

## BTS EuroPlastics et Composites (EPC)

### E4 : Répondre à une affaire - conception préliminaire

*Durée : 5 heures*

*Coefficient : 6*

**Aucun document autorisé**

Matériel autorisé :

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

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

**Tout autre matériel est interdit.**

Corrigé

BTS Europlastics et composites (EPC)	Dossier corrigé	Session 2020
E4 Répondre à une affaire - conception préliminaire	Code : 20-EP4RACP-ME1C	Page 1/12

## Documents réponses

### DR01 : courbes de flexion et choix du polymère

Q 1-1 À partir des courbes de flexion DT03, DT04 et du formulaire DT16 calculer et déterminer :

- le module de rigidité en flexion ;
- l'absence de rupture franche (avant une flèche de 6 mm).

$$\text{PPS } 62^3/4 * 9.5 * 3.8^3 * (60/1) = 6860 \text{ Mpa}$$

$$\text{PC } 62^3/4 * 10.2 * 4.1^3 * (60/2.2) = 2311 \text{ Mpa}$$

$$\text{PC } 62^3/4 * 9.8 * 3.8^3 * (70/2) = 3877 \text{ MPa}$$

Matière	PPS	PC	POM
Valeur du module (Mpa)	6860	2311	3877
Rupture (oui/non)	O	N	N

Q 1-2 À partir des analyses (Q 1-1), le polymère choisi est le DELRIN 500 TL NC 010. Expliquer les raisons du choix de ce polymère vis-à-vis des contraintes technologiques.

Pour le module : PPS et POM OK

Mais casse brutale pour PPS donc choix POM

## Documents réponses

### DR02 : analyse des essais de rhéologie

Q 1-3 : À partir des analyses proposées DT08 à DT13, interpréter les résultats de rhéologie.

	Qualité du remplissage	Temps de remplissage	Qualité/Position des lignes de soudure	Pression de remplissage	Contrainte dans les ergots
<b>Etude 1</b> Point d'injection seuil de type capillaire	Pièce incomplète	T = 1,19 s	1 LdS derrière chaque trou mais qui disparaît LdS dans la zone d'ajustement de la bobine T° LdS = 210°C correcte	Pression élevée (172Mpa) qui chute rapidement Risque de pertes de charge élevé / Epaisseurs fines + Longueurs d'écoulement	$\Delta_p = 1$ mm Pas d'incidence au montage
<b>Etude 2</b> Point d'injection seuil de type capillaire buse chaude	Pièce complète Temps de remplissage faible Remplissage équilibré	T = 0,84 s	Pas de LdS dans la zone d'ajustement de la bobine T° LdS = 220°C équivalente à la T° d'injection	Pression peu élevée (120Mpa) qui chute lentement jusqu'à la fin du remplissage	$\Delta_p = 1$ mm Pas d'incidence au montage
<b>Etude 3</b> Point d'injection seuil de type capillaire	Pièce complète Temps de remplissage correct Remplissage pas équilibré	T = 1,05 s	Amorce de LdS dans la zone d'ajustement de la bobine T° LdS = 207°C proche de la T° d'injection	Pression un peu élevée (139Mpa) qui chute lentement jusqu'à la fin du remplissage	$\Delta_p = 1$ mm Pas d'incidence au montage

