

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR
Conception des Processus de Réalisation de Produits
Épreuve E4 – CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

CORRIGÉ

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

DR1 : Questions 1.1.1 à 1.1.5	
DR2 : Questions 1.2.1 à 1.2.8.....	
DR3 : Question 2.1.1	
DR4 : Questions 2.2.1 à 2.2.3	
DR5 : Questions 2.2.4 à 2.2.7	
DR6 : Questions 3.3.1 à 3.3.5.....	
DR7 : Questions 4.1.1 à 4.1.4 et 4.2.2 à 4.2.3.....	
DR8 : Question 4.2.1	
DR9 : Questions 5.1.1 à 5.1.4	
DR10 : Questions 5.1.5 à 5.1.7 et 5.2.1.....	
Corrigé feuille de copie	

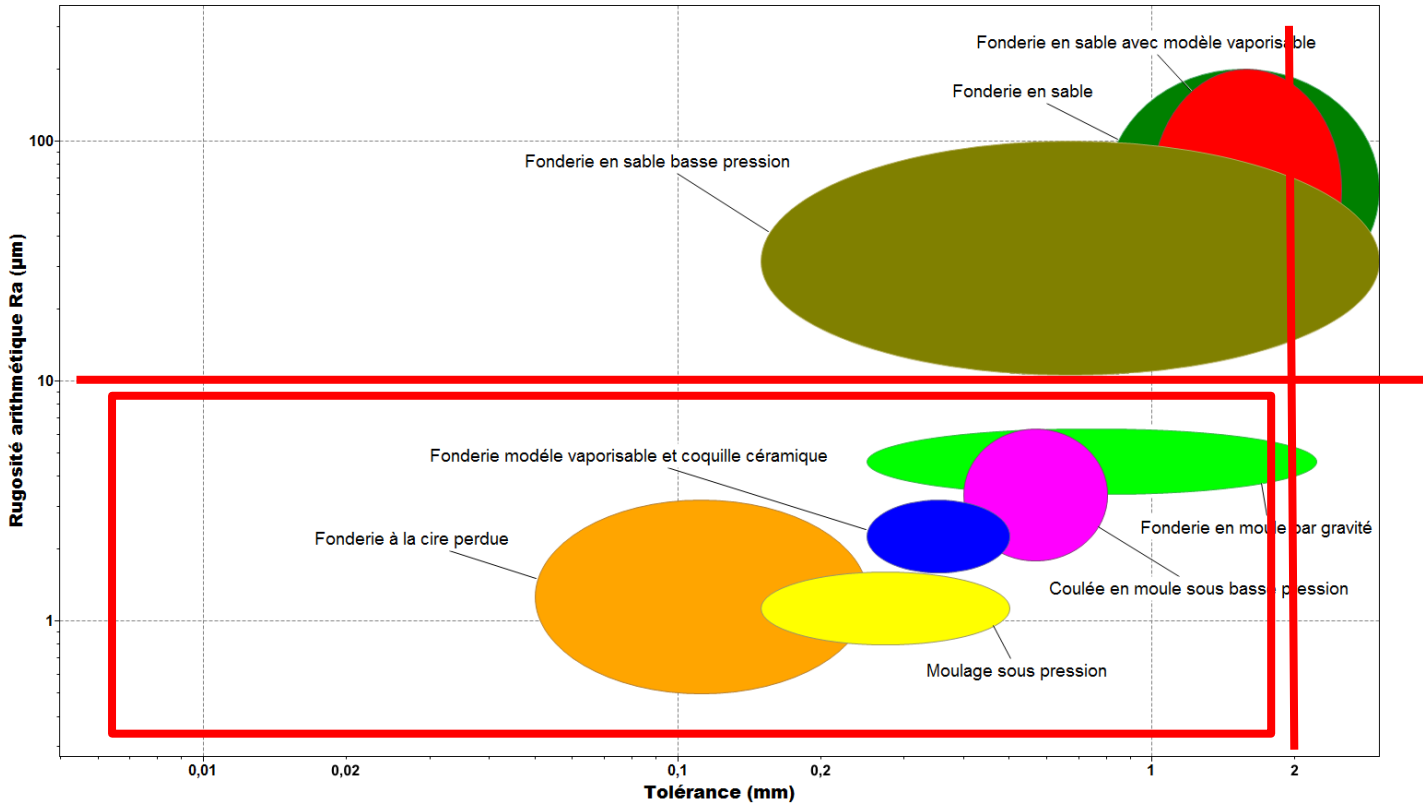
BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2025
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 25CCE4COP	Page 1/12

DR1 : Questions 1.1.1 à 1.1.5

Question 1.1.2 Compléter le tableau par sommation des notes avec les pondérations suivantes
A : excellent = 4 ; B : bon = 3 ; C : moyen = 2 ; D : médiocre = 1 ; E : mauvais = 0

Alliage	Désignation Chimique	Etat	Caractéristiques mécaniques			Usinabilité	Coulabilité	Aptitude au traitement thermique	Réduction des retassures	Notation
			Rm (MPa)	Re (MPa)	A %					
EN AC-21000	AlCu4MgTi	T4	320	200	8	A	C	C	D	9
EN AC-41000	AlSi2Mg	T6	300	240	12	D	C	C	C	7
EN AC-42100	AlSi7Mg0.3	T6	280	200	12	B	B	B	B	12
EN AC-42200	AlSi7Mg0.6	T6	330	190	8	B	B	A	B	13
EN AC-44300	AlSi9Mg	T6	290	215	10	C	A	C	B	11
EN AC-44400	AlSi10Mg	T6	290	215	10	C	A	C	B	11

Question 1.1.4 Tracer sur le graphe les limites des critères imposés par le cahier des charges
Entourer la zone d'acceptation



Question 1.1.1

Alliage d'aluminium contenant 7% de silicium et 0,3% de magnésium.

