

# **BTS EuroPlastics et Composites (EPC)**

## **E4 : Conception préliminaire**

### **ÉPREUVE PONCTUELLE**

SESSION 2022

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 collège » est autorisé.

**Tout autre matériel est interdit.**

**Documents fournis :**

***Le sujet comporte 38 pages, numérotées de 1/38 à 38/38.***

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

Il comporte 3 dossiers de couleurs différentes :

**Dossier technique (pages 5/38 à 17/38)..... jaune**

**Dossier questionnaire (pages 18/38 à 26/38)..... vert**

**Documents réponses (pages 27/38 à 38/38)..... blanc**

**Documents réponses à rendre avec la copie :**

DR1	page 28
DR2	page 29
DR3	page 30
DR4	page 31
DR5	page 32
DR6	page 33
DR7	page 34
DR8	page 35
DR9	pages 36 et 37
DR10	page 38

## Organisation du sujet

### Dossier technique

DT1 : extrait du cahier des charges fonctionnel	Page 6
DT2 : études rhéologiques des différentes références de PP	Page 7
DT3 : étude du clipsage	Page 8
DT4 : principe du thermoformage	Page 9
DT5 : fiches matières du PETG et du PVC	Page 10
DT6 : méthode de calcul du temps de chauffe et du temps de cycle en thermoformage	Page 11
DT7 : plan du blister AUDIPACK	Page 12
DT8 : plan de la boîte de rangement nouvelle version	Page 13
DT9 : fiches matières des différentes références de PP	Page 14
DT10 : parc machines FANUC	Page 15
DT11 : étude rhéologique de la boîte de rangement nouvelle version	Page 16
DT12 : données économiques de la boîte de rangement nouvelle version	Page 17

### Dossiers questionnement et réponses

Questionnement	Pages 18 à 26
Documents réponses DR	Pages 27 à 38

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

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

Proposition de répartition du temps :

<b>Lecture du sujet</b>	<b>0 h 30</b>
<b>Étude 1 : choix matière + étude de la moulabilité sur la boîte de rangement première version</b>	<b>1 h 00</b>
<b>Étude 2 : création de la section du clip en fonction des contraintes sur l'attache ceinture nouvelle version</b>	<b>1 h 15</b>
<b>Étude 3 : étude de la boîte de rangement nouvelle version</b>	<b>1 h 05</b>
<b>Étude 4 : changement de matière pour le blister</b>	<b>0 h 25</b>
<b>Étude 5 : industrialisation de la boîte de conditionnement nouvelle version</b>	<b>0 h 30</b>
<b>Étude 6 : étude au choix pour les options POP ou CO</b>	<b>0 h 15</b>

## Présentation du produit

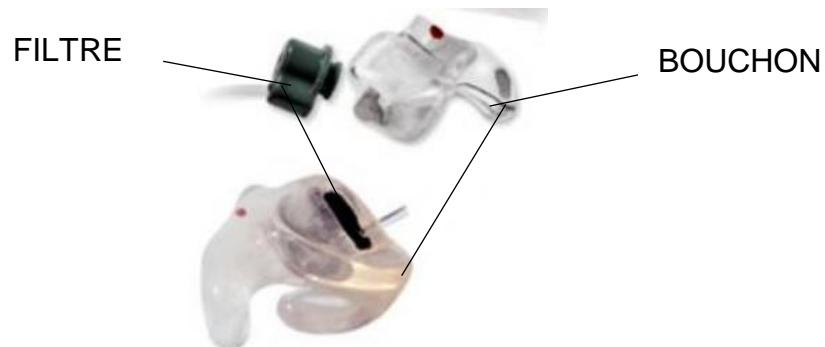
### Présentation

La société AUDITECH Innovations propose une nouvelle façon d'aborder la protection antibruit moulée sur mesure avec l'AUDIPACK EarTech AUDITECH Innovations.



L'innovation de cet équipement de protection individuel (EPI) permet une protection immédiate du futur utilisateur de l'EPI moulé sur mesure.

À la livraison de l'AUDIPACK EarTech, l'utilisateur se protège du bruit immédiatement avec les embouts standards à ailettes Flex ou avec les embouts moulés. Il bénéficie immédiatement de la technologie du filtre avec sa double protection sur les bruits continus et bruits impulsionnels.



AUDITECH Innovations couvre l'ensemble du territoire national, elle possède des implantations en Europe et produit plus de 1 500 équipements par semaine en flux tiré.



# Présentation du produit

Les équipements EPI EarPro AUDITECH Innovations sont livrés dans un AudiPack incluant les accessoires suivants :



**Rep 1** : une boîte de rangement avec marquage CE et attache ceinture.



**Rep 2** : un enrouleur cordon souple de sécurité avec point de rupture. Pince à vêtement de sécurité et enrouleur.



**Rep 6** : un mode d'emploi répondant aux exigences de la norme CE 352-2.



**Rep 7 : AUDIPACK**



**Rep 3** : carte Ear Tag  
Carte d'identification nominative avec numéro de série et date de fin de garantie.



**Rep 5** : EPI anti bruit  
Embouts moulés sur-mesure en silicone avec paire de filtres clipsés et démontables.

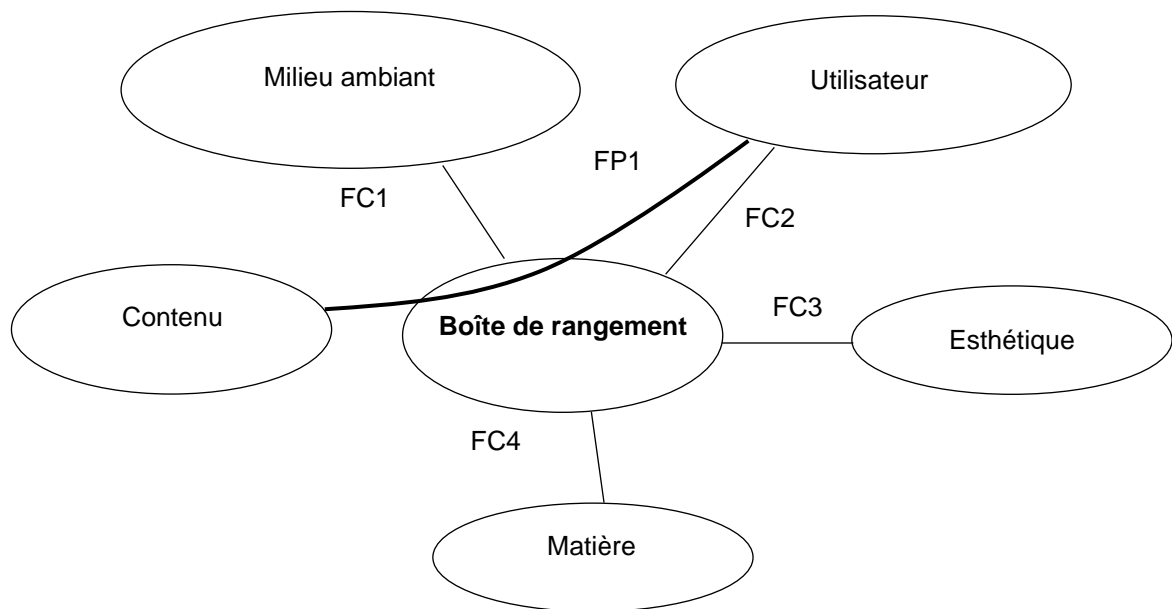


**Rep 4** : un tube EarClean  
Crème lubrifiante pour faciliter l'insertion de l'embout moulé dans l'oreille lors des premières utilisations.

# DOSSIER TECHNIQUE

# DOSSIER TECHNIQUE

## DT 1 : extrait du cahier des charges fonctionnel



### Fonctions valorisées :

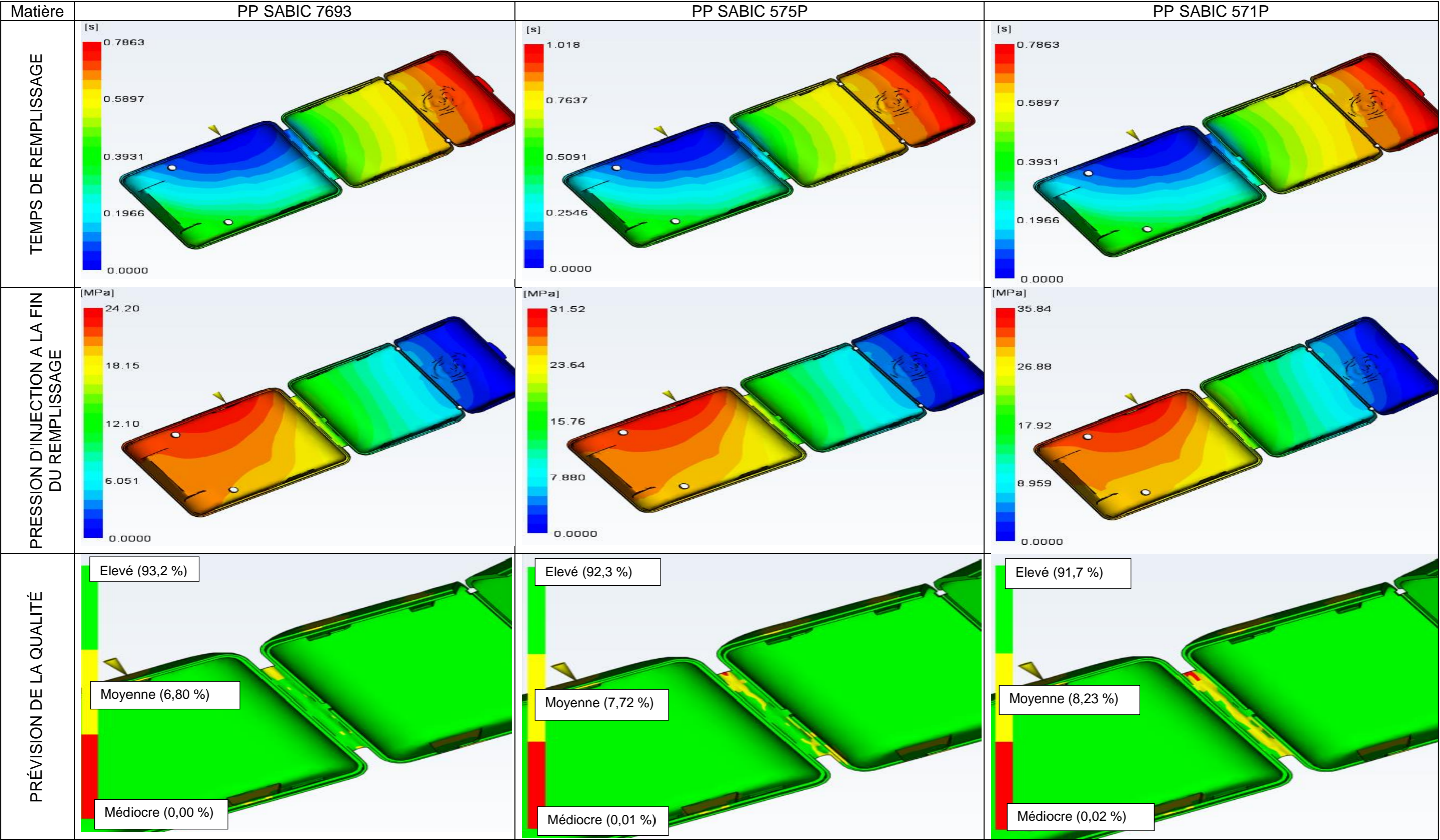
FP1 : permettre de ranger le contenu EPI EarPro®