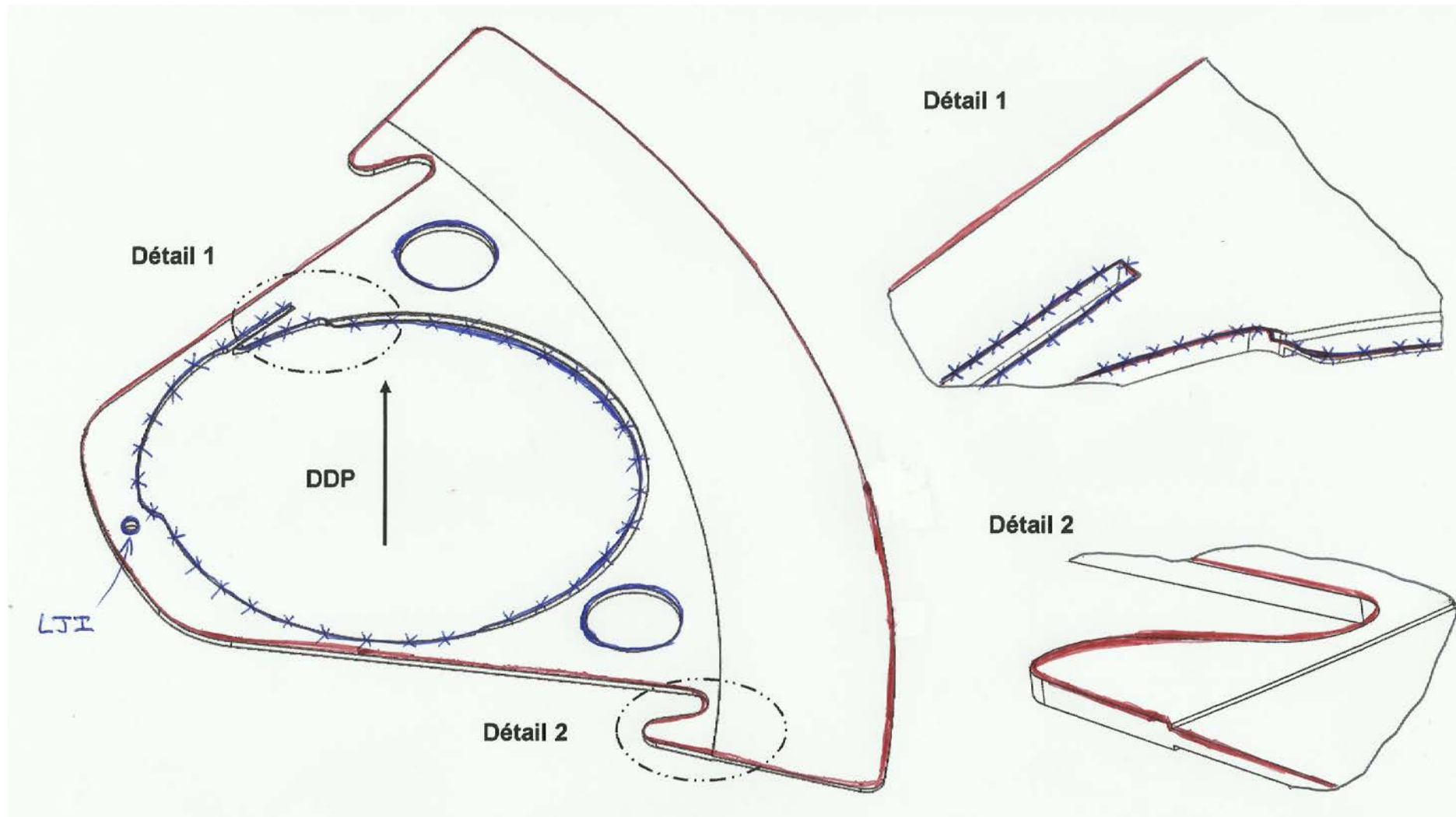
Q1-4 Conclure sur le choix du point d'injection.

**CHOIX 2 Point d'injection seuil de type capillaire buse chaude**

**Car temps de cycle plus faible, pas de LdS dans la zone d'ajustement de la bobine, pression correcte et pas de déformations excessives dans la zone des ergots.**

**Buse chaude facile à mettre en place dans l'outillage.**

BTS Europlastics et composites (EPC)	Dossier corrigé	Session 2020
E4 Répondre à une affaire - conception préliminaire	Code : 20-EP4RACP-ME1C	Page 3/12