Question 1.1.3

La présence de silicium dans les alliages, sans relation évidente avec la quantité, diminue l'usinabilité

Les deux alliages les mieux adaptés sont l'AlSi7Mg0.3 et l'AlSi7Mg0.6 ou (EN AC-42100 et EN AC-42200)

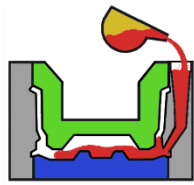
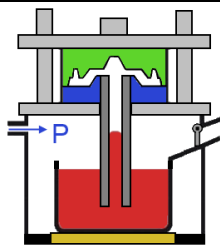
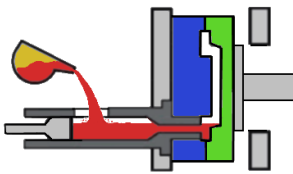
Question 1.1.5

Les procédés de moulage par gravité et de coulée en moule basse pression sont compatibles avec les alliages retenus (7% de Si).

Ces 2 procédés étant disponibles sur le site, la faisabilité est assurée.

DR2 : Questions 1.2.1 à 1.2.8

Question 1.2.1 | Compléter le tableau comparatif des deux procédés disponibles sur le site.

Procédés			
	Fonderie en moule par gravité	Coulée en moule sous basse pression	Moulage sous pression
Avantages	Remplissage plus rapide	Qualité et résistance mécaniques des alliages supérieures Pas de masselottes, peu de métal consommé, meilleur rendement	Non disponible sur le site de production
Inconvénients	Masselottes Mise au mille élevée Ebarbage plus long	Cadence de production inférieure	Non disponible sur le site de production

Question 1.2.2

Masse gagnée = $3,12 \times (1,9 - 1,1) = 2,496 \text{ kg}$

Question 1.2.3

Gain production = $2,5 \times 0,5 \times (415000) = 518750 \text{ €}$

Question 1.2.4

Gain production $\approx 520000 \text{ €}$ inférieur à l'investissement pour une nouvelle ligne 800000€
Donc investissement non pertinent pour l'unique production du pivot.

Question 1.2.5

Production annuelle de 146000 pièce/an soit cadence $146000/3840 = 38 \text{ pièces par heure}$

Question 1.2.6

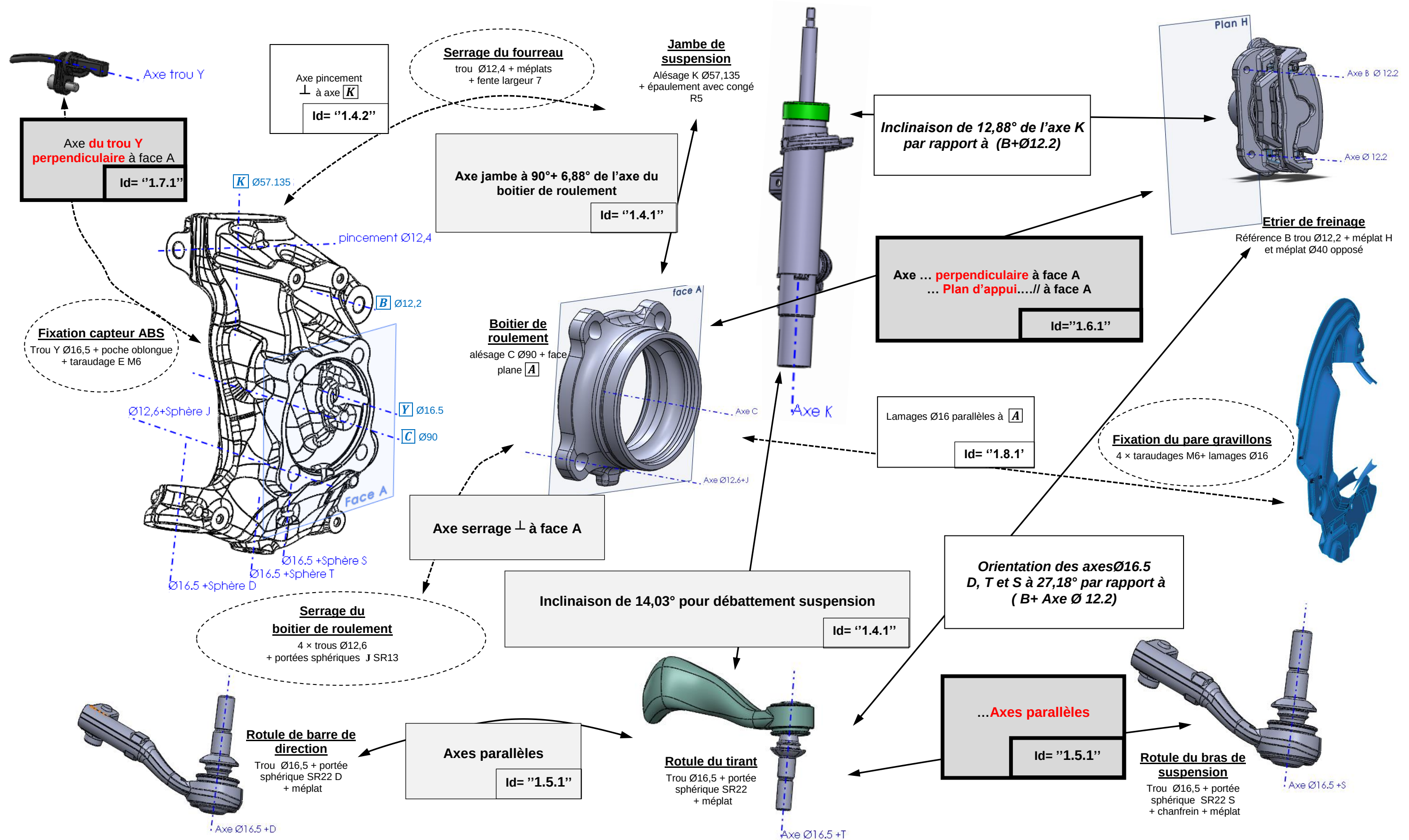
$330 / 0,75 / 2 = 220 \text{ s} = 3,66 \text{ min}$
et $460 / 0,9 / 2 = 255,6 \text{ s} = 4.26 \text{ min}$

