

CONCOURS GÉNÉRAL DES MÉTIERS DE LA FONDERIE

ÉPREUVE ÉCRITE

SESSION 2018

Durée : **6 heures**

Ce sujet comporte :

- Dossier de présentation : pages 2/31 à 4/31
- Dossier technique : pages 5/31 à 17/31
- Dossier travail : pages 18/31 à 31/31

L'intégralité du dossier travail (pages 18/31 à 31/31) est à rendre par le candidat.

Il est conseillé au candidat de **prévoir 30 minutes pour la lecture du sujet.**
Le dossier travail comporte des indications de temps pour traiter chacune des parties.

Calculatrice autorisée conformément à la circulaire N° 2015-178 du 01/10/2015
et documents personnels autorisés.

| | | | |
|------------------------------|------------------|--------------|-----------|
| Concours Général des Métiers | Fonderie | Session 2018 | CORRIGÉ |
| Épreuve écrite | Durée : 6 heures | Repère : FON | Page 1/14 |

A.1 - ÉTUDE DE MOULAGE DU FLASQUE

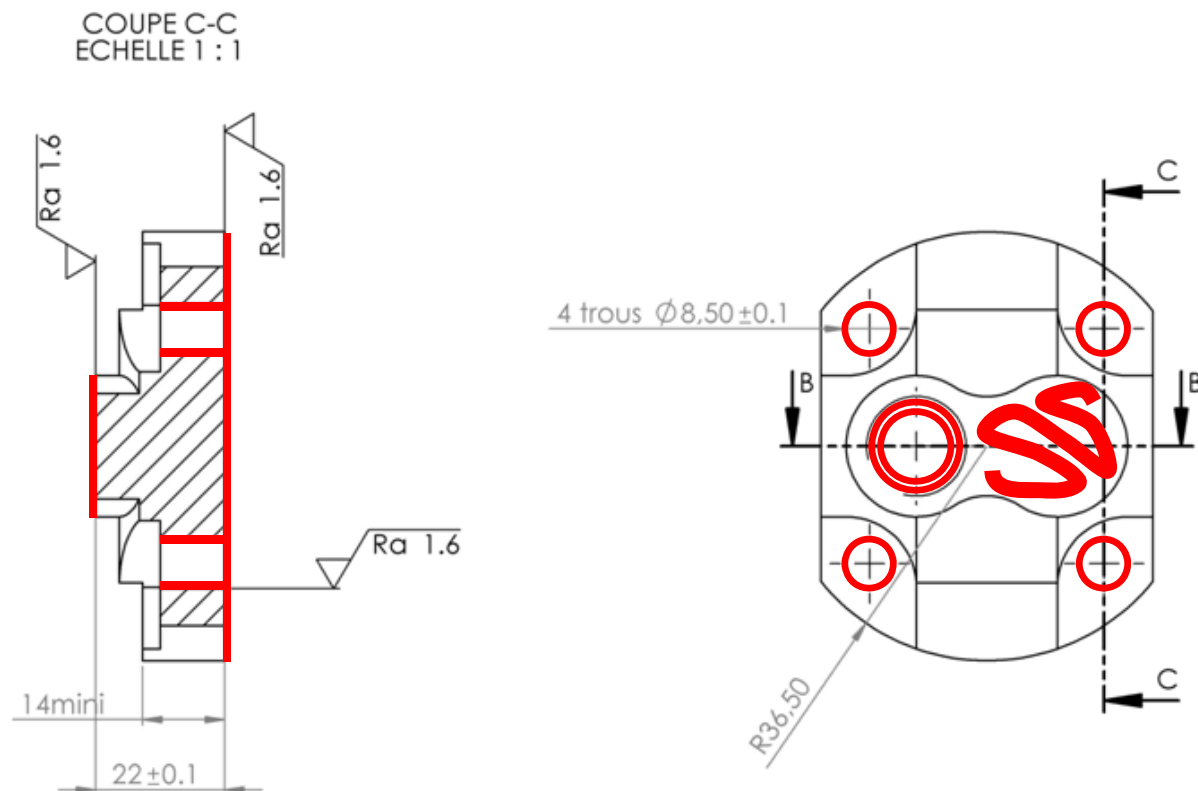
Le flasque, coulé en fonte GS, est réalisé à l'aide d'une plaque modèle comportant 8 pièces sur la machine air impact en sable silico argileux.

Avec l'aide du dossier technique :

Q1 : **Déterminer** la classe de surépaisseur d'usinage (Annexe B page 11/31) / 2

Moulage en sable Machine et Fonte GS donc Classe **E à G**

Q2 : **Repasser**, sur la vue de face et la vue de droite en coupe ci-dessous, en rouge les surfaces usinées du flasque. / 6



Q3 : Suite à votre réponse, **déterminer** la valeur de surépaisseur d'usinage à l'aide du tableau 7 page 11/31 et du plan pièce.

Plus grande dimension = $2 \times 36,50 = 73 \text{ mm}$ soit $>63 \text{ mm}$ et $\leq 100 \text{ mm}$ / 3

Valeur mini : **RMAG E = 0,7 mm**

Valeur moyenne : **RMAG F = 1 mm**

Valeur maxi : **RMAG G = 1,4 mm**

Q4 : L'axe pignon entrée, entraîné par moteur électrique, est guidé par le pallier mobile. L'ajustement entre ces deux pièces est un diamètre $\text{Ø}13 \text{ H7 g6}$.

Compléter les tableaux ci-après en vous aidant du dossier technique (tableaux page 10/31). / 12

| | ALÉSAGE | ARBRE |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Cote nominale (mm) | Ø13 | Ø13 |
| Écart supérieur (mm) | + 18 µm soit + 0,018 mm | - 6 µm soit - 0,006 mm |
| Écart inférieur (mm) | 0 µm soit 0mm | - 17 µm soit - 0,017 mm |
| IT (mm) | + 18 µm soit + 0,018 mm | + 11 µm soit + 0,011 mm |
| Cote maxi (mm) | Ø13,018 mm | Ø12,994 mm |
| Cote mini (mm) | Ø13 | Ø12,983 mm |

Donner la nature de l'ajustement en entourant la bonne réponse.

