

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR
Conception des processus de réalisation de produits
E4 conception préliminaire
SESSION 2024

NOTE AUX CORRECTEURS

La grille de correction précisant les indicateurs de performance (notes de 0 à 3) pour chaque question est à télécharger sur **SANTORIN**.

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 1 sur 8

CORRIGÉ partie copie

Partie 1 : Le cahier des charges est-il respecté du point de vue réglementaire, économique et environnementale ?

Partie 1.1 : Étude du respect de la réglementation

Q1.1.1 D'après le DT4, **relever** l'exigence fonctionnelle qui contraint le choix du matériau d'un point de vue de la réglementation.

L'exigence fonctionnelle qui contraint le choix du matériau d'un point de vue de la réglementation est la « **1.1.1 – Respecter les normes** » qui évoque l'aspect réglementaire de ce type de produit.

Q1.1.2 **Relever** le matériau utilisé pour la tige. **Détailler** cette désignation en précisant la nature et les proportions des matériaux constituant cet alliage.

D'après le dessin de définition de la tige fémorale (DT3), le matériau utilisé est le **Ti 6Al 4V**. Il s'agit donc d'un **titane avec 6 % d'aluminium et 4 % de vanadium**.

Q1.1.3 **Conclure** quant au respect de la réglementation au regard du matériau de la tige.

Le matériau utilisé pour la tige **ne contient pas de cobalt** métallique. De ce fait, **il respecte la réglementation**.

Partie 1.2 : Étude du respect de l'exigence économique

Q1.2.1 **Calculer** sur le DR1 le volume d'un lopin de diamètre 20 mm et de longueur 195 mm.

Le lopin ayant une forme cylindrique, son volume se calcule d'après la relation suivante :

$$V = S \cdot h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} \times 195 \approx 6\,1261\,mm^3$$

Soit un volume de lopin de $V \approx 61\,261 \cdot 10^{-9}\,m^3$ (ou $0,000061261\,m^3$)

Voir DR1

Q1.2.2 **Calculer** sur le DR1 la masse d'un lopin.

D'après le DT7, on relève une masse volumique du titane utilisé pour le lopin de $4\,420\,kg \cdot m^{-3}$.

La masse du lopin se calcule comme suit : $m = \rho \cdot V = 4\,420 \times 61\,261 \times 10^{-9} \approx 0,2707\,kg$

Soit une masse de lopin de $m \approx 271\,g$

Voir DR1

Q1.2.3 **Calculer** sur le DR1 le coût d'un lopin en utilisant un prix du titane de $44,65\,€ \cdot kg^{-1}$.

Sachant que 1 kg de titane coûte 44,65 € ; alors 0,270 kg coûte : $Coût_{lopin} = \frac{0,271 \times 44,65}{1} \approx 12,09\,€$

Soit un coût de lopin de **12,1 €**

Voir DR1

Q1.2.4 **Conclure** sur le DR1 quant au respect du cahier des charges.

Le cahier des charges est respecté puisque le coût calculé d'un lopin (12,1 €) est inférieur à l'exigence imposée dans le cahier des charges (qui est de 15 €, voir DT4).

Voir DR1

Partie 1.3 : Étude de la consommation énergétique de la chauffe d'un lopin

Q1.3.1 À l'aide du DT7, **estimer** le temps de chauffe pour qu'un lopin atteigne les 900 °C.

D'après le DT7, on relève un temps de chauffe de **60 s** pour que le lopin atteigne les 900 °C.

Q1.3.2 **Calculer** sur le DR2 la consommation énergétique pour chauffer 5000 lopins avec le four électrique.

Le four électrique consomme $13,2\,kW \cdot h$ pour chauffer 30 lopins, et ce, en 1 heure. Donc pour chauffer 5 000 lopins, cela représente un temps de : $T_{chauffe_elec} = \frac{5\,000}{30} \approx 166,7\,h$

Ainsi, pendant ces 166,7 heures, le four consomme une énergie de **2 200 kW·h** puisque :

$$E_{Four_elec} = 166,7 \times 13,2 = 2\,200\,kW \cdot h$$

Voir DR2

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 2 sur 8

Q1.3.3 **Calculer** sur le DR2 la consommation énergétique du four à induction sachant qu'il n'utilise que 40 % de sa puissance maximale pour réaliser cette opération de chauffe.