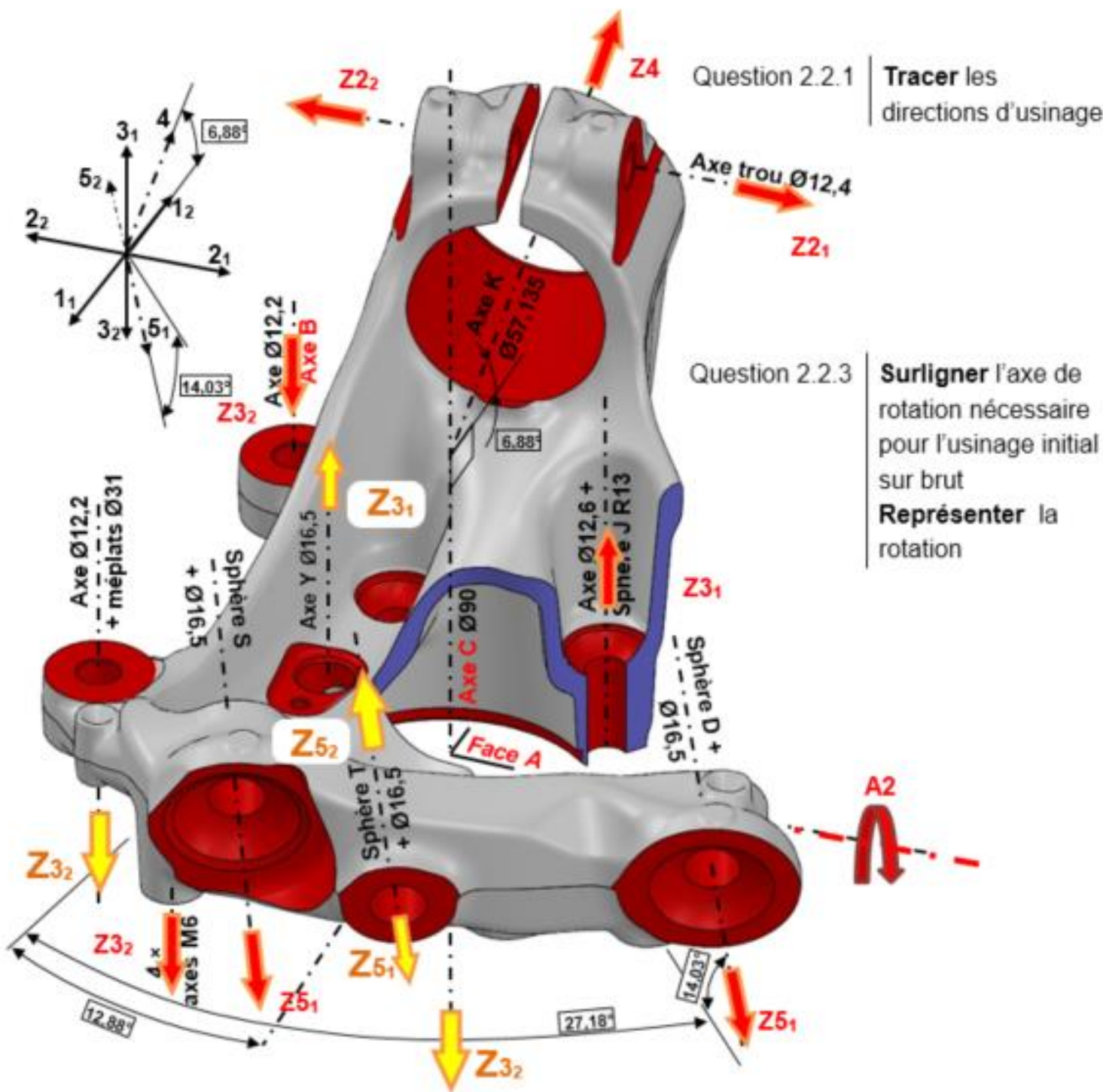
Question 1.2.7

Coulée gravité $3 \times 60 / 3,5 = 51 \text{ pièces par heure}$
Coulée basse pression $2 \times 60 / 4 = 30 \text{ pièces par heure}$

Question 1.2.8

$30 < 40$ pour la coulée basse pression donc coulée gravité retenue





Question 2.2.1 Compléter le tableau des directions d'usinage Zij

Groupes de surfaces	Alésage K Ø57,135 + épaulement avec congé R5	Trou Ø12,4 + méplats + fente largeur 7	Trou Y Ø16,5 + poche oblongue + taraudage E M6	Alésage C Ø90 + face plane