**BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR**

**Conception des Processus de Réalisation de Produits**

**SESSION 2019**

**Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE**

**CORRIGÉ**

Coefficient 6 – Durée 6 heures

Aucun document autorisé

L’usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

**BOITE DE VITESSE ETLC - DOSSIER RÉPONSES**

O DR1 - question 1.1

O DR2 - question 1.2

O DR3 - question 1.9

O DR4 - question 2.1

O DR5 - question 2.4

O DR6 - question 2.8

O DR7 - question 3.1.1

O DR8 - question 3.1.4

***Dans les encadrés, des commentaires à usage des correcteurs suite aux remarques faites par les différents centres lors du déroulement de l’épreuve. Toutes ces remarques n’ont pas donné lieu à rectificatifs.***

O DR9 - question 3.2.4

O DR10 - question 4.1.2 7

O DR11 - questions 4.1.3 et 4.1.4

O DR12 - question 4.2.1 et 4.2.2

**Question 1.1 :**

**Il faut regrouper les PH20, PH30 et PH40 de la gamme initiale en deux phases réalisées sur le tour Bi-broche NAKAMURA.**

**Cela va se traduire par faire sur la broche gauche de la machine, les opérations suivantes :**

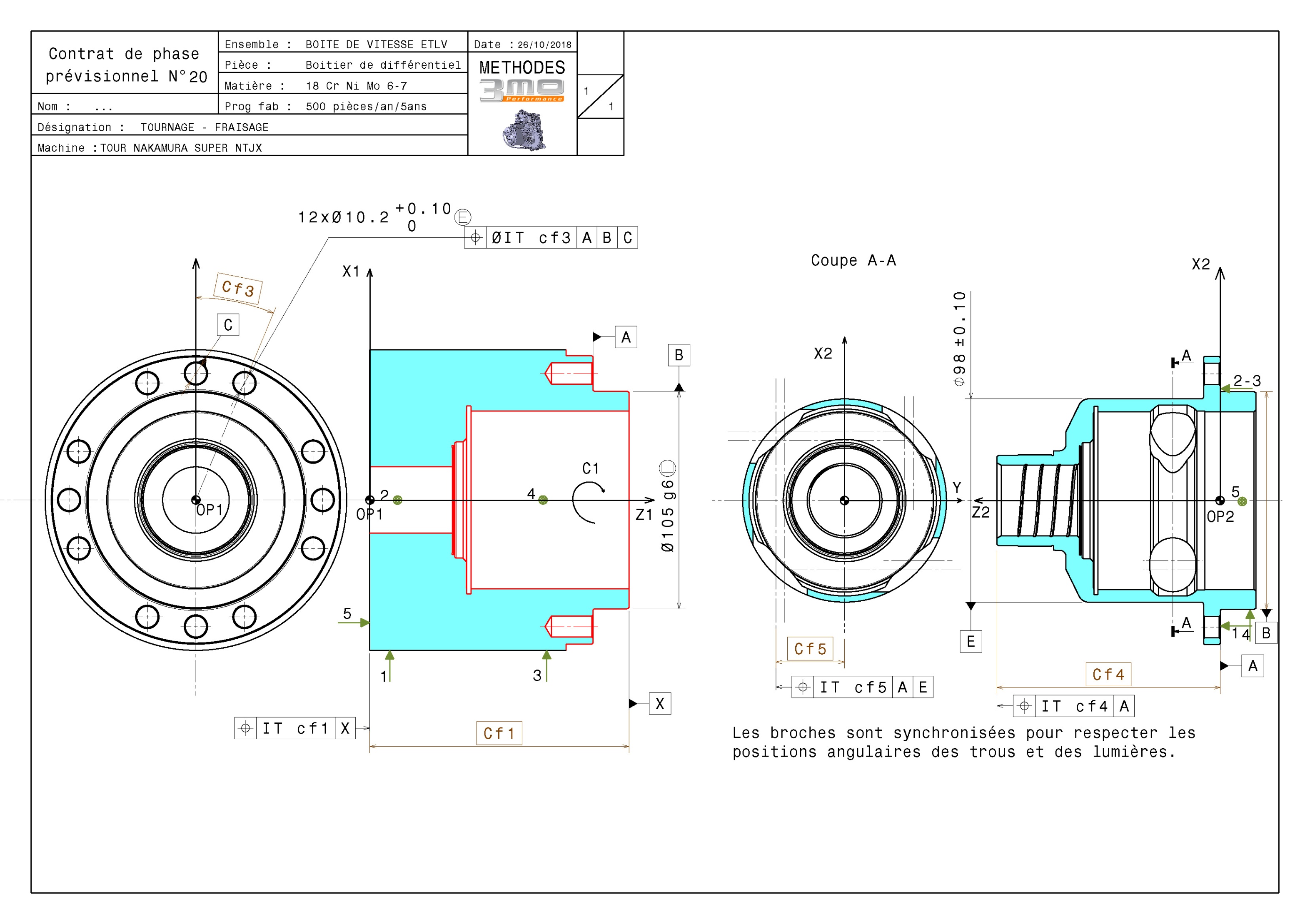
* **Percer Ø80 (ébauche de la forme cannelée)**
* **Contourner en ébauche l'extérieur du boitier**
* **Contourner en ébauche l'intérieur du boitier**
* **Contourner en finition l'intérieur du boitier (sauf Ø32)**
* **Contourner en finition l'extérieur du boitier + Remonter de face**
* **Réaliser la gorge (fond de denture)**
* **Pointer les 12 trous**
* **Percer les 12 trous.**

