

BTS EuroPlastics et Composites (EPC)

E4 : Conception préliminaire

EPREUVE PONCTUELLE

Durée : 5 heures

Coefficient : 6

Aucun document autorisé

Matériel autorisé :

note de service n° 2015-056 du 17-3-2015

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Les matériels autorisés sont les suivants :

Les calculatrices non programmables sans mémoire alphanumérique ;

Les calculatrices avec mémoire alphanumérique et/ou avec écran graphique qui disposent d'une fonctionnalité « mode examen » activé

Tout autre matériel est interdit.

Documents Fournis

***Le sujet comporte 29 pages, numérotées de 1/29 à 29/29.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.***

Documents réponses, à rendre avec la copie :

DR1	page 23/29
DR2	page 24/29
DR3	page 25/29
DR4	page 26/29
DR5	page 27/29
DR6	page 28/29
DR7	page 29/29

Organisation du sujet

Dossier technique

Présentation	Page 3
DT1 : extrait du cahier des charges fonctionnel	Page 4
DT2 : dessin du nouveau carter en composites	Page 5
DT3 : caractéristiques des procédés composites	Page 6
DT4 : caractéristiques des renforts composites	Page 7
DT5 : courbes essais de traction renforts	Page 7
DT6 : caractéristiques du gel-coat et des résines	Page 8
DT7 : gamme et planning de fabrication du carter composites en RTM	Page 9
DT8 : analyse économique de fabrication des pièces en aluminium	Page 10
DT9 : mesure de la viscosité Brookfield	Pages 10 et 11
DT10 : mesure du taux de réticulation par DSC	Page 12
DT11 : extraits de fiche matière pour la platine	Page 13
DT12 : presses à injecter disponibles	Page 14
DT13 : données techniques d'un assemblage emmanché en force	Page 15
DT14 : analyse rhéologique de la molette de réglages	Page 16

Dossier questionnement et réponses

Questionnement

Pages 17 à 22

Documents réponses DR

Pages 23 à 29

La rédaction des réponses aux questions posées se fait sur feuilles de copie ou sur les documents réponses.

**Les différentes parties de cette épreuve sont indépendantes.
Elles peuvent être étudiées dans l'ordre de votre choix.**

Proposition de répartition du temps :

Lecture du sujet	0 h 30
Étude 1 : choix d'un procédé pour la réalisation du carter composite, choix des renforts et de la résine	0 h 30
Étude 2 : étude économique du carter	0 h 30
Étude 3 : caractérisation de la résine et du produit fini	0 h 30
Étude 4 : optimisation de la production	0 h 45
Étude 5 : reconception de la platine, choix matière et machine	1 h15
Étude 6 : étude de la nouvelle molette de réglages	1h

DOSSIER TECHNIQUE

Système articulé – bras zéro gravité

Le produit étudié est un système articulé qui fait partie d'un bras zéro gravité « Gobio » commercialisé par la société GEBE 2. Le bras zéro gravité permet d'assister des opérateurs dans l'industrie ou sur des chantiers pour porter des outils lourds tels que des meuleuses, perforateurs, ponceuses. La masse des outils peut aller jusqu'à 40 kg.

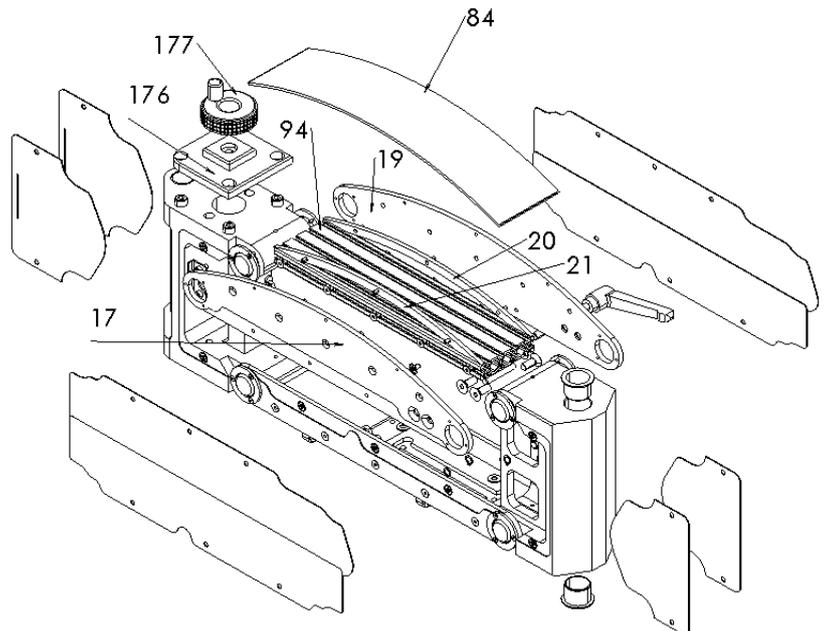


Bras Gobio équipé d'une meuleuse

Bras en cours d'utilisation

Le système articulé équipé d'un vérin à gaz réduit ou annule le poids ressenti par l'opérateur lors du maniement d'un outil électroportatif. Sur le schéma suivant, le vérin à gaz situé à l'intérieur du système n'est pas représenté. Toutes les pièces sont réalisées en aluminium.

La société GEBE 2 souhaite optimiser les coûts de fabrication du système articulé en remplaçant certaines pièces métalliques par des pièces en matériaux polymères et en réalisant de l'intégration de fonctions (plusieurs pièces métalliques remplacées par une seule en polymère).



Les études 1, 2, 3 et 4 porteront sur le remplacement de 3 pièces (17, 19, 84) réalisées pour l'instant en aluminium par un **carter** en matériaux composites.

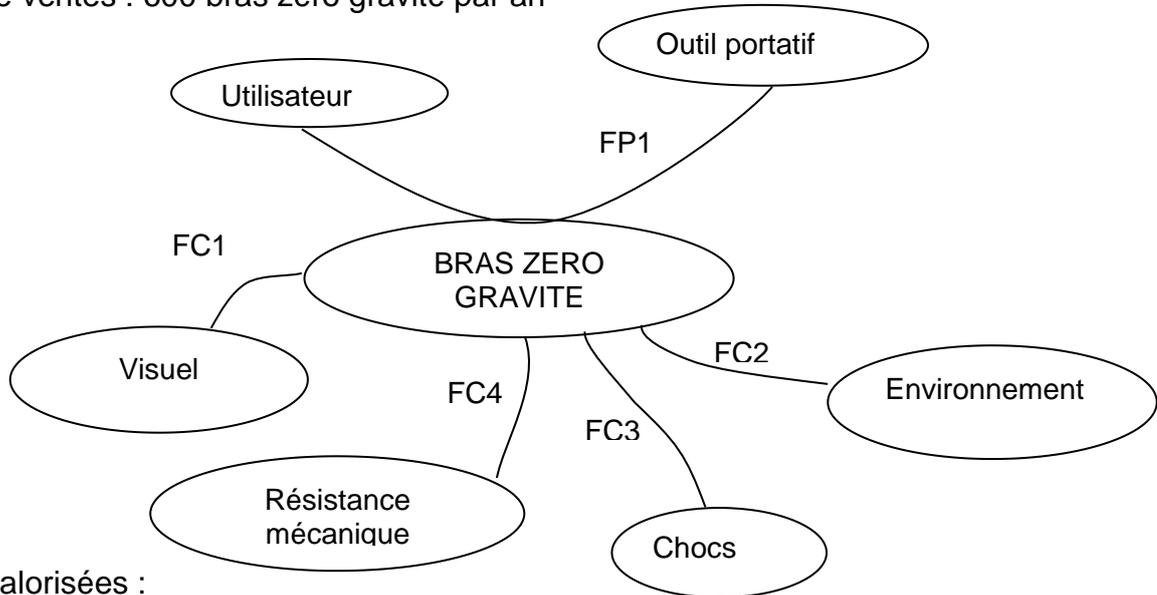
L'étude 5 consistera à reconcevoir la platine 176 en aluminium par une pièce injectée en thermoplastique.

L'étude 6 portera sur la conception de la nouvelle molette de réglage 177.

N°	Nombre	Nom
84	1	Chapeau
17	1	Biellette gauche
19	1	Biellette droite
176	1	Platine
177	1	Molette de réglage
20 et 21	1	Renforts
94	1	Profilé alu

DT1 extrait du cahier des charges fonctionnel.

