

Edité le 16/05/2006

Cédric LUSSEAU - Jean-Loup PRENSIER

Voir la ressource fondamentale « Conception des pièces en plastique pour éviter les défauts géométriques ».

Cette étude de cas est issue de l'épreuve Conception Innovation du BTS plasturgie 2002.

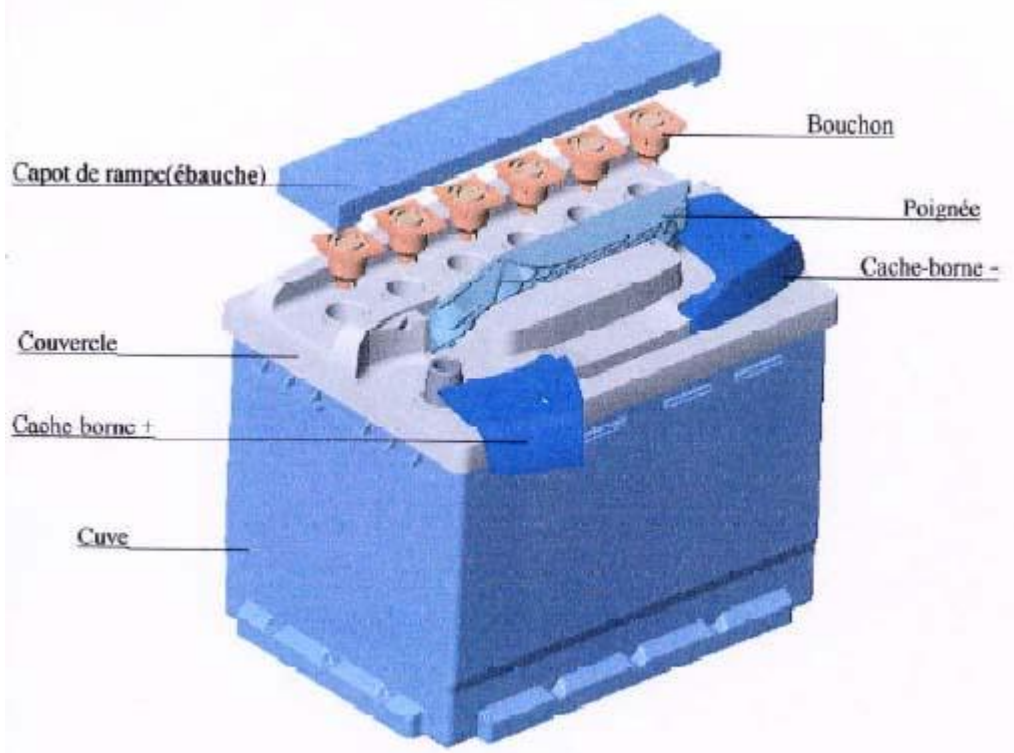
1 - Présentation du produit étudié

Le produit étudié est le capot de la rampe d'une batterie ; c'est un des éléments du couvercle de la batterie. Il permet la mise en place des bouchons et leur enlèvement simultané lors des visites. De plus, il participe à l'étanchéité.

Les bouchons permettent l'obturation des orifices du couvercle tout en autorisant l'évacuation des gaz produits lors de la réaction chimique (voir « Annexe : Plan du bouchon »).

