

BTS EuroPlastics et Composites (EPC)

E4 : Répondre à une affaire - Conception préliminaire

ÉPREUVE PONCTUELLE

Durée : 5 heures

Coefficient : 6

Aucun document autorisé

Matériel autorisé :

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Documents fournis

Le sujet comporte 28 pages.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Documents réponses, à rendre avec la copie.

DR1 : validation de la matière	page 1
DR2 : étude rhéologique	page 22
DR3 : étude de moulage de l'adaptateur	page 23
DR4 : re-conception de la cloche inférieure	page 24
DR5 : industrialisation du nouveau moule	page 25
DR6 : étude économique matière	page 26
DR7 : étude économique	page 27
DR8 : bilan des études	page 28

ÉTUDE 1 : validation de la matière

Question 1.1 : sur la feuille de copie

À partir des données du DT1 et de la fiche matière DT3, calculer la masse d'un plot incluant la cloche inférieure modèle A en ABS puis la comparer avec le même ensemble en PVC.

Masse moyenne de l'ancien modèle : 96.30 gr

Pour le nouveau

$$\rho = 1,05 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$\Sigma_{\text{références}} = 68.79 \text{ cm}^3$$

$$m = 68,79 \times 1,05$$

$m_{\text{ABS}} = 72,23 \text{ g}$ $m_{\text{PVC}} = 96,3 \text{ g}$, il est plus léger en ABS qu'en PVC

Question 1.2 : sur la feuille de copie

À partir des données du DT1, de la fiche matière DT3 et de la question 1.1, déterminer le gain ou le non gain financier que représente ce changement de matière.

ABS = 2,4 €/kg => 0,17335 €/ensemble modèle A en ABS modèle A en PVC = 0,1821 €

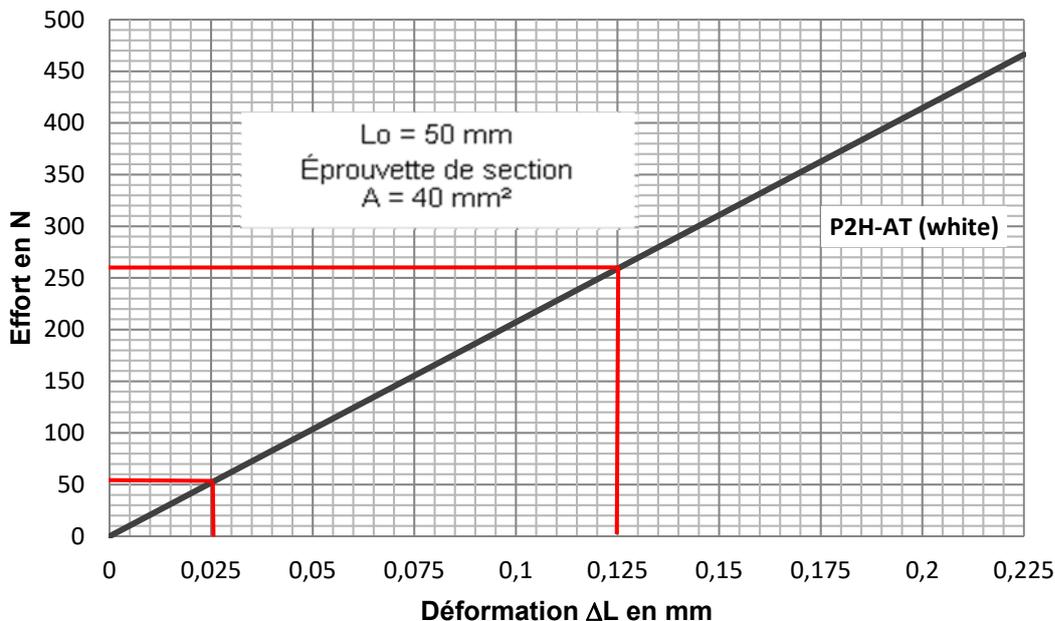
Gain par pièce = 0,009 € par pièce

Une autre caractéristique pour la validation de la matière est la rigidité, pour cela un essai de traction est effectué.

Question 1.3 : sur la feuille de copie

En vous aidant des extraits de la norme de l'essai de traction du DT7, déterminer son module d'élasticité E_t .

Essai de traction réalisé avec extensomètre



	ε_1	ε_2	ΔL_1	ΔL_2	F1	F2	σ_1	σ_2	E_t
Unités			mm	mm	N	N	N.mm ⁻²	N.mm ⁻²	N.mm ⁻²
P2H-AT	0,0005	0,0025	0,0005 x 50 = 0,025	0,0025 x 50 = 0,125	52	260	F1/So=52/40=1,3	F2/So=260/40=6,5	2600

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{6,5 - 1,3}{0,0025 - 0,0005} = 2600 \text{ Mpa}$$

Question 1.4 : sur feuille de copie

Vérifier que cette valeur est dans l'intervalle figurant dans la fiche matière DT3.

