

CARTER BOÎTE POWERQUAD

CORRIGÉ

PARTIE 1

- Question 1.1
- Four de fusion : modèle K 240/12
- Température maximale de fusion : 1 200 °C
- Capacité du creuset : 570 kg
- Puissance de fusion : 210 kg/h
- Question 1.2
- Nombre pièces/ semaine : $8\,000 / 46 = 173,91$
- Nombre de jours travaillés/ semaine : $120 / (3 \times 8) = 5$
- Nombre pièces/ jour : $173,91 / 5 = 34,78$
- Nombre pièces/ poste : $34,78 / 3 = 11,59$
- Nombre pièces/ heure : $11,59 / 8 = 1,45$
- Conclure : le carrousel est capable d'assurer cette production.
- Question 1.3
- Masse brut ébarbé : 14,9 kg
- Mise au mille : 1,8
- Cadence : 13 pièces / heure
- Quantité alliage coulée par heure = $14,9 \times 1,8 \times 13 = 248,66$ kg
- Question 1.4
- 248,66 kg en 60 min
175 kg en x min
 $x = 175 \times 60 / 248,66 = 42,63$ min (soit 42 min 38 s)
- Le niveau minimal d'alliage liquide dans le creuset est atteint en 42,63 min.
- avec le four 240/12 K :**
ce modèle peut fournir 210 kg/h d'alliage liquide.
210 kg en 60 min
x kg en 42, 63 min
- $x = 210 \times 42,63 / 60 = 149,205$ kg
- Conclusion : nous avons besoin de 175 kg toutes les 42,63 min, ce modèle est sous dimensionné.

Question 1.5 **avec le four 360/12 K :**
 ce modèle peut fournir 260 kg/h d'alliage liquide.
 260 kg en 60 min
 x kg en 42, 63 min

$$x = 260 \times 42,63 / 60 = 184,73 \text{ kg}$$

Conclusion : nous avons besoin de 175 kg toutes les 42,63 min, ce modèle est bien dimensionné.

Question 1.6

	outillage
Volume noyau (mm ³)	403 432,33
Hauteur	275
largeur	250
Profondeur	250

Modèle de noyateuse	LL10	LL20
Volume de tir maxi (litre)	10	20
Hauteur	230-480	335-630
largeur	150-350	200-400
Profondeur	200-700	300-870
sélection	✓	✗

Justification : Le modèle LL-10 propose un volume de tir jusqu'à 10 dm³, sa capacité est amplement suffisante au regard du volume de sable nécessaire à la fabrication d'un noyau.

De plus ce modèle est plus adapté pour accueillir notre outillage en terme de dimensions.

Question 1.7 Précision dimensionnelle (mm) : $0,8 < 0,9 - 1,3 < 1,5$ mm

Série : $1\ 000 < 8\ 000 < 10\ 000$ pièces

Cadence : 13 pièces / heure

Mise au mille : 1,8

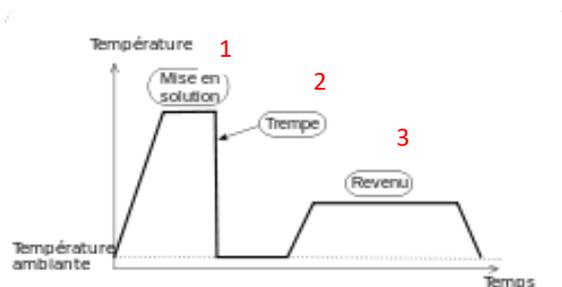
Structure métallurgie : fine

Justification : d'après les informations figurant dans l'extrait du cahier des charges, le moulage en moules permanents est adapté et est validé.