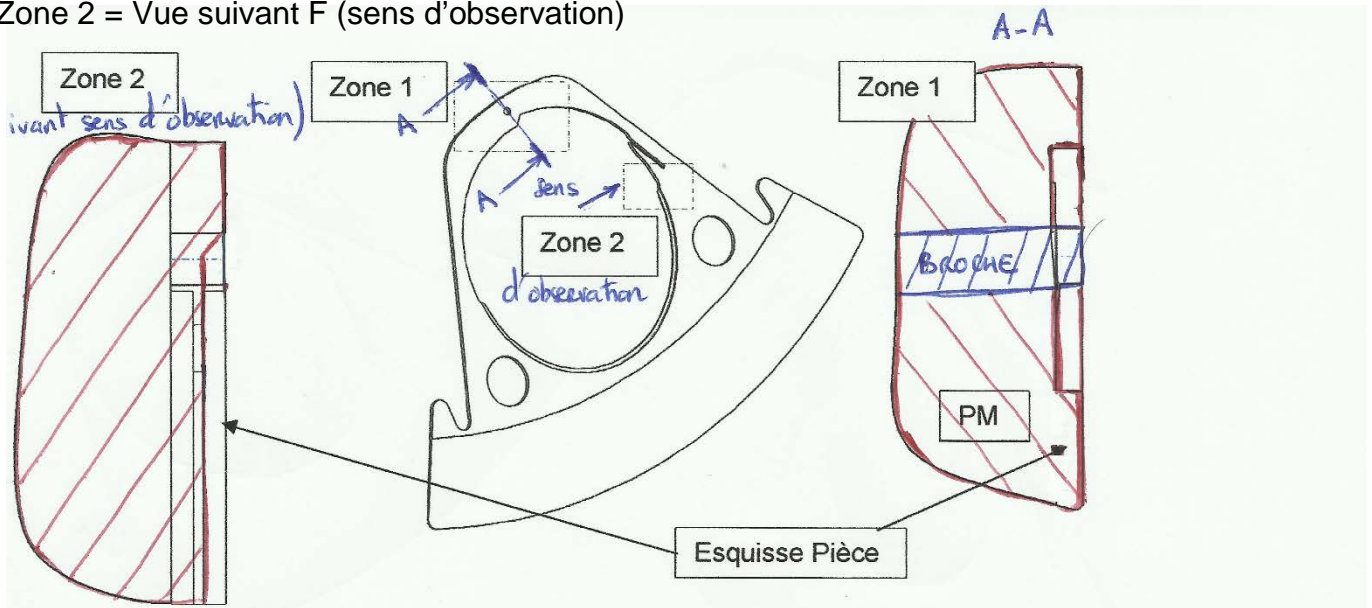


Ligne de joint externe en rouge  
 Ligne de joint interne en bleu + croix

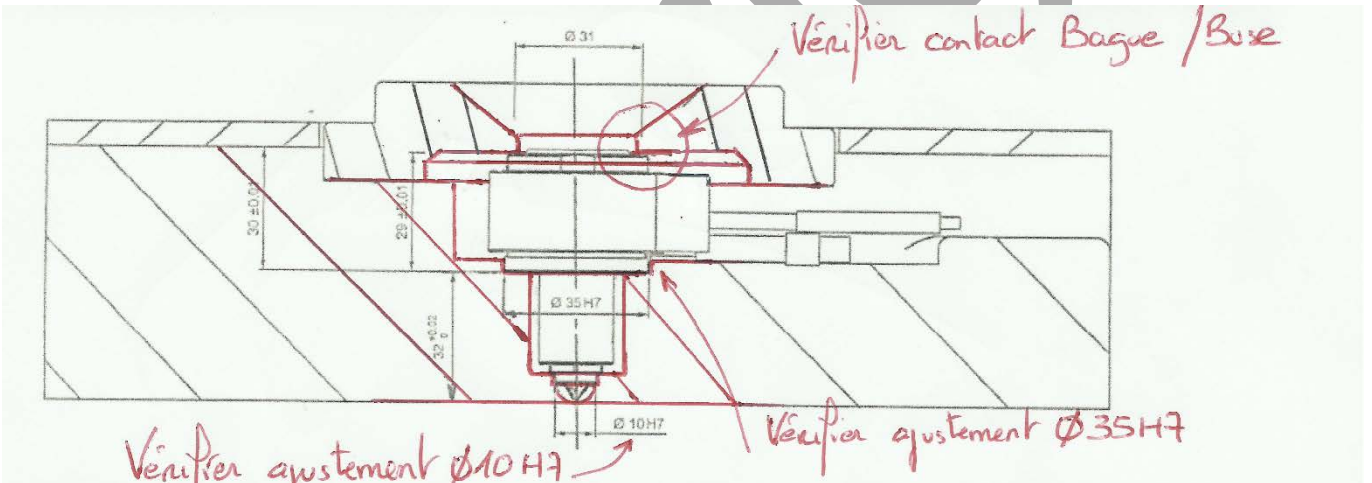
BTS Europlastics et composites (EPC)	Dossier corrigé	Session 2020
E4 Répondre à une affaire - conception préliminaire	Code : 20-EP4RACP-ME1C	Page 4/12