FC1 : résister au milieu ambiant  
résister au milieu poussiéreux

FC2 : pouvoir accrocher la boîte à une ceinture  
accroche ceinture solidaire à la boîte de rangement

FC3 : plaire à l'utilisateur  
ne pas être encombrante  
pouvoir recevoir la marque du fabricant

FC4 : avoir une matière adaptée à l'utilisation  
avoir une matière lessivable  
résister aux chocs  
respecter la fonction charnière



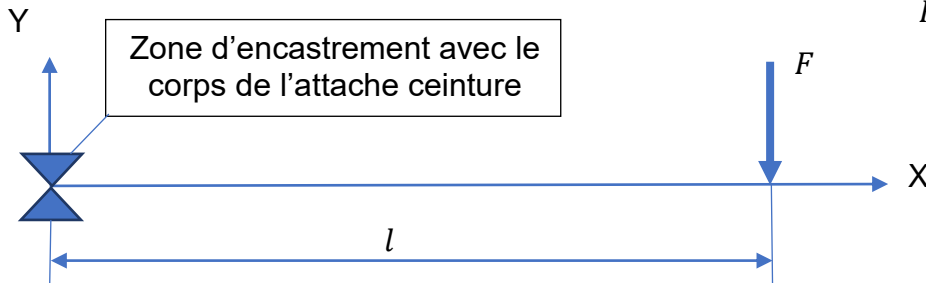
# DOSSIER TECHNIQUE

## DT3 : étude du clipsage

Le bureau d'études envisage de faire une analyse mécanique afin de valider la section du clip. Celui-ci doit être démontable et échangeable.  
On envisage trois sections possibles de clips (S1, S2, S3).

Modélisation des efforts sur le clip en mode dégradé :

$l$  = longueur de la poutre = 6 mm  
 $F$  = 6 N



Caractéristiques des 3 sections proposées pour le clip	S1	S2	S3
Dimensions			
Moment quadratique $I_{gz}$ suivant l'axe Z en $mm^4$	0,62	1,60	0,31
Distance maxi avec la fibre neutre y en mm	1,25	0,95	0,75
Surface en $mm^2$	3,30	5,32	2,21
Contrainte maxi Flexion en MPa	72,58	?	87,10
Flèche en mm	0,56	?	1,11

Calcul de la contrainte due au moment fléchissant :

$$\sigma_{\text{flexion}} = \frac{M_{fz}}{I_{gz}} \times y \text{ avec } M_{fz} = F \times l$$

Calcul de la flèche :  $f = \frac{F \times l^3}{3 \times E \times I_{gz}}$

$M_{fz}$  : moment fléchissant en N.mm

$I_{gz}$  : moment quadratique de la section  $mm^4$

y : distance maxi avec la fibre neutre en mm

F : force en N

l : longueur de la poutre en mm

E : module de traction en MPa

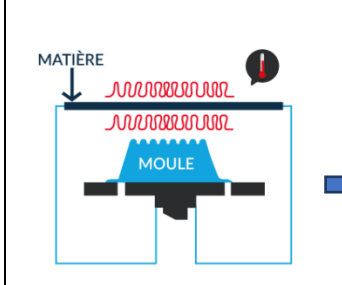
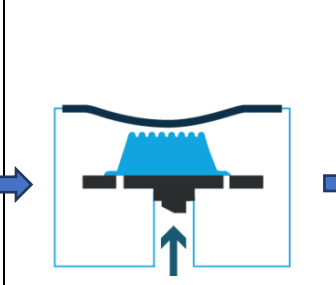
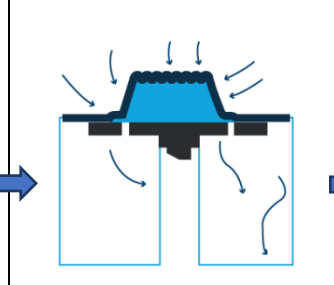
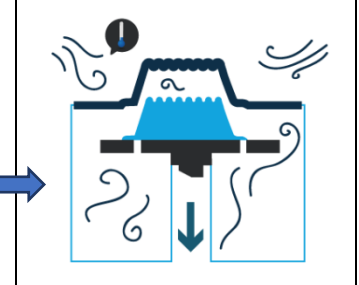
# DOSSIER TECHNIQUE

## DT4 : principe du thermoformage

Le thermoformage est une technique consistant à chauffer des plaques ou des feuilles de matériaux polymères puis de les former à l'aide de moules.

Après le refroidissement, les matériaux se figent et gardent la forme de l'outillage.

Dans le thermoformage par le vide, la matière se plaque sous l'effet du différentiel de pression sur le moule.

Chauffage de la matière	Montée du moule	Aspiration	Démoulage
			
Chauffage de la matière pour la rendre malléable et pouvoir la déformer.	Le moule vient en contact avec la matière ramollie.	Par aspiration, la matière épouse la forme du moule.	Après refroidissement la pièce est démoulée.

Thermoformabilité : détermination du plus grand rapport de profondeur ( $H$ ) à la largeur ( $l$ ) de la pièce  $\frac{H}{l}$ .

Elle permet de caractériser la capacité du matériau à s'étirer sans se fissurer.

On définit l'étirage selon les critères suivants :

Rappel des taux d'étirage	
Étirage moyen	$\frac{H}{l} \leq \frac{2}{3}$
Étirage fort	$\frac{2}{3} \leq \frac{H}{l} \leq \frac{3}{2}$
Étirage extrême	$\frac{H}{l} \geq \frac{3}{2}$

# DOSSIER TECHNIQUE

## DT5: fiches matières du PETG et du PVC

### SIMONA® SIMOLUX PETG

SIMONA® SIMOLUX, the transparent, break-proof copolyester sheet made of PETG, is a true all-rounder. Combining high impact strength and excellent thermoforming properties with low flammability, SIMOLUX is the perfect material for a variety of applications.

\*for 4 mm standard PETG.

Material specifications	SIMONA® SIMOLUX transparent
Density (g.cm <sup>-3</sup> )	1,270
Yield stress (MPa)	52
Elongation at yield (%)	5
Elongation at break (%)	80
Tensile modulus (MPa)	1 900
Notched impact strenght (kJ.m <sup>-2</sup> )	10
Shore hardness (D)	78
Mean coefficient of linear thermal expansion (K <sup>-1</sup> )	0,7.10 <sup>-4</sup>
Dielectric stenght (kV.mm <sup>-1</sup> )	16
Specific surface resistance (Ohm)	10 <sup>14</sup>
Physiologically safe as per BfR, EU regulations and FDA	Yes
Light transmission* (%)	92
Fire behaviour DIN 4102 with B1 Test Certificate	Low flammability 1 to 8 mm
Temperature range (°C)	-40 to +65

### Standard SIMONA® PVC-GLAS

Standard SIMONA® PVC-GLAS is a standard, transparent, shockproof rigid PVC based on DIN 16 927, sheet 1. Excellent rigidity and transparency make this material ideal for many applications.

Standard SIMONA® PVC-GLAS has excellent optical properties.

\*for 4 mm standard PVC-GLAS.

Material specifications	SIMONA® PVC-GLAS Standard
Density (g.cm <sup>-3</sup> )	1,37
Yield stress (MPa)	72
Elongation at yield (%)	3
Elongation at break (%)	11
Tensile modulus (MPa)	3 200
Notched impact strenght (kJ.m <sup>-2</sup> )	2
Shore hardness (D)	83
Mean coefficient of linear thermal expansion (K <sup>-1</sup> )	0,8.10 <sup>-4</sup>
Dielectric stenght (kV.mm <sup>-1</sup> )	30
Specific surface resistance (Ohm)	10 <sup>14</sup>
Light transmission* (%)	82

# DOSSIER TECHNIQUE

## DT6 : méthode de calcul du temps de chauffe et du temps de cycle en thermoformage

### Méthode ILLIG

Thermoformeuse : Dimensions maximales du cadre 390 × 250 mm, avec chauffage renforcé.  
Il est possible de réduire l'ouverture du cadre.

Temps de chauffe (s) :

$$T_c = H_z \times d \times M_f$$

Temps de cycle (s) :

$$T_z = [(H_z \times d \times M_f) + (K_z \times d \times M_f \times V_f)] + A_z$$

$T_z$  : temps de cycle en seconde

$H_z$  : coefficient de chauffe

Table 1

$d$  : épaisseur de la plaque en mm

$M_f$  : facteur matière, coefficient pour temps de chauffe et de refroidissement

Table 2

$K_z$  : temps de refroidissement en seconde

Table 3

$V_f$  : facteur d'étirage matière

Table 4

$A_z$  : temps en fonction du modèle de machine utilisé.

Table 5

<b>Table 1</b>	Thermoformeuse		a : chauffage standard
Chauffage	a	b	b : chauffage supérieur renforcé
$H_z$	12	9	

<b>Table 2</b>	PS : 1	PE : 2,5	PVC : 2	PC : 1,5	PETG : 1,2
$M_f$					

<b>Table 3</b>		Moule en bois, plâtre	23 s
$K_z$		Moule en résine	18 s
Multiplicateur supplémentaire pour :		Moule en aluminium non régulé	11 s
PC : 0,6 et pour PVC : 1,5		Moule en aluminium régulé	7 s