Question 1.8

Éléments constitutifs du moule	Matériaux correspondants	Traitement thermique
semelle	Fonte lamellaire perlitique	stabilisé
Talus	C28 ou 25 CD 4	Trempé et revenu
Chapes	Fonte lamellaire perlitique	stabilisé
Noyaux et broches	35 NC 15 ou Z 35CD SV 05	Trempé et revenu

Graphique + étapes :



1. mise en solution : 8 à 12 heures à 535°C ;
2. trempé à l'eau (20°C) dans les 7 secondes qui suivent la sortie du four de mise en solution ;
3. revenu : 6 heures minimum à $150\text{-}170^{\circ}\text{C}$

Question 1.9 Objectif de production interne : $8000 \times 1,03 = 8\ 240$ pièces

Production mensuelle dans l'objectif de temps fixé :

$13 \times (4 \times 120 + 2 \times 3 \times 8) = 6\ 864$ pièces totales produites

3% rebut représentent $6864 \times 1,03 = 205,92$ pièces mauvaises → 206 pièces rebutées

pièces potentiellement validées : $6864 - 206 = 6\ 658$ pièces bonnes

Justification : l'objectif de production de 8 000 pièces bonnes sur 1 mois est non atteint.

Temps nécessaire à la production totale de la commande :

$8240 / 13 = 633,85$ h

soit $633,85 / 24 = 26,41$ jours

Soit 26 jours + 9 heures + 50 minutes

Soit **5 semaines + 9 heures + 50 minutes**

Inconvénients :

Le temps dédié à la production de cette pièce est plus long.

Le stockage en interne entraîne un coût et immobilise de la place

Conclusion :

Par rapport à l'objectif fixé, le temps de production total nécessite 3 jours + 9 heures + 50 minutes de plus.

Question 1.10

Modèle bâti	BATI JV4ESI Tetra+
Dimension moule maxi En mm (L x P x H)	650 x 750 x 500
Capacité heure maxi	9p/h
Poids	0.96 T
Prix	324 000 €

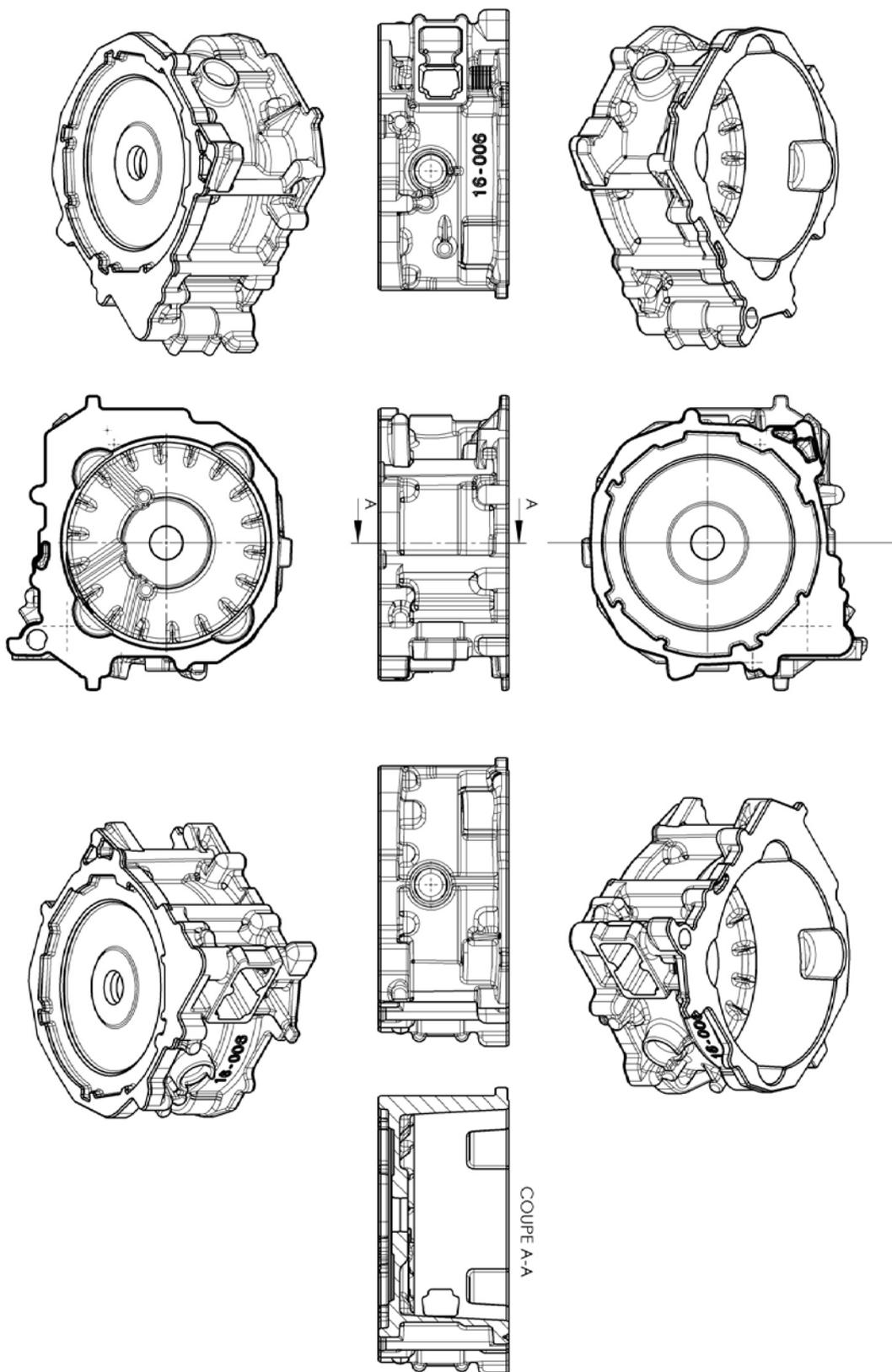
Question 1.11 | Pièce, dimensions hors tout (L x l x h) en mm : 417 x 408,3 x 182,5