**Et sur la broche droite de la machine, les opérations suivantes :**

* **Percer Ø34H7 en ébauche (sur longueur 55) \***
* **Contourner en ébauche l'extérieur du boitier**
* **Contourner en finition l'extérieur du boitier**
* **Aléser en finition le Ø34H7**
* **Usiner la rainure hélicoïdale**
* **Réaliser les 4 lumières**

**\*L’ébauche du Ø34H7 pourra être réalisée en première opération sur la broche gauche. Cela permet d’équilibrer les temps sur les deux broches et cela permet de diminuer la puissance nécessaire à la broche lors du perçage Ø80.**

**DR1 - question 1.2**



**DR2 - question 1.3**



Echelle : 1 graduation = 2 secondes Remarque : chaque durée est arrondie à la seconde supérieure si nécessaire (ex : 31 secondes (❷) est arrondi à 32 secondes)

Question 1.4 :

Le gain de temps pour une pièce est égal à : **314 s soit 5,23 min ou 5 min 14s**

***Commentaires : 2 réponses peuvent être acceptées :***

* ***pour candidats qui considèrent la première pièce de la série, il n’y a pas de chevauchement entre broches droite et gauche***
* ***pour les candidats qui considèrent un pièce de la série , il y a chevauchement comme indiqué sur ce corrigé***

**Question 1.5 :**

Dans l’ancienne gamme, l’alésage (côté denture intérieure) était ébauchée au moyen d’un foret à plaquettes carbures de Ø80 mm. La vitesse de coupe du foret carbure est de 150 m⋅min-1. L’avance par tour est 0,12 mm. La pression spécifique pour ce matériau et pour ces conditions, est de 2600 N⋅mm-2. La puissance de la nouvelle machine est-elle suffisante pour assurer cet usinage?

***Commentaires :***

***Dans le DT3, l’unité de f est indiquée en mm !, mais dans le texte de la question l’unité (mm.tr-1) est correcte. Cela n’a pas d’impact sur le résultat.***

***Dans DT2, tâche 1, la valeur de VC est donnée à 200 m.min-1, compter comme juste si le candidat a pris cette valeur. Sans impact sur la conclusion.***



***Avec : Pc en kW,***

***Kc en N⋅mm-2***

***f en mm***

***D en mm***

***Vc en m⋅min-1***

*Soit* **= 15,6 kW la puissance à la broche n’est pas suffisante (15kW maxi en option).**

**Question 1.6 :**

On peut :

* **Soit réaliser le trou de Ø32 en première prise de pièce, l’avant-trou réalisé permettra de percer le trou au Ø de 80 mm sans dépasser la puissance de la machine. Et on optimisera ainsi l’équilibrage du temps sur les deux broches de la machine.**
* **Soit diminuer légèrement la vitesse de coupe pour ne pas dépasser la puissance de 15kW. Autrement dit ne pas dépasser la vitesse de coupe de 144 m min-1**

