
CONCEPTION DES PIÈCES

1. Généralités

Choisir de réaliser une pièce en matière plastique, dans un appareillage, au lieu de la fabriquer en matière métallique répond à plusieurs critères.

- Réduction du nombre d'éléments simples permettant de concevoir les formes intérieures et extérieures.
- Réduction du coût des pièces en diminuant le poids des matériaux, les opérations d'usinage et de montage.
- Réduction du poids de la pièce finie (différence de masse volumique) entre les matières plastiques et les matériaux métalliques.
- Diminution des rebuts, des déchets et des opérations de contrôle.
- Augmentation de la durée du service du mécanisme (les pièces en matière plastique ne s'oxydent pas).
- Accroissement de l'attrait commercial de l'appareil réalisé en diminuant son poids, son prix, en améliorant son esthétique.
- Augmentation de la sécurité, les matières plastiques étant isolantes (courant électrique, chaleur).

2. Définition des formes

Les formes de la pièce à réaliser afin de répondre au cahier des charges défini vont dépendre :

- De la fonction à remplir : supporter les efforts, étanchéité, isolation électrique et thermique
- Des conditions de fabrication : séries importantes ou non
- Du choix du matériau : thermoplastique, thermodurcissable ou composites
- Du procédé de fabrication : injection, compression, thermoformage, soufflage, extrusion...

3. Conception

La conception consiste à réaliser une pièce qui sera à la fois :

- La plus légère possible.
- La plus facile à mouler : conception du moule la plus simple.
- La plus facile à assembler : si elle est composée de plusieurs éléments.
- La plus résistante : résistance aux chocs et au vieillissement.

3.1 Réalisation des parois

L'épaisseur des parois doit être uniforme. Le choix de l'épaisseur est conditionné par :

- L'influence directe du sens de moulage.
- Le retrait inhérent à la matière lors du passage de l'état pâteux à l'état solide.
- La longueur de l'écoulement.
- Les formes et dimensions de la pièce.

3.1.1 Influence du retrait

Les différentes matières plastiques ont un comportement qui varie au moment de la mise en œuvre ; le retrait, notamment, n'est pas le même selon le type de matières plastiques.

Matières plastiques amorphes

Le retrait de 0,2 à 0,7 % du PVC est indépendant des conditions de transformation du système d'injection et de la conception de la pièce.

Matières plastiques cristallines

Le retrait de 0,8 à 4 % dépend :

- du degré de polymérisation de la matière,
- des conditions de transformation (température, pression, temps, cycle),
- de la carotte (réalisation, emplacement),

3.1.2 Déformation

Pièces d'épaisseurs différentes :

- 1 : la paroi intermédiaire moins épaisse que le reste de la pièce est gauchée.
- 2 : la partie mince est gauchée par suite de la variation trop rapide des épaisseurs.

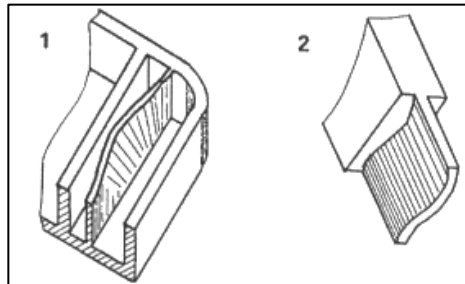


Figure III- 1. Pièce d'épaisseurs différentes

3.1.3 Variation des épaisseurs

Le passage d'une épaisseur à une autre doit être réalisé d'une manière aussi régulière que possible en supprimant les changements brusques de section dans le contour de la pièce. Les surépaisseurs sont génératrices de bulles, retassures.

Les épaisseurs des pièces doivent être limitées, il faut avoir recours le plus souvent aux renforts (nervures, bossages) pour augmenter la rigidité.

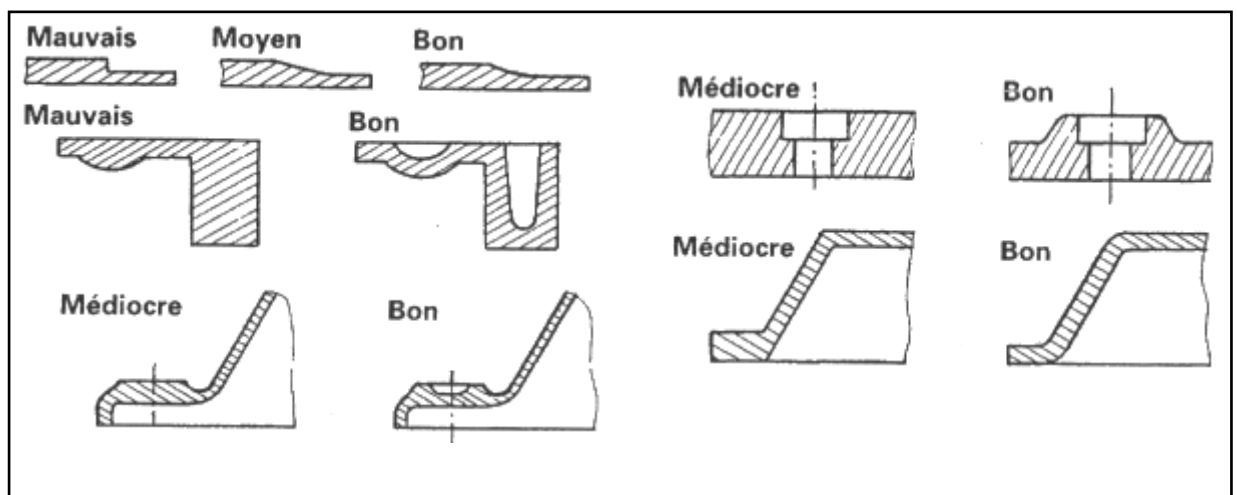
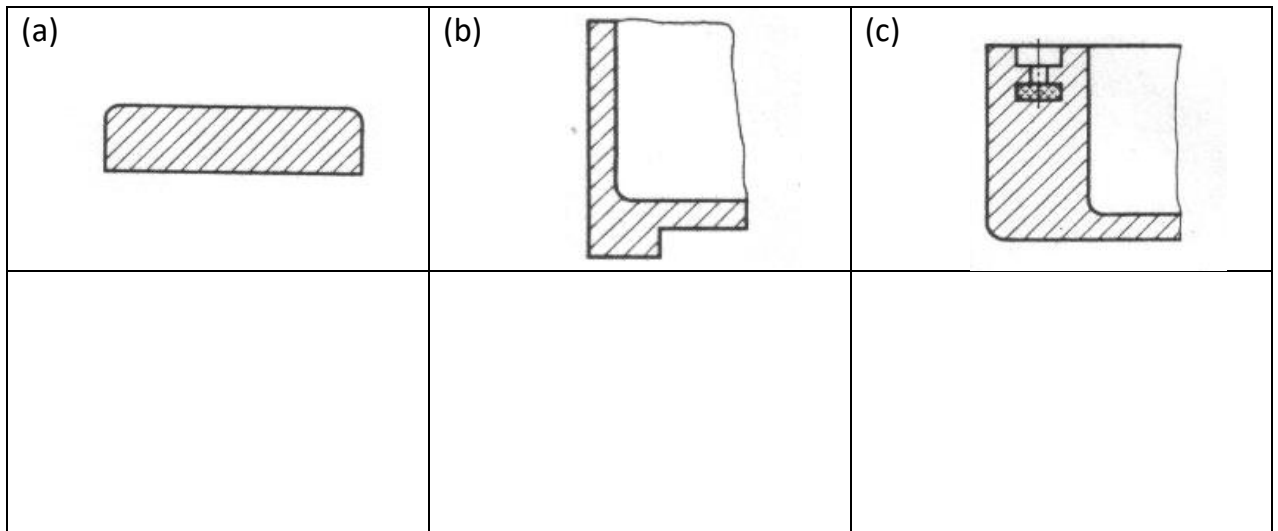


Figure III- 2. Exemple de formes améliorées pour éviter des défauts.

