Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BTS Europlastics et Composites (EPC) - E4

Session 2018 • Code sujet : **18-EP4RACP-ME1** • Durée : **5 heures** • Coefficient : **6**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Choix de la matière du manchon V1** (4 questions) — **Page 3**
2. **Conception du manchon V1 pour l'injection plastique** (4 questions) — **Page 5**
3. **Lecture et interprétation des modèles du manchon V1** (9 questions) — **Page 8**
4. **Simulations mécanique et rhéologique de l'entraîneur C500 FDV** (7 questions) — **Page 12**
5. **Modification du procédé d'obtention des plateaux** (11 questions) — **Page 17**
6. **Difficultés d'agrafage des poils dans le plateau** (7 questions) — **Page 21**
7. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 24**

Sujet officiel (PDF) : https://btsepc.fr/assets/annales/bts-epc/E4 - Répondre à une affaire - Conception préliminaire/2018/BTS EPC - E4 - Répondre à une affaire - Conception préliminaire - Session 2018 - 1-Sujet.pdf

1. Choix de la matière du manchon V1

La société veut remplacer l'alliage d'aluminium du manchon actuel par un polymère, sans modifier substantiellement sa géométrie. La fiche matière et le graphe CES servent à comparer les propriétés mécaniques de matériaux et à anticiper le comportement du manchon en PA 6-6 chargé à 30 % de fibres de verre.

Question Q1.1. À partir de la fiche matière de l'aluminium, relever son module de Young et sa limite élastique.

Dans la fiche matière DT04, « Young's modulus » désigne le module de Young et « Yield strength (elastic limit) » la limite élastique. Ces propriétés caractérisent respectivement la rigidité élastique et le seuil d'apparition d'une déformation permanente de l'alliage d'aluminium.

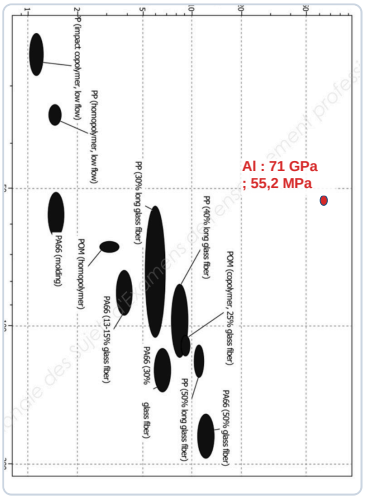
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Module de Young : 71 GPa. Limite élastique : 55,205 MPa.

Question Q1.2. Sur le document réponse DR01, placer sur le graphe CES le point correspondant à l'alliage d'aluminium.

Sur DR01, repérer 71 GPa sur l'axe du module de Young et 55,205 MPa sur l'axe de la limite élastique, puis placer leur intersection. Le module se situe au-delà de la graduation 50 GPa, mais celle-ci n'est pas la dernière valeur de l'axe. L'annotation indique le point et ses coordonnées.

Point de l'alliage d'aluminium sur le graphe CES



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Point aluminium : (71 GPa ; 55,205 MPa).

Question Q1.3. À partir des matières indiquées sur DR01, choisir et justifier la ou les matières dont la limite élastique est suffisante pour remplacer l'aluminium.

Le seuil à atteindre est la limite élastique de l'aluminium, soit 55,205 MPa. Sur DR01, retenir les matières dont toute la plage représentée reste au-dessus de ce seuil. C'est le cas des PA66 chargés à 13-15 %, 30 % et 50 % de fibres de verre, des PP chargés à 40 % et 50 % de longues fibres de verre, ainsi que du POM chargé à 25 % de fibres de verre. La plage du PP à 30 % de longues fibres passe sous le seuil et ne garantit donc pas une limite suffisante.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Matières adaptées : PA66 à 13-15 %, 30 % ou 50 % GF ; PP à 40 % ou 50 % de longues fibres ; POM à 25 % GF.

Question Q1.4. Envisager le PA 6-6 30 % GF. À partir des graphes DR01 et de la différence de module entre ce matériau et l'aluminium, expliquer les différences de comportement mécanique attendues si la géométrie du manchon reste inchangée.

DR01 montre que le module du PA66 30 % GF est très inférieur à celui de l'aluminium. À géométrie et chargement identiques, une pièce moins rigide se déforme davantage sous l'effet des efforts. Le PA66 30 % GF peut présenter une limite élastique suffisante, mais cela ne compense pas sa rigidité plus faible : les déplacements du manchon augmentent et le maintien de la précision fonctionnelle devient plus difficile sans adaptation de la géométrie.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À géométrie inchangée, le manchon en PA66 30 % GF sera moins rigide et se déformera davantage que le manchon en aluminium.

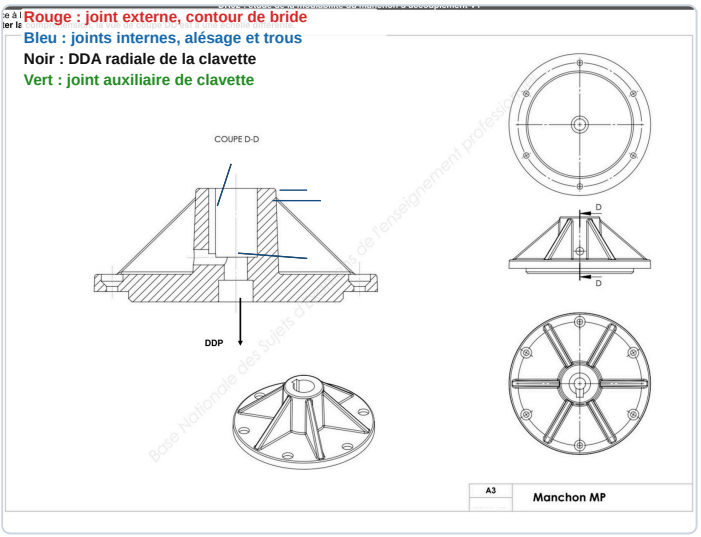
2. Conception du manchon V1 pour l’injection plastique

Le manchon actuel est réalisé par fonderie puis usinage, et l’étude examine son adaptation au moulage par injection plastique. Le plan de la pièce, la gamme d’usinage et les documents réponse servent à analyser le démoulage, simplifier la forme et repérer les modifications nécessaires.

Question Q2.1. Sur toutes les vues du DR02, où la direction de démoulage principale est indiquée, tracer les directions de démoulage auxiliaires des éléments mobiles en noir, la ligne de joint externe en rouge, les lignes de joint internes en bleu et les lignes de joint auxiliaires dues aux éléments mobiles en vert.

Sur le DR02, la DDP est verticale, vers le bas dans la coupe D-D. Tracer le joint externe au contour de la bride et les joints internes autour des noyaux qui forment l’alésage central et les six trous. La rainure de clavette crée une contre-dépouille : elle nécessite un tiroir radial, dont la direction est à tracer en noir, et un joint auxiliaire en vert. Reporter ces tracés sur les vues où les contours concernés sont visibles.