Avec jeu Avec serrage Incertain / 2

En fonction de la réponse précédente, **déterminer** le jeu ou le serrage de cet ajustement. / 2

(Serrage ou jeu) **Maxi : $13,018 - 12,983 = 0,035 \text{ mm}$**

(Serrage ou jeu) **mini : $13 - 12,994 = 0,006 \text{ mm}$**

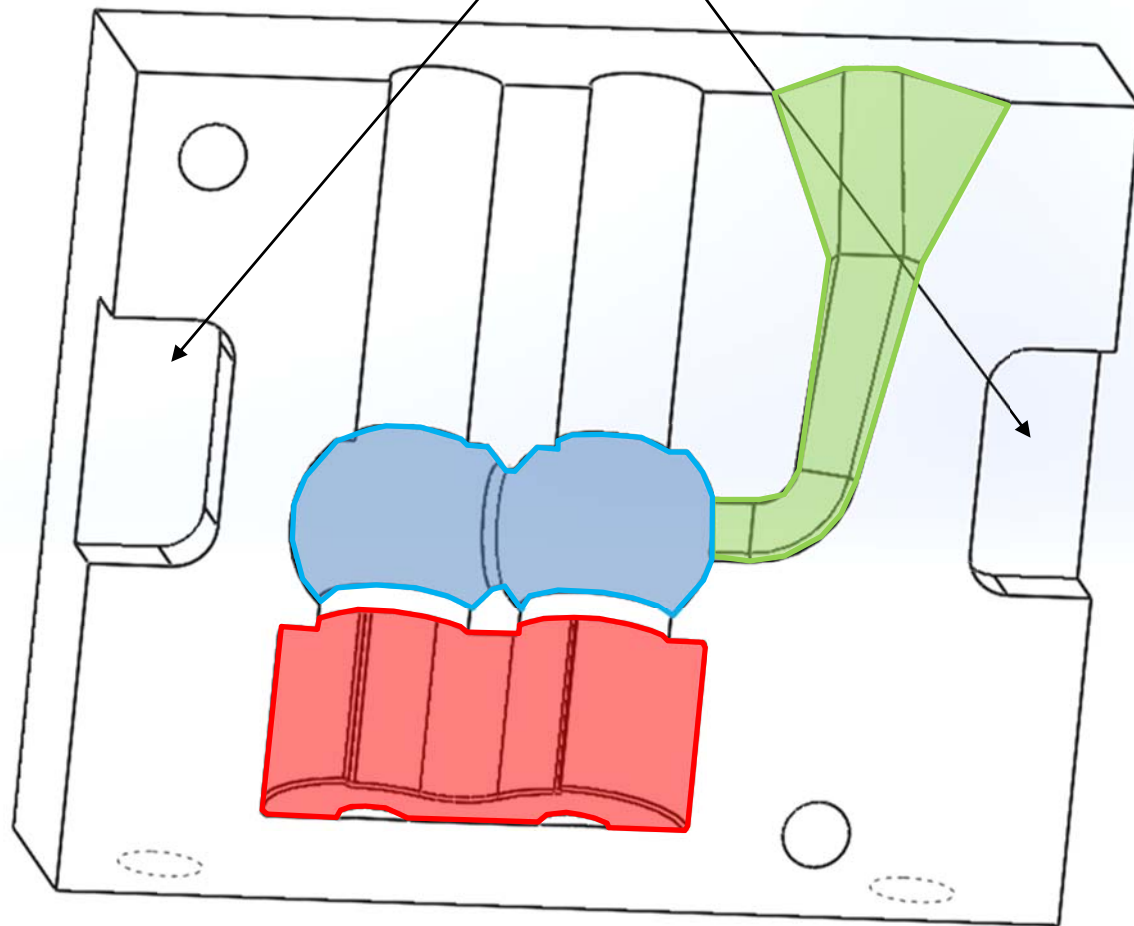
A.2 - ÉTUDE DE LA COQUILLE

Q5 : **Colorier** ou **hachurer** sur la figure ci-dessous :

- le système de remplissage en vert.
- la masselotte en bleu.
- l'empreinte de la pièce en rouge.

Q6 : Préciser la fonction des formes suivantes :

Permet le passage d'un outil pour séparer les 2 parties de la coquille (hors machine).



/ 6

Q7 : Sur la figure ci-dessous, **colorier** en rouge sur les deux broches les parties en contact avec la masselotte et la pièce. / 2

Q8 : **Justifier** la forme tronconique des 2 broches : / 2

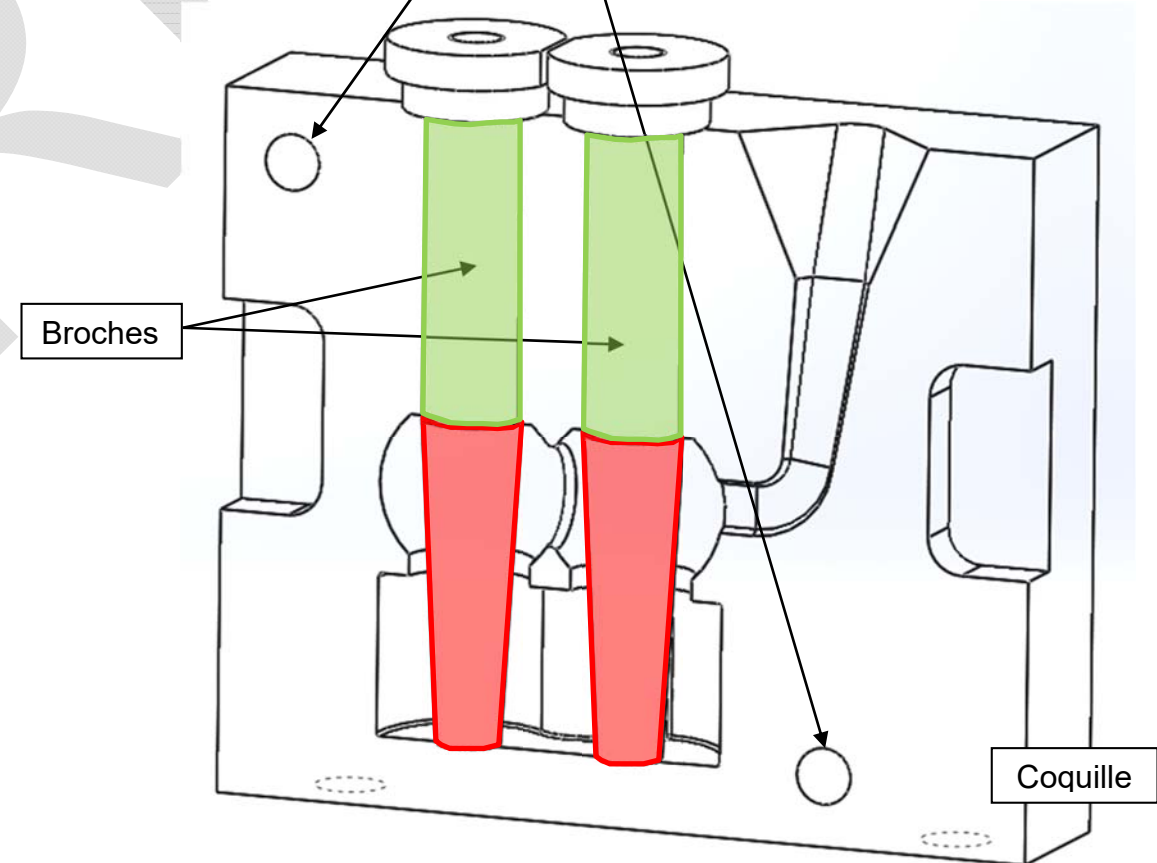
Faciliter le démoulage (entre broches et pièce).

