

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

- DR1 - question 1.1
- DR2 - question 1.2
- DR3 - question 1.9
- DR4 - question 2.1
- DR5 - question 2.4
- DR6 - question 2.8
- DR7 - question 3.1.1
- DR8 - question 3.1.4
- DR9 - question 3.2.4
- DR10 - question 4.1.2 7
- DR11 - questions 4.1.3 et 4.1.4
- DR12 - question 4.2.1 et 4.2.2

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.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Epreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 1 sur 19

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.**

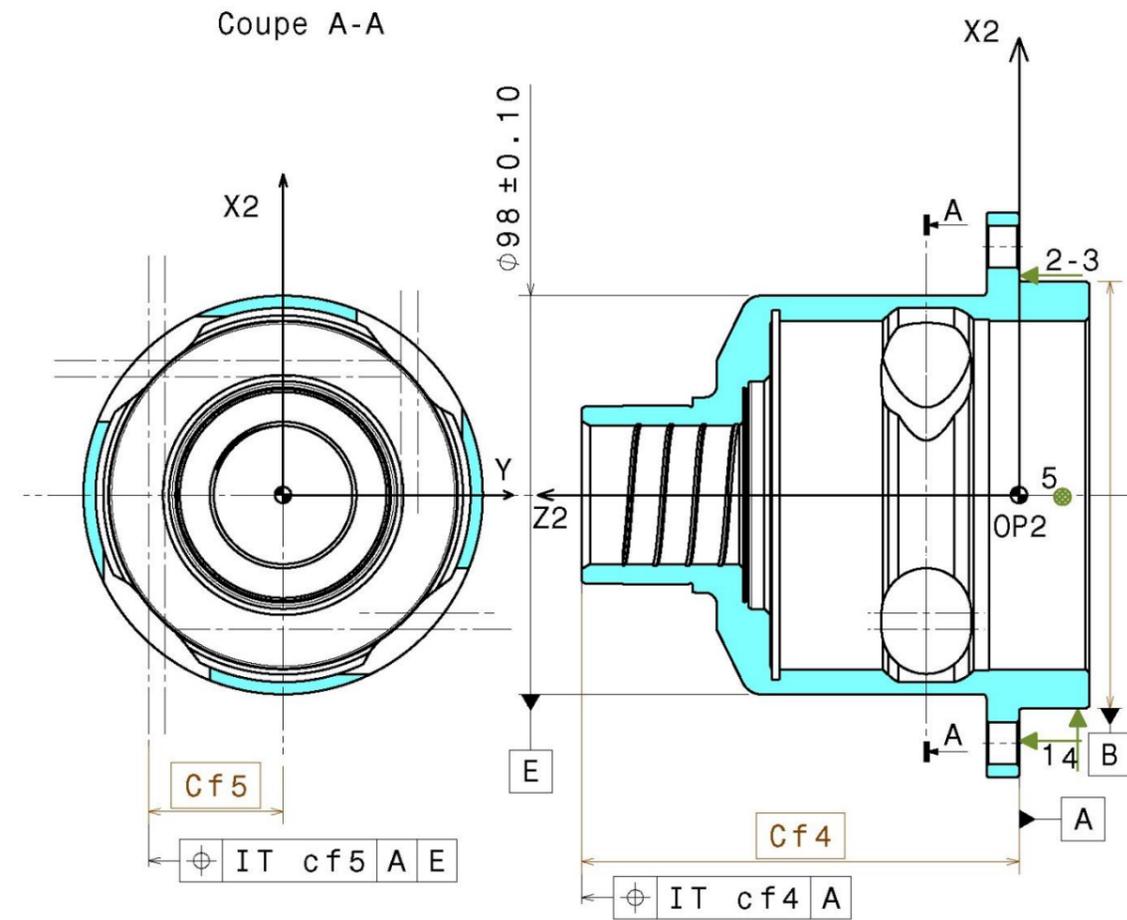
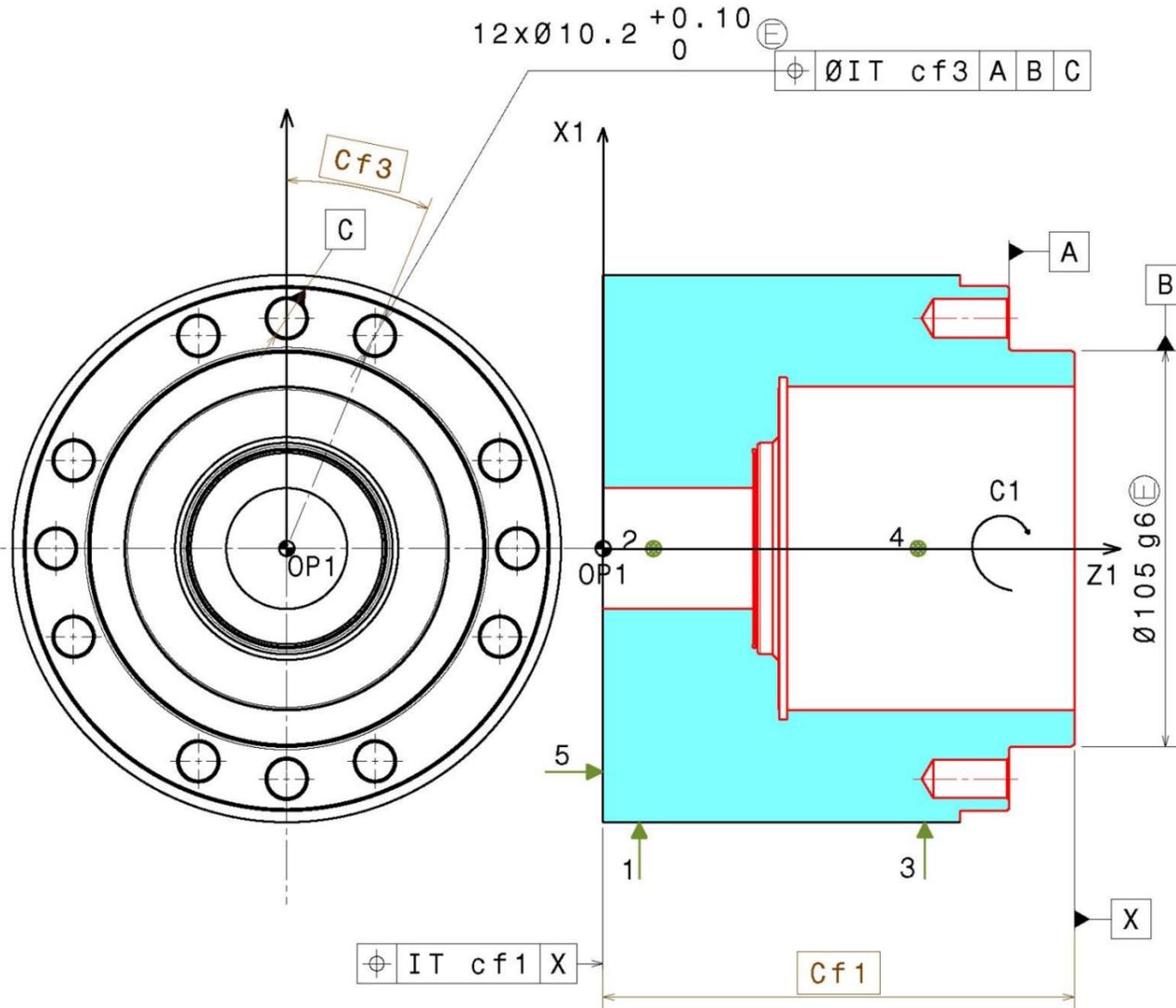
Et sur la broche droite de la machine, les opérations suivantes :