A	4 x taraudages M6 + lamages Ø16 (pour pare gravillons)	2 x trous Ø12,2 + méplats Ø31 (Référence B Ø12,2)	4 x trous Ø12,6 + portées sphériques J R13	Sphère T + trous Ø16,5	Lamage opposé à la sphère T	Sphère D et Sphère S + trous Ø16,5
Direction d'usinage Zij	Z4	Z22	Z31	Z32	Z32	Z32	Z31	Z52	Z51	Z51

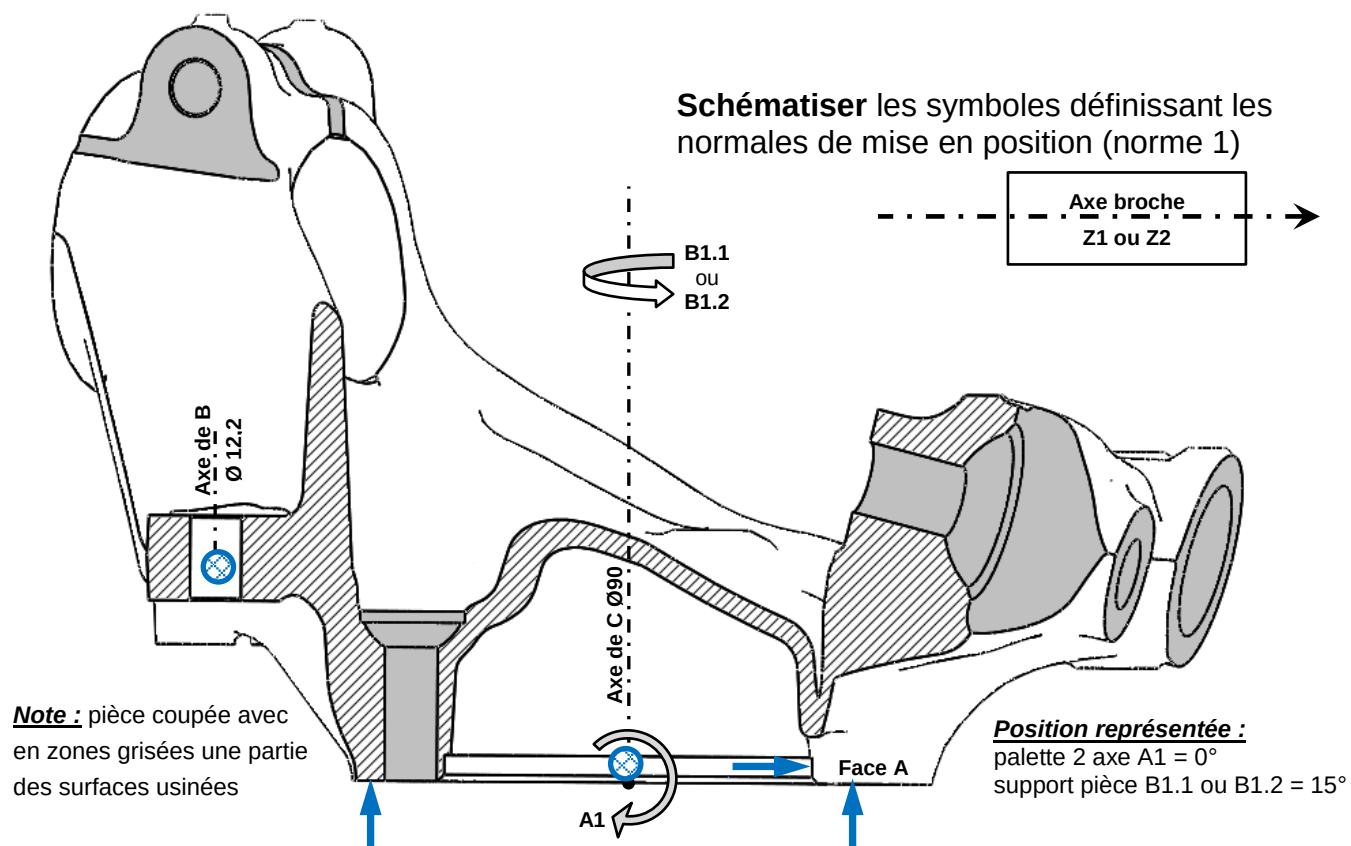
Question 2.2.2

Angle de 6,88° par rapport au plan A

DR5 : Questions 2.2.4 à 2.2.7

Question 2.2.4 | Définir littéralement le type de mise en position sur les surfaces A, C et B