Application : Modifier la conception des pièces en questions en vu de remédier l'éventuel problème de polycondensation dû essentiellement à une épaisseur importante.
 (Polycondensation : élimination de molécules de faible masse molaire).



3.2 réalisation des nervures

Le but des nervures est de renforcer une pièce donnée et d'améliorer sa rigidité.
 Le choix de l'épaisseur des nervures est fonction des dimensions des autres éléments.

3.2.1 Section des nervures et épaisseurs

Epaisseurs : en fonction des différentes matières plastiques, les épaisseurs des nervures peuvent varier.
 Les épaisseurs sont comprises entre 2 mm et 5 mm pour chacune des limites du tableau.

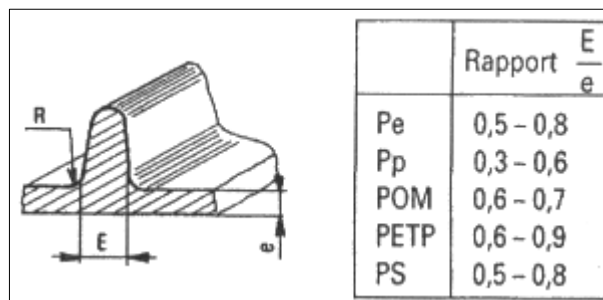


Figure III- 3. Section des nervures et épaisseurs

3.2.2 Hauteur des nervures

La rigidité d'une pièce est améliorée à partir du moment où la hauteur de la nervure par rapport à l'épaisseur est suffisante : $H \geq 5E$

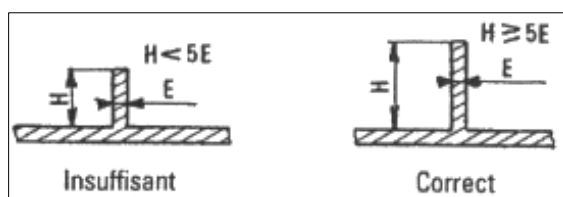


Figure III- 4. la Hauteur des nervures

3.2.3 Répartition des nervures

Le réseau de nervures croisées entraîne des points chauds, d'où l'apparition de retassures.

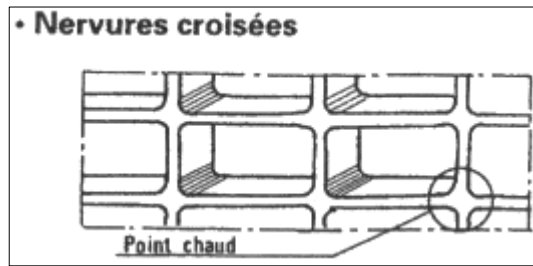


Figure III- 5. Nervures croisées

3.2.4 Réalisation des nervures

- Le réseau de nervures décalées permet de réduire le nombre de nervures, le nombre de points chauds diminue également.

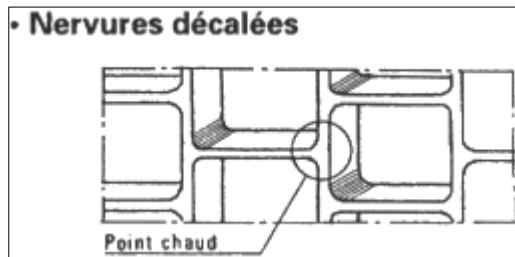


Figure III- 6. Nervures décalées

- Le réseau de nervures croisées modifiées permet de supprimer les points chauds. Ce procédé ne peut être utilisé que sur un moule à tiroir.

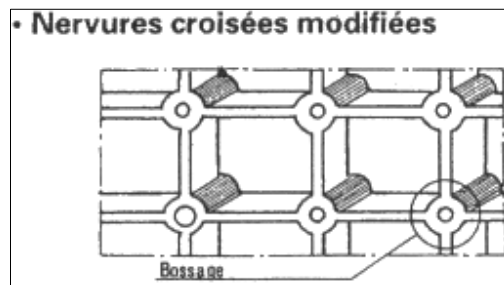


Figure III- 7. Nervures croisées modifiées

3.2.5 Diminution des retassures

Les retassures qui apparaissent pendant la transformation de la matière plastique sont atténuées ou rendues invisibles par de légères modifications de la pièce à obtenir.

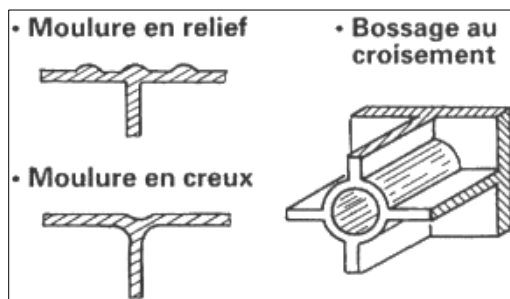
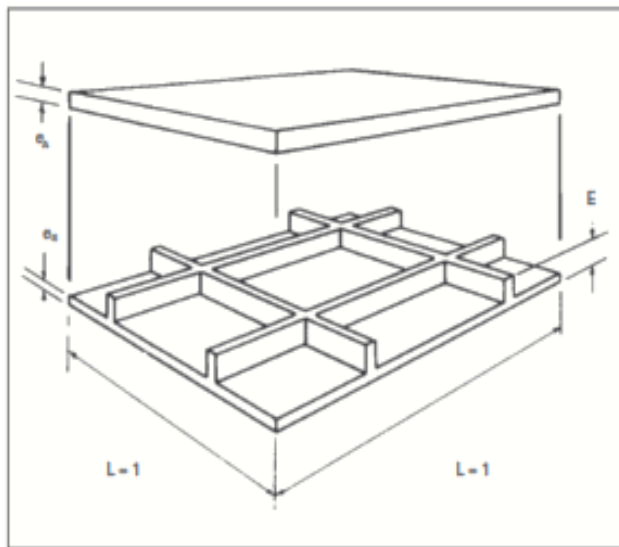


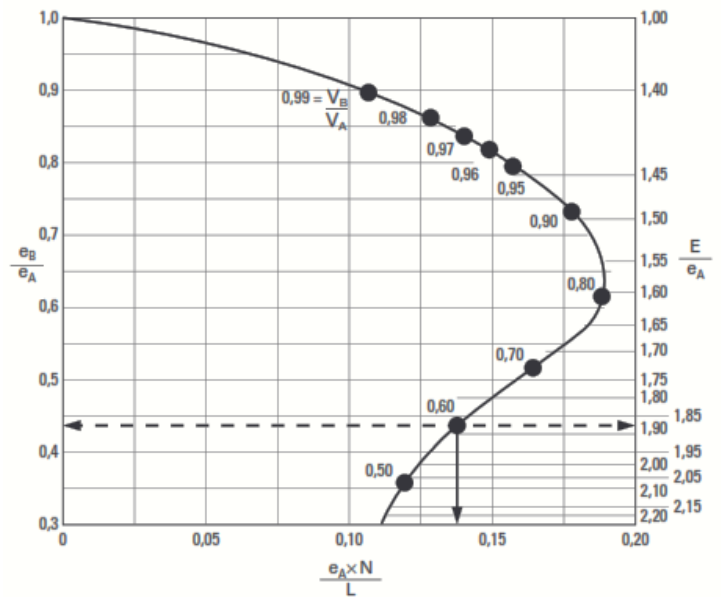
Figure III- 8. Modification de la pièce

3.2.6 Nervurage bidirectionnel

La plupart des boîtiers, coffrets et carters tels que les récipients sous pression, les capots d'instruments de mesure ou de simples boîtes, doivent présenter une rigidité suffisante pour résister à un effort. Il est pratique de remplacer une pièce à section de paroi constante par un élément nervuré présentant la même rigidité pour un poids moindre, encore que le calcul mathématique de cette équivalence soit parfois complexe. Pour simplifier ce calcul, la courbe de la figure suivante facilite la définition des nervures d'une pièce.



