

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

FONDERIE

Épreuve U4 Conception préliminaire

Coefficient 4 - Durée 6 heures

Aucun document autorisé

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

Crayons de couleur recommandés

Support de moteur pour pompe à vide

Constitution du sujet :

- **Dossier Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **Mise en situation** Pages 2 et 3
 - **PARTIE 1** Pages 4 à 6
 - **PARTIE 2** Pages 6 et 7
 - **PARTIE 3** Pages 8 et 9
- **Documents Techniques (DT)** Pages 10 à 25
- **Documents Réponses (DR)** Pages 26 à 30

Le sujet comporte trois parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponses DR1 à DR5 seront à remettre (même vierges) avec les copies.

BTS FONDERIE		Session 2019	
U4 - Conception préliminaire	Code : FO4CP	Page 1/30	

Mise en situation

On souhaite faire une étude sur la réalisation en fonderie d'un support moteur faisant partie d'une pompe à vide (figure 1) :

- 1 Réservoir
- 2 Support moteur
- 3 Moteur
- 4 Arbre de transmission
- 5 Carter Machine
- 6 Pompe à palettes

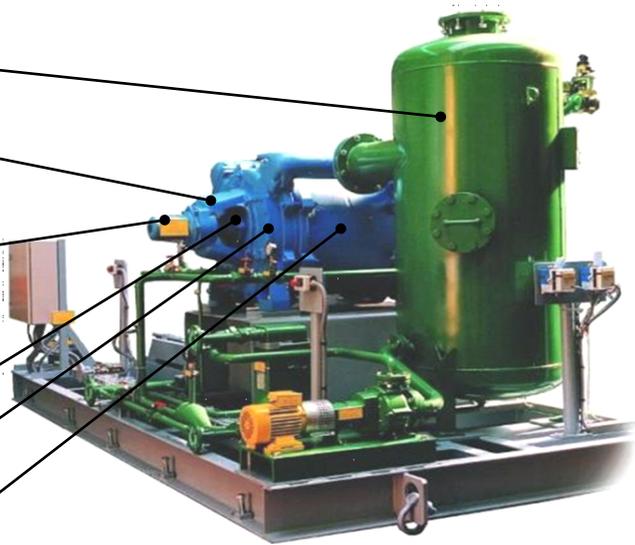


Figure 1 - Pompe à vide

Pour pomper des matières liquides ou boueuses, la mise en route de la pompe crée une dépression en aspirant l'air dans le réservoir. La pression dans la cuve du réservoir (1) devient alors inférieure à la pression atmosphérique, ce qui provoque le pompage des boues.

Le support moteur (2) permet de lier le moteur (3) à la pompe à palettes (6) via l'arbre de transmission (4). Le moteur (3) est fixé sur le support moteur (2) par un centrage court de $\varnothing 105$ H7 et 4 vis M8 à tête cylindrique à six pans creux (voir DT1). L'arbre de transmission est fixé sur le support par un centrage court de $\varnothing 96$ H7 et 3 vis M6 à tête fraisée à six pans creux. L'ensemble étant fixé sur le carter machine (5) via un centrage court de $\varnothing 172$ H7, un plot de centrage de $\varnothing 6$ et 4 vis M8 à tête cylindrique à six pans creux noyées dans le support moteur (2) à l'aide de 4 perçages, lamages.

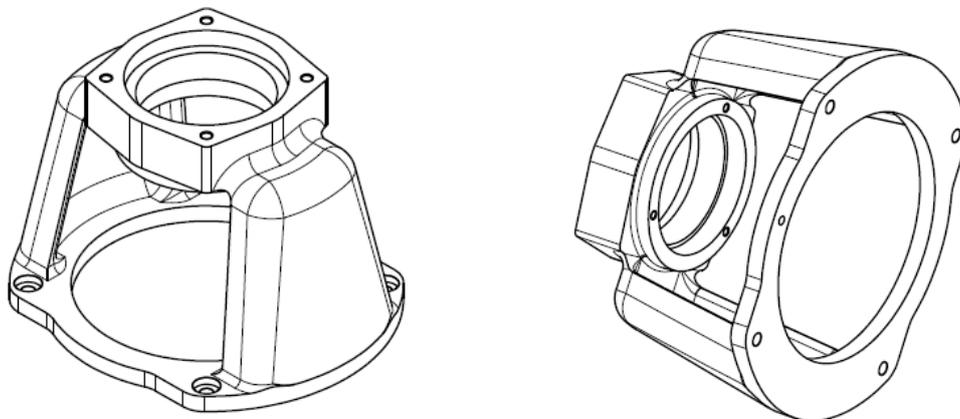


Figure 2 - Pièce étudiée

BTS FONDERIE		Session 2019
U4 - Conception préliminaire	Code : FO4CP	Page 2/30

La fonderie vous demande de réaliser l'étude de faisabilité qui permettra d'établir le devis de l'affaire dans le but de satisfaire la demande du client qui est de 240 pièces à raison de 10 pièces par mois pendant 2 ans.

La fonderie met en œuvre le procédé de moulage sable en coulée gravitaire.

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE	
Références	
Surface : 7 000 m ² dont 4 500 m ² couverts.	
Mécanique générale	Sidérurgie
Constructeurs de pompes	Cimenterie
Les alliages utilisés	
Fontes à graphite lamellaire	Aciers
Fontes à graphite sphéroïdal	Aluminiums
Moyens de mesure	
Spectrométrie avec dosage azote	Ultra-sons
Micrographie	Ressuage
Machine de traction	Magnétoscopie
Dimensionnel	
Moyens humains	
Administratif et commercial	4 personnes
Méthode, étude devis	2 personnes
Contrôle, qualité, expédition	2 personnes
Atelier, production	14 personnes
Fusion	3 personnes
Parachèvement	3 personnes
Maintenance et entretien	2 personnes

Remarque : chaque employé travaille 35 heures par semaine sur 5 jours.

Le sujet comporte 3 parties :

- partie 1 – Étude du couple matériau/procédé ;
- partie 2 – Étude de faisabilité de la pièce moulée ;
- partie 3 – Analyse de fabrication.

Partie 1 – Étude du couple matériau / procédé

On souhaite identifier le rôle que doivent jouer les surfaces fonctionnelles du support moteur par rapport à l'ensemble de la pompe à vide et valider le choix du couple matériau / procédé.

Question 1.1

Mise en situation,
DT1

DR1

Identifier, en respectant le code couleur ci-dessous, les surfaces fonctionnelles associées à la mise en position : du moteur, de l'arbre de transmission et de l'ensemble sur le carter machine.

Bleu : surfaces associées au moteur ;

Rouge : surfaces associées à l'arbre de transmission ;

Vert : surfaces associées à la fixation sur le carter.

On souhaite identifier les moyens d'obtention des surfaces associées à la fixation du moteur sur le support.

Question 1.2

DT1, DT3

Déterminer l'intervalle de tolérance des alésages $\varnothing 105$ H7 et $\varnothing 96$ H7.

Question 1.3

Décoder les spécifications géométriques suivantes (nature des éléments référencés et tolérancés, zones de tolérance, intervalles de tolérance) :

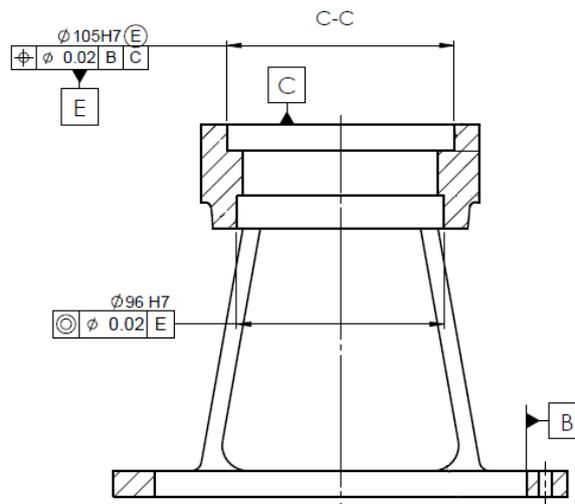


Figure 3 - Pièce partiellement cotée

Argumenter à l'aide d'un ou plusieurs schémas.

Question 1.4

DT1, DT3

Décoder la signification de la notification suivante :

Ra 6.3 sauf indication contraire.

Question 1.5

DT1, DT3

Préciser si les spécifications étudiées précédemment peuvent être respectées sur le brut de fonderie. **Justifier** votre réponse.

BTS FONDERIE		Session 2019
U4 - Conception préliminaire	Code : FO4CP	Page 4/30

Question 1.6

DT1, DT3

Dans le cas d'une réponse négative, **proposer** une solution pour respecter ces spécifications.

Afin de choisir un matériau, une étude mécanique donne une estimation de la répartition des contraintes sur le support moteur durant son utilisation.

Question 1.7

À partir de l'étude proposée ci-dessous, **donner** la contrainte maximale qui s'exerce sur le support moteur. Le client souhaite avoir un coefficient de sécurité de 2.

Calculer la limite élastique minimale du matériau pour répondre à cette exigence.