E_t est bien dans l'intervalle de la fiche matière DT3 (Tensilemodulus) : 2400-2600

Question 1.5 : sur le document réponse DR1

À partir du document technique DT8, lors du clipsage, décomposer cette force sur la surface d'appui sur la perspective du DR1 et indiquer le nom de(s) sollicitation(s) induite(s).

Question 1.6 : sur le document réponse DR1

Un logiciel de simulation en élasticité, a permis d'évaluer la déformation moyenne unitaire dans cette zone : $\varepsilon = 0,016$, à partir du DT3,

de la formule : $\sigma = E_t \times \varepsilon$ (loi de Hooke) et on prendra la valeur moyenne pour le « Novodur » P2H-AT.

Calculer la contrainte pour la nouvelle matière.

Valider cette valeur en sachant qu'elle doit être inférieure à la contrainte au seuil d'écoulement (Tensile Stress at yield).

Question 1.7 : sur le document réponse DR1

En vous aidant des données des documents techniques DT3, DT5 et DT8, calculer les forces de clipsage (mettre le détail des calculs complets).

Valider votre choix en vérifiant que la force de clipsage de la cloche inférieure sur la base n'excède pas 650 N.

Question 1.8 : sur la feuille de copie

Le changement de matière est-il validé ? Vous justifierez votre réponse en vous appuyant sur les critères économiques et mécaniques.

Le choix de l'ABS permet une économie de matière et satisfait bien au comportement élastique exigé par le cahier des charges. Le changement de matière est donc validé.

Axe 2 : Ajout d'un adaptateur de goulotte.

Etude rhéologique de l'adaptateur.

Une première conception de l'adaptateur a été réalisée. Afin de valider la conception du produit une étude rhéologique a été effectuée. Les résultats avec différents points d'injection sont définis sur le document **DT9**.

Le bureau d'étude impose que les lignes de soudure ne se situent pas sur les ouvertures de l'adaptateur afin de ne pas fragiliser la pièce.

Question 2.1 : sur le document réponse DR2

Représenter les lignes de flux en phase de remplissage et les lignes de soudure associées pour chaque cas.

En fonction de vos connaissances de plasturgiste, effectuer une analyse et proposer la meilleure solution.

Question 2.2 : sur le document réponse DR2

En fonction de votre analyse, proposer la position des points d'injection qui respecte le critère imposé par le bureau d'étude.

Indiquer la position des points et représenter les lignes de flux de la matière et les lignes de soudure correspondantes.

Le choix d'une alimentation de type sans déchet est également envisagé. On vous demande choisir la busette nécessaire au moulage de la pièce.

Données :

- Temps moyen de remplissage : 1 sec

Question 2.3 : sur la feuille de copie

En vous aidant des données du **DT10** et du formulaire **DT12**, déterminez le diamètre minimum du seuil d'injection permettant de respecter le gradient vitesse maxi préconisé par la fiche matière **DT3**.

Volume de l'empreinte : 10,2 cm³

Temps d'injection : 1sec

$$Q = 10200 \text{ mm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Calcul du diamètre minimum

$$\dot{\gamma} = \frac{4 \times Q}{\pi \times r^3} \text{ d'où } r = \sqrt[3]{\frac{4 \times Q}{\pi \times \dot{\gamma}}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 \times 10200}{\pi \times 90000}} = 0,52 \text{ mm}$$

D'où $\varnothing = 1,04 \text{ mm}$

Question 2.4 : sur la feuille de copie

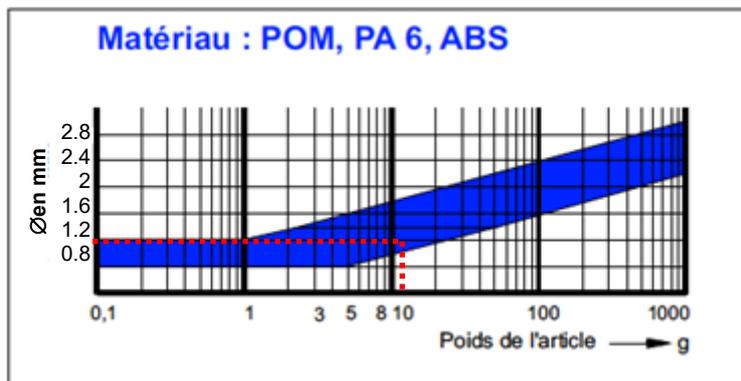
A l'aide des documents techniques **DT2** et **DT3**, calculez la masse de l'adaptateur.

$$m = 10,2 \times 1,05$$

$$m = 10,71 \text{ g}$$

Question 2.5 : sur la feuille de copie

A l'aide du document technique **DT10**, vérifiez que le diamètre calculé correspond au graphique de préconisation du fabricant. Justifiez votre réponse.



Pour une masse d'environ 11 g le diamètre se rapproche de 1,2 mm. Le diamètre calculé correspond aux préconisations du fabricant.

Question 2.6 : sur feuille de copie

Donnez la référence complète de la busette choisie en sachant que la longueur imposée est de 80 mm maximum. Pour le choix du diamètre vous arrondirez votre résultat au diamètre supérieur référencé dans le tableau du **DT10**.

