

# Brevet de Technicien Supérieur

## FORGE

Session 2021

### E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

Temps alloué : 4 heures

Coefficient : 3

Cette épreuve permet de valider tout ou partie des compétences :

- **C6** – Interpréter un cahier des charges
  - C6.1 Décoder les modèles 2D et 3D, les spécifications
  - C6.2 Identifier et justifier les difficultés de réalisation liées aux exigences
  
- **C8** – Recenser et spécifier des technologies et des moyens de réalisation.
  - C8.1 Identifier les technologies et les moyens envisageables
  - C8.2 Hiérarchiser les contraintes de production et en déduire les conséquences sur la relation produit–process
  - C8.3 Analyser les performances nécessaires des moyens de réalisation
  - C8.4 Rédiger le cahier des charges des capacités techniques d'un moyen de production
  - C8.5 Extraire les données techniques de réalisation nécessaires à l'établissement de la réponse à une affaire

---

#### DOCUMENTS REMIS AU CANDIDAT :

DOSSIER TECHNIQUE .....	3
La demande du client .....	3
Données générales.....	5
Les matériels de forgeage de l'entreprise .....	5
Objet de l'étude.....	6
ÉLÉMENTS DE SUJET : DOSSIER NUMÉRIQUE .....	6
Partie 1 : Adaptation de la pièce à l'estampage .....	7
Partie 2 : Vérification de la capacité des machines pour le forgeage .....	7
Partie 3 : Rédaction de la gamme prévisionnelle de forgeage .....	7
DOCUMENT TECHNIQUE : DT1 – MONTBARD LG 1000 .....	8
DOCUMENT TECHNIQUE : DT2 – LASCO KH 125 .....	9
DOCUMENT TECHNIQUE : DT3 – EUMUCO 2800.....	10
DOCUMENT TECHNIQUE : DT4 – LASCO KH 315 .....	11
DOCUMENT TECHNIQUE : DT5 – HUTA ZIGMUT MPM 6300.....	12
DOCUMENT TECHNIQUE : DT6 – CALCUL PREVISIONNEL DE L'EFFORT ET DE L'ENERGIE.....	13
DOCUMENT TECHNIQUE : DT7 – TABLEAU DU CARACTERE DE COMPLEXITE .....	14
DOCUMENT TECHNIQUE : DT8 – POURCENTAGE DE BAVURE.....	15
DOCUMENT TECHNIQUE : DT9 – MASSE SPECIFIQUE UNITAIRE (MSPU) .....	16
DOCUMENT TECHNIQUE : DT10 – DETERMINATION DU NOMBRE DE CHOCS POUR ESTAMPER .....	17
DOCUMENT TECHNIQUE : DT11 – RENDEMENT ENERGETIQUE GLOBAL .....	18
DOCUMENT TECHNIQUE : DT12 – INFLUENCE DE LA VITESSE ET DT13 INFLUENCE DE LA TEMPERATURE.....	19
DOCUMENT TECHNIQUE : DT13 – PLAN PIECE USINEE CLIENT .....	20

BTS FORGE		Session 2021
<b>E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE</b>	Code : <b>21 FG4CP</b>	Page 1 / 20

DOCUMENTS INFORMATIQUES REMIS AU CANDIDAT :

- ✓ Dossier « BTS-FORGE-E4-2021 » contenant tous les documents informatiques nécessaires à l'exécution du travail demandé.

DOCUMENTS PERSONNELS AUTORISÉS :

- ✓ Tous documents au format papier
- ✓ Aucun document informatique
- ✓ L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- ✓ L'usage de la calculatrice sans mémoire "de type collègue" est autorisé.

BTS FORGE		Session 2021
<b>E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE</b>	Code : <b>21 FG4CP</b>	Page 2 / 20

***La demande du client***

La société "EQUILIBRE" souhaite développer un levier intermédiaire de direction pour un véhicule 4x4 hybride - électrique (voir exemple d'un produit similaire monté sur des véhicules ci-dessous Figure N°1 et Figure N°2).