Le four à induction, quant à lui, consomme 25 kW·h pour chauffer 120 lopins en 1 heure. Donc pour chauffer 5 000 lopins, cela lui prend un temps de : $T_{Chauffe_induc} = \frac{5\,000}{120} \approx 41,67 \text{ h}$

Aussi, le four à induction ne développant que 40 % de sa puissance maximale, il consomme pendant ces 41,67 heures une énergie de **417 kW·h** puisque :

$$E_{Four_elec} = 41,67 \times 25 \times 0,4 \approx 416,67 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

Voir DR2

Q1.3.4 **En déduire** sur le DR2 le gain énergétique en pourcentage par rapport au four électrique. **Conclure** au regard de l'exigence du cahier des charges du DT4.

Le four électrique (notre référence, nos 100 %) consomme 2 200 kW·h.

Le four à induction de son côté consomme 417 kW·h, ce qui représente un pourcentage de : $\frac{417 \times 100}{2\,200} \approx 18,9 \%$

Soit un écart de : $100 - 18,9 = 81,1 \%$

Le cahier des charges est respecté puisque le gain (81,1 %) est largement supérieur à l'exigence imposée dans le cahier des charges (qui est de 15 %, voir DT4).

Voir DR2

Q1.3.5 **Déterminer** l'équation de l'évolution du coût d'utilisation du four électrique en fonction du nombre de pièce pour un prix du kW·h de 0,2276 €. **Tracer** la droite associée sur le DR3.

L'évolution du coût d'utilisation du four électrique (noté y_{elec}) est directement proportionnelle au nombre de pièces chauffées (noté $x_{pièces}$). Ainsi, l'équation associée est de la forme : $y_{elec} = a \cdot x_{pièces} + b$

Ainsi, pour une consommation d'électricité nulle (donc un coût nul, soit $y_0 = 0$), aucun lopin n'est chauffé (soit $x_0 = 0$).

De plus, pour une consommation de 2 200 kW·h (donc un coût de $2\,200 \times 0,2276 \approx 501$ €, soit $y_1 = 501$), 5 000 lopins sont chauffés (soit $x_1 = 5\,000$).

$$\text{Ainsi, il vient : } \begin{cases} y_0 = a \cdot x_0 + b \\ y_1 = a \cdot x_1 + b \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0 = a \times 0 + b \\ 501 = a \times 5\,000 + b \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} b = 0 \\ a = \frac{501}{5\,000} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} b = 0 \\ a \approx 0,1 \end{cases}$$

Soit l'équation : $y_{elec} = 0,1 \cdot x_{elec}$

Voir DR3

Q1.3.6 **Déterminer** l'équation d'évolution du coût d'utilisation du four à induction en fonction du nombre de pièce en tenant compte de l'investissement initial de 200 000 €. **Tracer** la droite associée sur le DR3.

De même, l'évolution du coût d'utilisation du four à induction (noté y_{induc}) est lui aussi directement proportionnelle au nombre de pièces chauffées (noté $x_{pièces}$). Ainsi, l'équation associée est de la forme : $y_{induc} = c \cdot x_{pièces} + d$

Toutefois, l'investissement initial est à prendre en compte. Aussi, pour une consommation d'électricité nulle mais un investissement de départ de 200 000 € (soit $y_0 = 200\,000$), aucun lopin n'est chauffé (soit $x_0 = 0$).

De plus, pour une consommation de 417 kW·h (donc un coût **supplémentaire** de $417 \times 0,2276 \approx 95$ €, soit $y_1 = 200\,095$), 5000 lopins sont chauffés (soit $x_1 = 5\,000$).

$$\text{Ainsi, il vient : } \begin{cases} y_0 = c \cdot x_0 + d \\ y_1 = c \cdot x_1 + d \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 200\,000 = c \times 0 + d \\ 200\,095 = c \times 5\,000 + d \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d = 200\,000 \\ c = \frac{200\,095 - 200\,000}{5\,000} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d = 200\,000 \\ c \approx 0,019 \end{cases}$$

Soit l'équation : $y_{elec} = 0,019 \cdot x_{elec} + 200\,000$

Q1.3.7 **Déterminer** graphiquement le seuil de rentabilité du four à induction.