Réponse attendue : diamètre 1,2 mm référence : H33211/32x80.

ÉTUDE 3 : Étude de moulage de l'adaptateur

Axe 2 : Ajout d'un adaptateur de goulotte.

L'adaptateur, aux formes assez simples, a permis d'envisager la réalisation d'un outillage standard à 2 empreintes, avec une alimentation sans déchets.

Afin d'établir le cahier des charges de l'outillage :

Question 3.1 : sur le document réponse DR3.

Indiquer la Direction de démoulage et indiquer la position du plan de joint des blocs moulants.

Question 3.2 : sur le document réponse DR3.

Tracer la ligne de joint externe **en rouge** et la (ou les) lignes de joint interne **en bleu**.

Question 3.3 : sur le document réponse DR3.

Proposer une solution d'éjection en représentant la position des éjecteurs et justifiez votre choix.

BTS EUROPLASTICS ET COMPOSITES	Dossier	SESSION 2019
E4 : Répondre à une affaire - Conception préliminaire	19-EP4RACP-ME1C	Page 5 sur 19

ÉTUDE 4 : Optimisation de la cloche inférieure

Axe 2 : Ajout d'un adaptateur de goulotte.

La conception de l'adaptateur de profilé étant validé, ces choix imposent une modification des formes de la cloche.

Seule la cloche inférieure qui reçoit la goulotte de plus grande dimension, verra sa forme globalement conservée.

A partir des éléments et documents suivants :

Le positionnement de l'adaptateur dans la cloche inférieure **DT4**.

Les dessins de définition de la cloche inférieure **DT5** et de l'adaptateur de goulotte **DT6**.

Question 4.1 : sur le document réponse DR4.

Mettre en place la solution pour indexer l'adaptateur en rotation.

Vous complèterez à main levée la solution sur la vue détail B.

Question 4.2 : sur le document réponse DR4.

Modifier le clip de la cloche inférieure en lui ajoutant un clipsage qui maintiendra l'adaptateur. Vous esquissez à main levée la solution.

ÉTUDE 5 : Mise au point de l'empreinte adaptateur

Axe 1 : le bureau d'étude a décidé de changer la matière et a retenu l'ABS.

Axe 2 : Ajout d'un adaptateur de goulotte.

Avant le lancement en fabrication du moule adaptateur, le bureau d'étude souhaite valider le nouveau produit avec un outillage d'essai à une empreinte et la nouvelle matière. Vous devez dans cette campagne d'essai valider les cotes empreintes.

Les premiers essais révèlent un écart (λ) entre la moyenne mesurée sur les pièces **m1 : 66,20 mm** et la valeur cible **m0 : 66,09 mm** au milieu de l'IT.

On décide de faire corriger la cote de l'empreinte du moule par le service outillage.

Données :

- Diamètre alésage : $\varnothing 66 \begin{smallmatrix} +0,18 \\ 0 \end{smallmatrix} mm$

Question 5.1 : sur la feuille de copie

Faut-il modifier l'outillage en justifiant votre réponse ?

Oui car les pièces sont hors tolérance.

Question 5.2 : sur la feuille de copie

Calculer la cote empreinte à usiner (\varnothing_0) en tenant compte du retrait de l'ABS (**DT3**).

Vous montrerez le détail du calcul.

Après retouche et une campagne d'essai, un prélèvement de 50 pièces consécutives est réalisé. Une étude de capabilité est effectuée par la méthode de la droite d'Henry. Après mesure du diamètre $\varnothing 66 \begin{smallmatrix} +0,18 \\ 0 \end{smallmatrix}$, les résultats statistiques obtenus sont les suivants :

- Moyenne statistique : $m = 66,1 mm$

BTS EUROPLASTICS ET COMPOSITES	Dossier	SESSION 2019
E4 : Répondre à une affaire - Conception préliminaire	19-EP4RACP-ME1C	Page 6 sur 19

- Ecart type : $\sigma = 0,021$

Cote moule actuel

$$L0 = \frac{66.20}{(1 - 0,005)} = 66,52 \text{ mm}$$

Cote moule cible

$$L0 = \frac{(66.09)}{(1 - 0,005)} = 66,42 \text{ mm}$$

Question 5.3 : sur la feuille de copie

En vous aidant du formulaire **DT 12**, calculez les indices de capabilité C_m , C_{mks} , C_{mki} et C_{mki} . Analyser et conclure quant à l'aptitude du procédé.

$$C_m = \frac{0,18}{6 \times 0,021} = 1,42$$

$$C_{mks} = \frac{T_{sup.} - Moy.}{3\sigma} = \frac{66,18 - 66,1}{3 \times 0,021} = 1,26$$

$$C_{mki} = \frac{Moy. - T_{inf.}}{3\sigma} = \frac{66,1 - 66}{3 \times 0,021} = 1,58$$

et

$$C_m = \frac{IT}{6\sigma}$$

**Le procédé est capable car $C_m > 1,33$
 C_{mki} et C_{mks} montre un léger décentrage de la distribution vers la tolérance supérieure.**

Lors de cette phase d'essai le taux de non-conformité relevé est de 1,5 %. Afin de réduire ce taux un suivi qualité de type Pareto est mis en place (DT11).