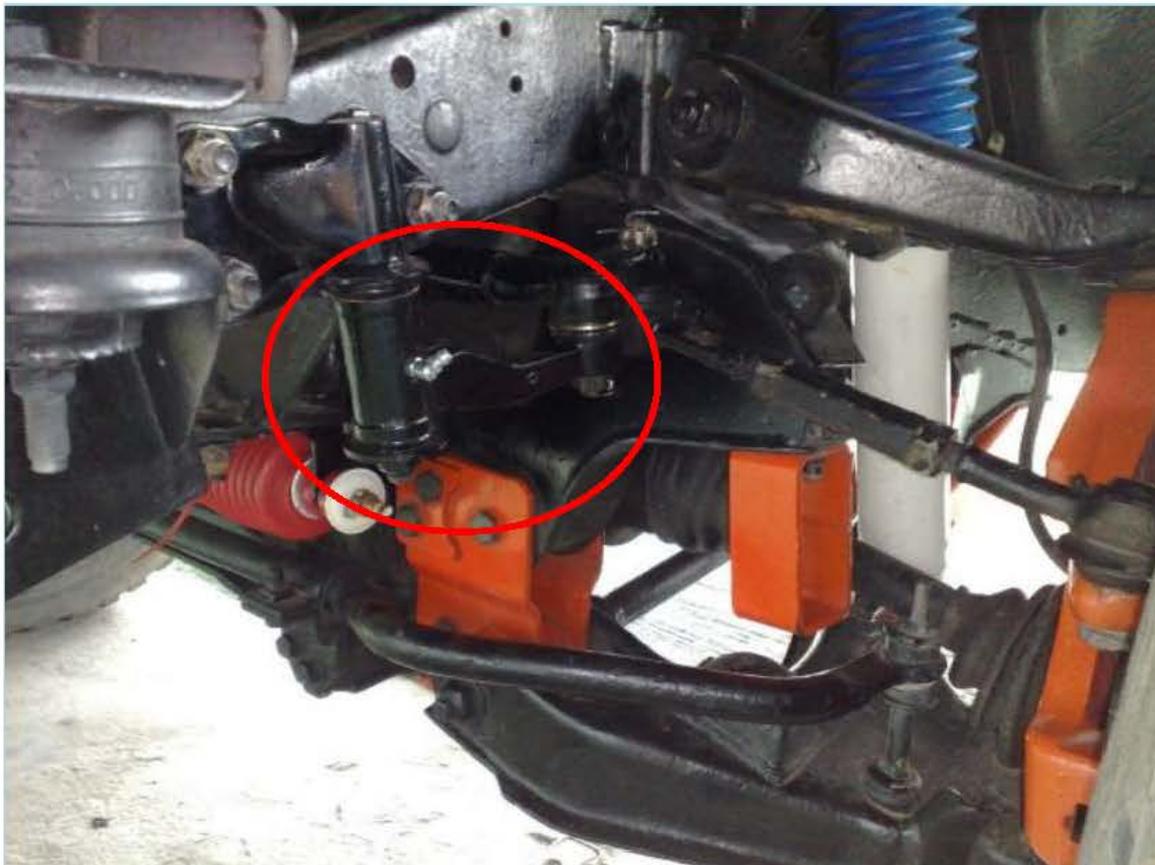


Figure N°1



Figure N°2

BTS FORGE		Session 2021
<b>E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE</b>	Code : <b>21 FG4CP</b>	Page 3 / 20

Le bureau de développement de la société "EQUILIBRE" a effectué une étude de ce nouveau produit.

Pour la phase de présérie la société demande une étude de faisabilité en forge.

Le futur véhicule sera un 4x4 hybride – électrique. Sa direction sera fortement sollicitée par des chocs lors de l'utilisation en tout terrain. La pièce est considérée comme pièce de sécurité. Le procédé de forge a été retenu au regard de l'expérience client et de l'entreprise chargée de l'étude de réalisation.

La société "EQUILIBRE", consulte une entreprise de forge et d'estampage et attend en réponse une étude de faisabilité qui se traduira à terme par un devis pour cette pièce.

Le client fournit une construction DAO du levier intermédiaire en acier qui correspond à une nouvelle conception ainsi qu'un plan **(DT8)** sur lequel sont uniquement cotés les éléments qui lui sont importants. Les surfaces fonctionnelles sont repérées sur la Figure N°3 ci-dessous et sur le fichier de la pièce en DAO par la couleur rouge.

