(s) ainsi que le nombre de frappes à prévoir et leur répartition.
-

ANNEXE 2

Extrait d'une base de données matériaux

Dans une base de données de métaux forgés on trouve les coefficients de la loi de

comportement suivante $\sigma = A.e^{m_1.T} .\bar{\epsilon}^{m_2} .\dot{\epsilon}^{m_3} .e^{m_4/\dot{\epsilon}}$ pour les nuances suivantes :

→ X6CrNiMoTi17-12-2

→ C35.

Dans cette loi de comportement les paramètres sont exprimés dans les unités suivantes :

$$\sigma \text{ en MPa} ; T \text{ en } ^\circ\text{C} ; \bar{\epsilon} \text{ en m/m} ; \dot{\epsilon} \text{ en (m/m)/s.}$$

Les valeurs des coefficients dans ce système d'unité sont donnés dans le tableau suivant :

| | A | m_1 | m_2 | m_3 | m_4 |
|-------------------|------|----------|--------|-------|---------|
| X6CrNiMoTi17-12-2 | 8680 | -0,00386 | 0,086 | 0,141 | -0,0209 |
| C35 | 1500 | -0,00269 | -0,127 | 0,145 | -0,0596 |

Le domaine de validité de ces deux modèles est le même :

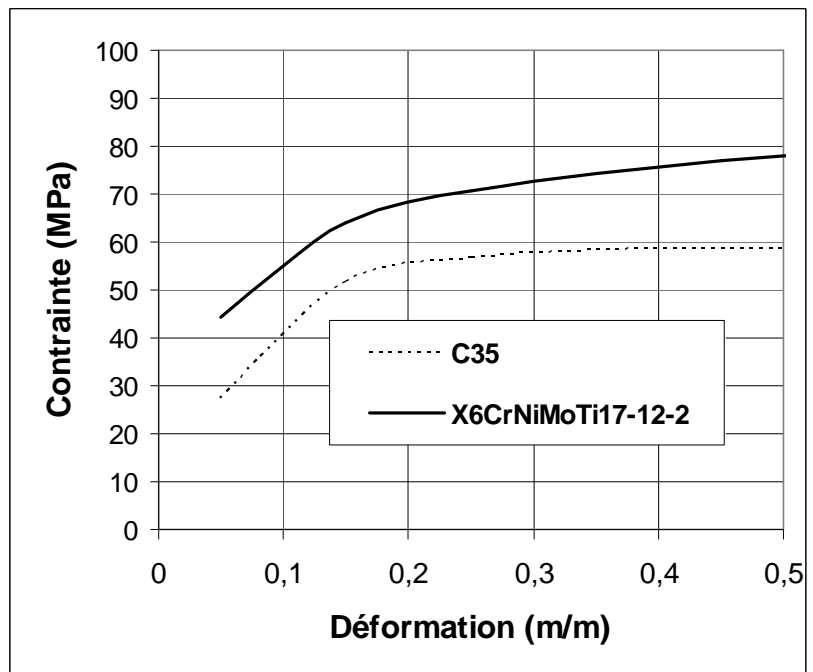
$$800 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 1200 \text{ } ^\circ\text{C} ; 0.04 \text{ m/m} < \bar{\epsilon} < 0.5 \text{ m/m} ; 0.01 \text{ (m/m)/s} < \dot{\epsilon} < 100 \text{ (m/m)/s}$$

