

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN  
MICROTECHNIQUES**

**SESSION 2021**

ÉPREUVE E5 : CONCEPTION DÉTAILLÉE  
SOUS-ÉPREUVE E51 :  
CONCEPTION DÉTAILLÉE : PRÉ-INDUSTRIALISATION

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

**IMPRIMANTES POUR CARTES EN MATIÈRE PLASTIQUE**

**BARÈME**

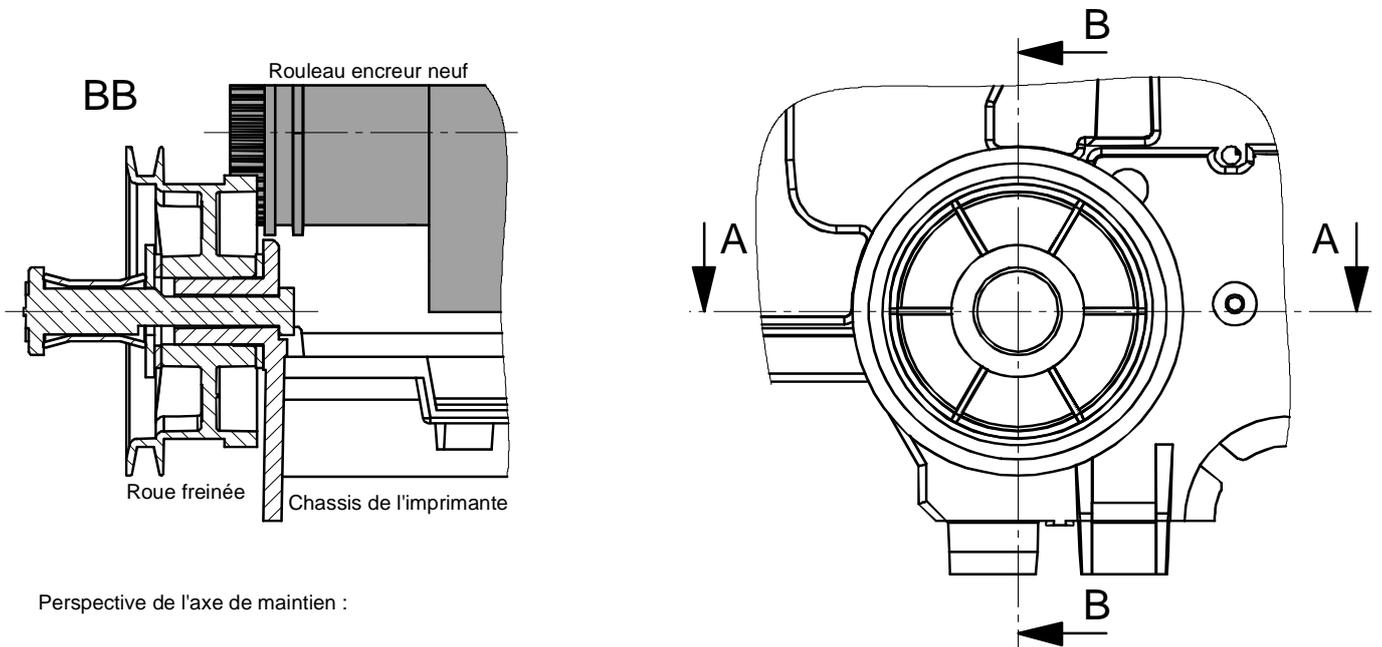
**CORRECTION**

|  |                  |                 |              |
|--|------------------|-----------------|--------------|
| BTS CIM – Épreuve E51 Conception détaillée – Pré-industrialisation |                  |                 | Session 2021 |
| Code de l'épreuve : 21-CDE5PI-ME1C                                 | Durée : 4 heures | Coefficient : 2 | 1/9          |

