

Séquence : 08

Document : TD05

Lycée Dorian

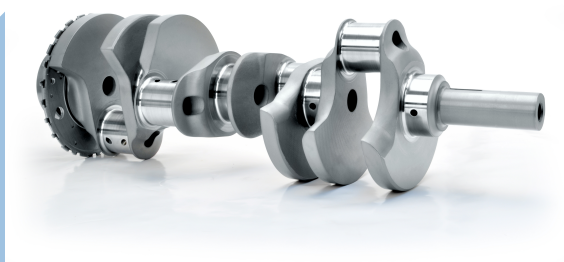
Renaud Costadoat

Françoise Puig



## Avec Correction

### Forgeage



Référence S08 - TD05

Compétences F3-03: Concevoir une pièce en optimisant le triptyque produit-procédés-matériaux.  
G2-01: Choisir et ordonnancer des procédés de fabrication du matériau à la pièce finie.  
G2-04: Évaluer la capacité d'un procédé à réaliser une pièce métallique.

Description Conception d'une pièce forgée.

Système Vilebrequin

## 1 Présentation

Le vilebrequin est un dispositif mécanique présent notamment sur les moteurs thermiques assurant la transmission de l'effort généré par la combustion du carburant vers la boîte de vitesses.

En tant qu'élément principal du dispositif bielle-manivelle, il permet la transformation du mouvement linéaire rectiligne non uniforme des pistons en un mouvement continu de rotation.

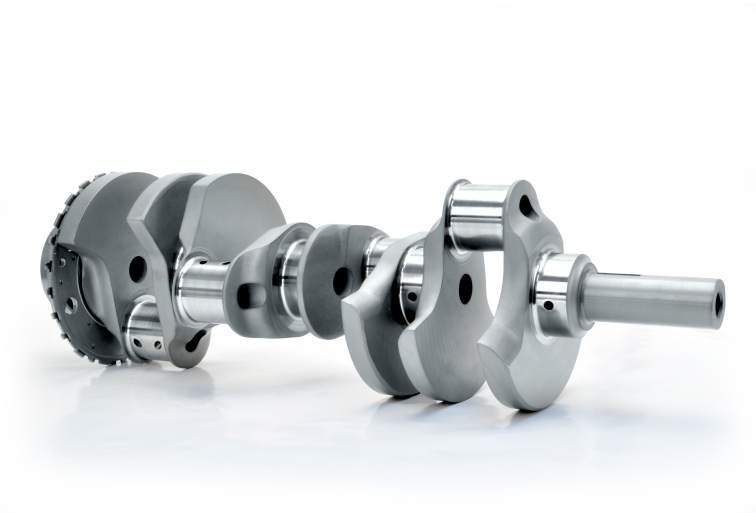


Figure 1 – Vilebrequin automobile

## 2 Dossier technique

La pièce dont le dessin de définition est donné en ANNEXE 2 doit être fabriquée suivant la gamme :

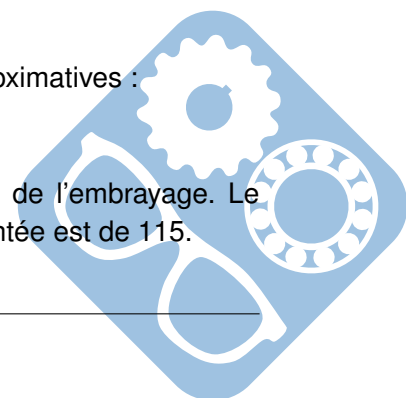
- Débit du lopin ( $\Phi 25$ , L 110 sans la tenue éventuelle) par cisailage sur presse BLISS.
- Chauffage à 1250 °C par induction sur chauffeuse CELES.
- Décalaminage, estampage ébauche et finition sur la presse « BRET PAFR 32 ».
- Ebavurage sur presse BLISS.
- Grenailage en parachèvement.

La masse du « Vilebrequin-K1ax » (photos en ANNEXE 2) avoisine les 250 grammes.

La surface de la pièce au plan de E joint est de 2200mm<sup>2</sup> environ.

La presse « BRET PAFR 32 » (photo en ANNEXE 2) est ici décrite par les données du constructeur « Caractéristiques S principales » (ANNEXE 3), et quelques informations extraites du dossier technique de la machine :

- Le moteur électrique entraîne le volant d'inertie de la presse par l'intermédiaire de courroies. Les diamètres des poulies sont :
  - Rt pour le moteur :  $D_m = 220$  mm,
  - pour le volant :  $D_v = 1030$  mm.
- Le volant d'inertie, en acier, est assimilé à un cylindre de dimensions approximatives :
  - Diamètre :  $D_v = 1030$  mm
  - Epaisseur :  $E_v = 260$  mm.
- Le volant d'inertie entraîne un pignon qui engrène avec la roue dentée de l'embrayage. Le nombre de dents du pignon est de 18 et le nombre de dents de la roue dentée est de 115.