Espérance de vie commerciale : 5 ans
 Prévision de ventes : 600 bras zéro gravité par an



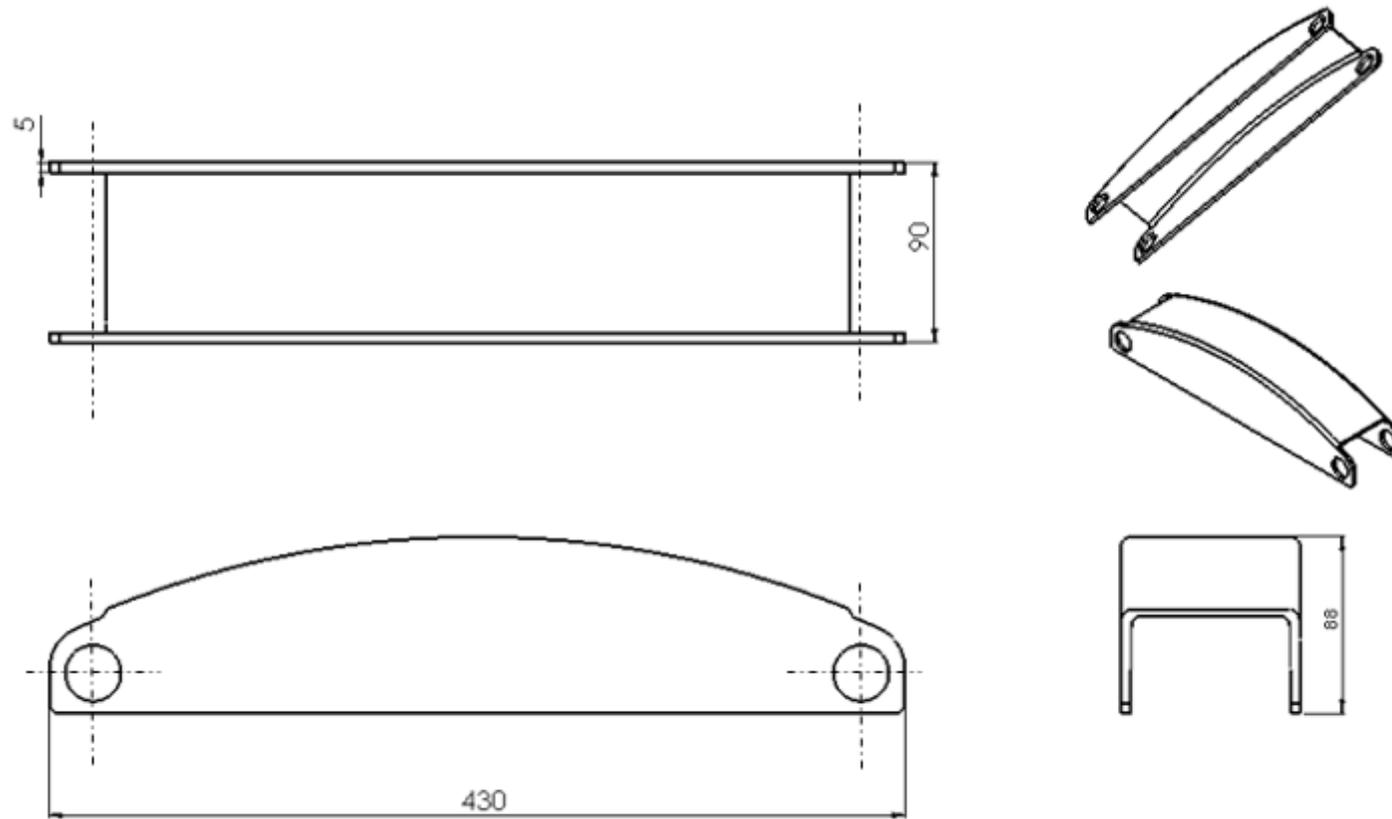
Fonctions valorisées :

- FP1 : permettre l'utilisation d'outils électroportatifs sans effort
- FC1 : être esthétique
- FC2 : résister à l'environnement
- FC3 : résister aux chocs
- FC4 : résister aux efforts mécaniques

Caractérisation des fonctions.

Fonction	Critère d'appréciation	Niveau	Flexibilité
FP1 : permettre l'utilisation d'outils électroportatifs sans effort	Dimensions, géométrie des pièces Diamètre des passages de vis	Conformité par rapport au plan Conformité par rapport au plan	F0 F0
FC1 : être esthétique	Aspect de surface	Surfaces intérieure et extérieure lisses Couleur uniforme Absence de tâches, traces	F0 F0 F0
FC2 : résister à l'environnement	Hygrométrie (humidité) Température	0 à 100 % - 20°C à 30°C	F0 F0
FC3 : résister aux chocs	Projections de cailloux	Pas d'altération de la surface	F1
FC4 : résister aux efforts mécaniques	Charge à transporter Propriétés mécaniques attendues	40 kg au maximum Elevées	F0 F0

DT2 dessin du nouveau carter en composites



Tolérances générales : ISO 2768-mk
Surface développée : 94750 mm²

BTS EuroPlastics et Composites (EPC)	SESSION 2023	
E4 : Conception préliminaire	Code : 23EP4RACP	Page 5 sur 29

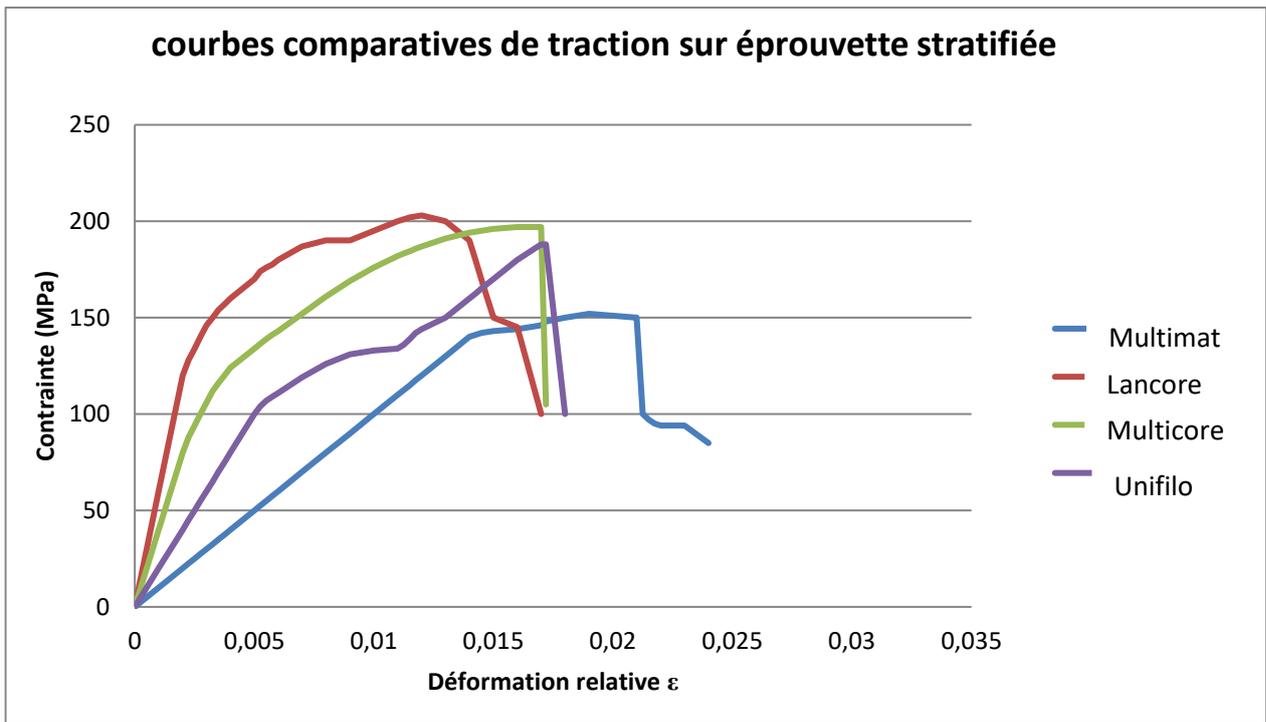
DT3 caractéristiques des procédés composites

Caractéristiques	Méthodes de transformation			
	Moulage au contact avec un contre moule	Infusion	RTM Light	Moulage par projection simultanée
Taille de la série	Jusqu'à 500 pièces/an/moule	Jusqu'à 400 pièces/an/moule	Jusqu'à 1000 pièces/an/moule	Jusqu'à 600 pièces/an/moule
Surface des pièces en m ²	0,01 à 4	0,15 à 25	0,05 à 15	0,5 à 50
Nombre de faces lisses	2	1	2	1
Technique utilisant le vide	non	oui	oui	non
Propriétés mécaniques des pièces réalisées	moyennes	élevées	élevées	moyennes
Viscosité résine	moyenne	très faible	très faible	moyenne
Coût moule	1300 €	900 €	2000 €	700 €
Coût consommables par pièce	1 €	1,9 €	0,8 €	1,2 €

DT4 caractéristiques des renforts composites

Renforts	Descriptif	Volume de résine en cm ³ pour un carter d'épaisseur 5 mm	Coût du renfort par carter (€)
Lancore 450/450 et multiaxiaux 300	Mat de fils continus souple et sans liant. Il s'adapte aisément sur un moule, offre un bon fini de surface avec un multiaxial et permet d'obtenir des propriétés mécaniques élevées et orientées afin d'avoir une bonne résistance au choc.	310	4,05
Multicore	Complexe tridimensionnel avec un mat à fils coupés cousu sur une seule face d'une âme PP non tissée. Il est facile à manipuler et à draper sur un moule complexe	380	3,95
Unifilo® U813	Mats à fils continus pouvant servir à la fois de drainant et de renfort. 225 à 900 g.m ⁻²	410	3,50
Multimat® Lite S200/GP135/S300	Complexe tridimensionnel avec une âme légère en verre/PE tricotée. Il offre une énorme résistance en compression et convient très bien à un RTM Light assisté vide.	380	3,85