(a)- Plaque lisse et plaque nervurée constante



(b)- Graphique pour le calcul d'une plaque nervurée (bidirectionnel)

Figure III- 9. Calcul d'une plaque nervurée (bidirectionnel)

La courbe de la figure ci-dessous représente la relation existant entre les plaques pleines et celles à nervures croisées présentant des moments d'inertie égaux.

e_A : épaisseur de la plaque pleine, N = nombre de nervures par mm et L = largeur de la plaque. (On a pris la largeur de la plaque comme unité de longueur pour tracer la courbe, $L = 1$).

e_B : épaisseur de nervure = épaisseur de la plaque nervurée

E : épaisseur total de nervure.

V_B / V_A rapport du volume de la plaque nervurée à celui de la plaque pleine.

(Le rapport des volumes précise le volume minimum de matière requis pour obtenir une structure de rigidité équivalente à celle du modèle initial non nervuré).

3.2.7 Exemples de calculs

1. Déterminer les dimensions conduisant à une réduction donnée du coût et du poids de la pièce.

Donnée : Epaisseur de la plaque pleine $e_A = 4,5$ mm.

On désire réaliser une économie de matière de **40 %**.

Réaliser une économie de matière de **40 %** donc $\frac{V_B}{V_A} = 0.6$

La courbe de la figure .10 donne : $\frac{e_A \cdot N}{L} = 0.135$ d'où $N = \frac{0.135 \times 1}{4.5} = 0.03$

Soit 3 nervures sur 100mm

$$\frac{e_B}{e_A} = 0.44 \text{ d'ou } e_B = 0,44 \cdot 4,5 = 2 \text{ mm. } \frac{E}{e_A} = 1.875 \text{ d'ou } E = 1.875 \cdot e_A \approx 8,5 \text{ mm}$$

2. Si les conditions d'écoulement de la matière dans l'empreinte limitent l'épaisseur de la paroi.

Calculer la géométrie de la plaque nervurée.

Donnée : Epaisseur de la plaque pleine $e_A = 2,5 \text{ mm}$.

On désire une épaisseur minimale $e_B = 1 \text{ mm}$.

$$\frac{e_B}{e_A} = \frac{1}{2.5} = 0.4 \text{ . Fig.10} \Rightarrow \frac{E}{e_A} = 1.95 \text{ d'ou } E = 1.95 \cdot 2.5 = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{e_A \cdot N}{L} = 0.125 \text{ d'où } N = \frac{0.125 \times 1}{2.5} = 0.05 \text{ soit 1 nervure tous les 20 mm}$$

$\frac{V_B}{V_A} = 0.55$ En adoptant une paroi de **1,0 mm** et une épaisseur totale de **5,0 mm**, avec une nervure tous les **2 cm**, on obtient une économie de matière de **45 %**.

3. Si l'épaisseur totale est limitée en raison des cotes intérieures ou extérieures de la pièce, Déterminer les autres dimensions.

Donnée : Epaisseur de la plaque pleine $e_A = 6,5 \text{ mm}$.

Epaisseur total maximum de la plaque nervurée **E= 10,8mm**.

$$\frac{E}{e_A} = \frac{10.8}{6.5} = 1.66 \text{ La courbe de la figure .10 donne : } \frac{e_A \cdot N}{L} = 0.175 \text{ d'où } N = \frac{0.175 \times 1}{6.5} = 0.027$$

Soit 1 nervure tous les 37mm

$$\frac{e_B}{e_A} = 0.56 \text{ d'ou } e_B = 0,56 \cdot 6,5 = 3.65 \text{ mm}$$

$\frac{V_B}{V_A} = 0.76$ Le modèle nervuré conduit à une économie de matière de **24 %** avec une nervure tous les **37 mm**

4. Si le nombre de nervures par unité de longueur est limité en raison de la présence d'éléments à l'intérieur de la pièce, par exemple, ou bien de la nécessité d'adopter un espacement des nervures adapté aux structures contiguës ou aux éléments décoratifs, il est possible de fixer le nombre de nervures et de déterminer ensuite les autres dimensions conduisant au volume minimum de matière.

Donnée : Epaisseur de la plaque pleines (e_A) = 4,0 mm

On désire prévoir 0,04 nervure par mm, soit 4 nervures aux 100 mm

3.3 Réalisation de bossages

3.3.1 Défauts à supprimer

Les bossages prévus pour recevoir des éléments d'assemblage (vis, goupilles) forment des surépaisseurs.

Les bossages situés directement sur une paroi latérale entraînent la création de bulles ou de retassures.

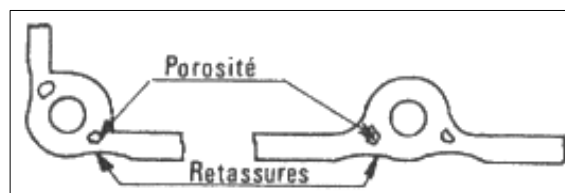


Figure III- 10. Défauts sur bossage

Solution :

La modification des formes de la pièce à réaliser permet de supprimer les bulles et retassures.

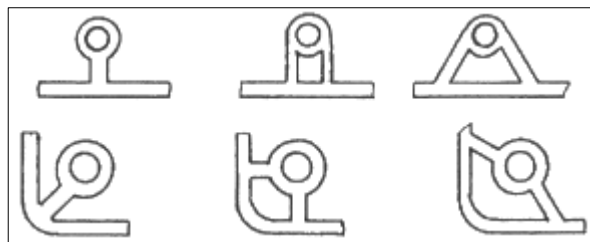


Figure III- 11. Tracés des bossages modifiés

3.3.2 Dimensions recommandées

Tableau III- 1. Choix des dimensions de bossages

		• Nervures
Pour	$E < 3,2$	$e = 0,6 E$
	$E > 3,2$	$e = 0,4 E$
		• Bossage débouchant
	$D < H < 2 D$	
		• Bossage borgne
	$D = 2 d$	$e = 0,6 E$
	$H = 2,5 d$	$r = 0,8 \text{ à } 1,5$

3.4 rayons de raccordement

3.4.1 Défauts à supprimer

Les déformations des pièces moulées à l'ouverture du moule proviennent d'une conicité insuffisante pour faciliter l'éjection et d'une préparation insuffisante des angles.

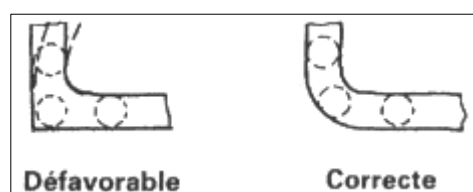


Figure III- 12. Tracés des raccordements

Solutions :

Les rayons intérieurs contribuent à réduire les points de concentration de contrainte. L'écoulement de la matière est facilité pendant les opérations de moulage.

