

Séquence : 13

Document : TD03  
Lycée Dorian  
Renaud Costadoat  
Françoise Puig



# Forgeage



Référence	S13 - TD03
Compétences	Conc1-C4: Approche Produit-Matériau-Procédé Réa-C1.1: Procédés d'obtention des pièces brutes Réa-C2: Mise en place d'un processus de fabrication
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.

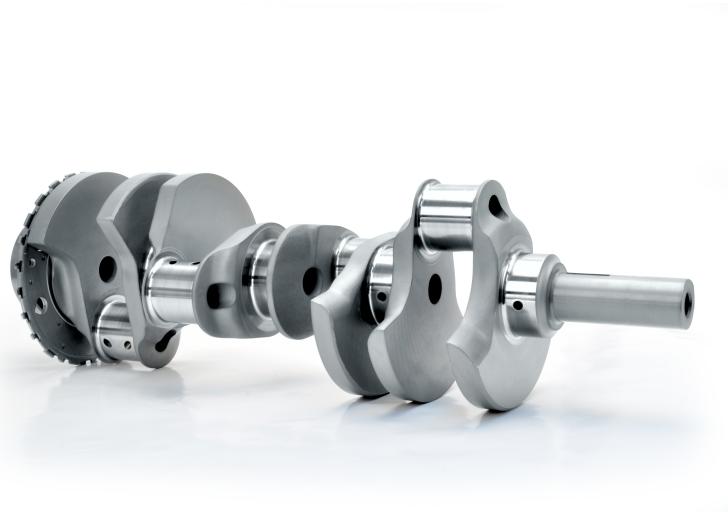


Figure 1 – Vilebrequin automobile

## 2 Dossier technique

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

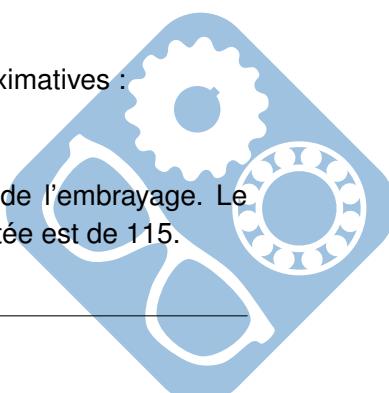
- Débit du lopin ( $\Phi 25$ , L 110 sans la tenue éventuelle) par cisaillage sur presse BLISS.
- Chauffage à 1250 °C par induction sur chauffeuse CELES.
- Décalaminage, estampage ébauche et finition sur I presse « BRET PAFR 32 ».
- Ebavurage sur presse BLISS.
- Grenaillage en parachèvement.

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  $2200mm^2$  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 e 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  $1050^{\circ}\text{C}$  ; la pièce est chauffée à  $1250^{\circ}\text{C}$ , 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.

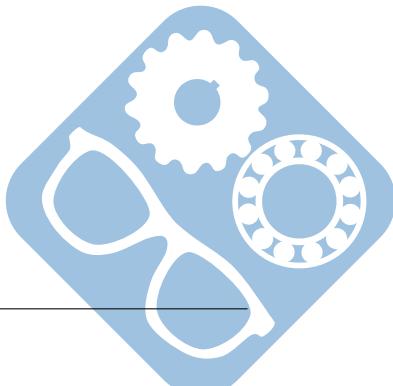
**Question 5 :** A partir des descriptions données, proposer un schéma cinématique de la presse.

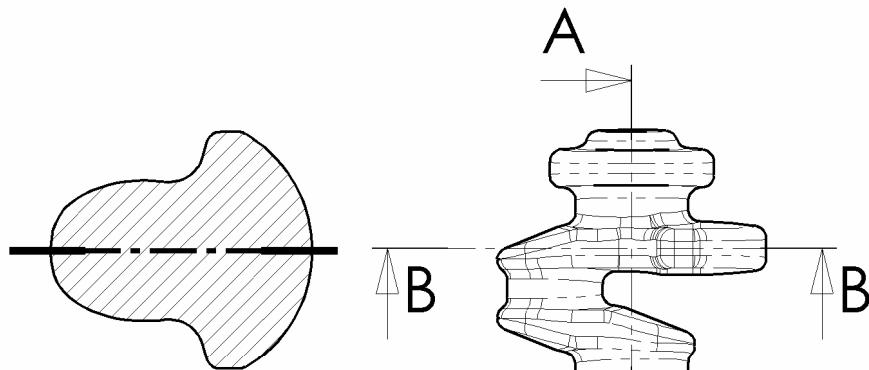
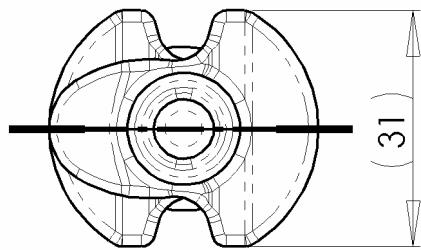
Calculer la vitesse de rotation du volant d'inertie en régime établi.