Appui plan sur A
Linéaire annulaire en centrage court sur C
Ponctuelle par locating en B



Question 2.2.5 | Compléter le tableau proposé pour définir les orientations d'usinages des groupes de surfaces

Groupes de surfaces	Opérations d'usinage	A° / B°
Trou Ø12,4 + méplats + fente largeur 7	Pointage sur brut ; perçage direct Ø12,4 ; Fraisage en roulant par fraise 3T jumelées	A 0° B 90°
Trou Y Ø16,5 + poche oblongue + taraudage E M6	Fraisage poche fraise torique ; pointages ; perçage Ø16,5 ; Perçage Ø5 ; taraudage M6	A 90° B 90°
4 × trous Ø12,6 + portées sphériques J R13	Perçages directs Ø12,6 ; fraisage en bout lamages fraise forme Ø25 ; fraisage sphérique de forme Ø26	A 90° B 90°
Sphères D, S et T + trous Ø16,5 + lamages Ø32 + chanfreins	Fraisage lamage Ø32 ; pointage ; perçage Ø16,5 ; Fraisage sphérique R22 ; chanfreinage	A -14,3° B 168,78° A -14,3° B -11,22°
3 × Lamages Ø29 en sortie des trous Ø16,5	Fraisage en bout lamages fraisage forme Ø29	A -14,3° B 168,78° ou -11,22°

Question 2.2.6

Axe A insuffisant, 5ème axe B nécessaire (B1.1 et B1.2 de la palette 1)

Question 2.2.7

2 phases nécessaires, une avec 4ème axe et une de reprise avec 4ème et 5ème axes

DR6 : Questions 3.3.1 à 3.3.5

Kc force spécifique de coupe
par unité de surface

Groupe matière	Matière	Dureté	Traité	Kc N·mm ⁻² en fonction de l'avance f		
				0,1 mm·tr ⁻¹	0,2 mm·tr ⁻¹	0,3 mm·tr ⁻¹
Aluminium	pur	30 HB	-	625	525	475
Aluminium cuivre	%Si<1%	60 HB	-	710	600	540
		100 HB	T6	1155	975	880
Aluminium silicium	%Si<12%	75 HB	-	1070	900	810
		90 HB	T6	1245	1050	945
	%Si>12%	130 HB	-	1335	1125	1015
Magnésium	Alliage Mg	70 HB	-	980	825	745

Question 3.3.1 | Déterminer la force spécifique de coupe par unité de surface Kc

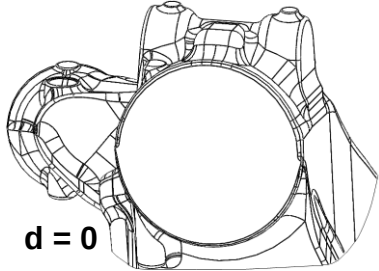
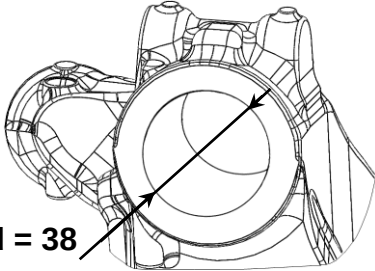
$Kc = 945 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$

$$Ff \approx 0,5 \times Kc \times \frac{D-d}{2} \times f \times \sin \alpha_r$$
$$Pc = f \times \frac{D-d}{4} \times kc \times \frac{Vc}{60}$$

Ff effort de poussée en N
Z nombre de dent
Kc = 1150 N·mm² force de coupe
par unité de surface
D = 56 mm diamètre de perçage
d diamètre d'avant-trou
f avance par tour
 $\alpha_r = 85^\circ$ angle de direction d'arête
Pc puissance de coupe en W
Vc vitesse de coupe en m·min⁻¹

Question 3.3.2 |

Déterminer l'effort de poussée
F_f et la puissance de coupe
nécessaire P_c pour ce perçage
avec noyautage en ébauche de
l'alésage K.

