

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR FONDERIE

Épreuve E4 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

- Session 2025 -

Coefficient 4 – Durée 6 heures

Aucun document autorisé.

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Crayons de couleur recommandés.



Fût de jambe de train d'atterrissage

Constitution du sujet :

- **Dossier Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **Mise en situation** Pages 2 et 3
 - **PARTIE 1** Page 3
 - **PARTIE 2** Page 4
 - **PARTIE 3** Pages 4 et 5
 - **PARTIE 4** Pages 5 et 6
 - **PARTIE 5** Pages 6 et 7
- **Dossiers Techniques (DT)** Pages 8 à 23
- **Documents Réponses (DR)** Pages 24 à 27

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

Les documents réponses DR1 à DR4 seront à rendre (même vierges) avec les copies.

Il vous appartient de compléter le bandeau au verso des documents réponses.

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 1 / 27

Mise en situation

Une association de passionnés d'histoire et d'aéronautique souhaite faire revivre un avion de chasse français de 1939, le Dewoitine D551. Son objectif est la fabrication de 4 appareils. Elle sollicite donc un bureau d'études de fonderie pour l'étude et la réalisation de 8 fûts de jambe de train d'atterrissage (4 pour la jambe gauche, 4 pour la jambe droite).

Cette fonderie est spécialisée dans le moulage de pièces en alliages d'aluminium-magnésium, coulées en basse pression.

Le procédé de fabrication du moule initialement retenu est l'impression 3D sable, qui sera ici assimilé au **moulage machine**.



Fût droit de jambe de train

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 2 / 27

Extrait du cahier des charges :

- pièce : fût de jambe de train d'atterrissage ;
- domaine : aéronautique ;
- alliage : EN AC-42200 S T6 ;
- Rm mini : 270 MPa ;
- Rp0,2 : 220 MPa ;
- masse du brut ébarbé : 6,9 kg ;
- masse volumique : $2\,670\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- pièce noyautée : oui ;
- état de livraison : usiné ;
- tolérances générales de forme du brut : 2 mm ;
- rugosité intérieure et extérieure du brut : maximale Ra 25,4 ;
- nombre de moules : 8 (4 + 4) ;
- nombre d'empreintes par moule : 1.

Travail demandé

PARTIE 1 – Analyse dimensionnelle et géométrie

L'objectif de cette partie est de vérifier que le procédé permet de respecter les caractéristiques dimensionnelles et géométriques du fût de la jambe de train et de proposer une cotation partielle de la pièce brute.

Question 1.1

DT1 à DT6, DT8
DR1

Analyser les 3 spécifications suivantes :

Ø 86 H7

$\perp$ 0.05 A

$\sqrt{Ra\text{ max }25.4}$

Préciser si ces spécifications peuvent être respectées sur le brut de fonderie.

Justifier votre réponse.

Question 1.2

DT1, DT8 et DT9
Feuille de copie

Justifier pourquoi une tolérance H7 peut être nécessaire sur le Ø 86.

Question 1.3

DT1, DT7 et DT8
Feuille de copie

Proposer, compte-tenu de l'usinage possible des surfaces S1 et S2, les surépaisseurs envisageables au regard des normes.

Question 1.4

DT2 et DT3
DR2

Proposer une cotation partielle de la pièce brute de fonderie (2 cotes Cb1 et Cb2), avec les tolérances attendues. On notera que la classe de tolérance de l'impression 3D correspond au moulage machine.

Question 1.5

Feuille de copie

Citer le facteur important à prendre en compte dans le dimensionnement de l'empreinte du moule.

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 3 / 27

PARTIE 2 – Choix de l'alliage

L'objectif de cette partie est de valider le choix de la nuance proposée par le fournisseur.

- Question 2.1 | **Donner** la désignation chimique de l'alliage EN AC-42200.
DT10 à DT12
Feuille de copie | **Indiquer** sa signification complète.
Donner la signification de S T6.
- Question 2.2 | **Expliquer**, à l'aide d'un graphique, les différentes étapes du traitement thermique.
DT11 et DT12
Feuille de copie | **Décrire** les influences de ce traitement thermique.
- Question 2.3 | **Citer**, parmi celles proposées, la nuance d'alliage d'aluminium-silicium adaptée à la coulée basse pression en moule sable.
DT11
Feuille de copie | **Préciser** les informations techniques associées à cette nuance.
Expliquer leur influence :
 - masse volumique ($\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$) ;
 - intervalle de solidification ($^{\circ}\text{C}$) ;
 - retrait moyen (‰).
- Question 2.4 | **Indiquer**, à partir de la nuance d'alliage proposée par le fournisseur, la composition chimique visée.
DT10 et DT14
Feuille de copie | **Expliquer** l'importance de contrôler la teneur en fer.
Expliquer le rôle du magnésium.
Conclure sur le choix de cette nuance.

PARTIE 3 – Étude mécanique

L'objectif de cette partie est de valider le choix de la matière en fonction des contraintes appliquées à la pièce.

- Question 3.1 | **Identifier** la sollicitation principale qui s'exerce sur la pièce.
DT15 et DT16
Feuille de copie
- Question 3.2 | **Calculer** la contrainte maximale admissible par le matériau, en tenant compte du coefficient de sécurité.
DT9 et DT18
Feuille de copie
- Question 3.3 | **Calculer** mf_z , moment fléchissant dans la section (S), sachant que $F_y = 2\,650\text{ N}$.
DT16
Feuille de copie
- Question 3.4 | **Calculer** le moment quadratique de la section (S).
DT16 et DT17
Feuille de copie

Question 3.5 | **Déterminer** la distance de la fibre la plus éloignée de la fibre neutre.

DT16

Feuille de copie

Justifier votre réponse.

Pour la suite du calcul, on considérera : $mf_z = 1\,950\text{ N}\cdot\text{m}$ et $y_{\max} = 53\text{ mm}$.

Question 3.6 | **Calculer** la contrainte maximale dans la section (S).

DT17

Feuille de copie

Question 3.7 | **Déterminer** si la contrainte maximale permet de valider le choix de la matière.

DT18

Feuille de copie

Justifier votre réponse.

PARTIE 4 – Moulage et coulée basse pression

L'objectif de cette partie est d'adapter la conception de la pièce au procédé.

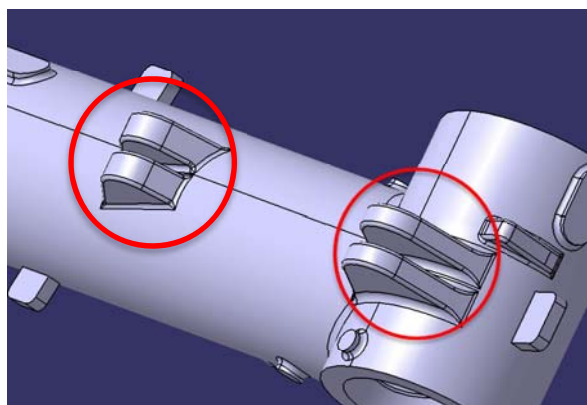
Des simulations numériques de remplissage et de solidification ont été réalisées, des points chauds et des porosités apparaissent. L'expérience de la fonderie montre qu'en dessous d'une épaisseur des lames de sable de 15 mm, le risque de casse de celles-ci à la coulée est élevé.

Question 4.1 | **Déterminer** l'épaisseur des lames de sable moulant les zones entourées sur la figure ci-dessous.

DT20

Feuille de copie

Proposer des modifications sur la pièce et **citer** les incidences possibles.



Le bureau d'étude a validé la modification de la pièce. De nouvelles simulations de remplissage et de solidification ont été réalisées. Les images de simulation montrent des défauts sur la pièce et les dernières zones de solidifications.