DT5 courbes essais de traction renforts



DT6 caractéristiques du gel-coat et des résines

Gel coat : La quantité de gel coat est de 550 g / m². Le prix du gel coat est de 6,50 euros / kg

Référence	Résine 200	Résine 401	Résine 600	Résine 632
Nature résine	Résine polyester insaturée orthophtalique	Résine polyester insaturée orthophtalique	Résine polyester insaturée isophtalique	Résine polyester insaturée isophtalique
Généralités	Bonnes propriétés mécaniques, bonne résistance à la chaleur	Bonnes propriétés mécaniques, bonne résistance à la chaleur Résistance moyenne à l'humidité	Bonnes propriétés mécaniques, bonne résistance à l'humidité et aux produits chimiques	Bonnes propriétés mécaniques, bonne résistance à l'humidité.
Accélérée	non	non	non	oui
Thixotropée	oui	non	non	non
Viscosité Brookfield en Pa.s à 23 °C pour 10 tr.min ⁻¹	44 +/- 0,8	11 +/-0,2	44,1 +/-0,8	11 +/-0,2
Masse volumique (g.cm ⁻³)	1,1	1,15	1,1	1,1
Temps de gel (min) (sur masse de 200g à 20°C à 1%PMEC)	20 à 40	35 à 45	8 à 12	5 à 7
Pic exothermique (°C)	160	160	190	165
Contrainte maxi traction (MPa)	55	65	80	50
Contrainte maxi flexion (MPa)	95	100	130	90
Module d'élasticité en flexion (MPa)	4100	4200	3400	3100
Allongement à la rupture %	1,60	1,50	2,10	2,10
Procédés adaptés	Moulage contact ou projection simultanée	Moulage par injection ou RTM	Moulage RTM ou infusion	Moulage RTM ou infusion
Prix (€ par kg)	3,10	3,45	4,05	3,85

Dossier technique

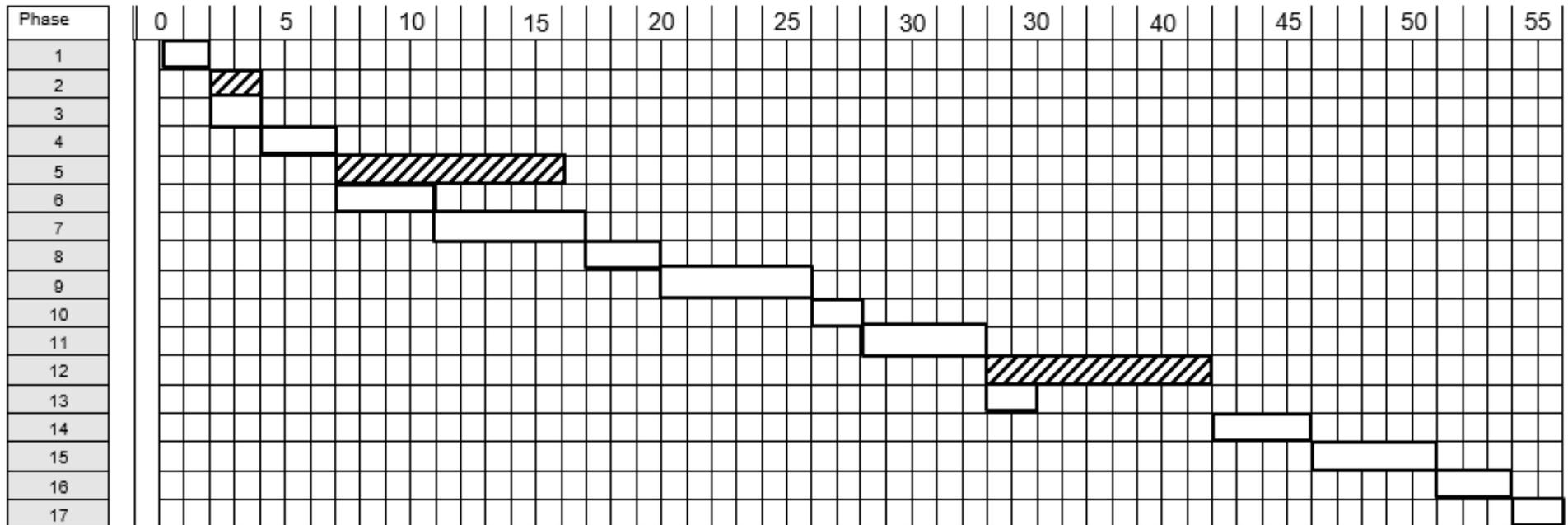
DT7 gamme et planning de fabrication du carter composites en RTM

N°	Phase	Durée (min)	N°	Phase	Durée (min)
1	Préparation moules	2	10	Test de vide	2
2	Séchage de la cire	2	11	Injection	5
3	Préparation gel coat	2	12	Temps de polymérisation de la résine	9
4	Application du gel coat	3	13	Nettoyage machine RTM	2
5	Polymérisation du gel coat	9	14	Démoulage	4
6	Nettoyage pistolet gel coat	4	15	Perçage, ponçage à eau du plan de joint	5
7	Découpe des tissus	6	16	Finition, lustrage plan de joint	3
8	Mise en place des tissus	3	17	Contrôle avant expédition	2
9	Fermeture moule, raccordement vide	6			

Temps technique : présence de l'opérateur nécessaire 

Temps technique sans présence de l'opérateur 

Temps en Minutes



DT8 analyse économique de fabrication des pièces en aluminium

Coût matière première pour une pièce : **30 €**

Étapes	Nom	Coût de fabrication
01	Découpe ébauches à partir d'une plaque des pièces : chapeau, biellettes, renforts	20 €
02	Formage et perçages de la pièce : chapeau	10 €
03	Usinage CN des formes extérieures et perçages des pièces : 2 biellettes, 2 renforts	21 €
04	Découpe du profilé aluminium	4 €
05	Assemblage par vissage des 6 pièces	6 €

DT9 mesure de la viscosité Brookfield

Principe de la mesure :

Un mobile en forme de disque entraîné par un moteur, tourne à fréquence de rotation constante dans le fluide à étudier. La résistance exercée par le fluide sur le mobile est transformée par le viscosimètre en valeur de viscosité Brookfield du liquide.

Cette viscosité dépend :

- du type de viscosimètre,
- de la fréquence de rotation,
- de la température,
- et des caractéristiques du mobile.

Les seuls paramètres d'entrée du viscosimètre sont la valeur de fréquence de rotation et le numéro de mobile utilisé. L'appareil affiche la valeur de viscosité en Pa.s.

Plusieurs mesures de la viscosité seront effectuées. Entre 2 essais, le moteur est éteint puis remis en marche.

La valeur de viscosité à retenir est la moyenne entre 2 mesures consécutives quand ces valeurs ne diffèrent pas de plus de 3%.

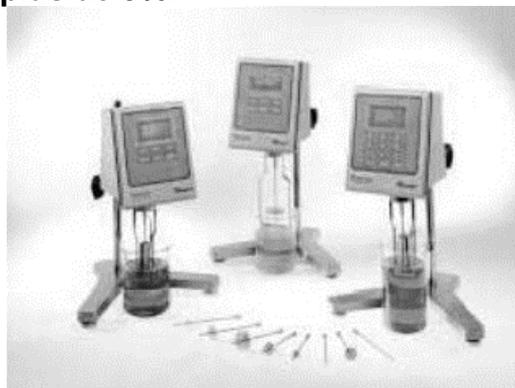


Tableau 1 : Conditions d'essais recommandées

Produit	Type de viscosimètre	Fréquence de rotation	Température	Remarques particulières
		min ⁻¹	°C	
Résine phénoliques	A ¹⁾	50	23	Lecture après 1 min de rotation
Résines polyesters	A ¹⁾	10	23	
Résines époxydes	A ¹⁾	10	23	
Adhésifs	A ¹⁾	10 ou 20	23	
Dispersion aqueuses	A ¹⁾	50	23	
Résines PVC pour pâtes	A ¹⁾	20	23	

1) L'emploi des types B ou C est autorisé lorsque la viscosité du produit est supérieure à la viscosité limite mesurable à la fréquence de rotation recommandée.

Tableau 2 - Viscosité maximale (Pa·s) selon le type de viscosimètre, la fréquence de rotation utilisée et le mobile

Type de viscosimètre	Fréquence de rotation min ⁻¹	Numéro du mobile						
		1	2	3	4	5	6	7
A	100	0,1	0,4	1	2	4	10	40
	50	0,2	0,8	2	4	8	20	80
	20	0,5	2	5	10	20	50	200
	10	1	4	10	20	40	100	400
	5	2	8	20	40	80	200	800
	4	2,5	10	25	50	100	250	1 000
	2,5	4	16	40	80	160	400	1 600
	2	5	20	50	100	200	500	2 000
B	100	0,2	0,8	2	4	8	20	80
	50	0,4	1,6	4	8	16	40	160
	20	1	4	10	20	40	100	400
	10	2	8	20	40	80	200	800
	5	4	16	40	80	160	400	1 600
	2,5	8	32	80	160	320	800	3 200
	2	10	40	100	200	400	1 000	4 000
	1	20	80	200	400	800	2 000	8 000
C	100	0,8	3,2	8	16	32	80	320
	50	1,6	6,4	16	32	64	160	640
	20	4	16	40	80	160	400	1 600
	10	8	32	80	160	320	800	3 200
	5	16	64	160	320	640	1 600	6 400
	2,5	32	128	320	640	1 280	3 200	12 800
	2	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
	1	80	320	800	1 600	3 200	8 000	32 000
	0,5	160	640	1 600	3 200	6 400	16 000	64 000

*) 1 Pa·s = 10³ cP

Pour les résines thermodurcissables la DSC permet d'estimer l'enthalpie de polymérisation résiduelle de l'échantillon. Si la valeur d'enthalpie sur la pièce polymérisée est nulle alors la matière est complètement polymérisée.