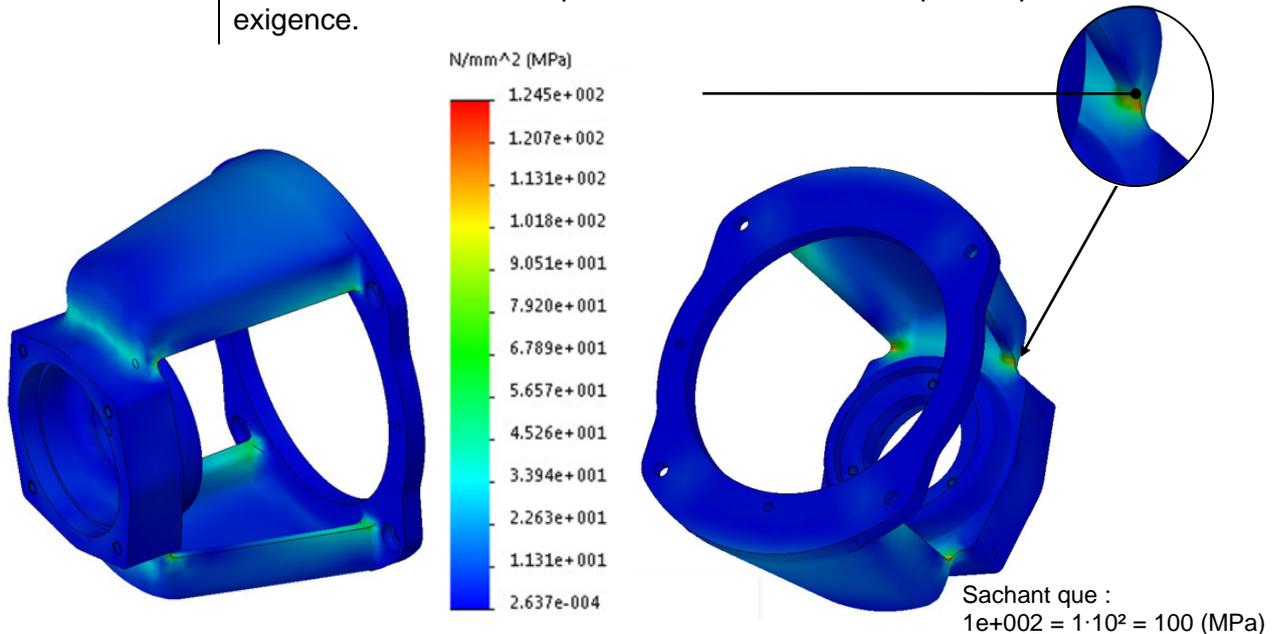


Figure 4 – Contraintes sur la pièce étudiée

Question 1.8

DT4

À partir du catalogue des nuances de matériaux que peut réaliser l'entreprise, **choisir** une nuance de fonte à graphite lamellaire, de fonte à graphite sphéroïdal, d'acier et d'alliage d'aluminium qui répondraient à ce critère de sécurité.

Question 1.9

DT4

En tenant compte du coût matière et du fait que le support moteur doit avoir une bonne résistance aux vibrations mécaniques, **déterminer** la nuance de matériau la mieux adaptée.

Pour la suite de l'étude, on choisira une fonte à graphite lamellaire : EN GJL 250.

Question 1.10

DR2

Déterminer les procédés compatibles avec la série à réaliser et **classer** ces procédés par ordre d'intérêt économique décroissant. On retiendra la valeur de coût inférieure pour une pièce (ou composant) raisonnablement simple.

Conclure sur le procédé adapté à la production en tenant compte du critère économique.

Vérifier sa compatibilité avec un Ra de 6,3 μm . **Justifier** votre réponse.

BTS FONDERIE		Session 2019
U4 - Conception préliminaire	Code : FO4CP	Page 5/30

La suite de l'étude vise à choisir le type de sable à utiliser, sachant que le procédé finalement retenu est **gravitaire sable, moulage main**.

Question 1.11 | En tenant compte de la taille de la série, **déterminer** le coût de revient du moulage associé aux deux types de sables utilisés dans l'entreprise.
DT5
DR3 | **Effectuer** le tracé sur le graphique.

Question 1.12 | En tenant compte de la taille des châssis et du volume du noyau, **déterminer** le coût de revient du recyclage du sable pour le noyau (prise chimique uniquement) et le sable de moulage (silico argileux ou prise chimique), pour l'ensemble de la série.
DT5, DT10 | Le volume de la grappe sera négligé.

Question 1.13 | **Choisir** le sable le plus économique adapté à la production.
DT5, DT10

Partie 2 – Étude de la faisabilité de la pièce moulée

Le procédé choisi est le moulage gravitaire (non permanent) à sable à prise **chimique** et le matériau utilisé est : EN GJL 250. L'objectif est de valider les formes de la pièce brute ainsi que sa dimension et sa géométrie par rapport au procédé choisi.

Question 2.1 | **Vérifier** que le raccordement entre les parois est conforme aux règles de tracé des pièces de fonderie pour les rayons de 12 et de 10. **Justifier** votre réponse.
DT2, DT3 | **Proposer** d'éventuelles modifications.

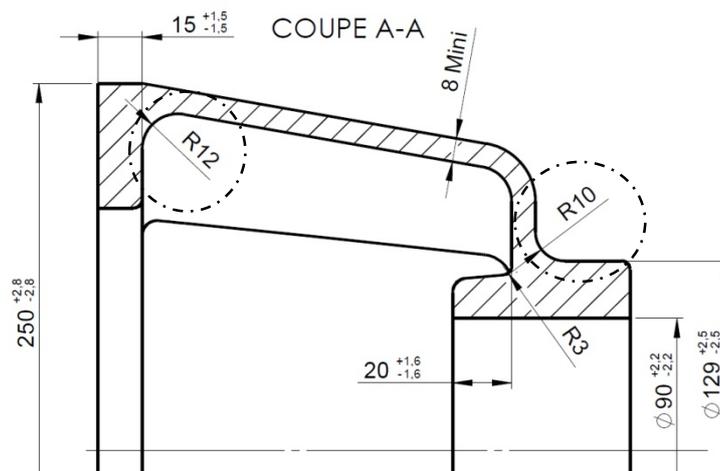


Figure 5 – rayons de raccordement

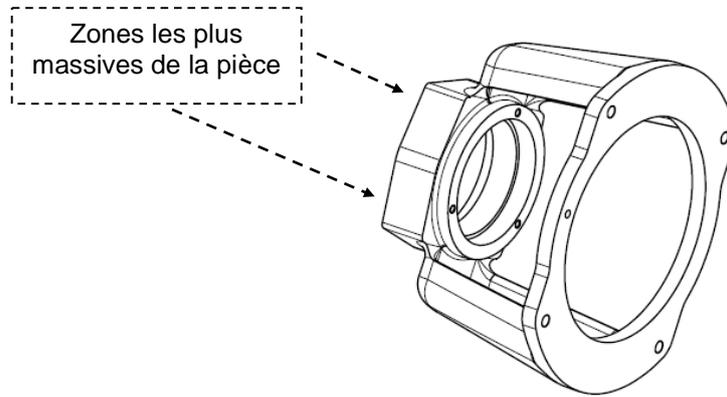


Figure 6 – Zones les plus massives de la pièce

Question 2.2

Page 5/30 (figure 3)

Un refroidissement trop lent au niveau des zones massives de la pièce engendre une perte de ses caractéristiques mécaniques estimées à 15 %. **Donner** la valeur de la contrainte attendue dans la partie la plus massive de la pièce.

Vérifier que cette contrainte reste acceptable par rapport aux attentes du client à l'aide des résultats de simulation de l'étude mécanique précédente.

Justifier votre réponse.

Question 2.3

DT2, DT3

Vérifier si l'épaisseur mini de la pièce est compatible avec l'épaisseur requise pour une pièce moulée en EN GJL 250 en moulage main et sable à prise chimique.

Justifier votre réponse.

Question 2.4

DT6

Définir les classes de tolérances dimensionnelles compatibles avec la production. **Justifier** votre réponse.

Question 2.5

DT8

Définir les classes de tolérances géométriques compatibles avec la production.

Justifier votre réponse.

Question 2.6

DT9

Définir les classes et les valeurs de surépaisseurs d'usinage compatibles avec cette production. **Justifier** votre réponse.

On imposera pour la suite de l'étude les tolérances générales suivantes :

ISO 8062-3 - DCTG 11 - GCTG 5 - RMAG G

Question 2.7

DT1, DT2, DT6 à DT9

À partir des informations disponibles et des réponses aux questions précédentes, **valider** la dimension du brut pour l'obtention de la cote usinée $\varnothing 96 H7$ à partir de la cotation de la pièce brute proposée.

Justifier votre réponse, en vous aidant d'un croquis si nécessaire.

BTS FONDERIE		Session 2019
U4 - Conception préliminaire	Code : FO4CP	Page 7/30

Partie 3 – Analyse de la fabrication

L'entreprise n'utilisera qu'un seul outillage pour répondre à la commande du client et ne sollicitera qu'un mouleur pour réaliser les moules permettant la réalisation de 10 pièces par mois pendant 2 ans.

Rappels :

- les ouvriers travaillent 7 heures par jour, l'entreprise est ouverte 5 jours sur 7 ;
- les fusions, le parachèvement et le contrôle des pièces ont lieu en fin de semaine.

On cherche à valider le dispositif de remplissage prévisionnel permettant d'obtenir la pièce à réaliser.

Question 3.1 | Sachant qu'un calcul préliminaire sur le temps de remplissage a donné une section de descente de coulée de 346 mm^2 , l'échelonnement choisi par le bureau des méthodes étant de $1 - 0.9 - 1.4$, **calculer** les autres sections du dispositif de remplissage et **compléter** le tableau.

DT10
DR4

Question 3.2 | **Comparer** ces valeurs avec les valeurs prévisionnelles pour la fabrication de l'outillage.

DT10

Donner vos conclusions sur le bon dimensionnement du dispositif de remplissage utilisé.

Afin d'adapter au mieux la gamme de fabrication prévisionnelle, on souhaite à présent déterminer la nécessité de charger le moule.