Question 4.2 | **Proposer**, compte tenu des résultats de la simulation, des modifications permettant d'obtenir une pièce saine, sans changer sa forme.

DT19

Feuille de copie

Justifier ces modifications.

Question 4.3 | **Citer**, compte tenu des exigences de sécurité et de la géométrie globale de la pièce, les trois avantages de la coulée basse pression.

DT13 et DT14

Feuille de copie

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 5 / 27

En basse pression, on respecte quelques principes fondamentaux :

- le refroidissement dans le moule (orienté de haut en bas) ;
- le remplissage du moule (rapide et sans turbulences).

Ces deux principes sont satisfaits notamment par la détermination du diamètre du col de la buse d'injection.

Question 4.4

Mise en situation

DT21

Feuille de copie

Calculer le diamètre du col d'injection. On considérera que l'épaisseur moyenne de la pièce est $e = 10$ mm et que le poids de la grappe est de 13,8 kg.

Question 4.5

DT13

Feuille de copie

Citer le gaz utilisé pour exercer la pression d'injection sur l'alliage.

Justifier l'utilisation d'un gaz neutre.

Question 4.6

DT14

Feuille de copie

Conclure quant au choix retenu du procédé basse pression.

Justifier votre réponse.

PARTIE 5 – Devis

On souhaite comparer le coût d'un moule obtenu par impression 3D avec un outillage réalisé par un modelleur sur commande numérique et un moulage en sable à prise chimique. Pour la fabrication de l'outillage, il sera nécessaire de prendre en compte un fût droit et un fût gauche. On effectuera le comparatif sur 4 pièces. On rappelle que la masse d'une grappe est de 13,8 kg.

Calcul du coût en impression 3D

Question 5.1

DT22, DT24

Feuille de copie

DR3

Calculer le volume de sable, en dm^3 , utilisé pour la réalisation du moule par impression 3D, avant dépoudrage.

En déduire la masse du moule sorti de l'imprimante.

Calculer le coût du sable pour un moule et le **reporter** dans le document réponse.

Dès que le moule est sorti de la machine, il doit être dépoudré pour ôter le sable qui n'a pas été durci par le liant.

Question 5.2

DT23, DT24

Feuille de copie

DR3

Identifier, dans le processus de fabrication, le moment correspondant au dépoudrage.

Calculer le coût du dépoudrage et le **reporter** dans le document réponse.

Question 5.3

DT22, DT24

Feuille de copie

DR3

Estimer le temps de fabrication d'un moule sur l'imprimante 3D.

Calculer la consommation de liant.

En déduire le coût du liant et le **reporter** dans le document réponse.

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 6 / 27

Après dépoudrage complet, le moule est passé à l'enduit.

Question 5.4 | **Justifier** le passage d'un enduit sur l'empreinte.

Feuille de copie

Question 5.5 | **Calculer** la quantité d'enduit nécessaire.

DT24

Feuille de copie

DR3

En déduire le coût de l'enduit.

Calculer le coût de main d'œuvre nécessaire au passage du moule à l'enduit.

En déduire le coût de passage à l'enduit et le **reporter** dans le document réponse.

Question 5.6 | **Déterminer** le coût de la fusion pour une pièce.

DT24

Feuille de copie

DR3

Déterminer le coût total pour une pièce.

En déduire le coût pour 4 pièces.

Reporter ces coûts dans le document réponse.

Calcul du coût des outillages (modèles + boîtes à noyaux) sur commande numérique en résine usinable (LAB) et du coût du moule de fonderie

Question 5.7 | **Déterminer** le coût d'un outillage complet.

DT24

Feuille de copie

DR3

Déterminer le coût du sable pour un moule (on négligera le volume de l'empreinte).

Déterminer le coût de fabrication d'un moule.

Déterminer le coût de fusion d'une pièce.

Reporter ces coûts dans le document réponse.

Question 5.8 | **Calculer** le coût d'une pièce unitaire brute.

Mise en situation

DT24

Feuille de copie

DR3

Effectuer le calcul pour une série de 4 pièces.

Reporter ces coûts dans le document réponse.

Question 5.9 | **Tracer** la courbe d'évolution du coût de fabrication en fonction du nombre de pièces réalisées en impression 3D.

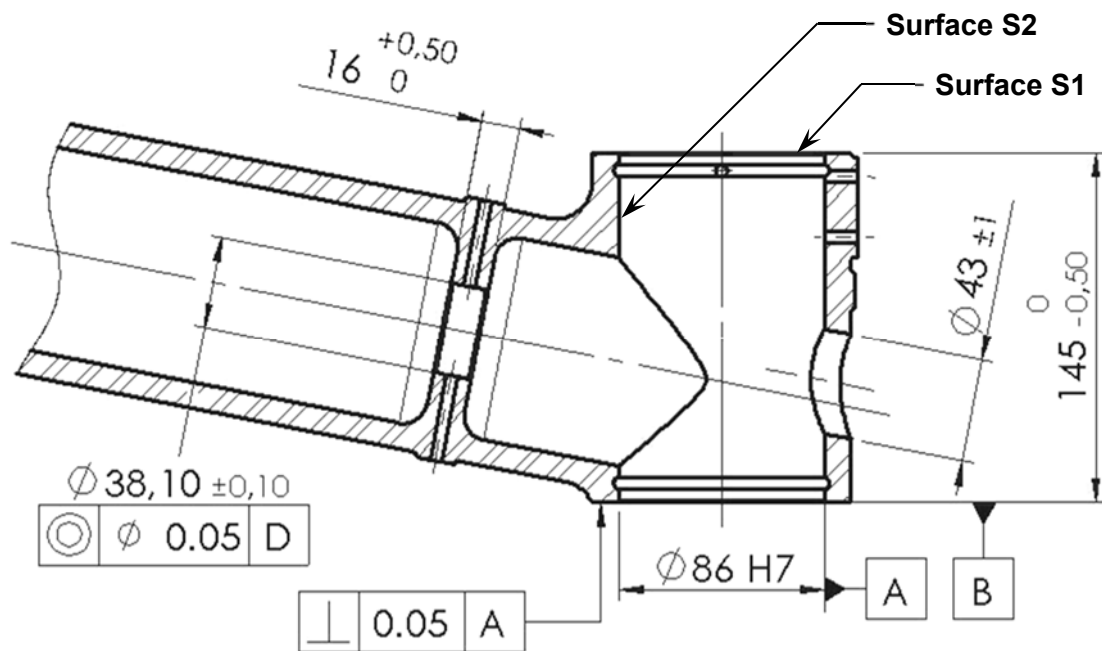
DR4

Feuille de copie

Conclure sur l'intérêt ou non de fabriquer les moules en impression 3D.

Justifier votre réponse.

DT1 – Vue partielle du fût de jambe de train



DT2 – Extrait de norme ISO 8062-3

Tableau A.1 — 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 mal-léable	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.									

DT3 – Extrait de norme ISO 8062-3

Tableau 2 — Tolérances dimensionnelles linéaires de pièce moulée (DCT)

Dimensions en millimètres

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.

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

^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 Pour les moulages de précision, on applique ce qui suit:

- Classe GCTG 2: à n'utiliser que par accord spécial;
- Classe GCTG 3: pièces moulées ordinaires, sans coulisseaux latéraux pour la forme extérieure;
- Classe GCTG 4: pièces moulées complexes et pièces moulées avec coulisseaux latéraux pour la forme extérieure.