Dimensions	Largeur (l) en mm	nombre	Longueur (L) en mm	nombre	Hauteur (H) en mm	nombre
semelle					150	1
Grille intercalaire					150	2
Espacement	50	1	50	2		
Pièce	408,3	2	417	3	182,5	3
Résultats	866,6		1 351		997,5	

Choix du modèle de four de traitement thermique : N 1500/60HA1

Justification : Ce modèle permet d'atteindre la température de mise en solution requise (535°C pour une $T_{max} = 600^\circ\text{C}$) et ses dimensions intérieures (l : 1000 x L : 1500 x H : 1000) permettent d'accueillir le chargement préalablement défini.

Question 1.12



PARTIE 2

Question 2.1

$\phi 50,50 \begin{matrix} +0,25 \\ -0,25 \end{matrix}$

Type de spécification : Tolérance dimensionnelle

Qu'est qui est tolérancé : Le diamètre du cylindre qui a une cote nominale de 50,50 mm

Condition de conformité : Ce diamètre doit être compris entre 50,25 mm et 50,75 mm.

$\square 0.13$

Type de spécification : Tolérance géométrique de planéité.

Qu'est qui est tolérancé : La surface plane repérée sur le plan Surface S1

Condition de conformité : La surface S1 doit se située entre deux plan distants de 0,13 mm

$\sqrt{Ra \max 6}$

Type de spécification : Tolérance d'état de surface / Rugosité moyenne arithmétique

Qu'est qui est tolérancé : Toutes les surfaces de la pièce

Condition de conformité : La rugosité moyenne doit être inférieure à 6 μm

conclusion

Capable
Oui non

 0.13

DT16 - Moulage en coquille d'un alliage léger, classe de tolérances géométriques GCTG 3 à 5, soit pour une cote comprise entre 300 et 1000 une planéité possible de 0.9 à 2 mm. Donc 0.13 impossible sur le brut.