Question 3.3 | Si l'on doit charger le moule, **expliquer** les implications que cela aura sur l'organisation prévisionnelle du remmoulage.

DT10, DT11

Calculer la poussée métallo-statique qui va s'exercer sur la partie supérieure du moule. La masse des châssis sera négligée et servira de marge de sécurité.

Donner, le cas échéant, le nombre de charges à poser sur le moule avant la coulée en précisant leur masse. **Justifier** votre réponse.

On aimerait connaître le temps de fabrication d'un moule pour réaliser le support moteur et connaître notre capacité à répondre au délai de l'affaire.

Question 3.4 | **Compléter** la gamme de noyautage prévisionnelle.

DT11 et DT12
DR4

Question 3.5 | **Compléter** le tableau permettant d'organiser la réalisation du moule du support moteur.

DT12
DR5

Donner le temps global estimé à la fabrication d'un moule.

BTS FONDERIE		Session 2019
U4 - Conception préliminaire	Code : FO4CP	Page 8/30

Question 3.6 | Sachant qu'il faut 1 heure et 20 minutes pour réaliser le moule du support moteur et que le taux de rebut pour une petite série dans l'entreprise est de 5 %, **valider** la possibilité de fabriquer 10 pièces dans la semaine. **Justifier** votre réponse.

On souhaite connaître lors d'une semaine de production si le secteur fusion est capable de répondre à notre demande.

Question 3.7 | **Donner** la masse prévisionnelle de métal à couler pour fabriquer cette série de pièces par semaine.
DT10, DT11

Sur les 4 fours à induction disponibles, les deux fours de 800 kg sont utilisés pour réaliser une nuance de type GS 235. Sur les deux fours à induction restants, le premier est en maintenance et pour le second, la capacité disponible est de 25 %.

Question 3.8 | Dans les conditions ci-dessus, **valider** la possibilité de fabriquer une série de 10 pièces.
DT11
Justifier votre réponse.

Question 3.9 | **Donner** les types de contrôles que l'on pourra effectuer pendant la fusion.
DT11
Justifier leur utilité.

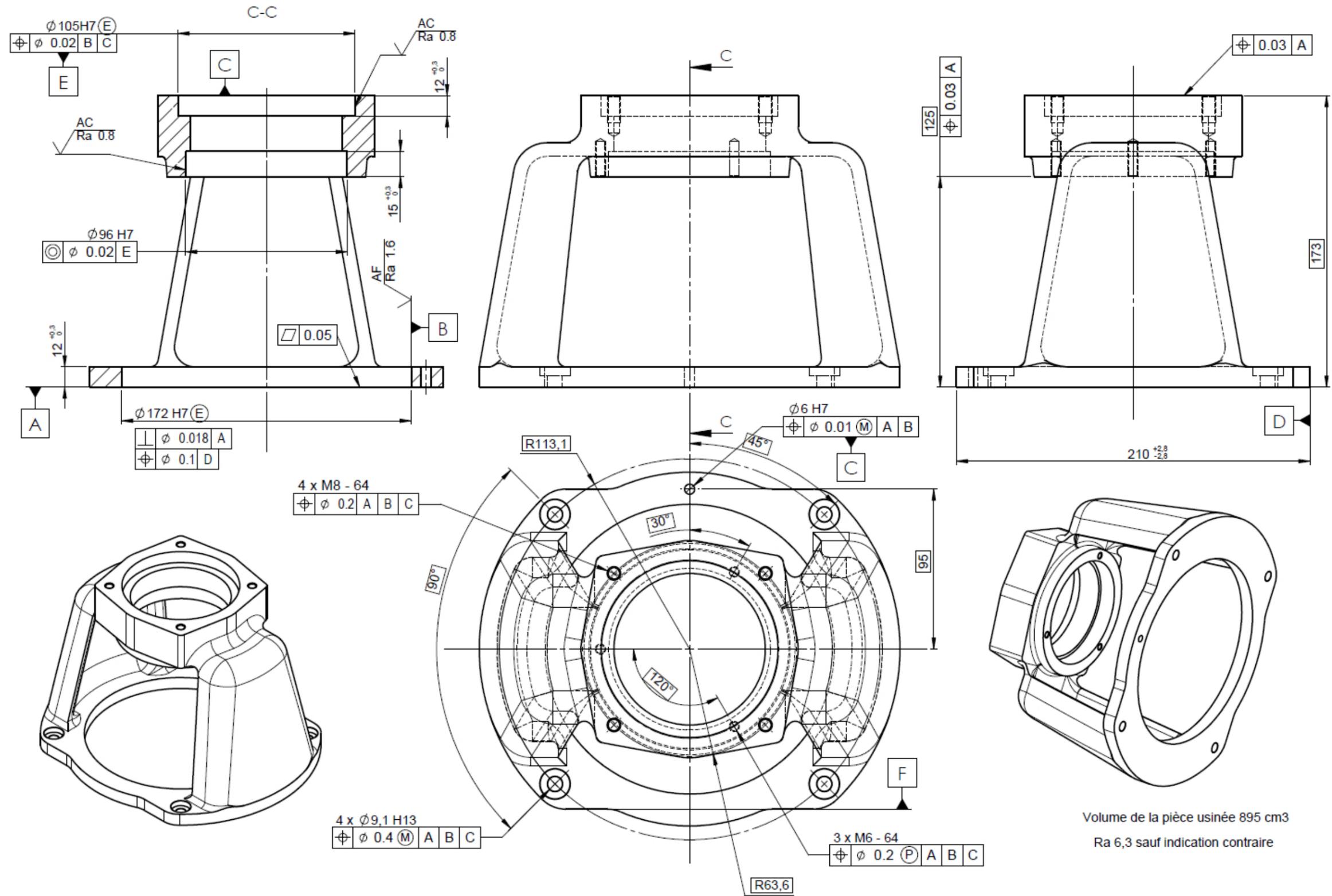
On souhaite à présent établir une synthèse des données techniques obtenues et définir certains coûts liés à notre production, afin de participer au devis de cette affaire.

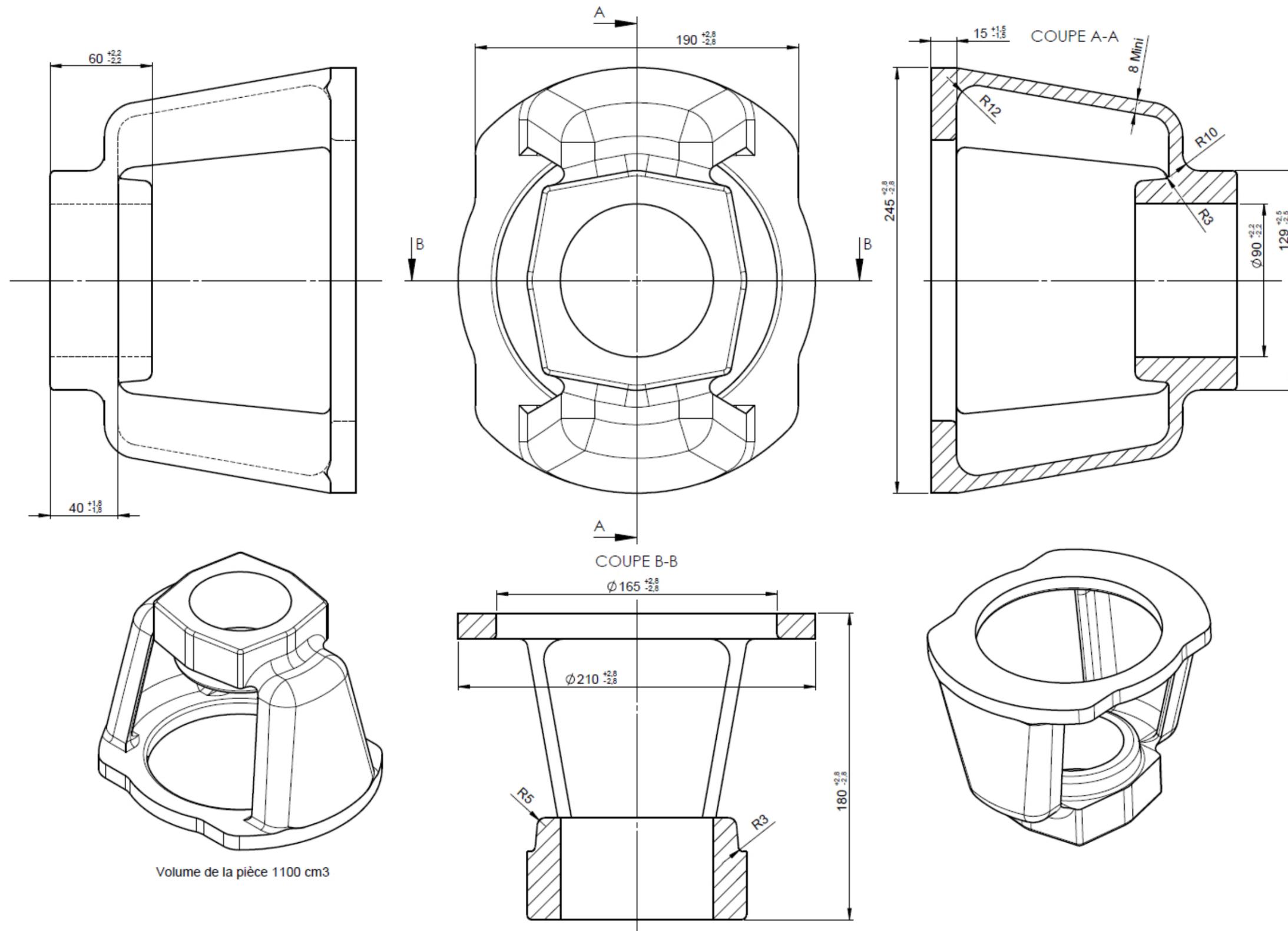
Question 3.10 | À partir du prix moyen de l'alliage, **calculer** le coût matière par pièce.
DT2 et DT4

Question 3.11 | **Donner** le coût de revient du moulage par pièce en tenant compte du recyclage.
DT5

Question 3.12 | À partir des travaux réalisés sur l'ensemble de cette étude, **fournir** au service commercial l'ensemble des informations nécessaires à la réalisation du devis pour le client.