### 3 Travail demandé

**Question 1 :** Pour combien de pistons est prévu le vilebrequin de la photo ? de l'ANNEXE 2 ?  
Quel déphasage existe entre chacun des pistons dans les deux cas ?

**Question 2 :** D'après la géométrie de la pièce, déterminer à partir des documents du sujet le **pourcentage de bavure**.

En déduire, le **nombre de chocs** pour estamper que devra subir la pièce avant sa complète transformation.

**Question 3 :** D'après les données du documents, déterminer le **caractère** (de complexité ou simplicité) de la pièce étudiée. Déterminer les **contraintes** exercées « Sur la pièce » et « Sur le cordon ». Pour cela, considérer la température en fin de forgeage proche de 1050 °C ; la pièce est chauffée à 1250 °C, mais il y a une forte perte de température due à la petite taille de la pièce.

Déterminer le **rendement énergétique** global  $\rho$  et la valeur  $n.\rho$  associée.

**Question 4 :** A partir de la surface de la pièce, déterminer la force ultime de forgeage exercée par la presse sur la pièce.

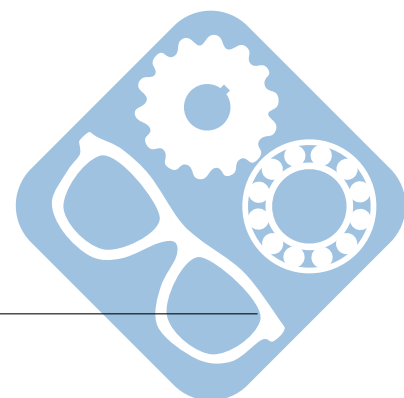
**Question 5 :** A partir des descriptions données, proposer un schéma cinématique de la presse.

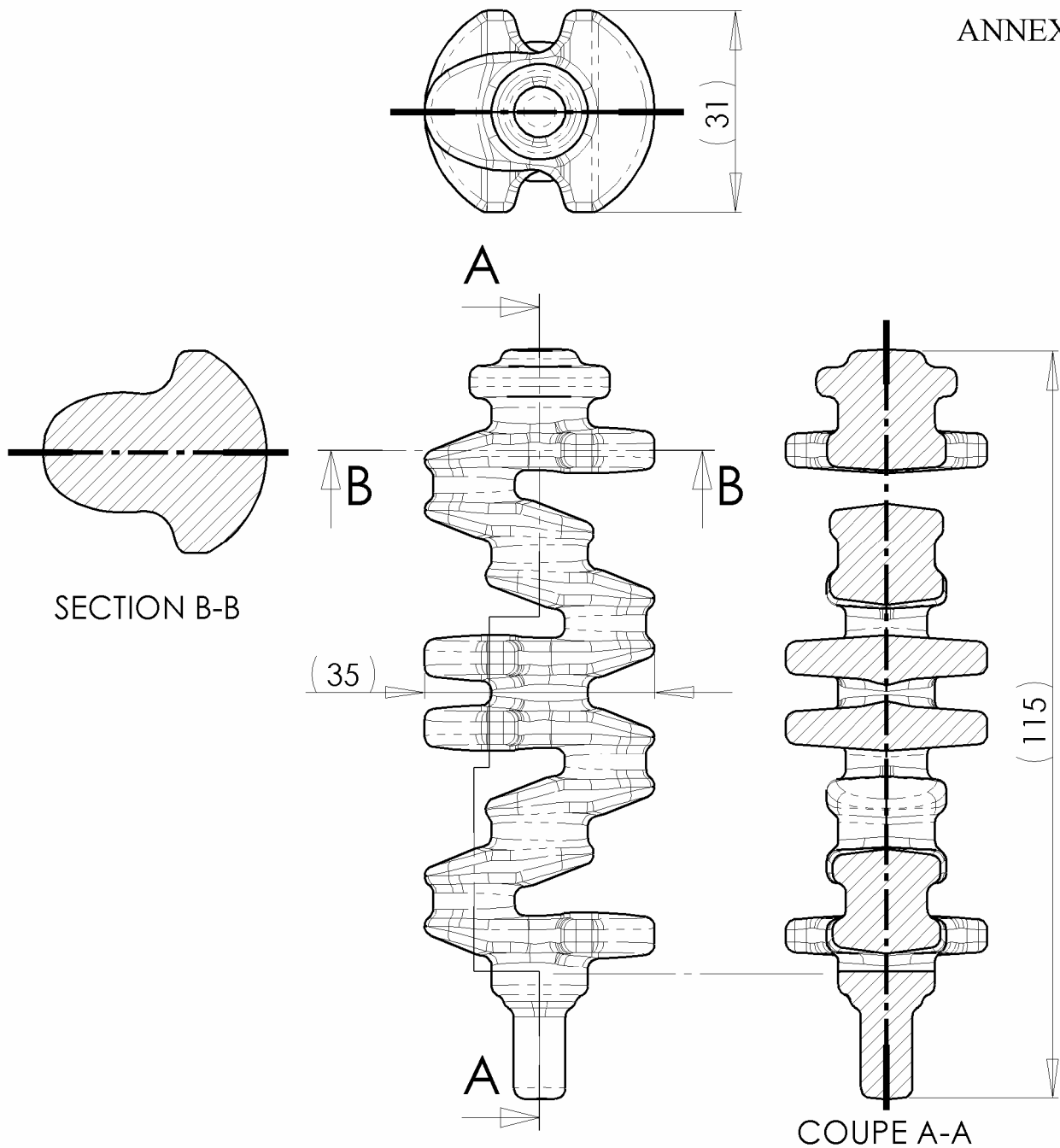
Calculer la vitesse de rotation du volant d'inertie en régime établi.