DR02 : repères de démoulage



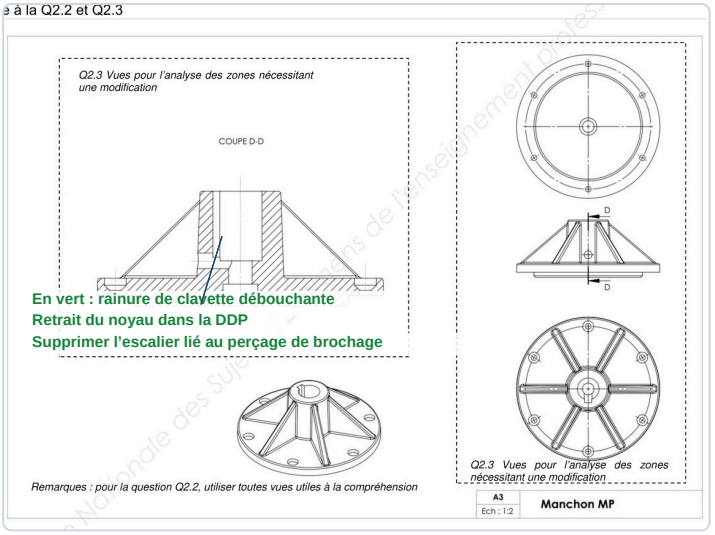
✓ RÉPONSE À RETENIR

DR02 : joint externe rouge, joints internes bleus, DDA radiale noire et joint auxiliaire vert au niveau de la clavette.

Question Q2.2. À partir de la gamme d’usinage DT05 et du plan DT03, simplifier la forme du manchon afin de faire disparaître le plus d’éléments mobiles possible. Reporter les modifications en vert sur DR03 et utiliser toutes les vues utiles.

Pour éviter un tiroir radial tout en conservant la fonction d’entraînement par clavette, modifier le moyeu afin que la rainure soit ouverte dans le sens de retrait du noyau, jusqu’au débouché axial. Le noyau profilé peut alors être extrait dans la DDP. Supprimer la géométrie en escalier qui n’est utile qu’au perçage préalable au brochage de la pièce usinée, sans obturer le passage nécessaire à l’extraction. Reporter cette modification en vert sur la coupe D-D et les vues utiles du DR03.

DR03 : simplification du moyeu



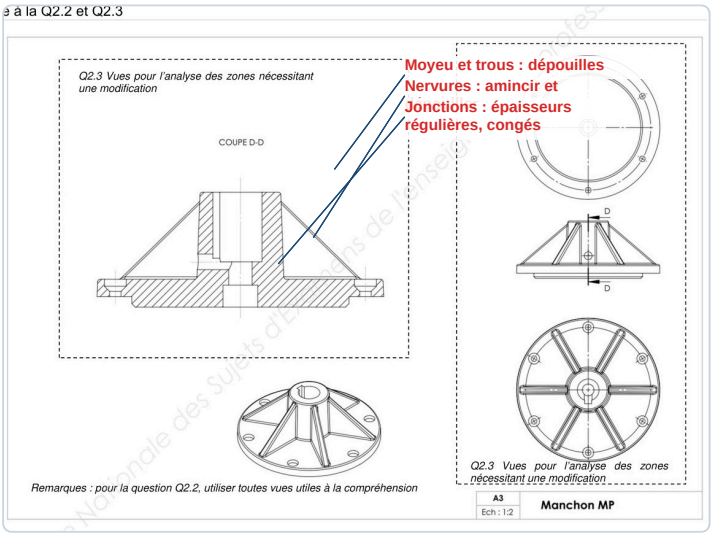
✓ RÉPONSE À RETENIR

DR03 : rendre la rainure de clavette débouchante dans l'axe de démoulage et supprimer l'escalier de perçage non fonctionnel.

Question Q2.3. Sur les vues prévues du DR03, analyser la forme de la pièce en aluminium et entourer les zones à modifier pour permettre son injection en polymère, notamment les dépouilles, les épaisseurs et les nervures.

Sur les vues du DR03, entourer les surfaces parallèles à la DDP qui doivent recevoir une dépouille, en particulier les parois du moyeu et des trous. Repérer les nervures et la jonction moyeu-bride : les nervures doivent être plus minces que les parois et raccordées sans surépaisseur. Arrondir les angles et homogénéiser les épaisseurs pour limiter les retassures et le gauchissement. Les valeurs de dépouille et d'épaisseur sont à fixer avec la matière et l'outillage retenus.

DR03 : zones à modifier pour l'injection



✓ RÉPONSE À RETENIR

DR03 : dépouiller les parois, réduire et dépouiller les nervures, homogénéiser les épaisseurs et arrondir les raccordements.

Question Q2.4. À l'aide de la gamme d'usinage DT05, comparer le nombre d'étapes nécessaires pour obtenir la pièce par fonderie associée à l'usinage et par injection plastique. Conclure sur les gains attendus en délais de fabrication et en rebuts.

La gamme DT05 compte quatre étapes : fonderie en coquille, deux étapes de tournage-fraisage, puis perçage et brochage de la rainure. Une pièce injectée correctement conçue peut être obtenue par une opération de moulage, sans ces reprises d'usinage. Le procédé réduit donc les délais de fabrication et les rebuts liés aux copeaux et aux erreurs d'usinage. Il reste toutefois des rebuts possibles au démarrage ou dus aux défauts de moulage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Aluminium : 4 étapes. Injection : 1 opération de moulage. Gains attendus : délais réduits et moins de rebuts d'usinage.

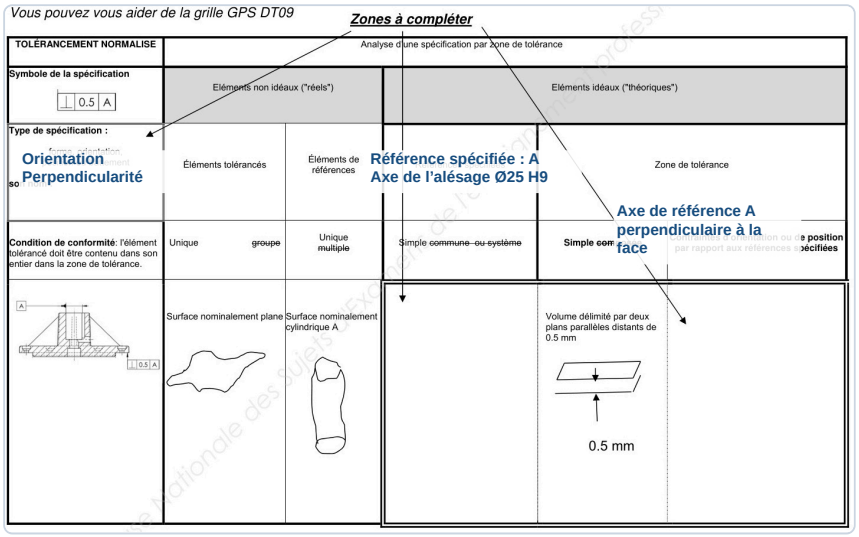
3. Lecture et interprétation des modèles du manchon V1

L'étude porte sur le maintien des exigences géométriques du manchon lorsque l'aluminium est remplacé par un polyamide semi-cristallin et hygroscopique. Elle mobilise les tolérances GPS, le retrait, la dilatation thermique et les facteurs influençant les dimensions afin d'évaluer la faisabilité du diamètre demandé.