Q9 : **Colorier** en vert sur les deux broches les parties en contact avec la coquille. / 2

/ 2

Q10 : **Donner** la fonction des formes suivantes : / 2

Centrer les 2 parties de la coquille (éviter les variations)



A.3 - ÉTUDE DU FLASQUE EN FONTE GS SUR MACHINE AIR-IMPACT

Les fondeurs actuels doivent suivre l'évolution technologique afin de rester compétitifs et novateurs. La chaîne numérique en fonderie en est une preuve. Il vous est donc proposé d'utiliser les résultats d'un outil de simulation de remplissage et de solidification couplé à l'analyse thermique afin de définir la position et les dimensions du système d'alimentation (masselottage).

Shrinkage étant la traduction de **retassure** en anglais, nous mettons ici en évidence le pourcentage potentiel de défaut sur la pièce étudiée. **Feeder** signifie **masselotte**.

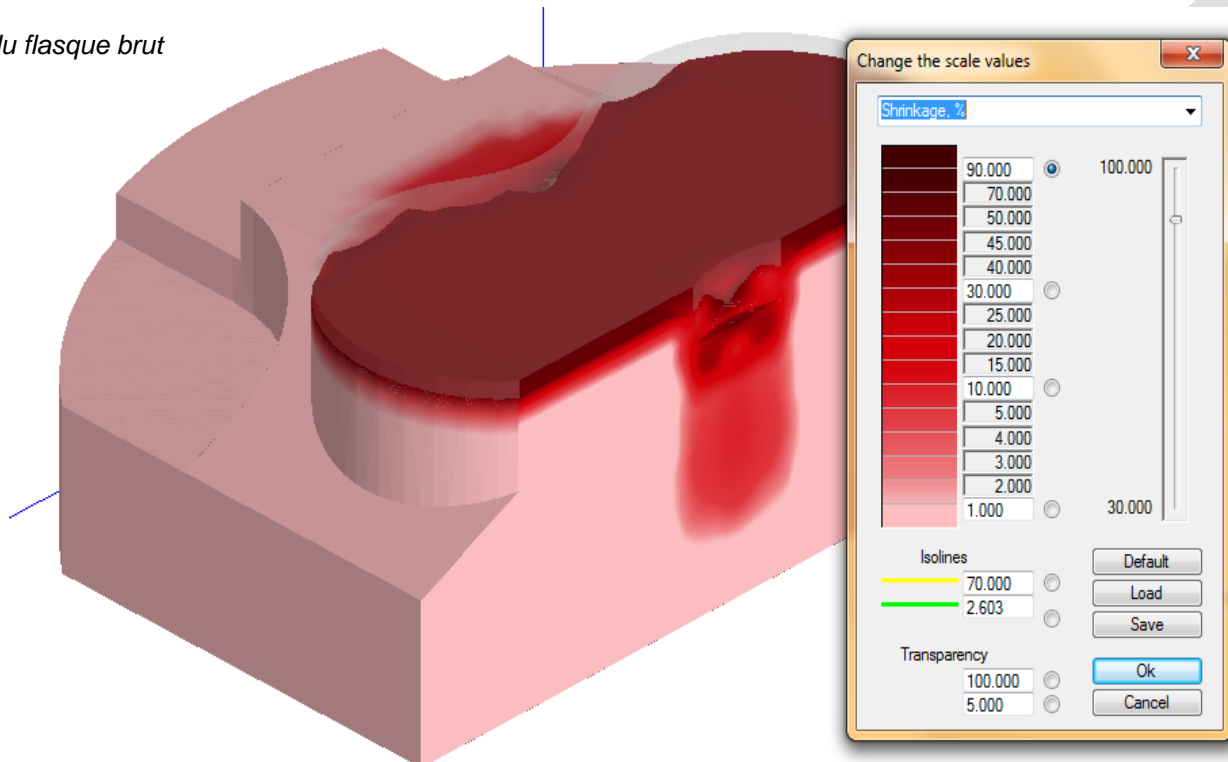
Q11 : Expliquer le phénomène qui est à l'origine de ce défaut. / 2

Retassure = Retrait volumique (contraction) lors du passage de l'état liquide à l'état solide.

Vous trouvez ci-dessous les résultats de la simulation :

Calculs des dimensions de la masselotte

Simulation du flasque brut



Q12 : Compléter le tableau ci-dessous. / 3

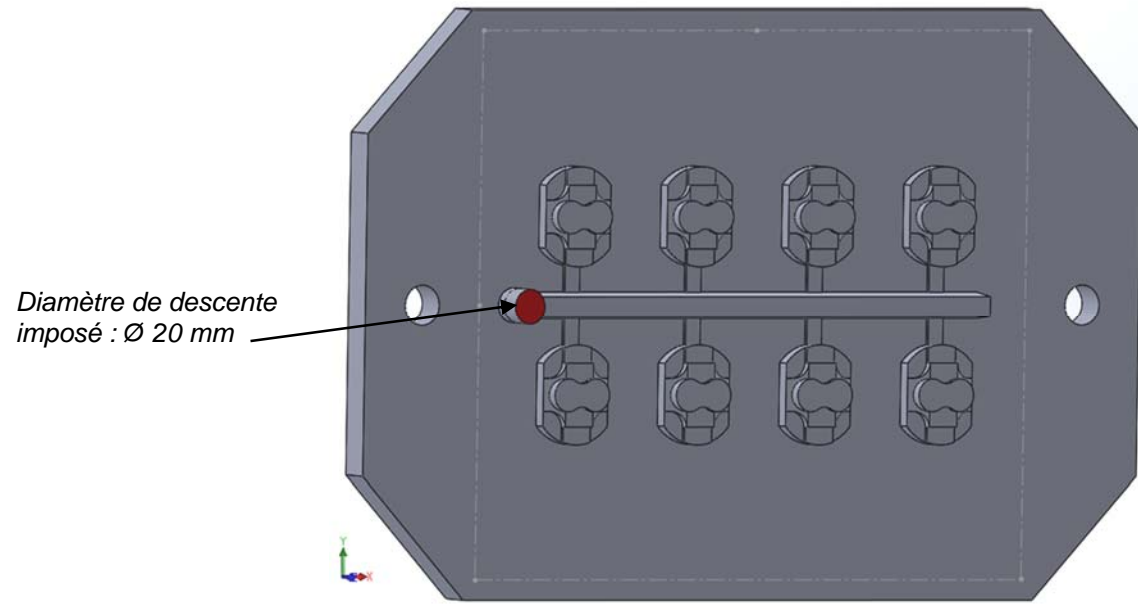
| | |
|--------------------------|--|
| Forme de la masselotte : | Cylindrique |
| Diamètre masselotte : | Ø 39,434 mm -> choix = Ø 40 mm |
| Hauteur masselotte : | 59,151 mm -> choix = 60 mm |

Q13 : Citer une autre solution pour éviter les retassures, justifier : / 4

Utilisation de refroidisseur afin de diriger la solidification ou éviter la pièce avec des noyaux.

Détermination du dispositif de remplissage :

Après échange entre le bureau des méthodes et la fabrication, il a été convenu de placer 8 pièces par moule pour un châssis de 480x400x150. L'image ci-dessous montre l'implantation retenue.



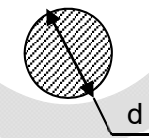
Q14 : Choisir l'échelonnement 1 - 2 - 1

Justifier : FGS = Alliage non oxydable et > 4 attaques.