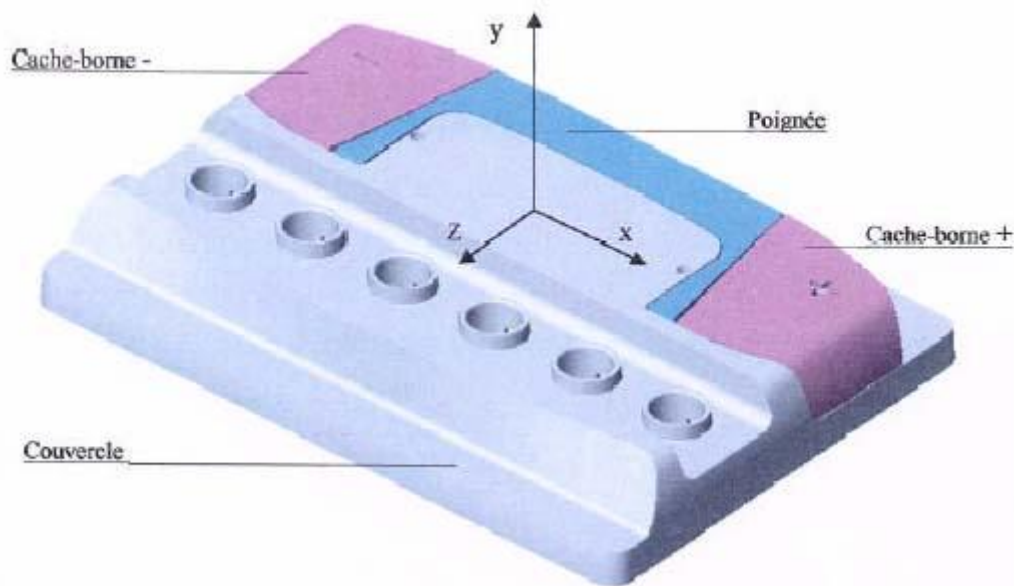
Les autres composants de la batterie sont :

- La cuve : compartimentée, elle permet de recevoir les éléments et l'électrolyte. Son embase permet la fixation sur le véhicule.
- Le couvercle : thermosoudé sur la cuve, il assure l'étanchéité de l'ensemble. Il comporte deux inserts constituant les bornes + et -. Six orifices de section circulaire permettent l'introduction de l'électrolyte et les visites pour l'entretien. En utilisation, ces orifices sont obturés par des bouchons (voir « Annexe : Plan du couvercle »).

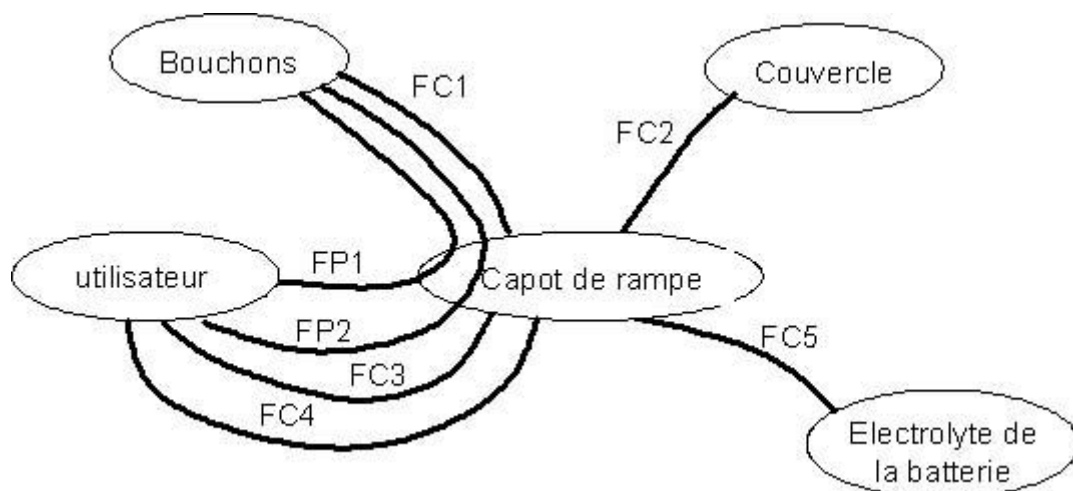


- Une poignée : articulée sur le couvercle, elle facilite le transport de la batterie
- Des cache-bornes : ils contribuent à la sécurisation de la batterie et participent à l'esthétique de l'ensemble ainsi qu'au repérage des différents modèles (couleurs différentes)