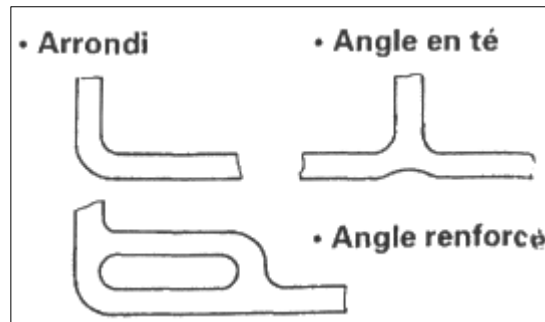
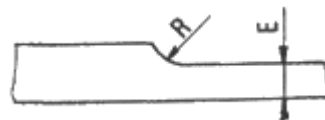


Figure III- 13. Tracés des arrondis sur une pièce injectée

3.4.2 Dimensions des rayons

Rayon minimal : 1,5 mm

Dans les autres cas : $1,5 < R < E/2$



3.4.3 Choix des rayons

La courbe présente une zone (ou le rapport R/E reste peu élevé tandis que le facteur de concentration de contrainte en fonction de P est minimum) intéressante pour choisir le rayon de raccordement convenable au moment de la conception de la pièce.

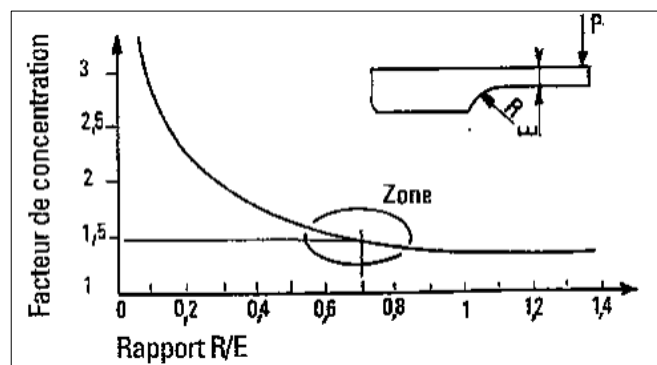


Figure III- 14. Facteur de concentration de contrainte = $f(R/E)$.

3.5 Réalisation des dépouilles

La conception d'une pièce doit prendre en compte le démoulage du produit. Pour être démoulable, toute pièce doit comporter des dépouilles.

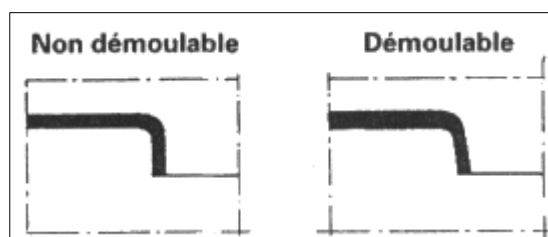


Figure III- 15. Pièce démoulable-non démoulable

La dépouille doit être la plus importante possible, elle évite des rayures au moment du démoulage et une déformation de la pièce.

La dépouille choisie dépend de l'élasticité de la matière.

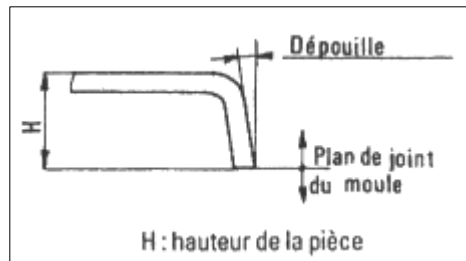


Figure III- 16. Tracé d'une pièce dépouillée

3.5.1 Valeurs des dépouilles

Les valeurs des dépouilles fournies pour quelques thermoplastiques demandent un bon usinage et une bonne finition du moule.

Tableau III- 2. Valeurs de dépouilles

Thermoplastiques	Dépouilles °
Polystyrène choc	1
ABS	0,5
PE	0,5
PP	0,3
POM	0,5
PETP	1

3.5.2 Angles de démoulage

Pour faciliter le démoulage, une dépouille de 0,5 à 2° est recommandée.

La conicité est choisie également en fonction de la hauteur de la pièce

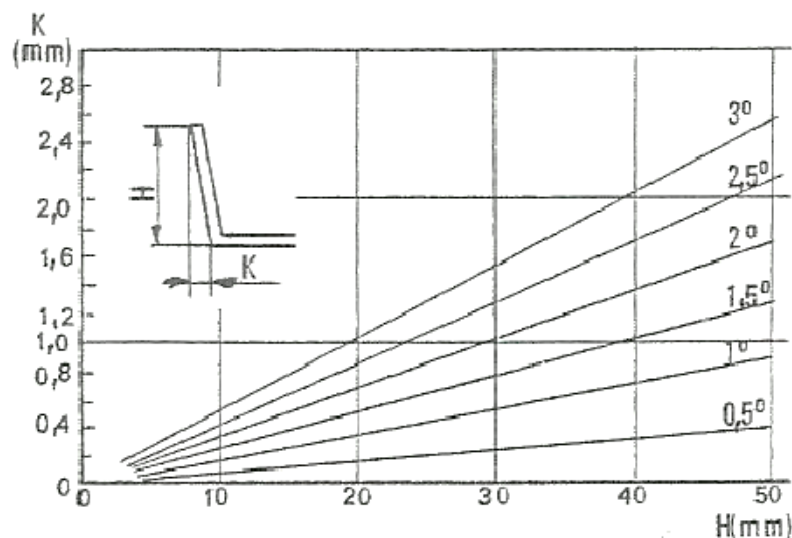
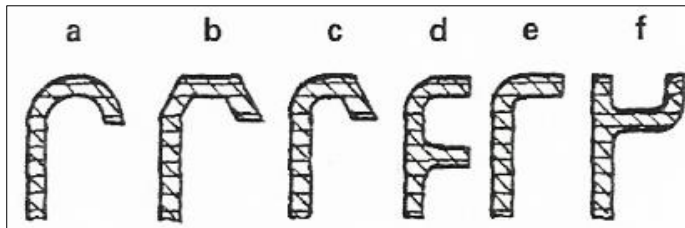


Figure III- 17. Angle de démoulage

3.6 Réalisation des bords

Pour obtenir une bonne rigidité de la pièce, il faut choisir un profil adéquat pour la bordure supérieure de la pièce.

L'épaisseur du profil qui réalise le bord doit être égal à celle de la pièce.



a, b, c, e, f : faciles à démouler

d : réalisation d'un tiroir dans le moule

Figure III- 18. Bordure supérieure

4. Dimensionnement des pièces

A priori, le concepteur disposait uniquement des données qui sont dictées par le constructeur à propos de leurs matériaux et également les résultats des essais à court terme et à long terme. Bien qu'en réalité, telles sources de données paraient insuffisantes pour pouvoir concevoir une pièce. Donc le concepteur tâche rajouter des essais supplémentaires.

4.1 Le comportement à court terme

4.1.1 Essai de choc

Cet essai permettra de :

- Classifier les produits entre eux
- Etudier l'influence du milieu

Pour l'essai de choc, l'essai sur pièce finie demeure indispensable (casque, protège pied, chaussure de SKI...)

4.1.2 Essai de flexion

Cet essai est adapté aux pièces fonctionnant en flexion telle que poussoir, interrupteur...

4.1.3 Essai de compression

Cet essai permet, d'une part l'étude du comportement en compression, d'autre, l'approche des problèmes de contact entre pièces (pression de Hertz).