/ 2

Afin de compléter le tableau de synthèse ci-dessous, réaliser les calculs nécessaires en répondant aux questions ci-après.

Q15 : Calculer la section de la descente :



$S_d = \dots \pi \times 10^2 = 314 \text{ mm}^2$

À l'aide de l'échelonnement, en déduire :

- La section du canal : $S_c = 2 \times S_d$ $S_c = 2 \times 314 = 628 \text{ mm}^2$
- La section totale des attaques : $S_A = S_d$ $S_A = 314 \text{ mm}^2$
- Puis calculer la section d'une attaque : $S_a = 8 \times S_a$ $S_a = S_A / 8$
 $S_a = 314 / 8 = 39,25 \text{ mm}^2$

/ 8

À partir de la descente Ø 20, définir le reste du système de remplissage.

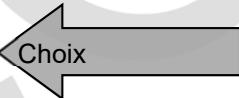
Pour vous aider, voici les recommandations du CTIF :



| Alliage | Profil des sections du canal | Echelonnement (H _i en dm) | | | Remarques |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|--|
| | | $\frac{S_d}{S_d}$ | $\frac{S_c}{S_d}$ | $\frac{S_A}{S_d}$ | |
| oxydable | dégressif | 1 | 0,95 | >1,1 | Hi < 500 mm et Tr < 15 s Hi ≤ 100 mm Hi > 100 mm |
| | | 1 | 1 | 1 | |
| | | 1 | $\sqrt{H_i}$ | $\sqrt{H_i}$ | |
| Faiblement oxydable | dégressif | 1 | 0,95 | >1,1 | Hi < 500 mm et Tr < 15 s Hi ≤ 200 mm Hi > 200 mm |
| | | 1 | 1 | 1 | |
| | | 1 | $\sqrt{H_i/2}$ | $\sqrt{H_i/2}$ | |
| Non oxydable | uniforme | 1 | 1 | 1 | Nombre d'attaques ≤ 3 Nombre d'attaques > 4 |
| | | 1 | 2 | 1 | |
| | dégressif | 1 | 0,95 | >1,1 | - Hi ≤ 100 mm Hi > 100 mm |
| 1 | | 1 | 1 | | |

Hi = hauteur initiale de coulée

La pièce que vous devez réaliser est en fonte à graphite sphéroïdale, nous vous proposons donc de faire votre choix d'échelonnement en fonction du choix envisagé.



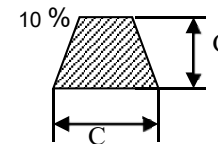
Q16 : Calculer la cote C du chenal :

Cote du chenal

$S_c = 2 \times 314 = 628 \text{ mm}^2$

Par simplification $C = \sqrt{S_c}$

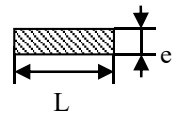
$C = \sqrt{628} \approx 25 \text{ mm}$



/ 2

Q17 : Calculer la largeur de l'attaque de coulée si e = 4mm :

Surface de l'attaque
 $S_a = e \times L$



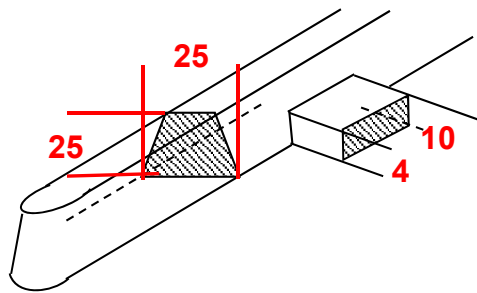
$S_a = 314 / 8 = 39,25 \text{ mm}^2$

$S_a = e \times L$ soit $L = S_a / e$

$L = 39,25 / 4 = 9,81 \approx 10 \text{ mm}$

/ 2

Q18 : Reporter les résultats des calculs précédents dans le tableau de synthèse et sur le schéma ci-dessous :



| | Valeurs et unité(s) si besoin. |
|--------------------------|--------------------------------|
| Échelonnement | 1 - 2 - 1 |
| Diamètre de descente | Ø 20 mm |
| Section de descente | $S_d = 314 \text{ mm}^2$ |
| Section du chenal | $S_c = 628 \text{ mm}^2$ |
| Cote du chenal C | $C = 25 \text{ mm}$ |
| Section des attaques | $S_A = 314 \text{ mm}^2$ |
| Section d'une attaque | $S_a = 39,25 \text{ mm}^2$ |
| Cote épaisseur attaque e | $e = 4 \text{ mm}$ |
| Cote largeur attaque L | $L = 10 \text{ mm}$ |

/ 6

Q19 : Expliquer pourquoi la hauteur de chenal est plus grande que celle de l'attaque ?

/ 3

Pour limiter l'entrée des crasses (sable, oxydes, ...) dans l'empreinte, par différence de densité.

Afin de définir au mieux le coût du flasque, il faut déterminer la mise au mille de notre pièce.

Q20 : La mise au mille est définie comme suit :

Mise au mille = masse pièce coulée / masse pièce ébarbée

- Si :
- la masse d'une pièce ébarbée est de 432 g,
 - le volume du système de coulée est de 0,53 dm³,
 - la masse volumique de la fonte GS est de 7,2 kg/dm³.

Calculer la mise au mille de la grappe :

Masse grappe = masse d'une pièce x 8 + masse système de coulée

$Masse \text{ grappe} = (432 \times 8) + (0,53 \times 7\ 200) = 3456 + 3816 = 7272 \text{ g}$

$Mise \text{ au mille} = 7272 / 3456 = 2,1$

/ 9

Sachant que le client a commandé 1000 pompes et que l'entreprise a un taux de rebuts de 3,5%,

Q21 : Déterminer le nombre de moules à fabriquer.

$1\ 000 / ((100 - 3,5) / 100) = 1\ 036,27 \approx 1\ 037 \text{ pièces}$










$1\ 037 / 8 = 129,625 \approx 130 \text{ moules}$

Nombre de moules = 130

/ 2

RISQUES ET MESURES DE PRÉVENTION

Q22 : Cocher dans le tableau ci-dessous les équipements de protection individuelle pour les postes de travail : moulage, coulée et ébarbage.

| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------|---|---|---|---|---|--|---|---|---|
| sablerie | | | | | | | | | |
| moulage | X | | X | | X | X | | | |
| fusion | | | | | | | | | |
| coulée | X | X | X | X | X | | X | | |
| décochage | | | | | | | | | |
| ébarbage | X | | X | X | X | X | (X) | (X) | |
| finition | | | | | | | | | |
| assemblage | | | | | | | | | |
| contrôle final | | | | | | | | | |
| expédition | | | | | | | | | |

/ 9

B.1 – ÉLABORATION DE L'ALLIAGE Al – Cu 5 Mg Ti

Les paliers sont réalisés en alliage léger de désignation EN AC - Al – Cu 5 Mg Ti KT6. Les caractéristiques physiques et mécaniques vous sont fournies dans le dossier technique page 12/31.