DT4 – Tolérances de perpendicularité des pièces moulées

Dimensions en millimètres

Cote nominale de l'élément de la pièce brute		Tolérance pour la classe de tolérance géométrique de la pièce moulée (GCTG)						
		GCTG 2	GCTG 3	GCTG 4	GCTG 5	GCTG 6	GCTG 7	GCTG 8
—	≤ 10	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2
> 10	≤ 30	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3
> 30	≤ 100	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
> 100	≤ 300	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5	7
> 300	≤ 1 000	0,9	1,4	2	3	4,5	7	10
> 1 000	≤ 3 000	—	—	—	6	9	14	20
> 3 000	≤ 6 000	—	—	—	12	18	28	40
> 6 000	≤ 10 000	—	—	—	24	36	56	80

DT5 – Relation rugosité procédé

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													

Remarque : Toute surface élaborée avec enlèvement de copeaux présente une structure typique marquée par l'avance d'arête et la géométrie d'arête.



Valeurs usuelles



Valeurs possibles

DT6 – Tableau d'ajustements

Table de Choix des Ajustements

Alésages	Jusqu'à 3 inclus	de 3 à 6 inclus	de 6 à 10 inclus	de 10 à 18 inclus	de 18 à 30 inclus	de 30 à 50 inclus	de 50 à 80 inclus	de 80 à 120 inclus	de 120 à 180 inclus	de 180 à 250 inclus	de 250 à 315 inclus	de 315 à 400 inclus	de 400 à 500 inclus
D 10	+ 60	+ 78	+ 98	+ 120	+ 149	+ 180	+ 220	+ 260	+ 305	+ 355	+ 400	+ 440	+ 480
	+ 20	+ 30	+ 40	+ 50	+ 65	+ 80	+ 100	+ 120	+ 145	+ 170	+ 190	+ 210	+ 230
F 7	+ 16	+ 22	+ 28	+ 34	+ 41	+ 50	+ 60	+ 71	+ 83	+ 96	+ 108	+ 119	+ 121
	+ 6	+ 10	+ 13	+ 16	+ 20	+ 25	+ 30	+ 36	+ 43	+ 50	+ 56	+ 62	+ 68
G 6	+ 8	+ 12	+ 14	+ 17	+ 20	+ 25	+ 29	+ 34	+ 39	+ 44	+ 49	+ 54	+ 60
	+ 2	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 14	+ 15	+ 17	+ 18	+ 20
H 6	+ 6	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 16	+ 19	+ 22	+ 25	+ 29	+ 32	+ 36	+ 40
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 7	+ 10	+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	+ 46	+ 52	+ 57	+ 63
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 8	+ 14	+ 18	+ 22	+ 27	+ 33	+ 39	+ 46	+ 54	+ 63	+ 72	+ 81	+ 89	+ 97
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 9	+ 25	+ 30	+ 36	+ 43	+ 52	+ 62	+ 74	+ 87	+ 100	+ 115	+ 130	+ 140	+ 155
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 10	+ 40	+ 48	+ 58	+ 70	+ 84	+ 100	+ 120	+ 140	+ 160	+ 185	+ 210	+ 230	+ 250
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 11	+ 60	+ 75	+ 90	+ 110	+ 130	+ 160	+ 190	+ 210	+ 250	+ 290	+ 320	+ 360	+ 400
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 12	+ 100	+ 120	+ 150	+ 180	+ 210	+ 250	+ 300	+ 350	+ 400	+ 460	+ 520	+ 570	+ 630
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 13	+ 140	+ 180	+ 220	+ 270	+ 330	+ 390	+ 460	+ 540	+ 630	+ 720	+ 810	+ 890	+ 970
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J 7	+ 4	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 14	+ 18	+ 22	+ 26	+ 30	+ 36	+ 39	+ 43
	- 6	- 6	- 7	- 8	- 9	- 11	- 12	- 13	- 14	- 16	- 16	- 18	- 20
K 6	0	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 4	+ 4	+ 4	+ 5	+ 5	+ 7	+ 8
	- 6	- 6	- 7	- 9	- 11	- 13	- 15	- 18	- 21	- 24	- 27	- 29	- 32
K 7	0	+ 3	+ 5	+ 6	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 13	+ 16	+ 17	+ 18
	- 10	- 9	- 10	- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 28	- 33	- 36	- 40	- 45
M 7	- 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 12	- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40	- 46	- 52	- 57	- 63
N 7	- 4	- 4	- 4	- 5	- 7	- 8	- 9	- 10	- 12	- 14	- 14	- 16	- 17
	- 14	- 16	- 19	- 23	- 28	- 33	- 39	- 45	- 52	- 60	- 66	- 73	- 80
N 9	- 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 29	- 30	- 36	- 43	- 52	- 62	- 74	- 87	- 100	- 115	- 130	- 140	- 155
P 6	- 6	- 9	- 12	- 15	- 18	- 21	- 26	- 30	- 36	- 41	- 47	- 51	- 55
	- 12	- 17	- 21	- 26	- 31	- 37	- 45	- 52	- 61	- 70	- 79	- 87	- 95
P 7	- 6	- 8	- 9	- 11	- 14	- 17	- 21	- 24	- 28	- 33	- 36	- 41	- 45
	- 16	- 20	- 24	- 29	- 35	- 42	- 51	- 59	- 68	- 79	- 88	- 98	- 108
P 9	- 9	- 12	- 15	- 18	- 22	- 26	- 32	- 37	- 43	- 50	- 56	- 62	- 68
	- 31	- 42	- 51	- 61	- 74	- 88	- 106	- 124	- 143	- 165	- 186	- 202	- 223

DT7 – Extrait de norme ISO 8062-3

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 malleable	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.									

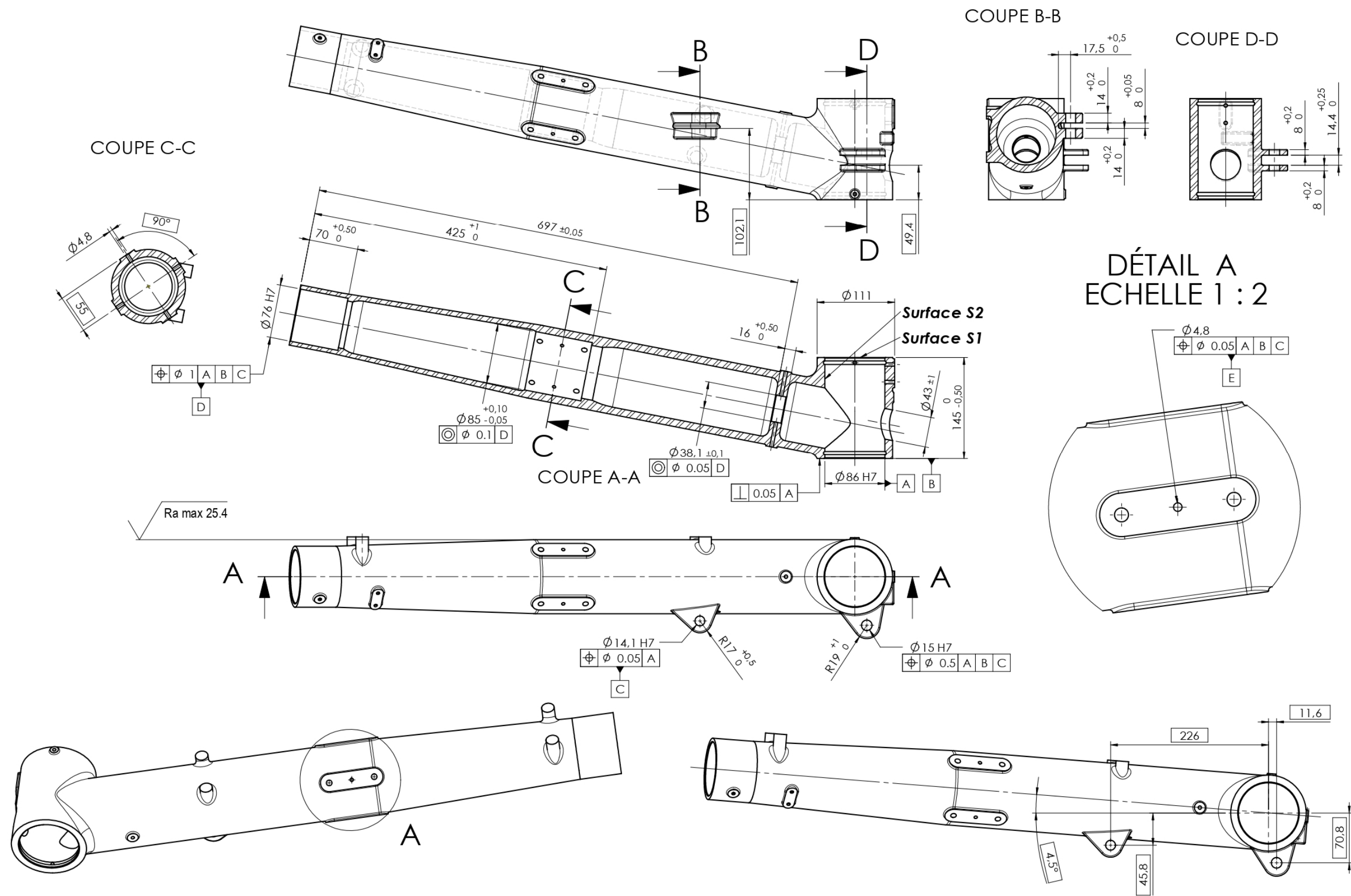
Tableau 7 — Surépaisseur d'usinage spécifiée