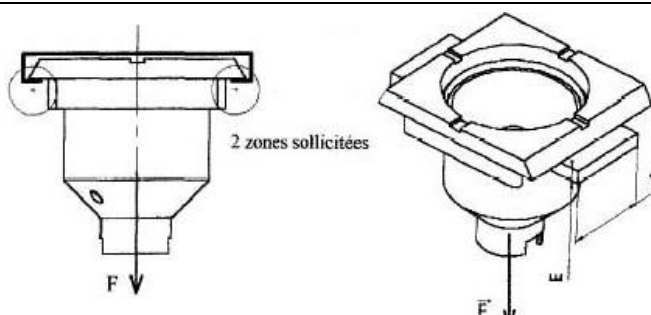
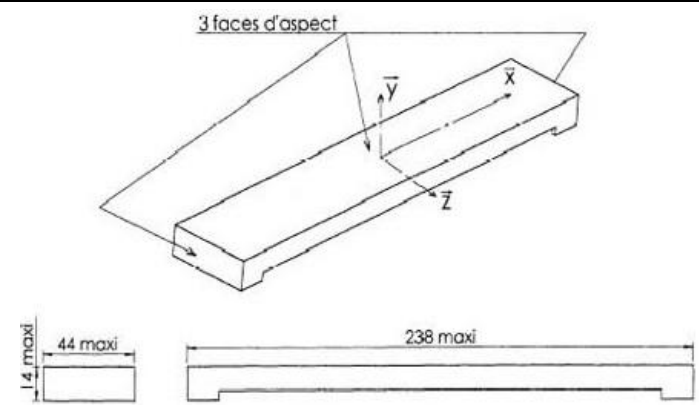
Présentation du couvercle : capot et bouchons enlevés, cache-bornes et poignée fermés.



2 - Analyse fonctionnelle du capot de rampe

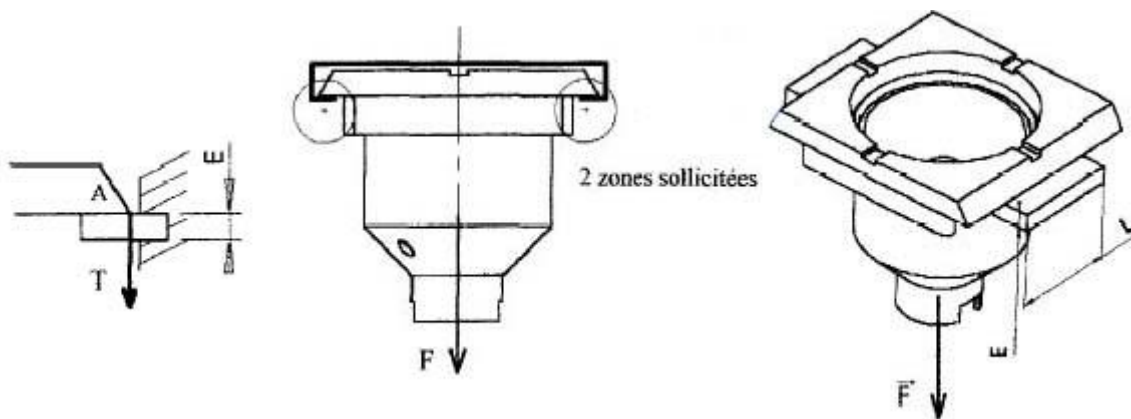


- FP1: Permettre la mise en place simultanée des bouchons par l'utilisateur
- FP2: Permettre la dépose par soulèvement des bouchons par l'utilisateur
- FC1: Recevoir les bouchons par clipsage
- FC2: S'adapter aux formes et aux dimensions du couvercle
- FC3: Faciliter l'intervention de l'utilisateur lors du démontage
- FC4: S'intégrer à l'esthétique de l'ensemble
- FC5: Résister aux agents acides présents dans la batterie