**DR04-1 : dessin des empreintes**

Zone 2 = Vue suivant F (sens d'observation)



**DR04-2 : implantation buse d'injection**



Choix de la buse : RP 400 type T  $\varnothing 18$  et L = 32 mm

**DR04-3 : cotation fonctionnelle**

Le diamètre intérieur :  $C_U = \varnothing 62$  mm

Tolérance =  $\pm 0,28$

$$C_E = 62,28 / (1 - (2.5/100)) = 63,9$$

$$C_E = 61,72 / (1 - (2.5/100)) = 63,3$$

Donc  $C_E = 63,3 \text{ }_0^{+0,6}$

BTS Europlastics et composites (EPC)	Dossier corrigé	Session 2020
E4 Répondre à une affaire - conception préliminaire	Code : 20-EP4RACP-ME1C	Page 5/12

ÉTUDE 3 : préparation du moulage

Q 3-1 **Sur la feuille de copie**

Calculer pour la matière choisie, à partir des simulations de l'étude 2 (DT10), la force de fermeture de la machine à régler (Surface frontale DT02).

Surface frontale : 5350 mm<sup>2</sup> ; Choix étude 2 (à recalculer en fonction du choix de l'étudiant).

$$P = 120.5 \text{ Mpa} \quad F = P \cdot S = 120.5 \cdot 5350 = 644\,675 \text{ N}$$

645 KN + 10% éventuellement.

Q 3- 2 : **Sur la feuille de copie**

Calculer la course de dosage. Caractéristiques presse à injecter DT06, volume pièce DT02, masse volumique à chaud à relever sur la PVT DT 06, masse des canaux estimée à 5 g. Matelas 10 mm

$$\text{Masse pièce + carotte} = 5+5 = 10\text{g}$$

$$V \text{ Spécifique à chaud} : 0.87 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$\text{Volume à injecter } 10 \cdot 0.87 = 8.7 \text{ cm}^3$$

$$\text{Diamètre vis} : 32 \text{ mm} ; S = 8 \text{ cm}^2$$

$$CD = 8.7/8 = 11 \text{ mm} + \text{matelas (5mm, 10mm, 10\% au choix)}$$

Le moule prototype n'est pas réglé au niveau des empreintes, mais sur la périphérie du moule. Lors du moulage du POM, la cristallisation du polymère risque de ne pas être complète. Afin de vérifier la bonne cristallisation, le laboratoire d'essais réalise un essai de DSC sur le polymère vierge afin d'avoir une donnée fiable pour le suivi de ce paramètre.

Q 3-3 : **Sur la feuille de copie**

A partir de la courbe DSC jointe (DT05), déterminer la température de fusion et le taux de cristallinité du polymère vierge.

$$T^\circ \text{ de fusion} : 177^\circ\text{C} ; XC\% = (169.3/326) \cdot 100 = 52\%$$

Q 3-4 **Sur la feuille de copie**

La matière utilisée (POM homopolymère) est très sensible à la température (DT07). Elle se dégrade rapidement. Pour réaliser les pièces dans le moule prototype, on a choisi une machine en fonction de la carcasse de l'outillage mais de de plus grande capacité (fermeture et volume injectable) que celle normalement nécessaire au moulage de la pièce.

Cela va entraîner une stagnation plus longue de la matière dans les filets de la vis.

Vérifier que la matière ne va pas se dégrader au cours de la production, par rapport au temps de cycle (temps ouverture-fermeture + temps robot + temps de remplissage + temps pour éjection de la pièce (Etude 2 DT10 et DT11), arrondi à l'unité supérieure), à la quantité de matière stagnante (estimé à 60 % du volume injectable DT06), à la température d'injection relevée sur les simulations (DT10 et DT11) et au diagramme « Target range » DT07.

$$\text{Temps de cycle + fermeture + robot + temps pour éjecter} = 3+4+0.84+3.75 = 12,3 \text{ s.}$$

$$\text{Capacité d'injection} : 103 \text{ cm}^3 \cdot 60\% = 61.8 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Moulée } 8.7 \text{ cm}^3 \text{ tous les } 12\text{s} \quad \text{soit } 86,2 \text{ secondes pour vider la vis.}$$

Target range à 220°C : de 7 à 9 min : Résultat OK.