En considérant que la course de la presse est atteinte en un tour du volant d'inertie, déterminer la vitesse de la presse lors de la frappe.

**Question 6 :** Calculer alors la puissance utile de forgeage de la pièce « Vilebrequin-K1 ».

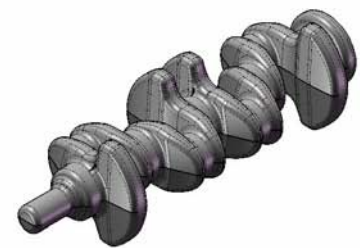
Le choix du moteur électrique est-il satisfaisant ?





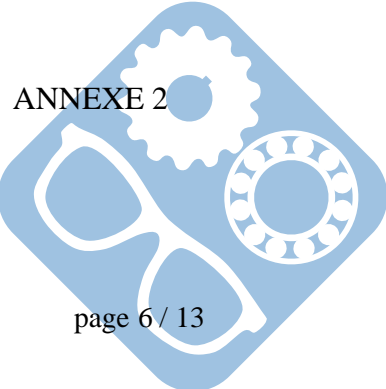
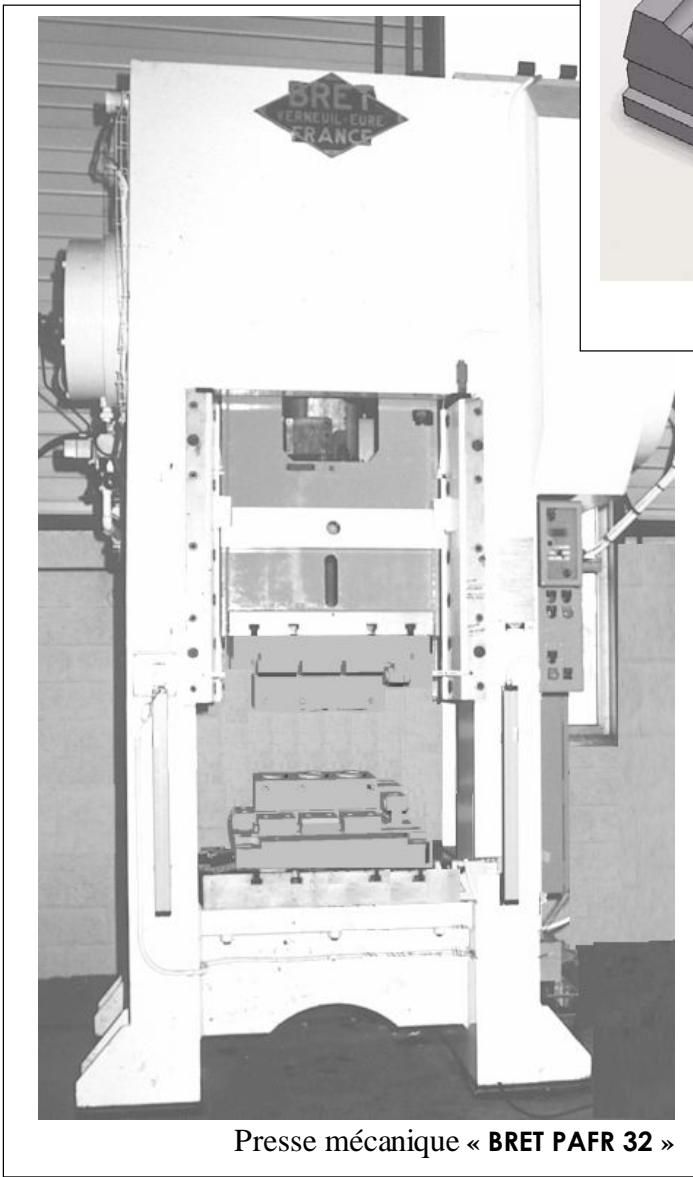
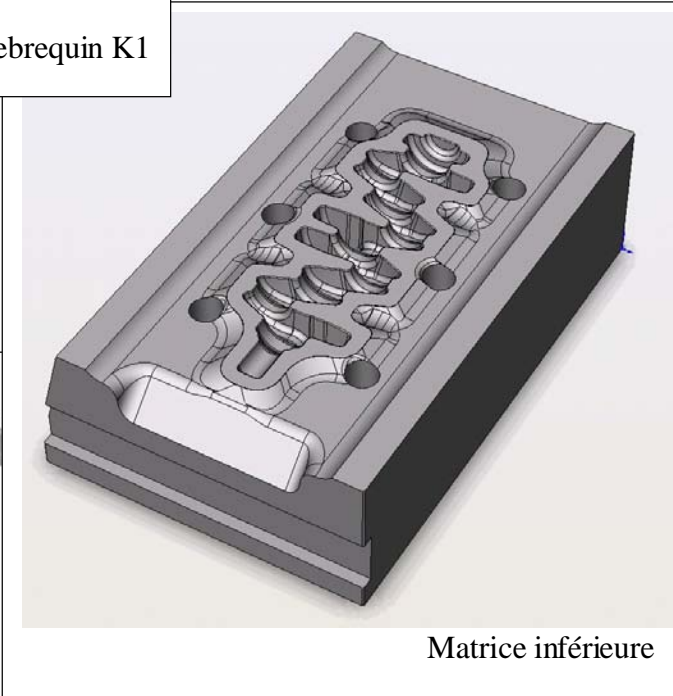
Rayons non cotés :  $R = 1,5$   
Traces d'éjecteurs non admises