Comparaison graphique établie

pour

$$T = 1200^\circ\text{C}$$

$$\dot{\epsilon} = 1 \text{ s}^{-1}$$



ANNEXE 3 - TABLEAU 1

Caractère de **complexité** (ou de simplicité) des gravures d'estampage

| CRITERES | | | Classification par les contraintes (en MPa ou N/mm ²) En fonction de ses deux critères : - filage par un orifice | | CONTRAINTES EXERCEES | |
|---------------|-----------------------|------------------------------------|---|---|----------------------|------------|
| Par le filage | Par l'acuité | Sur la pièce | | | Sur le cordon | |
| h/e | r/L ou $2r/D$ | Frein ($\epsilon \geq 1,5$ mm) | p à 1050° | q à 950° | | |
| | 0,036 | 3,75 | | Pièces extra simples (pas de filage) | 475 | 270 |
| 1 | 0,035 | 4 | | | 490 | 280 |
| | 0,0335 | 4,25 | | Pièces simples (pas de filage) | 500 | 285 |
| 1,5 | 0,032 | 4,5 | | | 520 | 290 |
| | 0,0315 | 4,75 | | Pièces semi simples (filage insignifiant) | 540 | 300 |
| 2 | 0,029 | 5 | | | 560 | 310 |
| | 0,028 | 5,25 | | Pièces semi complexes (léger filage) | 580 | 320 |
| 2,5 | 0,027 | 5,5 | | | 600 | 330 |
| | 0,026 | 5,75 | | Pièces complexes (filage important) | 625 | 350 |
| 3 | 0,025 | 6 | | | 650 | 360 |
| | 0,023 | 6,25 | | Pièces très complexes (filage très important) | 690 | 370 |
| 3,5 | 0,022 | 6,5 | | | 720 | 380 |

| Largeur ou diamètre (en mm) | Valeurs de λ en mm | |
|-----------------------------|----------------------------|--|
| 20 | 5 | |
| 50 | 6 | |
| 80 | 7 | |
| 110 | 8 | |
| 140 | 9 | |
| 170 | 10 | |
| 200 | 11 | |
| 240 | 12 | |
| 270 | 13 | |
| 300 | 14 | |
| 330 | 15 | |
| 360 | 16 | |
| 400 | 17 | |