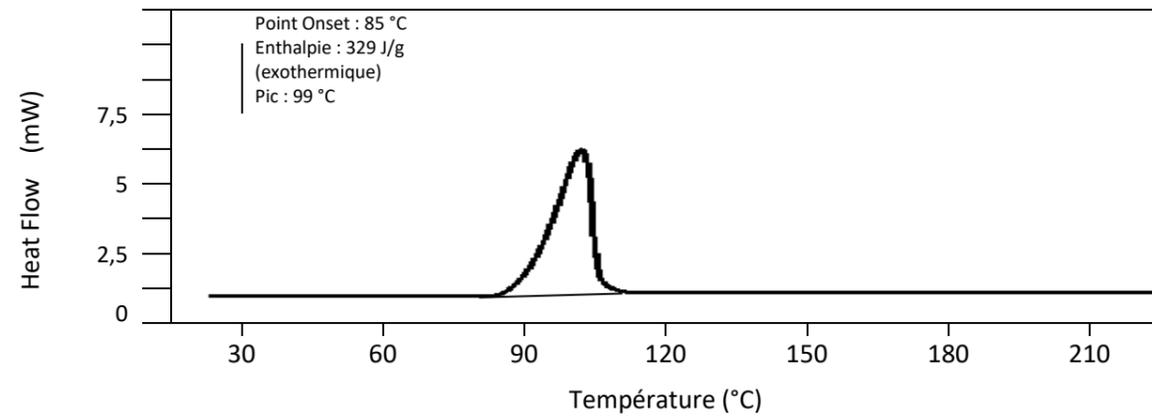
Le taux de réticulation d'une résine dans le composite (exprimé en pourcent) est défini par la formule suivante :

ΔH_{tot} est l'enthalpie totale de réaction en J/g mesurée pendant la réticulation de la **résine liquide**. Elle correspond à l'aire du pic exothermique.

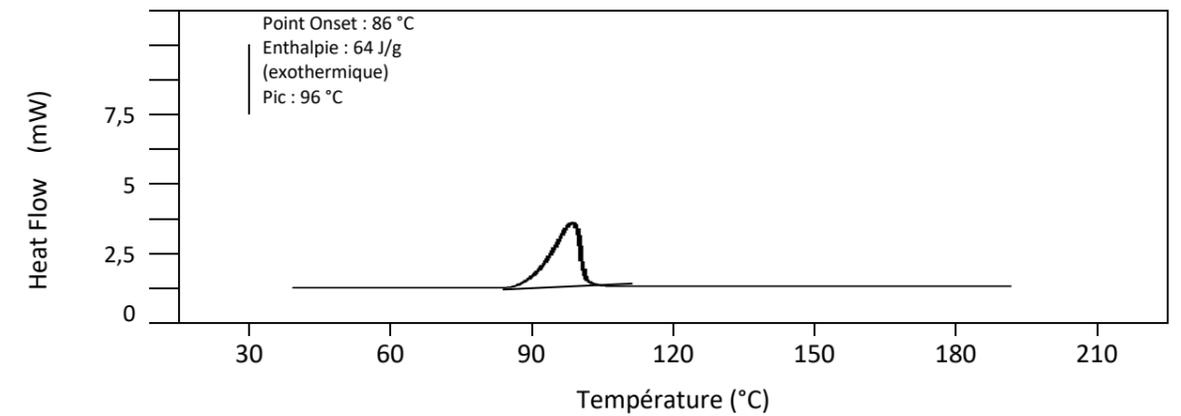
$\Delta H_{résid}$ est l'enthalpie résiduelle en J/g de la **résine polymérisée**. Elle correspond à l'aire du pic exothermique.

$$\text{Taux de réticulation} = \frac{\Delta H_{tot} - \Delta H_{résid}}{\Delta H_{tot}} \times 100$$

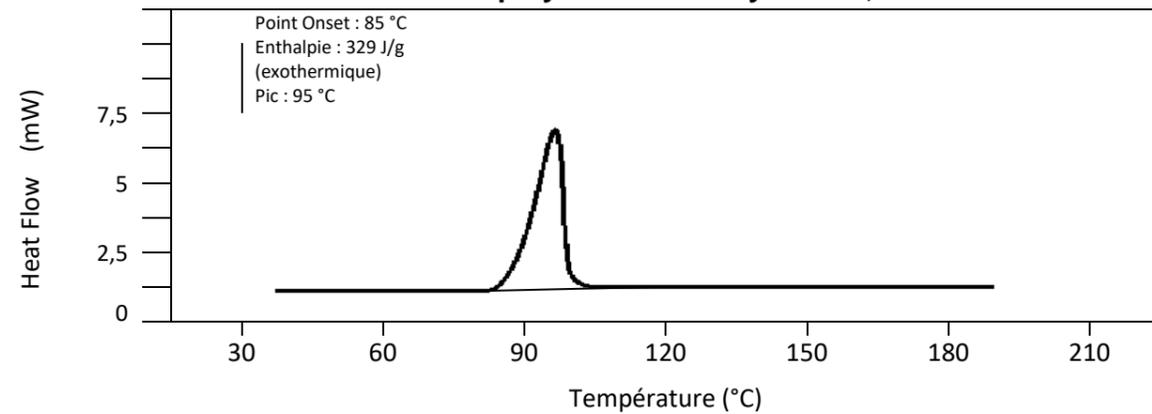
DSC réalisée sur résine non polymérisée catalysée à 2 %
Temps de polymérisation t = 9 min



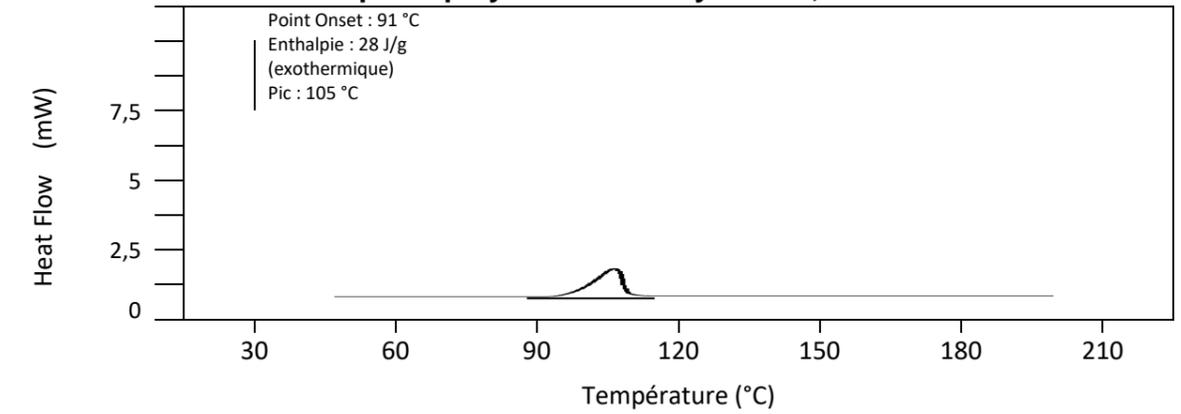
DSC sur pièce polymérisée catalysée à 2%



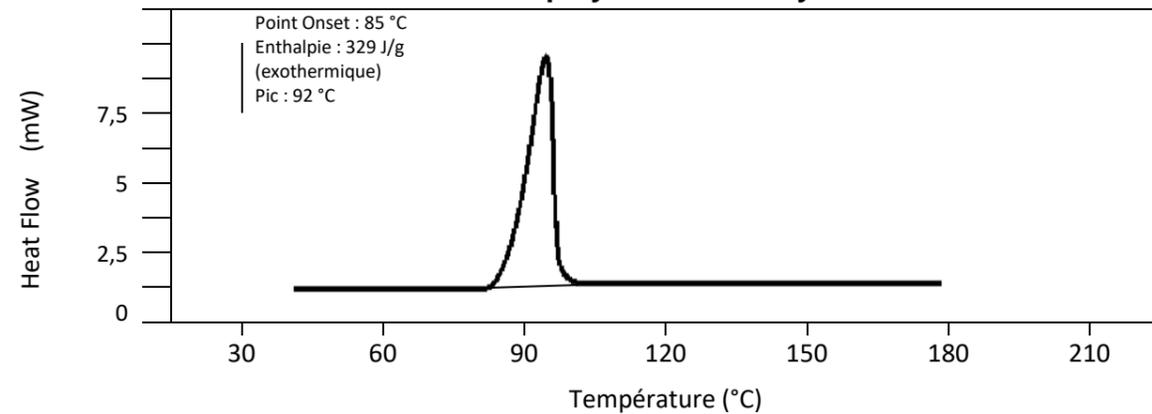
DSC réalisée sur résine non polymérisée catalysée à 2,5 % - t = 7 min