En vous aidant de ce dossier :

Q23 : Donner la signification des éléments de la désignation normalisée :

/ 6

EN : **Norme européenne.**

AC : **Aluminium moulé (coulé).**

Al : **Aluminium.**

Cu 5 Mg Ti : **5 % de cuivre, des traces de magnésium et des traces de titane.**

K : **Moulage coquille.**

T6 : **Traitement thermique (mise en solution + revenu).**

ST / 15

Q24 : **Justifier** le choix de cet alliage pour la réalisation des paliers (voir page 12/31) : / 2

Usinabilité.

(Caractéristiques mécaniques et aptitude au polissage = moitié des points)

L'aluminium liquide dissout facilement le fer. Cet élément est un « poison » qui peut faire fortement chuter les caractéristiques mécaniques des alliages légers.

Q25 : Hormis le fer contenu dans les charges, **indiquer** la provenance éventuelle du fer. / 2

Contact avec les outillages et les outils en fonte et/ou acier.

Q26 : **Citer** la précaution que vous devez prendre pour éviter la présence de fer. / 3

Poteyage des outillages et outils en fonte et/ou acier.

Le four de maintien a une capacité de 300 points.

1 point équivaut à un kilogramme de bronze de masse volumique 8,9 kg/dm³.

Q27 : **Calculer** la quantité d'aluminium que le four peut contenir (détailler les calculs) / 3

Volume = 300 / 8,9 = 33,7 dm³

Masse d'aluminium = 33,7 x 2,7 = 91 kg

Le four peut contenir environ 90 kg d'aluminium.

Il est possible de vérifier rapidement l'absence de gazage par contrôle visuel d'un lingotin refroidit sous pompe à vide.

Q28 : **Citer** les défauts induits sur les pièces en cas de gazage du bain. / 4

Réduction des caractéristiques mécaniques et perte d'étanchéité.

Q29: **Expliquer** rapidement, à l'aide d'un croquis, le contrôle du gazage par lingotin refroidit sous pompe à vide. Comment sait-on si l'alliage est gazé ? / 6

On coule un lingotin que l'on laisse refroidir sous une cloche à vide.
La présence de gaz entraîne un gonflement du lingotin.

Cloche hermétique

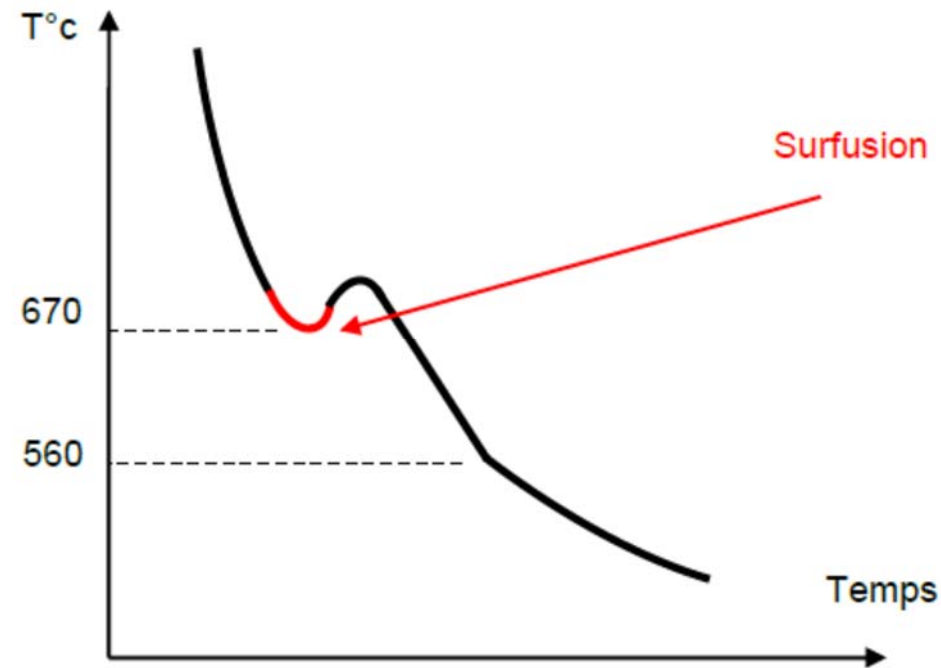
Création du vide

Lecture rapide du résultat *

Sain **Peu gazé** **Gazé**

** ou mesure du taux de gazage par immersion.*

On vérifie la nuance du bain et la taille du grain par analyse thermique. Votre contrôle donne la courbe suivante :



Q31 : Retrouver, par tracé, les valeurs du liquidus et du solidus sur le diagramme précédent.

/ 2

T° liquidus = 670 ° C

T° solidus = 560 ° C

La courbe présente une grande surfusion.

Q32 : Indiquer quelle conséquence cette anomalie a sur l'alliage final

/ 3

Indication sur la taille des grains : Grains grossiers car surfusion profonde.

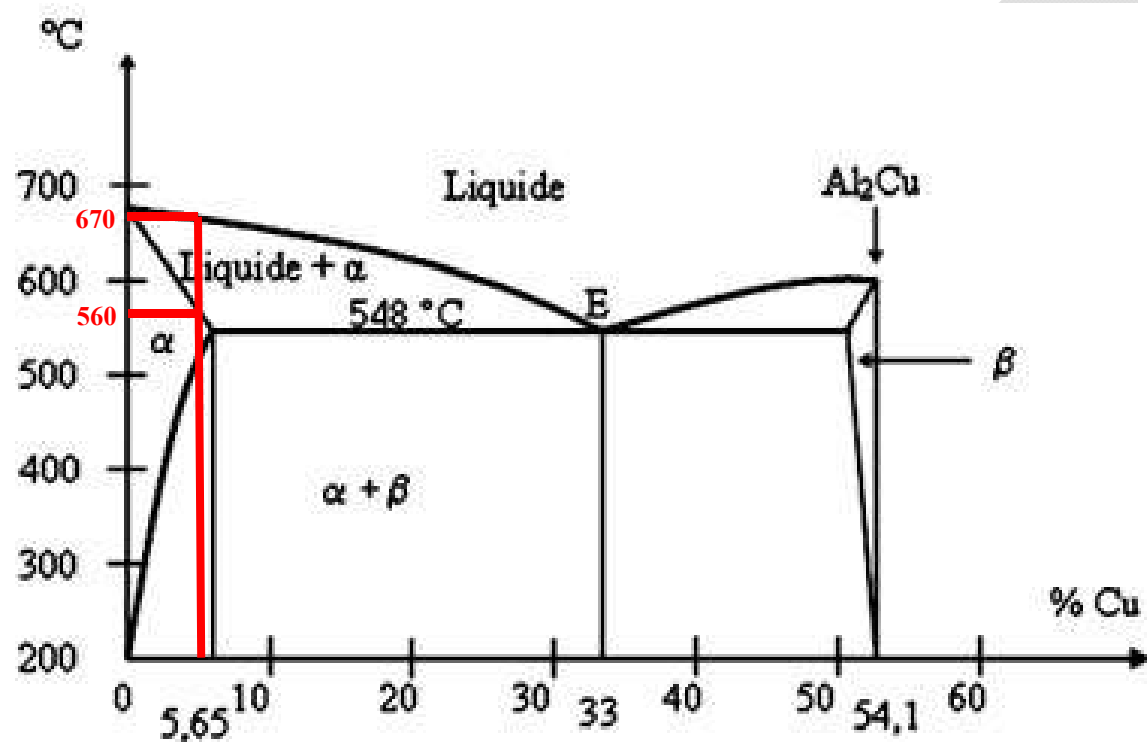
Q33 : Nommer le traitement conseillé dans le processus de fusion permettant de corriger le problème

/ 3

Affinage.