x

$\phi 50,50 \begin{matrix} +0,25 \\ -0,25 \end{matrix}$

DT15 - Moulage en coquille d'un alliage léger, classe de tolérances dimensionnelles DCTG 6 à 8, soit pour une cote nominale de 50.50 mm une tolérance dimensionnelle (DCT) de 0.7 à 1.4 mm. Donc IT de 0.5 impossible sur le brut

x

$\sqrt{Ra \text{ max } 6}$

DT26 - Moulage en moule métallique rugosités usuelles moyennes comprises entre Ra6.3 et Ra1.6

x

Question 2.2

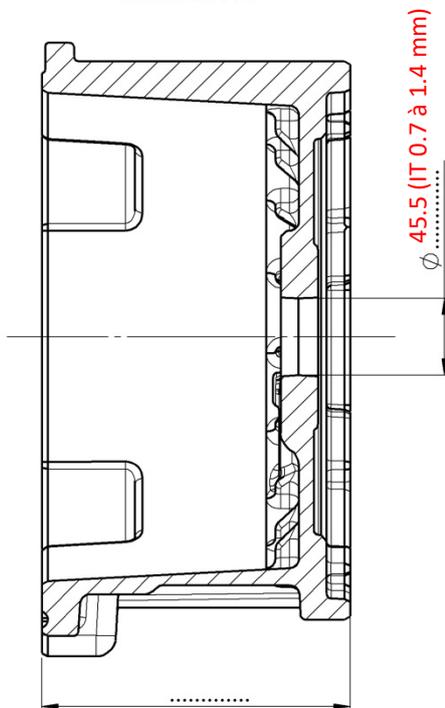
Surépaisseurs d'usinage envisageables :
Préciser votre choix (classe ?)

Moulage en coquille d'un alliage léger, classe de surépaisseurs d'usinage RMAG D à F, soit pour plus grande dimension hors tout de 417 mm une surépaisseur d'usinage de (RMAG) 1.5 à 3 mm. (réel 2.5 mm)

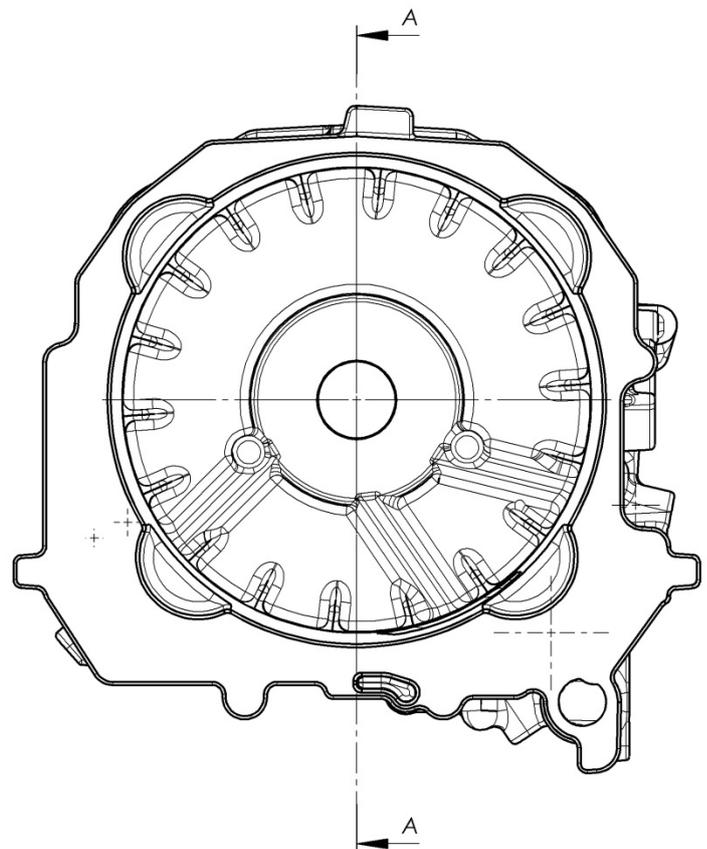
Question 2.3

Proposer une cotation partielle du brut (2 côtes), avec les tolérances attendues.