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.

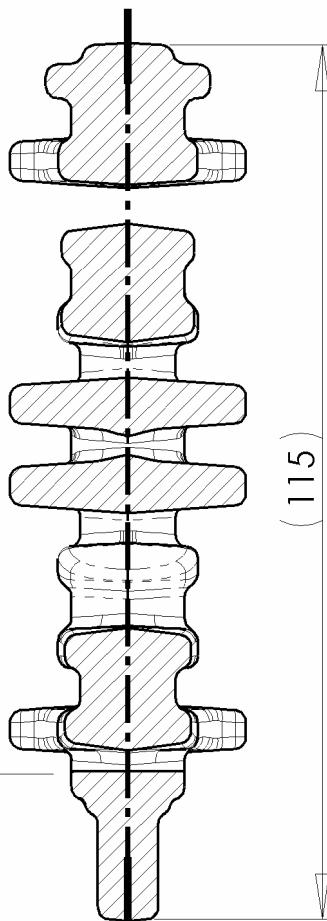
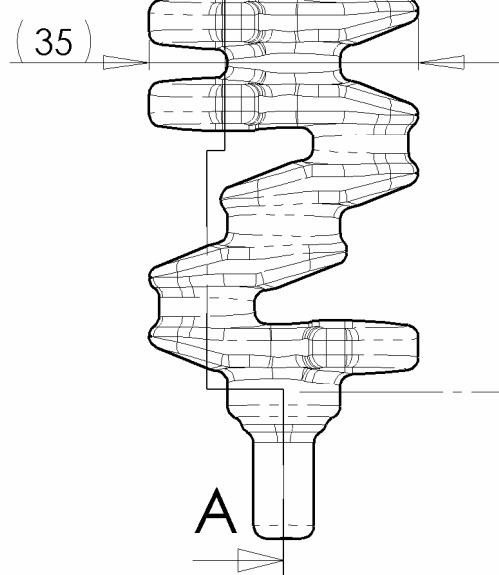
**Question 6 :** Calculer alors l'énergie utile de forgeage de la pièce « Vilebrequin-K1 ».

Le choix du moteur électrique est-il satisfaisant ?





SECTION B-B



COUPE A-A

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

Tolérances dimensionnelles suivant Norme NF EN 10243-1

Qualité F (M1/S3)

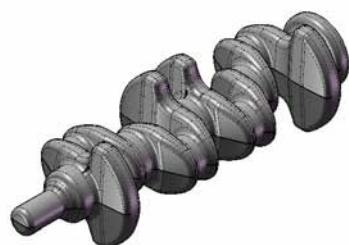
Longueurs, largeurs, hauteurs, épaisseurs : +1 / -0,5