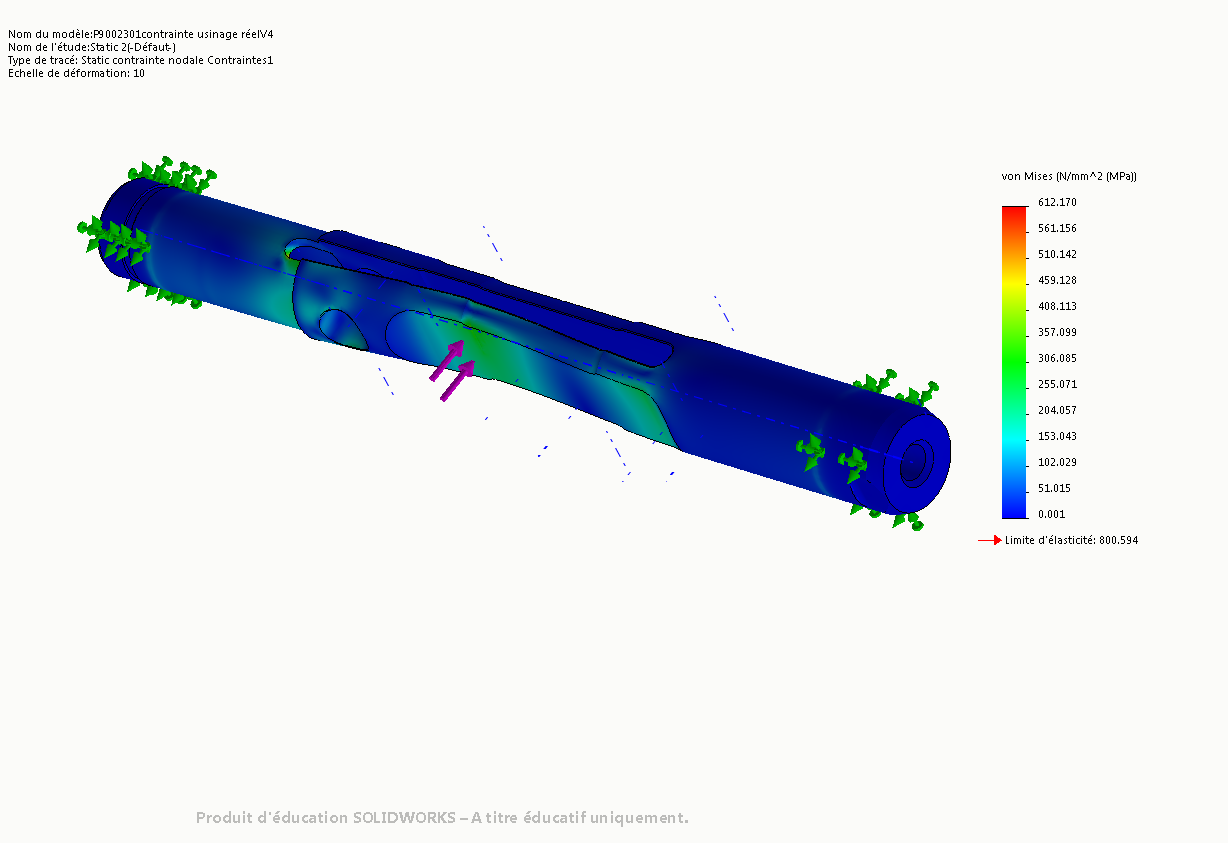
**Question 1.7 :**

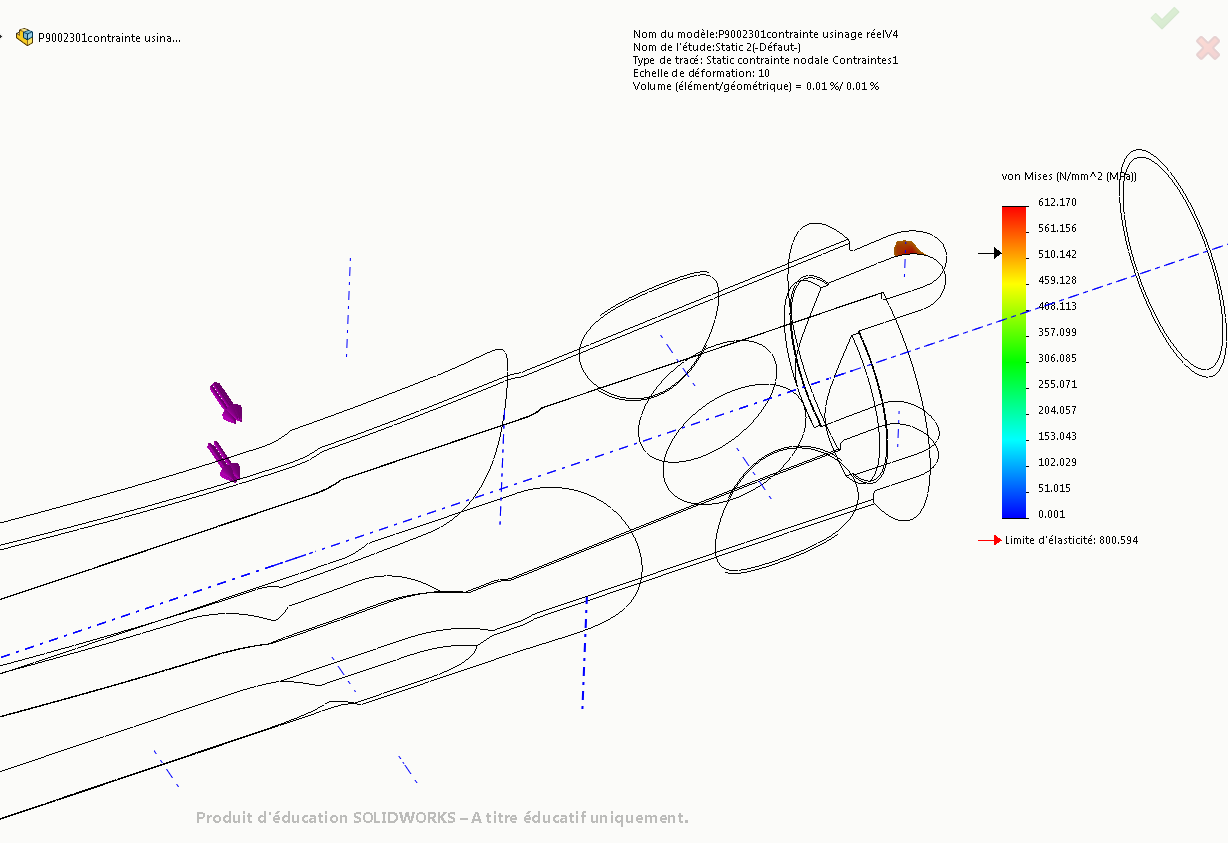
**La modification envisagée est, avec quelques aménagements, possible et permettra de gagner 314s sur le temps de cycle actuel, pour une pièce.**