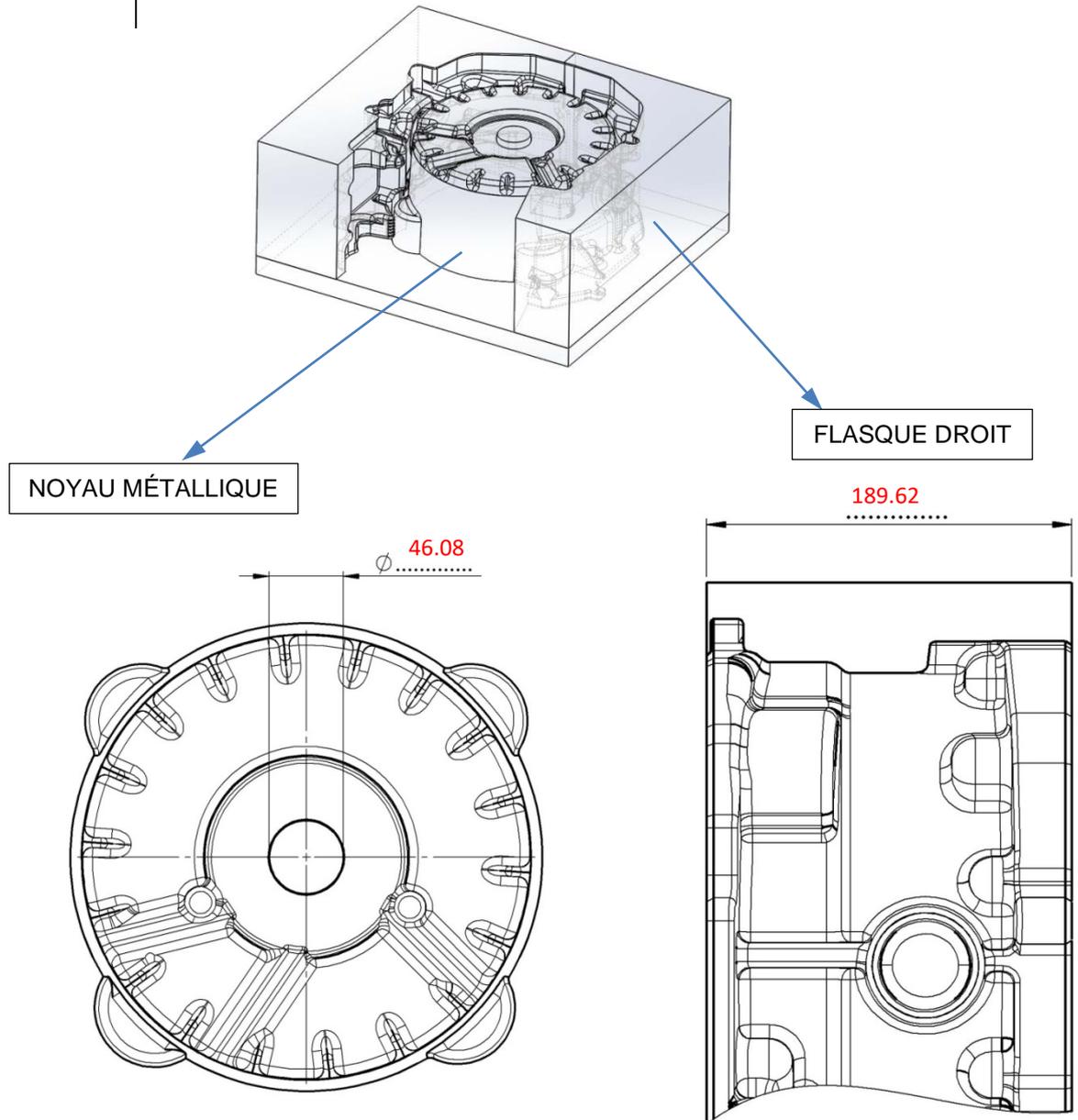
COUPE A-A



187.25 (IT 1 à 2 mm)



- Question 2.4 | Quels sont les facteurs influents à prendre en compte dans le dimensionnement de l'empreinte de l'outillage ?
Retrait, dilatation du moule, potéyage, capacité usinage du moule
- Question 2.5 | Proposer une cotation partielle de l'outillage (2 cotes). Vous donnerez les cotes nominales attendues, sans tolérances (*celles-ci sont liées à capacité machine*).