Q30 : Tracer, en rouge, sur le diagramme, ci-dessous, l'alliage concerné.

/ 4



B.2 - ÉLABORATION DE LA FONTE EN – GJS 400 - 15

Les flasques sont réalisés en fonte EN GJS 400 - 15. Les caractéristiques physiques et mécaniques exigées vous sont fournies dans le dossier technique pages 14/31 à 15/31.

Q34 : Nommer l'élément ajouté lors de l'élaboration de la fonte liquide pour la transformer en Fonte à Graphite Sphéroïdal. / 3

Le magnésium.

Q35 : Nommer l'élément de la composition considéré comme « élément poison » en raison de son impact très négatif sur la sphéroïdisation. / 2

Le soufre.

La sphéroïdisation est assurée par la méthode « au fil fourré » dont le croquis de l'installation vous est fourni page 14/31.

Q36 : Expliquer cette méthode. / 4

Le fil est constitué d'une gaine en acier (ou en cuivre) remplie de magnésium (ou ferromagnésium).

Le fil est déroulé à vitesse mesurée pour assurer la fusion de la gaine et la libération du magnésium en fond de poche.

La quantité de magnésium introduite est définie par la longueur du fil utilisée.

Les pièces sont contrôlées par essai de dureté. Il est précisé, dans le dossier technique pages 14/31 et 15/31, que les pièces qui ne présentent pas une structure ductile* « brute de coulée » peuvent subir un traitement thermique de ferritisation selon le cycle thermique TT2 :

* Le terme « ductile » est ici synonyme de « déformable » en opposition au terme « fragile ».

Q37 : Citer les facteurs qui risquent de rendre la fonte fragile.

Répondre en cochant OUI ou NON à chaque proposition dans le tableau. / 4

| Propositions | OUI | NON |
|------------------------------|-----|-----|
| Une baisse du carbone | X | |
| Une augmentation du silicium | | X |
| Un excès de phosphore | X | |
| Un refroidissement trop lent | | X |

Q38 : Donner le nom d'une fonte présentant beaucoup de carbures (cas des fontes refroidies trop vite). / 2

Une fonte blanche.

Q39 : Au regard du cycle thermique présenté page 15/31, préciser à quelle famille de traitement thermique appartient le traitement de « ferritisation », **cocher** la bonne réponse : / 2

Trempe :

Recuit :

C - MOULAGE DES FLASQUES SUR MACHINE À MOULER AIR-IMPACT

Q40 : La sablerie permet de préparer environ 35 kg de sable silico-argileux synthétique, **donner** par ordre d'importance (en précisant les pourcentages) les différents composants de ce sable :

- **Silice ≈ le reste soit 85 à 88 %**
- **Argile ≈ 7 à 9 %**
- **Eau ≈ 2 à 3 %**
- **Noir minéral ≈ 3 %**

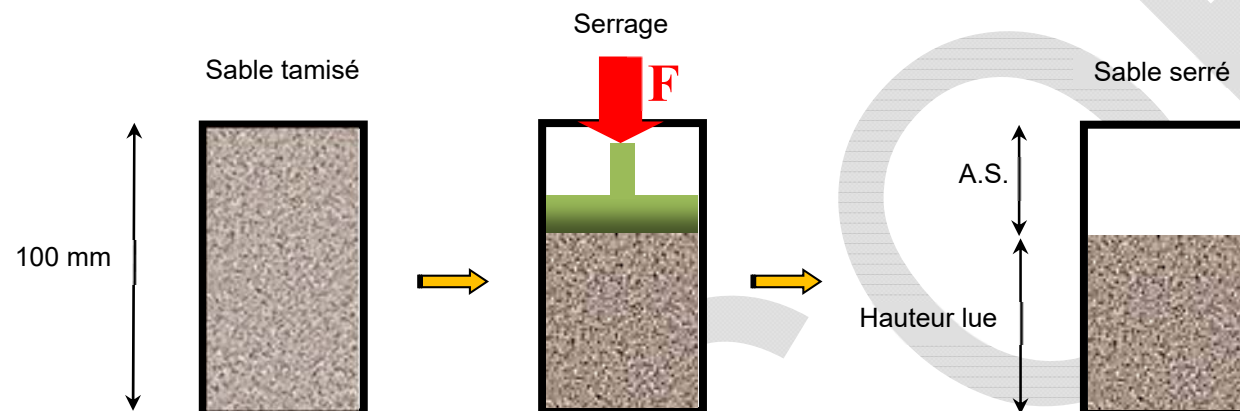
/ 8

Le contrôle effectué sur le sable en atelier est l'Aptitude au Serrage (A.S.).

Il permet, pour une composition donnée, de relier une caractéristique mécanique du sable à son taux d'humidité.

Celui-ci consiste à prélever un échantillon représentatif du sable contenu dans le malaxeur et à le soumettre à l'action d'un damoir.

Principe simplifié du test :



On effectue le calcul suivant : $A.S. = 100 - \text{hauteur lue}$.

Q41 : **Numéroter** dans l'ordre, les opérations nécessaires pour déterminer l'A.S. à l'aide des propositions suivantes :

- 5 Lire la hauteur de l'échantillon de sable.
- 2 Tamiser le sable.
- 6 Calculer l'A.S.
- 3 Remplir le cylindre (hauteur = 100 mm).
- 1 Prélever du sable dans le malaxeur.
- 4 Serrer le sable à l'aide du damoir.

/ 3

Les caractéristiques attendues sur le sable vous sont données dans le document technique page 16/31 « Machine à mouler Air-Impact ».

Q42 : **Donner** les valeurs limites de l'A.S. préconisées pour cette machine :

/ 2

- A.S. préconisée = **$32 \leq AS \leq 40$** .