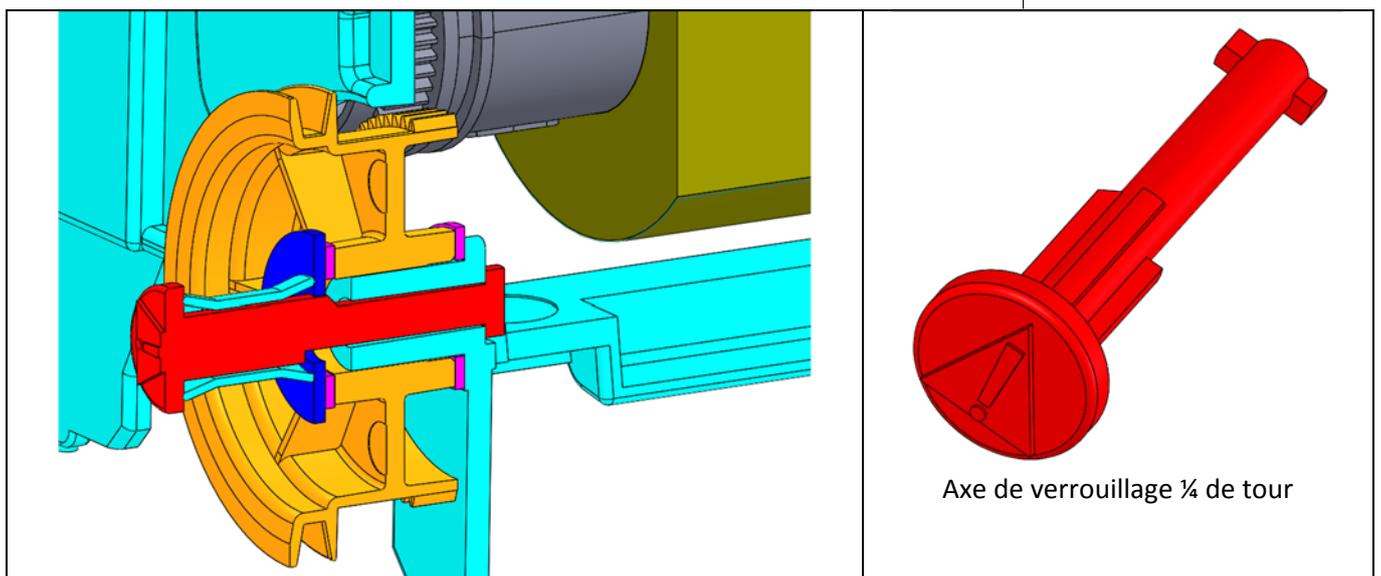
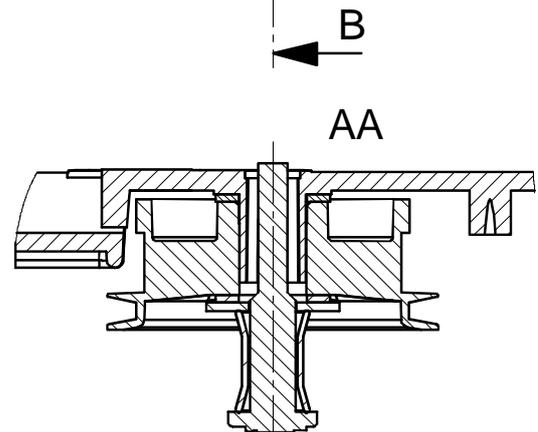
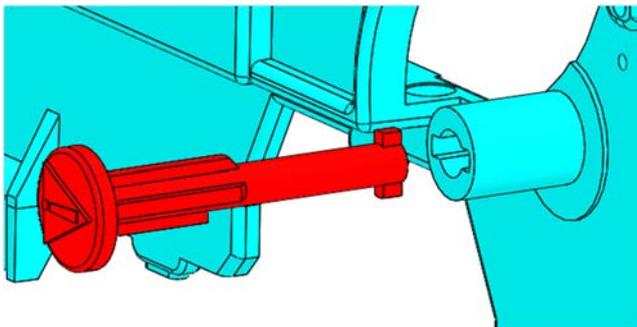
**Proposition de barème :**

|   |    |  |  |
|---|----|--|--|
| Q1 : conception frein de tambour                                    | 6  |  |  |
| Q2 : tableau coûts d'une fonction selon 3 solutions constructives   | 6  |  |  |
| Q3 : équations pour les 3 solutions constructives                   | 3  |  |  |
| Q4 : graphes pour les 3 solutions constructives                     | 3  |  |  |
| Q5 : seuils de rentabilité S3/S1 et S3/S2                           | 4  |  |  |
| Q6 : conclusion sur le choix solution rivet sapin S2                | 2  |  |  |
| Q7 : choix de matière roue  | 6  |  |  |
| Q8 : tracé chaîne de côtes jeu axial guidage en rotation            | 4  |  |  |
| Q9 : calculs des jeux mini et maxi                                  | 4  |  |  |
| Q10 : conclure sur la validité du guidage en rotation               | 2  |  |  |
| Q11 : inconvénient de la position du seuil                          | 2  |  |  |
| Q12 : défauts constatés (retassures) et modifications envisagées    | 3  |  |  |
| Q13 : formes pour assurer l'entraînement en rotation du palier      | 3  |  |  |
| Q14 : distinguer les parties fixes et mobiles                       | 4  |  |  |
| Q15 : proposition d'une solution d'outillage moulage par injection  | 10 |  |  |
| Q16 : tableau de synthèse (volume à injecter et force de fermeture) | 6  |  |  |
| Q17 : conclure sur la capacité de la presse                         | 2  |  |  |
| Q18 : tableau de synthèse (étude de coût)                           | 6  |  |  |
| Q19 : coût d'un palier et conclusion                                | 4  |  |  |
| Total (sur 80) :  | 80 |  |  |

Q1. Représenter une solution de freinage de la roue par rapport au châssis en respectant les contraintes énoncées dans le dossier technique (Réponse sur DR1)  
 Vous pouvez ajouter toutes les vues de détails nécessaires à la compréhension de vos solutions ainsi que des annotations et/ou des couleurs.