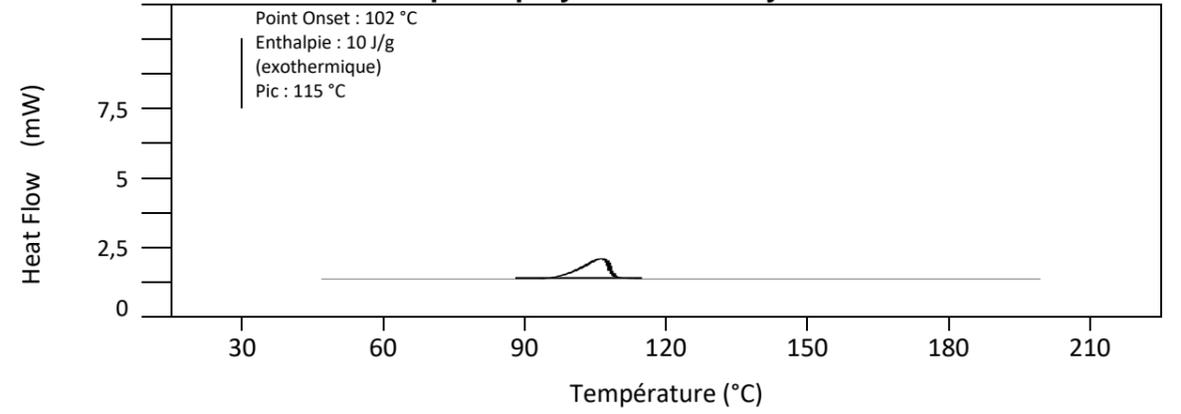
DSC sur pièce polymérisée catalysée à 2,5%



DSC réalisée sur résine non polymérisée catalysée à 3 % - t = 6 min



DSC sur pièce polymérisée catalysée à 3 %



DSC

DSC sur

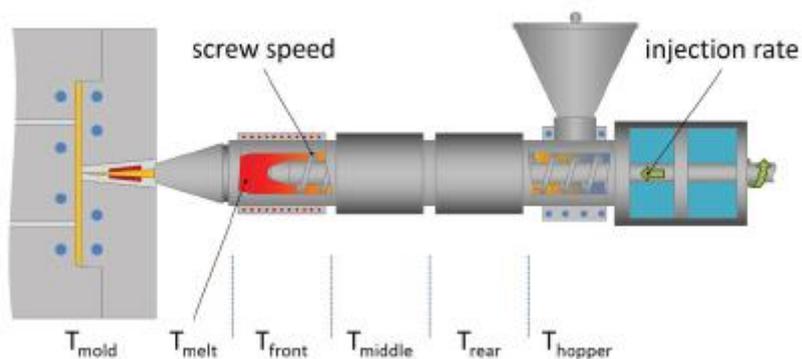
TDS Polyfort™ FPP 20 GFC

Polypropylene Homopolymer

Injection	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)
Drying Temperature	176°F	80°C
Drying Time	2.0 to 3.0 hr	2.0 to 3.0 hr
Suggested Max Regrind	20%	20%
Processing (Melt) Temp	446 to 518°F	230 to 270°C
Mold Temperature	104 to 158°F	40 to 70°C

Injection Notes

*Drying normally not necessary



DT12 presses à injecter disponibles

Fiche constructeur

SELECT

40 - 100 T



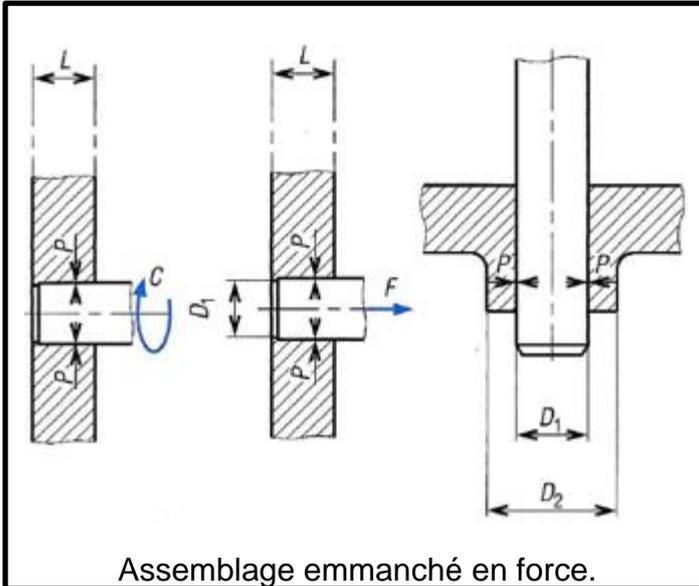
FERMETURE	40 T				50 T				75 T				100 T							
	H60		H80		H60		H80		H150		H260		H470		H150		H260		H470	
Force de verrouillage	kN																			
Dimensions des plateaux H x V	mm																			
Passage entre colonnes H x V	mm																			
Diagonale entre colonnes	mm																			
Course d'ouverture	mm																			
Espace maxi entre plateaux	mm																			
Epaisseur des moules mini	mm																			
Epaisseur des moules maxi	mm																			
Force d'ouverture moule	kN																			
Course / Force d'éjection	mm / kN																			
Temps de cycle Euromap 6	s																			
INJECTION	H60				H80				H150				H260				H470			
Diamètre de vis	mm																			
Rapport L/D																				
Course maxi de la vis	mm																			
VOLUME théorique injectable	cm ³																			
Pression d'injection maxi	bar																			
Pression de maintien maxi	bar																			
Vitesse d'injection maxi	mm/s																			
Débit d'injection maxi	cm ³ /s																			
Vitesse de rotation vis maxi en continu	min ⁻¹																			
Vitesse de rotation vis entraînement électrique	min ⁻¹																			
Débit théorique par tour de vis	cm ³ /tr																			
Course / Force d'appui de la buse	mm/kN																			
Puissance de chauffe fourreau	kW																			
Puissance d'entraînement	kW																			
Capacité accumulateurs	l																			
Capacité réservoir d'huile	l																			
ENCAMBREMENT DES MACHINES	H60 - 40 T				H80 - 50 T				H150 - 75 T				H260 - 100 T							
	m				m				m				m							
Longueur x Largeur x Hauteur (hors tout)																				
Masse approximative (hors huile et moule)	t																			

Dossier technique

DT13 données techniques d'un assemblage emmanché en force

Sources : livre précis matière plastique

Lorsqu'un assemblage emmanché en force est soumis à un effort axial, la force maximum et son couple ainsi que sa pression seront calculés ainsi :



Assemblage emmanché en force.

$$F_{\max} = \pi \cdot D_1 \cdot L \cdot p \cdot \mu$$

p : pression d'assemblage.

μ : facteur de frottement.

Pour ce même assemblage, le couple maximal sera calculé ainsi :

$$C_{\max} = \pi \cdot \frac{D_1^2}{2} \cdot L \cdot p \cdot \mu$$

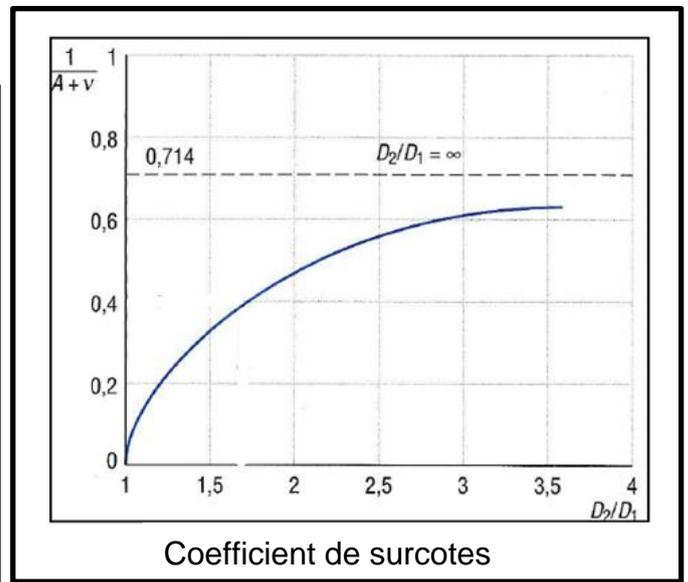
La pression d'assemblage sera en fonction :

- de la surcote entre axe et alésage.
- Du module de relaxation au temps considéré.