Détails calculs :

Retrait de 12.5⁰/₁₀₀ donc :

$$187.25 \times 1 / (1 - 0.0125) = 189.02 \text{ mm}$$

$$45.5 \times 1 / (1 - 0.0125) = 46.08 \text{ mm}$$

PARTIE 3

Question 3.1 Désignation chimique : **AlSi7Mg0,3**

Signification complète : **Norme Européenne Alliage Moulé, alliage à base d'aluminium avec 7 % de silicium et 0,3 % de magnésium**

KT6 : K : alliage coulé en coquille ; T6 : traitement thermique de trempe et revenu

Question 3.2 Nuance adaptée à la coulée en coquille : **AlSi7Mg0.3**

Traitement métallurgique pré-réalisé : **"Prémod Na": eutectique prémodifié au sodium. Ce traitement métallurgique permet de modifier la forme de l'eutectique (aciculaire devient fibreux) ce qui a pour conséquence d'augmenter les caractéristiques mécaniques du matériaux. Nous pouvons nous rapprocher des exigences du client.**

Masse volumique ($\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$) : **2,67 $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$: cette pièce se trouve dans un véhicule agricole, ce critère est important du point de vue consommation de carburant par rapport à un alliage ferreux dont la masse volumique est trois fois plus importante. Sur ce point cet alliage est une bonne réponse à la consommation.**

Intervalle de solidification ($^{\circ}\text{C}$) : **615-555 $^{\circ}\text{C}$ soit 60 $^{\circ}\text{C}$. Les défauts liés au retrait volumique (retassures, criques) se forment au cours de l'intervalle de solidification (transition de l'état liquide à l'état solide) ce qui diminue les caractéristiques mécaniques obtenues. Afin de les garantir au client, le fondeur devra en tenir compte et employer les méthodes de calcul du dispositif d'alimentation.**

Retrait moyen (‰) : **12,5 ‰. Pour garantir le respect dimensionnel de toutes les cotes de la pièce exigées par le client, le fondeur doit connaître la valeur exacte du retrait moyen ou retrait linéaire (qui se produit uniquement à l'état solide pendant le refroidissement de la pièce jusqu'à la température ambiante).**

Question 3.3

Désignation Chimique	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Ni %	Zn %	Ti %	Autres éléments dont modificateurs %
AlSi7Mg0,3	6,7-7,3	0,14	0,02	0,04	0,30-0,40	0,02	0,04	0,10-0,15	0,0050-0,0100

Fer : une teneur en fer supérieure à celle indiquée favoriserait l'apparition de composé sous forme d'aiguilles. Celles-ci diminueraient significativement les caractéristiques mécaniques. L'alliage sera coulé dans un outillage métallique (acier donc une base de fer) et les alliages d'aluminium sont avides de fer, le fondeur devra être vigilant quant au revêtement de l'empreinte pour éviter le contact direct entre l'alliage d'aluminium coulé et le moule ferreux.

Magnésium : Pendant le traitement thermique, la présence de magnésium permet le durcissement structural par la formation d'un composé (Mg_2Si) pendant le traitement thermique. Les caractéristiques mécaniques augmentent (résistance à la traction, dureté).