Question Q3.1. Le manchon doit assurer la perpendicularité de l'axe de rotation du moteur hydraulique avec celui du plateau. Pour préparer la gamme de contrôle, compléter la grille GPS DR04 à partir du plan DT03 et de l'exemple DT09.

La spécification contrôle l'orientation de la face d'appui du plateau : sa surface réelle doit être contenue entre deux plans parallèles distants de 0,5 mm et perpendiculaires à l'axe de référence A. Cet axe est établi à partir de l'alésage Ø25 H9. La spécification est donc une perpendicularité, appliquée à une surface plane unique, avec une référence unique A.

DR04 complété : perpendicularité



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Perpendicularité 0,5 mm de la face d'appui par rapport à l'axe A de l'alésage Ø25 H9.

Question Q3.2. Donner les phénomènes liés à la matière qui empêchent de contrôler en sortie de presse la spécification de perpendicularité.

En sortie de presse, la pièce n'a pas encore une géométrie stabilisée. Le refroidissement et la cristallisation du PA 6-6 peuvent entraîner un retrait différé ou un gauchissement. Le retrait varie aussi selon l'orientation de l'écoulement. Enfin, l'absorption d'humidité fait gonfler le polyamide. La perpendicularité mesurée immédiatement peut donc évoluer après éjection, puis encore lors du conditionnement hygrométrique.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Refroidissement, cristallisation et retrait différé, anisotropie du retrait et reprise d'humidité rendent la pièce instable en sortie de presse.

Question Q3.3. Pour le diamètre Ø25 H9, compris entre 25 mm et 25,052 mm à 20 °C, justifier le diamètre de pièce visé de 25,052 mm à 20 °C avant la mise au point. Utiliser les hypothèses données sur l'orientation du diamètre par rapport à l'écoulement, l'absence de dépouille sur la broche et la température de fin de conformation.

La tolérance Ø25 H9 s'étend de 25,000 à 25,052 mm à 20 °C. Pour maximiser les chances d'obtenir une pièce conforme après retrait au moulage et refroidissement, on retient comme cible la limite supérieure, 25,052 mm. Le diamètre étant perpendiculaire à l'écoulement, le retrait normal de la matière sera utilisé pour le dimensionnement. L'absence de dépouille permet de considérer un diamètre de broche constant sur toute la longueur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Diamètre visé sur la pièce : Ø25,052 mm à 20 °C, soit la limite supérieure de la tolérance H9.

Question Q3.4. À partir des données matière du PA 6-6 30 % GF dans DT06, relever le retrait perpendiculaire, le coefficient de dilatation linéaire perpendiculaire et la température HDT sous 1,80 MPa.

La fiche DT06 donne les valeurs « normal », à retenir pour le diamètre orienté perpendiculairement à l'écoulement. La température de conformation utilisée ensuite est déduite de la HDT sous 1,80 MPa : on lui retranche 100 °C.

Caractéristique	Valeur
Retrait normal	1,1 %
Coefficient de dilatation linéaire normal	65×10^{-6} °C^{-1}
HDT sous 1,80 MPa	250 °C
Température de conformation	150 °C

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Retrait normal : 1,1 % ; dilatation normale : 65×10^{-6} °C^{-1} ; HDT : 250 °C ; conformation : 150 °C.

Question Q3.5. À partir du diamètre visé de 25,052 mm à 20 °C, du coefficient de dilatation du PA 6-6 30 % GF et de la température de conformation, calculer le diamètre à cette température en appliquant la formule de dilatation linéaire fournie.

La température de conformation est $250 - 100 = 150\ ^\circ C$. La hausse de température depuis 20 °C vaut donc 130 °C. Avec le coefficient normal de dilatation de la fiche, $d_{150} = 25,052[1 + 65 \times 10^{-6}(150 - 20)]$. Ce calcul estime le diamètre de la pièce à chaud avant de compenser le retrait au moulage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Diamètre de la pièce à 150 °C : 25,264 mm.

Question Q3.6. À partir du retrait de la matière et de la formule fournie, calculer le diamètre de la broche nécessaire lors de la production.

1. À 150 °C, le diamètre de pièce visé est 25,2636894 mm.
2. Le retrait normal vaut 1,1 %. D'après la formule fournie, le diamètre de moule est le diamètre de pièce multiplié par $100/(100 - R)$.
3. On obtient le diamètre de broche nécessaire en production en appliquant directement $25,2636894 \times 100/(100 - 1,1)$. Cette valeur est à la température de production, avant correction de la dilatation de l'acier.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Diamètre de broche en production : 25,545 mm environ.

Question Q3.7. Avec le coefficient de dilatation thermique de l'acier de 12 × 10⁻⁶ °C⁻¹ et une température de broche estimée à 80 °C lors de l'injection, calculer le diamètre de la broche lorsqu'elle est contrôlée à 20 °C.

La broche atteint 80 °C pendant l'injection et son diamètre à cette température est estimé à 25,544679 mm. Pour obtenir sa cote de contrôle à 20 °C, on corrige la dilatation de l'acier sur l'écart de 60 °C : $d_{20} = 25,544679/[1 + 12 \times 10^{-6}(80 - 20)]$. Le diamètre à froid est ainsi légèrement inférieur au diamètre en production.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Diamètre de broche à contrôler à 20 °C : 25,526 mm environ.

Question Q3.8. À partir du document DT07, donner au moins deux facteurs influençant les dimensions des objets en polyamide qui n'ont pas été pris en compte dans l'étude.

Le schéma DT07 fait apparaître plusieurs contributions dimensionnelles qui ne sont pas intégrées au calcul simplifié :

- tolérances de fabrication du moule et de moulage ;
- retrait post-moulage ou après traitement thermique ;
- reprise d'humidité, qui fait gonfler le polyamide ;
- variations dimensionnelles liées à la température en service.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Facteurs non pris en compte : tolérances du moule et de moulage, retrait post-moulage, reprise d'humidité et température en service.