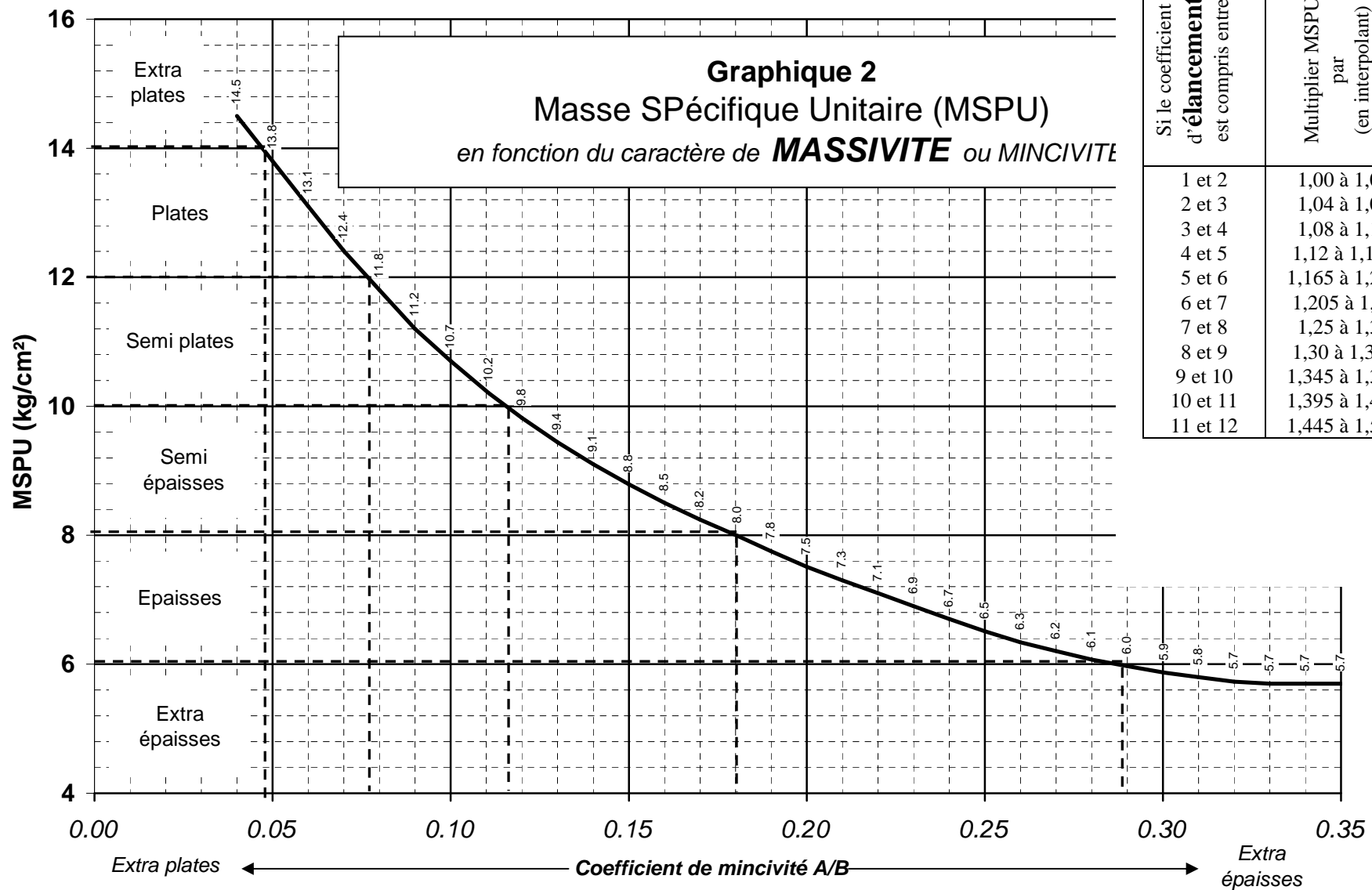


TABLEAU 3

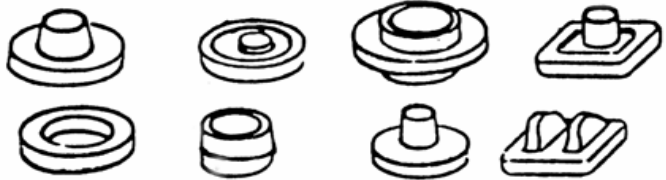


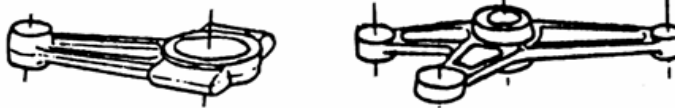





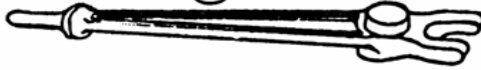
Ce tableau donne le % de bavure en vue de déterminer le nombre de chocs pour matricer une ébauche préfabriquée.