Perspective de l'axe de maintien :



Q2. Compléter le tableau des coûts des trois solutions (S1, S2 et S3). (Réponse sur DR1)

|   | Solution S1   | Solution S2               | Solution S3                                 |
|---|---|---------------------------|---|
| Coût vis  | 0,042 €   | 0 €                       | 0 €   |
| Coût rondelle   | 0,005 €   | 0 €                       | 0 €   |
| Coût rivet sapin  | 0 €   | 0,024 €                   | 0 €   |
| Surcoût fixe des différentes solutions envisagées             | 660 € (achat d'une visseuse pour la vis autotaraudeuse) | 0 € (pas de modification) | 6 000 € (modifications du moule du châssis) |
| Coût horaire assemblage                                       | 25 €/heure  | 25 €/h                    | 25 €/h                                      |
| Temps de montage  | 0,33 min  | 0,22 min                  | 0,11 min                                    |
| Coût du montage d'une roue (Main-d'œuvre)                     | 0,1375 €  | 0,0917 €                  | 0,0458 €                                    |
| Coût total de l'assemblage d'une roue (Main d'œuvre + pièces) | 0,042 + 0,005 + 0,1375 = 0,1845 €                       | 0,024 + 0,0917 = 0,1157 € | 0,0458 €                                    |

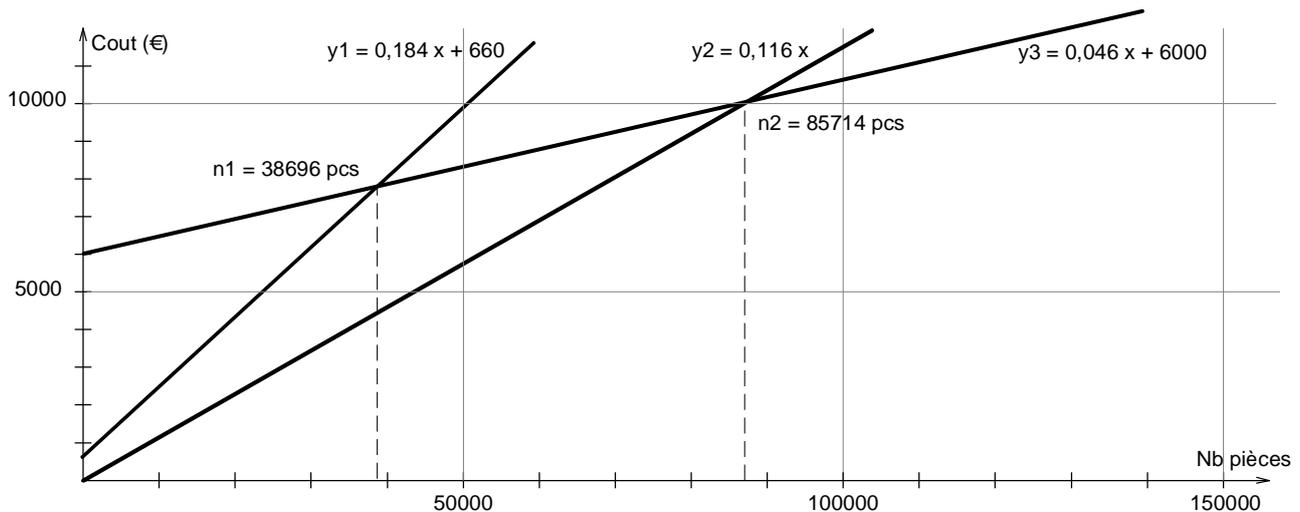
Q3. Pour chacune des trois solutions, exprimer sous forme d'une équation le coût global de production en fonction du nombre d'assemblages de roues produits. (Réponse sur DR2)

*Solution S1 : arrêt en translation par vis et rondelle : ( $y_1 = 0,1845 x + 660$ )*

*Solution S2 : arrêt en translation par rivet sapin (solution Evolis) : ( $y_2 = 0,1157 x$ )*

*Solution S3 : arrêt en translation par un clip formé dans le châssis : ( $y_3 = 0,0458 x + 6000$ )*

Q4. Tracer les graphes associés aux trois équations précédentes (Réponse sur DR2)



Q5. Déterminer un premier seuil de rentabilité de la solution S3 par rapport à la solution S1 et un deuxième seuil de rentabilité de la solution S3 par rapport à la solution S2. Quelle solution est à retenir pour la série à produire ? Justifier la réponse. (Réponse sur DR2)