- **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**

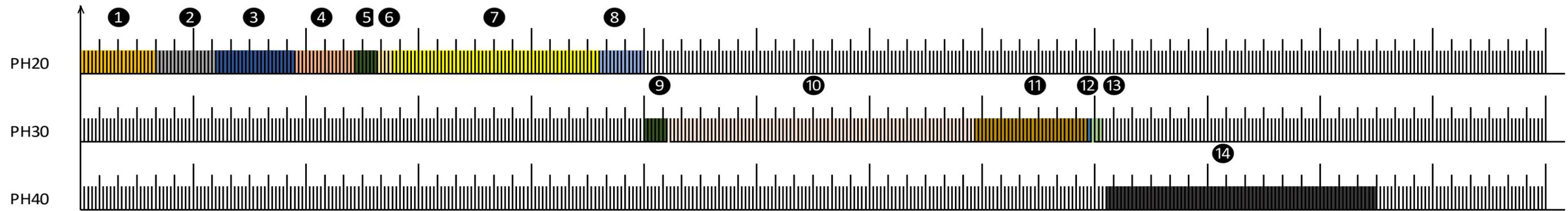
*** L'ébauche du Ø34H7 pourra être réalisée en première opération sur la broche gauche. Cela permet d'équilibrer les temps sur les deux broches et cela permet de diminuer la puissance nécessaire à la broche lors du perçage Ø80.**

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Epreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 2 sur 19

Contrat de phase prévisionnel N° 20	Ensemble : BOITE DE VITESSE ETLV	Date : 26/10/2018	
	Pièce : Boitier de différentiel		
	Matière : 18 Cr Ni Mo 6-7		
Nom : ...	Prog fab : 500 pièces/an/5ans		1/1
Désignation : TOURNAGE - FRAISAGE			
Machine : TOUR NAKAMURA SUPER NTJX			

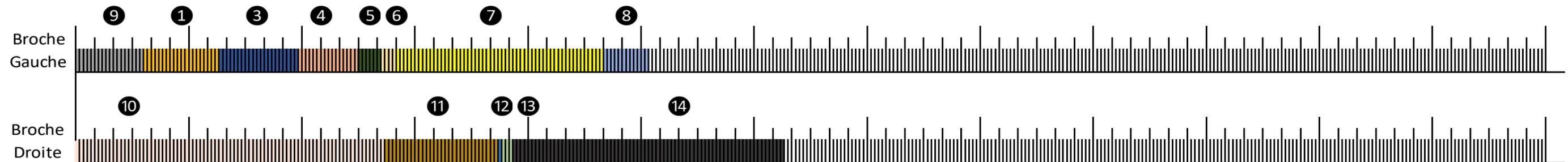


Les broches sont synchronisées pour respecter les positions angulaires des trous et des lumières.



Echelle : 1 graduation = 2 secondes

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



Le perçage en ébauche du $\varnothing 34H7$ peut-être réalisé sur la première broche broche. Cela permet de diminuer les écarts de temps broche G & broche D et de diminuer la puissance nécessaire pour le $\varnothing 80$ (ébauche du trou).

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?

$$P_c = \frac{K_c \times f \times D \times V_c}{240 \times 10^3}$$

Avec : ***P_c en kW,***
 K_c en N·mm⁻²
 f en mm
 D en mm
 V_c en m·min⁻¹

Soit $P_c = \frac{2600 \times 0.12 \times 80 \times 150}{240 \times 10^3} = 15,6 \text{ kW}$ **la puissance à la broche n'est pas suffisante (15kW maxi en option).**

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.

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 :