Déport : 0,4

Saillie résiduelle de bavure ou plat d'ébavurage : 0,5

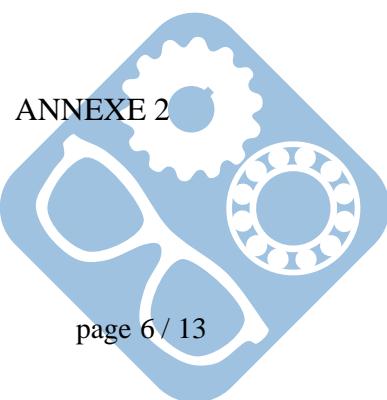
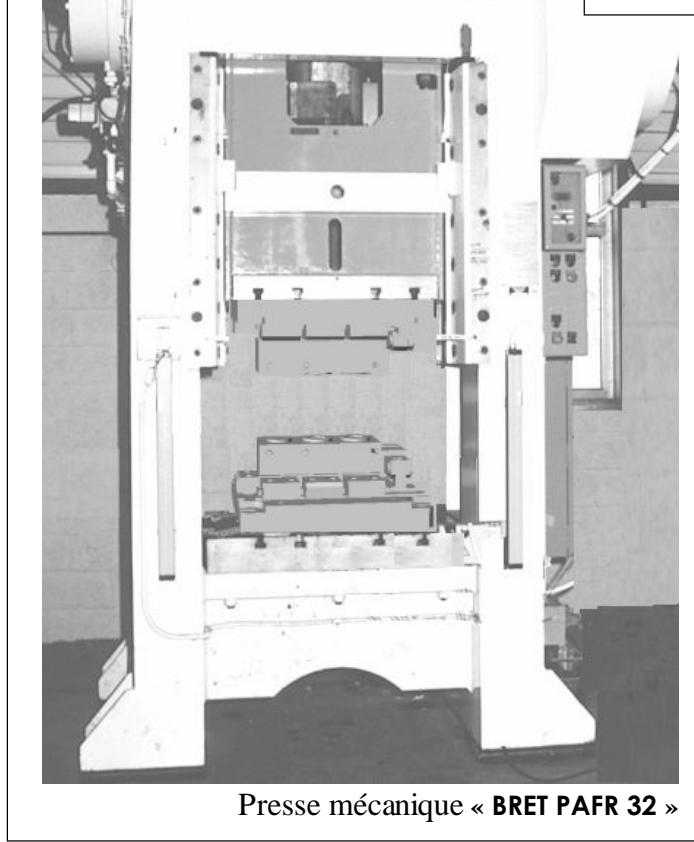
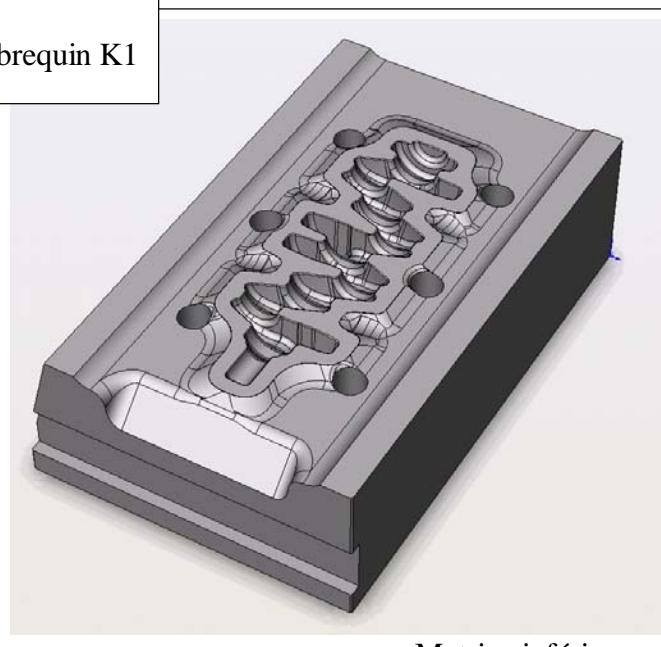
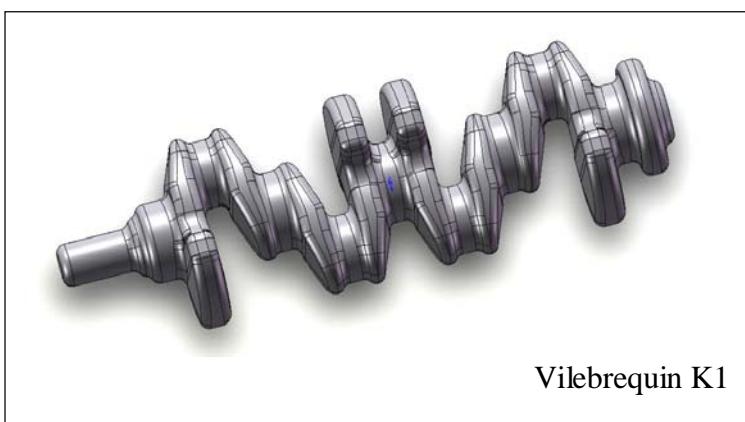
Rectitude et planéité : 0,6