BTS Europlastics et composites (EPC)	Dossier corrigé	Session 2020
E4 Répondre à une affaire - conception préliminaire	Code : 20-EP4RACP-ME1C	Page 6/12

DR05 : analyse du plan d'expérience

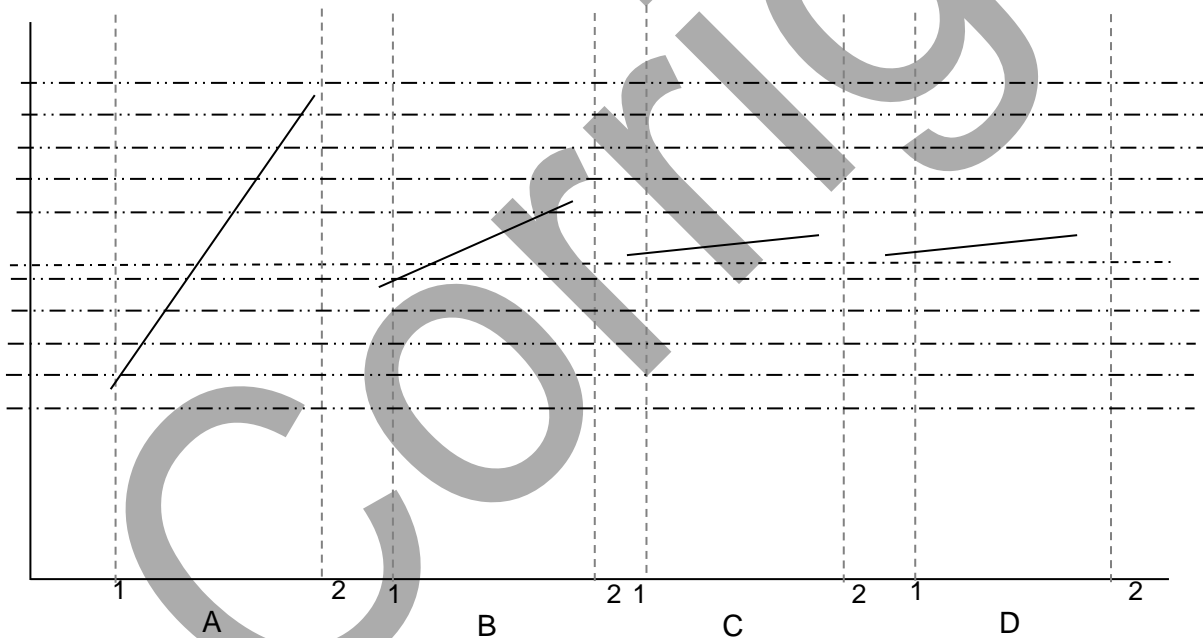
Q 3-5

	A	B		C			D	
	1	2	3	4	5	6	7	REPONSES
1	1	1	1	1	1	1	1	0,02
2	1	1	1	2	2	2	2	0,01
3	1	2	2	1	1	2	2	0,06
4	1	2	2	2	2	1	1	0,05
5	2	1	2	1	2	1	2	0,18
6	2	1	2	2	1	2	1	0,2
7	2	2	1	1	2	2	1	0,22
8	2	2	1	2	1	1	2	0,26

Moyenne des réponses  
M = 0,125

	Facteur A	Facteur B	Facteur C	Facteur D
Niveau 1	-0,09	-0,023	-0,008	-0,005
Niveau 2	0,09	0,023	0,008	0,005

Graphique des effets à compléter



Réglage machine proposé :

**A1 + B1 + C1 + D1**

Q 3-7 : Le verrouillage progressif sera-t-il nécessaire ?

**OUI**

**ÉTUDE 4 : bilan économique du chariot**

Le client souhaite avoir une estimation chiffrée du coût des chariots Leavers en polymère injecté. En effet la durée de vie de ce type de chariot a une espérance de vie beaucoup plus courte que dans les deux autres propositions en métal (imprimés en 3D et usinés). L'évaluation se fait sur 30 ans

La durée de vie d'un chariot en POM est estimée à 1 an.