Voir DR3.

Le seuil de rentabilité correspond à l'intersection des deux droites. On relève ainsi une quantité de **$2,45 \cdot 10^6$ lopins**.

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 3 sur 8

Partie 2 : L'organisation du secteur forge assure-t-elle la continuité de la production ?

Partie 2.1 : Étude de la cadence de frappe

Q2.1.1 En exploitant le DT8, **choisir**, en le justifiant, la machine de formage la plus adaptée à la fabrication des tiges. D'après le tableau du DT8, la machine de formage la plus adaptée à la fabrication des tiges est la **presse à vis**.

En effet, elle assure une **capacité de frappe comprise entre 5 000 kN et 180 000 kN** (donc suffisant pour les 6 000 kN attendus). De plus, la **vitesse du coulisseau de 900 mm·s⁻¹** (suffisant pour assurer les 700 mm·s⁻¹).

Q2.1.2 En prenant une vitesse de déplacement de 700 mm·s⁻¹, **calculer** le temps de déplacement t_d de la presse pour frapper une tige fémorale sachant que la course de descente est de 350 mm.

$$\text{Avec : } V_d = \frac{d_{\text{montée/descente}}}{t_d} \Leftrightarrow t_d = \frac{d_{\text{montée/descente}}}{V_d} = \frac{2 \times 350}{700} = 1 \text{ s}$$

Q2.1.3 À l'aide du DT9, **calculer** le temps de frappe d'une tige. **En déduire** le nombre de tiges fabriquées par tranche de 7 heures.

En intégrant les données du DT9, il vient : $T_{\text{frappe}} = 14 + t_d + 10 = 14 + 1 + 10 = 25 \text{ s}$

De plus, le DT9 précise que sur 3,5 heures, il y a 5 cycles de frappe de 20 minutes. Donc pour 7 heures, cela représente :

$$T_{\text{cycle}} = (5 \times 20) \times 2 = 200 \text{ min}$$

Ainsi, il est possible de frapper **480 lopins** en 7 heures puisque :

$$N_{\text{pièces/7h}} = \frac{200 \times 60}{25} = 480 \text{ pièces}$$

Q2.1.4 **Vérifier** si la cadence imposée dans le cahier des charges peut être respectée en considérant un temps de travail de 7 heures par jour, 20 jours par mois.

Pour 20 jours de travail dans le mois, il est possible de frapper **9 600 pièces** puisque :

$$N_{\text{pièces/mois}} = 480 \times 20 = 9\,600 \text{ pièces}$$

Cela **respecte la cadence imposée dans le Cdc** qui est de 5 000 tiges par mois.

Partie 2.2 : Étude de la durée de vie des matrices

Q2.2.1 À l'aide du diagramme TRC du DT11, **déterminer** la température du point 1 et du point 2. **En déduire** la variation de température correspondante.

À l'aide du DT11, on relève une **température du point 1 de 700 °C** et une **température de 400 °C du point 2**.

Q2.2.2 **Calculer** la vitesse de refroidissement en °C·s⁻¹ entre le point 1 ($X_1 = 2100 \text{ s}$) et le point 2 ($X_2 = 4800 \text{ s}$). **En déduire** le type de trempe utilisé pour respecter cette vitesse de refroidissement.

La vitesse de refroidissement se calcule comme suit :

$$|V_R| = \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700 - 400}{2\,100 - 4\,800}$$

soit une vitesse de refroidissement de $|V_R| \approx 0,11 \text{ °C} \cdot \text{s}^{-1}$

D'après le DT11, on en déduit l'utilisation d'une **trempe à l'air**.

Q2.2.3 **Déterminer** le nombre de relavage possible sur une matrice en prenant appui sur la figure du DR4.