Tolérances dimensionnelles suivant Norme NF EN 10243-1  
Qualité F (M1/S3)  
Longueurs, largeurs, hauteurs, épaisseurs :  $+1 / -0,5$   
Déport :  $0,4$   
Saillie résiduelle de bavure ou plat d'ébavurage :  $0,5$   
Rectitude et planéité :  $0,6$   
Rayons :  $+ 50 \% / - 25 \%$



25CrMo4

| Rep.          | Nb. | Désignation                              | Observations      | Matière  |
|---------------|-----|--|-------------------|--|
|               |     | Session 2011                             | Dessiné par X. Y. | Académie d'Amiens  |
| Echelle 1 : 1 |     | <p>VILEBREQUIN-K1<br/>Pièce estampée</p> |                   | <p>B. T. S.<br/>Mise en Forme des Matériaux<br/>par Forgeage</p> |
|               |     |  |                   | <p>EPREUVE E4 - Sous Epreuve E4.1</p> <p>page 5 / 13</p>         |



**Caractéristiques principales de  
La PRESSE MECANIQUE « BRET PAFR 32 »**

|   |             |
|---|-------------|
| Force maximale à 10 mm du Point Mort Bas---                                 | 3200 kN     |
| Cadence à la volée-----   | 50 coups/mn |
| Course fixe-----  | 250 mm      |
|   |             |
| Coulisseau équilibré à 5 bars   |             |
| Réglage de la position du coulisseau-----                                   | 100 mm      |
|   |             |
| Hauteur maximale entre la table et le<br>coulisseau au Point Mort Haut----- | 900 mm      |
| Largeur / Profondeur de la table-----                                       | 1000/900 mm |
| Largeur / Profondeur du coulisseau-----                                     | 800/800 mm  |
|   |             |
| Course d'éjection supérieure (option)-----                                  | 100 mm      |
|   |             |
| Puissance du moteur électrique-----   | 18 kW       |
| Vitesse du moteur-----  | 1500 tr/mn  |
|   |             |
| Couple d'embrayage (air à 5 bars)-----                                      | 140000 Nm   |
|   |             |
| Couple de freinage-----   | 5000 Nm     |