	Critères d'appréciation	Valeurs
FP1	Appui plan entre la face supérieure des bouchons et le capot	6 bouchons - plan mini 210 x 24
	Auto positionnement des bouchons dans leurs orifices de montage par une liaison glissière suivant l'axe x : course limitée suivant x par butée	$e = 3 \text{ mm}$
	Décalage maxi bouchon/orifice - jeu fonctionnel suivant y	$0.15^{\pm 0.15}$
	- jeu fonctionnel suivant z	$0.75^{\pm 0.15}$
	- espacement entre les orifices	38 mm
	- jeu latéral suivant z entre capot et couvercle	Jeu mini = 0.5 mm
FP2	Résistance des clips au cisaillement	 <p>$E = 1.5 \text{ mm}$; $L = 12 \text{ mm}$; $F = 10 \text{ N}$; résistance au cisaillement 15 MPa ; coefficient de sécurité $s = 2$</p>
	Résistance du capot à la flexion	Effort utilisateur $F = 26 \text{ N}$ coefficient de sécurité de 2
	Forme clipsage non démontable	Angle de retenu 90°
FC1	Angle d'entrée favorisant le montage	Angle d'entrée maxi 60°
FC2	Surface enveloppe du couvercle	
	Ecart maxi entre les profils capot/couvercle	1 mm
FC3	Forme encoche permettant de décoller le capot du couvercle avec l'ongle ou un outil	$h \times l = 1.5 \times 14 \text{ mm mini}$
FC4	Traces d'injection sur les faces visibles capot monté	aucune
	Présence d'un positionneur longitudinal calant le capot au montage pour éviter le débordement	Débordement maxi 1 mm
FC5	Matière choisie résistant aux acides	PP Stamyln

3 - Résistance des crochets au cisaillement

Les clips sont modélisés par des poutres encastrées cisailés à la base :



$E=1.5 \text{ mm}$; $L=12 \text{ mm}$; $F=10\text{N}$; résistance au cisaillement 15 MPa ; coefficient de sécurité $s=2$

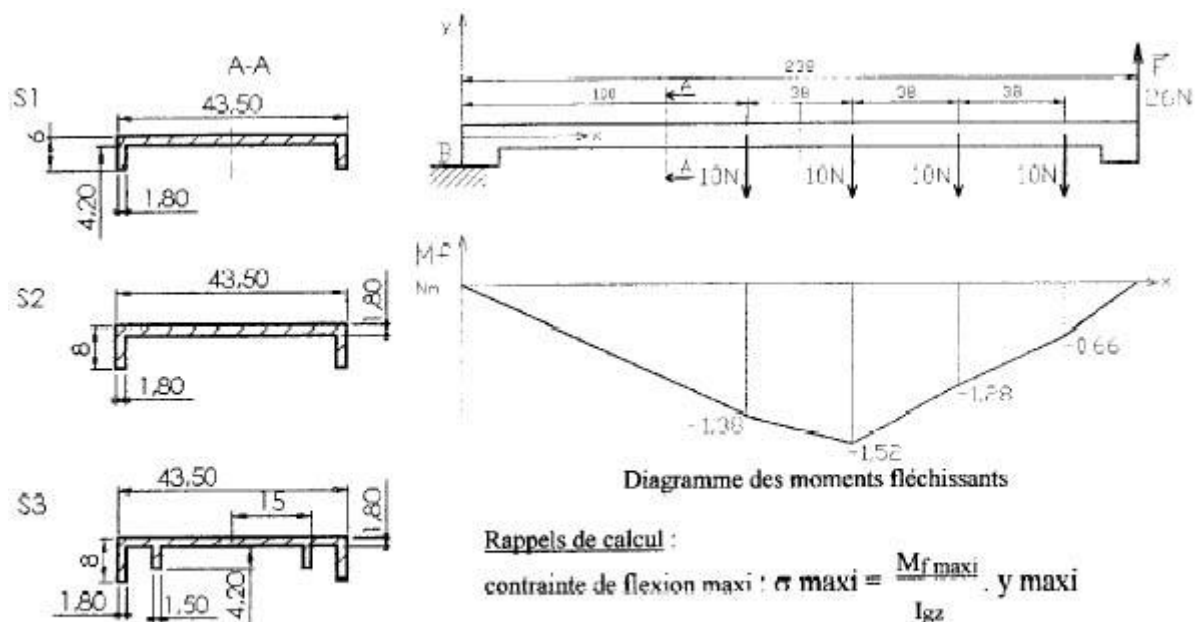
$$\tau = \frac{T}{S} = \frac{5}{1,5 \times 12} = 0,25 \text{ MPa} \leq \frac{\tau_s}{2} = 7,5 \text{ MPa}$$

La forme du clip permet de résister au cisaillement lors de la dépose.