Avec : - une épaisseur initiale de 44 mm

- une épaisseur finale de : $25 + R = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$

Cela laisse $44 - 35 = 9 \text{ mm}$ de matière.

Ainsi, pour une passe de 2 mm à chaque fois, il est possible de faire **4 relavages**.

Voir DR4

Q2.2.4 Dans ces conditions, **calculer** sur le DR4 la durée d'utilisation en heure d'une matrice en utilisant un temps de frappe de 25 s.

Comme la matrice peut effectuer 800 frappes après l'usinage initial puis entre chaque relavage, cela représente :

$$Nb_{\text{frappes}} = 800 + 4 \times 800 = 4\,000 \text{ frappes}$$

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 4 sur 8

Comme un cycle de frappe dure 25 s, cela représente un temps de $4\,000 \times 25 = 100\,000\text{ s}$ (soit 27 h 46 min et 40 s)

Voir DR4

Q2.2.5 **Calculer** le temps d'usinage pour un retrait de matière de $64\,323\text{ mm}^3$ qui correspond à un enlèvement de matière sur les matrices basse et haute. **Conclure**.

Le temps nécessaire au retrait de $64\,323\text{ mm}^3$ avec un débit copeau de $322\text{ mm}^3\cdot\text{min}^{-1}$, il faut :

$$t_{cu3} = \frac{64\,323}{322} \approx 199,7\text{ min} \quad \text{soit } 3,33\text{ h ou encore } 3\text{ h } 19\text{ min et } 45\text{ s}$$

Le temps de relavage imposé devant être inférieur à 2 heures, **l'utilisation d'un centre d'usinage 3 axes ne semble pas adapté**.

Q2.2.6 En considérant une vitesse de coupe maximale de $165\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ pour cette opération, **déterminer** la fréquence de rotation maximale de l'outil.

$$N_{max} = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \quad \text{soit } N_{max} = 8758\text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}.$$

Q2.2.7 À l'aide du DT12, **déterminer** la fréquence de rotation maximale pour garantir une qualité d'équilibrage minimale de $G2.5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ et **conclure**.

D'après le DT12, et pour une qualité d'équilibrage minimale de $G2.5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, on relève une fréquence de rotation maximale de **$25\,000\text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$** .

La fréquence de rotation maximale de l'outil N_{max} étant inférieure ($8758\text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$), la qualité d'équilibrage $G2.5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ sera assurée.

Partie 2.3 : Synthèse

Q2.3.1 **Conclure**, en le justifiant, si la continuité de la production est assurée et **proposer** une autre solution d'optimisation de cette durée d'usinage.

La continuité de la production n'est pas assurée si on utilise un centre d'usinage UGV puisque le temps de relavage avec ce dernier (**2h et 30 min**) est **supérieur aux 2 heures attendues**.

Une diminution de cette durée d'usinage peut être obtenue en choisissant un outil acceptant une vitesse de coupe plus élevée tout en restant dans le domaine d'équilibrage recherché, ou par le choix d'une géométrie permettant d'augmenter le débit copeau.

La mise en place d'un stock de matrices de rechanges peut aussi être envisagé afin de réaliser ces opérations en temps masqué.

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 5 sur 8

Partie 3 : La réalisation de l'étape 130 peut-elle être réalisée en interne ?

Partie 3.1 : Choix du procédé

Q3.1.1 **Repérer** en couleur sur le DR5 les surfaces usinées lors de la phase 130. **Schématiser**, toujours sur le DR5, par une flèche les directions d'usinage.

Voir DR5

Étude du fraisage horizontal 4 axes

Q3.1.2 **Choisir**, en le justifiant, la position de la tige dans la machine pour l'usiner.

Voir DR6

Q3.1.3 **Compléter** le tableau du DR7 de façon à déterminer l'axe de la machine qui permet d'aligner l'axe du cylindre CY5 à l'axe de la broche du centre d'usinage.

Voir DR7

Q3.1.4 **Proposer** une stratégie d'usinage en précisant, dans le tableau du DR7, le type d'outil et le type d'opération pour usiner le cône CÔ1 avec le centre d'usinage horizontal 4 axes.