ANNEXE 3

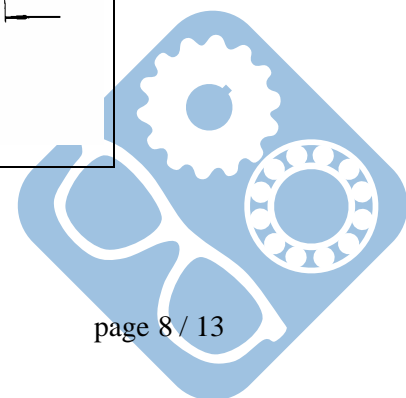


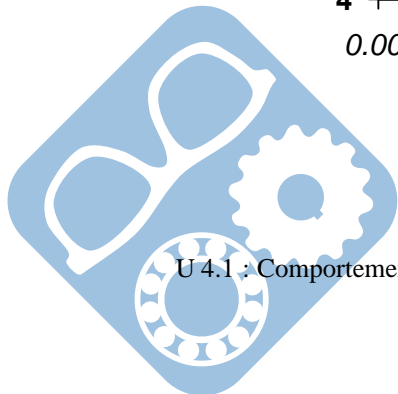
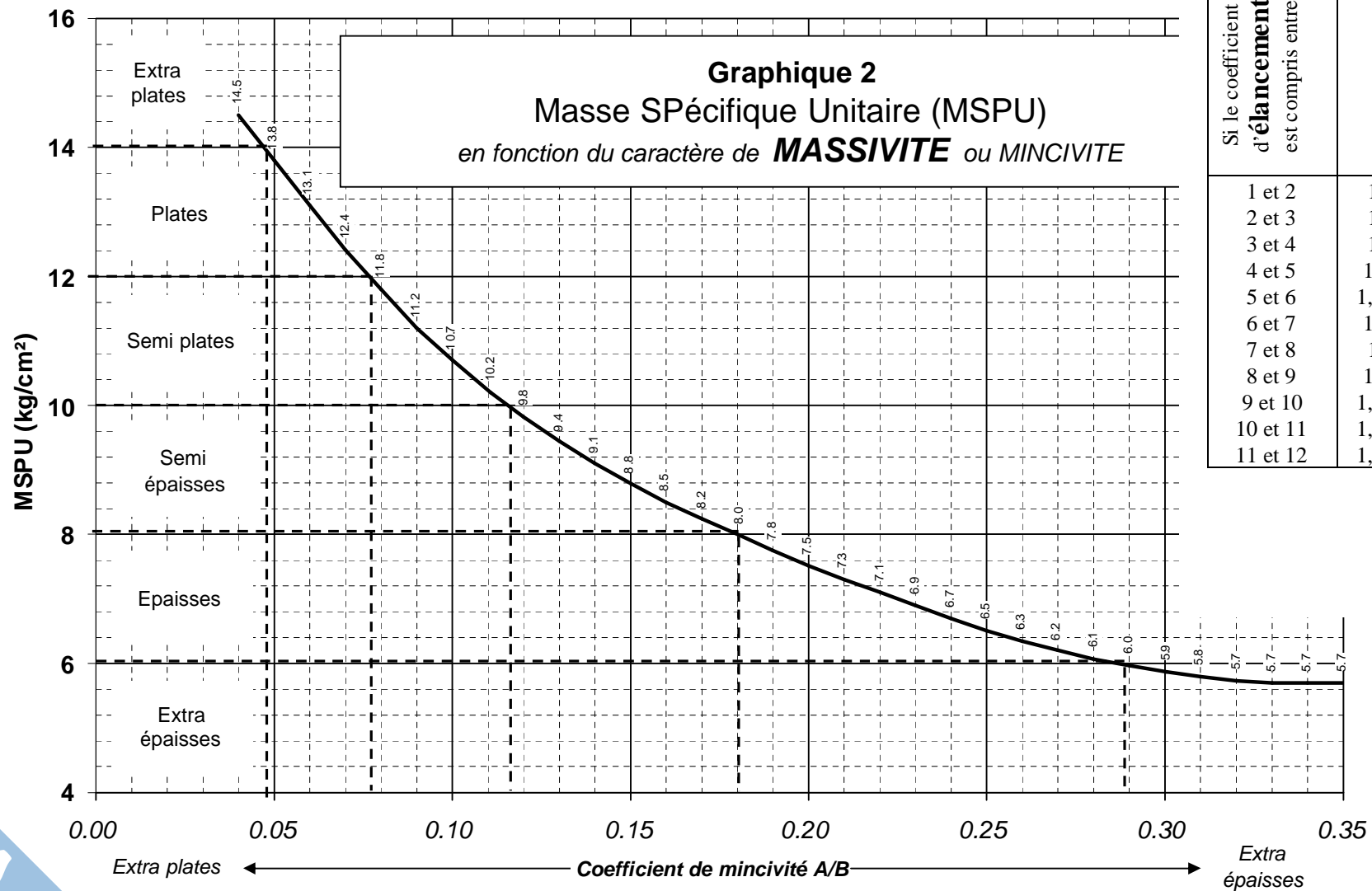
**TABLEAU 1**

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

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

| Largeur ou diamètre (en mm) | Valeurs de $\lambda$ 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**

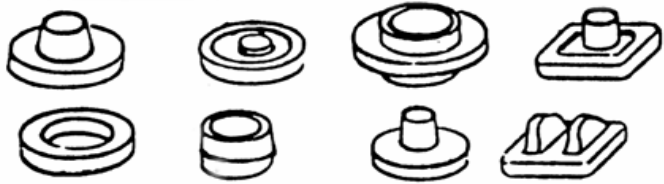






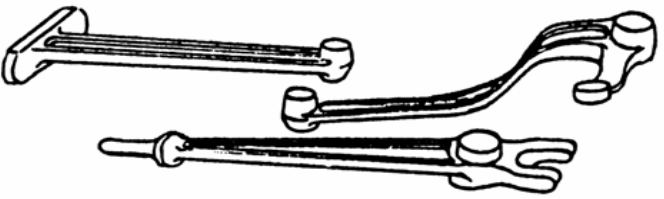

Ce tableau donne le % de bavure en vue de déterminer le nombre de chocs pour matricer une ébauche préfabriquée.