4 - Résistance du capot à la flexion

Hypothèses : Toutes les actions mécaniques sont situées dans le plan de symétrie (O,x,y) . Le contact en B est considéré comme un appui simple. La force F représente l'action exercée par l'utilisateur. Le cas le plus défavorable correspond à l'action simultanée de quatre bouchons (action d'un bouchon = 10 N)

On considère que la section du capot est constante sur toute la longueur. Trois sections différentes sont testées.



Données : section S1 : $I_{gz} = 158 \text{ mm}^4$; $y_{\text{maxi}} = 4,6 \text{ mm}$
 section S2 : $I_{gz} = 360 \text{ mm}^4$; $y_{\text{maxi}} = 6 \text{ mm}$
 section S3 : $I_{gz} = 450 \text{ mm}^4$; $y_{\text{maxi}} = 5,8 \text{ mm}$

Le calcul nous donne $\sigma_{S1} = 44$ MPa, $\sigma_{S2} = 25.3$ MPa, $\sigma_{S3} = 19.59$ MPa. La limite à la flexion du matériau est $\sigma_{maxi} = 40$ MPa (voir « Annexe : Caractéristiques du polypropylène Stamyran P512MN10 » pour avoir les caractéristiques matière). D'après le cahier des charges, un coefficient de sécurité de 2 est demandé. La section $S3$ vérifie la condition:

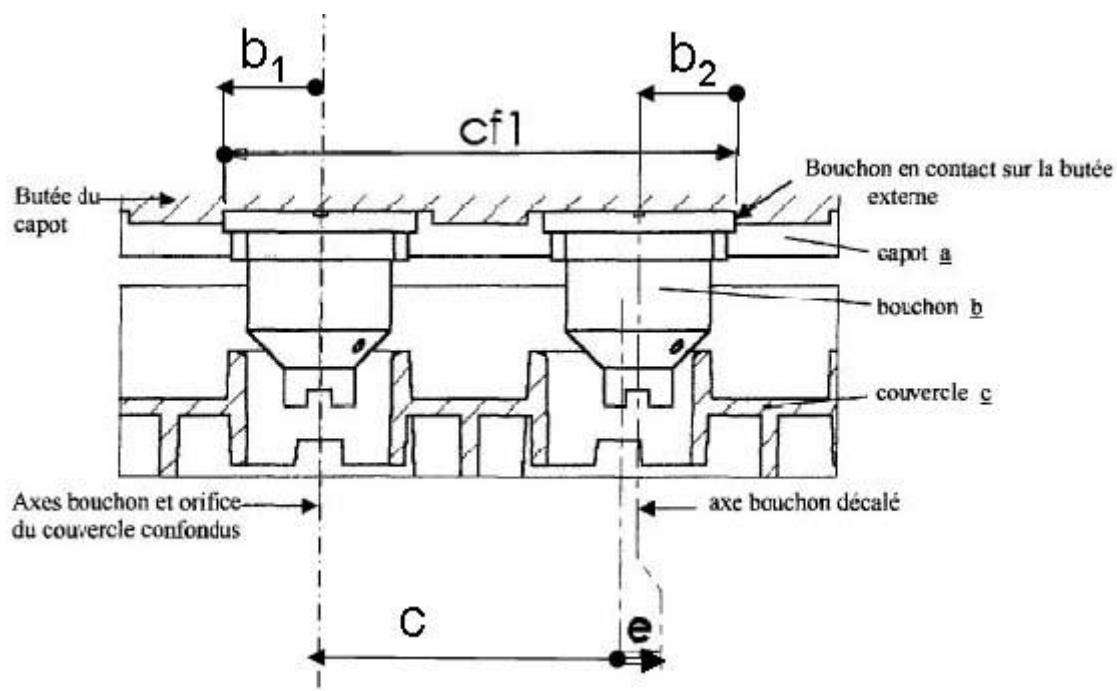
$$\sigma_{S3} \leq \frac{\sigma_{max}}{2}$$

C'est donc la section $S3$ qui est retenue.