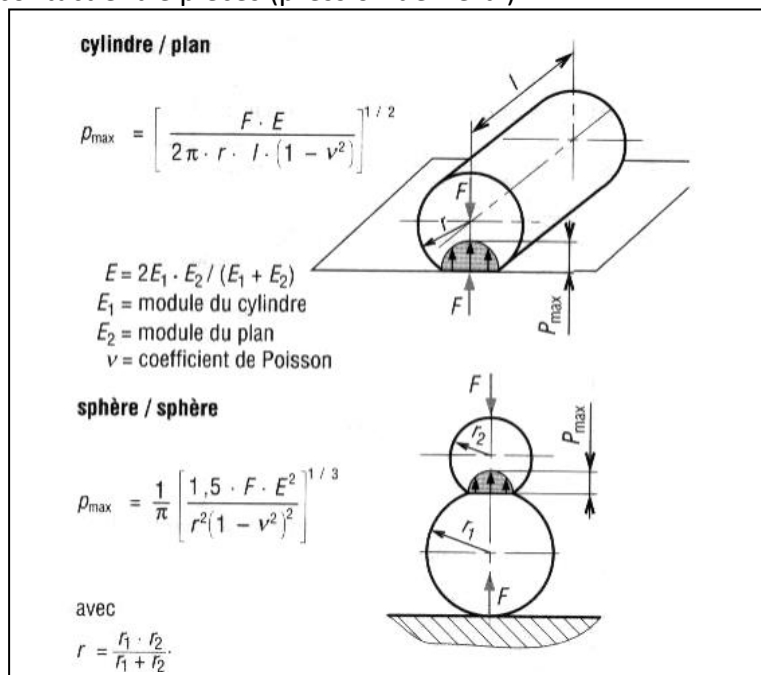
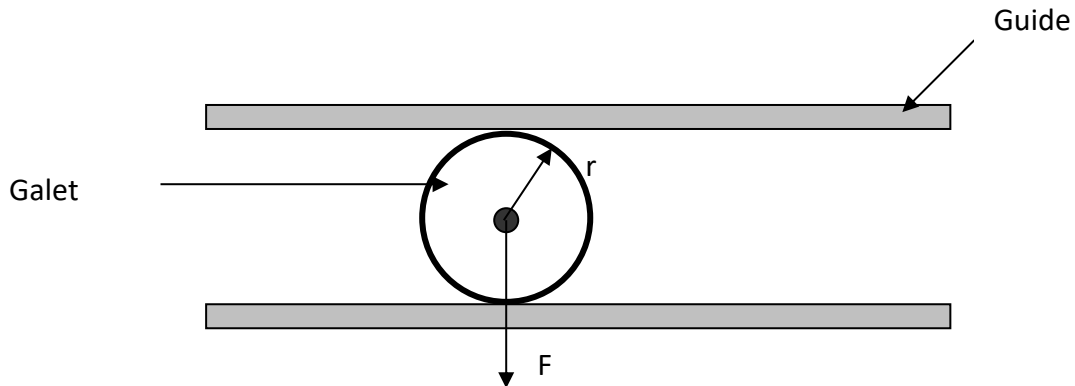


Figure III- 19. Définition des pressions localisées.

Exemple :

Etudier le contact entre les galets couissant d'un scanneur et le guide sachant que les galets sont en **POM** et le corps est en Styreniques (PS)

$F = 10\text{ N}$; $r = 6\text{ mm}$ et l'épaisseur du galet est de $e = 6\text{ mm}$



4.1.4 Essai de traction

Servant généralement :

- Aux calculs de pièces soumises à des efforts instantanés
- Aux comparaisons entre matériaux
- A l'étude de l'influence d'un milieu ambiant

Le résultat de l'essai peut être fonction des concentrations de contraintes :

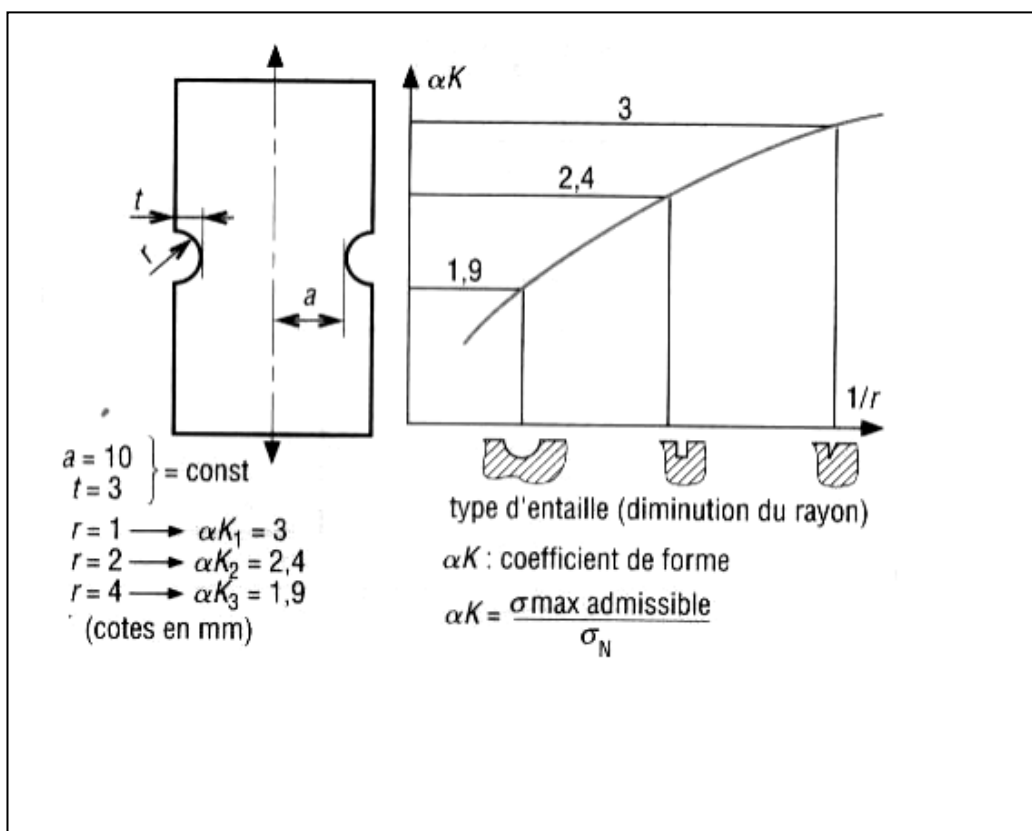


Figure III- 20. Influence du facteur d'entaille (doc Hoechst).

4.1.5 Exemples d'applications :

Grâce à leurs caractéristiques mécaniques, les plastiques ont apporté à l'industrie une solution élégante appelée « encliquetage » ou clipsage.

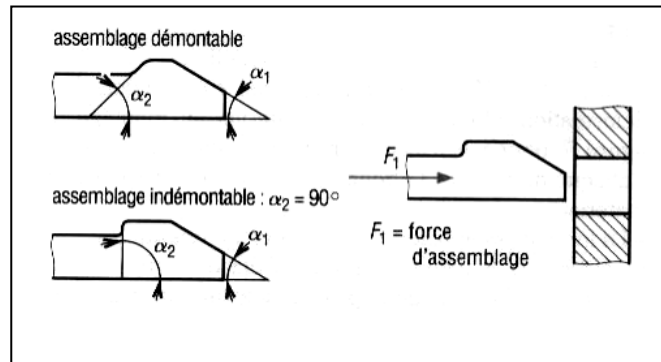


Figure III- 21. Exemple de clips

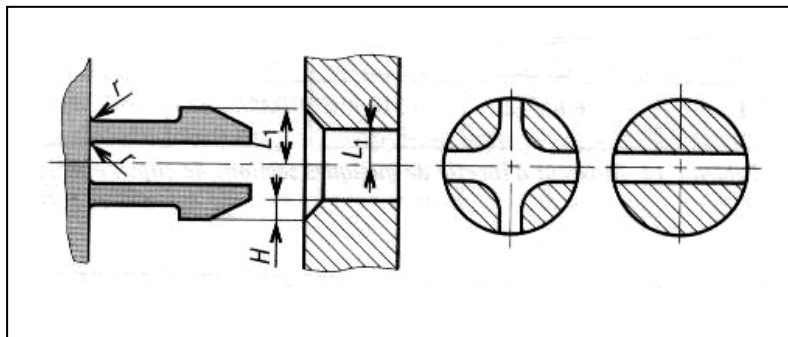


Figure III- 22. Forme des entailles amorce de rupture

Pour la conception des pièces :