**Q 4-1 Sur la feuille de copie**

À partir des données techniques de la pièce (DT02, DT06 et DT07), calculer le coût de production d'un chariot leavers injecté en POM en incluant le coût de l'outillage et en déterminant :

- le coût du moulage (temps de cycle optimisé estimé à 12 secondes) ;
- le coût matière par pièce (masse des canaux non recyclés 5 g dans cette production) ;
- le coût pièce sur 30 ans.

**Q 4-2 Sur la feuille de copie**

Comparer sur 30 ans le coût pour les 3 solutions (POM, imprimés, usinés) pour la production de :

- 70 000 par an pendant 30 ans en polymère POM (coût de l'outillage 50 000€)
- 70 000 chariots usinés (coût unitaire 35€/pièce) – Durée de vie estimée 10 ans/pièce
- 70 000 chariots imprimés (140€/pièce) – Durée de vie estimée 15 ans/pièce

**Q 4-3 : Sur la feuille de copie**

Conclure sur la rentabilité de la solution polymère.

**Chariots usinés :  $70\,000 \times 3 \times 35 = 7\,350\,000\text{€}$**

**3D :  $70\,000 \times 2 \times 140 = 19\,600\,000$**

**Polymères :  $70\,000 \times 30\text{ans} = 2\,100\,000$  chariots  
10 g de matière par cycle**

**21 000 000 g soit 21 000 kg \* 4.5€/ kg = 94 500€ de matière**

**Coût machine :  $2\,100\,000$  cycles \* 12 = 25 200 000 s soit 7000 h de production  
 $7000\text{ h} * 50\text{€/h} = 350\,000\text{ €}$**

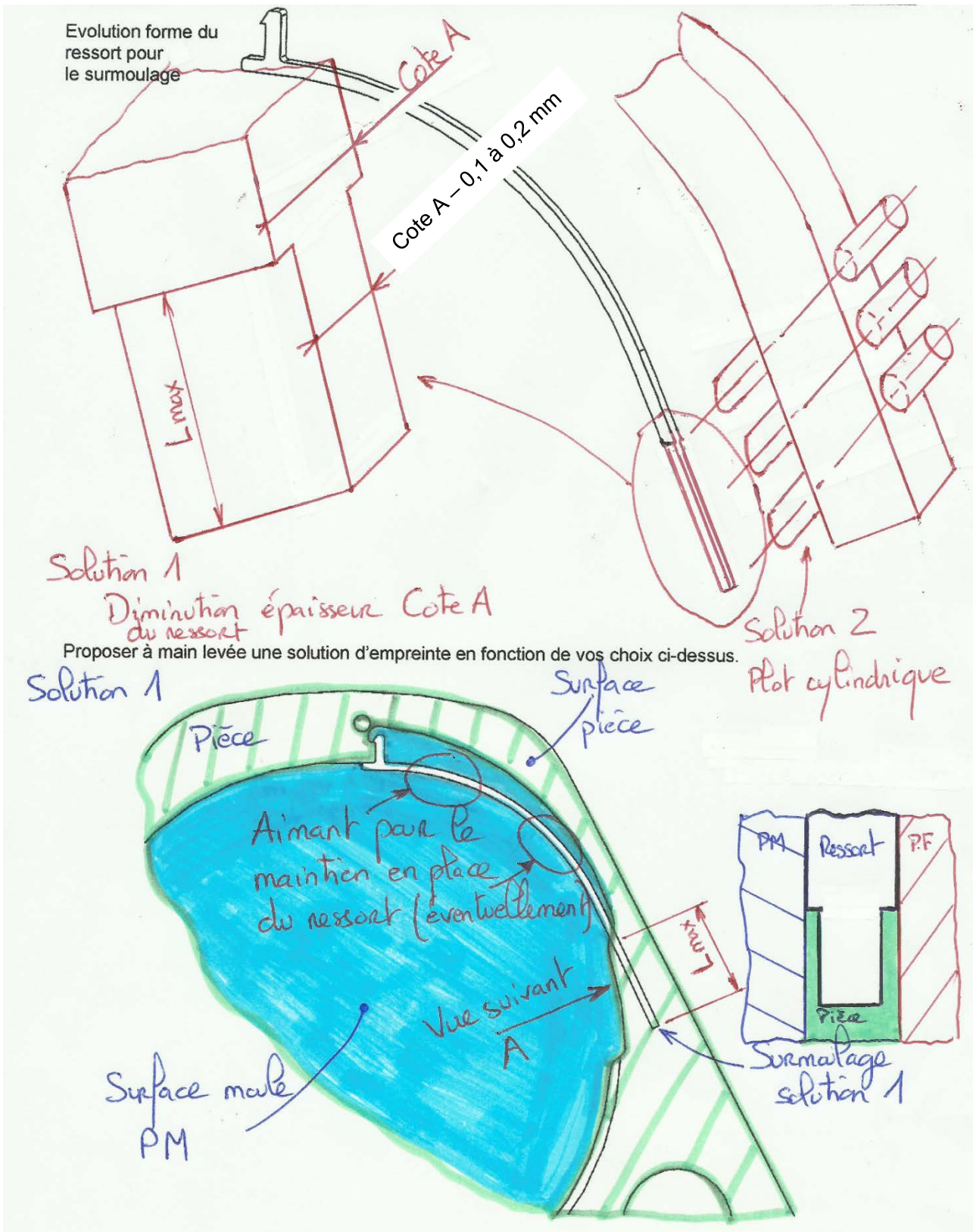
**Total :  $94\,500 + 350\,000\text{€} + 50\,000\text{ €} = 494\,500\text{ €}$**