Question 5.4 : sur le document réponse DR5

- Calculer le pourcentage et le pourcentage cumulé pour chacun des défauts recensés.
- Tracer le graphique $Nb_{défauts} = f(\text{causes})$ et la droite des pourcentages cumulés.

Question 5.5 : sur le document réponse DR5

Donner le défaut le plus important et les défauts donnant 80 % des rebuts

Afin de diminuer le taux de rebut, un plan d'expérience est mis en place. Ce dernier a pour but de rechercher la meilleure configuration permettant de supprimer la principale cause de rebut (**DT11**).

Question 5.6.1 : sur la feuille de copie

En vous aidant du document **DT11** et du formulaire **DT12**, calculer les effets du facteur B du plan d'expérience.

Moyenne des réponses = 0,144

$$E_{B1} = 0,167 - 0,144 = 0,023$$

$$E_{B2} = 0,122 - 0,144 = -0,023$$

Question 5.6.2 : sur le document réponse DR5

Représenter sur le graphique les effets du facteur B.

Question 5.6.3 : sur la feuille de copie

Proposez, avec vos compétences de plasturgiste, un réglage minimisant le défaut de planéité en expliquant pour chacun des facteurs l'influence sur la pièce.

Configuration : A1(230°C), B2(80°C), C2(8sec,5MPa)

La matière injectée au contact de la paroi « froide » de l'empreinte va figer rapidement en surface. Les couches internes vont subir un refroidissement retardé. Cela engendre des contraintes internes d'où des déformations.

ÉTUDE 6 : Étude économique

Rappel : le bureau d'étude a décidé de changer la matière et a retenu l'ABS et d'ajouter un adaptateur de goulotte.

La mise en place de l'adaptateur nécessite la fabrication d'un nouvel outillage et des modifications mineures d'autres outillages.

Le responsable du projet souhaite faire un bilan financier avant de valider ces modifications.

Question 6.1 : sur le document réponse DR6 et DR7

En vous aidant des documents DT1, DT2, DT3, et DR6, vous devez effectuer un comparatif entre l'ancienne version en PVC et la nouvelle version en ABS.

Pour les deux références de pièces non renseignées : ADAPTATEUR 721280 ABS et CONNECTEUR 721270 ABS :

Adaptateur=(250000x.1,05x10,2)/1000=2677.5 kg (x2,4 = 6426 €)

Connecteur=(250000x1,05x5)/1000= 1312,5 kg (x2,4 = 3150 €)

Question 6.2 : sur feuille de copie et sur le document réponse DR7

L'industrialisation du moule de l'adaptateur 721 280 ABS nécessite une actualisation des coûts de fabrication de l'ensemble.

données :

- temps de cycle adaptateur : 18 secondes ;
- nombre d'empreintes moule adaptateur : 2 empreintes ;
- coût horaire presse : 40 € par heure.

En vous aidant du DR7, calculer pour l'adaptateur 721280 ABS, le coût machine pour la fabrication de 250 000 pièces par an puis le coût par pièce.

BTS EUROPLASTICS ET COMPOSITES	Dossier	SESSION 2019
E4 : Répondre à une affaire - Conception préliminaire	19-EP4RACP-ME1C	Page 8 sur 19

Calculer le coût total machine par an pour 250 000 ensembles et le coût unitaire pour un ensemble.

Vous reporterez vos résultats dans le DR7.

$$\text{Coût}_{\text{machine}} = \frac{40}{3600} \times 18 = 0,2^{\text{€}}$$

Mais l'outillage possède deux empreintes donc

$$\text{Coût}_{\text{machine}} = 0,1^{\text{€}}/\text{pièce}$$

Question 6.3 : sur la feuille de copie

données :

- les outillages pour l'injection du PVC sont amortis ;
- coût outillage adaptateur : 57 600 € ;
- coûts des modifications des autres outillages sont à négliger ;
- période d'amortissement : 5 ans.

En vous aidant du DR7, calculer pour l'adaptateur 721280 ABS le coût d'amortissement du nouvel outillage pour la fabrication de 250 000 pièces par an, puis le coût d'amortissement par pièce.

Calculer le coût total amortissement par an pour 250 000 ensembles et le coût unitaire pour un ensemble.