- Eviter les entailles amorce de rupture (Fig. 21)
- Penser à la mise en œuvre tout en évitant les tiroirs
- Calculer la pièce pour son montage en déformation

	section s	H
<p>$\epsilon = \text{déformation maximale admissible à l'encastrement}$</p>		$H = \frac{2}{3} \frac{L^2}{h} \epsilon$
		$H = 0,578 \frac{L^2}{r} \epsilon$
		$H = 0,580 \frac{L^2}{r} \epsilon$
		$H = 0,555 \frac{L^2}{r} \epsilon$

Figure III- 23. Hauteur de clip en fonction de la déformation admissible

Il existe deux types de montage d'encliquetage : le premier est dont le démontage se fait par traction où l'angle α_2 est compris entre 30 et 45°, le second, son démontage se fait par déformation $\alpha_2 = 90^\circ$ (ce type de clips est dit indémontable par traction).

a. Encliquetage plan





Le calcul de conception d'un système d'encliquetage se résume en :

- Calcul de la hauteur **H** de l'encliquetage qui est fonction de la déformation admissible par le matériau au montage et aussi de la forme du crochet (figure 22).
- Calcul de la force de d'assemblage **F₁** ou la force de retenue **F₂** .

$$F_{1,2} = \frac{3H \cdot E \cdot I}{L^3} \times \frac{\mu + \tan \alpha_{1,2}}{1 - \mu \tan \alpha_{1,2}}$$

E : module d'élasticité (N/mm²)
I : moment d'inertie (mm⁴)
μ : facteur de frottement

Tableau III- 3. Moment d'inertie de quelques sections de clips

section				
I	$b \cdot h^3 / 12$	$0,110 r^4$	$0,0522 r^4$	$0,0508 r^4$

Application :

Le crochet cylindrique de la figure ci-dessous doit se monter dans un trou de diamètre $\Phi = 8mm$ en assurant une retenue de **50 N**. ceci est utilisé pour certain type de sac de sport (on estime qu'au maximum on retient **5 kg**). On opte pour les **POM** ($\epsilon_{adm} = 0.01$) comme matière pour ce crochet, car ils possèdent une meilleure tenue en fatigue et que l'ouverture et la fermeture de ce clip est d'en moyen 2 à 3 fois par jour.

Déterminer les dimensions du crochet et l'effort nécessaire pour l'encliquetage (force d'assemblage et force de démontage).

On donne : $\alpha_1 = 30^\circ$ et $\alpha_2 = 45^\circ$; $E = 2800 \text{ MPa}$; $\mu = 0,2$ et $L = 15 \text{ mm}$

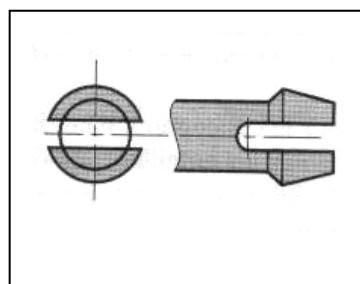


Figure III- 24. Dessin de clip plan

La figure 22 donne $H = 0.578 \frac{L^2}{r} \cdot \epsilon_{adm}$ si $r = \phi/2 = 4mm$ A.N : $H \approx 0.3 \text{ mm}$

La fente devra avoir au moins 2×0.3 pour permettre le montage.

Calcul de **F₁** : Force d'assemblage $F_1 = \frac{3 \cdot H \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \frac{\mu + \tan(\alpha_1)}{1 - \mu \cdot \tan(\alpha_1)}$ avec $I = 0,110 \cdot r^4 = 28,2 \text{ mm}^4$ et $\alpha_1 = 30^\circ$. Soit $F_1 = 18.5 \text{ N}$ et au total des 2 éléments : **37 N**

En prenant $\alpha_2 = 45^\circ$, on peut recalculer **F₂**, $F_2 = 31.6 \text{ N}$, Soit **64 N** au total des deux éléments.

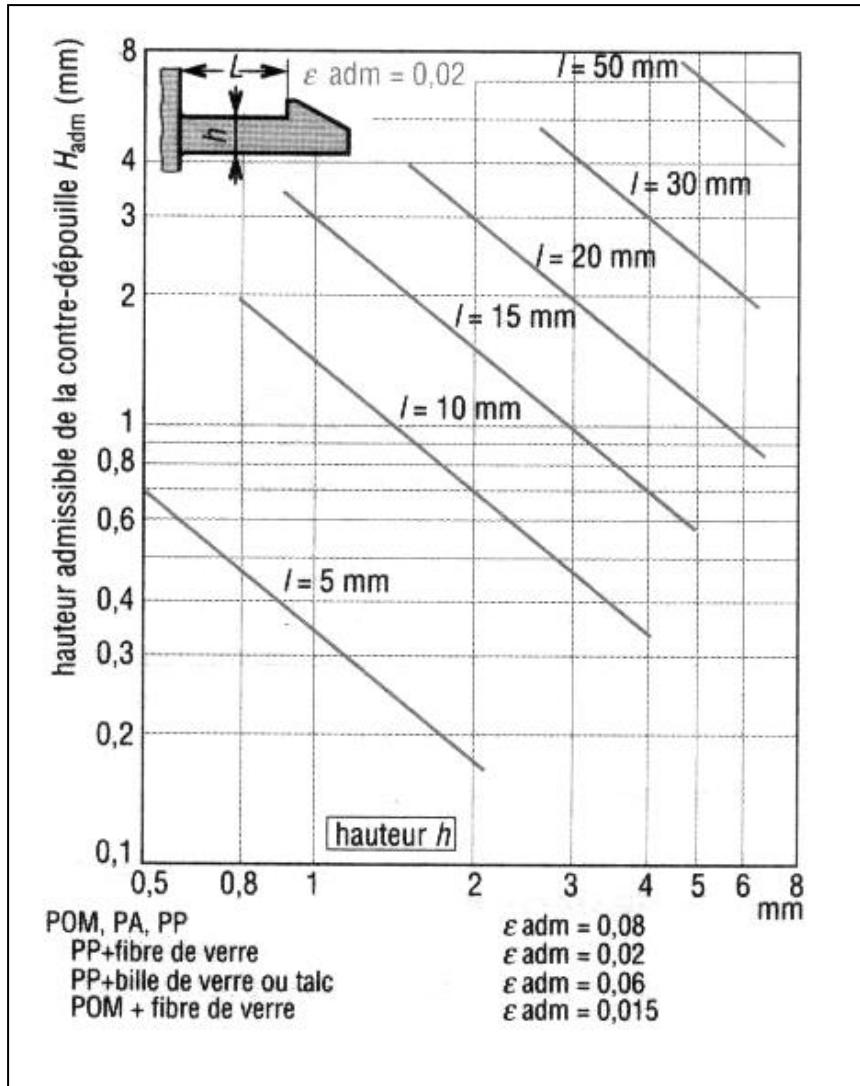


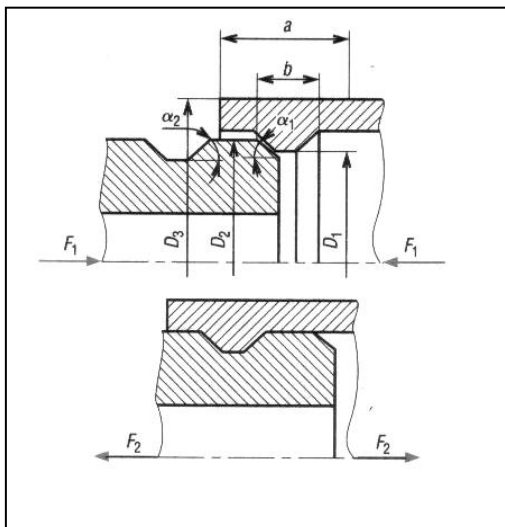
Figure III- 25. Abaque de calcul d'un clip demi-circulaire en POM (doc. Hoechst)