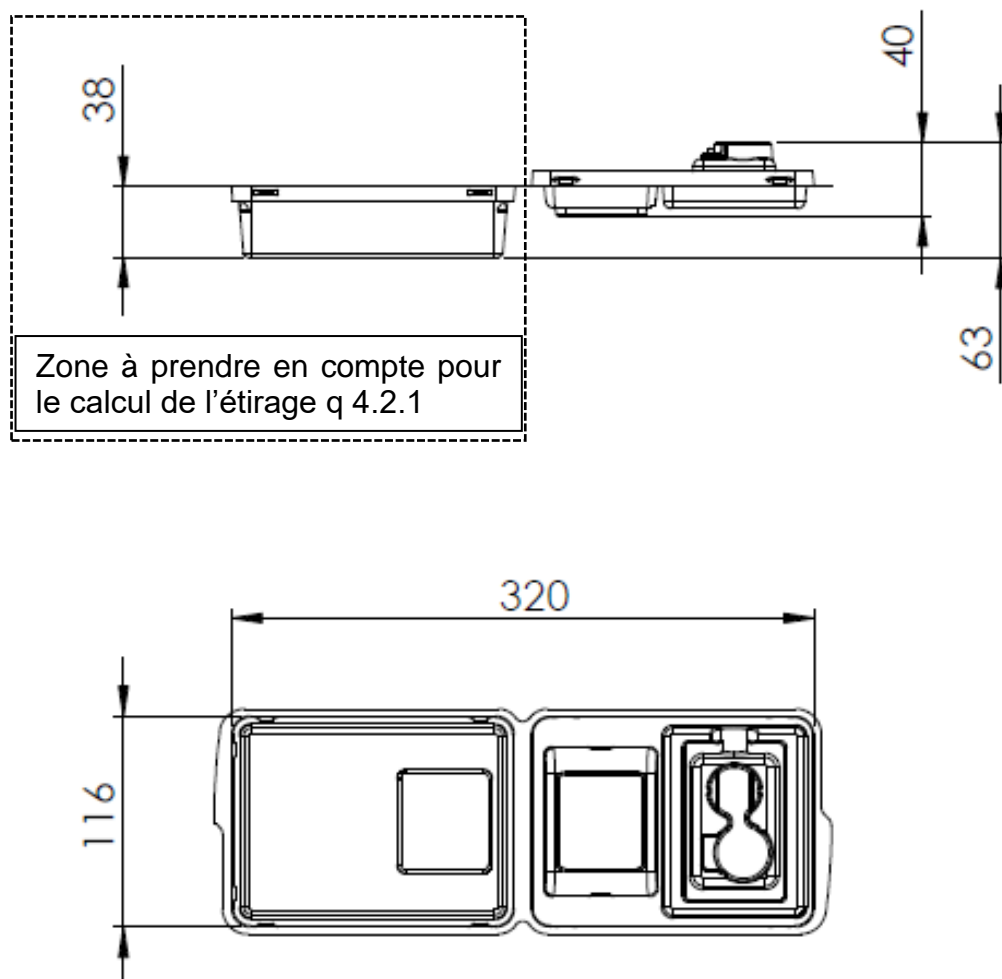
<b>Table 4</b>	Étirage moyen	Étirage fort	Étirage extrême
$V_f$	1	0,9	0,85

<b>Table 5</b>	Thermoformeuse		a : formage à partir de plaques (épaisseur > 1 mm)
Mode de travail	a	b	b : formage à partir de bobines (épaisseur < 1 mm)
$A_z$	10	14	

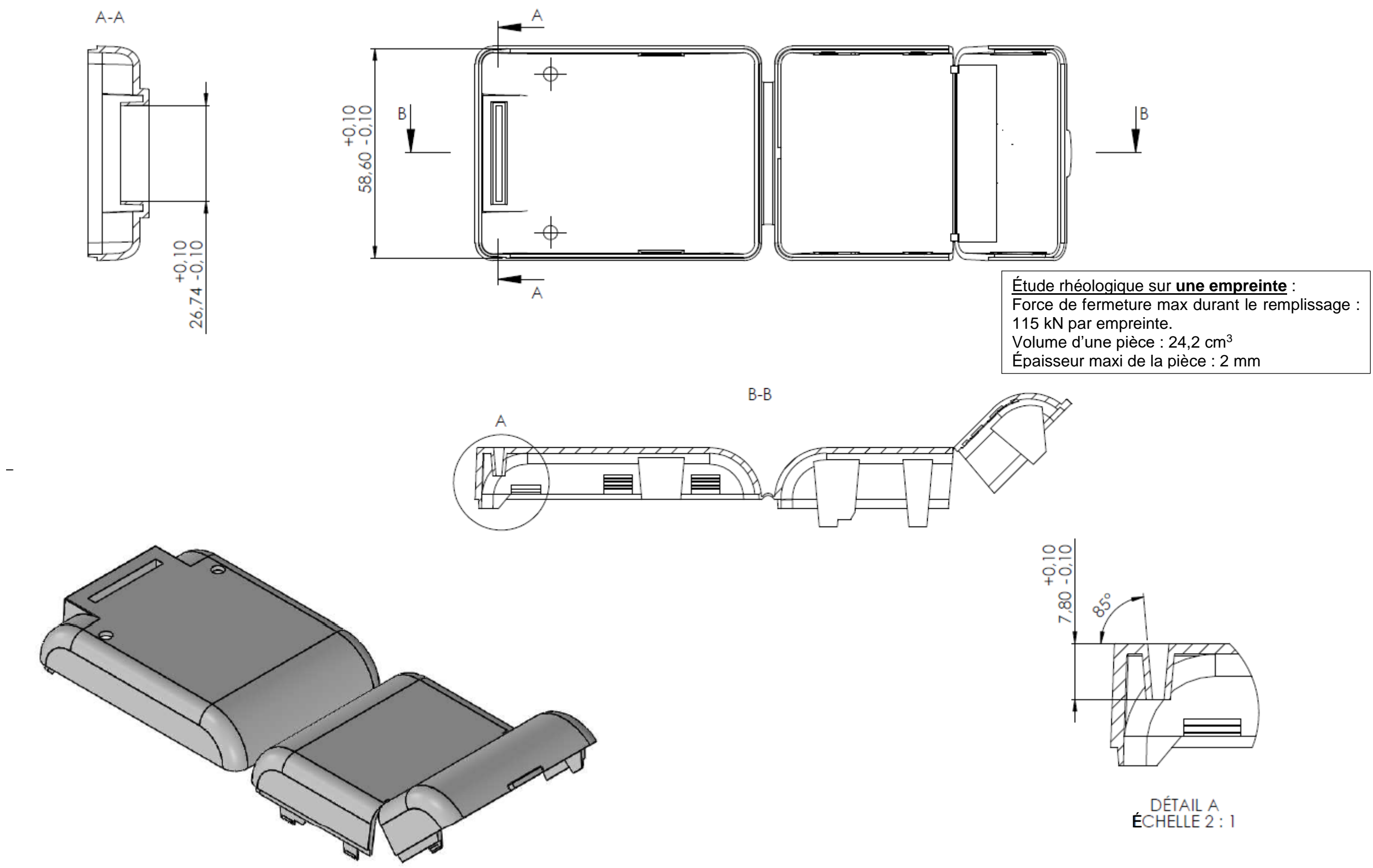
L'outillage est en aluminium régulé.

Moule une empreinte.

Épaisseurs en mm des feuilles à thermoformer disponibles	1	1,5	2	3	4	5
Dimensions en mm d'une feuille à thermoformer	250 x 450					
Dimensions utiles en mm	200 x 400					



Partiellement coté



# DOSSIER TECHNIQUE

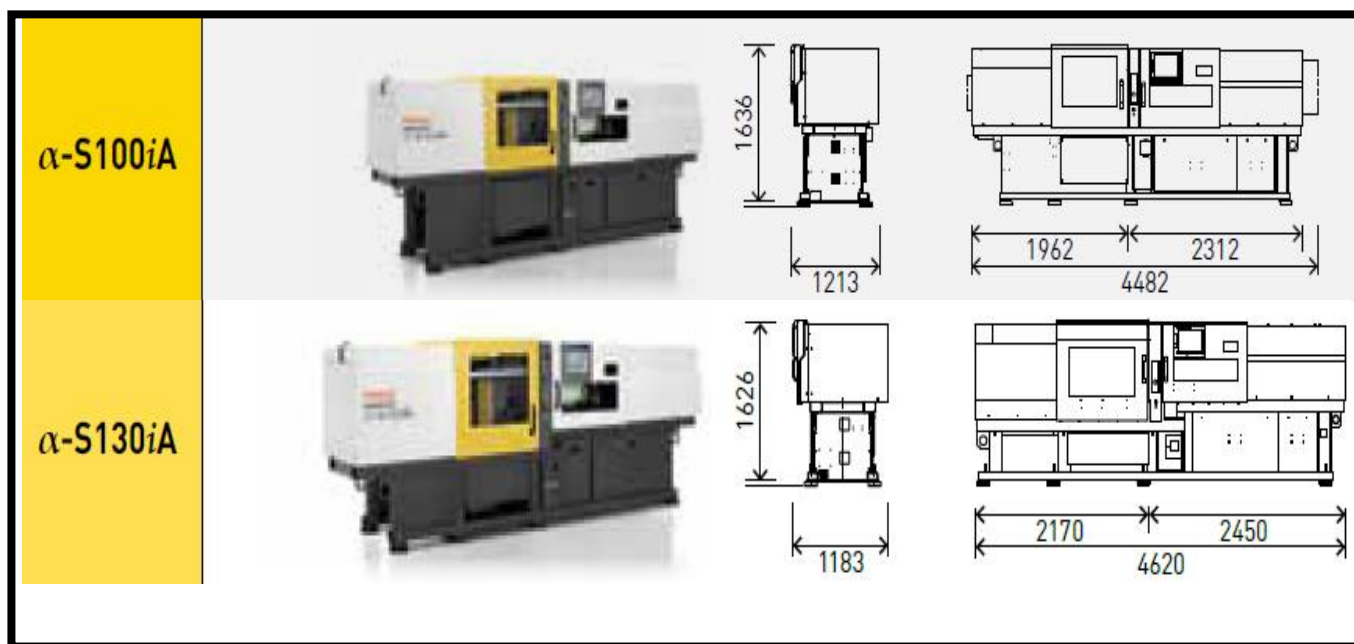
## DT9 : fiches matières des différentes références de PP