**Le polymère est rentable**



ÉTUDE 5 : DR06 solutions pour le surmoulage du ressort (choix 1)

Évolution forme du ressort pour le surmoulage



ÉTUDE 5 : choix 2

Q 5-1 sur la feuille de copie

A partir du formulaire DT16, calculer le débit Q en mm<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> permettant de remplir cette partie de la pièce avec un gradient de vitesse de 10000 s<sup>-1</sup>.

On donne : Q : débit en mm<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>  
 h : épaisseur moyenne = 0,55mm  
 W : largeur = 70 mm

$$Q = (\gamma \cdot h^2 \cdot w) / 6 = (10\,000 \cdot 0,55^2 \cdot 70) / 6 = 35\,292 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Q 5-2 sur la feuille de copie

Calculer la vitesse d'injection (formulaire DT15) - Diamètre de vis : 32 mm.

$$V = Q / S_{\text{vis}} = 35\,292 / 800 = 44 \text{ mm/s}$$

Q 5-4 sur la feuille de copie

À partir du tracé de la phase de moulage mis en évidence sur la courbe PVT (DT06) et du formulaire (DT16), estimer la durée palier de maintien isobare à 120 Mpa à régler sur la machine (température de figeage ou de non écoulement estimée à 140°C - Température d'injection et du moule à relever sur DT10 à DT11) - caractéristiques thermiques de la matière sur DT 07. Epaisseur retenue : 0,55 mm

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} = 0,239 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ ou } 0,239 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$\text{Temps maintien} = \frac{0,55^2}{0,239 \cdot \pi^2} \ln\left(\frac{4}{\pi} \times \frac{220-60}{140-60}\right) = 0,13 \cdot 0,94 = 0,12 \text{ s}$$

α : diffusivité thermique en m<sup>2</sup>/s

λ : conductivité thermique de la matière (W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>) 0,31

ρ : masse volumique de la matière kg.m<sup>-3</sup> à la température d'injection (à déterminer sur la PVT) 0,88 cm<sup>3</sup>/g soit 880 kg/m<sup>3</sup>

c : chaleur spécifique de la matière en (J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>) 1470

θ<sub>inj</sub> : température d'injection de la matière en °C 220°C

θ<sub>moule</sub> : température moule en °C 60°C

θ<sub>figeage</sub> : température de figeage (cristallisation) de la matière en °C 140°C

Q 5-5 sur la feuille de copie

Vérifier que le retrait estimé à 2.5 % est respecté avec ce réglage.