Question Q3.9. Conclure sur les difficultés d'obtention du diamètre de 25 mm à 20 °C pour le manchon en PA 6-6 30 % GF.

La plage admissible du diamètre à 20 °C n'est que de 0,052 mm. Or le PA 6-6 30 % GF est sensible au retrait, à son orientation, au refroidissement et à l'humidité ; ses dimensions peuvent continuer à évoluer après l'éjection. Le calcul fournit donc une première estimation de la broche, pas une cote définitive. Il faut stabiliser et conditionner les pièces, les contrôler à 20 °C, puis ajuster la broche après les essais.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'obtention est délicate : stabilisation des pièces, contrôle à 20 °C et essais de mise au point de la broche sont nécessaires.

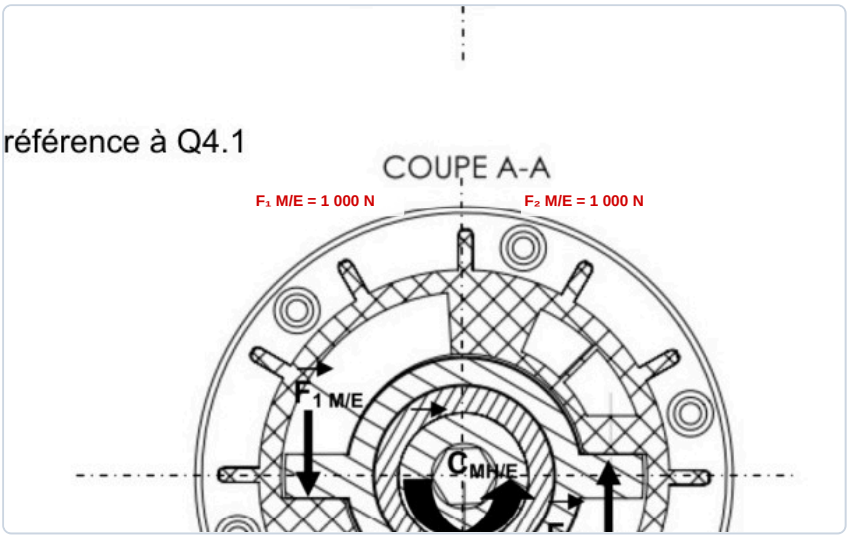
4. Simulations mécanique et rhéologique de l’entraîneur C500 FDV

L’étude évalue la réalisation de l’entraîneur C500 FDV de la version V2, destinée à faciliter le changement des brosses. Les plans et résultats de calcul mécanique, de simulation rhéologique et de gauchissement servent à examiner les efforts, la résistance, les lignes de soudure, la cylindricité et le choix de l’alimentation.

Question Q4.1. À partir des données de couple du moteur hydraulique DT10 et de la coupe A-A du DR05, calculer, dans le cas le plus défavorable, les deux forces F1 M/E et F2 M/E exercées par le manchon sur l’entraîneur en raison du couple. Reporter les valeurs en rouge sur le plan.

Le couple le plus défavorable est le couple intermittent de 90 N·m, soit 90 000 N·mm. Sur la coupe A-A, les forces opposées sont distantes de 2 × 45 mm. L’équilibre des moments donne **F = 90 × 1 000 / (2 × 45) = 1 000 N**. Reporter les deux forces en sens opposés sur le plan.

Coupe A-A : forces dues au couple



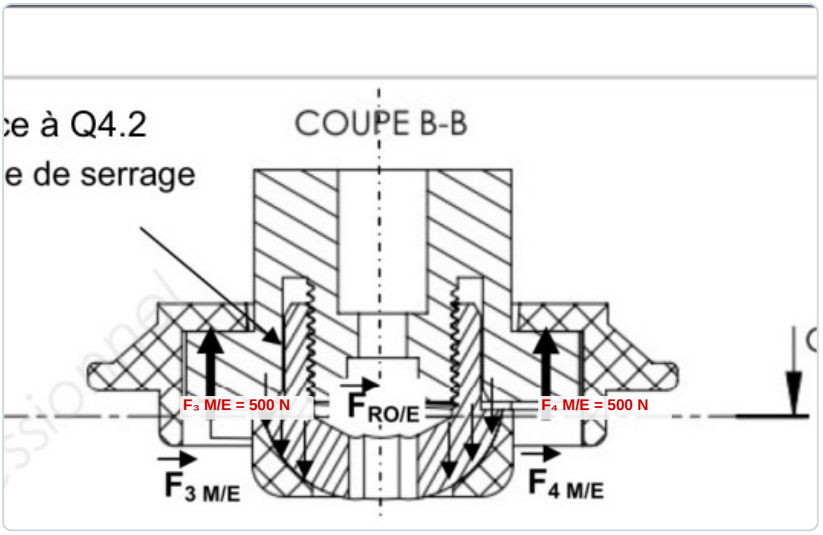
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

F_1 M/E = F_2 M/E = 1 000 N, en sens opposés.

Question Q4.2. La rotule de serrage exerce une force de 1 000 N sur l’entraîneur. À partir de la modélisation mécanique de la coupe B-B du DR05, calculer les forces F3 M/E et F4 M/E induites par le manchon, puis reporter leurs valeurs en rouge sur le plan.

Dans la coupe B-B, la rotule applique 1 000 N et le mécanisme transmet l’effort symétriquement aux deux côtés. L’équilibre donne **1 000 / 2 = 500 N** par côté. Les forces du manchon sur l’entraîneur sont dirigées vers l’extérieur, conformément aux flèches F_3 et F_4 de la coupe.

Coupe B-B : forces de serrage



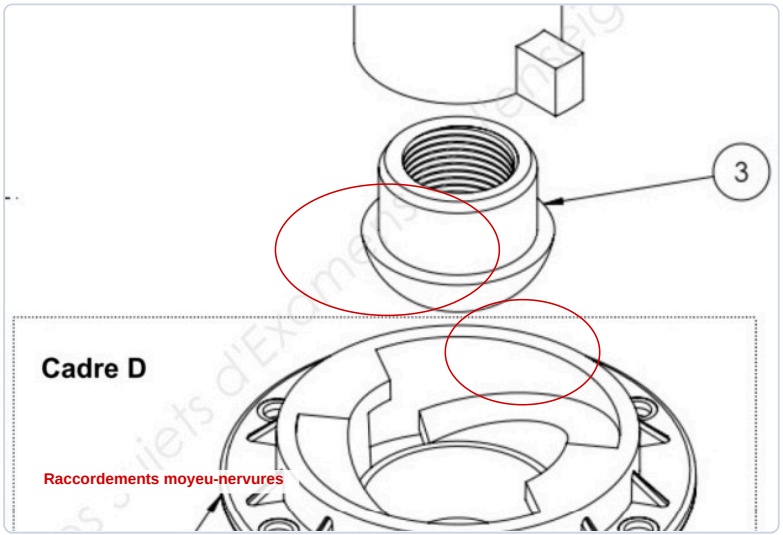
✓ RÉPONSE À RETENIR

F_3 M/E = F_4 M/E = 500 N, vers l'extérieur.