Rayons : + 50 % / - 25 %



25CrMo4

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



**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 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

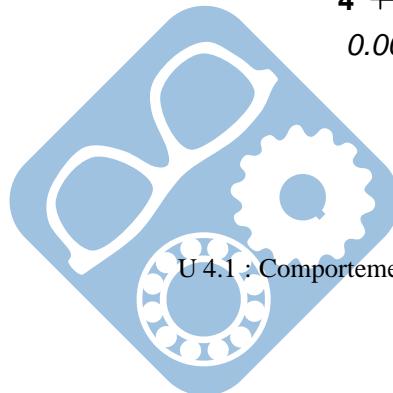
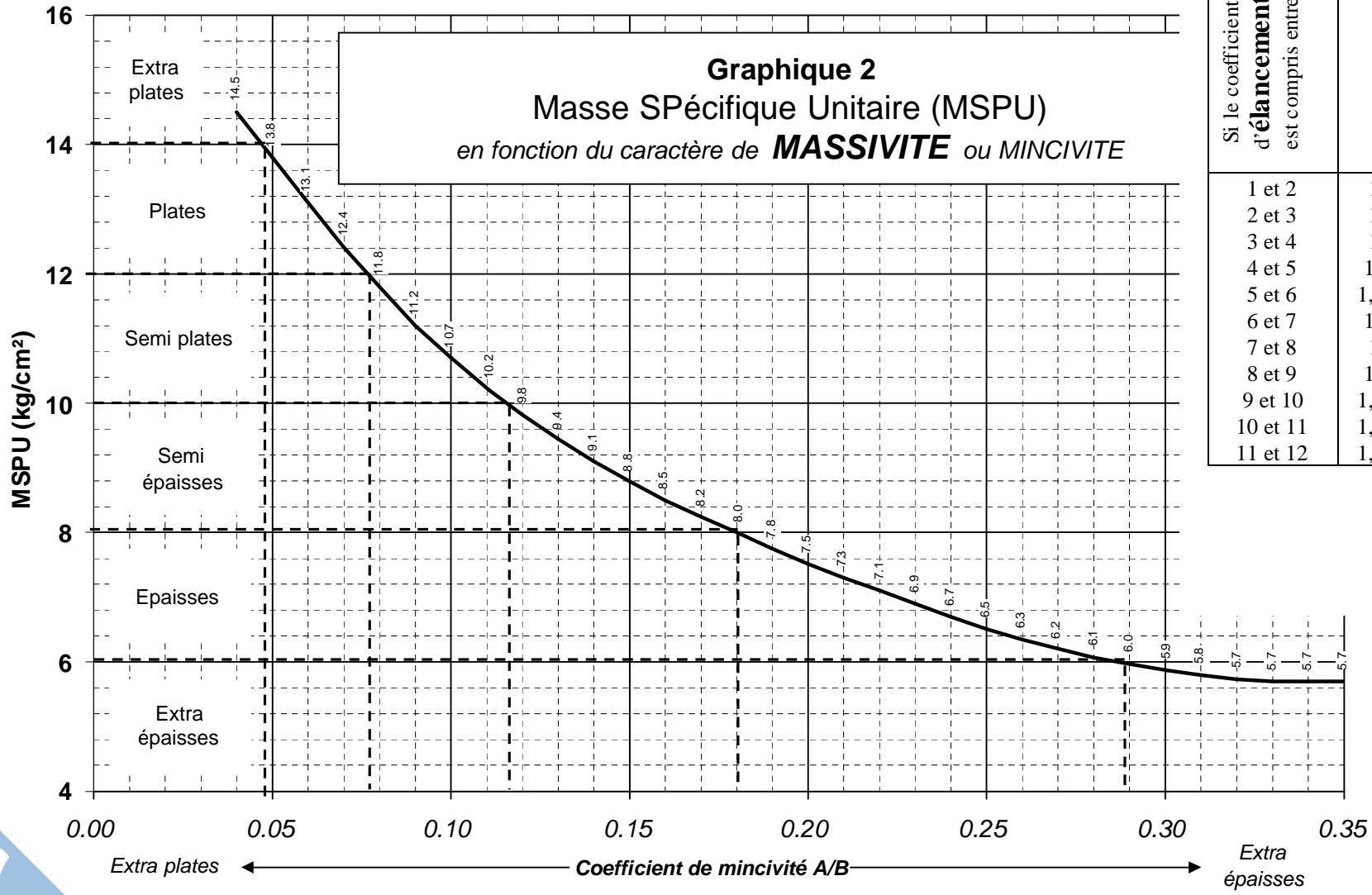
**TABLEAU 1**