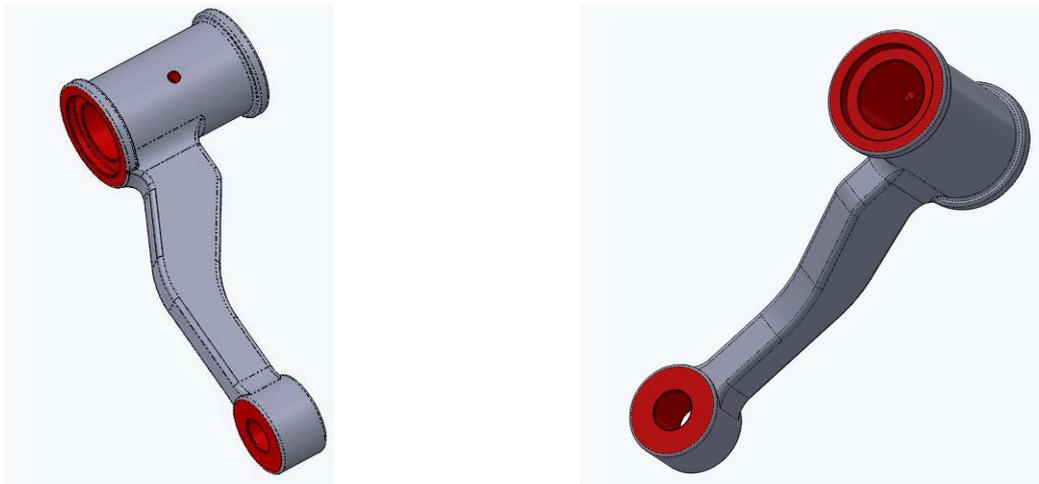


Figure N°3

Les autres formes et dimensions, associées au matériau, ont été conçues par le client pour respecter le cahier des charges mécanique permettant l'homologation par le constructeur automobile de ce composant.

Le client peut accepter néanmoins des modifications de formes pour que la pièce soit réalisable par forgeage.

Le client demande une étude de faisabilité pour la fabrication par forgeage de 1 000 000 leviers intermédiaires de direction par an et cela pour 15 ans (durée de vie commerciale estimée de ce nouveau véhicule et après-vente).

Pour réaliser le devis, le service commercial a besoin d'une étude de faisabilité de cette pièce sur un îlot de production de l'atelier d'estampage ayant un temps d'ouverture d'un poste par jour, et cela pour des raisons de nuisances sonores et vibratoires du voisinage.

BTS FORGE		Session 2021
<b>E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE</b>	Code : <b>21 FG4CP</b>	Page 4 / 20

### **Données générales**

- Quantité annuelle : 1 000 000 pièces brutes par an pendant 15 ans ;
- Matière : acier S355JRG2 ;

### **Les matériels de forgeage de l'entreprise**

- l'atelier de forge est équipé de 6 marteaux pilons (voir **DT1 à DT6**). Ces moyens de production permettent de réaliser des pièces forgées simples ou complexes en acier, inox ou aluminium dans une gamme de masse comprise entre 500 g et 10 kg ;
- 2 presses à vis de 600 tonnes d'effort nominales qui permettent la fabrication de pièces d'environ 1,5 kg en moyenne et grandes séries ;
- 1 presse horizontale à forger de 80 tonnes dont le diamètre maximal de barre engagée est de 13 mm;
- 3 laminoirs à retour pouvant être disposés à proximité immédiate des marteaux-pilons ou des presses à vis ;
- 1 auto-compresseur Dieudonné-Montbard de 250kg pouvant être disposé à proximité immédiate des marteaux-pilons ou presses à vis;
- 8 presses mécaniques à ébavurer associées aux marteaux-pilons et presses à vis ;
- 8 fours à induction associés aux différentes machines de forgeage pour chauffer les aciers entre 1100°C et 1300°C suivant le besoin ;
- 2 lignes de traitement thermique à fours électriques pour le recuit et la trempe aux polymères ;
- une installation de grenailage.

BTS FORGE		Session 2021
<b>E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE</b>	Code : <b>21 FG4CP</b>	Page 5 / 20

## **Objet de l'étude**

L'épreuve porte sur :

- la définition géométrique de la pièce adaptée à l'estampage sur marteau pilon ;
- l'établissement d'une gamme d'estampage prévisionnelle ;
- la détermination de la machine d'estampage.

### **ÉLÉMENTS DE SUJET : DOSSIER NUMÉRIQUE**

Dans le dossier : « **BTS-FORGE-E4-2021** » sont fournis :

- le modèle volumique de la pièce conçu par le bureau d'étude du client ;

Le répertoire informatique contenant votre travail devra être renommé :

« **BTS-FORGE-E4-2021 votre-nom votre-prénom** »

**N. B. : Comme la copie d'examen, il sera anonymé pour la correction**

Ce répertoire contiendra une version unique de votre étude et des explications pourront être données sur copie si nécessaire.

BTS FORGE		Session 2021
<b>E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE</b>	Code : <b>21 FG4CP</b>	Page 6 / 20

## Partie 1 : Adaptation de la pièce à l'estampage

Durée indicative : 1 heure

A partir du DT8 et du modèle volumique de la pièce fonctionnelle attendue :

**Question 1-1 : Adapter** la pièce à l'estampage sur marteau pilon et **Définir** en DAO et en fonction du besoin, les éléments suivants :

- surface de joint ;
- ajouts de matière ;
- dépouilles ;
- rayons ;
- tout élément utile à la définition de la pièce à estamper

**Question 1-2 : Donner** une estimation du volume et de la masse de la pièce livrée.

## Partie 2 : Vérification de la capacité des machines pour le forgeage

Durée indicative : 1 heure

L'emploi des machines prévues (DT1 à DT5) nécessite de vérifier que l'effort pour réaliser les pièces est inférieur à leurs capacités respectives.