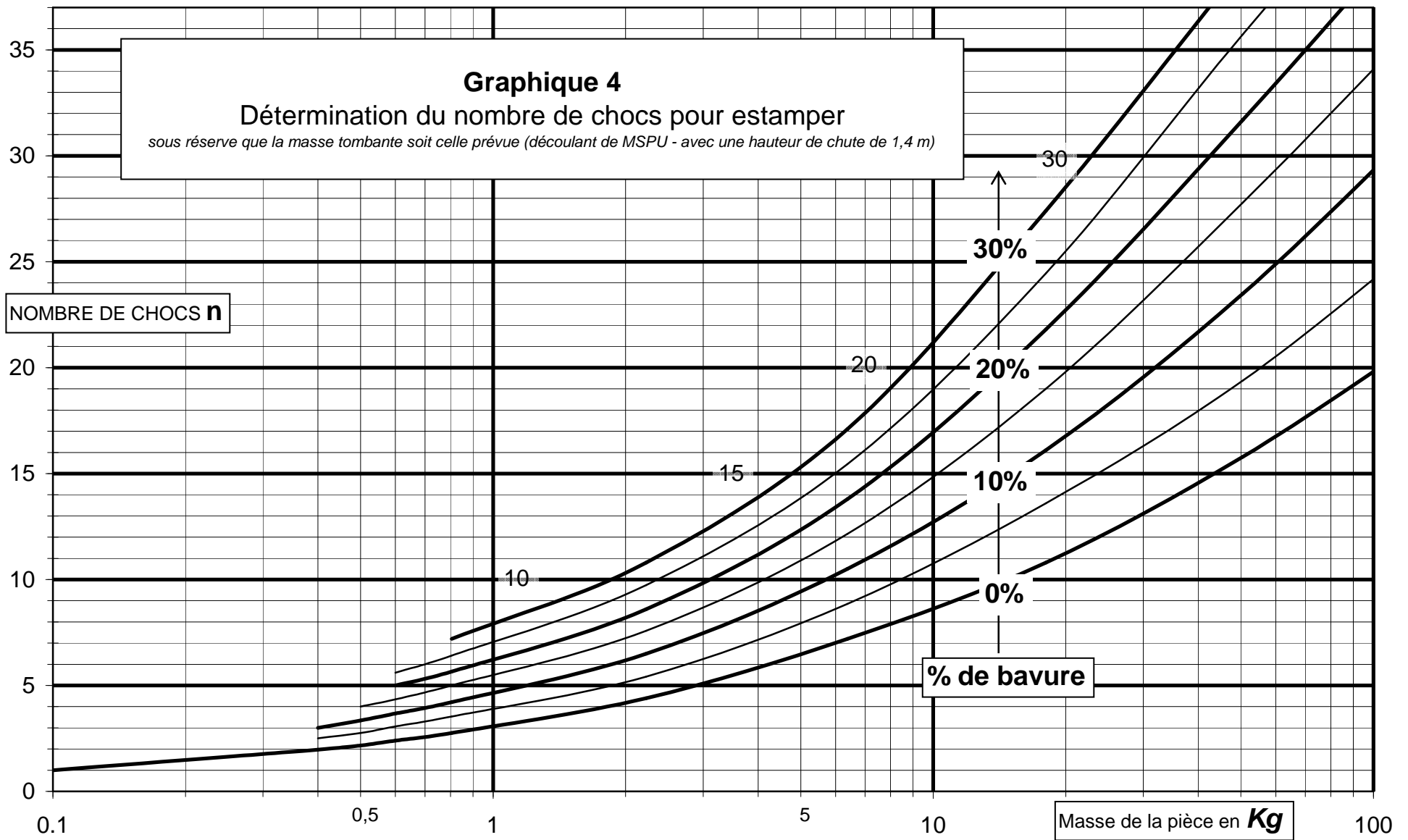
La tenue, quand elle est prévue, n'intervient pas dans ce % (elle ne modifie pas le nombres de chocs).