Ainsi on peut écrire :

$$p = \frac{S}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{A+v}$$

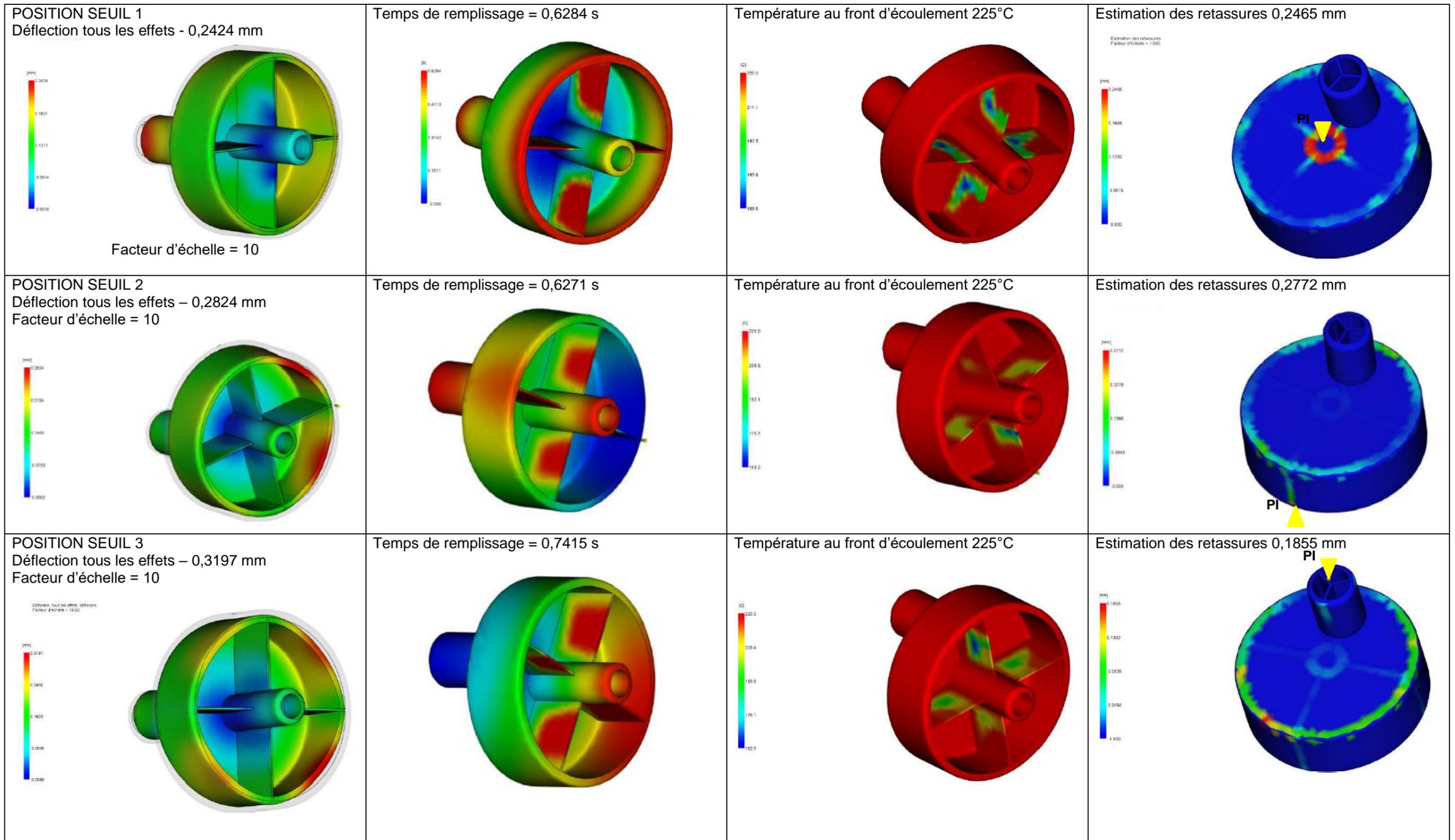
matériau	POM	POM + FV	PP	PP + FV
Rapport $S/D_1 = \epsilon$				
pour $D_1 \leq 5$ mm	0,05	0,01	0,05	0,02
pour $5 < D_1 \leq 30$	0,03	0,01	0,03	0,02
pour $D_1 > 30$	0,005	0,005	0,005	0,01
pour encliquetage avec crochet	0,08	0,015	0,06	0,02
pour assemblages cylindriques	0,04	0,008	0,03	0,01



Assemblage	Coefficient de frottement
Matière plastique sur axe métal	0,25 à 0,4
Matière plastique sur axe matière plastique	0,3 à 0,4

Coefficient de frottement statique

DT14 analyse rhéologique de la molette de réglages



DOSSIER QUESTIONNEMENT

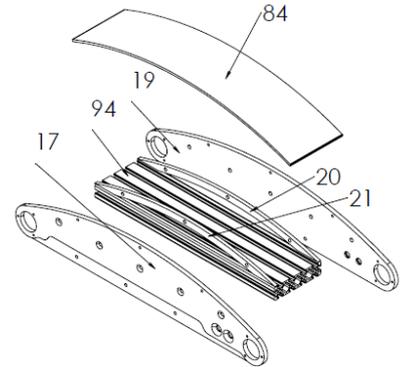
ÉTUDE 1 choix d'un procédé pour la réalisation du carter composite Choix des renforts et de la résine

On envisage la fabrication en matériaux composites d'une nouvelle pièce appelée carter (DT2). Cette pièce représente l'intégration du chapeau 84 et des 2 biellettes 17 et 19. Les différents perçages seront réalisés après moulage de cette pièce.

Q1.1 sur document réponse DR1 : Choix du procédé

En fonction du cahier des charges du bras zéro gravité (DT1), du dessin du carter (DT2) et des caractéristiques des différents procédés composites (DT3), sélectionner **un procédé de mise en œuvre** en justifiant votre choix.

Justifier votre choix.



Q1.2 sur document réponse DR1 : Choix de la résine

La technique de mise en œuvre étant choisie pour le carter, on se propose de sélectionner la résine d'imprégnation la plus adaptée.

A l'aide du tableau document réponse DR1, sélectionner une référence de résine à partir des résines à disposition DT6 et des critères des fonctions FC2, FC3 et FC4 du cahier des charges fonctionnel (DT1).

On privilégiera la résine dont la viscosité est la plus faible possible.

Justifier votre choix.

Q1.3 sur document réponse DR1 : Choix du type de renfort

Le bureau d'études dispose de résultats de tests en traction réalisés sur différents stratifiés. A partir des courbes de traction (DT5), donner les valeurs de contraintes à la limite élastique (estimée à la fin de la partie linéaire de la courbe de traction) pour chacun des empilements testés.

Q1.4 sur document réponse DR1 :

L'étude de résistance des matériaux montre que la contrainte maximale subie par le carter est de 112 Mpa.

Un coefficient de sécurité de 1,2 est appliqué sur la contrainte maximum.

Quel renfort doit-on sélectionner d'un point de vue mécanique ?

Dossier Questionnement

ÉTUDE 2 étude économique du carter

Afin de vérifier que la production du carter en matériaux composites apporte un gain économique par rapport à la fabrication et à l'assemblage des 6 pièces en aluminium, on souhaite calculer le coût de revient total du carter en composites.

Par souci de disponibilité des matières premières, on réalisera un chiffrage avec la Résine 632 et le tissu Multimat.

On décomposera le coût de revient de la pièce composite en coût matière, en coût outillage, en coût machine et en coût main d'œuvre.

Q2.1 sur feuille de copie :

A partir des documents DT2, DT3, DT4 et DT6, calculer le coût matière pour la réalisation d'un carter (résine, renforts, gel-coat, consommables)

Q2.2 sur feuille de copie :

A partir des données économiques des documents DT1 et DT3 calculer l'amortissement de l'outillage pour la réalisation d'un carter en RTM light pour une durée de vie de l'outillage de 5 ans, et 600 pièces par an.

Q2.3 sur feuille de copie :

A partir de la gamme de fabrication du procédé et du diagramme de Gantt (DT7), calculer le coût main d'œuvre pour la réalisation du carter en composites. On prendra un coût horaire pour l'opérateur de 20 euros. L'opérateur est entièrement dédié à cette production.

Calculer le coût machine : 10 (€/heure), la machine est immobilisée pendant tout le temps de la production.

Q2.4 sur feuille de copie :

Calculer le coût de revient total du carter en composites.

Q2.5 sur feuille de copie :

Comparer ce coût de revient à celui de la fabrication et de l'assemblage des 6 pièces en aluminium (DT8). Conclure sur la pertinence de réaliser le carter en composites.

ÉTUDE 3 : caractérisation de la résine et du produit fini

Contrôle de la viscosité de la Résine 632:

Avant la mise en œuvre, la résine Polyester est contrôlée avec un viscosimètre Brookfield suivant la norme NF EN ISO 2555. Le principe de la mesure de la viscosité et le mode opératoire sont donnés sur le document DT9.

Q3.1 sur document réponse DR2 :

Afin de préparer le contrôle de la résine, on vous demande de compléter la trame donnée dans le document DR2 (voir documents DT9 et DT6).

Q3.2 sur document réponse DR2 :

Le laboratoire de contrôle a réalisé des mesures de viscosité.

Les résultats des 3 mesures successives effectuées sont : 10,3 Pa.s - 11,0 Pa.s - 10,8 Pa.s . Déterminer la viscosité Brookfield à l'aide du DT9.

Q3.3 sur document réponse DR2 :

Conclure sur la conformité de la résine.

BTS EuroPlastics et Composites (EPC)	SESSION 2023	
E4 : Conception préliminaire	Code : 23EP4RACP	Page 18 sur 29

Dossier Questionnement

Optimisation du temps de polymérisation :

Pour améliorer la productivité, on cherche à réduire le temps de polymérisation du carter en optimisant le % du catalyseur.

A noter, que le taux régulièrement utilisé en entreprise est de 2%.