*Rentabilité S3/S1 pour 38696 pièces*

*Rentabilité S3/S2 pour 85714 pièces*

*Pour la série de 500 000 imprimantes, la solution 3 est à retenir car c'est la moins coûteuse.*

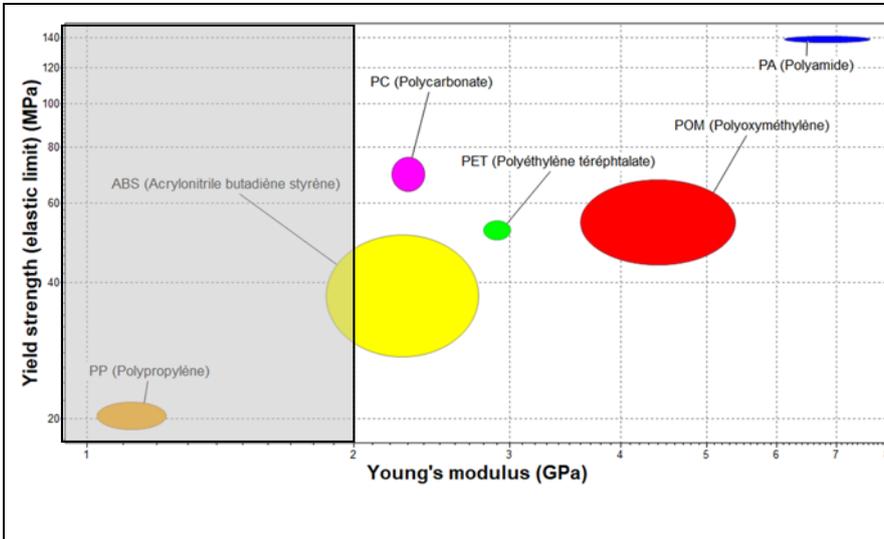
Q6. Le retour sur investissement devant être rapide (moins d'un an), justifier le choix de l'entreprise pour la solution S2. (Réponse sur DR2)

*La série de fabrication de l'imprimante est de 50000 / an. Il faudrait plus d'un an pour amortir la troisième solution : cette solution n'a donc pas été retenue.*

*D'autre part le clip de maintien apparaît fragile.*

Q7. A partir des critères énoncés dans le dossier technique et des trois graphes du document réponse DR3, expliquer votre démarche permettant de choisir la matière la mieux adaptée à la fabrication de la roue dentée (Réponse sur DR3).

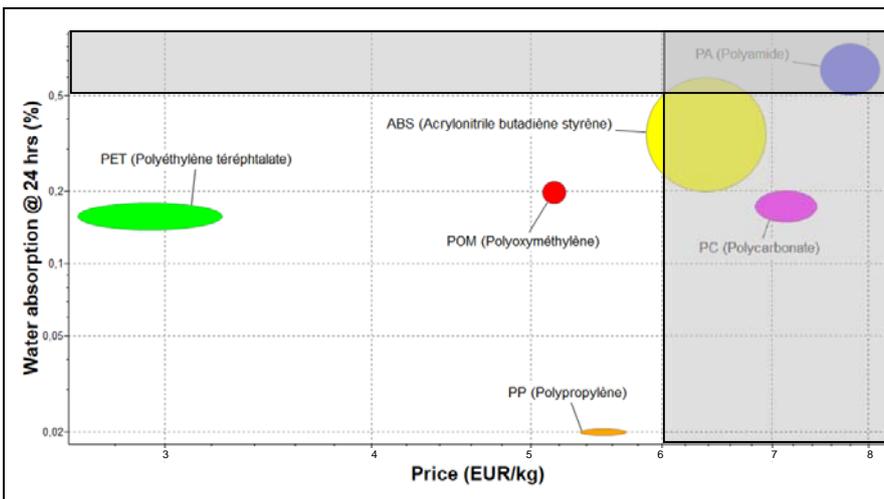
|                        | POM     | ABS     | PA        | PC      | PET     | PP      |
|------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| Limite élastique (MPa) | 44 à 68 | 27 à 51 | 138 à 140 | 64 à 76 | 50 à 55 | 19 à 22 |
| Contraintes maxi (MPa) | 60      | 48      | 64        | 59      | 74      | 21      |



*Le tableau précédent supprime le PET car la contrainte pour cette matière est > Re*