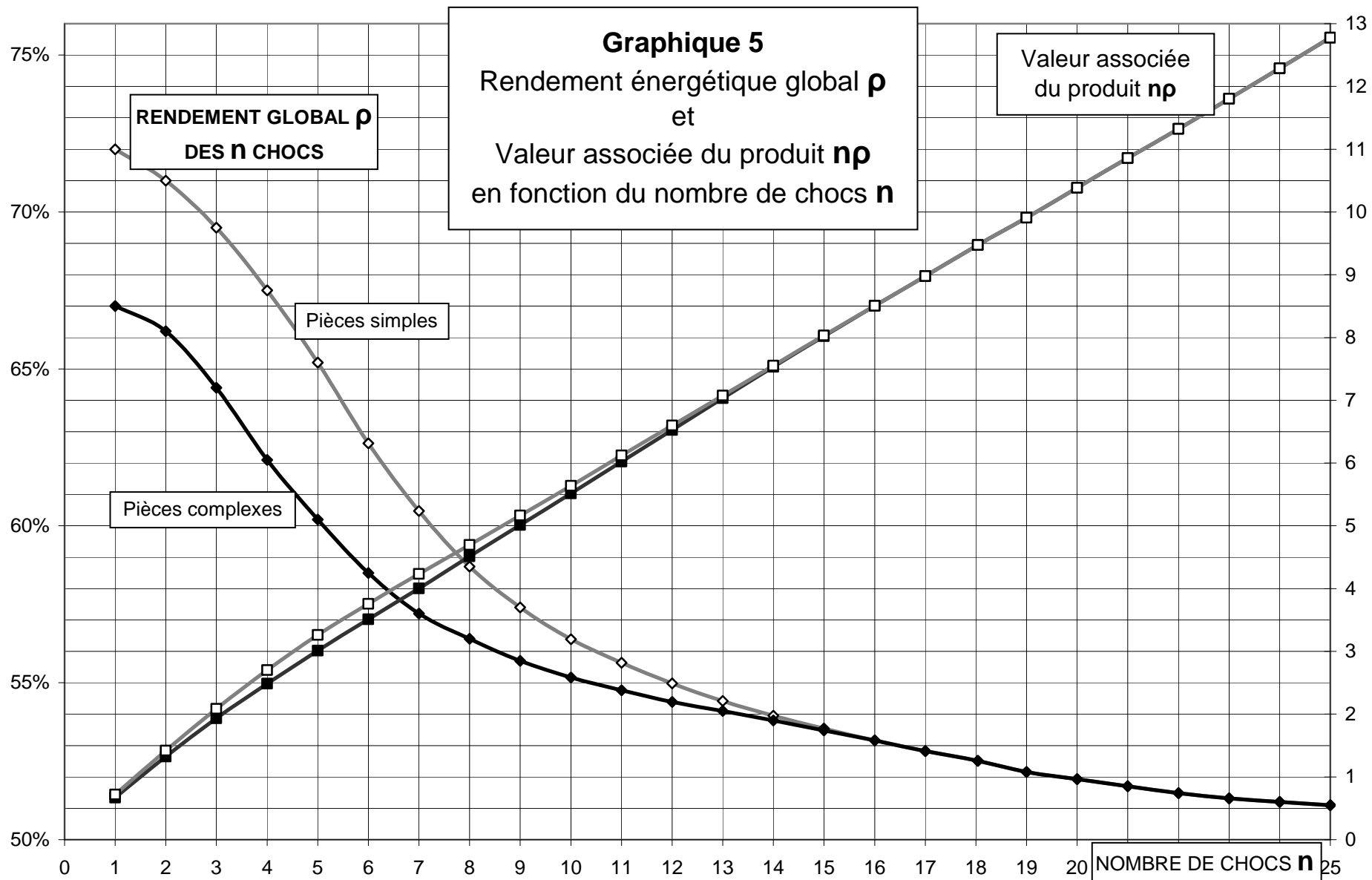
L'utilisation de ce tableau se fait qu'en l'absence d'étude précise de fabrication.