Remarque : L'usage des outils classiques de la résistance des matériaux est commun dans le dimensionnement des pièces en plastique. Néanmoins, la résistance des matériaux suppose que le comportement du matériau peut être décrit par un modèle élastique linéaire, ce qui n'est pas forcément vrai dans le cas des plastiques (pour lesquels les effets visqueux, notamment, sont significatifs). Il y a donc un écart entre le résultat obtenu par le calcul et la réalité, qui nécessite un coefficient de sécurité significatif (en pratique, une valeur de 2 est raisonnable). Sous cette réserve, la résistance des matériaux peut être utilisée pour le dimensionnement : elle est employée depuis longtemps et le retour d'expérience a permis de maîtriser les écarts, ce qui explique que beaucoup de fabricants de plastiques proposent des abaques basées sur la résistance des matériaux.

5 - Positionnement des butées de limitation de course de glissière

Les bouchons sont en liaison glissière avec le capot de rampe pour permettre un auto positionnement. Néanmoins, la course de cette liaison glissière est limitée par l'écartement maxi entre l'axe d'un bouchon et l'axe de son orifice en vis à vis. Le calcul de la position des butées fait l'objet de deux chaînes de cotes.



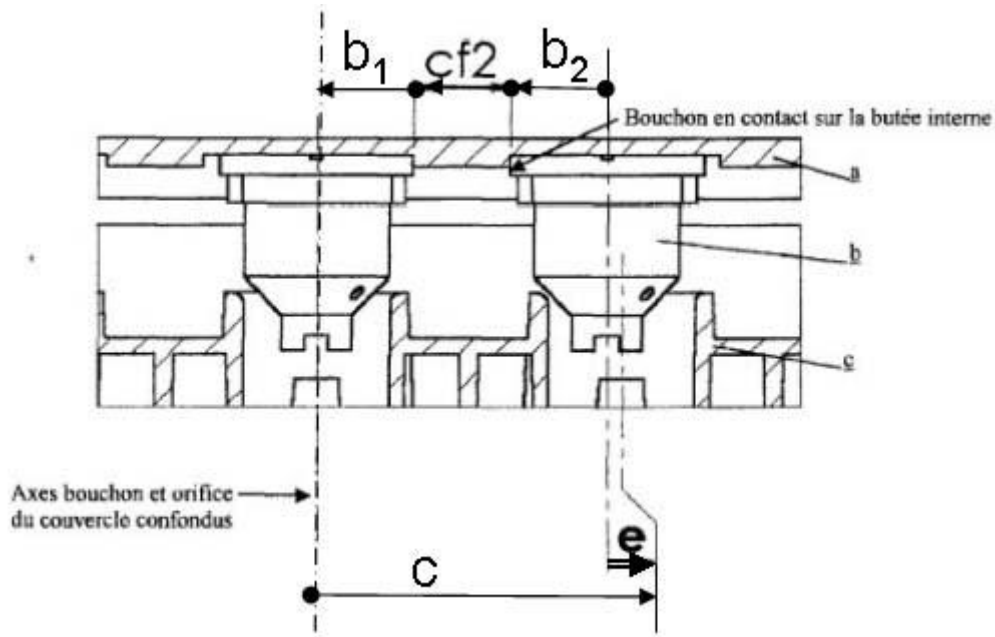
- Le plan du bouchon (voir « Annexe : Plan du bouchon ») donne : $b_1 = b_2 = 12^{\pm 0.025}$
- Le plan du couvercle (voir « Annexe : Plan du couvercle ») donne : $c = 38^{\pm 0.1}$
- Le cahier des charges donne : $e = 1.5^{\pm 1.5}$

Equation sur les nominaux : $e = c_{f1} - c - b_1 - b_2 \Rightarrow c_{f1} = 1.5 + 38 + 12 + 12 = 63.5$