*Le module d'Young > 2 GPa supprime le PP et quelques ABS.*

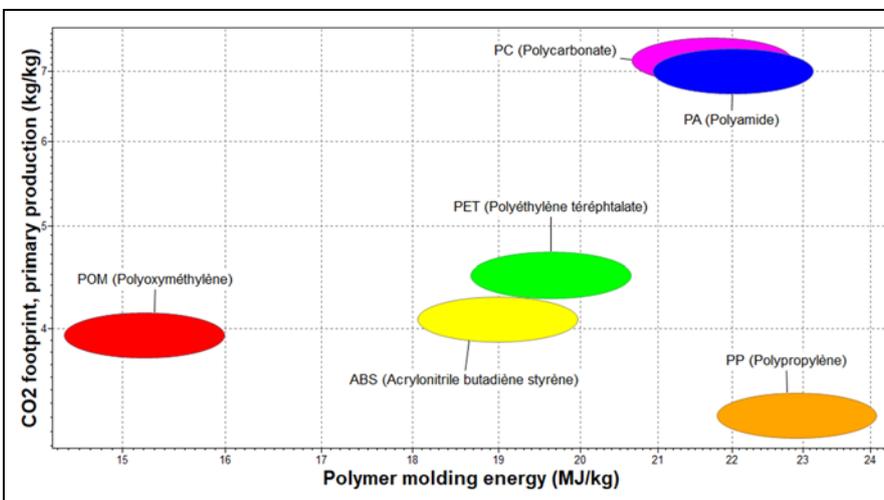
*Pour les autres matières les contraintes sont compatibles avec les limites élastiques correspondantes*



*L'absorption d'eau < 0,5 % supprime le PA*

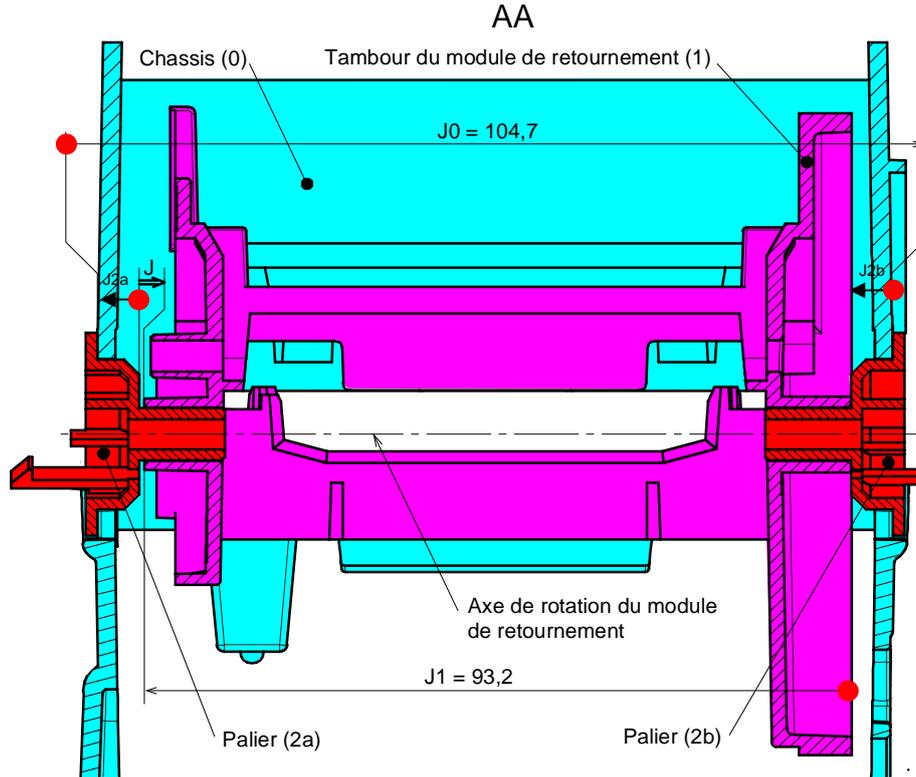
*Le prix < 6 €/kg supprime le PC et le PA.*

*De l'étape précédente, il reste le POM et une partie des ABS*



*Cette dernière étape de tri montre que le POM présente les meilleures propriétés environnementales selon les critères proposés.*

Q8. Tracer la chaîne de côtes relative à la condition J (Réponse sur DR4).



Q9. Calculer la valeur du jeu mini et du jeu maxi (Réponse sur DR4).

$$JM = J0M - 2 J2m - J1m$$

$$JM = 104,7 + 0,41 - 2 \times (5,55 - 0,1) - 93,2 - 0,41 = 0,6$$

$$Jm = J0m - 2 J2M - J1M$$

$$Jm = 104,7 - 0,41 - 2 \times (5,55 + 0,1) - 93,2 + 0,41 = 0,6 = 0,2$$

Q10. Le jeu axial acceptable étant fixé à  $J = 0,5 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$  conclure sur la validité du guidage en rotation du tambour (Réponse sur DR4).

*Ces valeurs des jeux mini et maxi sont compatibles avec le jeu acceptable :  $J = 0,5 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ .*

Q11. Pour la position du seuil d'injection choisie par l'entreprise de moulage (seuil 2):

Relever l'inconvénient de cette position en rapport au respect des formes fonctionnelles du palier qui assurent sa mise en position et son maintien en position dans le châssis (Réponse sur copie).  
 Sous forme de croquis, proposer un aménagement de formes permettant de remédier à cet inconvénient (Réponse sur DR4).