Vous reporterez vos résultats dans le DR7

Nombre d'adaptateur produits sur 5 ans : 1250 000

$$\text{Coût}_{\text{supplémentaire}} = \frac{57600}{1,25 \cdot 10^6} = 0,04608^{\text{€}} \text{ par pièce}$$

Question 6.4 : sur la feuille de copie

$$\text{Coût}_{\text{TOTAL}} = \text{Coût}_{\text{matière}} + \text{Coûts}_{\text{totaux}}_{\text{machine}} + \text{Coût}_{\text{outillage et modification}}$$

$$\text{Coût}_{\text{TOTAL}} = 0,1981 + (0,14 + 0,12 + 0,10 + 0,168 + 0,041) + 0,04608 = 0,81^{\text{€}}$$

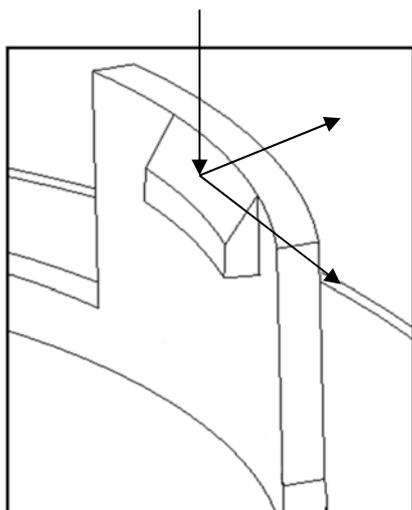
Question 6.5 : sur le document réponse DR8

En vous aidant des résultats des différentes études, réaliser un bilan en complétant un tableau donné dans le DR8.

Conclure et justifier sur la poursuite ou non de l'affaire.

Corrigé

Question 1.5



Compression et flexion simple

Question 1.6

matière	Novodur P2H-AT
ϵ (rappel)	0,016
E: module	2500
σ : contrainte	40
σ : contrainte Se	44
validation	OUI

Question 1.7

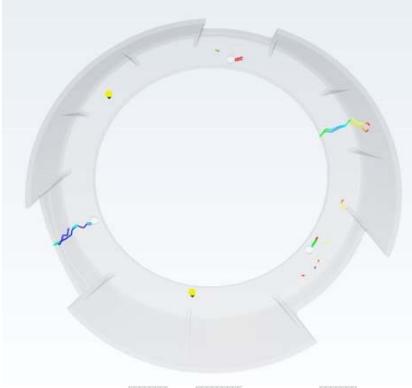
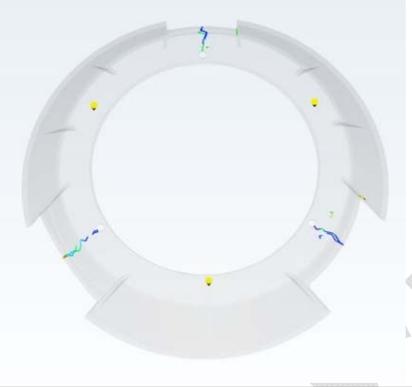
$$K = \frac{3 \times 1,7 \times 34,37 \times (0,2 + \operatorname{tg} 30^\circ)}{12,4^3 \times (1 - 0,2 \times \operatorname{tg} 30^\circ)} = 0,080796$$

**$F = K \times E_t = 0,0808 \times 2500 = 202\text{N}$ pour 1 clip
pour 3 clips (pièce) $F = 3 \times 202 = 606\text{ N}$**

Matières	Novodur P2H-AT
F sur un clip(N)	202
Force de clipsage sur la pièce(N)	606
Validation : OUI/NON	OUI

DR2 : Étude rhéologique

Question 2.1 : Ligne d'écoulement et ligne de soudure

1 point d'injection		2 points d'injection	
3 points d'injection			

Analyse de l'étude

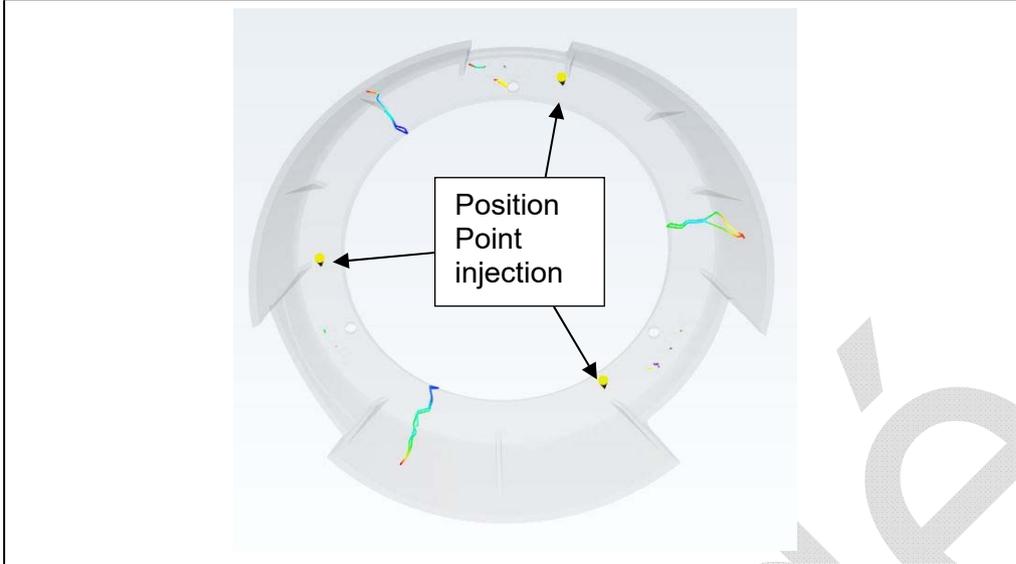
Critères de choix : temps de remplissage le plus court et la pression de remplissage la plus faible