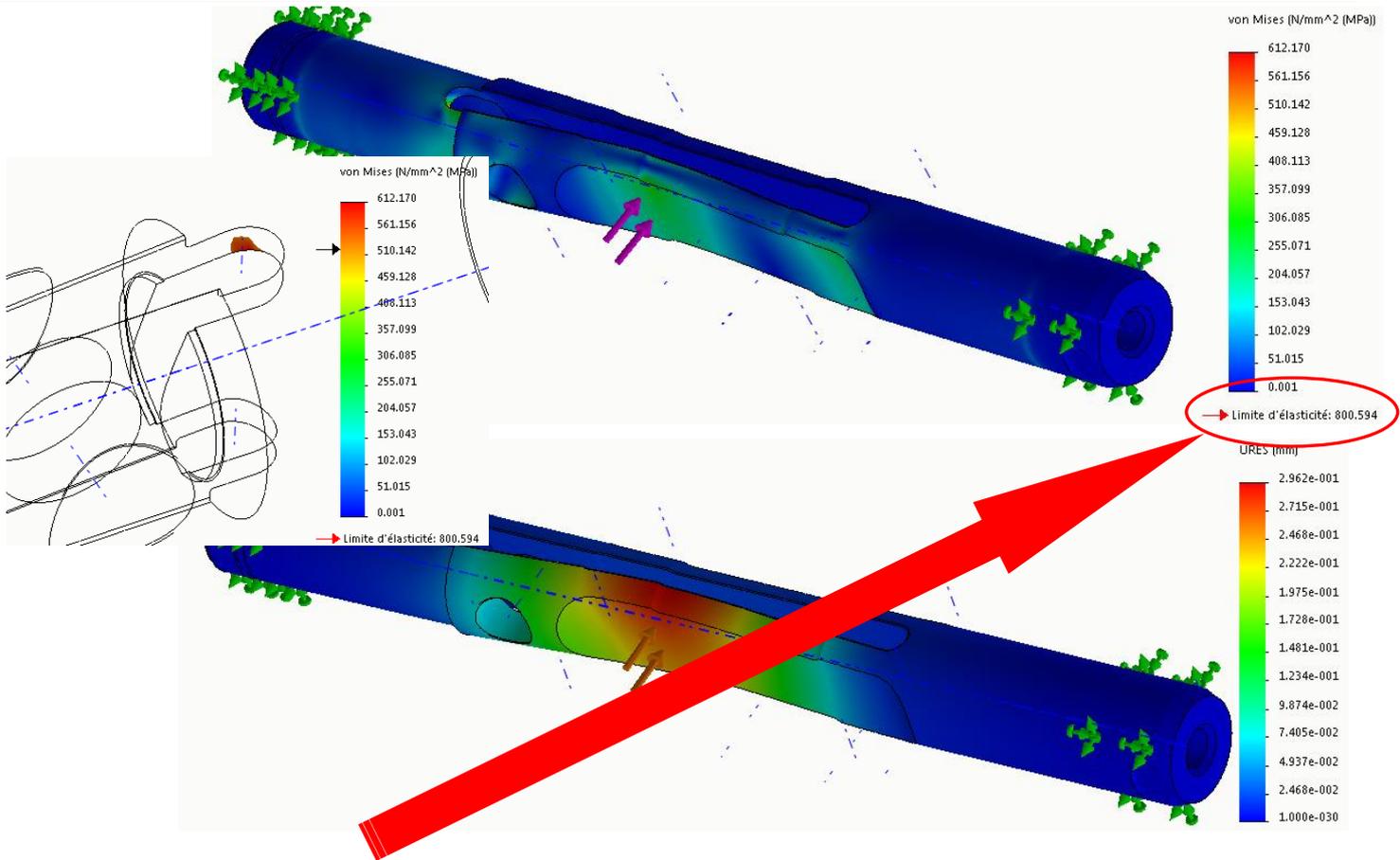
La modification envisagée est, avec quelques aménagements, possible et permettra de gagner 314s sur le temps de cycle actuel, pour une pièce.

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

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 5 sur 19

DR3 - question 2.1

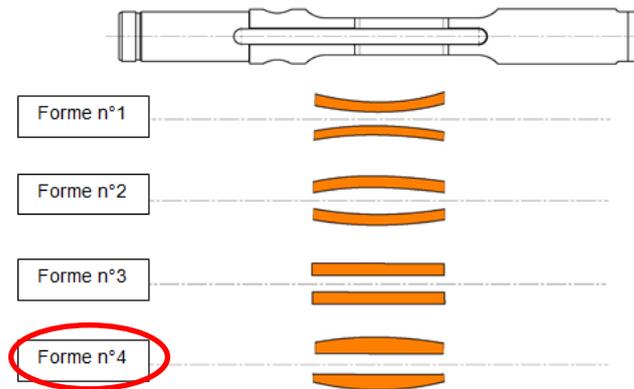


La limite élastique est d'environ 800 MPa, la contrainte maximale atteinte lors de l'usinage est de 612 MPa. La limite élastique n'est donc pas dépassée.

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.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 6 sur 19

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
f_z	+
a_r	+
a_a	+
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.

GAMME DE MESURAGE:

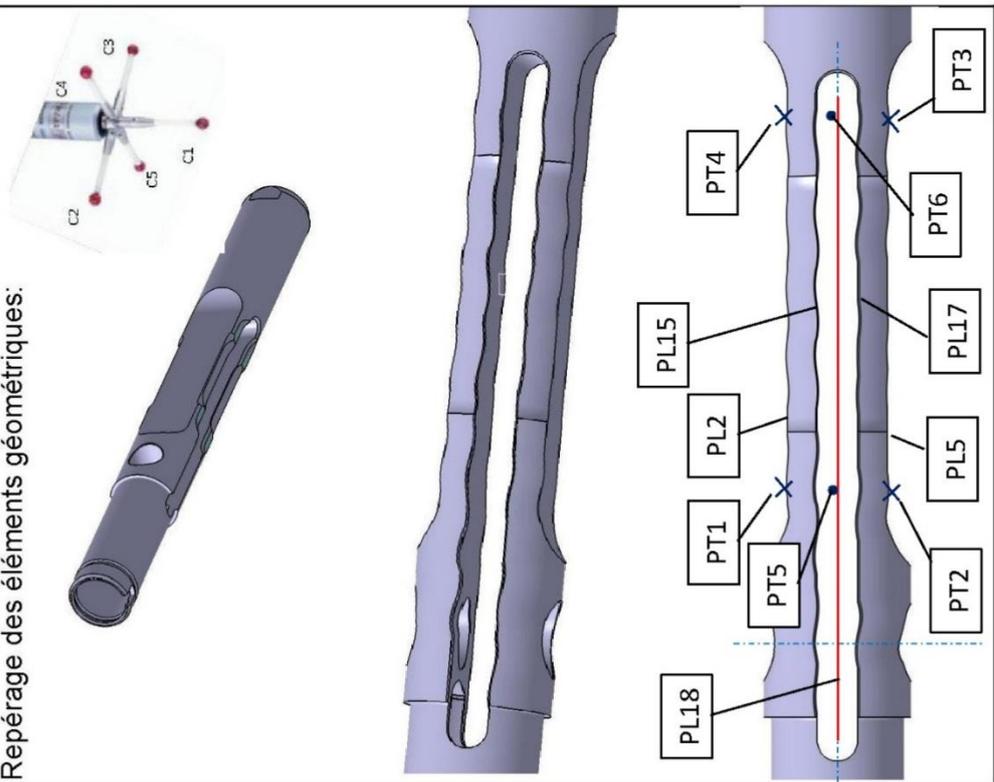
Ensemble : Boite de vitesse ETLC
 Elément : Axe de commande

Spécification à contrôler:

0.27 K

Palpeur(s) utilisé(s):
 n°: **C1**
 n°:
 n°:

Repérage des éléments géométriques:



Eléments géométriques à palper:

- Palper les plans **15 et 17 : PL15, PL17**
- Palper les plans **2 et 5: PL2, PL5**
- Palper les points **P1, P4** appartenant au plan **PL2 : PT1, PT4**
- Palper les points **P2, P3** appartenant au plan **PL5 : PT2, PT3**

Eléments géométriques à construire:

- Construire un plan médian aux plans **15 et 17 : PL18**
- Construire un segment passant par **PT1 et PT2**
- Construire un segment passant par **PT3 et PT4**
- Construire le point milieu du segment **PT1 et PT2 : PT5**
- Construire le point milieu du segment **PT3 et PT4 : PT6**

Distances demandées et critères d'acceptabilité:

- Mesurer la distance entre les points **PT5 et le plan PL18**
- Mesurer la distance entre les points **PT6 et le plan PL18**
- Toutes les distances lues doivent être inférieures ou égales à **0.135mm**

Question 2.7

Nota:

Etat : Pré-traité (360-400HB)

TTH : Nitruration gazeuse

0.1-0.15mm pour 650HV mini

Valeur lue sur le dessin de définition de l'axe de commande.

Question 2.8

Indicateurs d'évaluation :

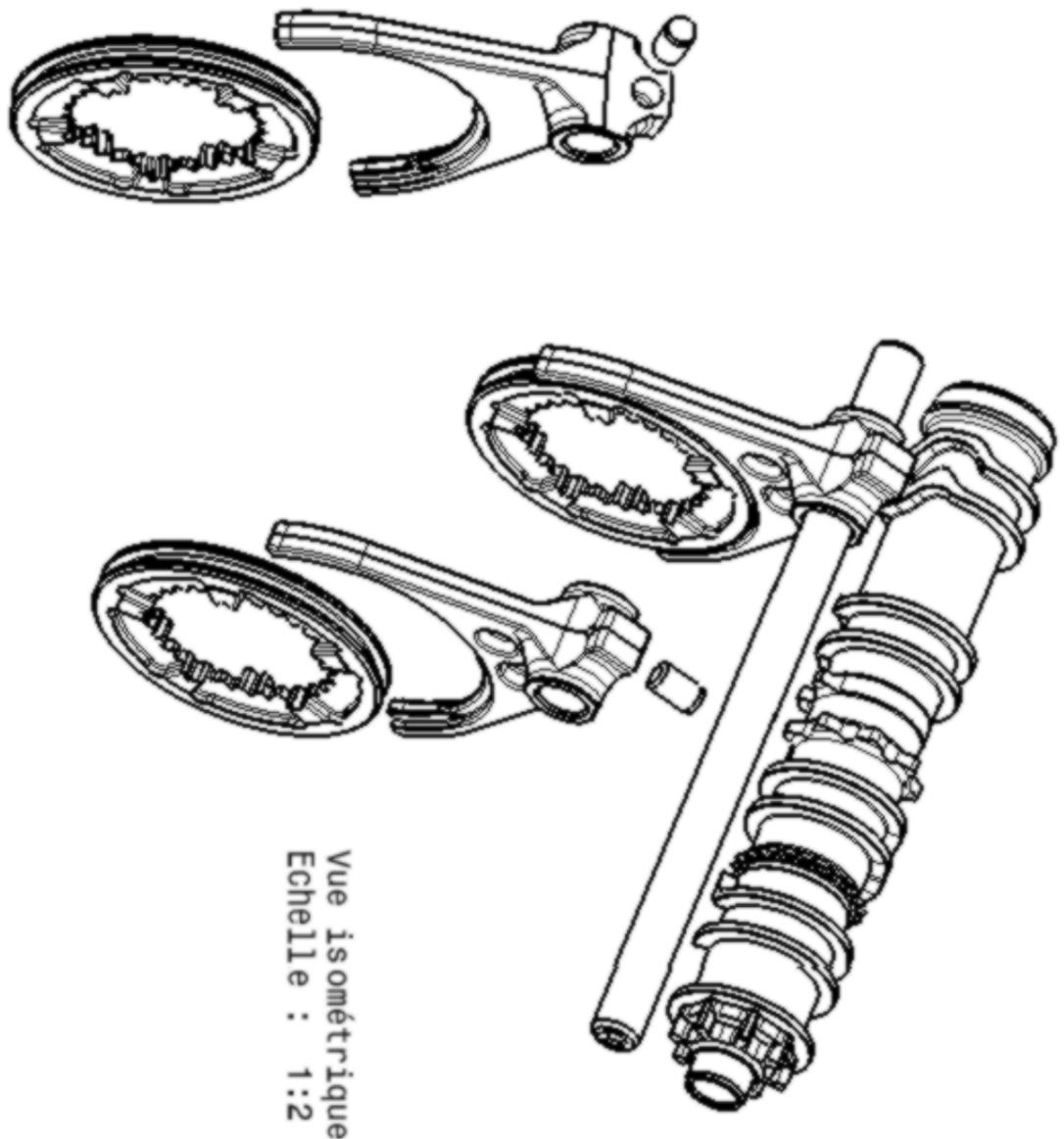
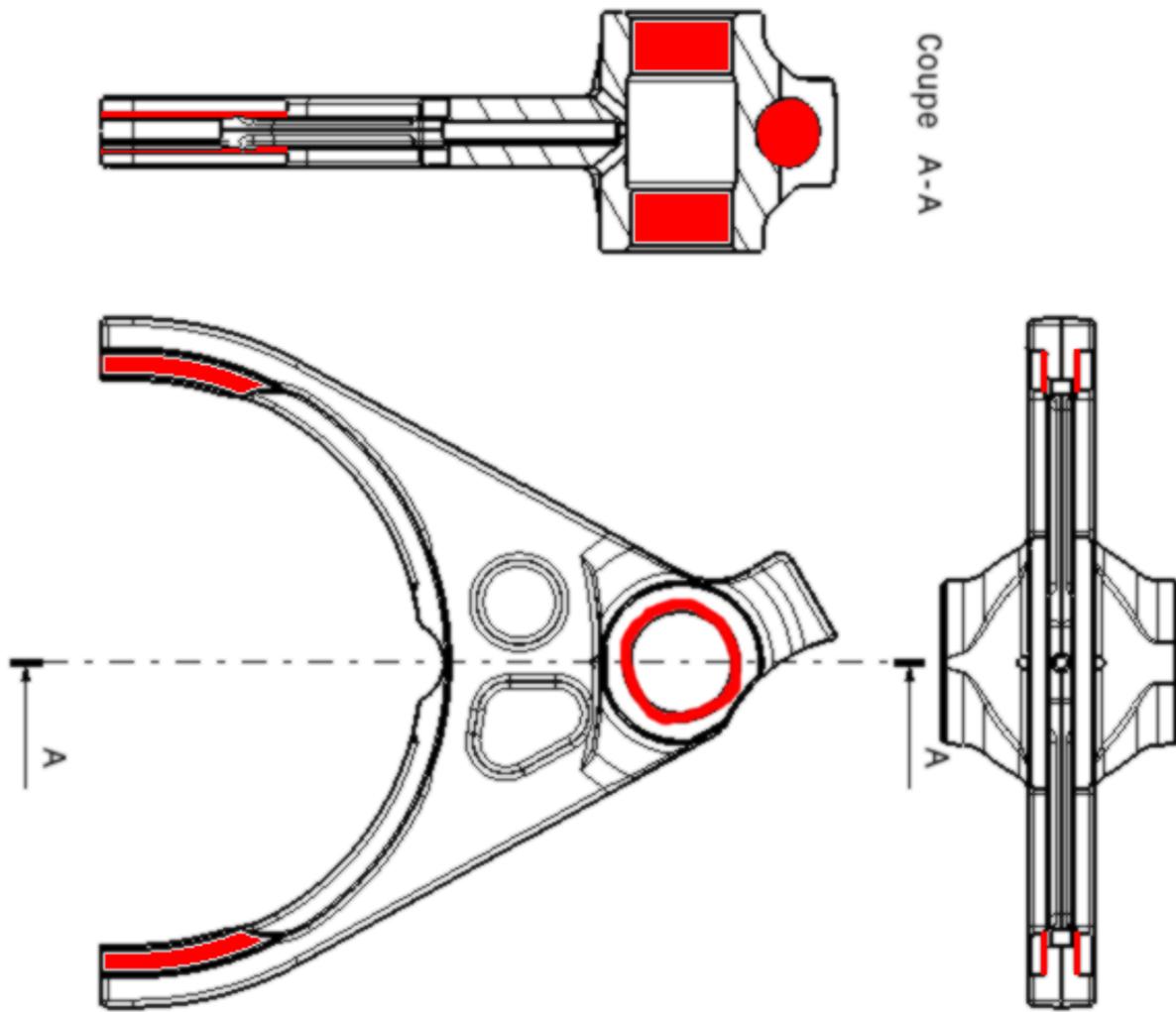
Oui, on peut réaliser la Nitruration à la fin de la gamme de fabrication car la dureté compliquera les opérations d'usinage en augmentant les contraintes.