Sans Noyautage	Avec Noyautage
	
d = 0	d = 38
Ff ≈ 3954 N	$Ff = 0.5 \times 945 \times ((56-38)/2) \times 0.3 \times \sin 85^\circ$ $Ff \approx 1270,9 \text{ N}$ Si le candidat a utilisé Kc = 1150N.mm ⁻² , accepter $Ff \approx 1546,6 \text{ N}$
Pc ≈ 30429 W	$Pc = 0.3 \times ((56-38)/4) \times 945 \times 460/60$ $Pc = 9780 \text{ W}$ Si le candidat a utilisé Kc = 1150N.mm ⁻² , accepter $Pc = 11902 \text{ W}$

Question 3.3.3

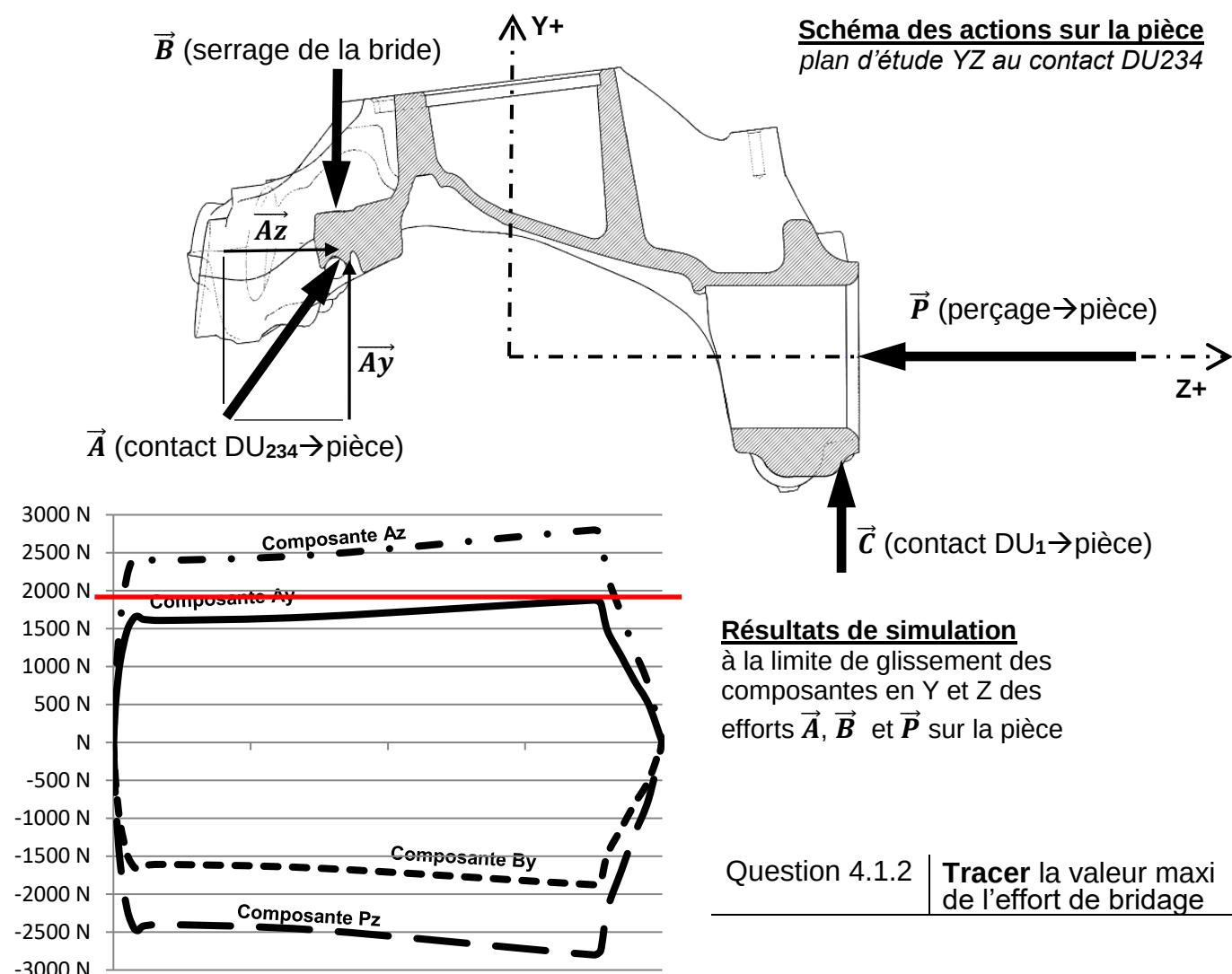
Poussée admissible 4000N > 1270N nécessaires
Puissance disponible 28kW > 10kW nécessaires

Question 3.3.4

Le perçage est faisable dans le cas du noyautage et non faisable si brut plein.

Question 3.3.5

Les fréquences de rotation nécessaires peuvent être atteintes, l'investissement est rentable sur la série, et les performances de puissance et de poussée sont suffisantes dans le cas du noyautage de l'alésage K, donc l'utilisation d'outils monobloc haute performance PCD est compatible avec le centre d'usinage envisagé.



Donner la valeur maxi de l'effort de bridage

Valeur sur graphe de la composante $A_y \approx 1900\text{N}$

Question 4.1.3 Choisir le ou les vérins compatibles au regard de l'encombrement

Références 1853-090-16 et 1854-090-21

Question 4.1.1

DU1 appui ponctuel DU234 centrage court et ponctuelle DU5,6 ponctuelle et ponctuelle 6 normales donc isostatique

Question 4.1.4

Pour une pression de 50 bars
Force de serrage effective pour le vérin 1853-90-16 $\approx 1.4\text{ kN}$ < au 2kN nécessaires, le maintien en position, pour la phase initiale est insuffisant.
Force de serrage effective pour le vérin 1854-090-21 $\approx 2,7\text{ kN}$ > au 2kN nécessaires, le maintien en position, pour la phase initiale est satisfaisant avec ce vérin.
Le maintien en position peut être assuré par les vérins 1854-090-21.