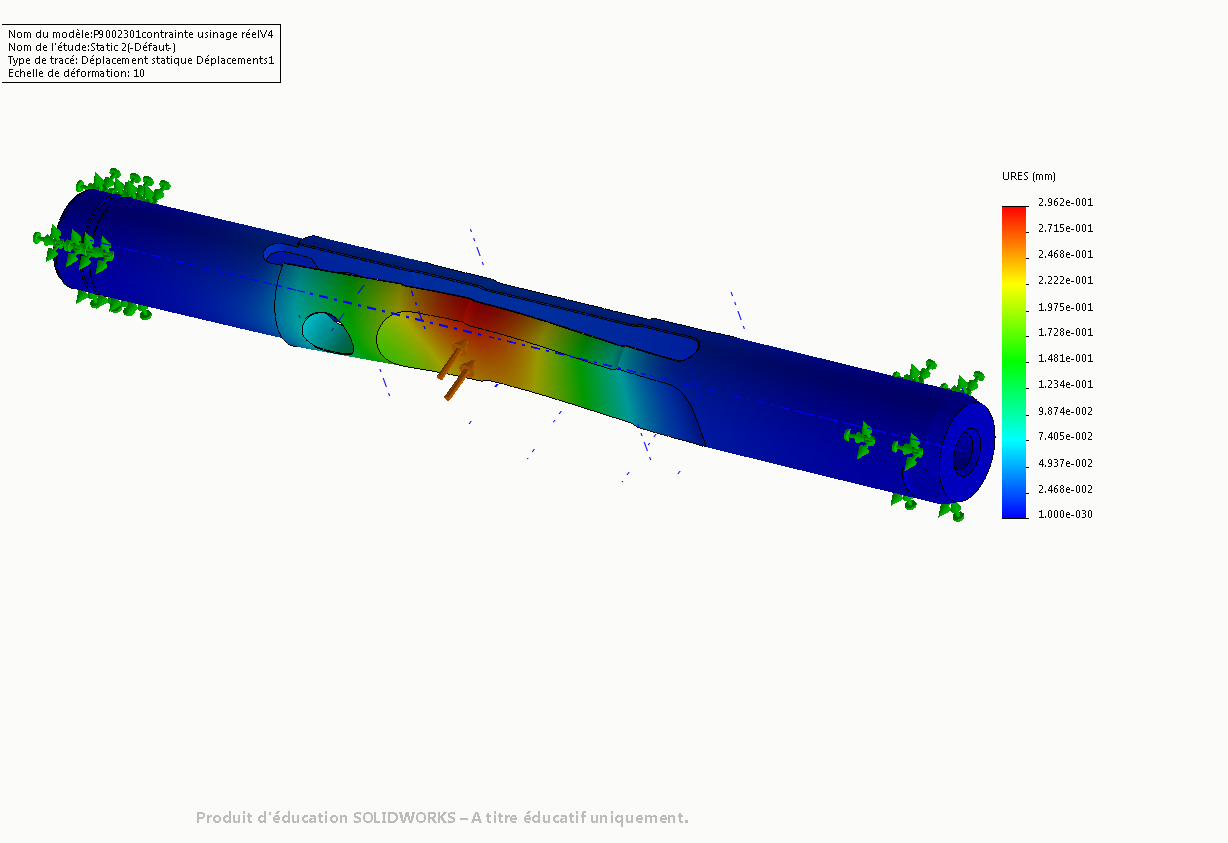
**Remarque à l’attention des correcteurs (non demandée aux candidats) :**

**Pour conclure sur la série de 500 pièces, il serait nécessaire de faire une étude plus complète, prenant en compte les possibilités de chevauchement dans l’ancienne gamme. Avec les données actuelles, il n’est pas possible de conclure sur la pertinence du nouveau processus sur la série de 500 pièces**

**DR3 - question 2.1**





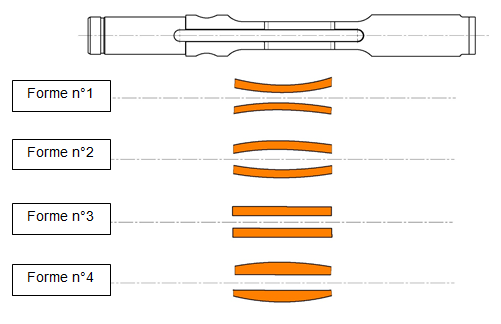


**La limite élastique est d’environ 800 MPa, la contrainte maximale atteinte lors de l’usinage est de 612 MPa. La limite élastique n’est donc pas dépassée.**

**Question 2.2**

**La déformation maximale enregistrée pendant l’usinage est de 0,296 mm**

**Question 2.3**



**En effet, lors de l’usinage la pièce se déforme de près de 0.3 mm mais tout en restant dans le domaine élastique. La pièce revient donc en position après usinage. La rainure centrale étant usinée auparavant, ses flancs sont parallèles.**

**DR4 - question 2.4**

*Répondre par oui ou non dans la case « influence » et si le* ***paramètre augmente,*** *placer la flèche de manière adéquate dans la case « Variation ».*

|  |  |
| --- | --- |
| Paramètres | **Préciser** si les paramètres indiqués engendrent une augmentation : **+**  ou une diminution : **-**  de l’effort de coupe |
| fz | **+** |
| ar | **+** |
| aa | **+** |
| α | **-** |
| D | **-** |