ATTENTION : Le % de bavure indiqué ci dessous est celui de la bavure sans compter le cordon :

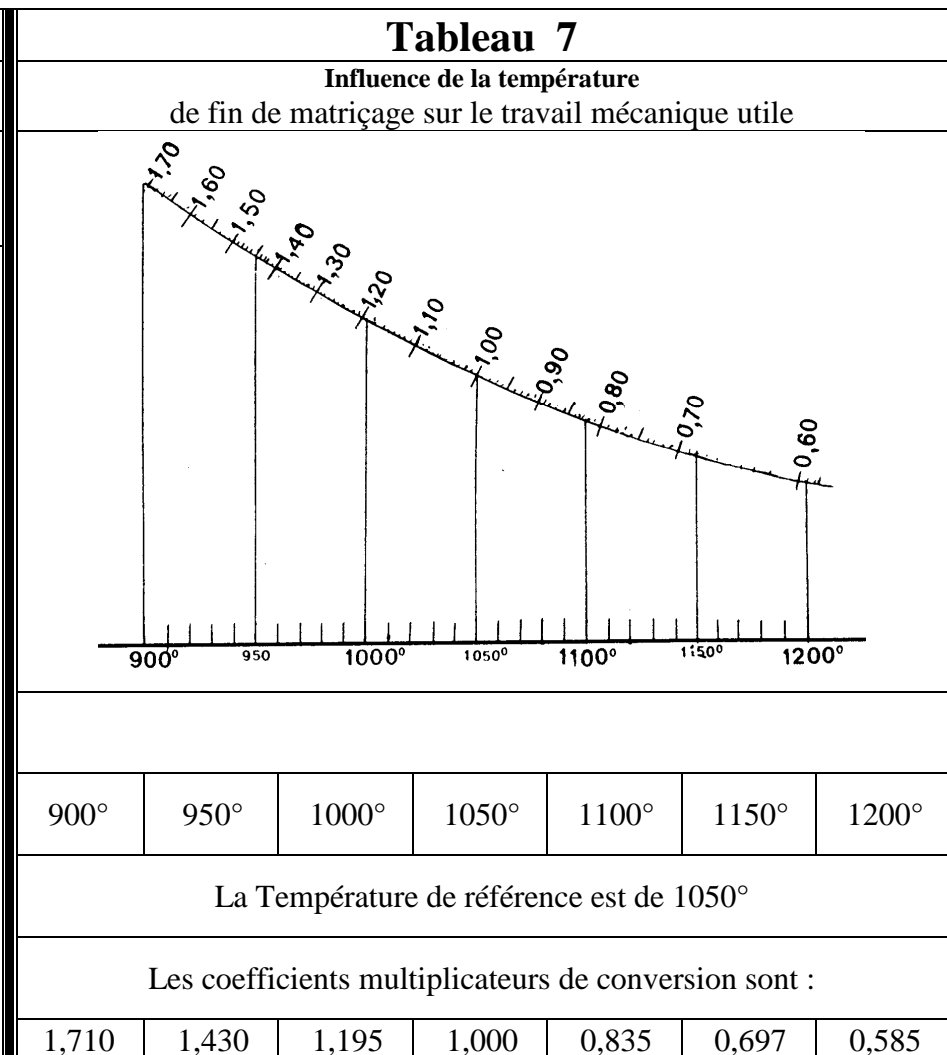
$$\% \text{ bavure} = (\text{Vol. bavure} / \text{Vol. pièce} + \text{toile} + \text{cordon}) \times 100$$