Question Q4.3. À partir de l'étude de résistance des matériaux DT11, donner la contrainte maximale subie par l'entraîneur C500 FDV. Dans le cadre D du DR05, entourer en rouge les zones visibles les plus sollicitées.

La carte RDM DT11 indique une contrainte maximale de 8,34 × 10^6 N/m², soit **8,34 MPa**. Dans le cadre D, entourer les zones visibles de concentration au raccordement du moyeu central et des nervures, en particulier leurs pieds.

Cadre D : zones les plus sollicitées



✓ RÉPONSE À RETENIR

Contrainte maximale : 8,34 MPa, aux raccordements du moyeu et des nervures.

Question Q4.4. Justifier le choix du PA 6-6 30 % GF à partir de la contrainte maximale obtenue à la question Q4.3 et des caractéristiques mécaniques de la matière fournies dans DT12.

La contrainte maximale calculée est de 8,34 MPa. Le PA 6-6 30 % GF présente une contrainte maximale de 190 MPa à sec et de 120 MPa à l'état conditionné (DT12). Même dans l'état le moins favorable, sa résistance dépasse largement la sollicitation calculée. Le choix est justifié pour cette vérification statique.

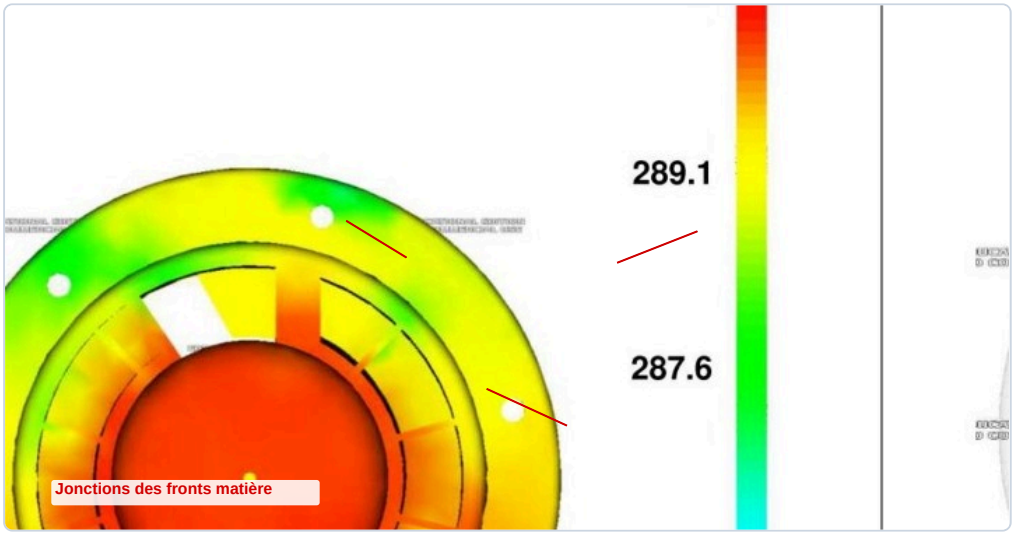
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Choix justifié : 8,34 MPa < 120 MPa à l'état conditionné.

Question Q4.5. À partir des études rhéologiques DT13 et de vos connaissances de plasturgiste, tracer sur l'étude de température du front matière du DR06 les lignes de soudure pour l'alimentation directe, puis conclure sur leur qualité.

Pour l'alimentation centrale directe, les fronts contournent les ouvertures et les nervures, puis se rejoignent à l'opposé des passages. Tracer les lignes de soudure à ces jonctions sur la carte de température de la version 1. L'échelle indique une température minimale de 284,7 °C, supérieure à 280 °C : le recollement des fronts est donc favorable.

Alimentation centrale : lignes de soudure



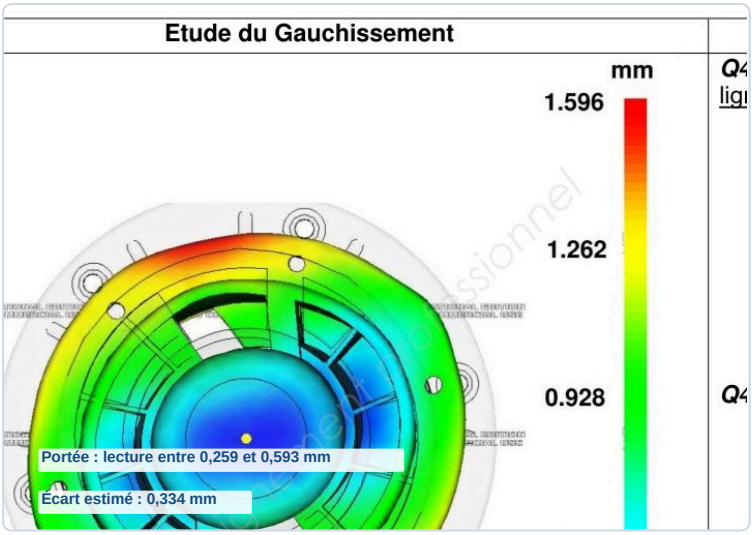
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Lignes de soudure derrière les ouvertures et nervures ; recollement favorable, au-dessus de 280 °C.

Question Q4.6. À partir des études de gauchissement du DR06, estimer le défaut de cylindricité de la portée de l'entraîneur C500 FDV qui assure sa mise en position avec le plateau, en vous appuyant sur la tolérance GPS du DT09.

Pour l'alimentation centrale directe, la carte de gauchissement de la version 1 donne, sur la portée considérée, une lecture graphique comprise entre environ 0,259 mm et 0,593 mm. L'écart estimé est **0,334 mm**. Il est inférieur à la tolérance de cylindricité de 0,5 mm indiquée par la grille GPS DT09. Cette valeur reste une estimation tirée de la carte.

Alimentation centrale : lecture du gauchissement de la portée



✓ RÉPONSE À RETENIR

Défaut estimé : 0,334 mm, inférieur à la tolérance de 0,5 mm.

Question Q4.7. À partir des données économiques, des études rhéologiques et de gauchissement DT13 et DR06, ainsi que des réponses précédentes, compléter le tableau DR07 et choisir le type d'alimentation selon les critères de ce tableau.

Les notes manquantes pour l'alimentation centrale sont 2 pour la presse, 2 pour la qualité des lignes de soudure, 5 pour la cylindricité et 3 pour la conservation des fibres. Le total est 15/17. L'alimentation latérale totalise 10/17. Selon la grille, l'alimentation centrale directe est retenue.