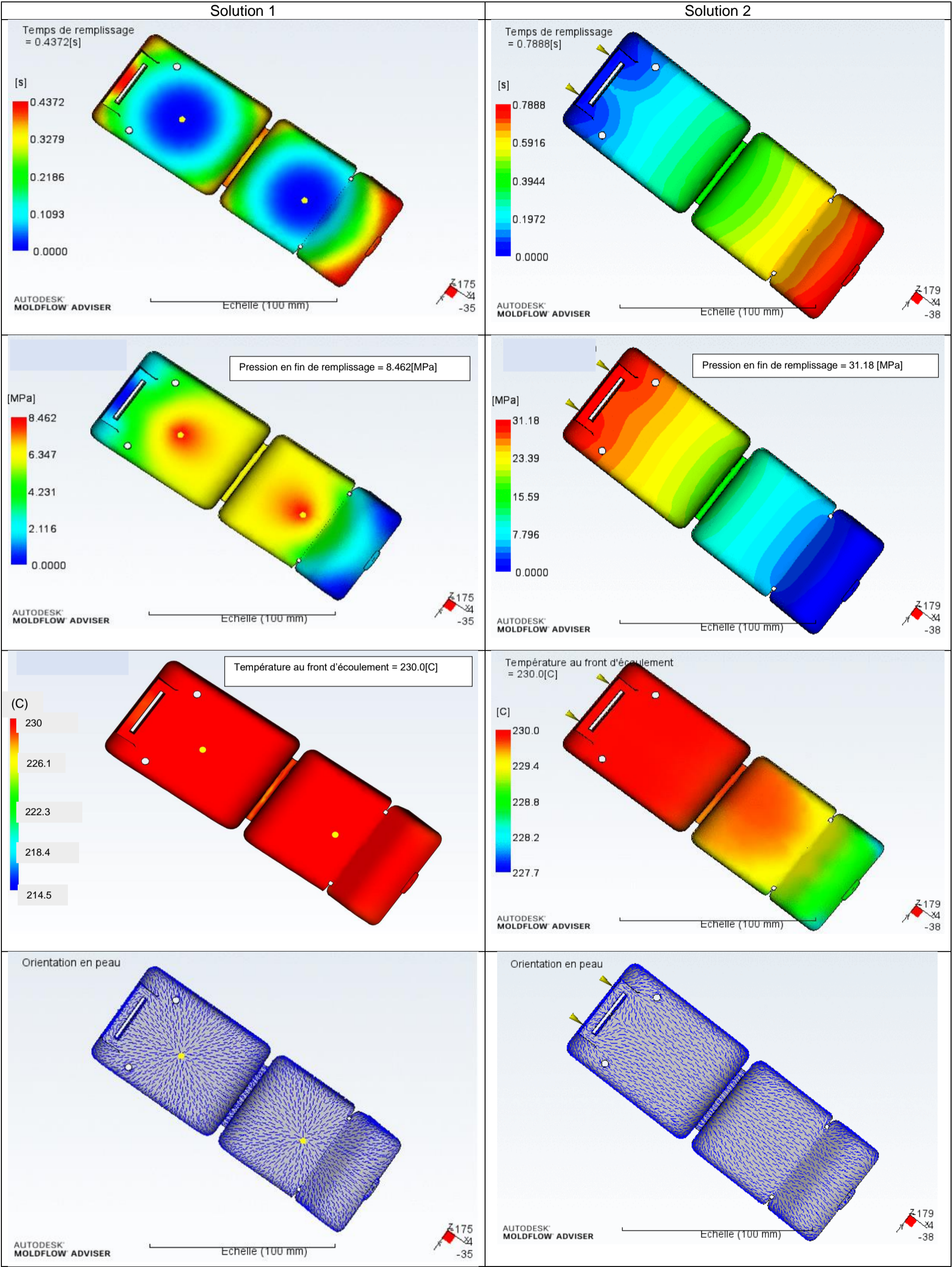
	Typical values			Units	Test methods
Physical	SABIC 575P	SABIC 571P	SABIC 7693		
Density	905	905	1 010	$kg.m^{-3}$	ISO 1183
Mould shrinkage	1	1	0,8	%	ISO 294-4
Thermal	Typical values			Units	Test methods
Melt temperature	160 à 172	162 à 174	163 à 173	$^{\circ}C$	ISO 11357-3
Glass transition temperature	-10	-10	-16	$^{\circ}C$	Internal method
Thermal conductivity	0,23	0,23	0,22	$W.m^{-1}.K^{-1}$	DIN 52612
Specific heat capacity	1 670	1 670	1 680	$J.kg^{-1}.K^{-1}$	Internal method
Mecanical	Typical values			Units	Test methods
Tensile modulus	1 000	1 000	1 250	Mpa	ISO 527/1A
Yield stress	36	37	22	Mpa	ISO 527/1A
Broken stress	20	20	16	Mpa	ISO 527/1A
Broken strain	155	160	150	%	ISO 527/1A
Rheological	Typical values			Units	Internal method
Shear rate max	100 000	100 000	100 000	$s^{-1}$	
MFR (230°C/ 2,16 kg)	10,5	5,7	30	$g/10min$	ISO 1133
Injection moulding	Typical values			Units	Internal method
Injection pressure	1 000	1 000	1 000	bar	
Injection temperature	245	245	245	$^{\circ}C$	
Ejection temperature	75	75	85	$^{\circ}C$	ISO 306
Mould temperature	30	30	30	$^{\circ}C$	
Others					
Charge	-	-	Talc		
Price	1,20	1,20	1,50	€/kg	

# DOSSIER TECHNIQUE

## DT10 : parc machines FANUC

Presses référence constructeur	α-S100iA		α-S130iA	
Unité de fermeture				
Force de verrouillage (kN)	1 250		1 800	
Passage entre colonne (mm)	460 x 410		560 x 510	
Course d'ouverture maximale (mm)	350		440	
Diamètre bague de centrage (mm)	125		160	
Course d'éjection (mm)	100		150	
Unité d'injection				
Diamètre de la vis (mm)	36	40	32	44
Volume injectable maximal (cm³)	147	181	121	268
Pression d'injection maximale (MPa)	190	160	280	220
Vitesse de rotation de vis maximale (tr.min <sup>-1</sup> )	330		300	
Taux horaire (€ /.h)	30		35	





# DOSSIER TECHNIQUE

## DT12 : données économiques de la boîte de rangement nouvelle version

Objectif : 100 000 pièces / an pendant 5 ans

Main d'œuvre :
Coût horaire main d'œuvre : 20 €/h
Décarottage automatique pour l'alimentation avec déchet (périphérique : trieur pièces)
Machine :
Coût horaire machine : 30 €/h

Production avec déchet
Temps de cycle = 35 secondes (4 empreintes) avec le moule à alimentation avec déchet
Matière :
Pièce : 24,48 g (pour une empreinte)
Canal d'alimentation carotte froide : 22 g par moulée
Coût matière : 1,50 €/kg

Production sans déchet
Temps de cycle = 22 secondes (4 empreintes) avec le moule à canaux chauds
Matière :
Pièce : 24,48 g (pour une empreinte)
Canal d'alimentation canaux chauds : 10 g (mini carotte par moulée, non recyclée)
Coût matière : 1,50 €/kg
Optimisation du temps de l'éjection et de l'ouverture et fermeture de la boîte par rapport à la version alimentation avec déchets : gain 13 secondes

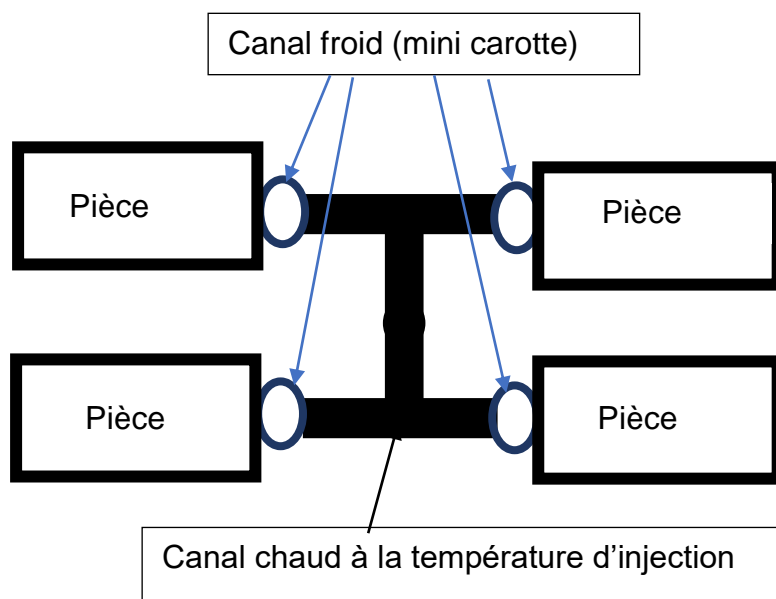
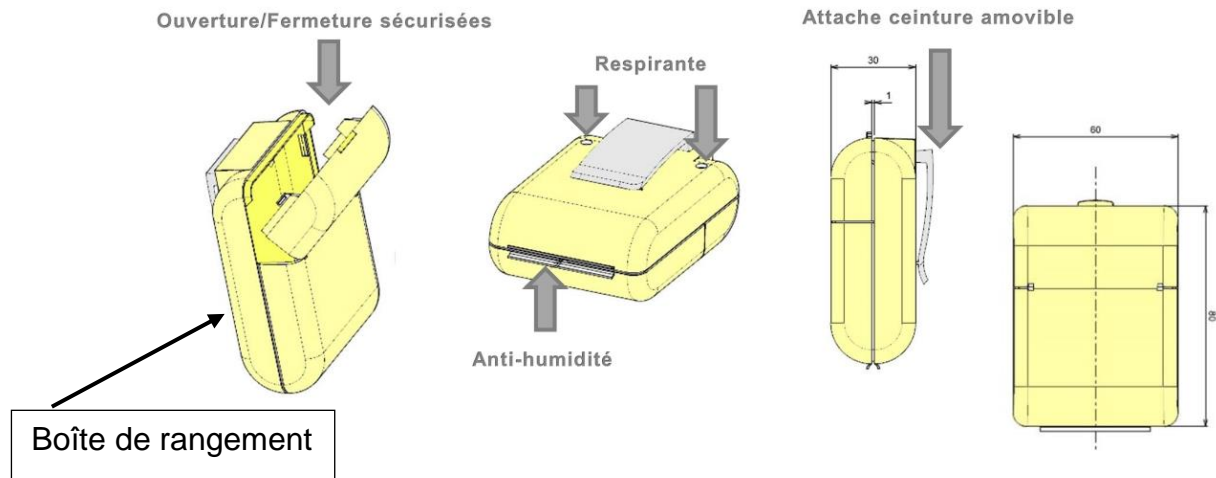


Schéma d'exemple

# DOSSIER QUESTIONNEMENT

## Dossier questionnement

L'attache ceinture moulée sur la boîte actuelle entraîne par sa fragilité de nombreux retours clients, et par sa complexité de moulage des coûts de maintenance importants sur l'outillage. Pour remédier à ces défauts, le bureau d'études envisage d'étudier une nouvelle boîte de conditionnement avec attache ceinture amovible (par clipsage). Une nouvelle matière est envisagée.



Cette nouvelle version impliquerait deux nouveaux outillages, un pour l'attache ceinture et un pour la boîte de rangement nouvelle version.

La société prévoit d'augmenter ses ventes grâce à ce nouveau design et de produire 100 000 pièces par an au lieu de 75 000 actuellement.

Vous devez réaliser et analyser les nouveaux choix technologiques proposés et valider le changement.

### Étude 1 : choix matière + étude de la moulabilité sur la boîte de rangement première version

**Une étude de retro ingénierie est réalisée sur la boîte de rangement première version afin de valider la possibilité de changer de matière et de mettre en évidence les problèmes de démoulage liés à l'outillage**

#### 1.1 Analyser et déterminer la référence de la nouvelle matière.

Répondre sur le document **DR1**

A partir de l'étude rhéologique du document **DT2**, choisissez la référence du polypropylène répondant au mieux au cahier des charges produit du document **DT1 (FC4)**. Vous ferez attention à minimiser les contraintes lors du remplissage et le temps de remplissage.

Analyser les 3 solutions. Vous complétez le tableau du **DR1** en prenant en compte les critères de l'étude et la fonction **FC4**.