Voir DR7

Q3.1.5 **Reporter** dans le tableau du DR7 le coût minimum du centre d'usinage horizontal 4 axes.

Voir DR7

Étude du tournage 4 axes

Q3.1.6 **Proposer** une stratégie d'usinage en précisant, dans le tableau du DR7, le type d'outil et d'opération pour usiner le cône CÔ1 avec le tour 4 axes.

Voir DR7

Q3.1.7 **Expliquer** le besoin d'utiliser un porte-outil motorisé inclinable pour ce cas d'étude.

Pour ce cas d'étude, il est nécessaire d'utiliser un porte-outil motorisé inclinable afin d'assurer l'angle entre le cône et l'axe du perçage (de 53 °, voir plan).

Q3.1.8 **Choisir** puis **reporter** la référence ainsi que le coût de ce porte-outil sachant que le bureau des méthodes veut une tourelle VDI, des pinces ER25 et utiliser 5 porte-outils.

Voir DR7

Q3.1.9 **Calculer** la cote B présentée sur le DT14 afin de déterminer l'encombrement d'usinage en considérant que le changement d'outil au-dessus du porte-pièce doit avoir une garde de 10 mm.

D'après le schéma du DT14 et pour une garde de 10 mm, la cote B doit être de :

$$B = \frac{195}{2} + 10 + [(40 + 86,16) \cdot \cos(53)] \approx 183,42 \text{ mm}$$

Q3.1.10 **Choisir** le tour le moins cher qui respecte les contraintes d'encombrement. **Reporter** son tarif dans le tableau du DR7.

Le tour le moins cher qui respecte les contraintes d'encombrement est le **ST-20Y**.

Voir DR7

Étude du tournage 5 axes

Q3.1.11 **Compléter** le tableau du DR7 de façon à déterminer l'axe de la machine qui permet d'aligner l'axe du cylindre CY5 à l'axe de la broche de fraisage du tour 5 axes.

Voir DR7

Q3.1.12 **Proposer** une stratégie d'usinage en précisant, dans le tableau du DR7, le type d'outil et d'opération pour usiner le cône CÔ1 avec le tour 5 axes.

Voir DR7

Synthèse

Q3.1.13 **Compléter** la ligne « Coût total » du tableau du DR7 pour chaque solution envisagée.

Voir DR7

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 6 sur 8

Q3.1.14 **Conclure** sur le DR7 en sélectionnant la solution la plus pertinente en justifiant votre réponse à l'aide des critères de coût, de qualité et de facilité de mise en œuvre.

Voir DR7

Partie 3.2 : Étude du porte-pièce

Q3.2.1 À l'aide de la figure ci-dessus, **relever**, en le justifiant, le numéro du plan correspondant au plan de la référence spécifié A.

Le plan correspondant à la référence A est le plan **numéro 2**. En effet, la ligne d'attache qui situe la référence A est dans le prolongement de la cote des 3 ° (voir plan DT3).

Q3.2.2 À l'aide du DT17, **compléter** la procédure de construction du plan A initié sur le DR8.

Voir DR8

Q3.2.3 **Décoder** sur le DR9 la spécification de localisation suivante.

Voir DR9

Q3.2.4 **Schématiser** sur le DR13 une élimination des degrés de liberté afin de respecter la localisation (symbolisation de niveau 1) puis **compléter** la zone « Isostatisme ».

Voir DR13

Q3.2.5 **Schématiser** sur le DR10 la solution technologique retenue par le bureau d'études présentée sur le DT19 pour les références B et C et les poussoirs à ressort (symbolisation de niveau 2).

Voir DR10

Q3.2.6 **Justifier** le fait d'avoir utilisé un système à deux mors symétriques.

Les deux mors symétriques sont nécessaires **pour matérialiser le plan médian**.

Q3.2.7 **Relever** dans le DT7 la résistance élastique du titane puis **analyser** les résultats de l'étude n°1 du DT21.