| | | | |
|---|---------------------|---|---------------------|
|  | <p>5 à 8%</p> |  | <p>22 à 25%</p> |
|  | <p>8 à 12%</p> |  | <p>25 à 30%</p> |
|  | <p>12 à 15%</p> |  | <p>30 à 33%</p> |
|  | <p>15 à 18%</p> |  | <p>33 à 37%</p> |
|  | <p>19 à 22%</p> |  | <p>33 à 37%</p> |



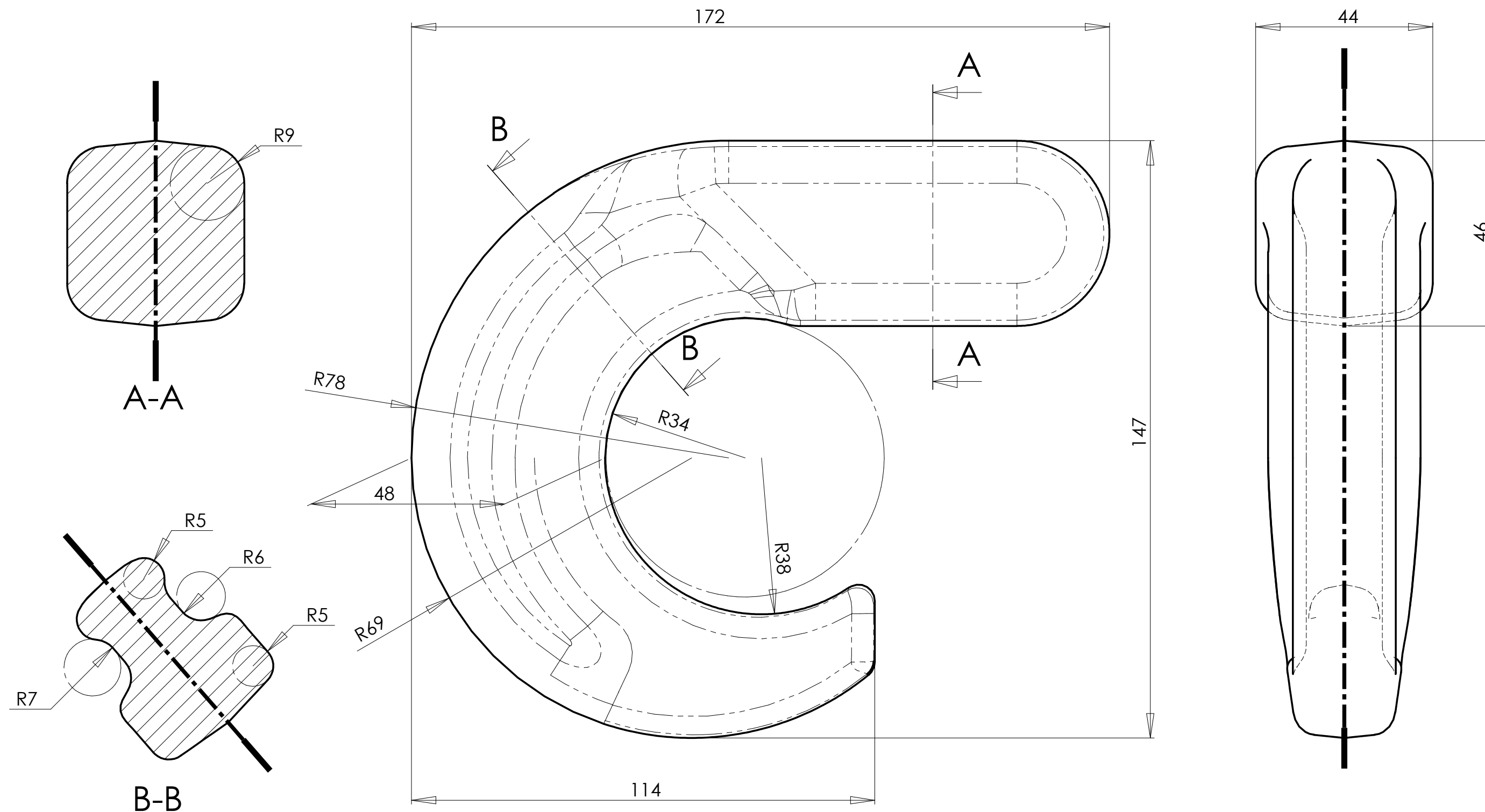


| Tableau 6 | | | |
|---|---|---|------------|
| Influence de la vitesse sur le travail mécanique utile au matriçage | | | |
| Engins | Vitesse m/s | Valeur du rapport travail utile / travail minimal | |
| Presse à vitesse négligeable | ≈ 0 | 1,00 | |
| Presse hydraulique très lente | < à 0,05 | 1,03 | ± 1 % |
| Presse hydraulique moins lente | < à 0,20 | 1,08 | ± 1 % |
| | Vitesse Tg ^{elle} de l'excentrique | 0,7 à 0,8 | 1,28 ± 2 % |
| Maxipresse | Vitesse Tg ^{elle} de l'excentrique | 0,8 à 0,9 | 1,30 ± 2 % |
| | Vitesse Tg ^{elle} de l'excentrique | 0,9 à 1,0 | 1,32 ± 2 % |
| | Vitesse Tg ^{elle} de l'excentrique | 1,0 à 1,1 | 1,34 ± 2 % |
| Presse à vis | Vitesse d'impact | 0,8 à 0,9 | 1,36 ± 4 % |
| | Vitesse d'impact | 0,9 à 1,0 | 1,39 ± 4 % |
| Mouton à chute libre ou Contre frappe ou Course réduite ou Double effet | Hauteur de chute 1,00 | 4,40 | 1,77 ± 4 % |
| | Hauteur de chute 1,20 | 4,85 | 1,92 ± 5 % |
| | Hauteur de chute 1,40 | 5,25 | 2,10 ± 5 % |
| | Hauteur de chute 1,70 | 5,75 | 2,39 ± 5 % |
| | Hauteur de chute 2,00 | 6,30 | 2,54 ± 6 % |
| | Hauteur de chute 2,20 | 6,55 | 2,72 ± 6 % |
| | Hauteur de chute 2,35 | 6,80 | 2,82 ± 6 % |



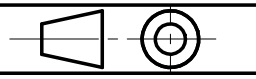
ANNEXE 4 - TABLEAU DESCRIPTIF DES PILONS

| Numéro | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Unités |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| Marque | MONTBARD | MONTBARD | MONTBARD | LASCO | MPM | |
| Type | Chute libre | Chute libre | Chute libre | Chute libre | Double effet | |
| Système | à planche | à planche | à planche | hydraulique | pneumatique | |
| Masse tombante | 1000 | 1250 | 1500 | 4200 | 6300 | kg |
| Energie maximale | 20 | 28 | 36 | 58 | 170 | kJ |
| Cadence maximale | 30 | 30 | 30 | 40 | 80 | Coups/min |