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.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 9 sur 19



Vue isométrique
Echelle : 1:2

Vue isométrique
Echelle : 1:2

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY	DATE	Eclaté partiel	
CHECKED BY	29/05/2018	Boîte de vitesse ETLV	
DESIGNED BY	XXX	SIZE	REV
XXX	DATE	A3	X
XXX	XXX	SCALE	SHEET
		1:1	1/1
		WEIGHT(kg)	
		XXX	



Question 3-1.2 Calcul du jeu axial

Fourchette de sélection : $4,8_{-0,05}^0$

Support crabot : $5_{+0,05}^{+0,15}$

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

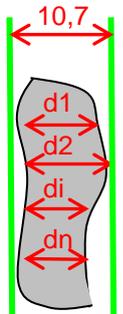
Spécification dimensionnelle suivant le principe de l'indépendance :

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

$$10,3 \leq d_i \leq 10,7$$

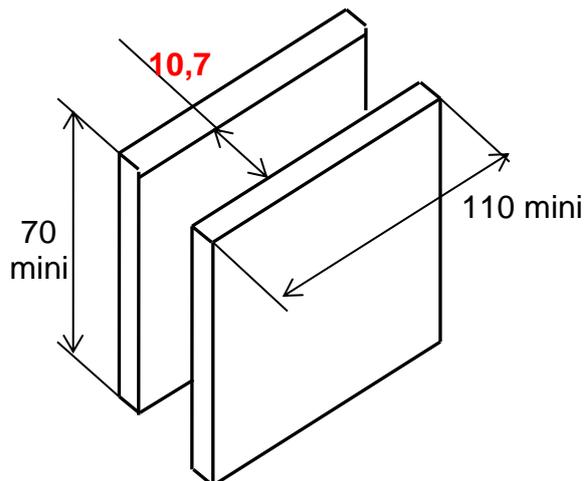
Exigence de l'enveloppe :

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.



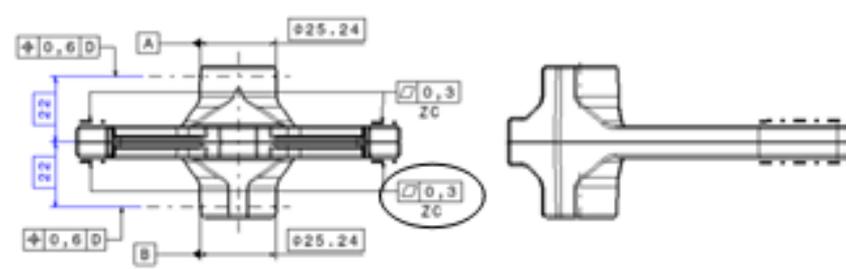
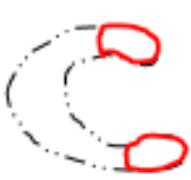
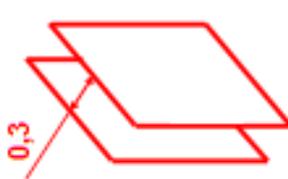
Question 3-1.7

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.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 11 sur 19