DR07 : notes à compléter et choix

Zones à compléter

critère	Note maximale par critère	Alimentation centrale	Alimentation latérale
Prix du moule	1	1	1
Minimiser le nombre de reprises	2	0	3
Temps de cycle	2	2	2
Presse	2	2	1
Qualité des lignes de soudure	2	2	2
Minimiser le défaut de cylindricité	5	5	0
Conservation de la longueur des fibres lors de l'injection	3	3	1
Somme	**17**	15	**10**

Choix : alimentation centrale directe

Enseignement professionnel

✓ RÉPONSE À RETENIR

Alimentation centrale : 15/17. Alimentation latérale : 10/17. Choix : alimentation centrale directe.

5. Modification du procédé d'obtention des plateaux

La société envisage de remplacer les plateaux en contreplaqué par des pièces en polypropylène chargé à 40 % de talc, produites à partir d'un moule existant pour plaques. L'étude compare l'injection d'une plaque suivie d'usinage à une solution avec une nouvelle empreinte, en évaluant le refroidissement, les presses, la capacité de production et les coûts.

Question Q5.1. À partir du formulaire thermique DT14 et des caractéristiques de la plaque DT15, calculer le temps de refroidissement à cœur, puis conclure sur la faisabilité économique de cette injection.

Avec l'épaisseur **e = 30 mm**, la formule thermique donne le temps à cœur : $t = \frac{30^2}{\pi^2 \times 0{,}118} \ln\left(\frac{4}{\pi} \times \frac{230-20}{60-20}\right) \approx 1468$ s, soit environ 24,5 min. Ce temps est supérieur au cycle presse de 735 s. Si la pièce devait refroidir entièrement dans le moule, l'immobilisation de la presse rendrait l'injection peu économique. Le refroidissement hors presse proposé ensuite permet de réduire cette immobilisation, avec une opération de manutention et de conformation supplémentaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Temps de refroidissement à cœur : environ 1 468 s, soit 24,5 min. Un refroidissement complet dans la presse est peu économique.

Question Q5.2. Avec un temps de cycle presse estimé à 735 secondes, 10 000 plateaux à produire par an et 3 000 heures de travail annuelles, calculer le taux de charge annuel de cette production en ne prenant en compte que le temps de cycle et le nombre de pièces.

Pour 10 000 plateaux, le temps presse nécessaire est de $10\,000 \times 735 = 7\,350\,000$ secondes. Les 3 000 heures annuelles correspondent à $3\,000 \times 3\,600 = 10\,800\,000$ secondes disponibles. Le taux de charge est le rapport entre le temps nécessaire et le temps disponible, multiplié par 100. Le calcul se limite bien au temps de cycle et à la quantité annuelle, comme le demande la question, sans ajouter les temps de réglage ou d'arrêt.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Taux de charge annuel requis pour produire les 10 000 plateaux : **68,1 %** des 3 000 heures disponibles.

Question Q5.3. À partir des caractéristiques des plaques à injecter dans DT15, calculer la force de verrouillage minimale nécessaire pour réaliser cette production.

La surface projetée de la plaque est $400 \times 400 = 160\,000\ \text{mm}^2$. La pression maximale moyenne dans le moule vaut 20 MPa, soit 20 N/mm². La force théorique est donc $20 \times 160\,000 = 3\,200\,000$ N. En appliquant le coefficient de sécurité de 10 %, la presse doit assurer $3\,200\,000 \times 1{,}10 = 3\,520\,000$ N. La force de fermeture minimale est ainsi de 3 520 kN.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Force minimale de verrouillage requise, coefficient de sécurité de 10 % inclus : **3 520 kN**.

Question Q5.4. À partir de la liste des presses DT16, des dimensions du moule, du volume à injecter DT15 et de la force de verrouillage calculée à la question Q5.3, déterminer les presses capables de réaliser la production et justifier la réponse.

Le moule mesure 700 × 700 mm : le passage entre colonnes doit donc être au moins égal à ces dimensions. La force de fermeture doit atteindre au moins 3 520 kN. P4 (720 × 720 mm, 4 500 kN) et P5 (820 × 820 mm, 4 800 kN) satisfont ces deux critères. Le volume de dosage de 6 200 cm³ dépasse leur volume injectable standard, mais les deux presses disposent de l'option intrusion, prévue pour compléter un volume disponible insuffisant. Les autres presses sont écartées pour leur force ou leurs dimensions insuffisantes.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Presses capables de réaliser la production : **P4 et P5, avec l'option intrusion**.

Question Q5.5. Déterminer si le taux de charge prévisionnel des presses permet d'assurer cette production et justifier la réponse.

La production exige une charge de 68,1 % de l'année, soit environ 2 042 heures sur les 3 000 heures disponibles. P4 est déjà chargée à 70 % : sa capacité annuelle restante est de 30 %, soit 900 heures. P5 est chargée à 40 % : sa capacité restante est de 60 %, soit 1 800 heures. Même la capacité disponible de P5 reste inférieure au besoin. Ni P4 ni P5 ne peut donc assurer seule cette production avec son taux de charge prévisionnel.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Non : les capacités restantes de P4 (30 %) et de P5 (60 %) sont inférieures aux 68,1 % requis.

Estimation du coût d'un plateau

Question Q5.6.1. Calculer le coût machine de production d'une plaque à partir du temps de cycle de 735 secondes et du coût horaire machine de 55 € par heure.

Le coût machine d'une plaque se calcule en multipliant le coût horaire par la durée du cycle convertie en heures : $55 \times \frac{735}{3\,600} = 11{,}2292$ €. On retient donc 11,23 € par plaque. Ce calcul considère qu'un cycle de 735 secondes produit une plaque, conformément aux données de l'étude. Le refroidissement final hors presse ne modifie pas ce coût machine calculé à partir du cycle indiqué.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coût machine pour un cycle et une plaque : **11,23 €**.

Question Q5.6.2. Calculer le coût matière pour produire une plaque à partir des caractéristiques des plaques injectées DT15.

La masse de la plaque indiquée dans DT15 est de 5,952 kg et le prix du PP chargé à 40 % de talc est de 1,9 €/kg. Le coût matière se calcule directement à partir de ces deux valeurs :

- Coût matière : $5{,}952 \times 1{,}9 = 11{,}3088$ € par plaque.
- La masse considérée est celle de la pièce indiquée dans le dossier, et non le volume de dosage de la matière.

Le coût à retenir, arrondi au centime, est de 11,31 €.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coût matière d'une plaque de 5,952 kg : **11,31 €**.

Question Q5.6.3. Calculer le coût opérateur pour produire une plaque à partir du coût horaire de 28 € et de la présence d'un opérateur 50 % du temps.