DT1 - Support Moteur Usiné





DT3 - Écart, procédés et états de surface, raccords, épaisseurs minimales

Principaux écarts en micromètres :

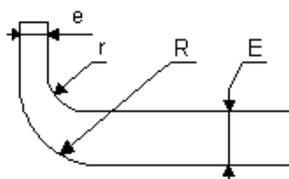
Alésages	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
D 10	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 100	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170	+ 400 + 190	+ 440 + 210	+ 480 + 230
F 7	+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50	+ 108 + 56	+ 119 + 62	+ 121 + 68
G 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 14 + 5	+ 17 + 6	+ 20 + 7	+ 25 + 9	+ 29 + 10	+ 34 + 12	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 49 + 17	+ 54 + 18	+ 60 + 20
H 6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0	+ 40 0
H 7	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0	+ 63 0
H 8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0	+ 97 0
H 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0	+ 155 0
H 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 185 0	+ 210 0	+ 230 0	+ 250 0
H 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 290 0	+ 320 0	+ 360 0	+ 400 0
H 12	+ 100 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0	+ 520 0	+ 570 0	+ 630 0
H 13	+ 140 0	+ 180 0	+ 220 0	+ 270 0	+ 330 0	+ 390 0	+ 460 0	+ 540 0	+ 630 0	+ 720 0	+ 810 0	+ 890 0	+ 970 0

Procédés d'élaboration et états de surface :

Procédé d'obtention	Rugosité moyenne Arithmétique : Ra												
	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025	
Moulage en sable	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Moulage en cire perdue	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Moulage en moule métallique	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Moulage sous pression	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Matricage à chaud	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fraisage carbure	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tournage ébauche	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tournage finition	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tournage outil diamant carbure	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Perçage au foret	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Alésage à l'outil	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Alésage à l'alésoir	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Alésage outil diamant carbure	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Brochage	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rectification de production	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rectification de précision	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rodage au rodoir	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Polissage mécanique	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Superfinition	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Galetage	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Obtention peu courante
Obtention courante

Raccordement de paroi :



$$R = E + e$$

$$r = (E + e) / 2$$

Épaisseurs minimales en moulage sable :

	Mini Absolu (mm)	(longueur + largeur) / 2					
		≤ 250	500	750	1 000	1 500	2 000
Fontes	3	4	5	6	8	10	12

DT4 - Catalogue des nuances réalisées par l'entreprise

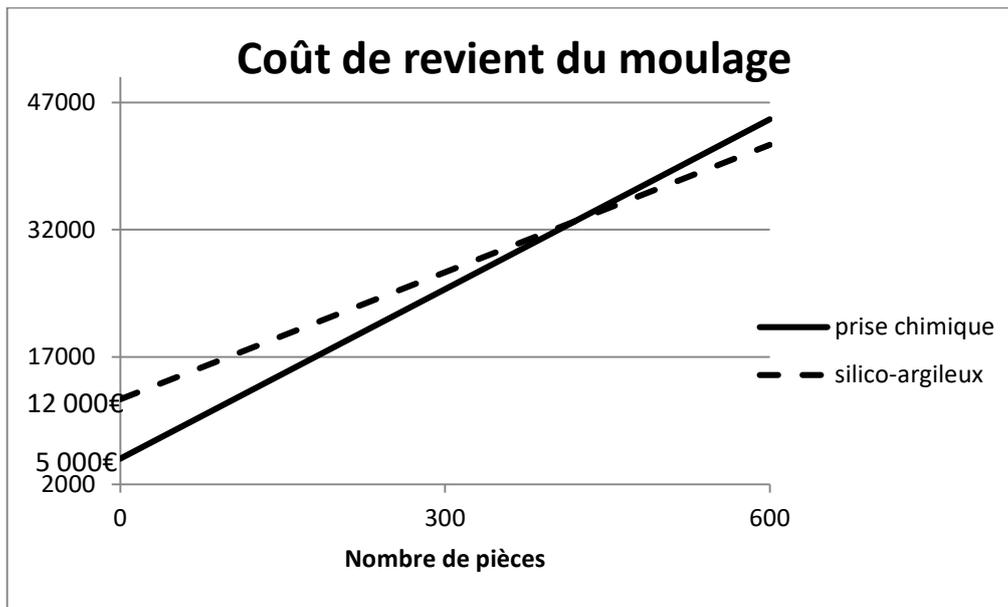
Nuance	σ_r	$\sigma_{e\ min}$	Emploi	Amortissement aux vibrations
EN AB-21000	330	200	Se moule bien, s'usine bien, ne pas utiliser en air salin	Mauvais
EN AB-43000	250	180	Se moule bien, s'usine bien, se soude bien, convient à l'air salin	
EN AB-44200	170	80	Se moule bien, se soude bien, forte teneur en silicium rend l'usinage difficile	
EN AB-51300	180	100	Excellentes aptitudes à l'usinage, au soudage, au polissage. Résiste bien à l'air salin	
GS 185	290	185	Constructions mécaniques et métalliques générales, ne convient pas au traitement chimique	Correct
GS 235	340	235		
GS 275	410	275		
GS 355	490	355		
EN GJS 350 22	350		Bonne usinabilité (Vannes, vérins...)	Correct
EN GJS 400 18	400			
EN GJS 450 15	450			
EN GJS 500 7	500			
EN GJL 150	150		Bonne moulabilité, bonnes caractéristiques mécaniques et bonne résistance aux frottements (Carter, bloc moteur...)	Bon
EN GJL 200	200			
EN GJL 250	250			
EN GJL 300	300			

Acier GS	1
Fonte GJS	1
Fonte GJL	0.6
Aluminium	5

Prix relatifs approximatifs à masses égales

Prix de l'acier moyen 430 € la tonne

DT5 - Coût de revient du moulage



Le coût de revient minimum d'un outillage pour une fabrication en sable silico argileux est de 12 000 €

Le coût de revient minimum d'un outillage pour une fabrication en sable à prise chimique est de 5 000 €

Comparatif entre le sable silico-argileux et sable à prise chimique :

Sable	Silico Argileux	Prise Chimique
Propriété mécanique	Correcte	Très bonne
Pièce de faible dimension <i>10 à 800 mm</i>	Adapté	Adapté
Pièce de grande dimension	Non adapté	Adapté
Petite série	Adapté	Adapté
Moyenne série	Adapté	Adapté
Grande série	Adapté	Adapté <i>Pour de petites pièces</i>
Coût au recyclage	80 € la tonne	100 € la tonne

Ces sables sont recyclables :

- le sable silico-argileux par dépoussiérage, ajout d'argile, ajout de sable neuf et ajout d'eau ;
- le sable à prise chimique par calcination, broyage dépoussiérage.

Après ces opérations, ils sont réintroduits dans des silos de stockage ou des trémies pour être de nouveau utilisés. Cependant, il est souvent nécessaire, dans le cas du sable à prise chimique, d'utiliser du sable neuf au contact de la pièce, le sable recyclé servant à remplir les zones du moule sans contact avec le métal ; ou bien d'incorporer une certaine proportion de sable neuf au mélange.

DT6 - Classe de tolérances dimensionnelles des bruts de fonderie

(Extrait de la norme ISO 8062-3 :2007)

Classes de tolérances dimensionnelles des pièces moulées pour une production en petite série ou à l'unité de pièces moulées brutes de fonderie.

Méthode	Matériau de moulage	Classe de tolérance dimensionnelle (DCTG) pour les métaux et alliages coulés							
		Acier	Fonte grise	Fonte à graphite sphéroïdal	Fonte malléable	Alliages de cuivre	Alliages de métaux légers	Alliages à base de nickel	Alliages à base de cobalt
Moulage en sable, moulage main	Sable lié à la bentonite	13 à 15	13 à 15	13 à 15	13 à 15	13 à 15	11 à 13	13 à 15	13 à 15
	Sable lié chimiquement	12 à 14	11 à 14	11 à 14	11 à 14	10 à 13	10 à 13	12 à 14	12 à 14

NOTE Les valeurs figurant dans ce tableau s'appliquent généralement aux cotes nominales supérieures à 25 mm. Pour les cotes inférieures, on peut normalement, d'un point de vue économique et pratique, tenir des tolérances plus serrées, comme suit:

- cote nominale jusqu'à 10 mm: trois classes inférieures;
- cotes nominale comprises entre 10 mm et 16 mm: deux classes inférieures;
- cotes nominale comprises entre 16 mm et 25 mm: une classe inférieure.

Classes de tolérances dimensionnelles des pièces moulées pour une production en grande série, ou en masse de pièces moulées brutes de fonderie.