*La bavure d'injection va gêner la MIP. Un aménagement possible consiste à creuser localement une forme en retrait (cuvette) pour placer le point d'injection.*

*Notification sur le plan  
 Evolis :*

Point d'injection  
 Pas d'excroissance admise



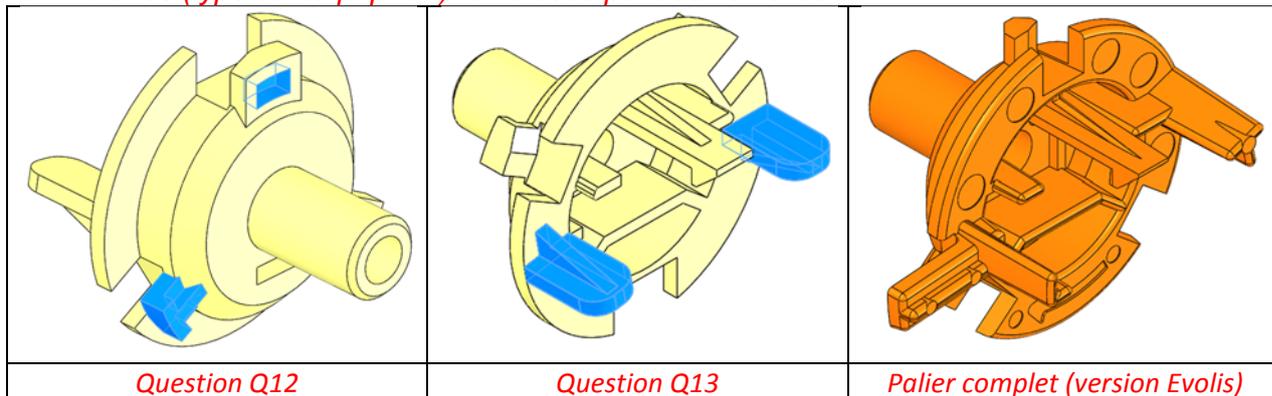
Q12. A la lecture des simulations de rhéologie préciser les défauts prévisibles de la pièce moulée (Réponse sur copie)

En conservant les surfaces fonctionnelles et une rigidité suffisante des formes nécessaires à la mise en position et au maintien en position du palier dans le châssis, proposer des modifications de formes permettant de remédier à ces défauts (Réponse sur DR4).

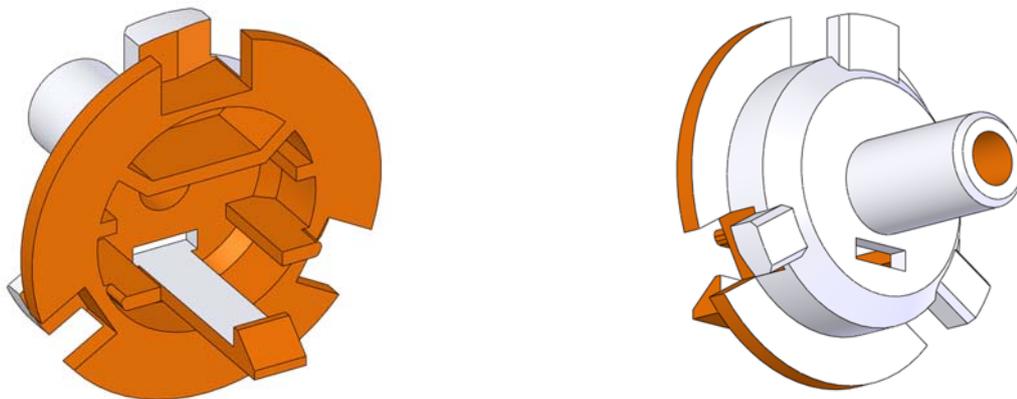
*Il y a aura des retassures sur les 3 ergots qui servent d'ancrage dans le châssis. Une solution consiste à creuser l'arrière des ergots (alvéoles) pour obtenir une épaisseur constante tout en conservant de la résistance mécanique.*

Q13. Chaque palier est assemblé dans le châssis par rotation (principe de baïonnette). Rajouter des formes au palier permettant d'assurer son entraînement en rotation à la main. Ces formes doivent respecter les contraintes associées au procédé d'injection plastique des paliers tout en étant suffisamment résistantes (Réponse sur DR4).