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

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

Largeur ou diamètre (en mm)	Valeurs de $\lambda$ en mm	Diagramme technique
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	

The diagram illustrates the geometry of a filleted workpiece. It shows a cross-section with dimensions: shoulder radius  $r$ , shoulder height  $h$ , and average strain  $\varepsilon_{moy}$ . The diagram also indicates the 'cordon de bavure' (fillet shoulder) and 'bavure proprement dites' (true fillet). A dimension  $b$  is shown as the 'largeur maximale' (maximum width) or 'diamètre maxi' (maximum diameter). The shoulder height  $h$  is related to the average strain  $\varepsilon_{moy}$  by the formula  $h = \frac{r}{\varepsilon_{moy}}$ .



**TABLEAU 3**

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

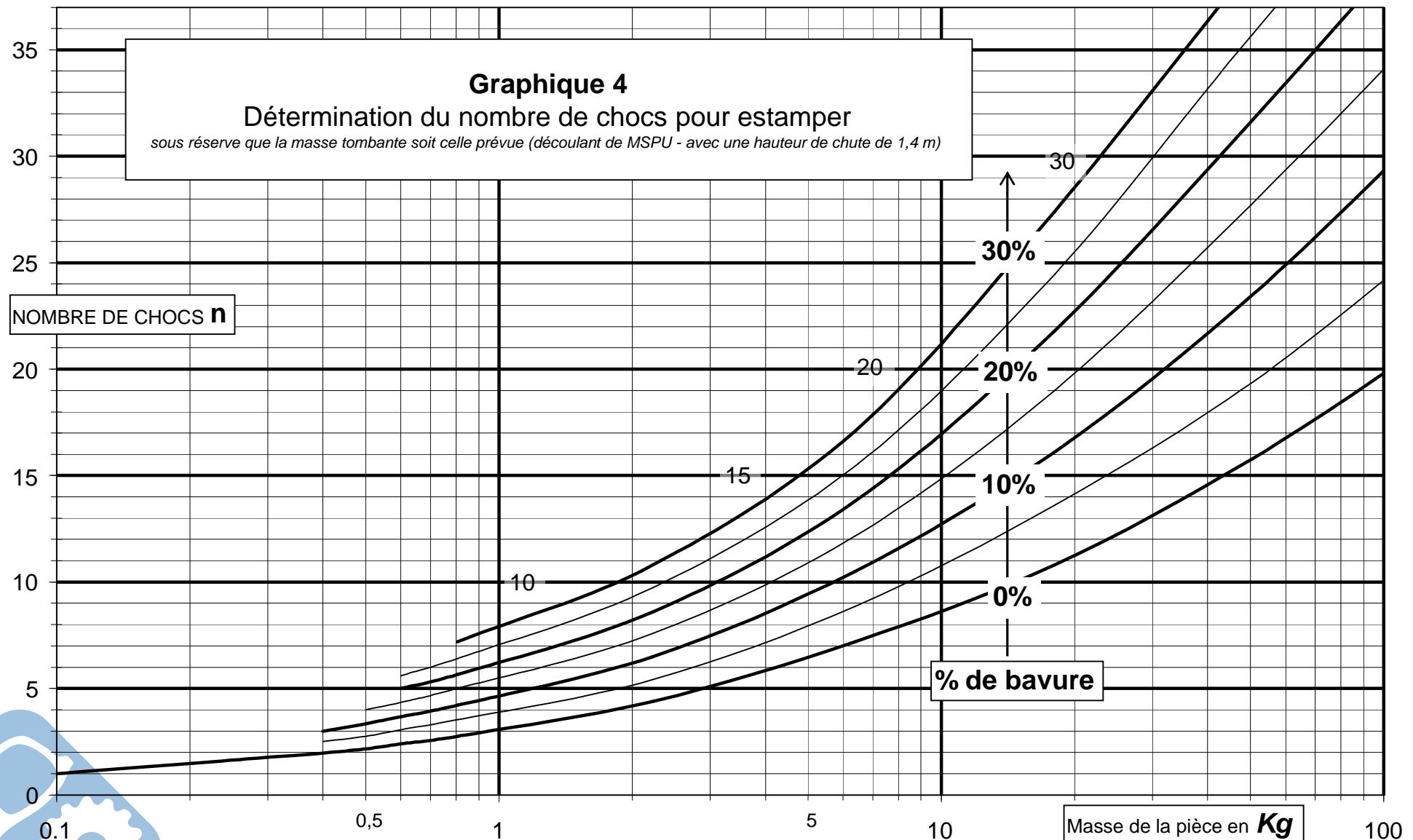
La tenue, quand elle est prévue, n'intervient pas dans ce % (elle ne modifie pas le nombres de chocs).