#### 1.2 Analyser la structure de l'outillage pour l'injection plastique

1.2.1 Indiquer sur le document réponse **DR2** :

- La direction de démoulage principale (DDP) sur la coupe A-A, la (ou les) direction(s) de démoulage auxiliaire(s) (DDA) sur les détails A et B et les traces éjecteurs par le symbole normalisé sur la vue de face.
- La ligne de joint externe (en rouge) sur la vue de face, la (ou les) ligne(s) de joint interne (en bleu) sur la coupe B-B, la (ou les) ligne(s) de joint auxiliaire (en vert) sur les détails A, B, E et F.

1.2.2 Préciser sur le document **DR2**, comment sont réalisées les contre-dépouilles identifiées sur les détails A et B.

#### 1.3 Conclusion (Répondre sur feuille de copie)

Conclure sur l'intérêt de la nouvelle étude.

BTS EuroPlastics et Composites (EPC)	SESSION 2022	
E4 : Conception préliminaire	Code : 22EP4RACP	Page 19 sur 38

# Dossier questionnement

## Étude 2 : création de la section du clip en fonction des contraintes sur l'attache ceinture

### 2.1 Validation du module de traction

Afin de contrôler le module de YOUNG du polypropylène choisi et de valider la fonction **FC2** du document **DT1** (Il doit être supérieur ou égal à 1 200 MPa), un essai de traction a été réalisé.

2.1.1 Tracer sur la courbe fournie sur le document **DR3**, la zone d'évaluation du module de traction.

2.1.2 À partir de la courbe de traction fournie sur le document **DR3**, estimer le module de traction.

2.1.3 Valider le choix matière sur le **DR3**, par rapport à la valeur limite du module de traction et la matière retenue précédemment.

Selon les données techniques du document **DT3**, trois nouvelles versions sont proposées pour la mise en place du clipsage sur l'accroche ceinture.

### 2.2 Modification de la section du clip en fonction des contraintes et des déformations

Répondre sur le document **DR4**

Le module de traction retenu pour les calculs est de 1 250 MPa et la contrainte maximale admissible est de 22 MPa.

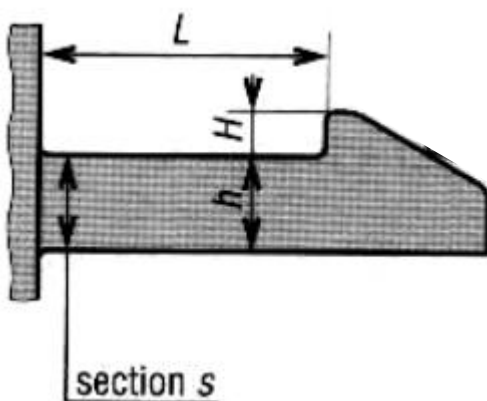
2.2.1 Calculer pour la section S2, la contrainte normale maximale due à la flexion.

La flèche maximale du clip ne doit pas excéder 1 mm pour éviter les risques de décrochage de l'accroche ceinture de la boîte de rangement nouvelle version.

2.2.2 Calculer pour la section S2, la flèche maximale.

2.2.3 Choisir la section la plus adaptée au clipsage sur l'accroche ceinture.

### 2.3 Représentation d'un clip en position



Dessiner deux clips en position dans la zone de détail prévu sur le document **DR4** en cohérence avec votre conclusion de la partie 2.2 et le document **DT8**, en vous inspirant du modèle ci-joint.

L'accroche ceinture ne doit pas comporter de contre-dépouille.

# Dossier questionnement

## Étude 3 : étude de la boîte de rangement nouvelle version

En prévision de la forte augmentation de la demande, la société souhaite mener une étude de rentabilité sur son process. Elle voudrait comparer l'industrialisation de la boîte de rangement nouvelle version avec un moule 4 empreintes en canaux chauds et une version canaux froids.

### 3.1 Étude rhéologique choix position point d'injection

Selon les données techniques des documents **DT1** et **DT11**, répondre sur le document **DR5**

3.1.1 Pour chacune des 2 simulations rhéologiques, représenter sur chaque vue les positions des lignes de soudure de la matière dans la pièce.

3.1.2 Analyser les 2 solutions retenues d'un point de vue rhéologique et mécanique au niveau de la charnière du document **DT1 (FC4)**.

3.1.3 Quelle solution retenir afin de respecter la fonction FC4 ? Conclure

### 3.2 Étude économique de l'outillage de boîte de rangement nouvelle version.

Répondre sur feuille de copie.

La matière retenue pour cette étude est le PP SABIC 7693 du document **DT9**.

Dans les solutions envisagées, le bureau d'études propose une solution d'injection à canaux chauds. On vous demande de calculer le seuil de rentabilité de cette technologie et de choisir la solution la plus rentable.

L'outilleur prévoit un coût de 92 000 € pour le moule à canaux chauds contre 80 000 € pour un moule à carotte froide (avec déchet).

3.2.1 Détermination du temps de refroidissement.

Afin d'estimer le temps de cycle pour la boîte de rangement nouvelle version avec un moule à canaux chauds, on vous demande d'estimer le temps de refroidissement.

À l'aide des documents **DT8** et **DT9**, calculer la diffusivité thermique  $\alpha$  de la matière en  $m^2.s^{-1}$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \times c}$$

Calculer le temps de refroidissement  $T_k$  (en s)

$$T_k = \frac{e^2}{\alpha \times 10^6 \times \pi^2} \ln \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{\theta_{inj} - \theta_{moule}}{\theta_{dem} - \theta_{moule}} \right)$$

Avec

$\alpha$  : diffusivité thermique en  $m^2.s^{-1}$

$\lambda$  : Conductivité thermique (thermal conductivity) de la matière en  $W.m^{-1}.K^{-1}$

$\rho$  : masse volumique (density) de la matière en  $kg.m^{-3}$

$c$  : chaleur spécifique (specific heat capacity) de la matière en  $J.kg^{-1}.K^{-1}$

$e$  : épaisseur en mm

$\theta_{inj}$  : température matière en °C

$\theta_{moule}$  : température moule en °C

$\theta_{dem}$  : température de la matière au moment de l'éjection

BTS EuroPlastics et Composites (EPC)	SESSION 2022	
E4 : Conception préliminaire	Code : 22EP4RACP	Page 21 sur 38

## Dossier questionnement

3.2.2 Donner une estimation du temps de cycle, sachant que l'on estime que le temps de cycle à vide de la presse (Le cycle à vide comprend la fermeture du moule, l'avance du ponton, l'ouverture du moule, le recul du ponton, l'ouverture et fermeture de la boîte et l'éjection) et le temps d'injection sont de 17 s au total.

3.2.3 À partir des données économiques du document **DT12**, calculer sur feuille de copie, pour la solution « canaux chauds », les différents coûts (matière, mains d'œuvre et machine) arrondis à 1 € près, les reporter dans le tableau sur le document **DR6**.  
En déduire le coût total pour la production de 500 000 pièces en 5 ans.

3.2.4 Sur le graphique du document **DR6**, tracer la courbe du coût total de production en fonction du nombre de pièces pour la solution « canaux chauds ».

3.2.5 Estimer graphiquement le seuil de rentabilité pour la solution « canaux chauds ».  
Quelle est la solution la plus rentable pour le volume de production prévu sur 5 ans ?

### Étude 4 : changement de matière pour le blister

La société AUDITECH Innovations souhaiterait standardiser ses matières et réduire le coût de celui-ci. Elle envisage pour cela de remplacer le PVC par du PETG.

#### 4.1 Choix de la matière pour le blister

4.1.1 Sachant que la déformation maximale acceptable par le blister en PETG est de 0,4 mm pour un effort de 5 N, on vous demande sur le document **DR7** de déterminer l'épaisseur de la feuille à thermoformer à partir des données techniques des documents **DT6**.

4.1.2 On souhaite que sur les critères suivants :

- Transparence (light transmission) ;
- Ductilité (elongation at break) ;
- Résilience (notched impact strenght).

Le PETG ait des caractéristiques égales ou supérieures au PVC

Comparer les caractéristiques à l'aide du document **DT5**

Conclure sur feuille de copie

#### 4.2 Étude du thermoformage

*L'épaisseur de la plaque à thermoformer retenue pour les calculs est de 1,5 mm.*

4.2.1 À partir des données techniques des documents **DT4**, **DT6** et **DT7**, calculer, sur feuille de copie, le temps de chauffe nécessaire pour réaliser le blister en PETG.

4.2.2 À partir des données techniques des documents **DT4**, **DT6** et **DT7**, calculer sur feuille de copie, le temps de cycle pour réaliser le blister en PETG.

4.3 Conclure sur le document **DR7** sur la faisabilité économique en prenant en compte le coût pièce, le temps de chauffe et le temps de cycle.

## Étude 5 : industrialisation de la boîte de conditionnement nouvelle version

**La matière retenue pour cette étude est le PP SABIC 7693 du document DT9.**

Rappel : En raison de la forte augmentation de la demande, la société souhaite mener une étude de rentabilité sur son process. Elle voudrait analyser l'industrialisation de la boîte de conditionnement nouvelle version avec un moule 4 empreintes en canaux chauds.

### 5.1 Choisir la presse à injecter pouvant réaliser la boîte de conditionnement nouvelle version

À l'aide des documents **DT8**, **DT10** on vous demande d'effectuer le choix de la presse à injecter :

En fonction des critères suivants :

- **la force de verrouillage** : vous appliquerez un coefficient de 2 sur la valeur de l'étude rhéologique pour le calcul de la force de verrouillage ;
- **le volume injectable** : l'alimentation (mini carotte) représente 5 % du volume de la moulée et le coefficient de rétractation de la matière est de 0,8 ;
- **le coût de fonctionnement.**

Vous indiquerez la presse à injecter choisie ainsi que le diamètre de vis, sachant que le volume injectable doit être compris entre 20 % et 80 % du volume injectable maximal de la presse à injecter.

### 5.2 Surveillance du process de fabrication

Sur l'ancienne version de la boîte de conditionnement, des difficultés d'emmanchement apparaissaient à certains contrôles : le serrage est trop important. Les cotes de l'empreinte ne sont pas mises en cause, ce défaut est imputable à une variabilité de la presse à injecter.

Afin de fixer des tolérances sur les paramètres mesurés du process, il est nécessaire d'établir une corrélation entre les variations de ces paramètres et les dimensions de la boîte ; un plan d'expériences est établi à partir du réglage optimum.

Les facteurs de variation sont les paramètres du process obtenus dans des conditions extrêmes et réelles de production (démarrage de fabrication, dérèglage accidentel, coupure de régulation de l'outillage, surchauffe ou stagnation de la matière dans le cylindre de plastification, ...).

La réponse du plan d'expériences est la dimension fonctionnelle  $58,6^{\pm 0.1}$  (document **DT8**) de la boîte de conditionnement mesurée 48 h après moulage.

Parmi les paramètres contrôlables du process, nous avons sélectionné cinq facteurs :

- Température buse ;
- Pression de maintien ;
- Point de commutation ;
- Vitesse d'injection ;
- Température régulation outillage.