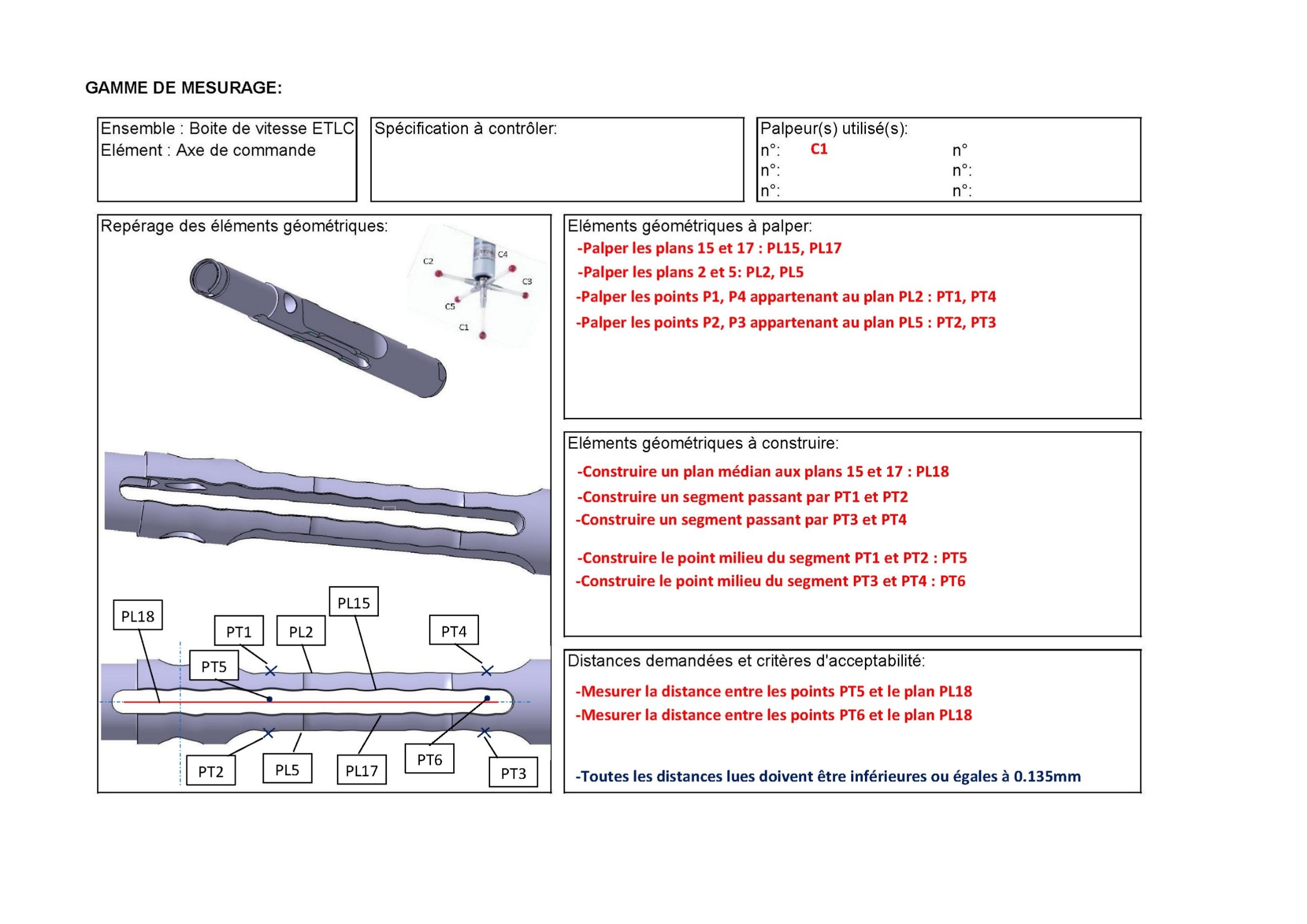
**Question 2.5**

**Valoriser toutes propositions identifiées en rapport avec les contraintes d’usinage et de la déformation de la rainure.**

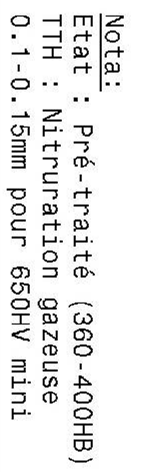
**Exemple possible**

* **on réalise la rainure oblongue en premier en ébauche en laissant une toile dans l’axe de la pièce ;**
* **on réalise les formes extérieures en ébauche et finition ;**
* **on réalise la rainure oblongue en finition.**

**DR5 - question 2.6**





**Question 2.7**

**Valeur lue sur le dessin de définition de l’axe de commande.**

**Question 2.8**

**Indicateurs d’évaluation :**

**Oui, on peut réaliser la Nitruration à la fin de la gamme de fabrication car la dureté compliquera les opérations d’usinage en augmentant les contraintes.**

**De plus elle n’engendre pas de déformations.**

**Question 2.9**

**La rainure oblongue est réalisable. Les déformations engendrées lors de l’usinage ne dépassent pas le domaine élastique. Et la température atteinte lors du traitement se situe en dessous des températures de transformation.**

**DR6 - question 3-1.1**

**DR6 corrigé_Boite éclaté.tif**

**Question 3-1.2 Calcul du jeu axial**

**Fourchette de sélection :**

**Support crabot :**

**Jeu Maxi = 5,15 – 4,75 = 0,4 mm**

**Jeu mini = 5,05 – 4,8 = 0,25 mm**

**Conclusion : le jeu est toujours positif, donc l’assemblage est possible.**

**Question 3-1.3**

**Le défaut d’alignement constaté sur le brut de la fourchette de sélection se retrouve sur la pièce une fois usinée car elle est mise en position dans le montage sur ses surfaces brutes. Le serrage déforme la pièce lors de l’usinage. Une fois la pièce desserrée elle reprend sa forme initiale puisque les déformations se trouvent dans le domaine élastique.**