- 3 points d'injection minimisent le temps et la pression de remplissage.
- On retient donc cette solution

Question 2.2 : Position des points d'injection / Lignes de flux et lignes de soudure

- **Position des points : les rapprocher des ouvertures pour déplacer les lignes de soudure et ne pas les mettre en face des perçages.**

Position du (ou des) point(s) d'injection / Ligne d'écoulement et ligne de soudure

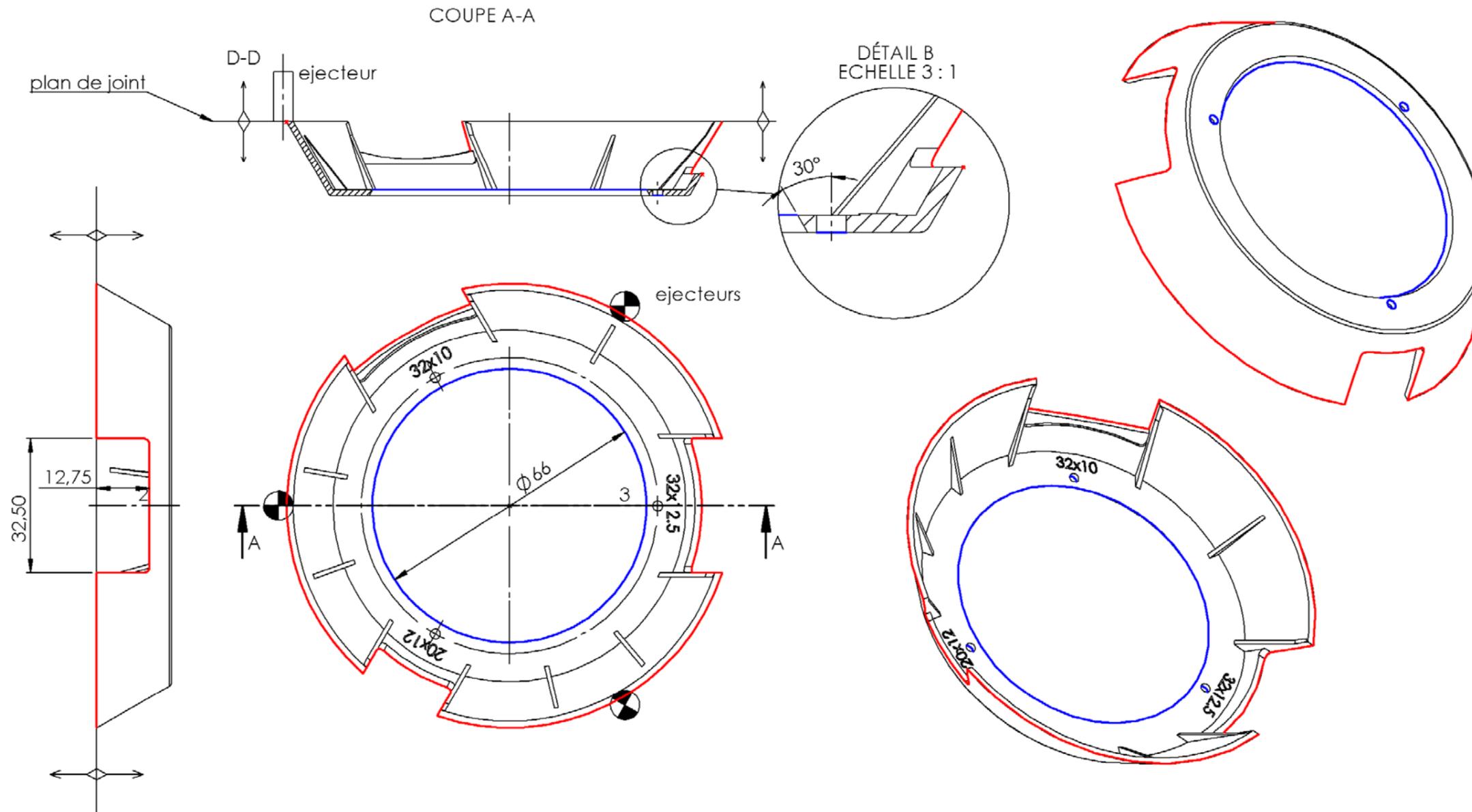


Corrigé

Question 3.1 : Direction de démoulage et position du plan de joint des blocs moulants.

Question 3.2 : Ligne de joint externe **en rouge** et lignes de joint interne **en bleu** (parties visibles seulement).

Question 3.3 : Position des éjecteurs.