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
NOTE Les classes A et B ne s'appliquent que dans des cas spéciaux, par exemple en production de série pour laquelle il y a eu un accord entre le client et la fonderie sur le type d'outillage (modèles) ainsi que sur le mode de moulage et le mode opératoire d'usinage en fonction des zones de serrage et des surfaces de référence.											

* Plus grande dimension hors tout de la surface considérée.

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 12 / 27



DT9 – Données techniques : descriptif du train d'atterrissage

Descriptif général :

L'avion Dewoitine D551 est équipé d'un train d'atterrissage rétractable, composé d'un train principal, qui est attaché sur les longerons de la voilure, et d'une béquille qui est fixée sur la partie arrière du fuselage.

Les jambes de train (G et D) sont constituées d'un fût, d'une jambe coulissante, d'un amortisseur et d'une fusée, sur laquelle est fixée la roue.

Pour le maintien en position sortie, un système de contrefiche relie ce fût à la structure de la voilure et empêche la rétractation grâce à un point de basculement.

Pour rentrer le train d'atterrissage, un système de relevage hydraulique permet d'effectuer cette opération. Il comprend un vérin de relevage, qui est fixé à la fois sur la jambe de train et sur la contrefiche.

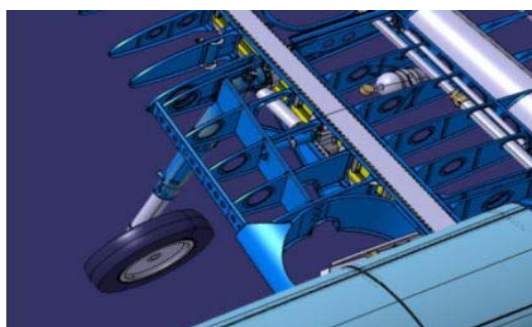
Le même principe est réalisé avec la béquille.

Plusieurs systèmes de sécurité permettent de déployer le train en cas de panne hydraulique et de le maintenir en position. La masse maximale de l'avion au décollage est d'environ 2 150 kg.

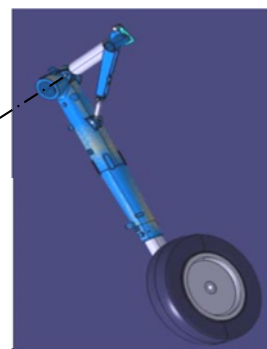
La répartition des masses sur le train d'atterrissage est estimée : train principal G/D 1 800 kg, béquille 194 kg.

La différence entre la masse maximale et celle de l'atterrissage correspond à la consommation de l'essence pendant le vol.

Le train d'atterrissage est calculé avec un coefficient de sécurité de 7.



Axe de rotation de sortie ou rentrée de train



DT10 – Désignation chimique et numérique - composition chimique

Composition chimique

Alliage	-	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Cr	Pb	Sn	Ti	Autres chaque	Autres total	Al
A-S10G	min.	9,00	/	/	/	0,20	/	/	/	/	/	/	/	/	le reste
(43100)	Max.	11,00	0,55	0,10	0,45	0,45	0,10	0,05	/	0,05	0,05	0,15	0,05	0,15	
A-S7G06	min.	6,50	/	/	/	0,45	/	/	/	/	/	0,08	/	/	le reste
(42200)	Max.	7,50	0,19	0,05	0,10	0,70	0,07	/	/	/	/	0,25	0,03	0,10	
A-S5U3G	min.	4,50	/	2,60	/	0,15	/	/	/	/	/	/	/	/	le reste
(45100)	Max.	6,00	0,60	3,60	0,55	0,45	0,20	0,10	/	0,10	0,05	0,25	0,05	0,15	
A-S8U3	min.	7,50	/	2,00	0,15	0,05	/	/	/	/	/	/	/	/	le reste
(46200)	Max.	9,50	0,80	3,50	0,65	0,55	1,20	0,35	/	0,25	0,15	0,25	0,05	0,25	

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 14 / 27

DT11 – Nuances aluminium - silicium

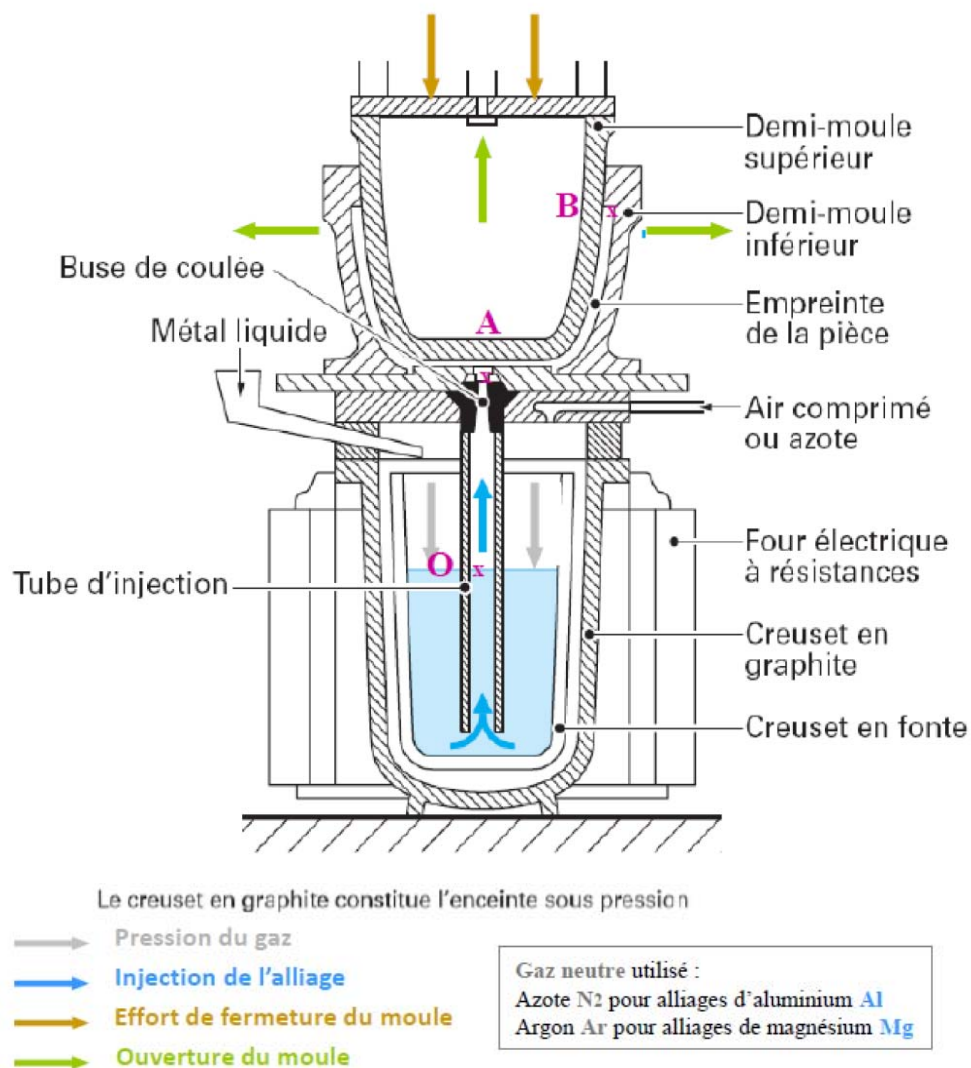
Désignation chimique	Procédé de moulage recommandé	Masse volumique (kg·dm ⁻³)	Intervalle de solidification (°C)	Retrait moyen (‰)
AlSi7Mg0.3	K	2,670	615 - 555	12,5
AlSi7Mg0.6	S	2,650	600 - 555	12,5
AlSi10Mg	D	2,660	595 - 555	11,5