**Question 3-1.4 voir le DR7**

**Question 3-1.5**

**Spécification dimensionnelle suivant le principe de l’indépendance :**

10,7

d1

d2

di

dn

**Toutes les dimensions locales doivent être comprises entre les valeurs maximale et minimale de la cote :**

**10,3 ≤ di ≤ 10,7**

**Exigence de l’enveloppe :**

**L’enveloppe de forme parfaite à la dimension du maximum de matière (soit 10,7) ne doit pas être dépassée.**

**Question 3-1.6**

**L’exigence d’enveloppe est la plus pertinente car le contrôle des deux tolérances de planéité en zone commune sera plus long à effectuer. Ici on veut simplement s’assurer que les deux bras bruts sont alignés pour se monter dans la gorge du support de crabot une fois usinés.**

110 mini

70 mini

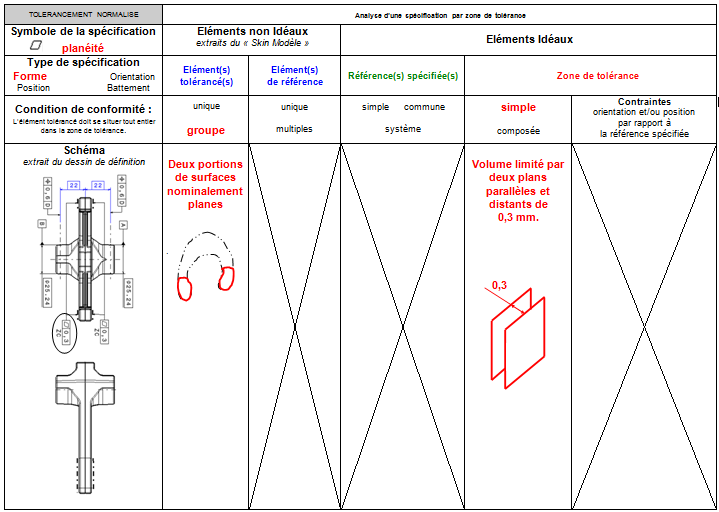
**10,7**

**Question 3-1.7**

**Question 3-1.8**

**Question 3-1.9**

**Le redressage du brut de fonderie ainsi que la modification de la cotation de définition avec un contrôle à l’aide d’un gabarit permettent d’assurer le montage de la fourchette de sélection dans le support de crabot.**

**DR7 - question 3-1.4**

**DR8 - questions 3-2.1 et 3-2.2**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Mise en Position – PHASE 30** | Ensemble : BOITE ETLC A110 CUP | Bureau des méthodes |
| Pièce : Fourchette de sélection |
| **Sans titre.jpg** | Matière : G 35 Cr Mo 4 | 1 / 1 |
| Prog. Fab. : 500 / an / 5 ans |  |
| Désignation : Fraisage | | |
| Machine : CU Vertical 5 axes | | |
| DR9_Fourchette MiP  Question 3-2.1 et 3-2.2 | | |

**Question 4-1.1**

**L’investissement dans une machine d’impression 3D n’est pas pertinent pour de la fabrication en série de pièces car :**

* **la cadence est faible (adaptée pour le prototypage) ;**
* **l’investissement est très élevé (pas de retour sur investissement à court ou moyen terme) ;**
* **coût des consommable élevé ;**
* **coût de maintenance élevé.**

**Question 4-1.2 voir DR10**

**Question 4-1.3 voir DR11**

**Question 4-1.4 voir DR11**

**Question 4-1.5**

**EN AC-Al Si7 Mg 03 T6**

**EN-AC : Famille des alliages d’aluminium pour moulage ;**

**Al : Elément principal l’Aluminium ;**

**Si 7 : 7% de Silicium (améliore la coulabilité de l’alliage) ;**

**Mg 03 : 0,3% de Magnésium (améliore les caractéristiques mécaniques de l’alliage).**

**(T6 : Etat de traitement thermique : mis en solution puis revenu)**

**Le matériau employé est compatible avec le procédé choisi (fonderie en moule par gravité) car il s’agit d’un alliage d’Aluminium pour fonderie au Silicium.**

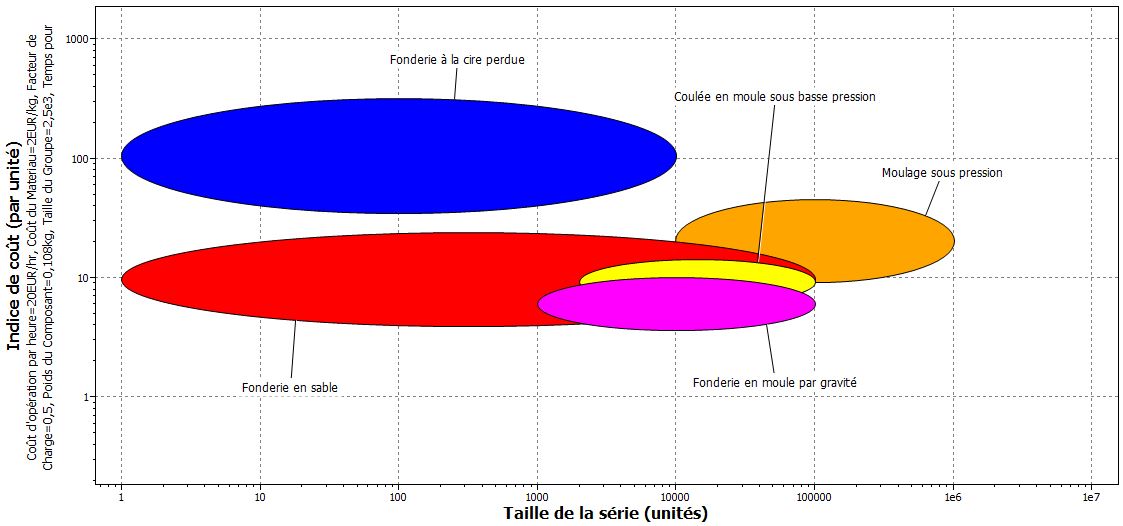
**Question 4-1.6**

**L’optimisation de la fabrication du nouveau capot de pompe est validée car :**

* **le procédé sera rentable à partir de la 1250ème pièce or la série compte 2500 pièces (500 pièces / an /5 ans) ;**
* **le matériau est compatible avec le procédé.**