*Ajouter 2 oreilles (type écrou papillon) renforcées par des nervures*



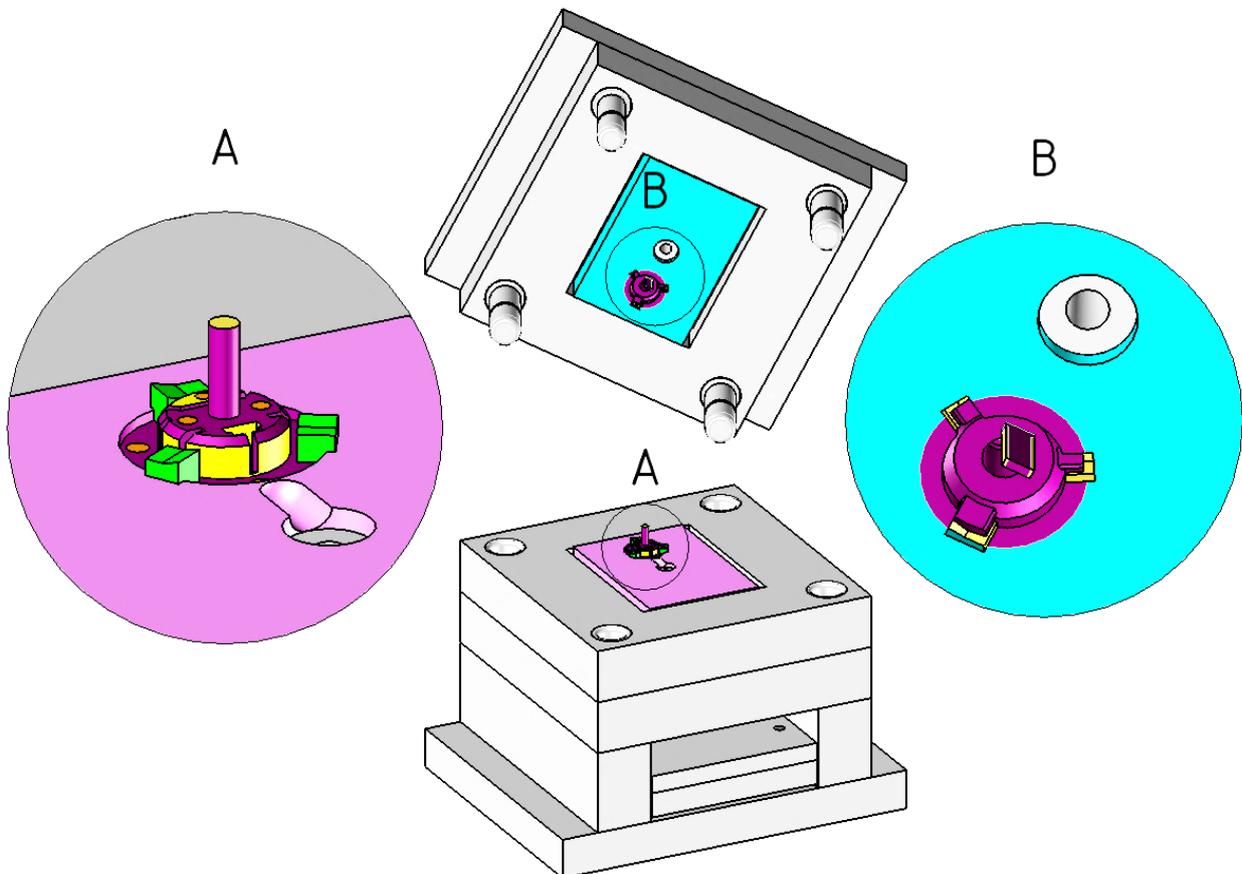
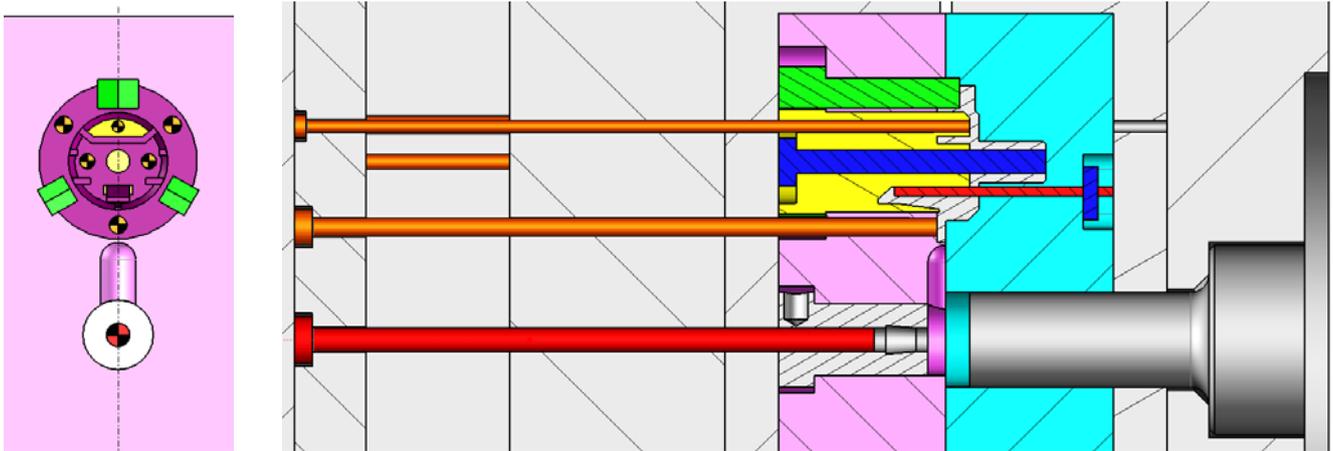
Q14. Sur les 2 vues 3D du palier et à partir du plan de joint proposé sur le document réponses DR5 : Colorier de deux couleur distinctes les faces en contact avec la partie fixe du moule et les faces en contact avec la partie mobile du moule.