DT12 – Tableau du mode opératoire

N° Opération	Fabrication	N° Indice	Observations
040	Moulage	IT 40	Imprimante S15
060	Remmoulage	IT 50	Dépoudrage - remmoulage
100	Coulée basse pression	IT 70-3	
125	Décochage - Déburrage	IT 125	Vérification de l'absence de défauts visuels réducteurs
107	Contrôle grappe	IT 105	
110	Sciage	IT 110	
135	Marquage	PR 21	
140	Contrôle brut	IT 140-1	
	Contrôle fluo brut		
	Contrôle radio brut		
	Contrôle géométrique brut		
	Prise E.P + relevé 100 %		
150	Ébarbage	IT 150	
710	Sablage	IT 710	
310	Ressuage	IT 310	
330	Radiographie	IT 330	Radio numérique
400	Contrôle visuel dimensionnel	IT 400	
411	Soudure	IT 410-2	
	Ébarbage soudure	IT 410-4	
	Contrôle dimensionnel après ébarbage soudure	IT 410-4	
	Radio soudure	IT 330	
510	Traitement thermique T6 Homogénéisation trempe Revenu	IT 510-3 IT 510-3	10 h à 540 °C Eau + polymère dans chambre tempérée 10 h à 160 °C
151	Finition	IT 151	
710	Sablage	IT 710	Vérification absence de corrosion, oxydes, écaillage et sable
703	Contrôle locating		
945	Contrôle expédition	IT 945	

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 15 / 27

DT13 – Principe de la coulée basse pression



Principe de la coulée basse pression

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 16 / 27

DT14 – Le moulage par basse pression

Avantages :

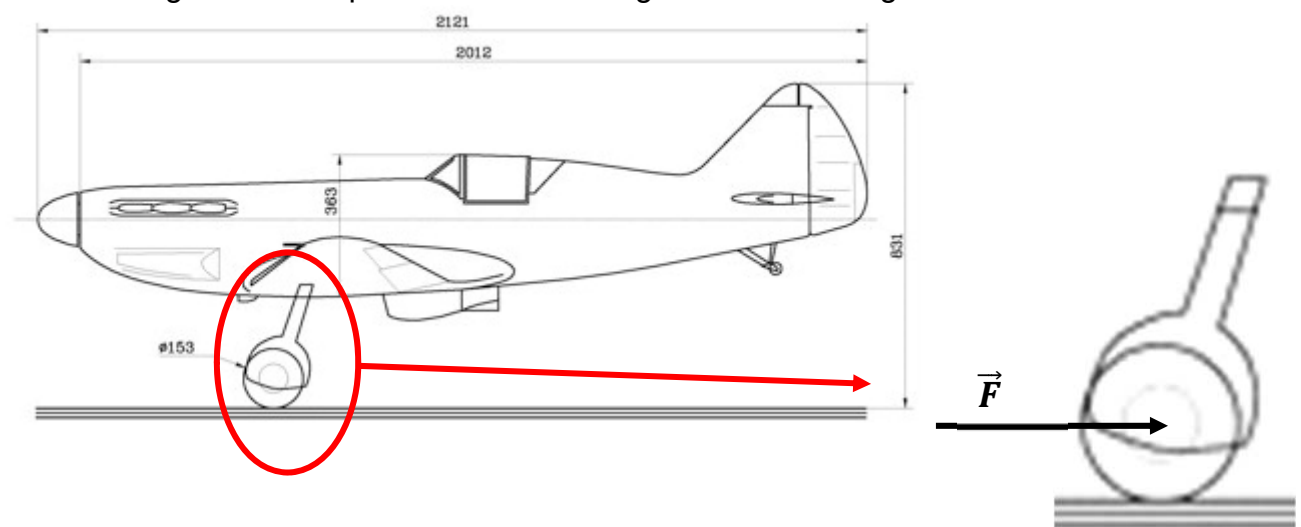
- coulée directe du four dans le moule sans turbulence et pratiquement sans oxydation si les précautions d'usage sont respectées ;
- amélioration de l'environnement par suppression de la coulée par poche ;
- installation compacte et pouvant être entièrement automatique ;
- absence de masselottage ou réduction le plus possible de la mise au mille ;
- très bonne précision dimensionnelle ;
- possibilité de couler en atmosphère neutre (azote ou argon) ;
- cadence de production plus élevée qu'en coquille coulée par gravité ;
- moulage de plusieurs pièces avec un seul canal d'alimentation central ;
- caractéristiques mécaniques des alliages améliorées de 10 % environ ;
- meilleure coulabilité qu'en gravitaire.

Inconvénients :

- le fait de ne couler que par un orifice, ou deux éventuellement, ne permet pas de mouler des pièces nécessitant plusieurs points d'alimentation ;
- le fait de stocker dans un four étanche un alliage liquide impose que celui-ci conserve ses qualités tout au long des injections, ce qui n'est pas le cas par exemple des alliages Al-Si modifiés au sodium. Il faut donc adapter l'alliage au procédé. Actuellement, ce sont les alliages Al-Si ayant subi un traitement au Sr ou à Sb qui répondent à ce problème ;
- le tube plongeur, généralement réalisé en fonte ou en acier, tend à charger le bain en fer par dissolution lente, ce qui peut altérer la qualité mécanique des pièces. Néanmoins, cet inconvénient n'est plus un problème grave si l'on poteye avec soin les tubes.

DT15 – Modélisation des actions mécaniques

Une étude préalable nous conduit à considérer l'effort maximal $\vec{F}$ exercé sur le train d'atterrissage lors des opérations de décollage ou d'atterrissage.