**Question 2-1 : Calculer** l'effort ultime de forgeage et l'énergie minimale nécessaire à l'estampage de finition des pièces.

Un schéma ou dessin précisant les surfaces des pièces et du cordon de bavure sera fait.

**Question 2-2 : Sélectionner** les machines ayant la capacité de produire ces pièces.

**Question 2-3 : Choisir** la machine la mieux adaptée économiquement pour produire ces pièces.

**Question 2-4 : Justifier** votre choix.

## Partie 3 : Rédaction de la gamme prévisionnelle de forgeage

Durée indicative : 2 heures

En menant une analyse morphologique et dimensionnelle de la pièce et en prenant en compte les aspects techniques et économiques pour cette fabrication, **établir** la gamme prévisionnelle d'estampage de la pièce définie à la partie 1.

**Question 3-1 : Lister** les opérations de la gamme de fabrication jusqu'à l'usinage.

**Question 3-2 : Définir** les formes et les dimensions attendues, des étapes de préparation avant estampage et en remontant jusqu'au lopin.

**Question 3-3 : Dresser** un tableau récapitulatif des volumes et masses évoluant du lopin à la pièce livrée.

BTS FORGE		Session 2021
<b>E4 – U4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE</b>	Code : <b>21 FG4CP</b>	Page 7 / 20



***Marteau-pilon à planches***  
**Montbard LG 1000**

Données techniques

Energie de choc	1000 Kg.m ou 20 000 J
Hauteur maxi de chute	1800 mm
Masse Tombante	1000 Kg
Masse maxi matrice	150 Kg
Longueur matrices	400 mm
Largeur matrices	400 mm
Nombre de coups maxi par minute	30



<b>LASCO KH 125</b>	
Données techniques	
Energie de choc	1250 Kg.m ou 12 270 J
Hauteur maxi de chute	1000 mm
Masse Tombante	1250 Kg
Masse maxi matrice	210 Kg
Longueur matrices	500 mm
Largeur matrices	500 mm
Nombre de coups maxi par minute	110
Masse approximative de la machine	31,5 T



<b><i>EUMUCO 2800</i></b>	
Données techniques	
Energie de choc	2800 Kg.m ou 27 500 J
Hauteur maxi de chute	1800 mm
Masse Tombante	1200 Kg
Masse maxi matrice	150 Kg
Longueur matrices	400 mm
Largeur matrices	400 mm
Nombre de coups maxi par minute	90
Masse approximative de la machine	30 T



LASCO KH 315	
Données techniques	
Energie de choc	3150 Kg.m ou 30 900 J
Hauteur maxi de chute	1100 mm
Masse Tombante	2900 Kg
Masse maxi matrice	530 Kg
Longueur matrices	650 mm
Largeur matrices	700 mm
Nombre de coups maxi par minute	90
Masse approximative de la machine	64 T



<b>HUTA ZIGMUT MPM 6300</b>	
Données techniques	
Energie de choc	7000 Kg.m ou 68 670 J
Hauteur maxi de chute	1000 mm
Masse Tombante	2500 Kg
Masse maxi matrice	800 Kg
Longueur matrices	650 mm
Largeur matrices	600
Nombre de coups maxi par minute	100
Masse approximative de la machine	64 T

**DOCUMENT TECHNIQUE :  
DT6 – Calcul prévisionnel de l'effort et de l'énergie**

Au format Excel dans le dossier « BTS-FORGE-E4-2021 »

Ne rien écrire dans cette zone

Document àagrafer à la copie sous la zone d'anonymat

**Calcul prévisionnel de l'effort et de l'énergie**

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

Largeur maximale de la pièce		Largeur du cordon (lambda)	
	mm		mm

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

Remarque : epsilon > 1,5 mm

		Epaisseur du cordon (epsilon)	
			mm

Surface de la pièce		Contrainte sur la pièce (p)	
	mm <sup>2</sup>		MPa

Surface du cordon		Contrainte sur le cordon (q)	
	mm <sup>2</sup>	Force pour un acier à 1050°C en fin de forgeage	MPa

Force	
	kN

Volume pièce		Volume cordon		Epaisseur moyenne	
	cm <sup>3</sup>		cm <sup>3</sup>	$A = V(p+c)/S(p+c)$	

Surface pièce		Surface cordon		Largeur moyenne	cm
	cm <sup>2</sup>		cm <sup>2</sup>	$B = S(p+c)/L(p+c)$	