# Dossier questionnement

Les valeurs extrêmes de ces paramètres représentent les modalités du plan d'expériences :

Température buse	
Niveau 1	230°C
Niveau 2	250°C

Pression de maintien	
Niveau 1	300 bars
Niveau 2	500 bars

Température moule	
Niveau 1	25°C
Niveau 2	35°C

Point de commutation	
Niveau 1	5 mm
Niveau 2	8 mm

Vitesse d'injection	
Niveau 1	70 mm/s
Niveau 2	85 mm/s

## Résultats du plan d'expériences :

Modèle appliqué	Résultats modélisés
[Y]=moyenne + facteur A [effet au niv 1 ; effet au niv 2] + facteur B [effet au niv 1 ; effet au niv 2] + .... <b>Les interactions ne sont pas étudiées.</b>	[Y] = 58,615 + température buse [-0,04 ; + 0,04] + pression de maintien [-0,09 ; +0,09] + point de commutation [+0,05 ; -0,05] + vitesse d'injection [+0,02 ; -0,02] + température moule [+0,08 ; -0,08]

Répondre sur le document **DR8**

5.2.1 D'après la modélisation des résultats du plan d'expériences, quels sont les paramètres provoquant le plus d'évolution de la cote ?

5.2.2 À partir des résultats du plan d'expériences, préciser à l'aide du tableau fourni sur le document **DR8**, l'influence de chaque paramètre sur la cote de 58,6.

5.2.3 Pour des raisons économiques, le point de commutation sera fixé à 5 mm et la température de la buse à 230°C.

Afin d'assurer la conformité du produit (respect cote  $58,6 \pm 0,1$ ), et à partir des résultats du plan d'expériences, définir le niveau de chaque paramètre. Justifier votre réponse.

5.2.4 Quelle(s) solution(s) technique(s) (outillage, réglage, méthodologie...) mettre en œuvre pour assurer une meilleure fiabilité de ce paramètre ? Justifier votre réponse.

# Dossier questionnement

## Étude 6 : étude au choix pour les options POP ou CO

\*\*\*\*\* **ATTENTION** \*\*\*\*\*

- Dans cette étude, on vous demande de traiter soit la question 6.1, soit la question 6.2.
- La question 6.1 est plus orientée option POP et la question 6.2 option CO.
- Mais quelle que soit votre option vous pouvez traiter la question de votre choix.

### Partie 6.1 : planification de la production

Afin de rendre plus souple la distribution de l'AUDIPACK dans son réseau en fonction des ventes, le client souhaite que la livraison soit échelonnée de façon équilibrée chaque mois, à raison d'une livraison hebdomadaire au plus tard.

**Données de production** : (Document présentation produit page 4).

Rappel : L'objectif est de vérifier si le projet d'augmentation de production à 100 000 pièces à l'année est rentable sur 5 ans.

Les pièces Rep 1 et Rep 2 sont moulées sur la même presse qui n'est utilisée que pour ce produit.

Opération	Composant	Nb d'empreinte. moule	Temps Changement outillage	Temps cycle	Rebuts maxi en %
Moulage (injection)	Rep 1	4	45 min	10 s	0,5
Moulage (injection)	Rep 2	1+1	30 min	10 s	0,3
Thermoformage	Rep 7	2	35 min	40 s	0,4
Marquage	Rep 1			360 pièces / heure	0,6
Conditionnement	Ensemble			32 s	0
Expédition	Ensemble				0

Délai de livraison : 24 h.

Expédition : chaque vendredi à 16 h.

Démarrage production moulage, thermoformage, marquage : 1 h chaque jour.

Changement de production moulage : 2 h.

### Planification mensuelle :

L'atelier moulage travaille 5 jours par semaine en 2 x 7h.

Horaires : de 7 h à 21 h du lundi au vendredi.

L'atelier de conditionnement et de marquage travaille 35 h par semaine de 8 h à 12 h et de 13 h à 16 h.

Nombre de mois de production : 10 à l'année

### Répondre sur le document DR9

6.1 Calculer le temps de production (arrondir à l'heure près) de la pièce Rep 2.

Compléter le Gantt de planification pour la production de l'ensemble AUDIPACK de façon journalière en y incluant la fabrication des pièces Rep 1 et Rep 2. Celles-ci se faisant au plus tôt.

BTS EuroPlastics et Composites (EPC)	SESSION 2022	
E4 : Conception préliminaire	Code : 22EP4RACP	Page 25 sur 38

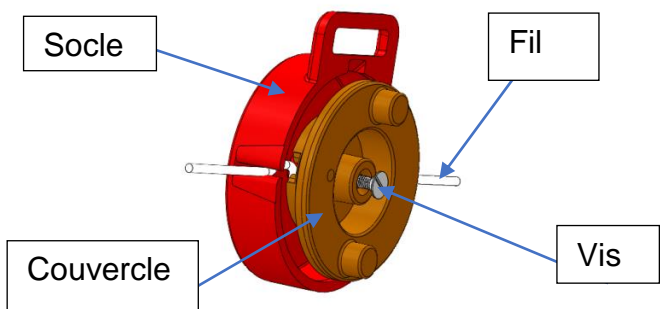
# Dossier questionnement

## Partie 6.2 : proposition d'assemblage des deux parties de l'enrouleur de cordon

Les adaptateurs moulés sur mesure sont livrés avec un enrouleur cordon spécialement étudié pour le confort et surtout la sécurité d'utilisation.

### Fonctions de service :

- FP1 : Enrouler manuellement le cordon
- FC1 : Régler la longueur du cordon EPI
- FC2 : Pas de risque de happement de l'EPI par un objet en mouvement.
- FC3 : Mise à disposition rapide de l'EPI en tirant sur les cordons.
- FC4 : Recevoir une attache pince vêtement
- FC5 : Plaire à l'utilisateur
- FC6 : Être préhensible par l'utilisateur

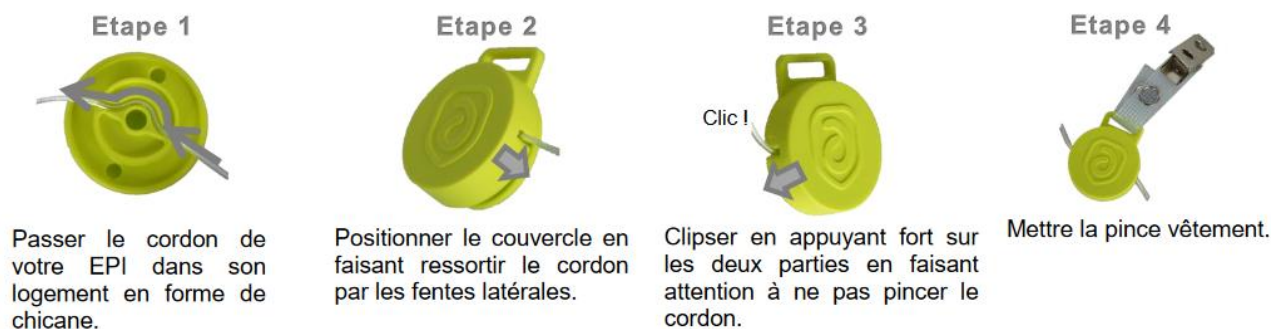


Selon les instructions fournies, on vous demande de trouver une solution de clipsage entre les deux parties, tout en maintenant les fonctions de service.

Actuellement, les deux parties de l'enrouleur sont maintenues par une vis.

À la suite d'une demande client afin de réduire le coût pièce, le BE doit étudier une faisabilité de clipsage entre le socle et le couvercle.

Nouvelle instruction d'assemblage à la livraison :



La masse de la moulée de ce nouvel enrouleur est de 2,96 g ; le temps de cycle est de 10 secondes.

6.2. Adapter votre solution de modification du socle en fonction du couvercle modifié sur le document **DR10**.

Compléter le détail B du dessin de définition en respectant les règles de conception des pièces plastiques et les surfaces fonctionnelles.

Définir l'architecture de l'outillage sur le détail B du DR10, en respectant le code couleur pour la pièce, la partie fixe et la partie mobile du moule.

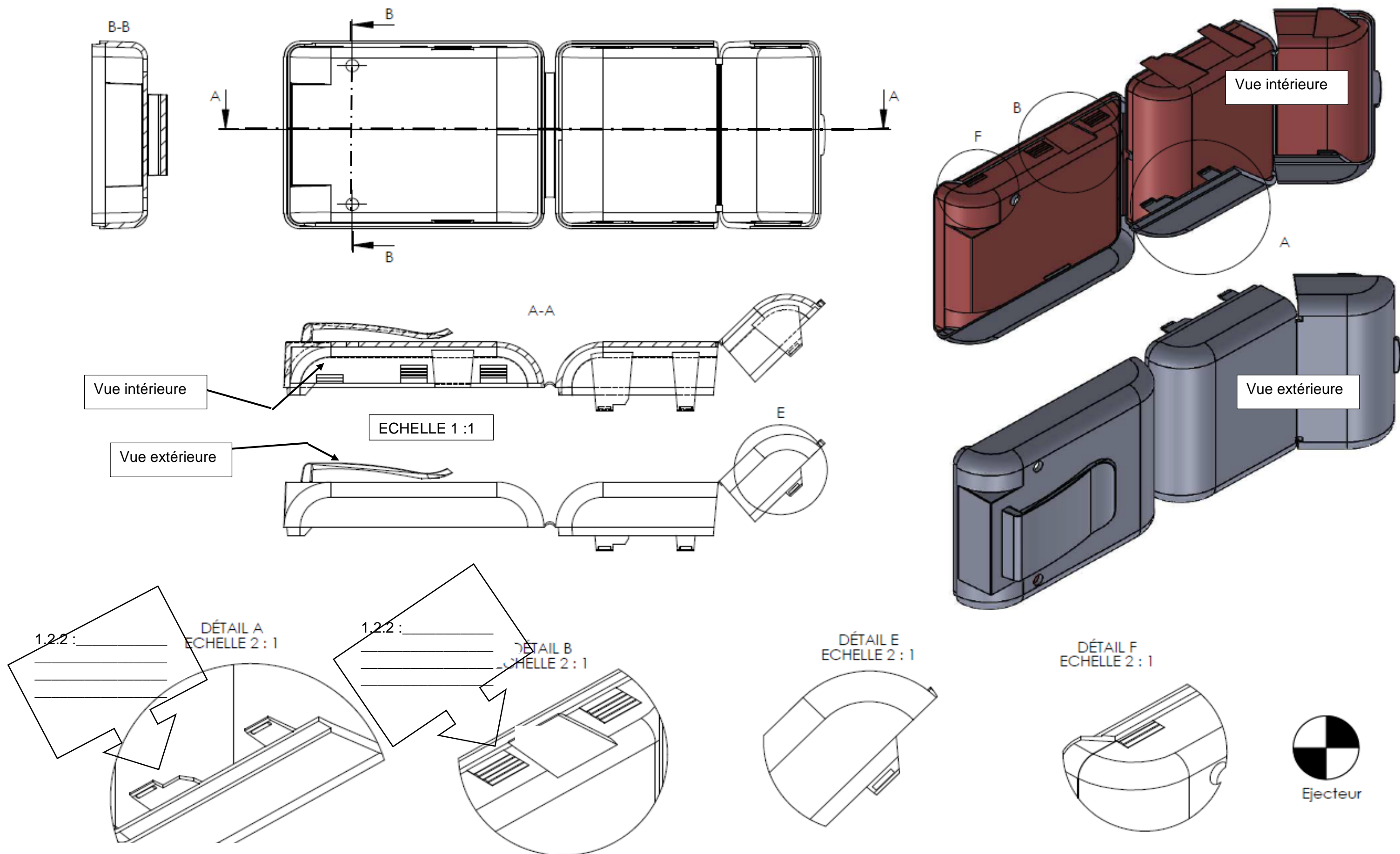
# DOCUMENTS RÉPONSES

## Documents réponses DR à rendre avec la copie

### DR1 : analyse et choix de la nouvelle matière

MATIÈRE	PP SABIC 7693	PP SABIC 575P	PP SABIC 571P
TEMPS DE REMPLISSAGE			
PRESSION D'INJECTION A LA FIN DU REMPLISSAGE			
PRÉVISION DE LA QUALITÉ FONCTION FC4			