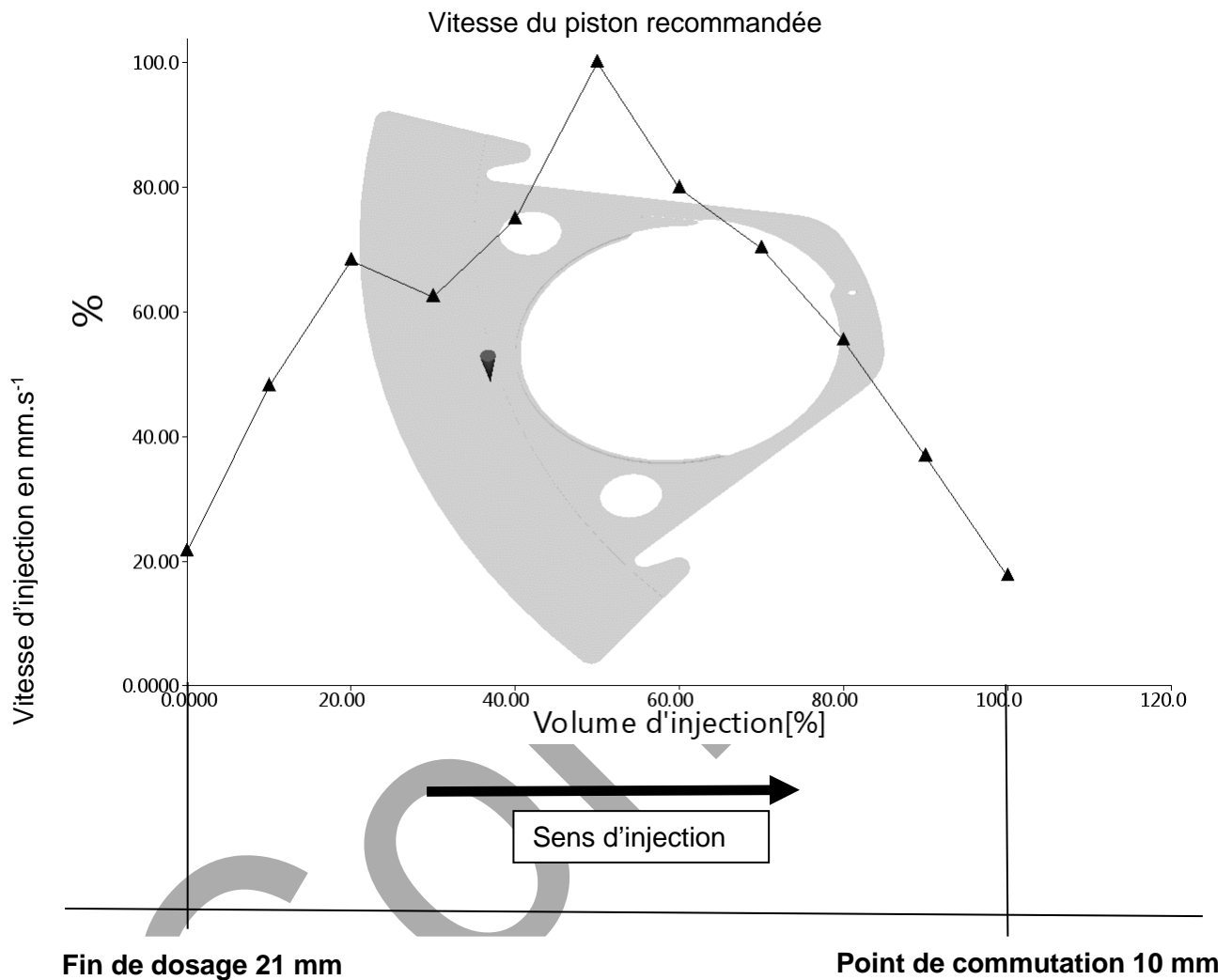
$$\Delta V = ((0,78-0,72)/0,78) \cdot 100 = 7,69\%$$

$$\Delta L = 7,69/3 = 2,5\%$$

BTS Europlastics et composites (EPC)	Dossier corrigé	Session 2020
E4 Répondre à une affaire - conception préliminaire	Code : 20-EP4RACP-ME1C	Page 10/12

**DR7 : vitesse de réglage d'injection**

En référence à la question Q 5-3



Pourcentage du volume injecté	0 %	20%	30 %	50 %	80 %	100% Fin de la phase dynamique
Course (mm)	21	18,8	17,7	5,5 + (10 mm de matelas)	12,2	10 mm Commutation
Pourcentage de vitesse « idéale »	20	70	60	100	55	
Vitesse (mm.s <sup>-1</sup> )	9	31	26,5	44	24	