**DR9 - question 4-1.2**

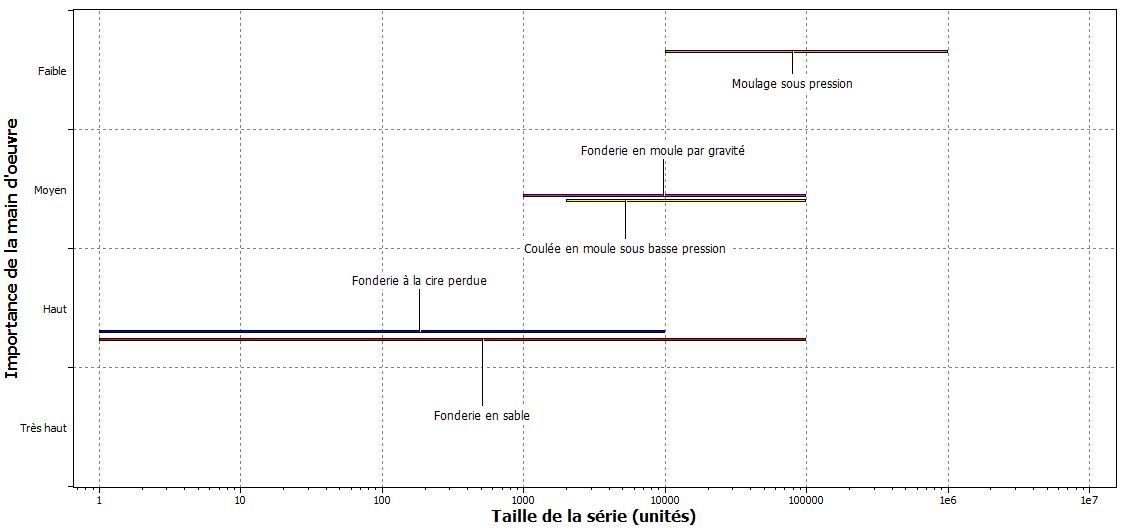
**Indice de coût (par unité) vs. Taille de la série (unités)**



Liste des procédés envisageables :

* **Fonderie au sable ;**
* **Fonderie en moule par gravité ;**
* **Fonderie à la cire perdue**
* **Coulée en moule sous basse pression.**

**Importance de la main d’œuvre vs. Taille de la série (unités)**



Choix du procédé le plus économique : **Fonderie en moule par gravité**

Justification :

**Parmi les quatre procédés retenus, la fonderie en moule par gravité est celui qui dont l’importance de la main d’œuvre est la plus faible (car automatisable) et qui sera donc le plus économique.**

**DR10 - questions 4-1.3 et 4-1.4**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Procédés** | **Investissement préalable** | **Coût d’un brut moulé** |
| Moulage sable par gravité | 600 € | 9 € |
| Moulage coquille par gravité | 8700 €  comprend le coût de standardisation | 2,5 € |

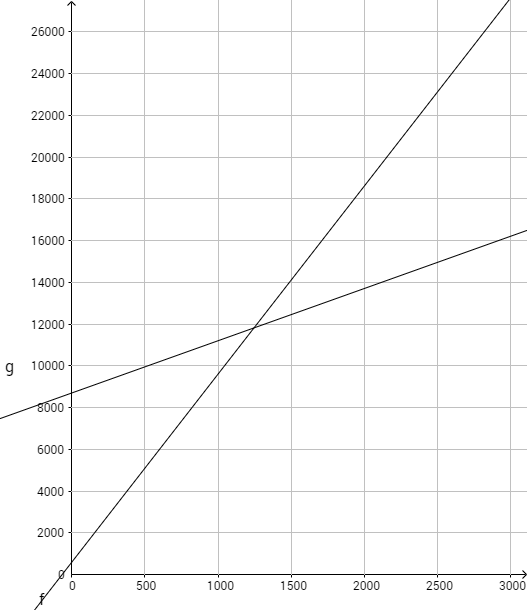
Equations d’évolution du coût d’obtention :

Moulage sable par gravité :

Moulage coquille par gravité :

**Comparatif du prix de revient du brut moulé**

Prix de revient (€)



Moulage sable par gravité

Moulage coquille par gravité

Nombre de pièces (n)

**1250**

Seuil de rentabilité :