Longueur (pièce + cordon)			cm
			cm

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

Elancement		MSPU corrigée	Kg/cm <sup>2</sup>
$N = L(p+c)/B$		MSPU x	

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

Masse (p+c)		Nombre de chocs	
	Kg	n =	

Pourcentage de bavure ((p+c+t))		Nombre de chocs efficaces	
	%	n(ro)	

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

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, θ°C fin de forgeage, ε = 1, ε̇ = 0,03 s <sup>-1</sup> )	
Matériau		Température (fin de forgeage)	°C

		Résistance	MPa
--	--	------------	-----

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

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

FOLIO /

**DOCUMENT TECHNIQUE :**  
**DT7 – Tableau du caractère de complexité**

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

prévoir arrêt de métal

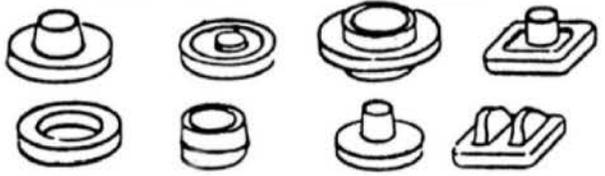
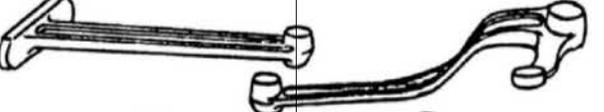
Diamètre e (en mm)	Valeurs de $\lambda$ en mm		
	Cas d'une presse	Cas d'un marteau-pilon	
40	4	6	
60	5	7	
80	6	8	
100	7	9	
125	7,5	9,5	
150	8	10	
175	9	11	
200	9,5	11,5	
240	10,5	12,5	
280	12	14	
320	13	15	
360	15	17	
400	16	18	

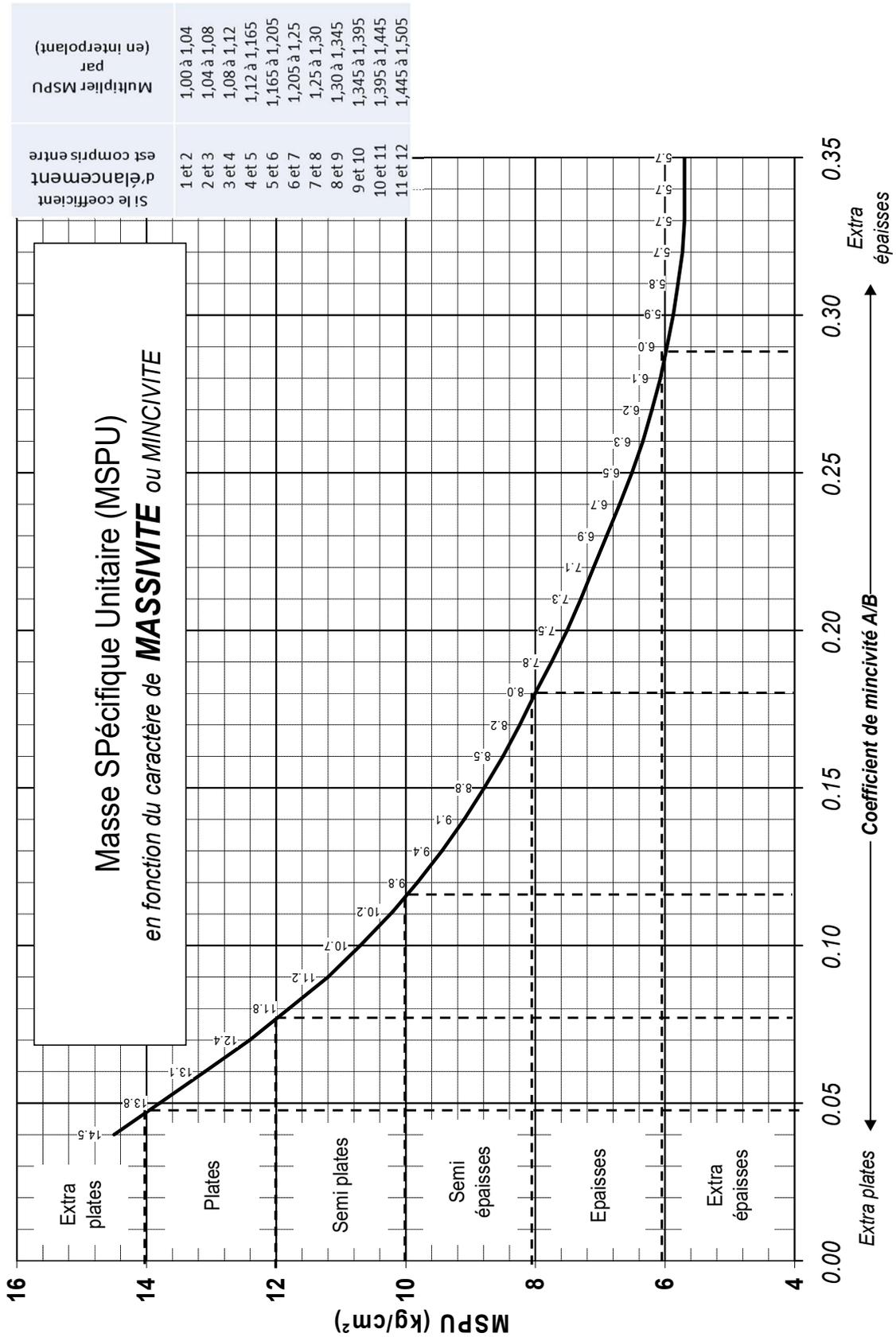
Pour les pièces longues, on choisit  $\lambda = \sqrt{\text{plus grande largeur de pièce}}$