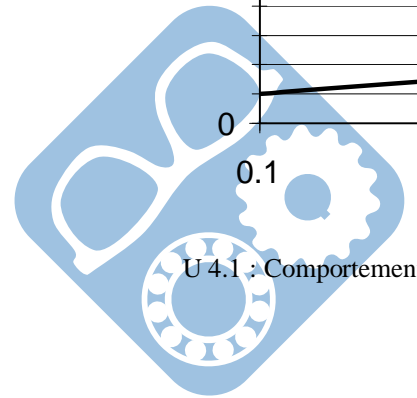
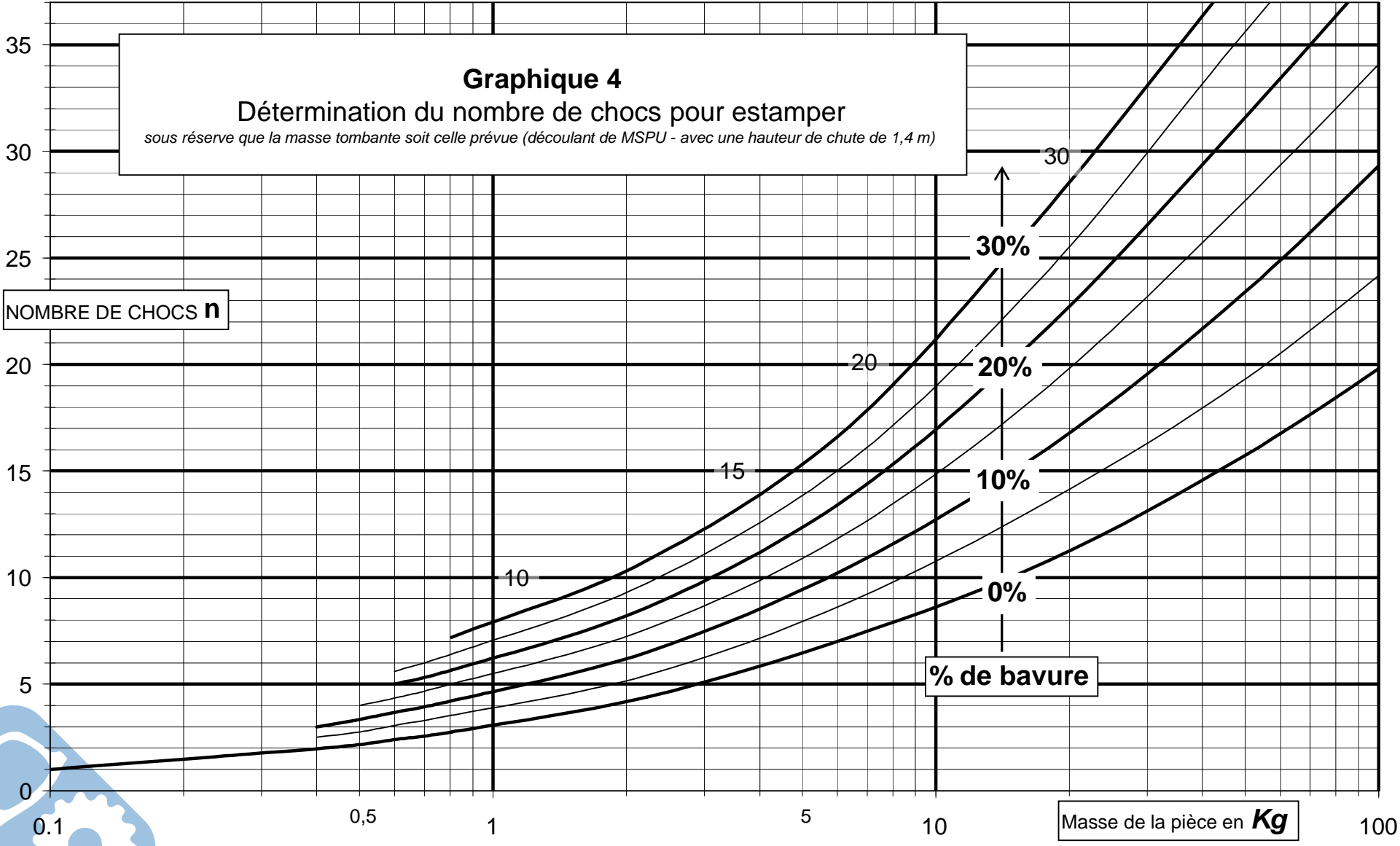
La tenue, quand elle est prévue, n'intervient pas dans ce % (elle ne modifie pas le nombre de chocs).