Donner la valeur moyenne :

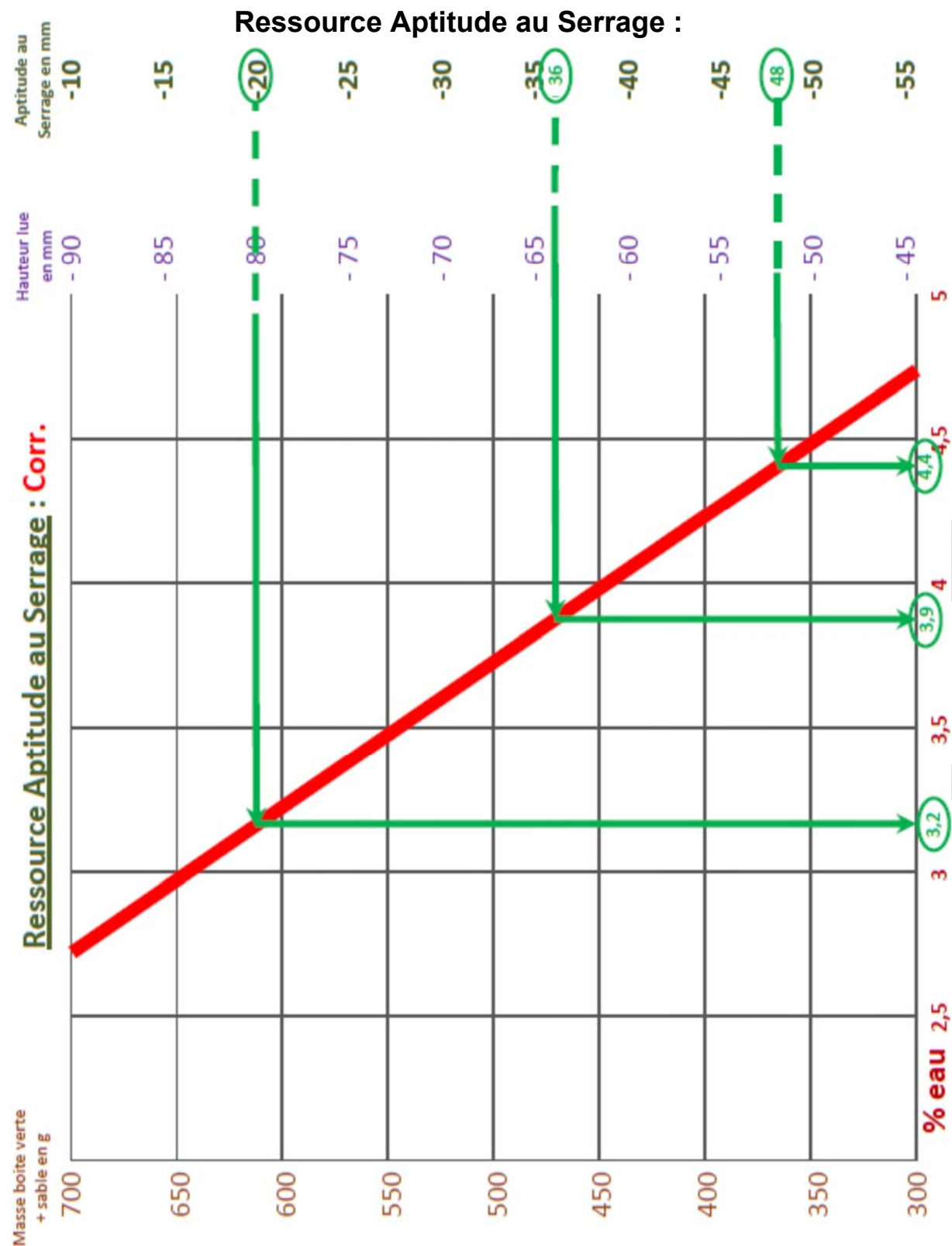
/ 1

- A.S. moyenne = **$(40+32) / 2 = 36$**

En fonction de la valeur moyenne trouvée, **déterminer** le pourcentage d'eau présente dans le sable. (voir exemple fourni sur le document « Ressource Aptitude au Serrage » page 29/31).

- Eau contenue pour A.S. moyenne ≈ **3,9 %**

/ 2



Le premier échantillon prélevé donne une A.S. de 48.

Q43 : **Conclure** sur la conformité du sable.

/ 1

Conforme : Non conforme :

Q44 : Sur le document « Ressource Aptitude au Serrage » ci-contre, **déterminer** le pourcentage d'eau présente dans le sable (*Tracer et entourer les valeurs comme pour l'exemple fourni*).

- Eau contenue dans le sable (A.S. 48) \approx **4,4** % (*arrondir à 0,1 % près*).

/ 2

Q45 : **Préciser** s'il y a manque ou excès d'eau dans le sable testé (A.S. 48).

/ 1

Excès.

Q46 : **Indiquer** la valeur de l'écart (arrondir au 1/10^{ème} le plus proche).

/ 2

$4,4 - 3,9 = 0,5 \%$

Q47 : Dans l'hypothèse où le sable est trop humide, **préciser** les risques :

/ 6

- pour la fabrication du moule.

Fausse serre, serrage insuffisant, collage.

- lors de la coulée.

Risque de refoulement du métal, d'éclaboussures.

- pour les pièces.

Défauts dû à un excès de gaz : piqures, soufflures, malvenue, aspect.

Vous devez préparer une dose de sable à 3,5 % d'eau.

Q48 : Sachant que le malaxeur contient environ 35 kg de sable sec, **calculer** la quantité d'eau à ajouter. / 2

Calculs : **Masse d'eau = $3,5 \times 35 / 100 = 1,22$ kg soit 1,22 litre.**

Q49 : En tenant compte de la densité du sable serré et de la dimension des châssis, **calculer** la masse de sable nécessaire par moule, on négligera le volume de l'empreinte et des éventuels noyaux (voir dossier technique page 16/31). / 4

Indiquer les unités dans tous les calculs et résultats.

- **Volume de sable d'un châssis : $4,8 \times 4 \times 1,5 = 28,8$ dm³.**
- **Volume de sable d'un moule : $2 \times 28,8 = 57,6$ dm³.**
- **Masse de sable d'un moule : $57,6 \times 1,6 = 92,16$ kg.**