Méthode	Classe de tolérance dimensionnelle (DCTG) pour les métaux et alliages coulés									
	Acier	Fonte grise	Fonte à graphite sphéroïdal	Fonte malléable	Alliages de cuivre	Alliages de zinc	Alliages de métaux légers	Alliages à base de nickel	Alliages à base de cobalt	
Moulage en sable, moulage main	11 à 14	11 à 14	11 à 14	11 à 14	10 à 13	10 à 13	9 à 12	11 à 14	11 à 14	
Moulage en sable, moulage machine et moulage en carapace	8 à 12	8 à 12	8 à 12	8 à 12	8 à 10	8 à 10	7 à 9	8 à 12	8 à 12	
Moule métallique permanent (à l'exception de la coulée sous pression)	—	7 à 9	7 à 9	7 à 9	7 à 9	7 à 9	6 à 8	—	—	
Coulée sous pression	—	—	—	—	6 à 8	3 à 6	b	—	—	
Moulage de précision (cire perdue)	a	a	a	—	a	—	a	a	a	

NOTE 1 Les classes de tolérances indiquées sont celles qui peuvent être normalement tenues pour les pièces moulées produites en grandes séries et lorsque les facteurs de production qui influencent la précision dimensionnelle du moulage ont été complètement mis au point.

NOTE 2 Pour les pièces moulées complexes, il est recommandé de prendre une classe de tolérance plus large.

a Pour les moulages de précision, suivant la plus grande dimension hors tout, on applique ce qui suit:

- ≤ 100 mm: classe 4 à 6
- > 100 mm ≤ 400 mm: classe 4 à 8
- > 400 mm: classe 4 à 9.

b La plus grande dimension hors tout a une forte influence sur le choix de la classe de tolérance. Les classes de tolérance DCTG suivantes sont recommandées pour la plus grande dimension hors tout:

- ≤ 50 mm: DCTG 6
- > 50 mm ≤ 180 mm: DCTG 7
- > 180 mm ≤ 500 mm: DCTG 8
- > 500 mm: DCTG 9.

DT7 - Tolérances dimensionnelles (en mm) sur les cotes nominales brutes de fonderie

(Extrait de la norme ISO 8062-3 :2007)

Classes de tolérances dimensionnelles linéaires de pièce moulée (DCT, en mm).

Cotes nominales de la pièce brute		Tolérances dimensionnelles linéaires pour la classe de tolérance dimensionnelle (DCTG) ^a															
		DCTG 1	DCTG 2	DCTG 3	DCTG 4	DCTG 5	DCTG 6	DCTG 7	DCTG 8	DCTG 9	DCTG 10	DCTG 11	DCTG 12	DCTG 13	DCTG 14	DCTG 15	DCTG 16 ^b
—	≤ 10	0,09	0,13	0,18	0,26	0,36	0,52	0,74	1	1,5	2	2,8	4,2	—	—	—	—
> 10	≤ 16	0,1	0,14	0,2	0,28	0,38	0,54	0,78	1,1	1,6	2,2	3	4,4	—	—	—	—
> 16	≤ 25	0,11	0,15	0,22	0,3	0,42	0,58	0,82	1,2	1,7	2,4	3,2	4,6	6	8	10	12
> 25	≤ 40	0,12	0,17	0,24	0,32	0,46	0,64	0,9	1,3	1,8	2,6	3,6	5	7	9	11	14
> 40	≤ 63	0,13	0,18	0,26	0,36	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	10	12	16
> 63	≤ 100	0,14	0,2	0,28	0,4	0,56	0,78	1,1	1,6	2,2	3,2	4,4	6	9	11	14	18
> 100	≤ 160	0,15	0,22	0,3	0,44	0,62	0,88	1,2	1,8	2,5	3,6	5	7	10	12	16	20
> 160	≤ 250	—	0,24	0,34	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	14	18	22
> 250	≤ 400	—	—	0,4	0,56	0,78	1,1	1,6	2,2	3,2	4,4	6,2	9	12	16	20	25
> 400	≤ 630	—	—	—	0,64	0,9	1,2	1,8	2,6	3,6	5	7	10	14	18	22	28
> 630	≤ 1 000	—	—	—	—	1	1,4	2	2,8	4	6	8	11	16	20	25	32
> 1 000	≤ 1 600	—	—	—	—	—	1,6	2,2	3,2	4,6	7	9	13	18	23	29	37
> 1 600	≤ 2 500	—	—	—	—	—	—	2,6	3,8	5,4	8	10	15	21	26	33	42
> 2 500	≤ 4 000	—	—	—	—	—	—	—	4,4	6,2	9	12	17	24	30	38	49
> 4 000	≤ 6 300	—	—	—	—	—	—	—	—	7	10	14	20	28	35	44	56
> 6 300	≤ 10 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	16	23	32	40	50	64

^a Pour les épaisseurs de paroi des classes DCTG 1 à DCTG 15, la classe immédiatement supérieure s'applique (voir Article 7).
^b La classe DCTG 16 n'existe que pour les épaisseurs de paroi des pièces moulées généralement spécifiées en DCTG 15.

- Par défaut, pour les dimensions, la tolérance de la pièce moulée doit être disposée symétriquement par rapport à la cote nominale (c'est-à-dire avec une moitié du côté positif et une moitié du côté négatif).
- Si l'acheteur et le fabricant en sont d'accord, pour des raisons particulières, la tolérance de la pièce moulée peut être asymétrique. Dans un tel cas, la tolérance de la pièce moulée doit être indiquée individuellement, conformément à l'ISO 286-1 et à l'ISO 14405, à la suite de la cote nominale de la pièce brute de fonderie.
- Par défaut, la tolérance pour l'épaisseur de paroi dans les classes DCTG 1 à DCTG 15 doit être plus élevée d'une unité par rapport à la tolérance générale indiquée pour les autres dimensions. Par exemple, si, sur un dessin, une tolérance générale de DCTG 10 est spécifiée, la tolérance sur les épaisseurs de paroi doit être de classe DCTG 11.
- Exemple d'indication sur un dessin :

Tolérances générales ISO 8062-3 — DCTG 12.

DT8 - Classes de tolérances géométriques des bruts de fonderie

(Extrait de la norme ISO 8062-3 :2007)

Tableau A.3 — Classes de tolérances géométriques pour pièces moulées

Méthode	Classe de tolérance géométrique (GCTG) pour les métaux et alliages coulés								
	Acier	Fonte grise	Fonte à graphite sphéroïdal	Fonte malléable	Alliages de cuivre	Alliages de zinc	Alliages de métaux légers	Alliages à base de nickel	Alliages à base de cobalt
Moulage en sable, moulage main	6 à 8	5 à 7	5 à 7	5 à 7	5 à 7	5 à 7	5 à 7	6 à 8	6 à 8
Moulage en sable, moulage machine et moulage en carapace	5 à 7	4 à 6	4 à 6	4 à 6	4 à 6	4 à 6	4 à 6	5 à 7	5 à 7
Moule métallique permanent (à l'exception de la coulée sous pression)	—	—	—	—	3 à 5	—	3 à 5	—	—
Coulée sous pression ^b	—	—	—	—	2 à 4	2 à 4	2 à 4	—	—
Moulage de précision (cire perdue)	a	3 à 5	3 à 5	3 à 5	3 à 5	2 à 4	3 à 5	a	a
<p>^a Pour les moulages de précision, suivant la plus grande dimension hors tout, on applique ce qui suit:</p> <p>— ≤ 100 mm: classe 4 à 6;</p> <p>— > 100 mm ≤ 400 mm: classe 4 à 8;</p> <p>— > 400 mm: classe 4 à 9.</p> <p>^b Pour les moulages de précision, on applique ce qui suit:</p> <p>— Classe GCTG 2: à n'utiliser que par accord spécial;</p> <p>— Classe GCTG 3: pièces moulées ordinaires, sans coulisseaux latéraux pour la forme extérieure;</p> <p>— Classe GCTG 4: pièces moulées complexes et pièces moulées avec coulisseaux latéraux pour la forme extérieure.</p>									

Note :

Il n'est pas donné de valeurs de GCT pour la classe GCTG 1. Cette classe est réservée à des valeurs plus faibles dont on peut avoir besoin dans le futur.

- Exemple d'indication sur un dessin :
 - Tolérances générales ISO 8062-3 - GCTG 7.

DT9 - Classes et valeurs de surépaisseurs d'usinage sur les bruts de fonderie

(Extrait de la norme ISO 8062-3 :2007)

Tableau B.1 — Classes typiques de surépaisseurs d'usinage spécifiées pour pièces moulées brutes

Méthode	Classe de surépaisseur d'usinage spécifiée, RMAG Métaux et alliages coulés								
	Acier	Fonte grise	Fonte à graphite sphéroïdal	Fonte malléable	Alliages de cuivre	Alliages de zinc	Alliages de métaux légers	Alliages à base de nickel	Alliages à base de cobalt
Moulage en sable, moulage main	G à K	F à H ^a	F à H ^a	F à H	F à H	F à H	F à H ^a	G à K	G à K
Moulage en sable, moulage machine et moulage en carapace	F à H	E à G	E à G	E à G	E à G	E à G	E à G	F à H	F à H
Moule métallique permanent (à l'exception de la coulée sous pression)	—	D à F	D to F	D à F	D à F	D à F	D à F	—	—
Coulée sous pression	—	—	—	—	B à D	A à D	B à D	—	—
Moulage de précision (cire perdue)	E	E	E	—	E	—	E	E	E

^a Pour des pièces moulées avec une plus grande dimension hors tout supérieure à 6 300 mm, on applique F à K.

Note : Avec le moulage au sable, les surfaces du dessus peuvent nécessiter davantage de surépaisseur d'usinage que les autres surfaces. Pour de telles surfaces, une classe de RMA plus élevée peut être choisie.