L'entreprise souhaite tester une mise en œuvre de la résine avec des pourcentages de catalyseur de 2%, 2,5% et 3%.

Après contrôle, les pièces catalysées à 2% et 2,5% n'ont aucun défaut. Par contre, la pièce catalysée à 3% présente des défauts de délaminage et de craquelure.

Le taux de réticulation de la résine est jugé satisfaisant s'il est supérieur à 80%.

Pour le vérifier, l'entreprise confie à un laboratoire des analyses par D.S.C sur les pièces d'essai. Les résultats des analyses par DSC sont fournis dans le document DT10.

Pour chacune des 3 pièces, deux analyses sont menées :

- sur un échantillon de **résine non polymérisée**, pour le calcul de l'enthalpie totale de réticulation ΔH_{tot}
- sur un échantillon de **pièce polymérisée** (résine +renforts), pour le calcul de l'enthalpie résiduelle de réticulation $\Delta H_{\text{résid.}}$

Q3.4 sur document réponse DR3 :

A partir des courbes de DSC fournies (DT10) relever les valeurs des différentes enthalpies.

Selon la formule fournie par le document DT10, calculer le taux de réticulation des 3 pièces polymérisées avec des taux de catalyseur de 2%, 2,5% et 3%.

Q3.5 sur document réponse DR3 :

Vérifier que le taux minimal de réticulation est atteint, pour les trois configurations.

Q3.6 sur document réponse DR3 :

Quel taux de catalyseur préconisez-vous ? Justifier votre choix

ÉTUDE 4 : Optimisation de la production

On envisage la fabrication d'un deuxième outillage afin de réduire le temps de fabrication du **carter**.

Une étude est lancée pour vérifier la validité économique de cette solution.

Q4.1 sur document réponse DR4 :

Il est nécessaire au préalable, d'effectuer une planification de la fabrication en tenant compte des 2 outillages pour calculer le temps de fabrication.

En fonction de la gamme et planning de fabrication DT7, établir la planification de la fabrication de 2 carters avec 2 outillages, une seule machine et un opérateur.

- On cherchera à minimiser le temps de fabrication total en tenant compte du fait que l'opérateur soit disponible pendant les temps de séchage ou de polymérisation.
- Les opérations de préparation du gel-coat, de nettoyage du pistolet de gel-coat, de découpe des tissus et de nettoyage de la machine sont communes aux 2 outillages (les durées correspondantes sont les mêmes avec un ou 2 outillages)
- Les phases de fabrication concernant le premier moule sont notées 1A, 2A
- Les phases de fabrication concernant le deuxième moule sont notées 1B, 2B
- L'injection de résine de la seconde pièce peut démarrer dès la fin de l'injection de résine de la première pièce.

Donner le temps de fabrication des deux carters.

Q4.2 sur feuille de copie :

A partir de la planification réalisée (DR4), calculer le nouveau coût main d'œuvre pour la fabrication d'un carter. On prendra un coût horaire pour l'opérateur de 20 euros. L'opérateur est entièrement dédié à cette production.

Q 4.3 sur feuille de copie :

Calculer le nouveau coût de revient total du carter en composites, en détaillant vos calculs. On prendra comme coût pour un carter :

- machine 10 (€/heure)

la machine est immobilisée pendant tout le temps de la production.

- matière 6,60 (€/pièce)

Q4.4 sur feuille de copie :

La mise en fabrication d'un deuxième outillage vous paraît-elle pertinente économiquement? Justifier.

ÉTUDE 5 : Reconception de la platine, choix de la matière et de la machine

La platine actuelle (voir document DR5) est usinée dans un alliage d'aluminium.

Reconception de la platine :

Q5.1 sur document réponse DR5

Décoder le dessin de définition de la platine actuelle, entourer sur les vues appropriées les zones qui doivent évoluer et indiquer les modifications à apporter en appliquant les règles de conception des pièces plastiques.

Proposer un croquis ou modifier le dessin existant à main levée de votre solution plastique.

Dossier Questionnement

Pré industrialisation :

Dans le but de réaliser cette pièce en injection plastique, l'entreprise souhaite acquérir une nouvelle presse.

Données techniques :

- Surface de la moulée estimée : 8811 mm²
- Volume de la moulée estimée : 26094 mm³
- Dimensions du moule L= 380 mm; l = 380 mm et épaisseur = 250 mm
- Pression d'injection estimée : 60 Mpa
- Perte de charges estimée : 30%
- Moule une empreinte

Matière retenue : polypropylène renforcé fibre de verre DT11

Q5.2 sur feuille de copie :

A partir de ces critères, choisir la presse et la vis associée (DT12) les plus adaptées pour assurer cette production.

Q5.3 sur feuille de copie :

Donner les conditions de mise en œuvre (température d'injection et de régulation) et de traitement de la matière avant moulage par injection.

ETUDE 6 : Étude de la nouvelle molette de réglage

La molette de réglage actuelle est réalisée en aluminium. Un axe métallique est monté dans l'alésage intérieur pour transmettre le mouvement de rotation permettant le réglage de la position du vérin. Une vis de pression est rapportée pour obtenir le blocage de la molette sur l'axe métallique.

Le bouton de manœuvre (prise main pour obtenir la rotation de la molette) est vissé sur la partie supérieure de la molette.

Le bureau d'études propose une première version de conception de la molette DR6 obtenue en injection plastique.

Une étude rhéologique est réalisée pour valider l'alimentation de l'empreinte et pour proposer une évolution de cette première version.

La matière utilisée serait un PP chargé fibre de verre. (DT11)

Dossier Questionnement

Q6.1 Sur le document réponse DR6

Indiquer par une flèche la direction de démoulage principale DDP sur la vue face.
Indiquer sur la vue de dessus par une flèche les directions de démoulage auxiliaires DDA1 et DDA2.

Indiquer le plan de joint principal sur la vue de face en utilisant le symbole suivant : PJ
Proposer une solution de moulage en traçant sur les vues appropriées les lignes de joint correspondantes.

Code couleur :

- en rouge, ligne de joint externe
- en vert, ligne de joint auxiliaire

Dans la nouvelle conception, le bureau d'études s'oriente vers une solution pour le montage de l'axe métallique qui serait emmanché en force dans l'alésage de la molette.

L'objectif est de vérifier la tenue mécanique de cette solution de montage.

Le couple de la molette sur l'axe est lors de l'utilisation de 4 N.m

Données techniques :

- \varnothing de l'axe D1 = 8 mm ;
- \varnothing extérieur du bossage D2 = 12 mm ;
- Module de relaxation sur 10 ans $E_r(t) = 800\text{N/mm}^2$
- Longueur d'emmanchement prévue = 10 mm

Q6.2 sur feuille de copie

Calculer le couple maximum transmissible de cet assemblage (DT13).
La conception répond-elle aux critères attendus ? Si non, sur quels paramètres doit-on agir pour solutionner le problème.

Q6.3 sur le document réponse DR7

Cahier des charges pour la nouvelle version de la molette de réglages.

- Montage par emmanchement en force sur l'axe métallique traversant la platine ;
- limiter le contact avec l'axe métallique lors de l'emmanchement en force ;
- améliorer la prise en main ;
- limiter les traces (signatures procédés et autres) sur les parties visibles de la pièce ;
- rechercher un remplissage équilibré ;
- éviter de générer des déchets d'alimentation ;
- réduction du temps cycle à privilégier ;

Analyser les résultats rhéologiques et vérifier la conformité de la pièce par rapport à ces critères.
(à faire sous forme de tableau)
Faire un choix parmi les 3 positions de point d'injection proposées et le justifier.
Expliquer brièvement vos choix.

**DOSSIER RÉPONSES À RENDRE
AVEC LA COPIE**

Documents réponse à rendre avec la copie

DR1 choix d'un procédé composite pour la réalisation du carter Choix des renforts et de la résine

Q1.1 Choix du procédé

Critères à retenir pour le choix	Techniques possibles			
	Moulage au contact avec un contre moule	Infusion	RTM Light	Moulage par projection simultanée
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
Choix et justifications :				

OUI/NON Entourer la bonne réponse.