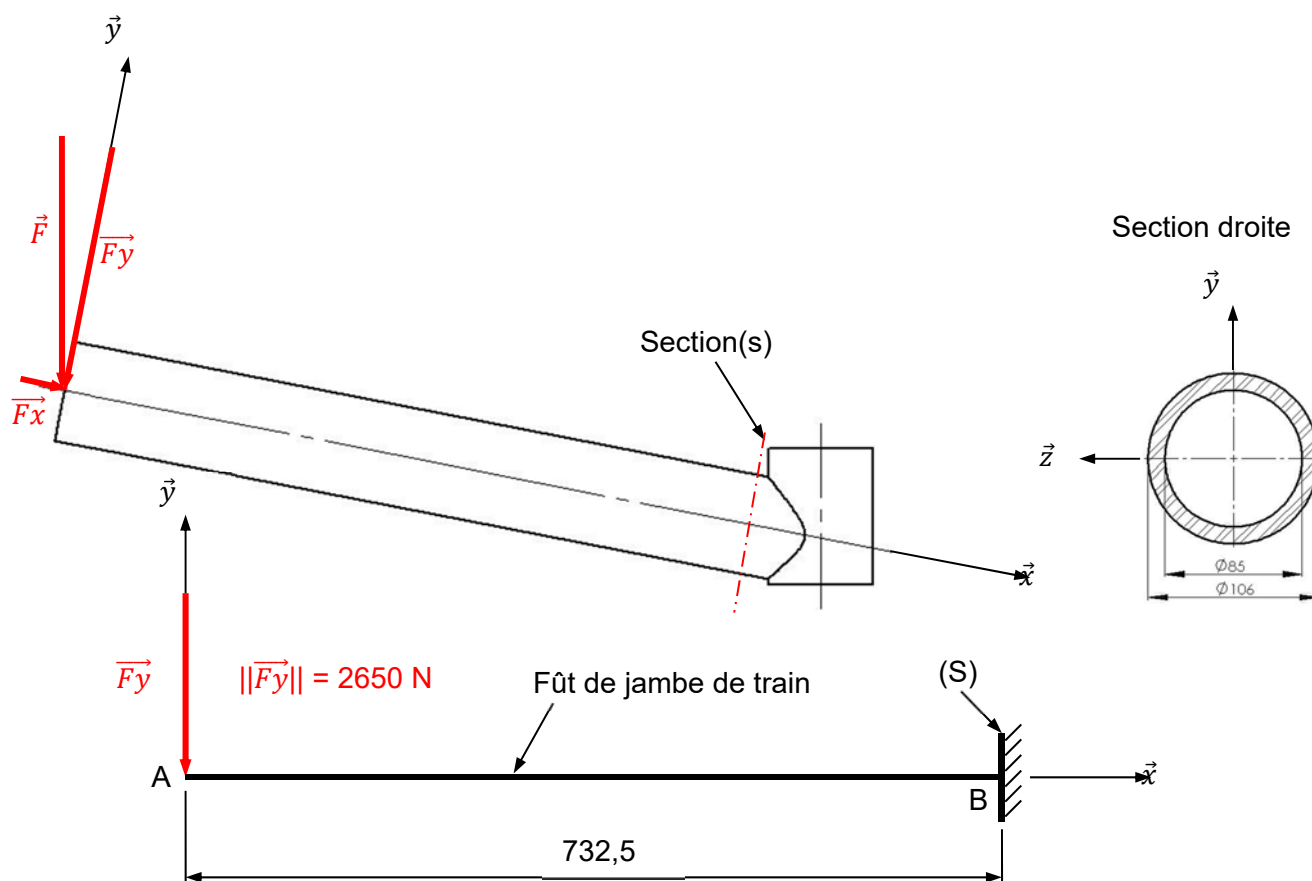
BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 17 / 27

DT16 – Hypothèses de la RDM

Le fût de jambe de train est modélisé par une poutre de section uniforme.

La matière est considérée comme continue, homogène, et isotrope.

On considère que la fibre neutre correspond à l'axe de la poutre. La sollicitation de compression due à $\vec{F}_x$ est négligée.



DT17 – Formulaire de RDM

Moments quadratiques :

IG_z (mm ⁴)	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi (D^4 - d^4)}{64}$
I_0 (mm ⁴)	$\frac{bh^3 + hb^3}{12}$	$\frac{a^4}{6}$	$\frac{\pi d^4}{32}$	$\frac{\pi (D^4 - d^4)}{32}$

$$\text{Contrainte : } |\sigma| = \frac{Mfz}{I(G, \vec{z})} \cdot y$$

BTS FONDERIE	Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP
	Page 18 / 27

DT18 – Extrait de documentation technique du fabricant

Critère d'acceptation métallurgique :

Définition d'un lot :

☐ même fusion + même traitement thermique

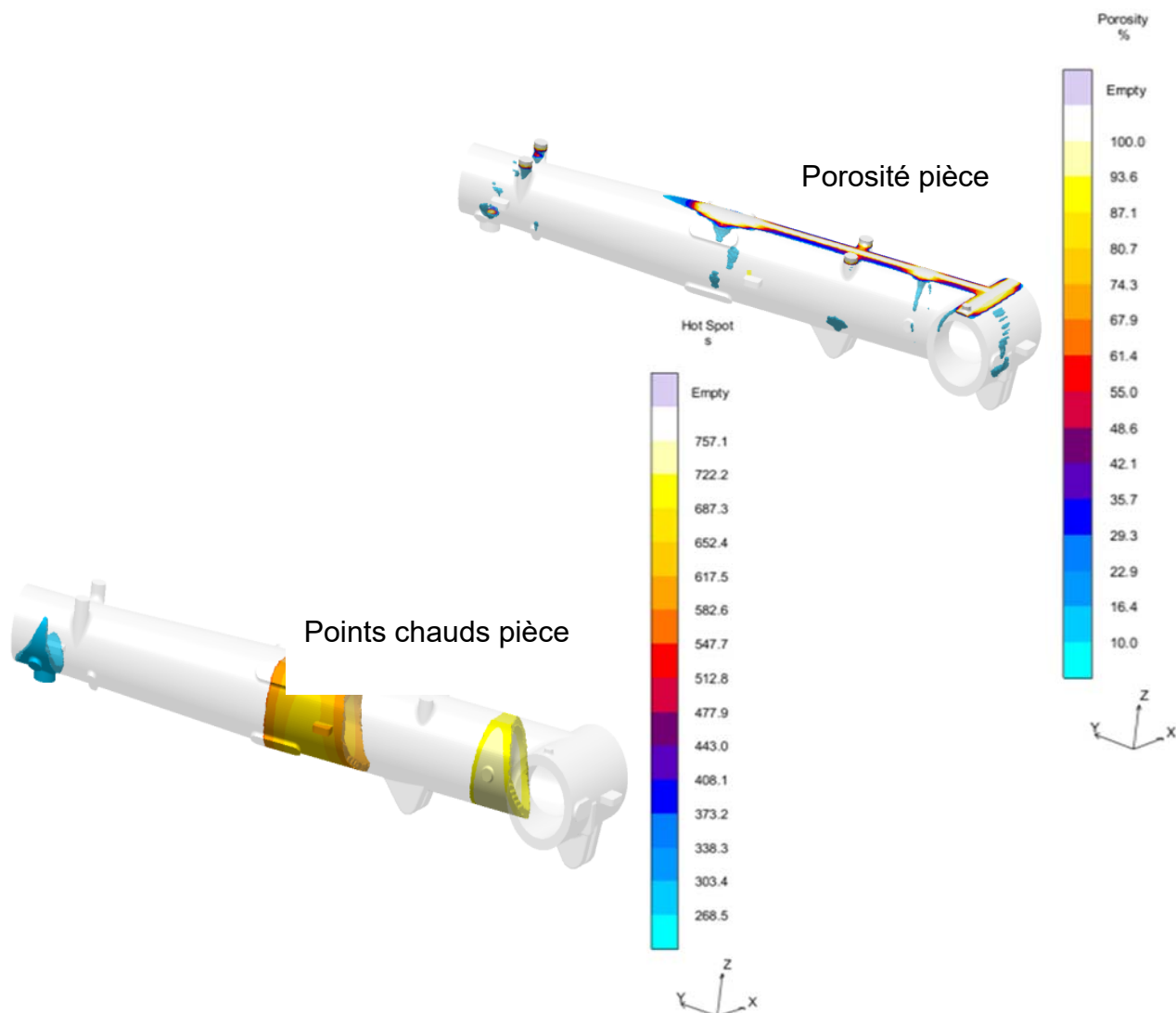
☐ Autres :