D'après le DT7, la résistance élastique du titane est de **827 370 880 N·m⁻²** (ou 827,4·10⁶ N·m⁻² ou encore 827 MPa).

Les résultats de l'étude n°1 montre une contrainte maximale de Von Mises de 4,364·10¹⁰ N·m⁻² (ou 43 640·10⁶ N·m⁻² ou encore 43 640 Mpa). **Cela dépasse largement la limite du matériau et risque de marquer la pièce.**

Q3.2.8 **Analyser** les résultats de l'étude n°2 présenté dans le DT21.

L'étude n°2, quant à elle, montre une contrainte maximale de Von Mises de **5,891·10⁷ N·m⁻²** (ou 58,91·10⁶ N·m⁻² ou encore 58,91 Mpa). Dans ce cas, **la limite du matériau n'est pas dépassée** et le risque de marquer la pièce est moins significatif.

Q3.2.9 **Conclure** quant à la validation du porte-pièce dessiné par le bureau d'études externe.

Le porte-pièce dessiné par le BE externe **respecte les exigences de mise en position** de la tige fémorale puisqu'il utilise des **mors symétriques qui assurent le plan médian** et, avec des **appuis surfaciques, limitent le risque de marquer la pièce**.

Partie 3.3 : Étude des usinages du perçage et du cône

Q3.3.1 **Compléter** la fiche du DR11 utile à la commande d'un foret étagé auprès de l'entreprise Cératizit.

Voir DR10

Q3.3.2 **Relever** dans le DT22, les paramètres de coupe V_c , f et a_p pour la plaquette référence 75 015 33000.

D'après le DT22, voici les paramètres de coupe pour la plaquette référence 75 015 33000 :

$V_c = 63 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$f = \text{entre } 0,25 \text{ mm} \cdot \text{tr}^{-1} \text{ et } 0,45 \text{ mm} \cdot \text{tr}^{-1}$

$a_p \text{ entre } 1,5 \text{ mm et } 6 \text{ mm}$

Q3.3.3 **Calculer** la puissance de coupe nécessaire pour usiner le cône en ébauche avec les paramètres de coupe maximum admissible par la plaquette. **Relever** la puissance de la machine puis **vérifier** si elle est suffisante.

Avec la relation rappelée, il vient :

$$P_c = \frac{k_c \cdot f \cdot a_p \cdot V_c}{60 \cdot 10^3} = \frac{1370 \times 0,45 \times 6 \times 63}{60 \cdot 10^3} \approx 3,88 \text{ kW}$$

Pour la machine considérée (Integrex Mazak, DT16), on relève une puissance du moteur de la broche de **7,5 kW, ce qui est suffisant pour usiner le cône en ébauche**.

Q3.3.4 En vous aidant notamment du DT6 et pour les surfaces CÔ1 et PL4, **compléter** le tableau du DR12 afin d'identifier le type de cote (cotes outils co ou cotes machines cm).

Voir DR12

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 7 sur 8

Q3.3.5 **Compléter** le document d'avant-projet de fabrication des surfaces CÔ1 et PL4 en renseignant les champs suivants :

- Matière ;
- Phase ;
- Opération d'usinage ;
- Machine ;
- Procédé ;
- Outils de coupe.

Voir DR13

Partie 4 : Est-il envisageable de produire le brut de la tige fémorale en impression 3D métallique ?

Q4.1.1 **Choisir**, en le justifiant avec des arguments chiffrés, la proposition qui s'avère la plus pertinente dans le cadre d'une conception préliminaire en utilisant un critère de quantité de matière.

Dans le cadre d'une conception préliminaire, et pour un critère de quantité de matière, **l'orientation n°1** est la plus pertinente.

En effet, **le volume de matière** nécessaire à la réalisation du support de cette orientation (14205 mm^3), est **plus faible que les deux autres propositions** (15382 mm^3 pour le n°2 et 17333 mm^3 pour le n°3). De plus, cette orientation propose la **surface projetée la plus faible** ce qui permet de maximiser le nombre de pièces par plateau.

Q4.1.2 **Calculer** le nombre de pièces imprimables simultanément compte tenu de la machine utilisée.