Volume de la pièce estampée = 363 000 mm³

Surface au plan de joint = 12 100 mm²

| Rep. | Nb. | Désignation | Observations | Matière |
|---|-----|--------------|--------------------------------|--|
| | | Session 2014 | Etude d'un système d'outillage | X6CrNiMoTi17-12-2 |
| Echelle 1 : 1 | | | | BTS MFMF - E4 - U41 |
|  Corps estampé CROCHET à verrouillage auto 4 | | | | B. T. S. Mise en Forme des Matériaux par Forgeage ANNEXE 1 |
| | | | | |

Document à agraffer à la copie sous la zone d'anonymat

Calcul prévisionnel de l'effort et de l'énergie

| | |
|-----------------|---------|
| NOM de la pièce | Matière |
| Numéro repère | |

| | | | |
|------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Largeur maximale de la pièce | | Largeur du cordon (lambda) | |
| | <i>mm</i> | | <i>mm</i> |

| | | | |
|---|--|------------------------|--|
| Rayon le plus petit (2xRayon/Largeur pièce) | | Frein (Lambda/epsilon) | |
| Filage le + important (Hauteur/largeur) | | | |

| | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------|
| Remarque : epsilon > 1,5 mm | Epaisseur du cordon (epsilon) | |
| | | <i>mm</i> |

| | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------|
| Surface de la pièce | | Contrainte sur la pièce (p) | |
| | <i>mm²</i> | | <i>MPa</i> |

| | | | |
|-------------------|-----------------------|---|------------|
| Surface du cordon | | Contrainte sur le cordon (q) | |
| | <i>mm²</i> | Force pour un acier à 1050°C en fin de forgeage | <i>MPa</i> |

| | |
|-------|-----------|
| Force | |
| | <i>kN</i> |

| | | | | |
|--------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------------|
| Volume pièce | | Volume cordon | | Epaisseur moyenne |
| | <i>cm³</i> | | <i>cm³</i> | $A = V(p+c)/S(p+c)$ |

| | | | | |
|---------------|-----------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Surface pièce | | Surface cordon | | Largeur moyenne |
| | <i>cm²</i> | | <i>cm²</i> | $B = S(p+c)/L(p+c)$ |

| | |
|---------------------------|-----------|
| Longueur (pièce + cordon) | |
| | <i>cm</i> |

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Coefficient de massivité | Masse spécifique unitaire |
| $K = A/B$ | MSPU |

| | |
|----------------|---------------|
| Elancement | MSPU corrigée |
| $N = L(p+c)/B$ | MSPU x |

| | |
|--------------------------|--|
| Surface (pièce + cordon) | Masse tombante |
| | $M = \text{MSPU corrigée} \times S(p+c)$ |

| | |
|-------------|-----------------|
| Masse (p+c) | Nombre de chocs |
| | n = |

| | |
|----------------------------------|---------------------------|
| Pourcentage de bavure $/(p+c+t)$ | Nombre de chocs efficaces |
| | n(ro) |

| | |
|--|----------|
| Energie minimale (de pressage) = $M \times 9,81 \times 1,4 \times n(ro) / 2,1$ | |
| | <i>J</i> |

| | |
|------------------------|---|
| Type d'engin | Energie utile pour un acier à 1050°C en fin de forgeage sur cet engin |
| Coefficient de vitesse | Energie utile |

| | |
|--|--|
| Adaptation au matériau et à la température | Résistance (Matériau, $\theta^\circ\text{C}$ fin de forgeage, $\epsilon = 1, \dot{\epsilon} = 0,03 \text{ s}^{-1}$) |
| Matériau | Température (fin de forgeage) |

| | |
|--|------------|
| | Résistance |
| | <i>MPa</i> |

| | |
|--|--|
| Correction de température et de matière = $\text{Résistance} / 50 \text{ Mpa (C35, } 1050^\circ\text{C, } \epsilon = 1, \dot{\epsilon} = 0,03 \text{ s}^{-1})$ | |
|--|--|

| | |
|-------------------|---------------------------|
| Force de forgeage | Energie utile de forgeage |
|-------------------|---------------------------|