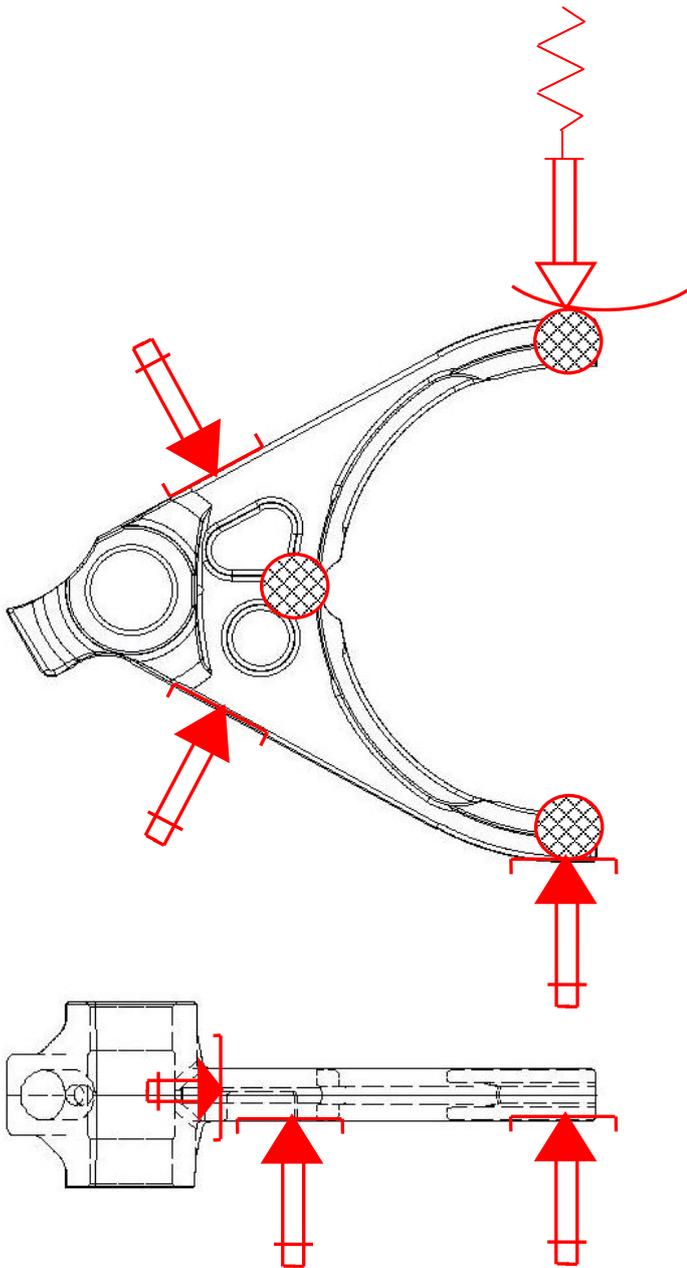
Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
TOLERANCEMENT NORMALISE	Éléments non Idéaux extraits du « Skin Modèle »		Éléments Idéaux	
	Élément(s) tolérancé(s)	Élément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance
<p>Symbole de la spécification ☐ planéité</p> <p>Type de spécification Orientation Battement</p> <p>Forme Position</p> <p>Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.</p> <p>Schéma extrait du dessin de définition</p> 	<p>unique groupe</p> <p>Deux portions de surfaces nominale-ment planes</p> 	<p>unique multiples</p>	<p>simple commune système</p> <p>Volume limité par deux plans parallèles et distants de 0,3 mm.</p> 	<p>Contraintes orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée</p>

Mise en Position – PHASE 30	Ensemble : BOITE ETLC A110 CUP	Bureau des méthodes
	Pièce : Fourchette de sélection	
	Matière : G 35 Cr Mo 4	1 / 1
	Prog. Fab. : 500 / an / 5 ans	

Désignation : Fraisage

Machine : CU Vertical 5 axes

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 consommables 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-AI Si7 Mg 03 T6**

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

Al : Élément 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.