Q1.2 Choix de la résine

Critères à retenir pour le choix	Type de résine disponible			
	Résine 200	Résine 401	Résine 600	Résine 632
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON	OUI/NON
Choix et justifications :				

OUI/NON Entourer la bonne réponse

Q1.3 Choix du renfort :

Valeurs de la contrainte à la limite élastique (MPa)			
Lancore	Multicore	Multimat	Unifilo

Q1.4 Renfort retenu en tenant compte du coefficient de sécurité :

Documents réponse à rendre avec la copie

DR2 Procédure de détermination de la viscosité

En référence à la question Q3.1, Q3.2, Q3.3

DT9, DT6

PROCÉDURE DE DÉTERMINATION DE LA VISCOSITE BROOKFIELD

Préparation de l'essai :	Résine utilisée : (entourer la bonne réponse) Epoxyde Polyester Phénolique	
Données du fournisseur de résine :	Viscosité η : _____ Pa.s	
Caractéristiques du viscosimètre :	Type de viscosimètre utilisé : A B C (Entourer la bonne réponse)	
	Fréquence de rotation recommandée	_____ tr.min ⁻¹
	Température d'essai	_____ °C
Choix du numéro de mobile en fonction de la viscosité maximale η_{\max} à déterminer	N° de mobile : _____	Viscosité maximale η_{\max} : du mobile _____ Pa.s
<p>La valeur cherchée η devra se trouver entre 45 % et 95 % de la valeur maximale de viscosité η_{\max}</p> <p style="text-align: center;">Formule : $45\% \times \eta_{\max} \leq \eta \leq 95\% \times \eta_{\max}$</p> <p>Vérifier que le mobile est valide pour l'essai</p> <p>A partir des 3 mesures effectuées : 10,3 Pa.s - 11,0 Pa.s - 10,8 Pa.s Déterminer la viscosité Brookfield</p> <p>La résine contrôlée est-elle conforme à la fiche technique : oui non</p>		

Documents réponse à rendre avec la copie

DR3 Analyse par DSC

En référence aux questions Q3.4, Q3.5

Taux de catalyseur	Enthalpie totale de réticulation ΔH_{tot} J.g ⁻¹	Enthalpie résiduelle de réticulation $\Delta H_{\text{résid}}$ J.g ⁻¹	Taux de réticulation %
2 %			
2,5 %			
3 %			

Q3.6 Quels taux de catalyseur préconisez-vous ? Justifier votre choix.

Documents réponse à rendre avec la copie

DR4 Planification de la production

En référence à la question Q4.1

Légende pour compléter le diagramme de Gantt :

Temps de réalisation (présence de l'opérateur nécessaire) : 

Temps de séchage et/ou de polymérisation : 

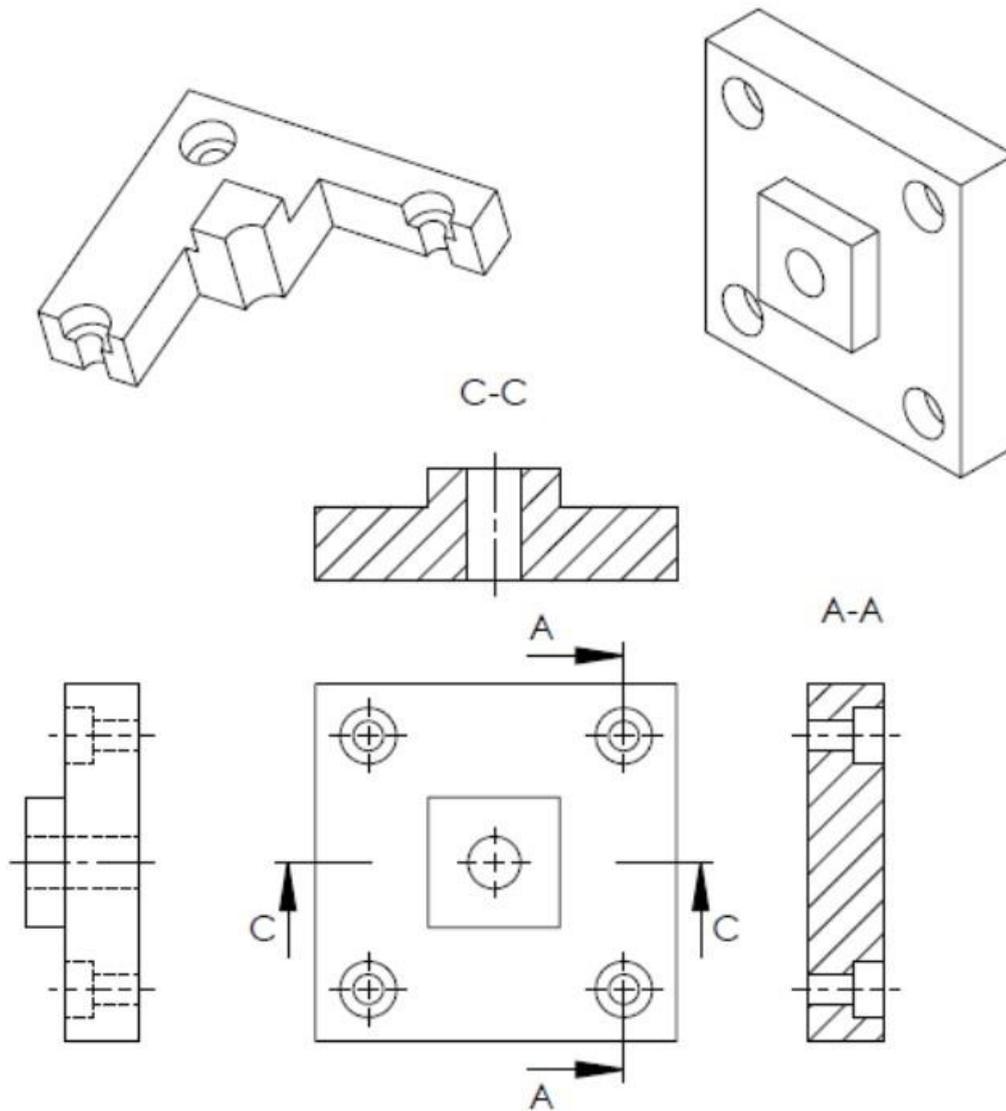
	0	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	1h00	1h05	1h10	1h15	1h20	1h25	1h30	
N°																				
Phase																				
1A																				
1B																				
2A																				
2B																				
3A																				
3B																				
4A																				
4B																				
5A																				
5B																				
6A																				
6B																				
7A																				
7B																				
8A																				
8B																				
9A																				
9B																				
10A																				
10B																				
11A																				
11B																				
12A																				
12B																				
13A																				
13B																				
14A																				
14B																				
15A																				
15B																				
16A																				
16B																				
17A																				
17B																				

Temps de fabrication des deux carters :

Documents réponse à rendre avec la copie

DR5 Platine en aluminium

En référence à la question Q5.1 :

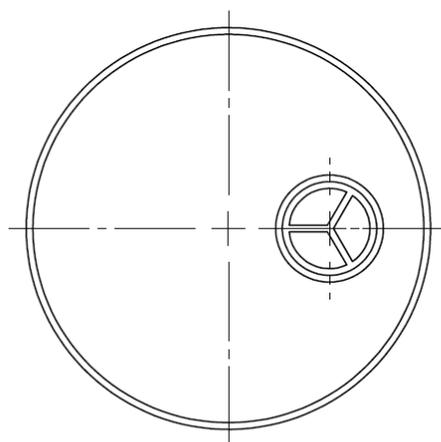
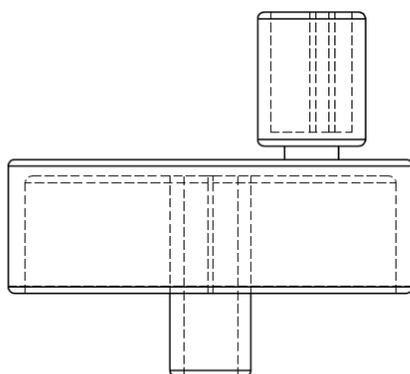
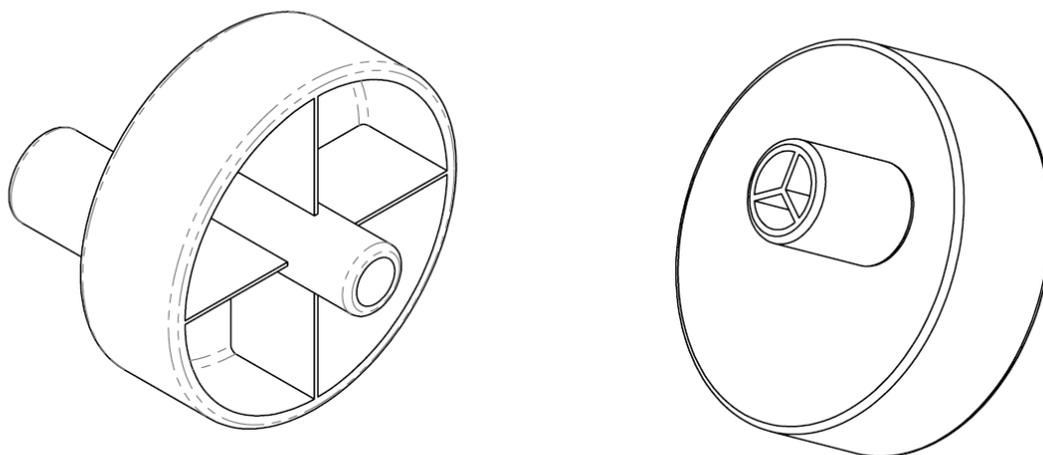


Croquis de votre solution :

Documents réponse à rendre avec la copie

DR6 Solution de moulage de la nouvelle molette de réglages

En référence à la question Q6.1



Documents réponse à rendre avec la copie

DR7 Étude rhéologique nouvelle molette de réglages + évolution de la molette

En référence à la question Q6.3 - Analyse des résultats rhéologiques

	SOLUTION 1	SOLUTION 2	SOLUTION 3
Montage de l'axe			
Aspect (limiter les traces)			
Limiter les déchets			
Réduction du temps cycle			
Faisabilité emplacement su deuil			
CHOIX RETENU :			
JUSTIFICATION :			

Argumenter brièvement pour chaque réponse.