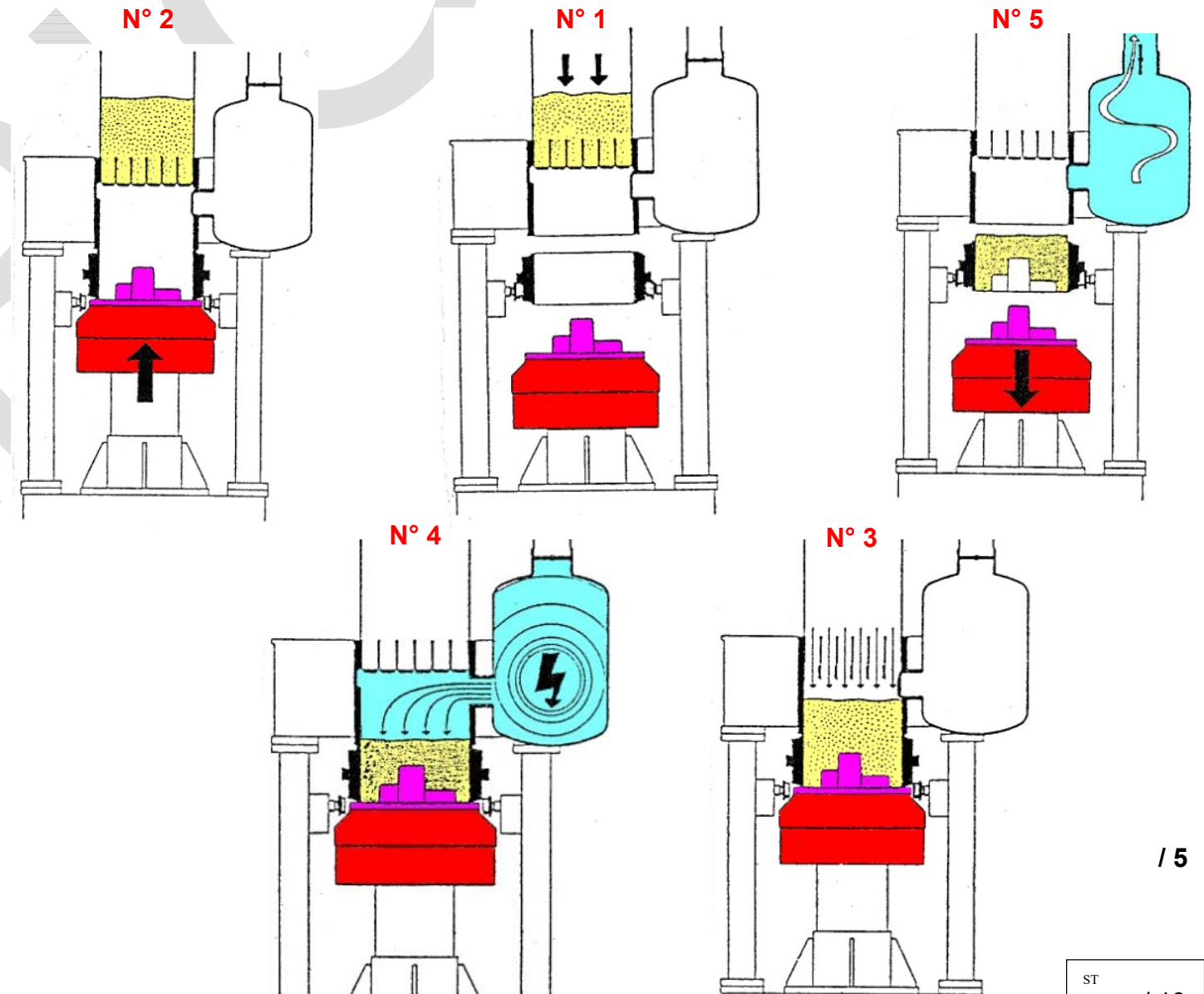
Q50 : **Calculer** le nombre de doses de sable par moule (arrondir au nombre entier par excès). / 2

- Pour un moule = **$92,16 / 35 = 2,63$ doses.**

Nombre de doses de sable arrondi par moule = **3 doses.**

Q51 : **Placer** en haut des schémas ci-dessous le numéro des différentes étapes de réalisation d'un moule par « Impact » décrites dans le tableau ci-dessous.

| N° | Description de l'étape |
|----|--|
| 1 | Mise en place du châssis puis remplissage du doseur |
| 2 | Montée de l'ensemble table + plaque-modèle + châssis |
| 3 | Ouverture des volets (remplissage du châssis) |
| 4 | Libération brutale de l'air comprimé (serrage par impact) |
| 5 | Descente de l'ensemble table + plaque-modèle + châssis puis évacuation de la partie serrée |



/ 5

ST / 13

Q52 : Choisir l'appareillage de contrôle pour mesurer la température de l'alliage liquide avant la coulée.

| | |
|---|-------------------------|
| | Pyromètre de contact |
| X | Pyromètre par immersion |
| | Thermomètre |

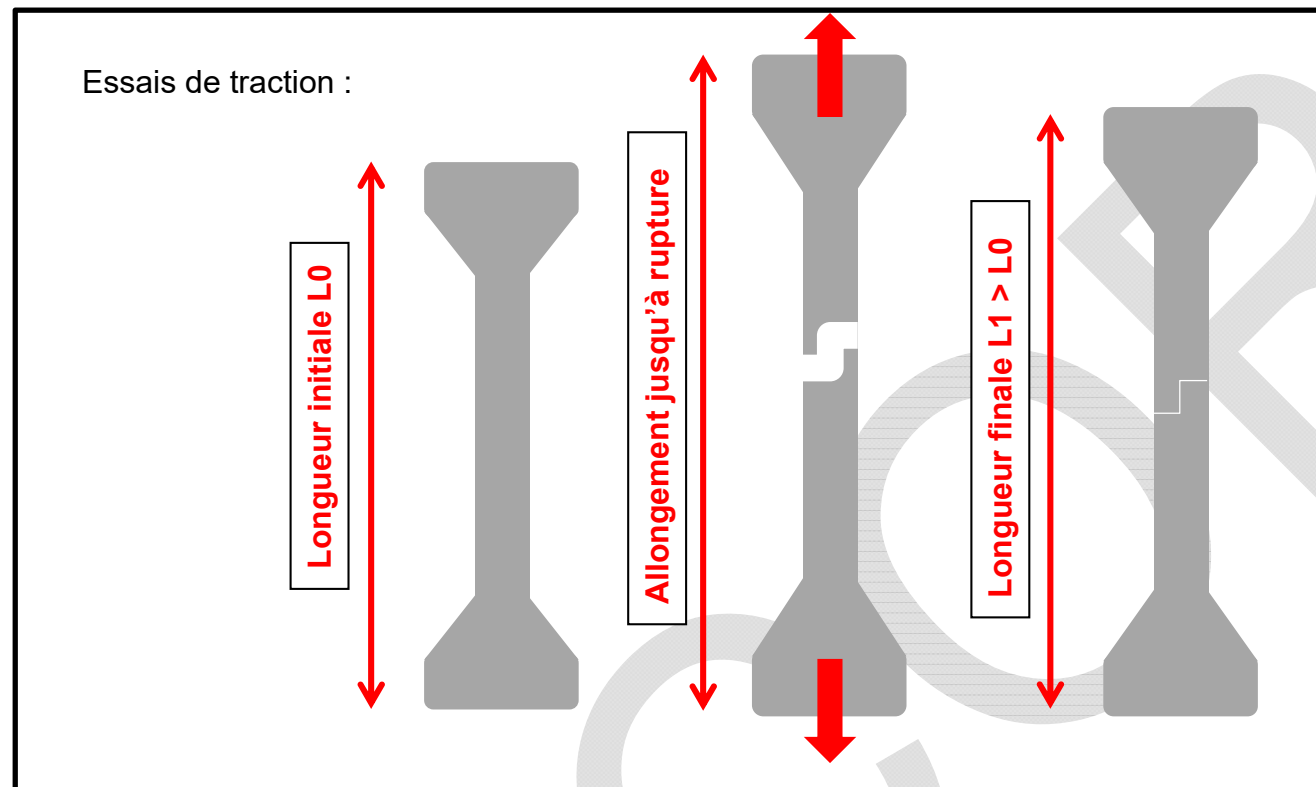
/ 2

Q53 : Choisir le poteyage pour garantir l'efficacité des masselottes.

| | |
|---|---|
| | Poteyage bon conducteur (graphite) |
| X | Poteyage mauvais conducteur de la chaleur |

/ 2

Q54 : La fonte GJS 400-15 est très recherchée pour son allongement. Citer l'essai mécanique qui permet de déterminer cette valeur. Expliquer succinctement à l'aide d'un croquis l'essai mécanique.



/ 5