Tableau 7 — Surépaisseur d'usinage spécifiée

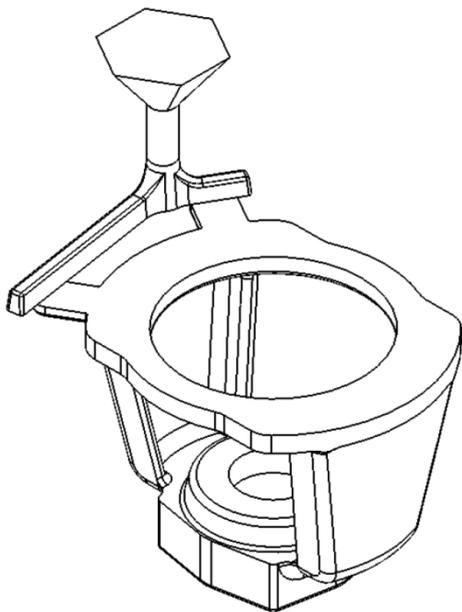
Dimensions en millimètres

Plus grande dimension hors tout		Surépaisseur d'usinage pour la classe de surépaisseur d'usinage spécifiée (RMAG)									
		RMAG A	RMAG B	RMAG C	RMAG D	RMAG E	RMAG F	RMAG G	RMAG H	RMAG J	RMAG K
—	≤ 40	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	1	2
> 40	≤ 63	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,4	3
> 63	≤ 100	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
> 100	≤ 160	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,5	2,2	3	4	6
> 160	≤ 250	0,3	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8
> 250	≤ 400	0,4	0,7	0,9	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10
> 400	≤ 630	0,5	0,8	1,1	1,5	2,2	3	4	6	9	12
> 630	≤ 1 000	0,6	0,9	1,2	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
> 1 000	≤ 1 600	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8	11	16
> 1 600	≤ 2 500	0,8	1,1	1,6	2,2	3,2	4,5	6	9	13	18
> 2 500	≤ 4 000	0,9	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14	20
> 4 000	≤ 6 300	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8	11	16	22
> 6 300	≤ 10 000	1,1	1,5	2,2	3	4,5	6	9	12	17	24

- Exemple d'indication sur un dessin :

Tolérances générales ISO 8062-3 - DCTG 12 - RMA 6 (RMAG H).

DT10 - Données prévisionnelles sur le moulage



Moulage de la pièce selon un joint plan ;

Moulage vertical en châssis, empreinte remplie en chute ;

Le dispositif de remplissage calculé a donné une section de descente de coulée de 346 mm² ;

L'échelonnement choisi est de 1 - 0.9 - 1,4 ;

Aucune masselotte ne sera nécessaire ;

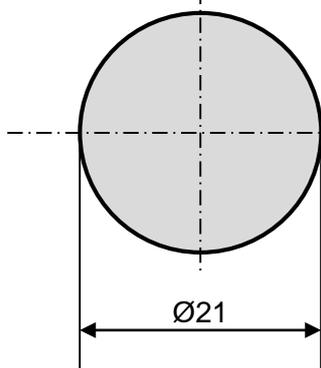
Retrait à prévoir :

10 ‰ dans toutes les directions et les dépouilles seront de 2 % ;

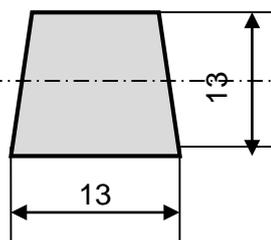
Pas d'évents ;

Surface de métal en contact avec la partie supérieure du moule est de 24 017 mm².

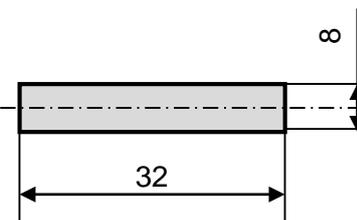
Descente prévisionnelle



Chenal prévisionnel



Attaque prévisionnelle



Rappels :

$$S_c = 0,9 \times c^2 \quad \text{et} \quad S_a = a \times b$$

$$\text{Avec } a = 4 \times b$$

Volumes utiles :

$$V_{\text{grappe}} = 1\,298 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{noyau}} = 4\,562,4 \text{ cm}^3$$

Masses volumiques usuelles :

$$\rho_{\text{fonte liquide}} = 6\,900 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$\rho_{\text{fonte solide}} = 7\,200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$\rho_{\text{des sables}} = 1\,500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Matériau du modèle	Bois
Nombre	1
Classe	H2
Format des châssis	
Dessous (mm)	1 de 400 x 400 x 250
Dessus (mm)	1 de 400 x 400 x 125
Poids du moule estimé	À calculer
Machine ou Manuel	Manuel
Sable	À définir

POSTE DE NOYAUTAGE ET MOULAGE	
Flux entrants	<ul style="list-style-type: none"> - Sable - Résines furaniques, phénoliques et polyuréthanes, silicate ester - Catalyseurs - Enduits à alcool - Modèles polystyrène étuvés - Modèles bois et résine - Boîtes à noyaux bois et résine - Châssis : <ul style="list-style-type: none"> 400 x 400 x 125 et 250 500 x 500 x 125 et 250 800 x 800 x 160 et 315 1 000 x 1 000 x 200 et 315 1 600 x 1 250 x 250 et 400 2 000 x 1 600 x 250 et 400 - Crampes et poids de charge disponible : 10, 15, 20, 25 et 30 kg
Opération	- Moulage par prise d'empreinte des modèles et des boîtes à noyaux
Équipements	<ul style="list-style-type: none"> - Malaxeur continu BORDEN d'une capacité de 2 T/h et 10 T/h au noyautage - Malaxeur continu BORDEN d'une capacité de 30 T/h au moulage - Les malaxeurs sont alimentés directement en résine furanique ou phénolique - Silos de sables neufs de 60 T - Silos de sables recyclés de 40 T
Flux sortants	<ul style="list-style-type: none"> - Rebut de noyaux - Fond de malaxeur - Emballages souillés - Noyaux sains - Moules prêts à être remmoulés

POSTE DE REMMOULAGE	
Flux entrants	<ul style="list-style-type: none"> - Moules et noyaux - Enduits à l'alcool
Opérations	<ul style="list-style-type: none"> - Mise de la couche - Séchage par auto combustion - Mise en place des noyaux - Fermeture des moules - Mise en place sur site de coulée
Équipement	- Citerne d'enduit à l'alcool
Flux sortants	<ul style="list-style-type: none"> - Excédent d'enduit à l'alcool - Moules prêts à être coulés

POSTE DE PRÉPARATION DES CHARGES ET FERRO ALLIAGES	
Flux entrants	- Fontes neuves et recyclées - Acier - Ferrailles - Ferro-alliages de toutes natures
Opération	- Préparer les alliages en fonction du métal à couler
Équipements	- Benne de chargement - Électro-aimant d'une capacité de 2,5 T
Flux sortants	- Poussières - Benne chargée pour la fusion

POSTE DE FUSION	
Flux entrants	- Matières premières - Charges métalliques - Ferro-alliages - Agent de décarburage - Réfractaires, Béton - Sphéroidisants - Moules prêts à être coulés
Opération	- Coulée du métal en fusion dans le moule
Équipements	- Deux fours à induction de 800 kg - Deux fours à induction de 500 kg - Un four sous vide de 900 kg - Hottes mobiles – ventilateur d'aspiration - Filtres à manches - Des poches de coulée - Deux chauffeuses poches à gaz - Un laboratoire d'analyse chimique - Cannes pyrométriques
Flux sortants	- Réfractaires usés - Poussières filtrées - Manchons usés - Fumées - Moules coulés prêts pour le décochage

POSTE DE DÉCOCHAGE	
Flux entrants	- Moules coulés
Opération	- Enlever les pièces coulées et refroidir les moules
Équipements	- Deux décocheuses - Ventilation d'aspiration - Filtres à manches
Flux sortants	- Sable usé - Déchets de déferrage - Manchons usés - Pièces brutes de fonderie

ENVIRONNEMENT

Les eaux pluviales et les purges sont prétraitées sur place par 2 bassins de décantation de 50 et 150 m³ et séparateur d'hydrocarbures avant rejet au milieu collecteur.

La société est une ICPE soumise à autorisation par arrêté d'exploitation délivré en décembre 1991 et renouvelé en 2007.

La fonderie a signé une convention d'évacuation et de traitement des déchets tels que : les pots de peinture vides, le bois, le sable et les scories.