Question 3.4	<p>Microporosités de type retassure.</p> <p>Indice- sensibilité : 6 - moyenne</p> <p>Défauts de type retassure concentrée.</p> <p>Indice- sensibilité : 2 - Modérée</p> <p>Origine : ce défaut est lié au retrait volumique de l'alliage pendant la solidification. Il apparait dans les dernières zones de solidification. Pour y remédier, il faut placer une masselotte (dimensionnée par calcul) sur chaque dernière zone critique.</p>
Question 3.5	<p>Étanchéité.</p> <p>Indice- aptitude : 4 - Excellente</p> <p>Justifier : ce carter de boîte de vitesse doit recevoir de l'huile (d'après l'extrait du cahier des charges) et donc répondre à une exigence d'étanchéité. Cette nuance est parfaitement adaptée pour y répondre.</p>
Question 3.6	<p>Stabilité dimensionnelle.</p> <p>Indice- aptitude : 2-Bonne ; 6- Moyenne</p> <p>Expliquer : elle dépend de l'intervalle de solidification et de la gamme de traitement thermique choisis.</p>
Question 3.7	<p>Coulabilité.</p> <p>Indice : 70 % de l'Al-Si13</p> <p>Donner les facteurs influents : la coulabilité est une propriété de fonderie importante pour éviter les défauts comme la malvenue et la reprise ce qui rebuterait d'office les pièces concernées (augmentation du taux de rebut). La coulabilité dépend de l'intervalle de solidification de la nuance : plus il est petit, meilleure est la coulabilité. La température de l'alliage a aussi une influence : plus elle est élevée, meilleure est la coulabilité. Mais attention, une température élevée favorise la formation d'oxydes ce qui diminue la coulabilité. Il faut alors procéder à un traitement métallurgique de désoxydation en introduisant un flux.</p>
Question 3.8	<p>Criquabilité.</p> <p>Indice : 4 → 0</p> <p>Expliquer : la criquabilité est lié au retrait volumique de l'alliage pendant la solidification. La crique apparait dans les angles droits ou les zones dans lesquelles les rayons de raccords sont insuffisants et à la jonction de deux parois d'épaisseur très différentes.</p>

Pour y remédier, il faut augmenter les rayons de raccordements et, avec l'accord du client, modifier localement la géométrie de la pièce afin d'avoir deux parois raccordées d'épaisseur très peu différentes.

Justifier : cette nuance est parfaitement adaptée pour éviter ce défaut, elle répond aux exigences du client.

Question 3.9 | Rm = 200 MPa

Non, cet état de traitement ne répond pas à l'exigence du client (Rm mini : 230 MPa d'après l'extrait du cahier des charges.

Question 3.10 | T6 :

Mise en solution :

Durée : 10 h

Température : 540°C

Revenu :

Durée : 6 h

Température : 150°C

Rm = 270 MPa

Ce traitement thermique « T6 : mise en solution + revenu » permet d'atteindre, voire de dépasser, la résistance maximale à la traction exigée par le client (rappel : Rm mini = 230 MPa).