Equation sur les IT (calcul arithmétique) :

$$ITe = ITc_{f1} + ITc + ITb_1 + ITb_2 \Rightarrow ITc_{f1} = 3 - 0.2 - 0.05 - 0.05 = 2.7$$

d'où $c_{f1} = 63.5^{\pm 1.35}$



- Le plan du bouchon (voir « Annexe : Plan du bouchon ») donne : $b_1 = b_2 = 12^{\pm 0.025}$
- Le plan du couvercle (voir « Annexe : Plan du couvercle ») donne : $c = 38^{\pm 0.1}$
- Le cahier des charges donne : $e = 1.5^{\pm 1.5}$

Equation sur les nominaux : $e = c - b_2 - c_{f2} - b_1 \Rightarrow c_{f2} = 38 - 12 - 12 - 1.5 = 12.5$

Equation sur les IT (calcul arithmétique) :


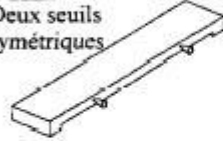


$$ITe = ITc + ITb_2 + ITc_{f2} + ITb_1 \Rightarrow ITc_{f2} = 3 - 0.2 - 0.05 - 0.05 = 2.7$$

d'où $c_{f2} = 12.5^{\pm 1.35}$

6 - Choix du seuil d'injection

Afin de choisir la position du seuil d'injection, quatre positions différentes ont été testées. Il s'agit de choisir le meilleur compromis en tenant compte :

- Du cahier des charges
- Des caractéristiques matières (température d'injection = 230°C et contrainte de cisaillement maxi pour l'écoulement = 0.26 MPa)
- Des données outillage : moule à deux empreintes et décarottage automatique souhaité à l'ouverture de l'outillage

Position du seuil	Température mini du front de matière (°c)	Pression de remplissage (Mpa)	Contrainte de cisaillement maxi relevée (Mpa)
Position 1 Seuil latéral décalé 	218	51	0,25
Position 2 Deux seuils symétriques 	208	16	0,17
Position 3 Seuil latéral centré 	214	24	0,23
Position 4 Seuil en bout 	223	69	0,29

Remarque :

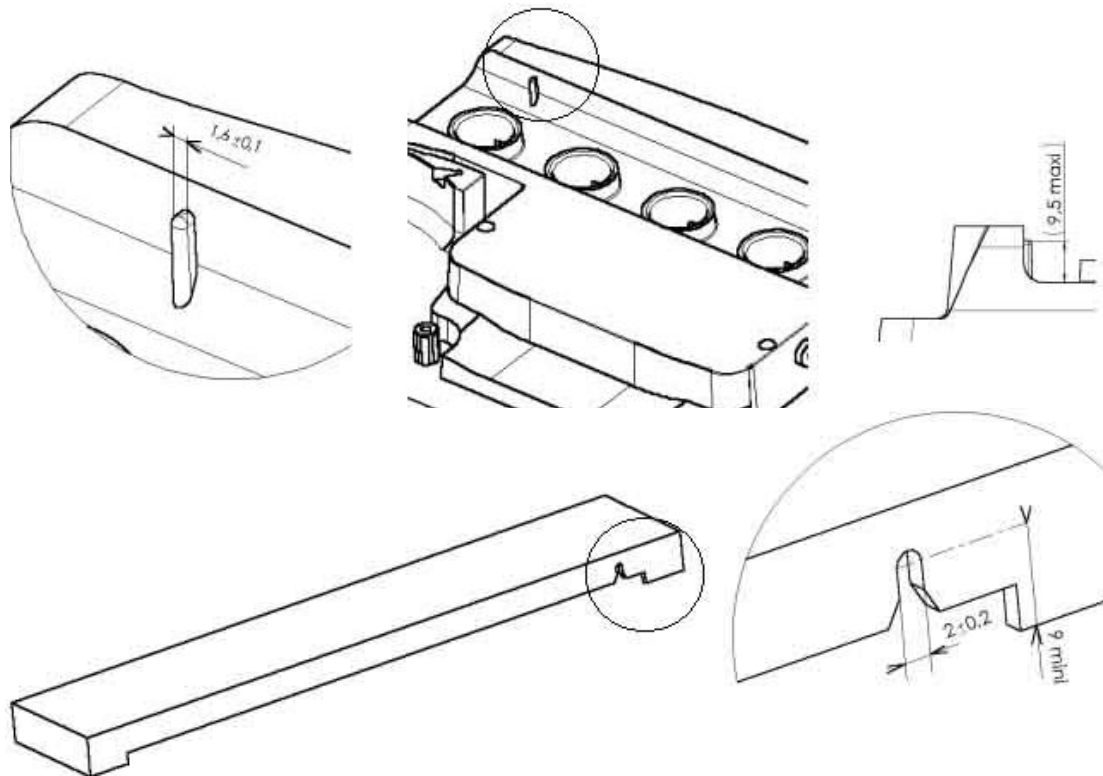
- Si la contrainte de cisaillement maxi est dépassée, la matière est détériorée.
- Si la température mini du front de matière est trop écartée de la température d'injection, la solidification se fera trop tôt et le remplissage sera mauvais.