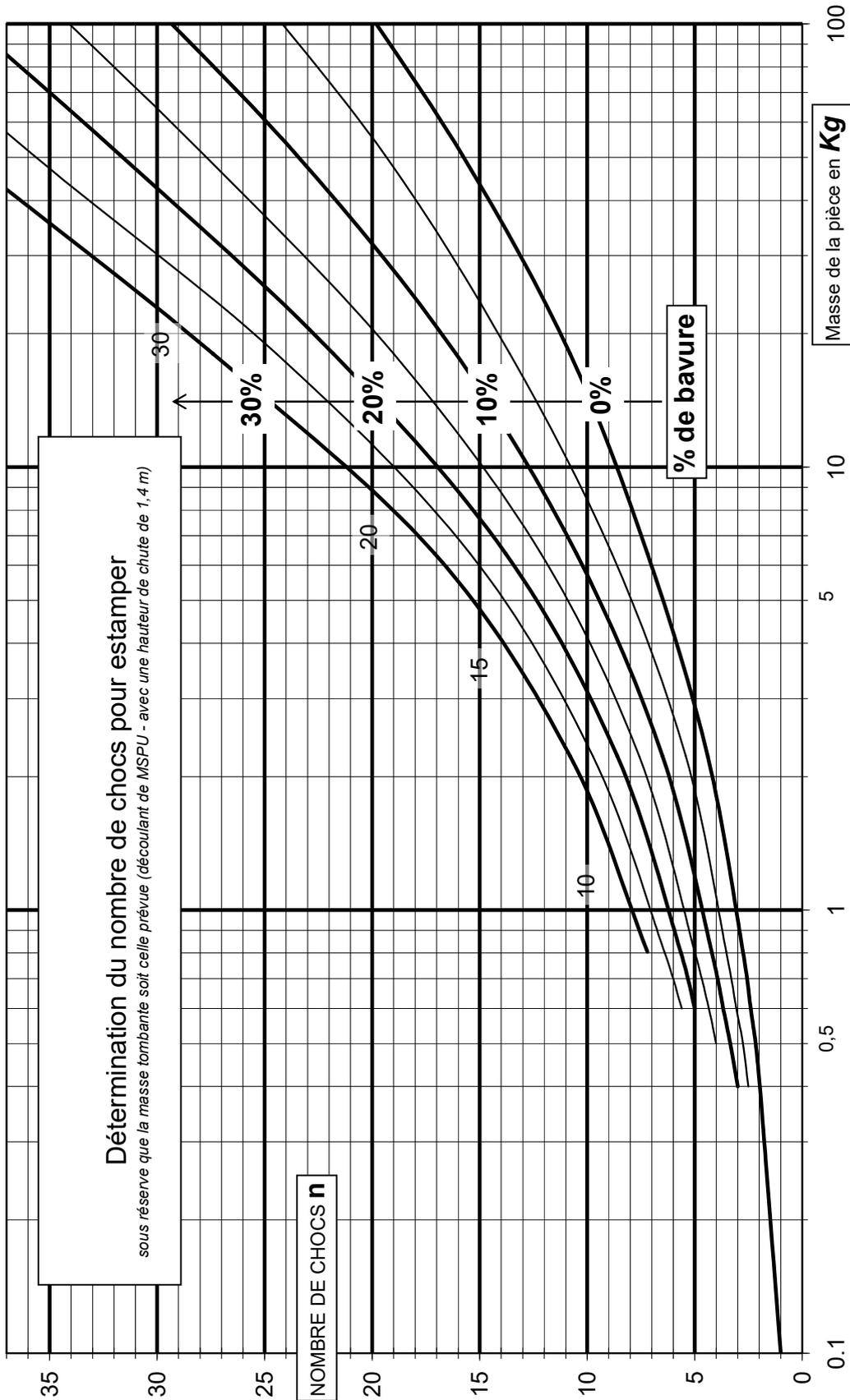
Ce tableau donne le % de bavure en vue de déterminer le nombre de chocs pour matricer une ébauche préfabriquée.  
La tenue, quand elle est prévue, n'intervient pas dans ce % (elle ne modifie pas le nombres de chocs).  
*L'utilisation de ce tableau se fait qu'en l'absence d'étude précise de fabrication.*