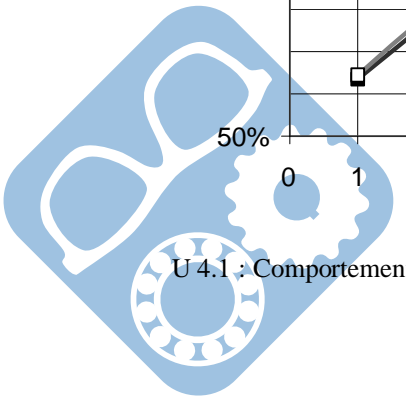
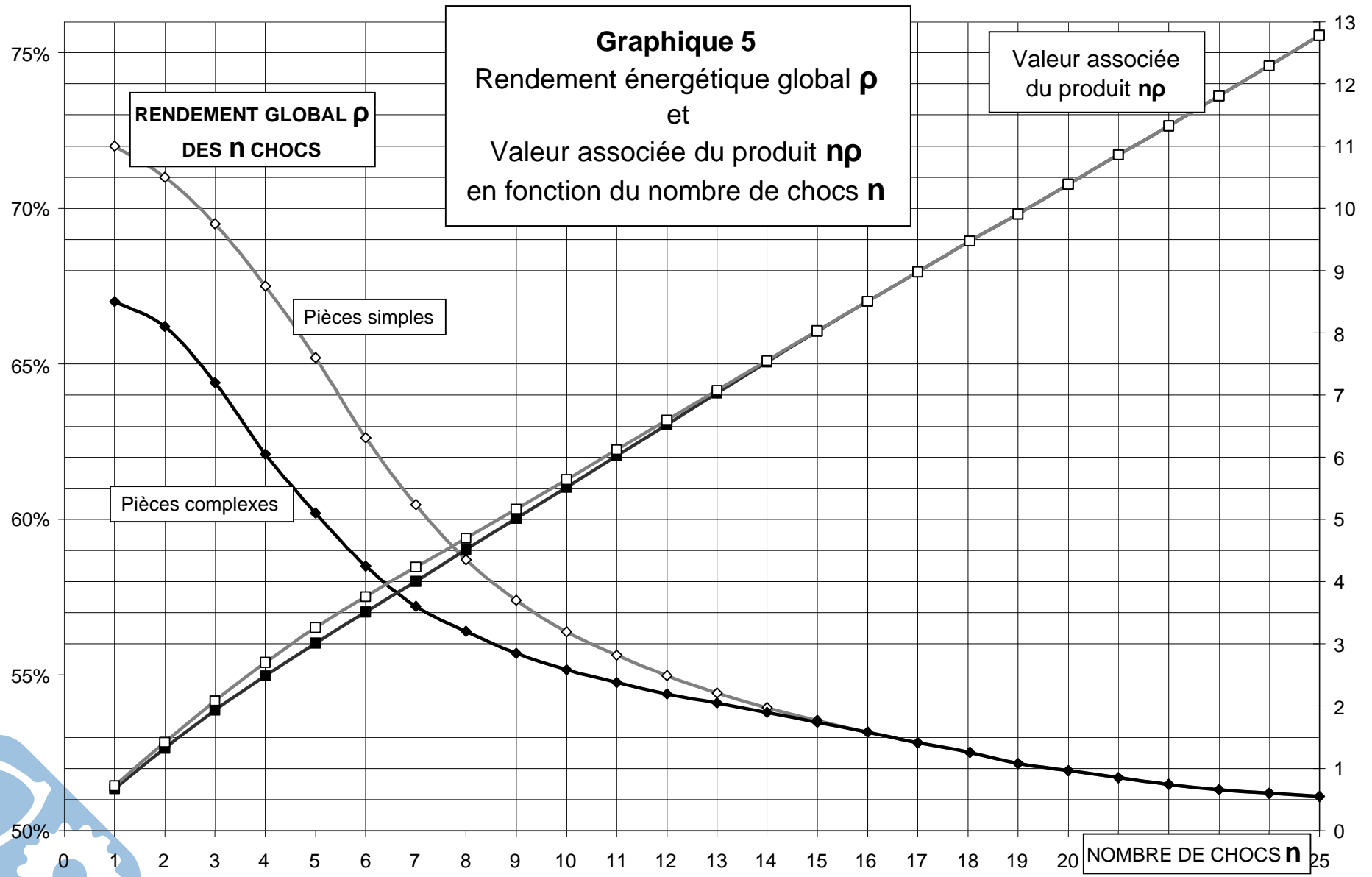
*L'utilisation de ce tableau se fait qu'en l'absence d'étude précise de fabrication.*