Matière retenue : \_\_\_\_\_



## Documents réponses DR à rendre avec la copie

### DR3 : calcul du module d'Young

Estimation du module d'élasticité (module de traction) défini par la formule suivante :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

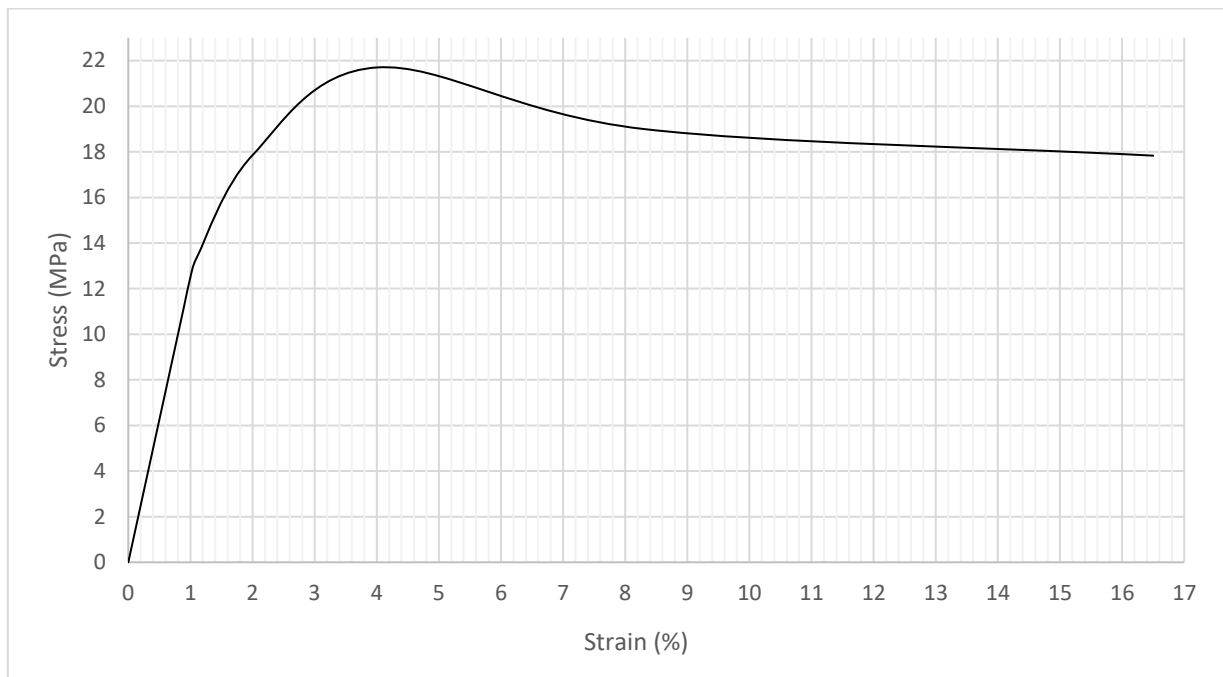
Où

$E$  : le module d'élasticité en traction, exprimé en MPa.

$\sigma$  : la contrainte, en MPa, mesurée sur la partie correspondant à la zone élastique de la courbe.

$\varepsilon$  : la déformation correspondant à la contrainte précédente, pour rappel  $\varepsilon = \frac{\varepsilon\%}{100}$

2.1.1 Tracer sur la courbe la zone d'évaluation du module de traction.



2.1.2 À partir de la courbe de traction fournie, estimer le module de traction.

Réponse :

2.1.3 Conclure par rapport à la valeur limite du module de traction en précisant la matière retenue du document **DT9**.

## Documents réponses DR à rendre avec la copie

### DR4 : représentation d'un clip en position

#### 2.2 Modification de la section du clip en fonction des contraintes et des déformations

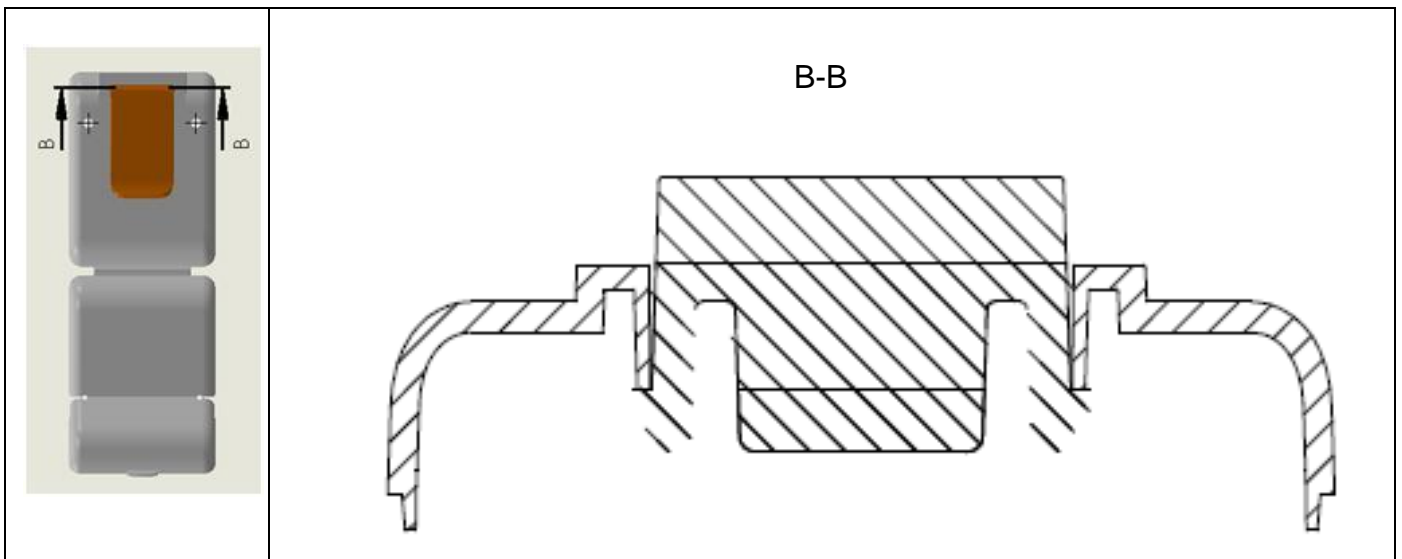
2.2.1 Calculer pour la section S2, la contrainte normale maximale due à la flexion.

2.2.2 Calculer pour la section S2, la flèche maximale.

2.2.3 Choisir la section la plus adaptée au clipsage sur l'accroche ceinture.

#### 2.3 Représentation d'un clip en position

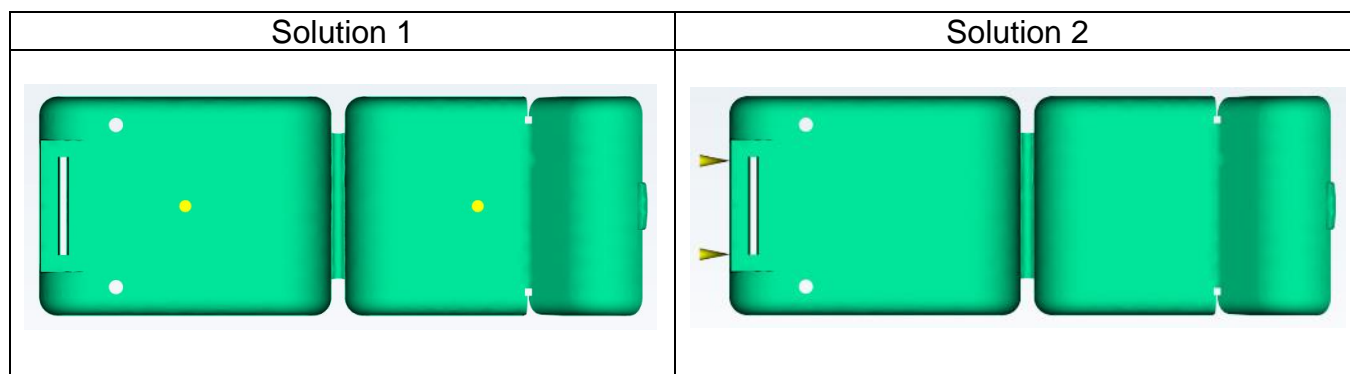
Dessiner les 2 clips en position dans la zone de détail prévu en cohérence avec votre conclusion de la partie 2.2



## Documents réponses à rendre avec la copie

### DR5 : étude rhéologique de la boîte de rangement nouvelle version

3.1.1 Pour chacune des 2 simulations rhéologiques, représenter sur chaque vue les positions des lignes de soudure de la matière dans la pièce.



3.1.2 Analyser les 2 solutions retenues d'un point de vue rhéologique et mécanique en respectant la fonction **FC3** du document **DT1**.