Pour l'orientation retenue, la surface projetée sur le plateau d'une pièce est de : $S_{\text{tige}} = 1164 \text{ mm}^2$

Par ailleurs, le plateau de la SLM 500 (DT24) dispose d'une surface utile de : $S_{\text{plateau}} = 500 \times 280 = 140\,000 \text{ mm}^2$

D'où, en première approximation, un nombre de pièce par plateau de : $n_{\text{pièce}} = 140\,000 / 1\,164 \approx 120,2$ pièces

Ainsi, avec cette machine et compte tenu de l'orientation choisie, il est possible d'imprimer **120 pièces complètes**.

Q4.1.3 **Calculer** la cadence annuelle prévisionnelle en négligeant le temps de retouche manuelle et en sachant que la machine peut fonctionner tous les jours durant 24 h pendant 320 jours.

Avec une organisation du travail tous les jours durant 24 heures pendant 320 jours, et pour un temps de fabrication d'un plateau de 280 h, il est alors possible de fabriquer chaque année :

$$Nb_{\text{plateau}} = (320 \times 24) / 280 = 7680 / 280 \approx 27,4 \text{ plateaux}$$

Soit **27 plateaux entiers**

À raison de 120 pièces par plateau, cela représente une cadence annuelle de :

$$\text{Cadence annuelle} = 27 \times 120 = \mathbf{3240 \text{ pièces}}$$

Q4.1.4 **Calculer** le coût matière nécessaire à la réalisation d'une tige en considérant une masse volumique de la matière sélectionnée de $4420 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$\text{Coût matière} = \text{Masse matière} \times \text{Coût matière au kilo}$$

$$\text{Coût matière} = \text{Masse volumique matière} \times (\text{Volume pièce} + \text{support}) \times \text{Coût matière au kilo}$$

$$\text{Coût matière} = 4420 \times (26200 \cdot 10^{-9} + 14205 \cdot 10^{-9}) \times 160$$

Soit : **Coût matière $\approx 29,1 \text{ €}$**

Q4.1.5 **Calculer** le coût de l'impression, de reprise manuelle et de traitement thermique. **En déduire** le coût total de fabrication du brut pour une tige réalisée en impression 3D métallique.

$$\text{Coût impression} = (\text{Temps d'impression} \times \text{Coût horaire SLM 500}) / \text{Nb pièces}$$

$$\text{Coût impression} = (280 \times 60) / 120$$

Soit : **Coût impression = 140 €**

$$\text{Coût reprise manuelle} = \text{Temps retouche} \times \text{Taux horaire}$$

$$\text{Coût reprise manuelle} = (10 / 60) \times 70$$

Soit : **Coût reprise manuelle $\approx 11,7 \text{ €}$**

$$\text{Coût traitement thermique} = \text{Coût TT d'un plateau} / \text{Nb pièces par plateau}$$

$$\text{Coût traitement thermique} = 350 / 120$$

Soit : **Coût traitement thermique $\approx 2,9 \text{ €}$**

De plus, on sait que le coût d'une pièce se calcule comme suit :

$$\text{Coût pièce} = \text{Coût matière} + \text{Coût impression} + \text{Coût reprise manuelle} + \text{Coût traitement thermique}$$

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 8 sur 8

$$\text{Coût pièce} = 29,1 + 140 + 11,7 + 2,9$$

Soit : **Coût pièce = 183,7 €**

Q4.1.6 Sachant que le brut d'une tige forgée coûte entre 60 € et 120 € suivant les tailles, **conclure** quant au choix d'un procédé d'impression 3D métallique pour l'obtention du brut de la tige fémorale.

D'après ces premières estimations, le coût de réalisation d'un brut de la tige fémorale en impression 3D métallique est **entre 1,5 fois et 3 fois plus cher qu'un brut obtenu par forgeage**. Donc en se basant uniquement sur l'aspect financier, cela ne semble pas intéressant.

De même si l'on regarde la cadence (3240 par an pour 5000 par mois attendues).

BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP a et b CORRIGÉ		Session 2024
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 23CCE4COP	Page 9 sur 8