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

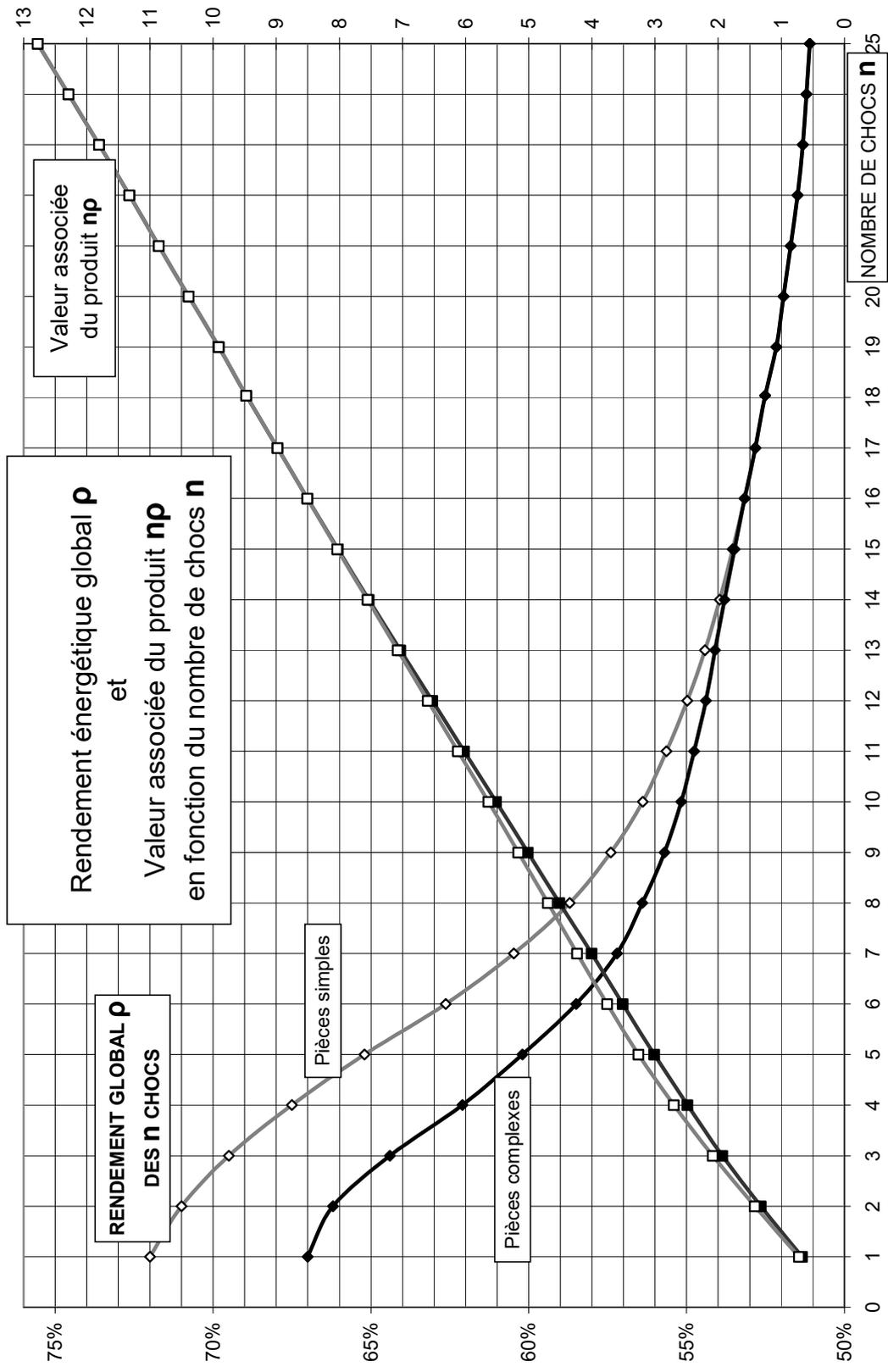
$$\% \text{ bavure} = (\text{Vol. bavure} / \text{Vol. pièce} + \text{toile} + \text{cordon}) \times 100$$