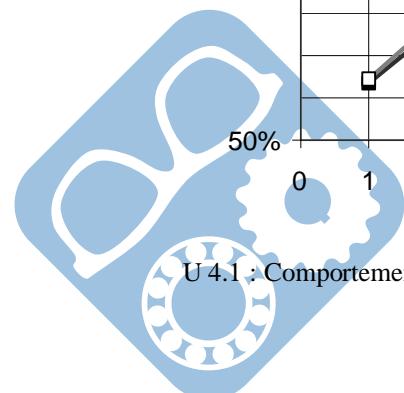
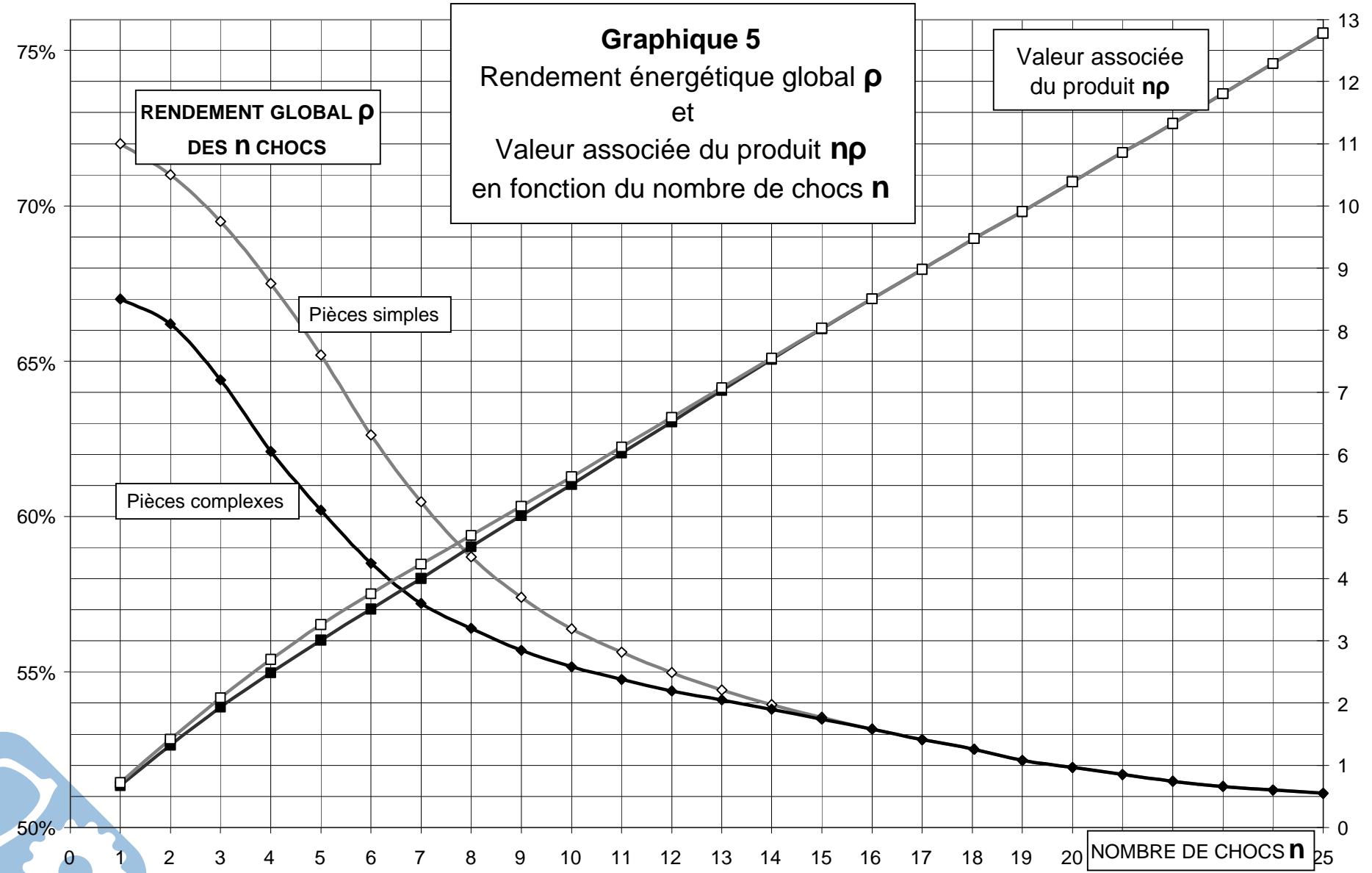
*L'utilisation de ce tableau se fait qu'en l'absence d'étude précise de fabrication.*