Remarque :

Pour d'autres valeurs de ϵ , on multipliera par le coefficient de proportionnalité ($\epsilon = 0,01$, on multiplie par 0,5, et pour $\epsilon = 0,04$ on multiplie le résultat H par 2).

b. Encliquetage cylindrique

Utilisé souvent dans la tuyauterie pour les raccords et les manchons en plastique.



La force d'assemblage F_1 ou de retenue F_2 se calcul en fonction de la pression d'assemblage p

$$F_{1,2} = \pi \cdot D_2 \cdot p \cdot 2b \cdot \frac{\mu + \tan \alpha_{1,2}}{1 - \mu \tan \alpha_{1,2}}$$

D_2 : diamètre extérieur de l'axe

b : largeur de l'encliquetage

p : pression d'assemblage

$$p = \frac{2H}{D_1} \cdot E \cdot \frac{1}{K}$$

D_1 : diamètre mini de l'encliquetage

E : module de l'élasticité

H : hauteur de l'encliquetage $H = \frac{(D_2 - D_1)}{2}$

K : facteur de forme donné par l'abaque suivant :

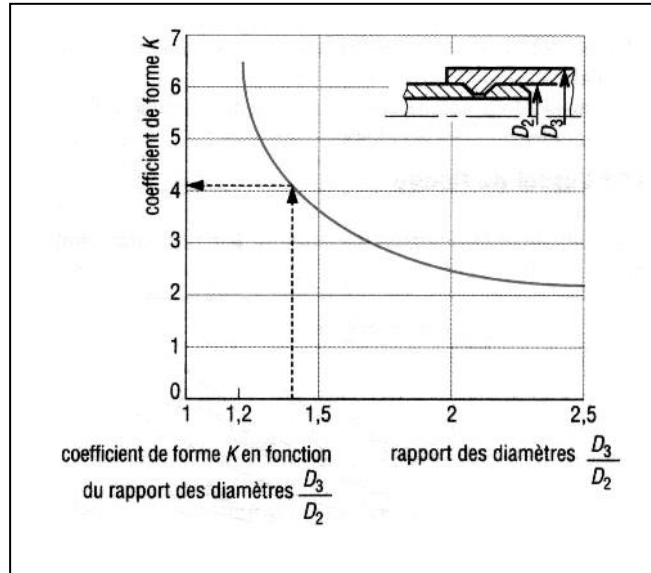


Figure III- 26. Abaque de calcul d'un clip cylindrique

c. Assemblage sphérique

Dans un assemblage sphérique on trouve une égalité entre les angles α_1 et α_2 et par conséquent $F_1 = F_2$. L'angle d'assemblage ou de retenue variera entre 8° pour $\mathcal{E}_{adm} = 0,01$ et 16° pour $\mathcal{E}_{adm} = 0,04$ (voir figure ci-dessous).

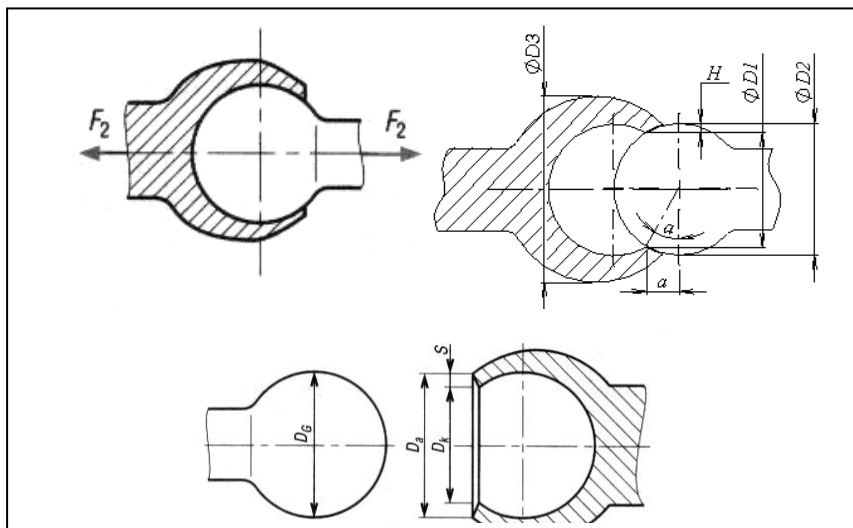


Figure III- 27. Dessin de clip sphérique

On peut donc donner une estimation des deux forces :

D_2 : diamètre extérieur rotule
 a : largeur d'encliquetage

$$F_{1,2} = \pi \cdot D_2 \cdot p \cdot 2 \cdot a \cdot \frac{\mu + \tan \alpha_{1,2}}{1 - \mu \tan \alpha_{1,2}}$$

p : la pression d'assemblage donnée par la relation $p = \frac{2H}{D_1} \cdot E \cdot \frac{1}{K}$

Exemple

Une articulation de commande de carburateur est constituée d'une rotule en polypropylène renforcé verre. On donne un diamètre $D_2 = 8 \text{ mm}$ et $D_3 = 12 \text{ mm}$.

- Déterminer le diamètre d'ouverture D_1 sachant que $\varepsilon = 0,01 = \frac{2H}{D_2}$
- Ecrire la relation : $\varepsilon = f(\alpha)$
- Calculer la largeur d'encliquetage a
- Déterminer le coefficient de forme K .
- Calculer la pression d'assemblage p sachant que $E = 4400 \text{ MPa}$
- Calculer la force d'assemblage ou de retenue F avec $\mu = 0,4$

4.2 Le comportement à long terme

Le concepteur s'attache, en définissant une pièce, à assurer les performances de celle-ci pendant toute la durée de fonctionnement

- Un emmanchement à force doit conserver un serrage suffisant pour continuer d'assurer sa fonction.
- Une pièce doit conserver ses dimensions sous contrainte afin de respecter les conditions dimensionnelles de fonctionnement.

Les essais à long terme vont donc fournir un ensemble de renseignements très précieux.