MATIÈRE	SOLUTION 1	SOLUTION 2
TEMPS DE REMPLISSAGE		
PRESSIION D'INJECTION À LA FIN DU REMPLISSAGE		
TEMPÉRATURE AU FRONT D'ÉCOULEMENT		
FONCTION FC4		

3.1.3 Quelle solution retenir ? Conclure.

## Documents réponses à rendre avec la copie

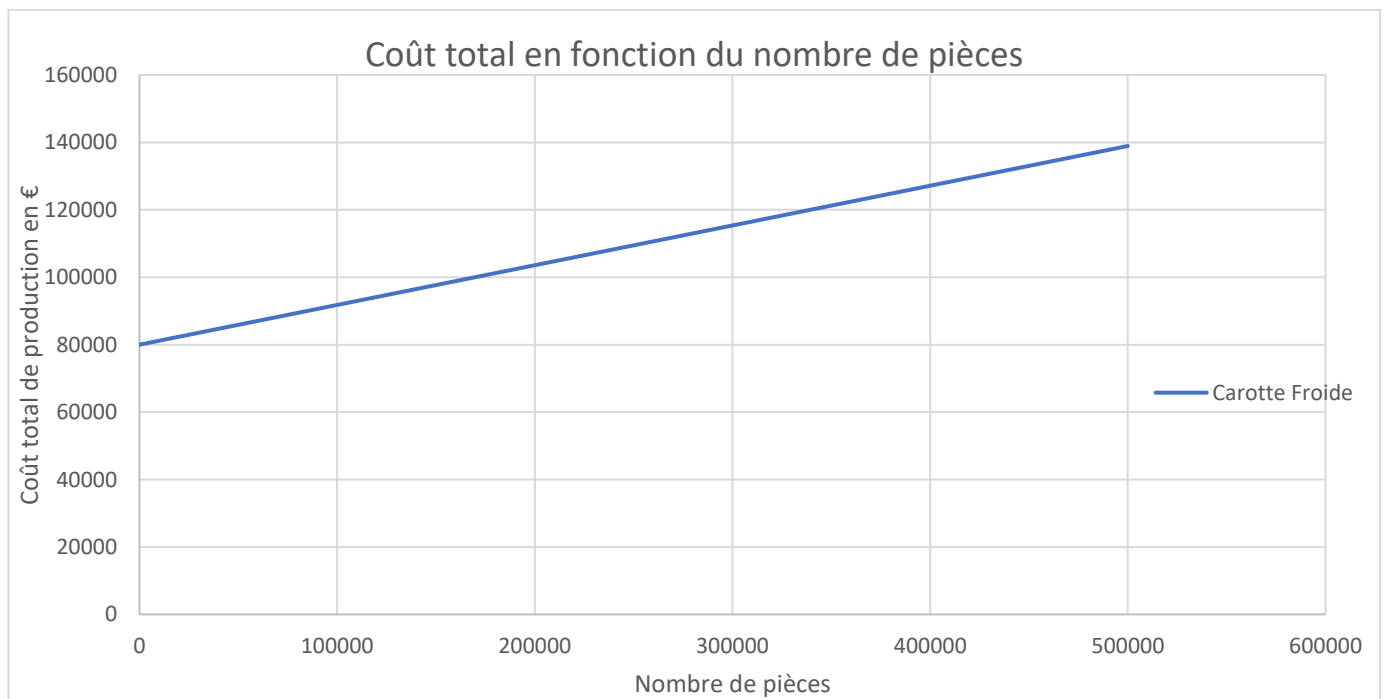
### DR6 : calcul de coûts des deux solutions de moulage pour la boîte de rangement nouvelle version

3.2.3 À partir des données économiques DT12, calculer sur feuille de copie, pour la solution « canaux chauds », les différents coûts (matière, mains d'œuvre et machine) arrondis à 1 € près, les reporter dans le tableau.

En déduire le coût total pour la production de 500 000 pièces en 5 ans.

Coûts	Avec déchet	Canaux chauds
<b>Coûts fixes</b>		
Moule	80 000 €	92 000 €
Total coût fixe (investi dès la 1ère pièce)	80 000 €	92 000 €
<b>Coûts variables pour 500 000 pièces</b>		
Matière	22 485 €	
Main d'œuvre	0 €	
Machine	36 459 €	
Total coûts variables	58 944 €	
Total pour 500 000 pièces	138 944 €	

3.2.4 Sur le graphique, tracer la courbe du coût total de production en fonction du nombre de pièces pour la solution « canaux chauds ».



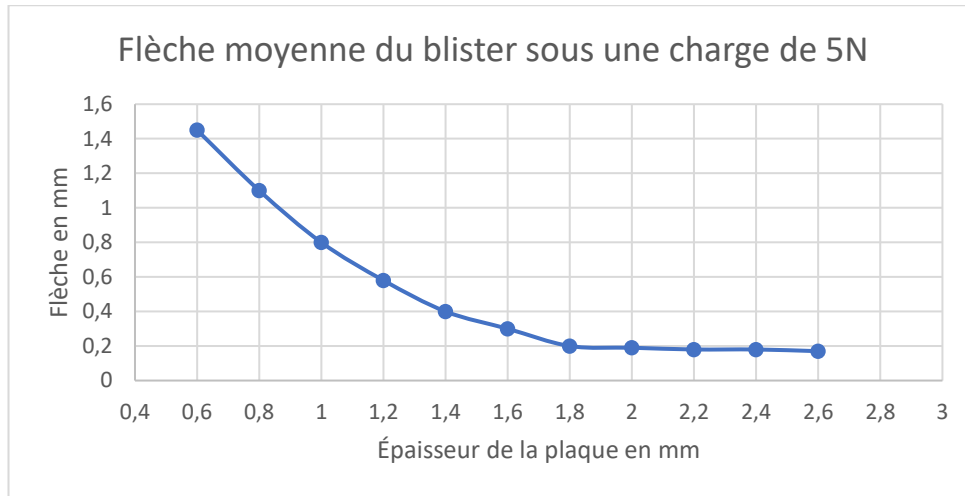
3.2.5 Estimer graphiquement le seuil de rentabilité pour la solution « canaux chauds ».

Donner la solution la plus rentable pour le volume de production prévu sur 5 ans ?

## Documents réponses à rendre avec la copie

### DR7 : changement de matière pour le blister

4.1.1 Sachant que la déformation maximale acceptable par le blister en PETG est de 0,4 mm pour un effort de 5 N, on vous demande de déterminer l'épaisseur de la plaque à thermoformer.



Épaisseur minimale de la feuille retenue selon les disponibilités :

4.3 Conclure sur la faisabilité économique en prenant en compte le coût pièce (tableau ci-dessous), le temps de chauffe et le temps de cycle.

	Coût horaire	PVC	PETG
Volume de la plaque en m <sup>3</sup>		0,000225	0,00016875
Prix en €/m <sup>3</sup>		1 880	2 995
Coût matière en €		0,21	0,51
Temps de cycle en s	20	49	38,8
Coût thermoformeuse en €/h			
Coût machine		0,27	0,22
Coût détourage		0,14	0,14
Coût pièce		0,62	0,87

## Documents réponses à rendre avec la copie

### DR8 : surveillance du process lié à la fabrication de la boîte de conditionnement

5.2.1 D'après la modélisation des résultats du plan d'expérience, quels sont les paramètres du process provoquant le plus d'évolution de la cote ?

5.2.2 À partir des résultats du plan d'expériences, préciser à l'aide du tableau l'influence de chaque paramètre sur la cote de 58,6. Justifier votre réponse.

Paramètres	Niveau du paramètre	Sens de variation de la cote
Température buse	Niveau 1	
	Niveau 2	
Pression de maintien	Niveau 1	
	Niveau 2	
Point de commutation	Niveau 1	
	Niveau 2	
Vitesse d'injection	Niveau 1	
	Niveau 2	
Température moule	Niveau 1	
	Niveau 2	

5.2.3 Afin d'assurer la conformité du produit (respect cote  $58,6^{\pm 0.1}$ ), et à partir des résultats du plan d'expériences, définir le niveau de chaque paramètre contrôlé du process. Pour des raisons économiques, le point de commutation sera fixé à 5 mm et la température de la buse à 230° C. Justifier votre réponse.

5.2.4 Quelle(s) solution(s) technique(s) mettre en œuvre pour assurer une meilleure fiabilité de ce paramètre ?

6.1. Calculer les temps de production pour la pièce Rep 2 pour chaque poste de travail (arrondir à l'heure près).

TEMPS DE PRODUCTION REP 1	TEMPS DE PRODUCTION REP 2 (A faire)	TEMPS DE PRODUCTION REP 7	TEMPS DE PRODUCTION MARQUAGE	TEMPS DE PRODUCTION AU POSTE CONDITIONNEMENT
<p><b>Production par semaine</b></p> $= \frac{\text{Nombre de pièces à produire par an}}{\text{Nombre de semaine} \times \text{nombre de mois}} = \frac{100\,000}{(4 \times 10)}$ <p>= 2 500 pièces</p> <p><b>Nombre de pièces totales</b></p> <p>= <i>Nombre de pièces à produire</i> + <i>taux de rebut</i></p> <p>= 2 500 × 1,005 = 2 513 pièces avec rebut</p> <p><b>Temps de production</b></p> $= \frac{\text{Nombre de pièces total} \times \text{temps de cycle}}{\text{Nombre d'empreintes} \times 3\,600}$ $= \frac{2\,513 \times 10}{4 \times 3\,600}$ <p>= 1,75 h soit 2 h</p>		<p>2 500*1,004=2 510 pièces avec rebut</p> $\text{Tps de prod} = \frac{2\,510 \times 40}{2 \times 3\,600}$ <p>= 13,94 h soit 14 h</p>	<p><b>Production par semaine</b></p> $= \frac{\text{Nombre de pièces à produire par an}}{\text{Nombre de semaine} \times \text{nombre de mois}} = \frac{100\,000}{(4 \times 10)}$ <p>= 2 500 pièces</p> <p><b>Nombre de pièces totales</b></p> <p>= <i>Nombre de pièces à produire</i> + <i>taux de rebut</i></p> <p>= 2 500 × 1,006 = 2 515 pièces avec rebut</p> <p><b>Temps de production</b></p> $= \frac{\text{Nombre de pièces totales} \times \text{temps de cycle}}{\text{Nombre d'empreinte} \times 3600}$ $= \frac{2\,515 \times 10}{3\,600}$ <p>= 6,98 h soit 7 h</p>	<p>2 500 boîtes AUDIPACK</p> $\text{Tps de prod} = \frac{2\,500 \times 32}{3\,600}$ <p>= 22,2 h soit 23 h</p>

## Documents réponses à rendre avec la copie

### DR9 POP : planification de la production de l'ensemble AUDIPACK

Sur le graphique suivant, planifier la production de l'ensemble AUDIPACK de façon journalière. Celle-ci se faisant au plus tôt.

	JOUR	LUNDI															MARDI														
	HEURE	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
PRESSE	REP 1																														
	REP 2																														
THERMOFORMAGE	REP 7																														
MARQUAGE	REP 1																														
CONDITIONNEMENT	ENSEMBLE																														
EXPÉDITION																															

	JOUR	MERCREDI															JEUDI														
	HEURE	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
PRESSE	REP 1																														
	REP 2																														
THERMOFORMAGE	REP 7																														
MARQUAGE	REP 1																														
CONDITIONNEMENT	ENSEMBLE																														
EXPÉDITION																															

	JOUR	VENDREDI														
	HEURE	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
PRESSE	REP 1															
	REP 2															
THERMOFORMAGE	REP 7															
MARQUAGE	REP 1															
CONDITIONNEMENT	ENSEMBLE															
EXPÉDITION																

6.2 Adapter votre solution de modification du socle en fonction du couvercle modifié. Compléter le détail B du dessin de définition en respectant les règles de conception des pièces plastiques et les surfaces fonctionnelles,  
Définir l'architecture de l'outillage sur le détail B du DR10, en respectant le code couleur pour la pièce, la partie fixe et la partie mobile du moule.