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

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

	5 à 8%		22 à 25%
	8 à 12%		25 à 30%
	12 à 15%		30 à 33%
	15 à 18%		33 à 37%
	19 à 22%		



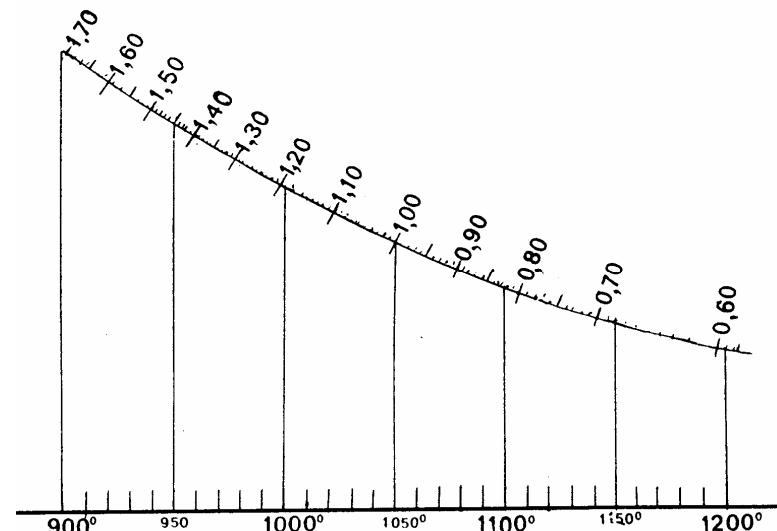


**Tableau 6**

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	$\approx 0$	1,00	
Presse hydraulique très lente	< à 0,05	1,03	$\pm 1\%$
Presse hydraulique moins lente	< à 0,20	1,08	$\pm 1\%$
Vitesse $Tg^{elle}$ de l'excentrique	0,7 à 0,8	1,28	$\pm 2\%$
Maxipresse Vitesse $Tg^{elle}$ de l'excentrique	0,8 à 0,9	1,30	$\pm 2\%$
Vitesse $Tg^{elle}$ de l'excentrique	0,9 à 1,0	1,32	$\pm 2\%$
Vitesse $Tg^{elle}$ de l'excentrique	1,0 à 1,1	1,34	$\pm 2\%$
Presse à vis d'impact	Vitesse d'impact	0,8 à 0,9	1,36 $\pm 4\%$
	Vitesse	0,9 à 1,0	1,39 $\pm 4\%$
Mouton à chute libre ou Contre frappe ou Course réduite ou Double effet	Hauteur de chute 1,00	4,40	1,77 $\pm 4\%$
	Hauteur de chute 1,20	4,85	1,92 $\pm 5\%$
	Hauteur de chute 1,40	5,25	2,10 $\pm 5\%$
	Hauteur de chute 1,70	5,75	2,39 $\pm 5\%$
	Hauteur de chute 2,00	6,30	2,54 $\pm 6\%$
	Hauteur de chute 2,20	6,55	2,72 $\pm 6\%$
	Hauteur de chute 2,35	6,80	2,82 $\pm 6\%$

**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
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------