Q15. A partir des vues mises à disposition sur le document réponse DR5, représenter une proposition de solution d'outillage relative au moule d'injection du palier de flip en portant les informations suivantes :

- le plan de joint ;
- Indiquer le côté partie fixe (PF) et le côté partie mobile (PM) ;
- les éléments rapportés éventuels (noyaux, broches) ;
- les éjecteurs et l'arrache carotte ;
- l'arrivée de matière (carotte) ;
- le canal et le seuil d'injection (on choisira un seuil capillaire pour cette étude).

*Utiliser des couleurs et/ou des annotations pour préciser vos idées*



Q16. A partir des données techniques relatives au moulage par injection compléter le tableau de synthèse pour la solution grappe de 4 pièces (Réponse sur DR6).

|  | Empreinte de 4 pièces   |
|--|---|
| Volume d'une grappe de 4 pièces                | $V = 4 \times 1,73 = 6,92 \text{ cm}^3$                                       |
| Volume du système d'alimentation (estimation)  | 25% de $V = 1,73 \text{ cm}^3$  |
| <b>Volume total de la moulée</b>               | $V_{tm} = 8,65 \text{ cm}^3$  |
| Surface des 4 pièces projetée au plan de joint | $S = 4 \times \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \pi(27^2 - 4^2) = 2240 \text{ mm}^2$ |
| Surface du système d'alimentation (estimation) | 20% de $S = 448 \text{ mm}^2$   |
| Surface totale au plan de joint                | $S_t = 2688 \text{ mm}^2$   |
| <b>Force de fermeture minimale</b>             | $F_{fm} = S_t \times P_{inj} = 2688 \times 85 = 228\,480 \text{ N}$           |

Q17. A partir des résultats précédents et des données techniques de la presse à injecter, justifier si la presse Arburg 220S est capable de produire la grappe. (Réponse sur DR6).

- *Le volume injectable théorique par la presse Arburg 220S de  $54 \text{ cm}^3$  est très largement supérieur au volume à injecter pour la moulée de 4 pièces ( $8,65 \text{ cm}^3$ ).*
- *La force de fermeture de la presse est largement suffisante ( $250\,000 \text{ N} > 228\,480 \text{ N}$ )*
- *La pression injection est  $<$  à la pression d'injection maxi presse ( $85 < 125 \text{ MPa}$ )*

Q18. A partir des données technico-économiques relatives au moulage par injection, compléter le tableau de synthèse (Réponse sur DR6).

|   |                             |   |
|---|-----------------------------|---|
| Investissement outillage $I_o$ (€)                | 14 300 €                    |   |
| Cout d'entretien du moule $E$ (€)                 | 1500 €                      |   |
| Nombre total de fermetures du moule $N$           | 250 000 fermetures du moule | $1.10^6$ pièces   |
| Frais de lancement de la série $F_{la}$ (€)       | 150 €                       |   |
| Nombre de fermetures du moule par lancement $N_l$ | 10 000                      |   |
| Temps de cycle par pièce $t$ (s)                  | 3,5 s                       | 14 s (par grappe) / 4<br>soit 0,000972 h                |
| Taux horaire machine $T_H$ (€/h)                  | 30 €/h                      |   |
| Masse de la grappe pour 4 pièces (kg)             | 0,01228 kg                  | $8,65 \text{ (cm}^3) \times 1,420$<br>$\text{(g/cm}^3)$ |
| Prix matière (€/kg)                               | 6 €/kg                      | Avec additifs   |
| Cout matière par pièce $C_m$ (€)                  | 0,01843 €                   |   |

Q19. Calculer le coût de production d'une pièce et conclure (Réponse sur DR6).

$$\text{Coût de production d'une pièce} : C = \frac{I_o + E}{N} + \frac{F_{la}}{N_l} + t \cdot T_H + C_m$$

$$C = \frac{14300 + 1500}{250000} + \frac{150}{10000} + 0,000972 \times 30 + 0,01843$$

$$C = 0,0632 + 0,015 + 0,02917 + 0,01843$$

$$C = 0,1258\text{€} \text{ Le coût d'une pièce est inférieur au coût de revient fixé par l'entreprise (0,20 €)}$$