PARTIE 4

Question 4.1
procédé noyau

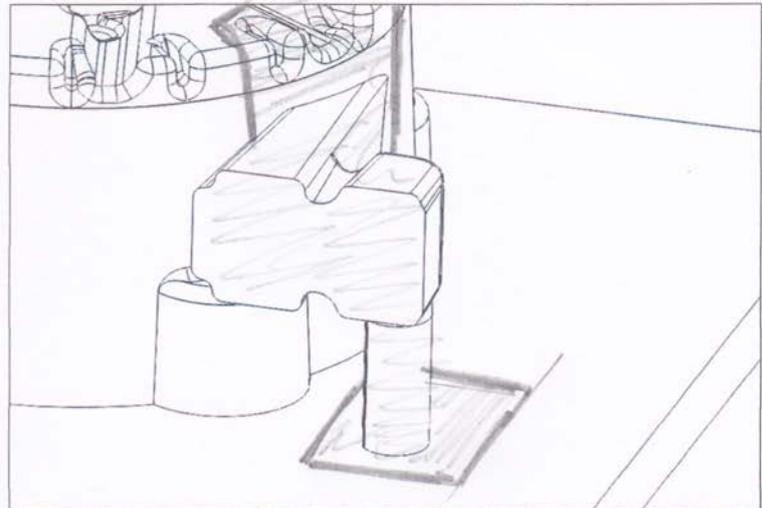
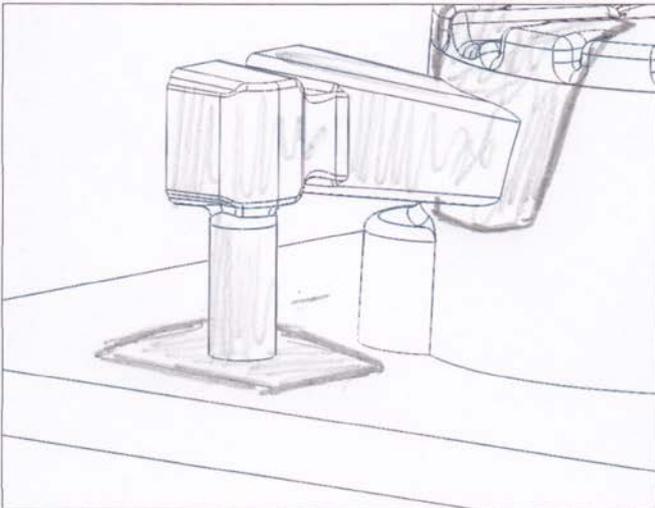
D'après le tableau DT4, compte tenu de la résistance, de la série et de l'alliage, le procédé Ashland semble le plus indiqué

Question 4.2
problème prévisible

Casse possible du noyau entre la partie massive et la partie fine cylindrique

Question 4.3
mise en place noyau

Définir 2 appuis / renforcer le noyau (*armature métallique*)



Question 4.4
rugosité

Fourchette rugosité attendue :

Moulage sable : D'après DT25 rugosité attendue Ra9 à Ra25, possible Ra4.5 à Ra9

Proposition d'amélioration :

Modifier Indice de finesse, passer le noyau à la couche

PARTIE 5

Nombre de pièces en commande **40000**

Question 5.1

OUTILLAGES			
DÉSIGNATION	Nombre	PU	TOTAL
BATI JV4ESI Tetra+	1	324 000,0 €	324 000,0 €
BOITE A NOYAUX	1	3 000,0 €	3 000,0 €
			327 000,0 €

Question 5.2

Nombre total de pièces à fabriquer :
40000 + 3% de rebut soit : **41200**

Question 5.3

MATIÈRE			
DÉSIGNATION	Nombre	PU	TOTAL
ALLIAGE	613 880	1,954 €/kg	1 199 521,5 €
SABLE + RÉSINE	21,012	585,0 €/m ³	12 292,0 €
POTEYAGE	41,2	4,0 €/L	164,8 €
			1 211 978,3 €

TRAITEMENT THERMIQUE			
DÉSIGNATION	Nombre	PU	TOTAL
TRAITEMENT THERMIQUE T6	2 223	60,0 €	133 380,0 €
			133 380,0 €

Question 5.4

COUT HORAIRE			
DÉSIGNATION	Nombre	PU	TOTAL
MOULAGE	4 577,78	120,0 €	549 333,3 €
NOYAUTAGE	1 373,33	120,0 €	164 800,0 €
FINITIONS	2 000	120,0 €	240 000,0 €
			954 133,3 €

Moulage : cadence de 9 pièces/h soit $41\ 200 / 9 = 4\ 577,78$ h
 Noyautage : cadence de 30 noyaux/h soit $41\ 200 / 30 = 1\ 373,33$ h
 Finitions : 3 min/pièce soit $41\ 200 \times 3\text{min} = 2\ 000$ h

TRANSPORT			
DÉSIGNATION	Nombre	PU	TOTAL
TRAJET CHATEAUROUX->LEIPZIG	40	1 553,5 €	62 140,0 €
			62 140,0 €

Question 5.5

Prix de revient de la production : **2 688 631,7 €**
 Prix de vente (= Prix de revient + marge) : **3 226 358 €**
 Soit prix de vente à la pièce : **80,70 €**