☒ fusions différentes + même traitement thermique

critères d'acceptation	zone désignée	zone courante	selon norme
ressuage	SP1-CP1_LP2-AP2	SP2-CP2_LP3-AP3	EN1371
RX	Degrés C	Degrés C	Offre

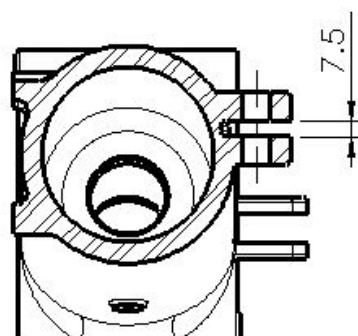
	dissection		attenante	séparée
	zone désignée	zone courante		
Rm (MPa)			270	
Rp0.2 (MPa)			220	
A (%)			2	
Dureté HB			85	

DT19 – Extrait du logiciel de simulation

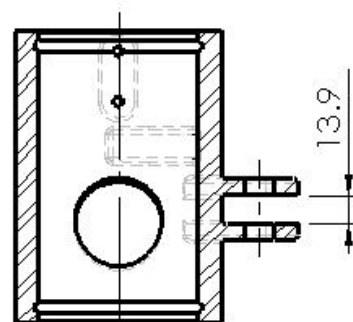


DT20 – Cotation brute des lames de sable

COUPE B-B

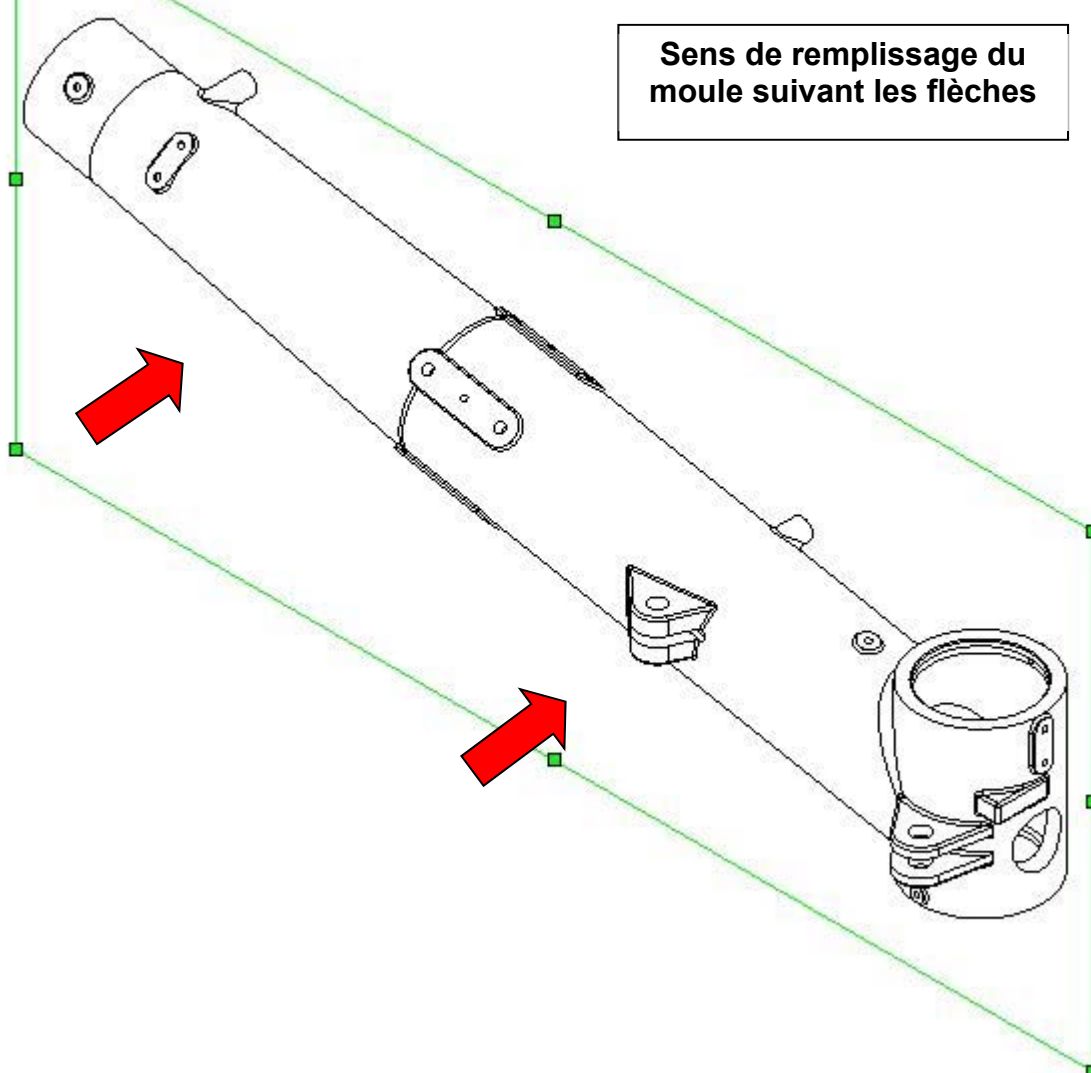


COUPE D-D



Plan de joint

Sens de remplissage du moule suivant les flèches



DT21 – Détermination du col d'injection

Détermination du diamètre du col d'injection

La section de passage du col détermine, pour une vitesse donnée, le débit d'alliage liquide.

On détermine le paramètre α (en mm) de remplissage en appliquant la règle suivante :

- pour les alliages Al-Mg : $\alpha = e$;
- pour les alliages Al-Si et Al-Si-Cu : $\alpha = e+1$.

De ces données, on déduit la valeur du diamètre minimal du col (exprimé en centimètres), compte tenu d'une perte de charge de 20 % :

$$d = \sqrt{\left(\frac{V}{120 \cdot \alpha}\right)}, \text{ avec } V : \text{volume de la pièce en mm}^3$$

DT22 – Données techniques de l'imprimante 3D

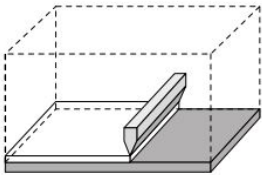
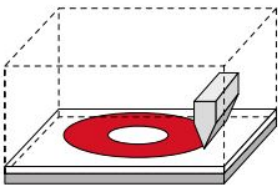
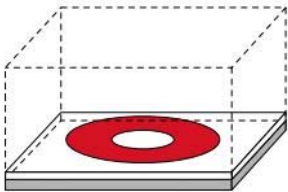
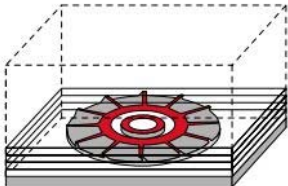


Données Techniques	
Dimensions plateforme de construction	2 000 mm x 1 000 mm x 1 000 mm
Matériau de fabrication	Silice de moulage de différents grains
Liant utilisé	Résine furanique durcie à froid
Épaisseur d'enduit	300 – 400 μm ; standard 300 μm
Précision	$\pm 0,1$ % (min. $\pm 1,5$ fonction de l'épaisseur de couche)
Résolution d'impression	200 dpi/300 dpi
Vitesse d'impression	Jusqu'à 21,6 mm d'épaisseur par heure
Consommation de liant (binder)	41,7 l/h