**Le seuil de rentabilité est de 1250 pièces**.

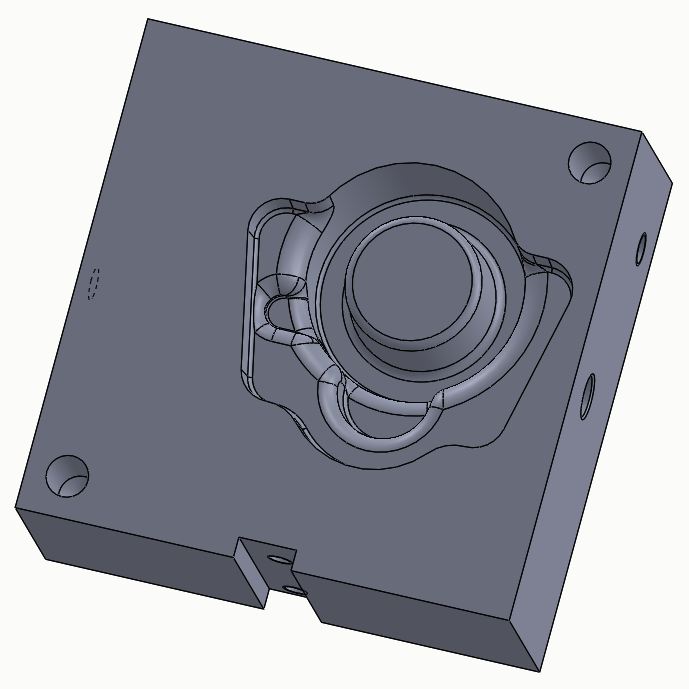
**DR11 - questions 4-2.1 et 4-2.2**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Tableau comparatif des procédés | |
|  | Réalisation de l’empreinte en usinage | Réalisation de l’empreinte en électroérosion |
| Avantages | -**Une seule empreinte à réaliser, les outils sont des outils standards.**  **-Le temps de réalisation est rapide.** | **-Dans le cas d’un moule multi-empreintes, ce procédé peut-être intéressant.**  **-Possibilité d’usiner des matériaux très durs.** |
| Inconvénients | **Super finition peut-être nécessaire** | **-Réalisation des outils électrodes.**  **-Il faut plusieurs électrodes pour réaliser l’empreinte.**  **-Temps de réalisation long.** |

**Conclusion :**

**On réalisera l’empreinte du moule en usinage, au regard des formes, du nombre d’empreinte et du matériau à usiner.**

**DR12 - question 4-3.1**



D1

D5

D2

D3

D4

D6

Empreinte

Trous de positionnement

Trou taraudé poignée

Trou taraudé crochet

Rainure et trous taraudés pour lardons de positionnement

Trou pour axe du crochet gauche

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Surface ou groupe de surfaces | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
| Empreinte |  | **X** |  |  |  |  |
| Trous de positionnement |  | **X** |  |  |  |  |
| Trou taraudé poignée |  |  | **X** |  |  |  |
| Trou taraudé crochet |  |  | **X** |  |  |  |
| Rainure et trous taraudés pour lardons de positionnement |  |  |  |  |  | **X** |
| Trou pour axe du crochet gauche |  |  |  | **X** |  |  |

Nombre de direction d’accès minimal : **Le nombre de direction d’accès minimal est de 4.**

Justification : **Une direction d’accès représentant la direction de l’axe de la broche. Il faudra orienter ce bloc 4 fois.**

* **Soit 4 posages, si on utilise un centre de fraisage 3 axes,**
* **Soit 1 posage, si on utilise un centre d’usinage 4 axes (et à fortiori si on utilise un centre 5 axes).**

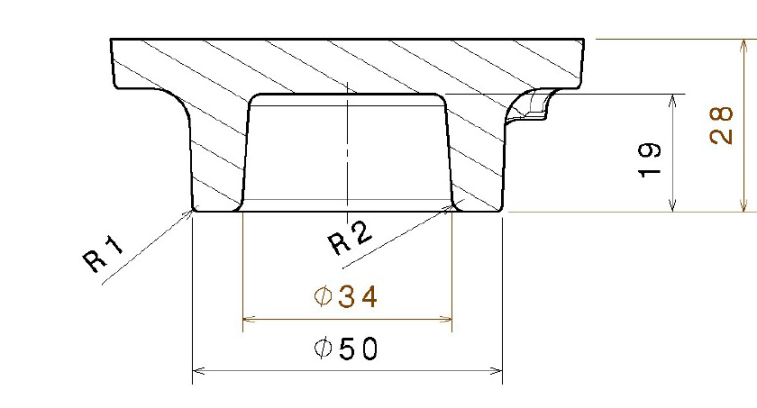
**4.3.2 Combien de posage ?**

**Le centre de fraisage 5 axes va permettre de réaliser la pièce en 1 seul posage à condition que la prise de pièce se fasse sur une hauteur compatible avec le perçage des trous. La rainure quant à elle devra être positionnée sur une face perpendiculaire aux mors de l’étau.**

**4.3.3 Quel type de fraise ?**

**Il faudra choisir des fraises rayonnées.**

4.3.4 choix des fraises :

**Il faudra une fraise de Ø6 avec un rayon de 1mm (ref K2632.10.060.10)**

**et une fraise Ø8 avec un rayon de 2mm (K2632.10.080.20).**

**4.3.5 Choix des Conditions de coupe :**

**Fraise de Ø6 :**

**fz= 0.031mm/dent**

**Vc= 145m/min**

**Fraise de Ø8 :**

**fz= 0.043mm/dent**

**Vc= 145m/min**

**4.3.6 Solution alternative :**

**Pour éviter la casse des outils (petit diamètre-grande longueur de coupe, on pourra rapporter la partie centrale. Cela permet d’occulter le problème des fraises de petit diamètre.**

**4.3.7 Conclusion :**

**La solution de création du moule en usinage par enlèvement de copeaux sera la plus judicieuse dans ce cas précis. Le fait d’avoir une empreinte unique, un matériau facilement usinable favorise ce choix de solution.**