Question 4.2.2

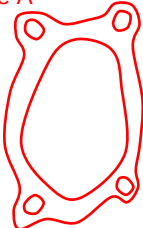
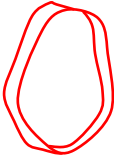
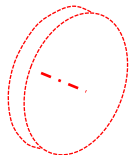
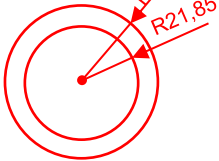
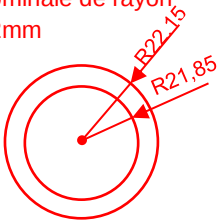
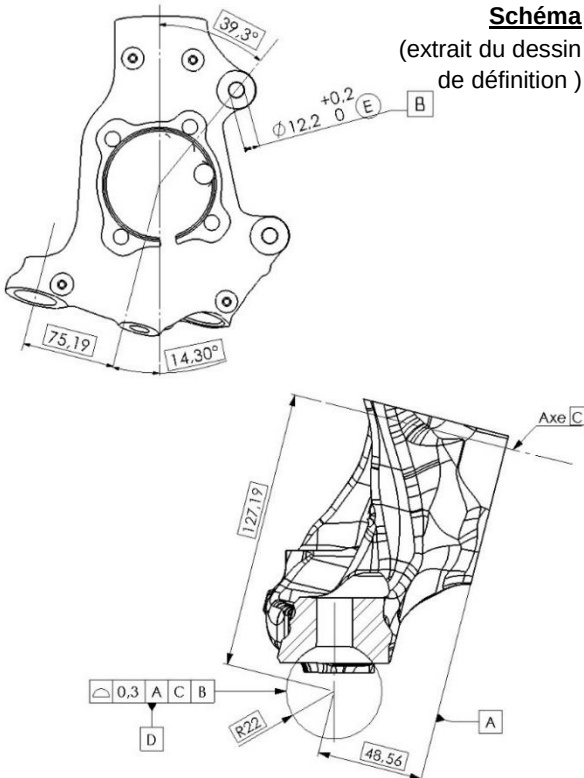
La valeur maxi de la contrainte est de $25\text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$, donc inférieur au $R_e : 190\text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ admissible

Question 4.2.3

La valeur maxi des déplacements des points de la surface sphérique D étant faible (0.0394 mm max valeur encadrée), elle reste très inférieure à la valeur de la tolérance de $0,3\text{ mm}$.
La qualification partielle de l'usinage en reprise de cette portée sphérique est donc assurée.

ATTENTION : Erreur sur l'échelle de couleurs du DT10 Rectificatif apporté pendant l'épreuve.

DR8 : Question 4.2.1

Tolérance normalisée		Analyse d'une spécification par zone de tolérance			
Spécification		Eléments non idéaux		Eléments idéaux	
Nom de la spécification : situation relative de surface quelconque		Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance
Type de spécification Forme ☐ Orientation ☐ Position ☒ Battement ☐		Unique ☒ Groupe ☐	Unique ☐ Multiple ☒	Simple ☐ Commune ☐ Système ☒	Simple ☒ Composée ☐ Contraintes : Orientation et/ou position par rapport à la référence
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance (ZT)		Surface nominalement sphérique 	Surface nominalement plane A  Surface nominalement cylindrique C  Surface nominalement cylindrique B 	Référence primaire A plan tangent du coté libre de la matière qui minimise les écarts de forme.  Référence secondaire C axe du plus grand cylindre contenu dans l'alésage Ø90 et perpendiculaire à A .  Référence tertiaire B axe du plus grand cylindre contenu dans l'alésage Ø12,2 et perpendiculaire à A . 	Zone de tolérance formée de 2 sphères concentriques d'écart 0,3mm au rayon symétriquement réparti autour de la valeur nominale de rayon 22mm  Le centre de la zone de tolérance est placé à l'intersection de trois plans : un plan situé à 48,56 mm du plan de référence A ; un plan perpendiculaire à A situé à 127,19 mm de l'axe de référence C un plan perpendiculaire à A situé à 75.19mm de l'axe C et orienté de 39,3° et 14,3° par rapport à l'axe B. 
Schéma (extrait du dessin de définition) 					

DR9 : Questions 5.1.1 à 5.1.4

Question 5.1.1 | Valeurs limites de profondeur de rugosité

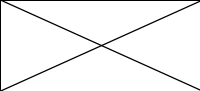
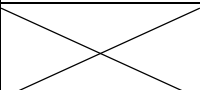
Réponse