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





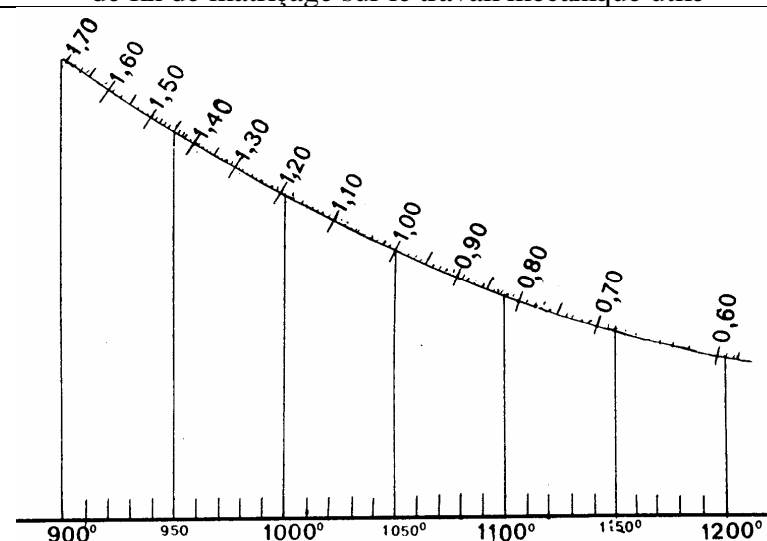
**Tableau 6**

**Influence de la vitesse  
sur le travail mécanique utile au matriçage**

| Engins                         |   | Vitesse<br>m/s | Valeur du rapport<br>travail utile /<br>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 <sup>elle</sup> de l'excentrique | 0,7 à 0,8      | 1,28  | ± 2 % |
| Maxipresse                     | Vitesse Tg <sup>elle</sup> de l'excentrique | 0,8 à 0,9      | 1,30  | ± 2 % |
|                                | Vitesse Tg <sup>elle</sup> de l'excentrique | 0,9 à 1,0      | 1,32  | ± 2 % |
|                                | Vitesse Tg <sup>elle</sup> 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                                     | 0,9 à 1,0      | 1,39  | ± 4 % |
| d'impact                       |   |                |   |       |
| Mouton                         | Hauteur de chute 1,00                       | 4,40           | 1,77  | ± 4 % |
|                                | à<br>Hauteur de chute 1,20                  | 4,85           | 1,92  | ± 5 % |
| chute libre                    | Hauteur de chute 1,40                       | 5,25           | 2,10  | ± 5 % |
|                                | ou Contre frappe<br>Hauteur de chute 1,70   | 5,75           | 2,39  | ± 5 % |
| ou Course réduite              | Hauteur de chute 2,00                       | 6,30           | 2,54  | ± 6 % |
|                                | ou Double effet<br>Hauteur de chute 2,20    | 6,55           | 2,72  | ± 6 % |
|                                | Hauteur de chute 2,35                       | 6,80           | 2,82  | ± 6 % |

**Tableau 7**

**Influence de la température  
de fin de matriçage sur le travail mécanique utile**

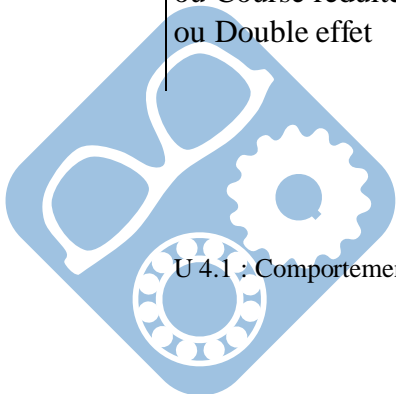


|      |      |       |       |       |       |       |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 900° | 950° | 1000° | 1050° | 1100° | 1150° | 1200° |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|

La Température de référence est de 1050°

Les coefficients multiplicateurs de conversion sont :

|       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,710 | 1,430 | 1,195 | 1,000 | 0,835 | 0,697 | 0,585 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|



## 4 Correction

**Question 1 :** Quatre pistons. Avec un déphasage de  $\pi/2$  à 2.

**Question 2 :** 30% à 33% de bavure. La pièce fait 250g, il faut  $n=5$  chocs.

**Question 3 :**  $T=1050^\circ\text{C}$ , la géométrie est semi-complexe/complexe, les contraintes sont de 600MPa sur la pièce et 330MPa sur le cordon.

**Question 4 :**  $\rho = 62\%$ , et  $n.p = 5, 5$ , la surface est de  $2200\text{mm}^2$ , donc  $F = 600 \times 2200 = 132 \cdot 10^4$

**Question 5 :**  $V = 250 \times 1500 \times \frac{220}{1030} \times \frac{1}{60} = 1.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 $P = 132 \times 10^4 \times 1.3 = 1762\text{kW}$

**Question 6 :** C'est le volant d'inertie qui génère le choc, et non pas le moteur.