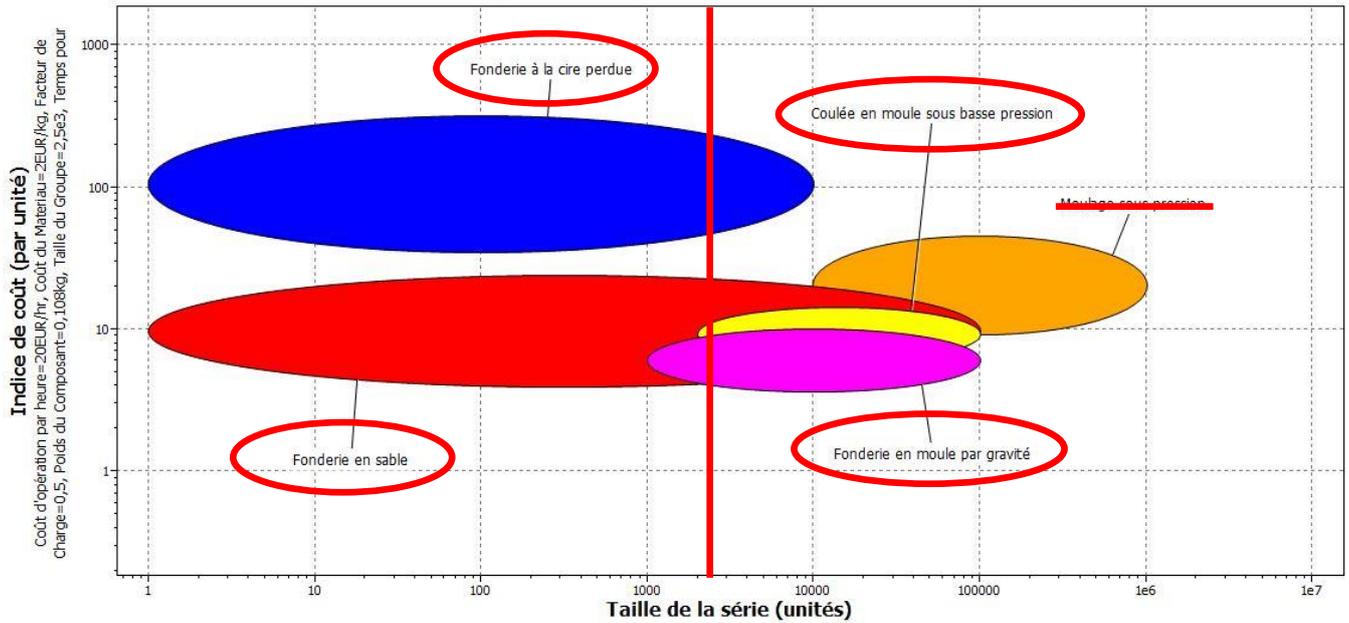
Question 4-1.6

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

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

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 14 sur 19

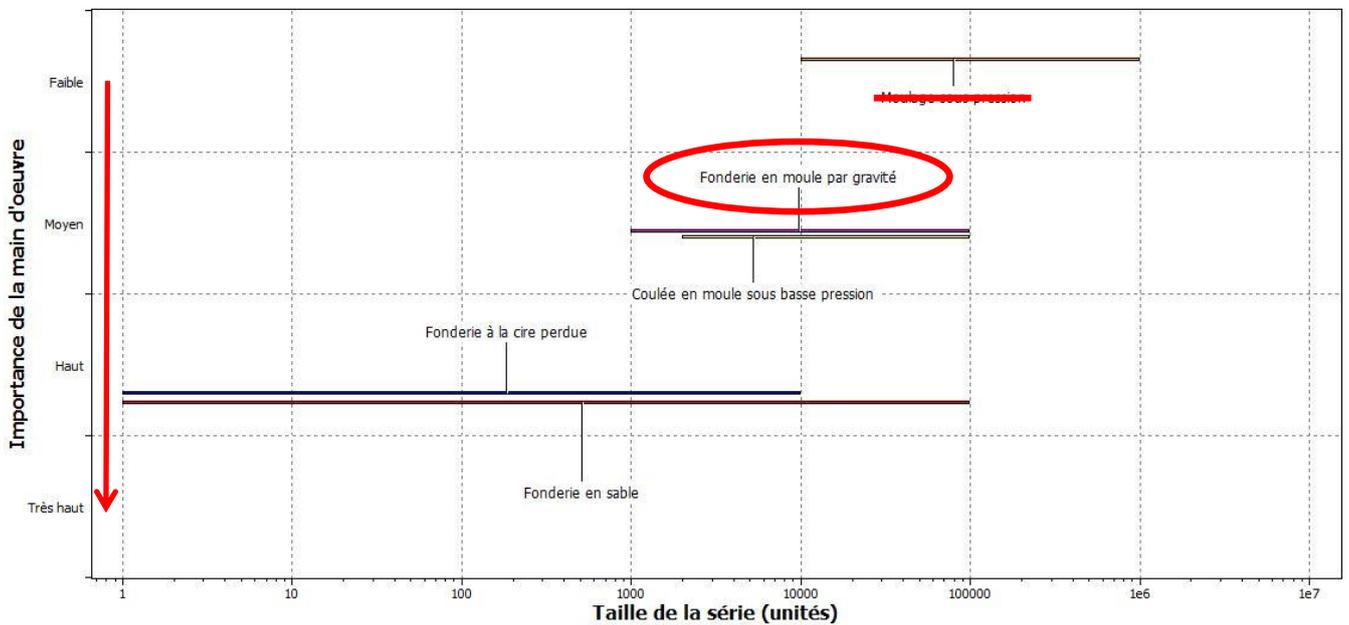
Indice de coût (par unité) vs. Taille de la série (unités)



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 dont l'importance de la main d'œuvre est la plus faible (car automatisable) et qui sera donc le plus économique.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 15 sur 19

DR10 - questions 4-1.3 et 4-1.4

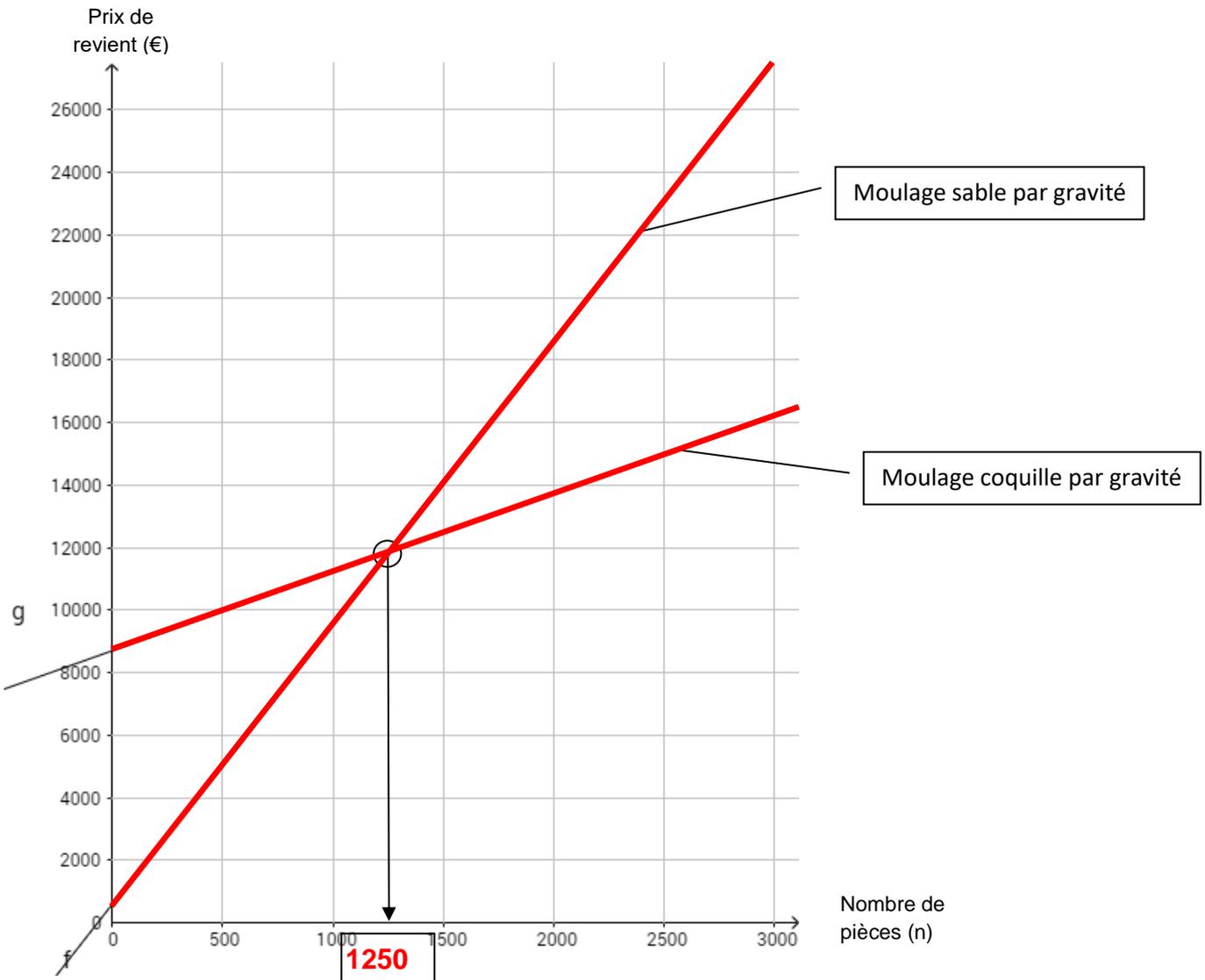
Procédés	Investissement préalable	Coût d'un brut moulé
Moulage sable par gravité	600 €	9 €
Moulage coquille par gravité	8700 € comprend le coût de standardisation	2,5 €