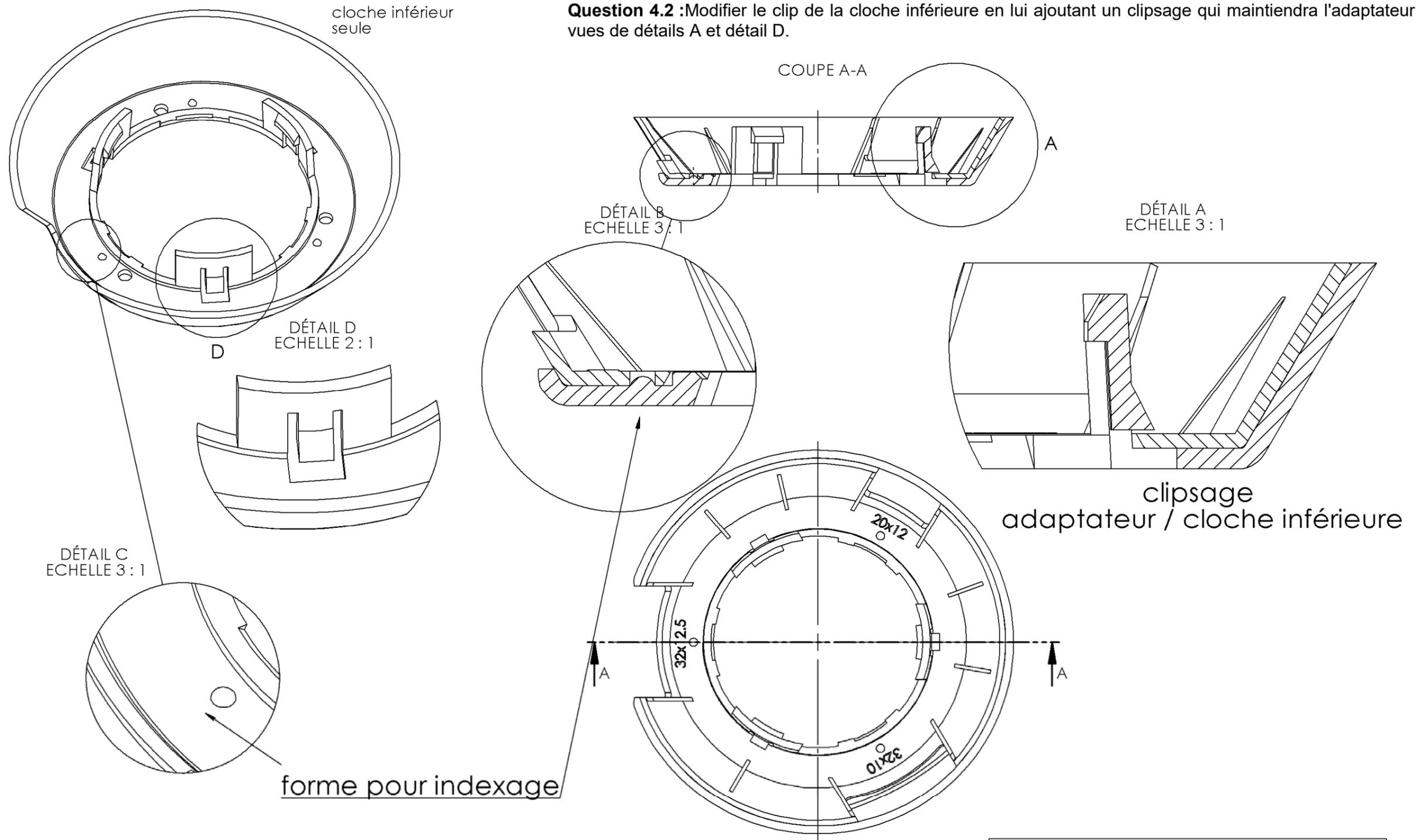
Question 3.3 : Justification de la position des éjecteurs
 Éjecteurs débordants en périphérie pour libérer de l'espace pour la régulation du noyau.

DOCUMENT REDUIT

Adaptateur de profilé	
	Echelle : 1:1

DR4 : re-conception de la cloche inférieure

Question 4.1 : Mettre en place la solution pour indexer l'adaptateur en rotation sur les vues de détail B et détail C.
Question 4.2 : Modifier le clip de la cloche inférieure en lui ajoutant un clipsage qui maintiendra l'adaptateur sur les vues de détails A et détail D.

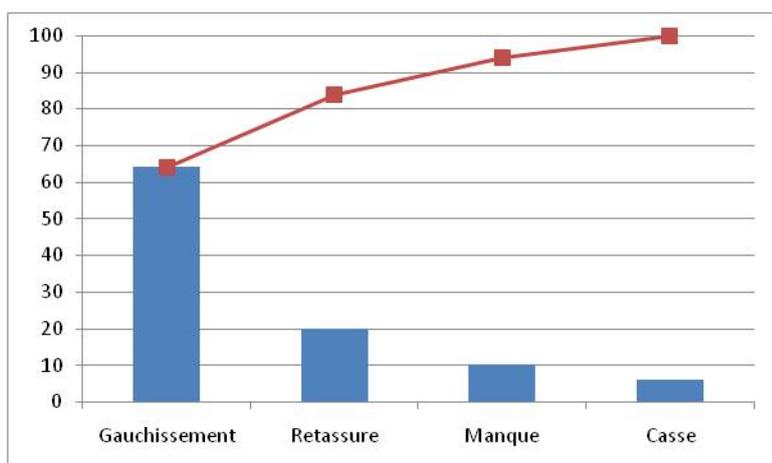


Conception de clip et Indexage	
	Echelle : 1:1

Question 5.4

Défauts	Gauchissement	Retassure	Manque	Casse	TOTAL
Nombre	157	49	24	15	245
%	64	20	10	6	100
% cumulé	64	84	94	100	100

Question 5.5



Défaut : le plus représentatif est le gauchissement (64% des défauts recensés).