Le coût opérateur est calculé sur la durée du cycle, en tenant compte de sa présence pendant 50 % du temps. La durée imputée par plaque est donc $735 \times 0{,}50 = 367{,}5$ secondes. Au tarif de 28 €/h, le coût correspondant vaut $28 \times \frac{735}{3\,600} \times 0{,}50 = 2{,}8583$ €. Le calcul applique le taux de présence indiqué dans les données de production au cycle complet, sans comptabiliser le temps de refroidissement hors presse comme du temps opérateur supplémentaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coût opérateur par plaque, avec une présence de 50 % du cycle : **2,86 €**.

Question Q5.6.4. Donner le coût de production d'un plateau en ajoutant au coût de la plaque les 12 € d'usinage indiqués.

Le coût d'un plateau usiné additionne les trois postes de fabrication calculés précédemment et le coût d'usinage de 12 € par pièce :

- Machine : 11,2292 €.
- Matière : 11,3088 €.
- Opérateur : 2,8583 €.
- Usinage : 12 €.

Le total calculé avec les valeurs non arrondies est $11{,}2292 + 11{,}3088 + 2{,}8583 + 12 = 37{,}3963$ €, soit 37,40 € au centime près.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coût total d'un plateau produit par injection d'une plaque puis usinage : **37,40 €**.

Question Q5.6.5. Comparer le coût obtenu à la question Q5.6.4 au coût de 32 € du plateau en contreplaqué et conclure sur la rentabilité de cette version.

Le plateau injecté puis usiné revient à 37,40 €, contre 32 € pour le plateau actuel en contreplaqué. L'écart est $37{,}3963 - 32 = 5{,}3963$ €, soit environ 5,40 € de surcoût par pièce. Le remplacement du contreplaqué par le PP chargé ne compense donc pas le coût cumulé de la matière, du cycle machine, de l'opérateur et de l'usinage. Cette première version, qui conserve l'usinage des plaques, n'est pas rentable face à la solution actuelle.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le plateau usiné coûte 37,40 €, soit 5,40 € de plus que le plateau en contreplaqué à 32 € : cette version n'est pas rentable.

Question Q5.7. La modification du moule pour produire directement la forme du plateau est estimée à 10 600 €. À partir des prévisions de ventes DT01 et du coût d'usinage de 12 € par pièce, justifier la rentabilité ou non de cette deuxième version sans usinage.

La nouvelle empreinte supprime les 12 € d'usinage par plateau. Pour 10 000 plateaux par an, l'économie est de $10\,000 \times 12 = 120\,000$ € par an. Elle dépasse largement l'investissement de 10 600 € dès la première année. Le seuil de rentabilité est atteint après $10\,600 / 12 \approx 884$ plateaux. Sur la durée de vie prévisionnelle de 10 ans indiquée dans DT01, l'économie cumulée liée à l'usinage évité atteint 1 200 000 €, hors autres coûts éventuels de production.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La nouvelle empreinte est rentable : 120 000 € d'usinage évités par an pour 10 600 € d'investissement, avec un seuil atteint après environ 884 plateaux.

6. Difficultés d’agrafage des poils dans le plateau

Les agrafes ne pénètrent pas suffisamment dans les plateaux en PP chargé à 40 % de talc, et la société étudie leur remplacement par du polypropylène expansé. Le plan d’expériences évalue l’influence de la matière, de l’agent gonflant et de la pression de maintien sur la masse volumique et le module en flexion, avec des objectifs de masse volumique proche du contreplaqué et de rigidité suffisante.

Question Q6.1. À partir de vos connaissances de plasturgiste, des documents matière DT17 et de la documentation sur l’agent d’expansion DT18, analyser le plan d’expériences DT19 et expliquer, pour chaque facteur, les raisons de l’évolution de la masse volumique.

Le facteur A compare deux formulations différentes : T20 est un copolymère contenant 20 % de talc, T40 un homopolymère à 40 %. Les fiches indiquent des densités de 1,05 et 1,24 g/cm³ ; la formulation T40 augmente donc la densité mesurée. Pour B, davantage d’agent gonflant produit plus de gaz à sa décomposition vers 145 °C, crée des cellules et diminue la densité. Pour C, une pression de maintien plus élevée compacte la matière et freine l’expansion des cellules, donc augmente la densité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> T40 et une pression de maintien élevée augmentent la masse volumique ; davantage d’agent gonflant la diminue en développant la structure cellulaire.

Question Q6.2. À partir du plan d’expériences DT19, donner le facteur qui influence le plus la variation de la masse volumique.

Le plan donne les effets globaux sur la masse volumique : matière A, 0,21 g/cm³ ; taux d’agent gonflant B, −0,19 g/cm³ ; pression C, 0,11 g/cm³. On compare leurs valeurs absolues, car le signe indique le sens de variation, pas l’importance. L’effet de A est légèrement supérieur à celui de B et dépasse celui de C : dans les niveaux testés, la matière est le facteur le plus influent.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Facteur le plus influent : A, la matière PP, avec un effet global de 0,21 g/cm³.

Question Q6.3. Choisir les niveaux des facteurs et tenir compte de leurs effets pour déterminer la configuration qui minimise la masse volumique.

Pour chaque facteur, retenir le niveau associé à la plus faible moyenne de masse volumique dans le tableau DT19. Pour A, choisir le niveau 1, T20 : 0,78 g/cm³ contre 0,99 g/cm³ au niveau 2. Pour B, choisir le niveau 2, 4 % : 0,79 g/cm³ contre 0,98 g/cm³. Pour C, retenir le niveau 1, 20 MPa : 0,84 g/cm³ contre 0,95 g/cm³. La combinaison minimisante est A1-B2-C1.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Configuration minimisant la masse volumique : PP T20, 4 % d’agent gonflant et pression de maintien de 20 MPa.

Caractérisation de l’échantillon

Question Q6.4.1. Pour la configuration de réglage indiquée, utiliser les données de l’essai d’immersion DT21 pour calculer la masse volumique de l’échantillon.