POSTE DE MODELAGE

Flux entrants	- Bois, résines - Durcisseur - Colle - Mastique - Polystyrène - Peinture
Opération	- Mise au point et Création de modèle suivant plan
Équipement	- L'ensemble des machines de modelage traditionnelles
Flux sortants	- Emballages souillés - Fonds de résines - Durcisseurs - Colles - Peintures - Mastiques - Poussières de bois filtrées - Filtres souillés - Chutes de polystyrène - Poussières - Outils usés - Modèles polystyrène terminés - Modèles bois terminés

POSTE DE PARACHÈVEMENT (ÉBARBAGE)

Flux entrants	- Disques abrasifs - Grenaille - Pièces brutes de fonderie
Opérations	- Séparation des jets et des masselottes – Grenailage - Parachèvement des pièces
Équipements	- Deux grenailleuses à plateaux - Crochets d'une force de 5 000 et 8 000 daN - Tronçonneuses - Cabine de travail avec aspiration
Flux sortants	- Retour à recycler - Particules de tronçonnage - Disques usés - Sable de grenailage - Poussières filtrés - Déchets de grenaille - Pièces brutes de fonderie parachevées

POSTE DE TRAITEMENT THERMIQUE

Flux entrants	- Pièces parachevées
Opération	- Faire subir un traitement thermique afin de garantir les caractéristiques mécaniques exigées
Équipements	- Deux fours électriques de traitement thermique - Une cuve de trempé à l'eau
Flux sortants	- Pièces traitées

POSTE CONTROLE QUALITÉ

Flux entrants	- Pièces parachevées
Opération	- Contrôle des pièces avant expédition
Équipements	- Moyens de contrôle traditionnels : Pied à coulisse - Spectromètre - Machine de traction, de dureté - Poste de ressuage, Ultrasons - Radiographie
Flux sortants	- Pièces contrôlées

POSTE DE PEINTURE

Flux entrants	- Peintures - Solvants - Nettoyants - Pièces parachevées
Opération	- Mise en peinture
Équipement	- Un pistolet à air comprimé
Flux sortants	- Emballages de peinture - Absorbants souillés - Pièces terminées prêtes à l'expédition ou au conditionnement

POSTE DE CONDITIONNEMENT

Flux entrants	- Palettes - Gaine thermo-rétractable - Pièces terminées
Opération	- Conditionner les pièces avant expédition
Équipement	- Un pistolet à flamme pour thermo-rétractable
Flux sortants	- Emballages souillés - Pièces conditionnées

DT12 - Gamme de fabrication prévisionnelle (feuille 1/2)

M : Moulage			
Tâche	Étape	Désignation	Temps estimé en minute
M1	1	Contrôler l'état général du modèle	3
	2	Passer un agent démoulant sur le modèle	5
	3	Enlever la portée supérieure	3
	4	Poser le modèle sur la bride du bas, sur un marbre	
	5	Mettre en place le châssis de dessous	
	6	Emballer le sable à prise chimique, serrer, vibrer	5
	7	Racler la partie supérieure de cette partie de moule	
M2	8	Attendre le durcissement	-
	9	Pendant la prise, faire le noyau (voir fiche d'instruction de noyautage)	
M3	10	Après le durcissement, retourner le dessous	1
	11	Positionner la portée de dessus	3
	12	Mettre en place le châssis de dessus en repérant convenablement les bagues rondes et les bagues ovales.	
	13	Placer le modèle du chenal et la descente de coulée	
	14	Emballer le dessus	5
	15	Racler	
M4	16	Attendre le durcissement	-
	17	Pendant la prise, finir le noyau (voir fiche d'instruction de noyautage)	
M5	18	Ouvrir le moule en soulevant le dessus	5
	19	Démouler la portée du dessus	
	20	Démouler le modèle du dessous	3
	21	Contrôler l'état général de l'empreinte	
	22	Tailler les attaques de coulée, les chanfreins et rayons de raccordement.	5
	23	Souffler l'empreinte	
	24	Passer le moule à la couche	6
	25	Laisser sécher convenablement la couche.	

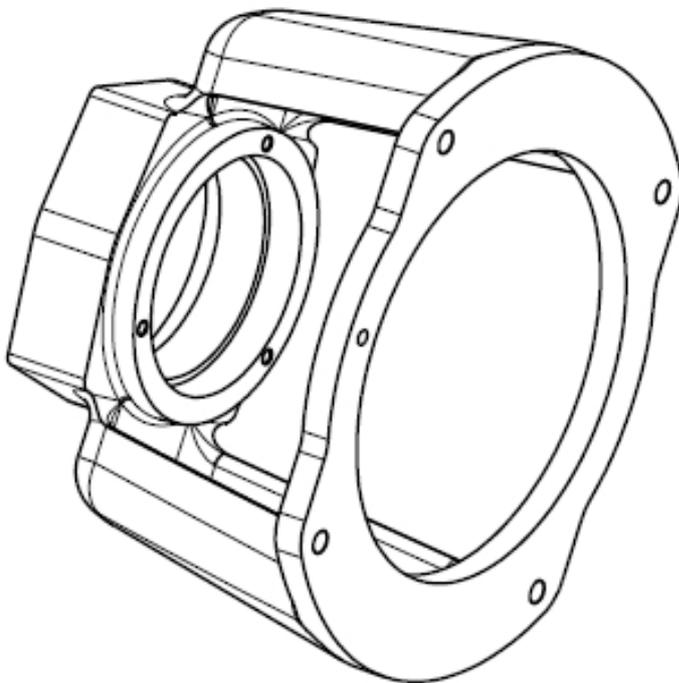
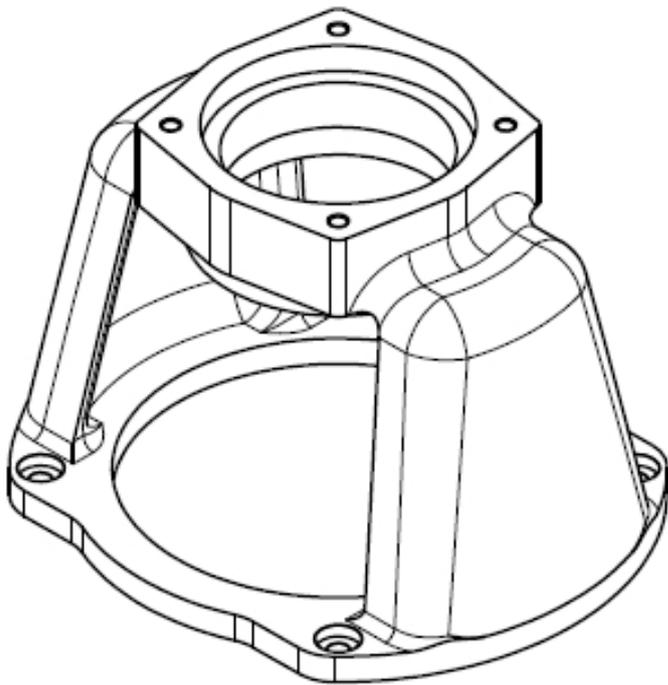
DT12 - Gamme de fabrication prévisionnelle (feuille 2/2)

R : Remmoulage Temps estimé 15 mn		
Étape	Désignation	Temps estimé <small>en minute</small>
1	Remmoulage à blanc	5
2	Descendre le noyau dans le dessous	
3	Vérifier les épaisseurs	
4	Mettre un cône de talc sur la portée supérieure du noyau	
5	Fermer le moule avec le dessus	
6	Ouvrir de nouveau le moule et vérifier le bon appui de la portée supérieure (présence de talc sur l'empreinte supérieure de la portée)	
7	Remmoulage définitif	10
8	Souffler une dernière fois l'empreinte	
9	Fermer le moule	
10	Cramper et charger le moule	
11	Amener le moule sur l'aire de coulée	
12	Repérer le moule : N° pièce, alliage, masse de la grappe, température de coulée...	

E : Ébarbage Temps estimé 40 mn		
Étape	Désignation	Temps estimé
1	Après coulée et refroidissement de la pièce, décocher le moule	5
2	Débourrer le noyau	6
3	Grenailer la grappe	10
4	Contrôler la grappe	4
5	Couper les attaques de coulée et les événements	2
6	Ébavurer la pièce	7
7	Contrôler la pièce	6

DR1 – Document réponse 1

Question 1.1



Rappel : code couleur à utiliser :

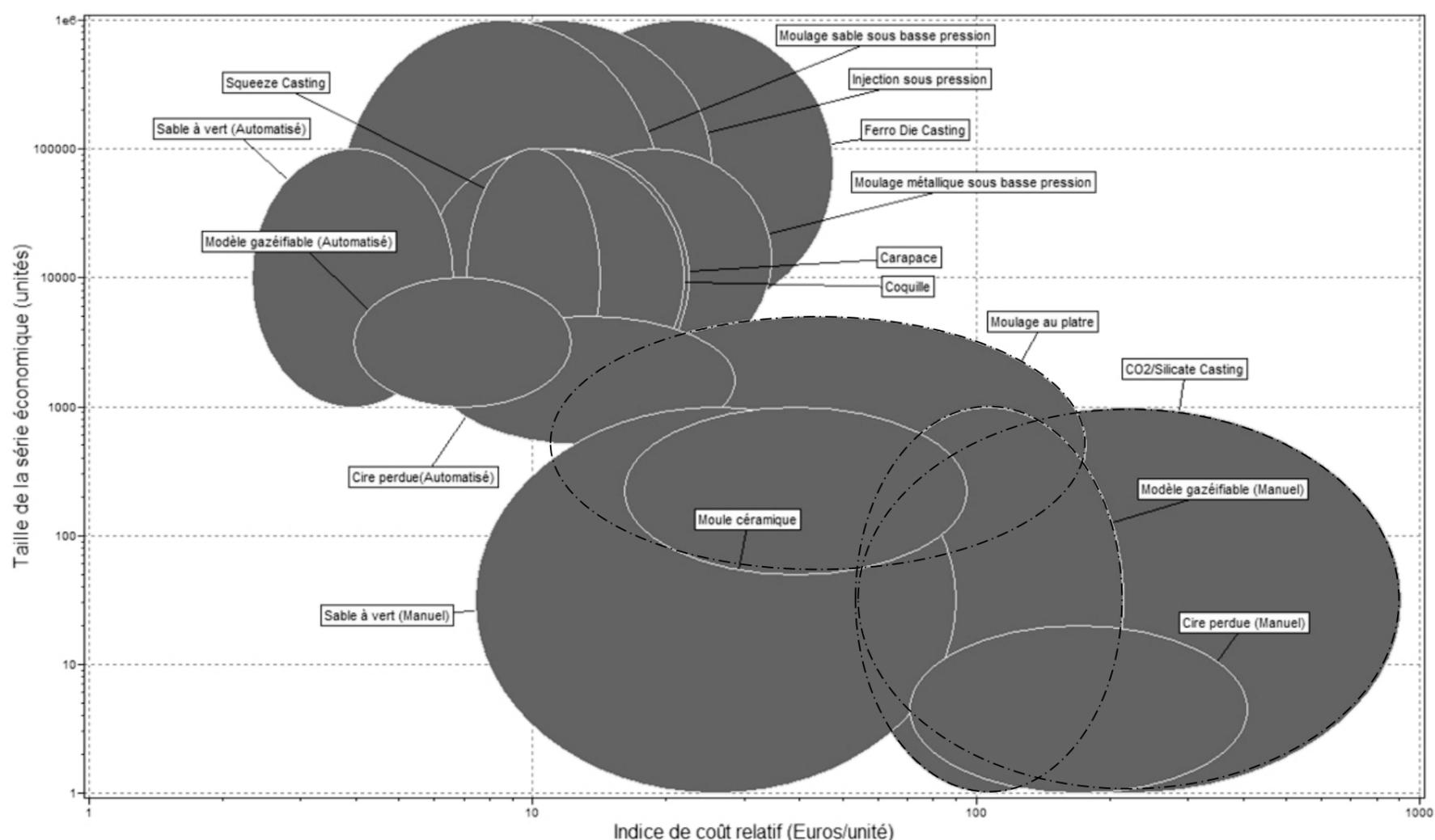
- Bleu : surfaces associées au moteur
- Rouge : surfaces associées à l'arbre de transmission
- Vert : surfaces associées à la fixation sur le carter