Ra 4µm Rz 14 µm
Ra 10µm ➡ Rz 32 µm

Question 5.1.2 | Paramètres de coupe et pas de balayage

	Vitesse de coupe m.min ⁻¹	Avance f _z par dent mm.tr ⁻¹	Nombre de dents Z	Rayon utile re mm	Pas de balayage br mm
Fraise hémisphérique Ø8	220	0,065	4	4	0,025= br ² /(4×re) d'où br1 = 0,63
Fraise tonneau Ø8	180	0,05	4	95	Br2 = 3,08

Question 5.1.3 | Vitesses d'avance et surfacique

	Vc m.min ⁻¹	f _z par dent mm.tr ⁻¹	Z	Pas de balayage br mm	Vitesse d'avance Vf Vitesse surfacique Vs
Fraise hémisphérique Ø8	200	0,05	4		Vf ₁ = 7958×0,05×4 = 1591,6 mm.min ⁻¹
				0,6	Vs ₁ = Vf ₁ × br ₁ = 954,9 mm ² .min ⁻¹
Fraise tonneau Ø8	180	0,04	4		Vf ₂ = 1146.4 mm.min⁻¹
				3	Vs ₂ = 7165*0,04*4*3 = 3439 mm².min⁻¹

Question 5.1.4 | Temps nécessaire à la finition de l'empreinte

	Données géométriques	Vitesses	Temps de coupe en min
Surfaces planes et assimilées	21410 mm ²	955 mm ² .min ⁻¹	21,41 22.41 (erreur sur le sujet rectificatif apporté pendant l'épreuve)
Surfaces proches de la parallèle à la direction d'ouverture du moule	41750 mm ²	3400 mm ² .min ⁻¹	12,28
Suivie des rayons de raccordement	988 mm	1100 mm.min ⁻¹	0,9
<u>Temps total :</u>			34,59

Note : Valeurs des données géométriques obtenues à partir du modèle volumique

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2025
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 25CCE4COP	Page 10/12

DR10 : Questions 5.1.5 à 5.1.7 et 5.2.1

Question 5.1.5 | Régime d'enfonçage de finition
Débit d'enlèvement de matière

<u>Régime :</u> CH 37	<u>Débit :</u> 55 mm³.min⁻¹
---------------------------------	---

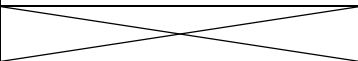
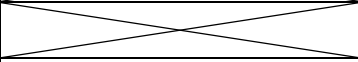
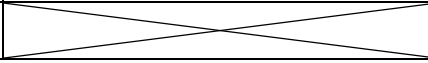
Question 5.1.6 | Volume de matière à enlever
Temps nécessaire

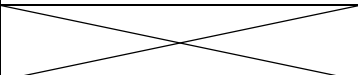
<u>Volume matière :</u> 0,25*63160 = 15790 mm³	<u>Temps nécessaire :</u> 15790 / 50 = 315,8 min
---	--

Question 5.1.7 | Conclure quant au choix du procédé en regard du temps de réalisation .

<u>Conclusion :</u> UGV 36 min ; EDM 5h 26 min donc choix UGV

Question 5.2.1 |

Données	Usinage UGV	EDM
Matière et ébauche empreinte	identique	identique
Matière électrode		Bloc graphite
Fabrication électrode		1,5 heure
Temps finition empreinte	0,6 heure	5,25 heures
Egrainage manuel	3 heures	

Calcul de coût	Usinage UGV	EDM
Électrode		660 / 6 = 110 €
Coût usinage finition	(36/60)*85=51€	5,25*55 = 288,75€
Egrainage manuel	3 × 35 = 105 €	
Coût total de finition	51+105=155€	110+288,75 = 398,75€

Corrigé feuille de copie :

Question 3.1.1

Porte outil HSK63 plus une rallonge et une tête :

Porte outil HSK63 E9304K82020160 : 160mm

Rallonge BS2058202045 : 45mm

Tête R218.20-2044.RE-44A : 59,9 mm

Question 3.1.2

Longueur maxi outils dans magasin 350mm donc outil compatible

Question 3.1.3

$265 + 80 = 345$ mm course maxi de la machine sur l'axe Z = 450 mm donc accès possible.

Question 3.2.1

$N = (1000 \times 2000) / (\pi \times 80) = 7957,74 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

N_{max} centre d'usinage $16000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, donc possible.

Question 3.2.2

$D_{\text{mini}} = 2000 \times 1000 / (\pi \times 16000) = 39,79 \approx 40 \text{ mm}$

Alésages C Ø90 et KØ57

Question 3.2.3

Groupement d'outils donc gain des temps de copeaux à copeaux entre outils, soit 2,5 secondes par outil

4 outils en 1, soit 3 changements de gagnés, soit $2,5 \times 3 \times 95/3600 = 0,198$ € par pièce

Question 3.2.4

$2000 / 0,20 \approx 10000$ pièces

Question 3.2.5

$10000 < 415000$ pièces prévues donc il est rentable d'investir dans des outils combinés

Question 5.2.2

L'UGV est plus rapide et moins cher que l'EDM ; choix UGV

BTS Conception des Processus de Réalisation de Produits CPRP a et b		Session 2025
Épreuve E4 : Conception préliminaire	Code : 25CCE4COP	Page 12/12