Caractéristiques des matériaux de moulage			
Matériau de moulage	silice	silice	silice
Type	GS 14	GS 19	GS 25
Taille moyenne du grain (μm)	140	190	250
Application	Moules et noyaux exigeant des surfaces rigoureuses	Noyaux avec haut niveau de perméabilité des gaz	Noyaux avec très haut niveau de perméabilité des gaz
Perte au feu	$\leq 1,9$	$\leq 1,9$	$\leq 1,9$
Résistance à la flexion (N/cm^2)	≥ 220	≥ 220	≥ 250
Perméabilité aux gaz	≥ 80	≥ 180	≥ 300

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 21 / 27

DT23 – Process de l'impression 3D

N° d'opération	Désignation	Croquis
10	Transfert des données CAO sur la machine d'impression	
20	Application de la couche de poudre	
30	Application du liant pour solidification de la couche	
40	Abaissement de la plateforme pour mise en place d'une nouvelle couche	
50	Répétitions successives des opérations 20 à 40	
60	Enlèvement de matière non durcie par aspiration	
70	Récupération de la pièce finie	

DT24 – Données pour le calcul de coûts

CALCUL COÛT IMPRESSION 3D	
Dimensions du moule imprimante 3D	1 080 mm x 435 mm x 150 mm dessus 1 080 mm x 435 mm x 150 mm dessous
Masse volumique du sable utilisé pour impression 3D	1 500 kg·m ⁻³
Volume de l'empreinte (grappe + noyau)	10,69 dm ³
Volume du noyau	5,48 dm ³
Temps nécessaire au dépoudrage + remmoulage	1,5 h
Surface de l'empreinte pour passage de l'enduit	3,3 m ²
Prix du liant (binder) utilisé pour imprimante 3D	2 € le litre
Consommation d'enduit au m ²	1,2 l/m ²
Temps passage du moule à l'enduit	50 min
Prix de l'enduit	2 € le litre
Taux horaire fonderie	25 €/h
Coût fusion	20 €/kg d'alliage coulé
Prix sable imprimante 3D	100 €/tonne

CALCUL COÛT OUTILLAGE ET MOULE FONDERIE	
Coût du matériau (LAB : résine usinable) pour les modèles	350 € TTC la plaque de 75 dm ³
Masse volumique du sable utilisé pour le moule	1 500 kg·m ⁻³
Quantité de LAB pour fabrication	20 dm ³
Taux horaire modelleur	50 €/h
Coût du sable de moulage	70 €/tonne
Densité du LAB	0,75 kg·m ⁻³
Temps de fabrication outillage complet sur commande numérique (modèle et boîte à noyau)	20 h
Taux horaire commande numérique	100 €/h
Intervention modelleur pour opérations manuelles diverses (en heures)	30 h
Coût fusion	20 €/kg d'alliage coulé
Masse de la grappe	13,8 kg
Temps pour fabrication moule fonderie + noyau +remmoulage	4 h
Taux horaire fonderie	25 €/h
Dimensions du moule de fonderie	1 200 mm x 500 mm x 200 mm dessus 1 200 mm x 500 mm x 200 mm dessous

BTS FONDERIE		Session 2025
Épreuve E4 : conception préliminaire	Code : 25FO4CP	Page 23 / 27

DR1 – Document réponse 1

Question 1.1

Ø 86 H7

Type de spécification :

Élément tolérancé :

Dimension minimale :

Dimension maximale :

Condition de conformité :

 0.05 A

Type de spécification :

Élément tolérancé :

Condition de conformité :

$\sqrt{Ra \max 25.4}$

Type de spécification :

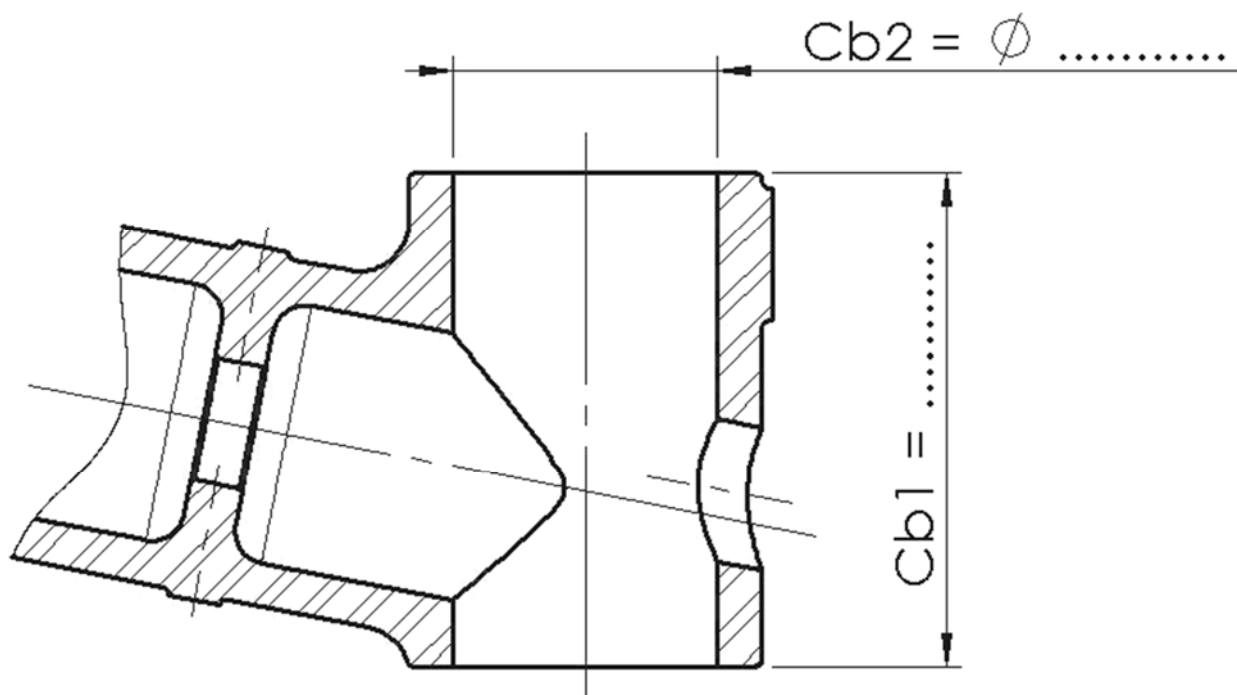
Élément tolérancé :

Condition de conformité :

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

DR2 – Document réponse 2

Question 1.4 | **Proposer** une cotation partielle de la pièce brute de fonderie (2 cotes *Cb1* et *Cb2*), avec les tolérances attendues. On notera que la classe de tolérance de l'impression 3D correspond au moulage machine.



DR3 – Document réponse 3

Questions 5.1 à 5.3 et 5.5 à 5.8

Calcul du coût en impression 3D			
Coût du sable	€		
Coût du dépoudrage	€		
Coût de la consommation de liant	€		
Coût du passage de l'enduit	€		
Coût de la fusion	€		
COÛT TOTAL PIÈCE UNITAIRE	€	COÛT TOTAL POUR 4 PIÈCES	€
Calcul du coût des outillages (modèles + boîtes à noyaux), sur commande numérique en résine usinable (LAB) et du coût du moule de fonderie.			
Coût de l'outillage complet	€	Coût de l'outillage complet	€
Coût du sable	€	Coût du sable x 4	€
Coût de la fabrication du moule	€	Coût de la fabrication du moule x 4	€
Coût de la fusion	€	Coût de la fusion x 4	€
COÛT TOTAL PIÈCE UNITAIRE	€	COÛT TOTAL POUR 4 PIÈCES	€

DR4 – Document réponse 4

Question 5.9 | **Tracer** la courbe d'évolution du coût en impression 3D.