BTS FONDERIE		Session 2019
U4 - Conception préliminaire	Code : FO4CP	Page 26/30

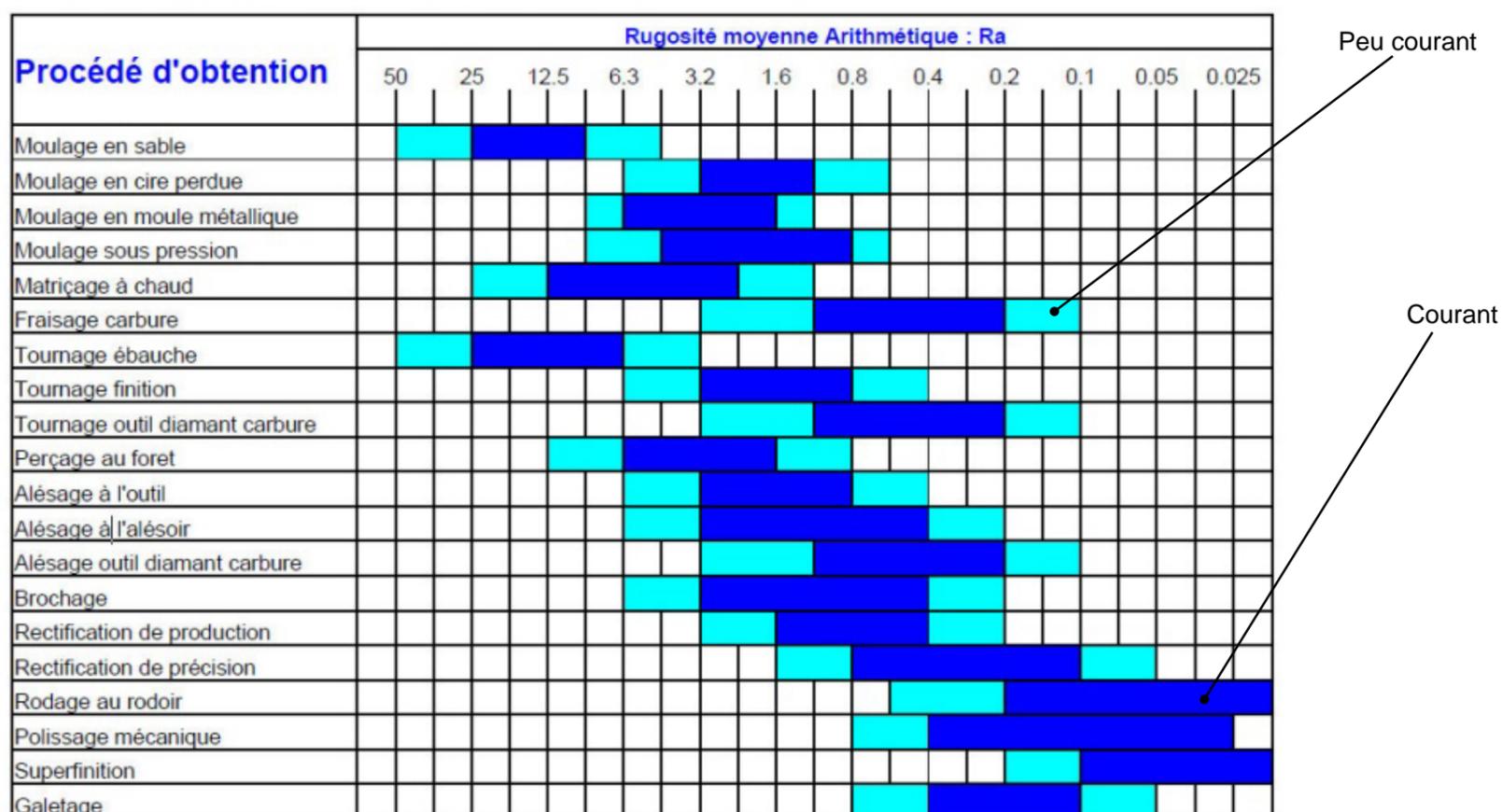
DR2 – Document réponse 2

Question 1.10

Indice de coût : c'est une approximation du coût pour produire un composant par le processus. Sa valeur est calculée à partir d'un modèle tenant compte du coût matière, de la masse de la pièce produite, de la taille de la série, et de coûts accessoires (énergie, main d'œuvre, foncier...). La valeur rendue par le modèle est assez large - la valeur inférieure est pour un composant raisonnablement simple, la valeur plus haute pour un composant plus complexe

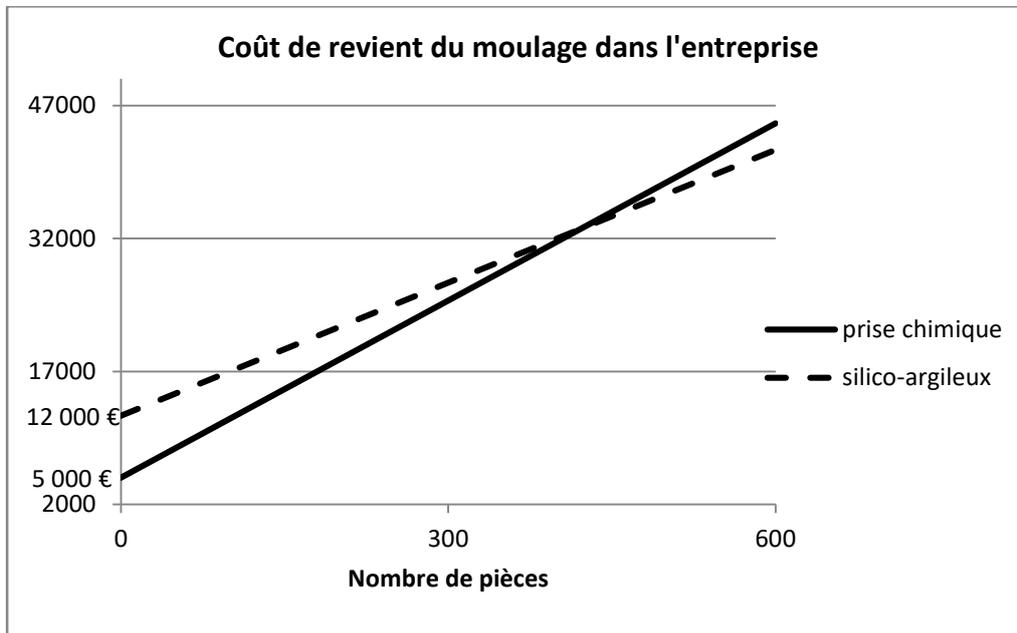


Résultats obtenus :



DR3 – Document réponse 3

Question 1.11



Résultats obtenus :

DR4 – Document réponse 4

Question 3.1

Éléments du système de remplissage	Nombre	Section unitaire	Dimensions calculées	Dimensions prévisionnelles
Descente de coulée	1	346 mm ²		Ø 21
Chenal				
Attaque				
Évent	Aucun		Néant	

Question 3.4

Gamme de noyautage Temps estimé 16 mn			
Tâches	Étape	Désignation	Temps estimé en minute
N1	1	Contrôler l'état général de la boîte à noyaux	2
	2		5
	3		5
	4		
	5		
N2	6		
	7	Pendant la prise, terminer le moule (voir fiche d'instruction de moulage)	-
N3	8		3
	9		
	10		5
	11		
	12	Remmouler le noyau (voir la fiche d'instruction de remmoulage)	-

DR5 – Document réponse 5 - Temps estimé pour la fabrication d'un moule

Question 3.5

On donne les tâches suivantes :

M1 : réalisation de la partie de dessous du moule
 M2 : durcissement du dessous
 M3 : réalisation de la partie de dessus du moule
 M4 : durcissement du dessus
 M5 : finitions du moule

N1 : réalisation du noyau
 N2 : durcissement complet du sable
 N3 : démoulage et passage à la couche
 R : remmoulage

Temps de fabrication cumulés	<i>16 min</i>					
Noms des Tâches						
M1 - Dessous	16 mn					

Temps estimé de fabrication du moule :