	Avantages	Inconvénients
Position 1	Aspect respecté Seuil situé dans une zone de sollicitation faible Bonne orientation Ecart thermique / T° inj acceptable (<20°)	Pression de remplissage élevée Contrainte de cisaillement proche de la limite mais acceptable
Position 2	Remplissage facile avec une faible pression de remplissage et température basse	Il se forme une ligne de soudure au milieu ce qui pose des problèmes d'aspect et de résistance Ecart thermique T° inj > 20°
Position 3	Aspect respecté Ecart thermique / T° inj acceptable (<20°) Contrainte de cisaillement acceptable	Position du seuil dans la zone la plus sollicitée
Position 4	Bonne orientation	Le remplissage est plus difficile. Il faut une pression et une température élevée Le seuil est sur une face d'aspect ce que recommande d'éviter le cahier des charges Contrainte de cisaillement supérieure à la limite tolérée (> 0,26 MPa)

Les positions 2 et 4 présentent des critères éliminatoires. Les positions 1 et 3 donnent des qualités rhéologiques comparables. La position 1 sera retenue pour sa qualité technique globale.

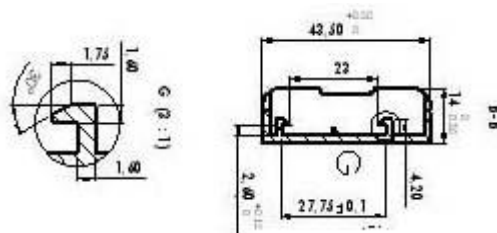
7 - Positionneur

Pour s'intégrer dans l'esthétique de l'ensemble, le cahier des charges propose de placer un positionneur. L'encoche du capot est située dans une zone de moment fléchissant faible donc de contrainte faible. L'encoche est également sur une face qui n'a pas de contrainte d'aspect.



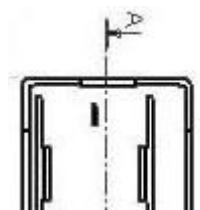
8 - Retassure et démoulage

Le produit présente 3 faces d'aspect sur lesquelles il faut éviter les lignes de soudure ainsi que les retassures. Le choix du seuil d'injection évite les lignes de soudures gênantes mais les nervures peuvent poser des problèmes. Il faut donc penser à adapter l'épaisseur de la nervure par rapport à l'épaisseur de la face d'aspect.



Ainsi, le capot a une épaisseur de 1.8 mm. L'épaisseur de la nervure qui rigidifie le capot et sur laquelle se trouve également les crochets a une épaisseur de 1.6 mm. Les butées ont aussi une épaisseur plus faible (1mm). Ces épaisseurs plus faibles diminuent le problème de retassure.

Concernant le démoulage, les crochets peuvent poser des problèmes. Il faut donc prévoir une certaine souplesse de la nervure pour pouvoir l'écarter au moment du démoulage. Le bout de la nervure n'est donc pas collé au capot pour pouvoir permettre une flexion.



Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>