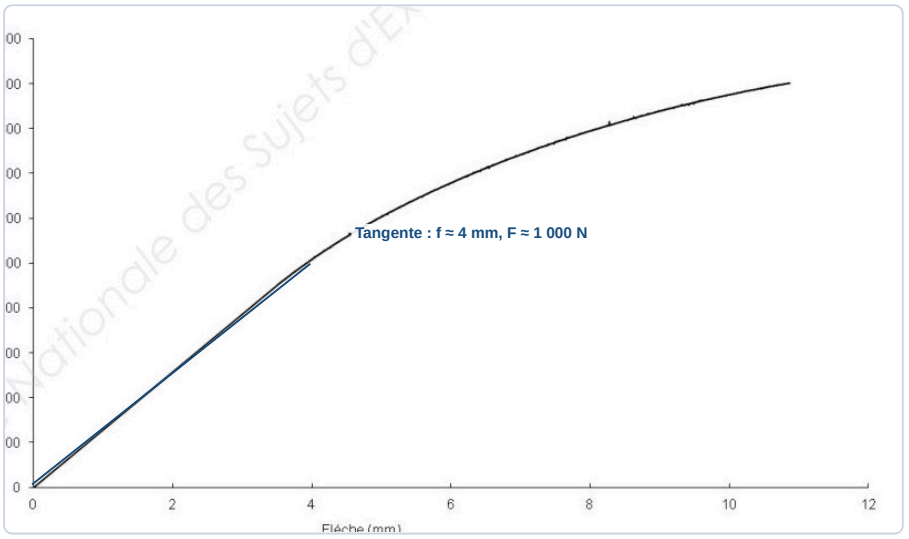
Le DT21 donne $\rho = \frac{m_0 \rho_{liquide}}{m_0 - m_1}$, avec $m_0 = 1,458$ g, $m_1 = -0,701$ g et $\rho_{liquide} = 1$ g/cm³. Le signe négatif de m_1 est à conserver : l’échantillon flottant pousse le support vers le haut. Le volume déplacé vaut donc $1,458 - (-0,701) = 2,159$ cm³, d’où une masse volumique mesurée de 0,675 g/cm³ environ.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Masse volumique mesurée : 0,675 g/cm³.

Question Q6.4.2. À partir de l’essai mécanique de flexion DT20 et du document réponse DR08, calculer le module en flexion de l’échantillon.

Sur le graphique DR08, exploiter la tangente à l’origine : on peut lire environ $F = 1\,000$ N pour une flèche $f = 4$ mm. Avec les dimensions du DT20, appliquer $E_b = \frac{L^3}{4bh^3}\frac{F}{f}$, où $L = 220$ mm, $b = 26,10$ mm et $h = 29,51$ mm. La lecture de la tangente étant graphique, le résultat est une estimation.

Lecture de la tangente à l’origine sur DR08



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Module apparent en flexion estimé : environ 992 MPa.

Question Q6.5. À partir du plan d'expériences DT19, calculer la masse volumique et le module en flexion correspondant à la configuration indiquée. Comparer ces valeurs aux résultats des questions Q6.4.1 et Q6.4.2, puis conclure sur la validité du plan d'expériences.

Pour la configuration A1-B2-C1, le modèle additif part de la moyenne générale et ajoute la moitié de chaque effet global, avec le signe du niveau retenu. Pour la masse volumique : $0,89 - 0,21/2 - 0,19/2 - 0,11/2 = 0,635$ g/cm³. Pour le module : $1450 - 298/2 - 350/2 - 256/2 = 998$ MPa. Ces prédictions sont proches des mesures de Q6.4.1 et Q6.4.2 ; le plan fournit donc une estimation raisonnable, sans garantir la valeur exacte.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Prédictions du plan : 0,635 g/cm³ et 998 MPa. Mesures : 0,675 g/cm³ et environ 992 MPa ; le modèle est raisonnablement prédictif.

Question Q6.6. Conclure sur les réglages proposés au regard de la masse volumique cible de 0,65 g/cm³ et du module en flexion exigé, supérieur à 1 000 MPa.

La masse volumique mesurée, 0,675 g/cm³, est proche de la cible de 0,65 g/cm³, mais la dépasse de 0,025 g/cm³. Le module mesuré, estimé à environ 992 MPa à partir du graphique, est inférieur au seuil strict de 1 000 MPa. Le plan prédit lui aussi une valeur légèrement insuffisante, 998 MPa. La configuration retenue ne satisfait donc pas l'exigence mécanique ; il faut optimiser les réglages et valider à nouveau par essai.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

La densité est proche de la cible, mais le module mesuré reste inférieur à 1 000 MPa : la configuration doit être optimisée.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2018)

Bilan de l'épreuve : L'épreuve E4 du BTS Europlastics et Composites, session 2018, porte le code 18-EP4RACP-ME1; sa durée est de 5 heures et son coefficient de 6. Elle étudie la conception du manchon V1, de l'entraîneur C500 FDV et des plateaux de brossage en polymères. Les compétences évaluées couvrent le choix matière, la conception pour l'injection, les calculs mécaniques et thermiques, les procédés, les coûts et l'analyse expérimentale.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le module de Young caractérise la rigidité : à géométrie inchangée, un module plus faible entraîne une déformation plus importante sous une même sollicitation.
- Le retrait de moulage et la dilatation thermique modifient les dimensions : distinguer les cotes à la température de conformation et celles contrôlées à 20 °C.
- La force de verrouillage dépend de la pression d'injection et de la surface projetée; appliquer le coefficient de sécurité indiqué dans le sujet.
- Dans un plan d'expériences à deux niveaux, l'effet global d'un facteur correspond à l'écart entre les réponses moyennes de ses deux niveaux.

Points de vigilance & attentes du jury

- Lire les vues, coupes, unités et références des plans avant de tracer les lignes de joint ou d'appliquer les efforts.
- Pour un calcul dimensionnel, repérer les températures de référence et appliquer les corrections de dilatation et de retrait dans l'ordre adapté.
- Vérifier qu'une presse satisfait simultanément le volume injecté, la force de fermeture et les dimensions de passage du moule.
- Distinguer les résultats de simulation, les mesures expérimentales et les estimations issues du plan d'expériences.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer le diamètre d'une pièce après une variation de température ?

Utiliser la dilatation linéaire : $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T$. Ajouter la variation à la dimension initiale pour obtenir la cote à la nouvelle température, en gardant les unités cohérentes et en précisant les températures de référence.

Q : Comment déterminer le module apparent à partir de l'essai de flexion ?

Relever la pente F/f de la partie linéaire initiale de la courbe, puis l'utiliser dans la formule fournie : $Eb = L^3/(4bh^3) \times F/f$. Respecter les unités des dimensions afin d'obtenir un module en MPa.

Q : Comment organiser les cinq heures de cette épreuve ?

Le sujet propose 30 minutes de lecture, puis 20 minutes pour l'étude 1, 35 minutes pour l'étude 2, une heure pour l'étude 3, 50 minutes pour l'étude 4, 1 h 05 pour l'étude 5 et 40 minutes pour l'étude 6. Les études sont indépendantes.

Q : Quels documents faut-il rendre et comment sont notées les réponses ?

La page de garde demande de rendre les documents DR01 à DR07 avec la copie; DR08 est également prévu pour une question. Aucun barème détaillé par étude ou question n'est imprimé dans le sujet fourni, donc aucune répartition de points ne peut être affirmée.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsepc.fr/assets/annales/bts-epc/E4 - Répondre à une affaire - Conception préliminaire/2018/BTS EPC - E4 - Répondre à une affaire - Conception préliminaire - Session 2018 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS EuroPlastics et Composites : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.