80% : rajouter les retassures

Question 5.6.2

Graphe des effets



Question 6.1

Zones à compléter



ANCIEN MODÈLE PVC		NOUVEAU MODÈLE ABS	
BASE 721 240 PVC	Coût pour 250 000 par an 16 121 €	BASE 721 240 ABS	Quantité matière 6394,5 kg
			Coût pour 250 000 par an 15 346,8€
CLOCHE INFÉRIEURE 721 250 PVC	Coût pour 100 000 par an 5 543 €	CLOCHE INFÉRIEURE 721 252 ABS	Quantité matière 5407,5 kg
			Coût pour 250 000 par an 12 978€
CLOCHE INFÉRIEURE 721 251 PVC	Coût pour 75 000 par an 4 130 €	ADAPTATEUR 721 280 ABS	Quantité matière 2677,5 kg
			Coût pour 250 000 p/an 6 426 €
CLOCHE INFÉRIEURE 721 252 PVC	Coût pour 75 000 par an 4 090 €	CLOCHE SUPÉRIEURE 721 260 ABS	Quantité matière 4853,6 kg
			Coût pour 250 000 par an 11 648,7€
CLOCHE SUPÉRIEURE 721 260 PVC	Coût pour 250 000 par an 12 237 €	CONNECTEUR 721 270 ABS	Quantité matière 1312,5 kg
			Coût pour 250 000 p/an 3150€
CONNECTEUR 721 270 PVC	Coût pour 250 000 par an 3 308 €		
COÛT TOTAL Matière par an	45 433 €	COÛT TOTAL Matière par an	49 549,5 €
COÛT matière unitaire d'ensemble	0,182 €	COÛT pour 1 ensemble	0,20 €

Question 6.2 et 6.3

Zones à compléter



NOUVEAU MODÈLE ABS			
	Coût matière	Coût machine	Coût d'amortissement
BASE 721 240 ABS	Coût pour 250 000 par an 15 346 €	Coût pour 250 000 par an 35 000 €	Reprise de l'existant en PVC 0€
		Coût par pièce 0.14 €	
CLOCHE INFÉRIEURE 721 252 ABS	Coût pour 250 000 par an 12 978 €	Coût pour 250 000 par an 30 000 €	Reprise de l'existant en PVC 0€
		Coût par pièce 0.12 €	
ADAPTATEUR 721 280 ABS	Coût pour 250 000 par an 6 426 €	Coût pour 250 000 par an 25 000 €	Coût pour 250 000 par an 11 520 €
		Coût par pièce 0,10 €	Coût par pièce 0,046 €
CLOCHE SUPÉRIEURE 721 260 ABS	Coût pour 250 000 par an 11 648,7€	Coût pour 250 000 par an 42 000 €	Reprise de l'existant en PVC 0€
		Coût par pièce 0,168 €	
CONNECTEUR 721 270 ABS	Coût pour 250 000 par an 3150 €	Coût pour 250 000 par an 10 250 €	Reprise de l'existant en PVC 0€
		Coût par pièce 0 ,041 €	
Coût pour 250 000 par an	49 549,5 €	142 250 €.	11 520 €.
Coût pour 1 ensemble	0,20€.	0,569 €.	0,046 €.

Question 6.5 : sur le document réponse DR8

Tableau de bilan :

	Faisabilité	Économique
Axe 1 Changement de matière Matière retenue : ABS	Acceptable OUI	Acceptable OUI
Axe 2 Conception d'un adaptateur pour limiter le nombre de cloche inférieure et accepter les différentes goulottes.	Acceptable OUI	Acceptable NON

Concluez sur la poursuite ou non de l'affaire. Vous justifierez votre réponse.

L'étude 1 valide la nouvelle matière (gain de masse et rigidité).

Les études 2, 3, 4 valident la faisabilité de l'affaire d'un point de vue mécanique (conception et résistance) et rhéologique.

L'étude 5 valide par son aptitude l'empreinte (cote fonctionnelle).

L'étude 6 : question ouverte, le prix est donné pour la version A dans le DT1 mettre des points si le raisonnement est cohérent.

Le coût pièce en ABS : 0,81€ par pièce.

Le coût de l'ancienne version en PVC modèle A qui a le plus de matière =

Coût matière 0,1821€ + Coût machine $[(41\ 000 + 15\ 000 + 11\ 250 + 11\ 250 + 50\ 000 + 10\ 410) / 250\ 000] = 0,556$ € pour la machine

= 0,737 € par pièce.

Sur ce critère la solution n'est pas retenue, mais il n'y a plus qu'une référence de produit (coût du stockage) et un changement d'outillage en moins. Pourquoi pas.