	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%		

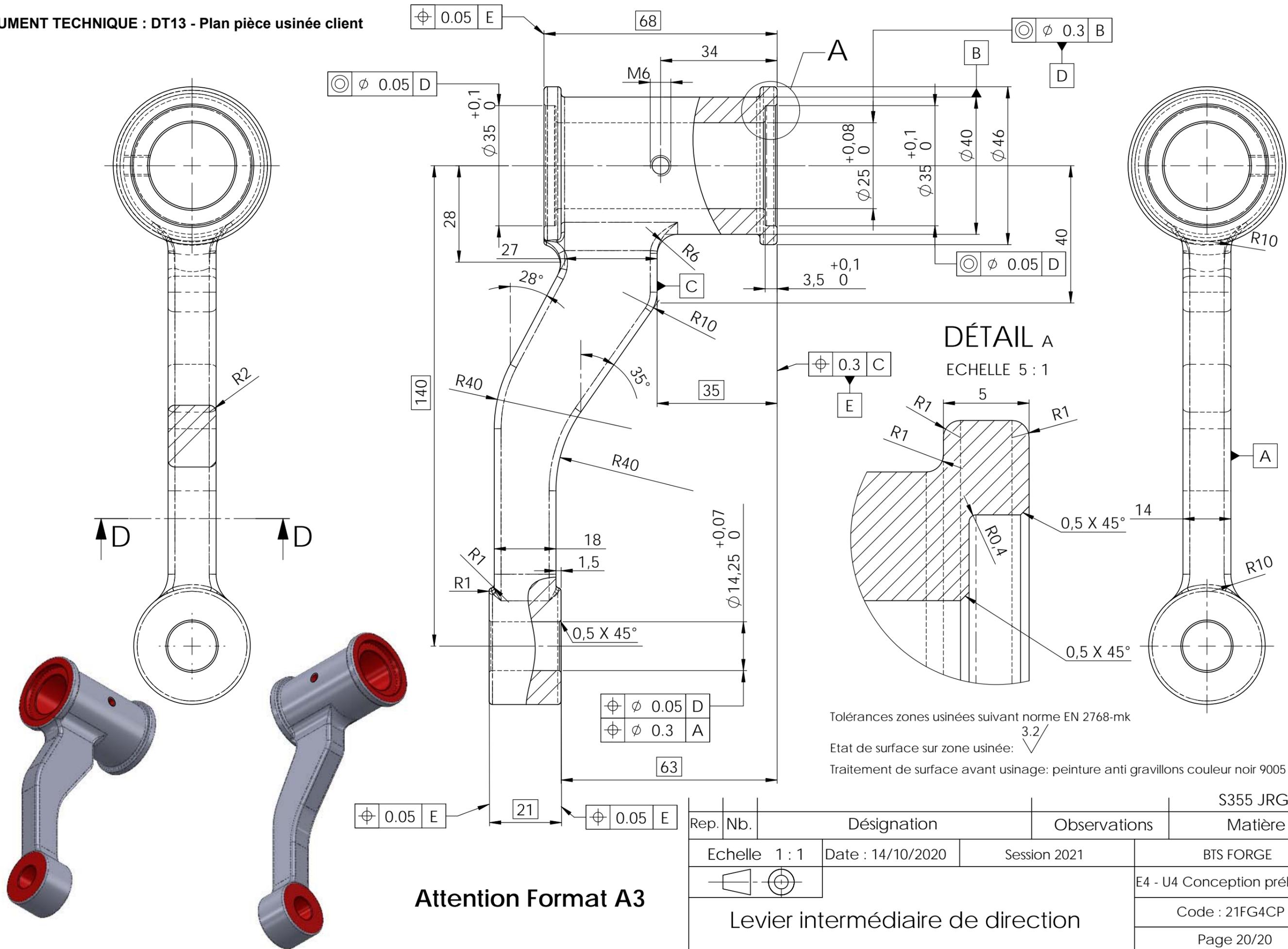




**DOCUMENT TECHNIQUE :  
DT11 – Rendement énergétique global**







Tolérances zones usinées suivant norme EN 2768-mk  
 Etat de surface sur zone usinée:  $\sqrt{3.2}$   
 Traitement de surface avant usinage: peinture anti gravillons couleur noir 9005

Attention Format A3

Rep.	Nb.	Désignation	Observations	S355 JRG2 Matière
Echelle	1 : 1	Date : 14/10/2020	Session 2021	BTS FORGE
				E4 - U4 Conception préliminaire
				Code : 21FG4CP
Levier intermédiaire de direction				Page 20/20