Equations d'évolution du coût d'obtention :

Moulage sable par gravité : **Prix de revient = $600 + 9n$**

Moulage coquille par gravité : **Prix de revient = $8700 + 2,5n$**

Comparatif du prix de revient du brut moulé



Seuil de rentabilité :

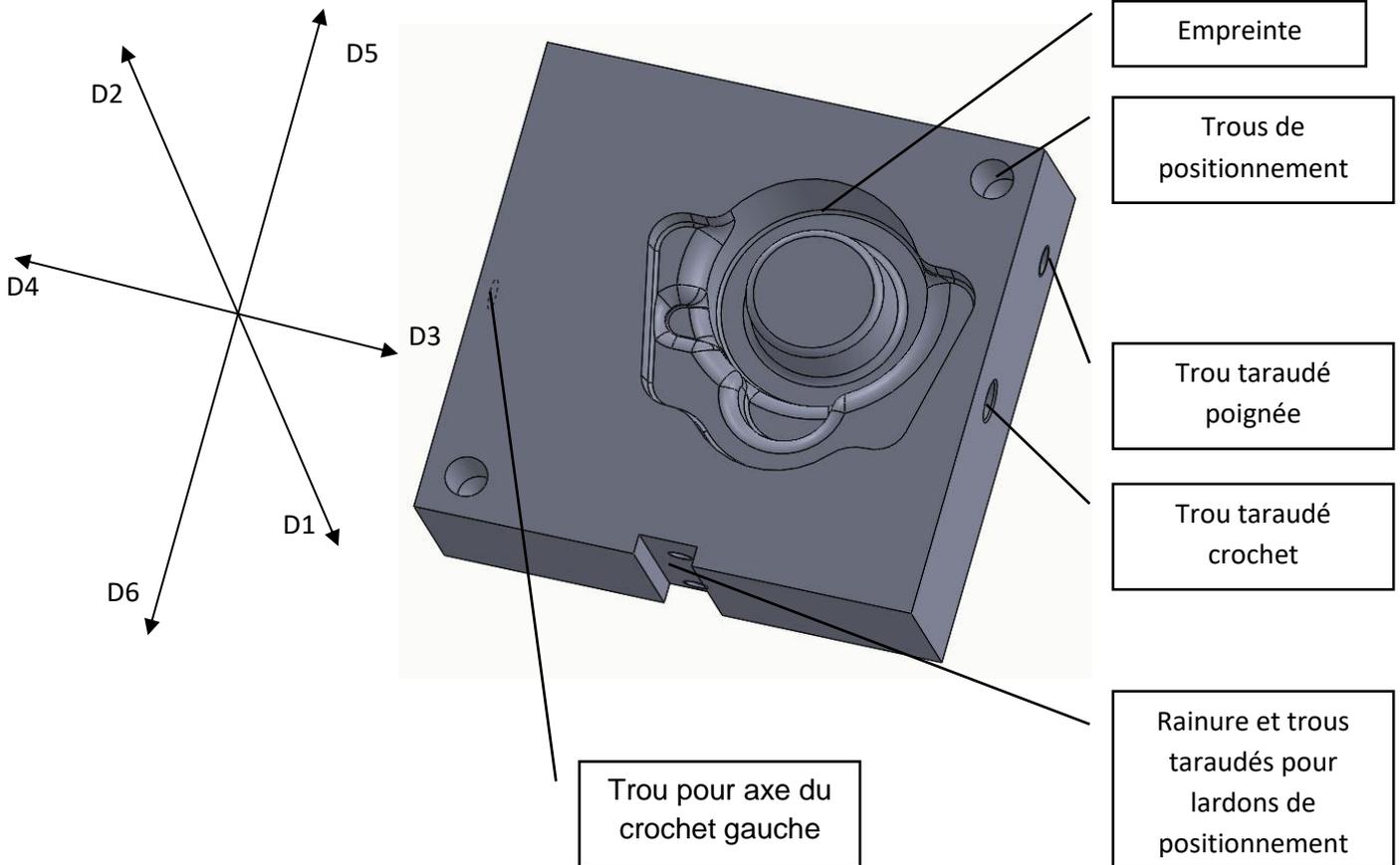
Le seuil de rentabilité est de 1250 pièces.

Tableau comparatif des procédés		
	Réalisation de l’empreinte en usinage	Réalisation de l’empreinte en électroérosion
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Une seule empreinte à réaliser, les outils sont des outils standards. -Le temps de réalisation est rapide. 	<ul style="list-style-type: none"> -Dans le cas d’un moule multi-empreintes, ce procédé peut-être intéressant. -Possibilité d’usiner des matériaux très durs.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Super finition peut-être nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> -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



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).**

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 18 sur 19

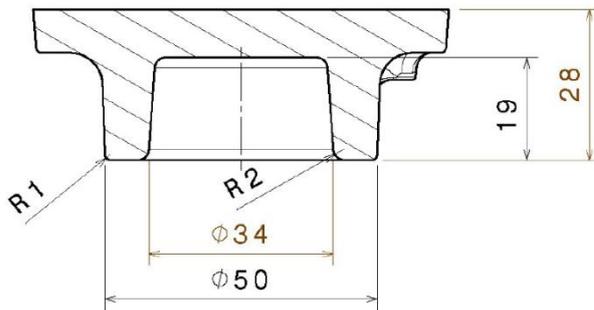
4.3.2 Combien de posage ?

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 $\phi 6$ avec un rayon de 1mm (ref K2632.10.060.10) et une fraise $\phi 8$ avec un rayon de 2mm (K2632.10.080.20).

4.3.5 Choix des Conditions de coupe :

Fraise de $\phi 6$:

$fz = 0.031 \text{ mm/dent}$

$Vc = 145 \text{ m/min}$

Fraise de $\phi 8$:

$fz = 0.043 \text{ mm/dent}$

$Vc = 145 \text{ m/min}$

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.

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2019
Corrigé		
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : CCE4COP	Page 19 sur 19