4.2.1 L'essai de fluage

Il permet :

- de connaître la déformation atteinte par une pièce sous contrainte

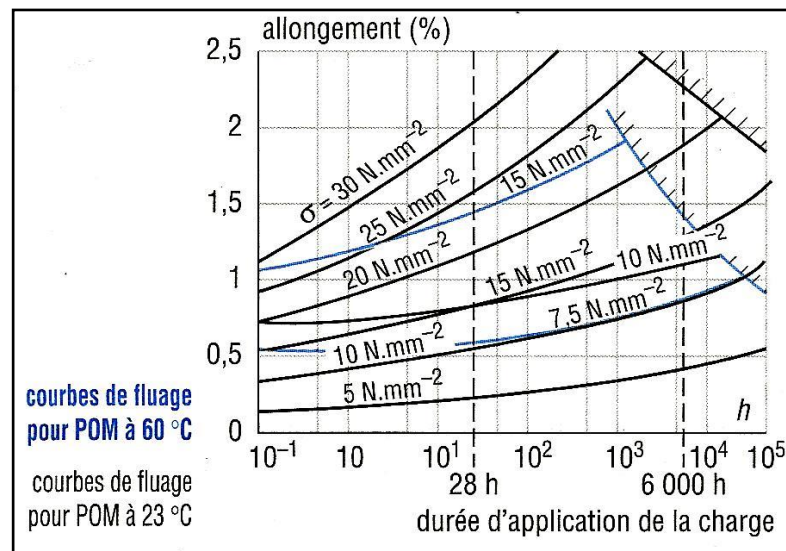


Figure III- 28. Courbe de fluage d'un POM

Par exemple, d'après les courbes (Fig. 26), une pièce en POM présentera une déformation de 1,3% pour une contrainte de 15 N/mm^2 pendant 6000 h à 23°C .

- de déterminer le module de fluage pour un temps, une température et une contrainte d'essais donnés, c'est-à-dire le module à utiliser pour le dimensionnement d'un objet.

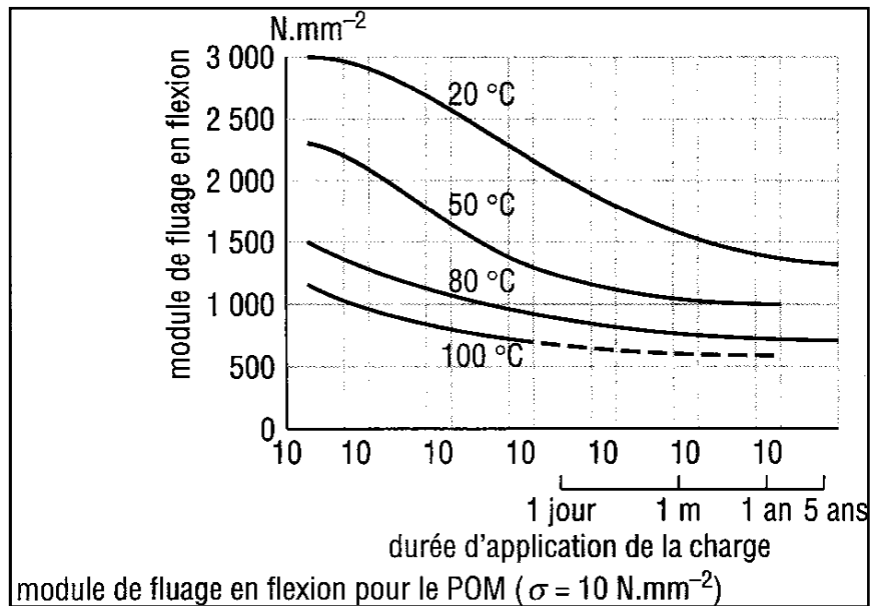


Figure III- 29. Modules de fluage en POM

4.2.2 L'essai de relaxation

Il permet :

- de connaître la contrainte résiduelle dans une pièce soumise à une déformation imposée comme un emmanchement à force d'une pièce plastique sur un axe métallique (Fig. 3). La pression décroît dans le temps diminuant la force de liaison

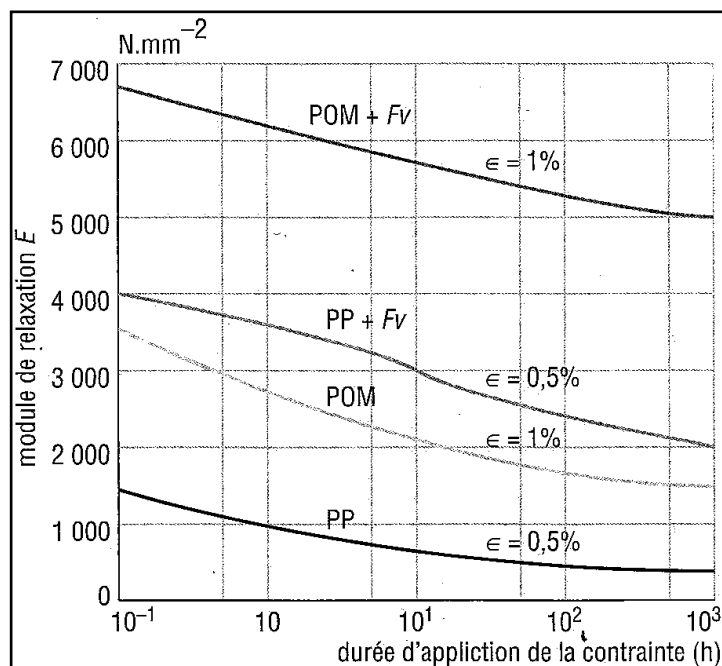


Figure III- 30. Modules de relaxation de différents polymères

- de déterminer le module de relaxation pour un temps, une température et une déformation imposée.

Ainsi lors d'un emmanchement à force, la pression d'assemblage ira en diminuant. Pour cela, il faut définir une surcote S de serrage. La déformation sera alors S/D_1 (D_1 diamètre d'emmanchement)

Le tableau suivant définit les surcotes ou plus exactement les déformations admissibles.

Tableau III- 4. Déformation admissibles pour les emmanchements

matériau	POM	POM + FV	PP	PP + FV
Rapport $S/D_1 = \varepsilon$				
pour $D_1 \leq 5$ mm	0,05	0,01	0,05	0,02
pour $5 < D_1 \leq 30$	0,03	0,01	0,03	0,02
pour $D_1 > 30$	0,005	0,005	0,005	0,01
pour encliquetage avec crochet	0,08	0,015	0,06	0,02
pour assemblages cylindriques	0,04	0,008	0,03	0,01

4.2.3 Exemples d'applications

a. Raccord de tube.

Quel doit être l'épaisseur d'un raccord en POM pour tuyaux de 80 mm de diamètre intérieur sous une pression de $0,6 \text{ N/mm}^2$ et pendant 10 ans à 20°C .

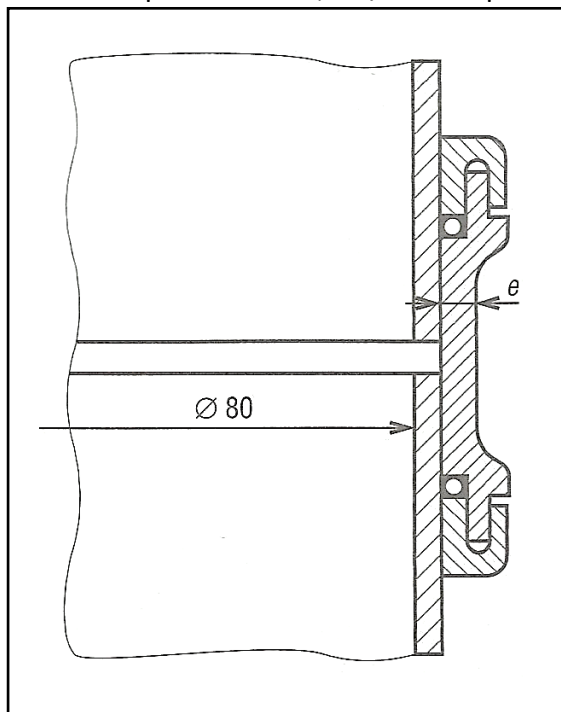


Figure. 29 Raccord de tube

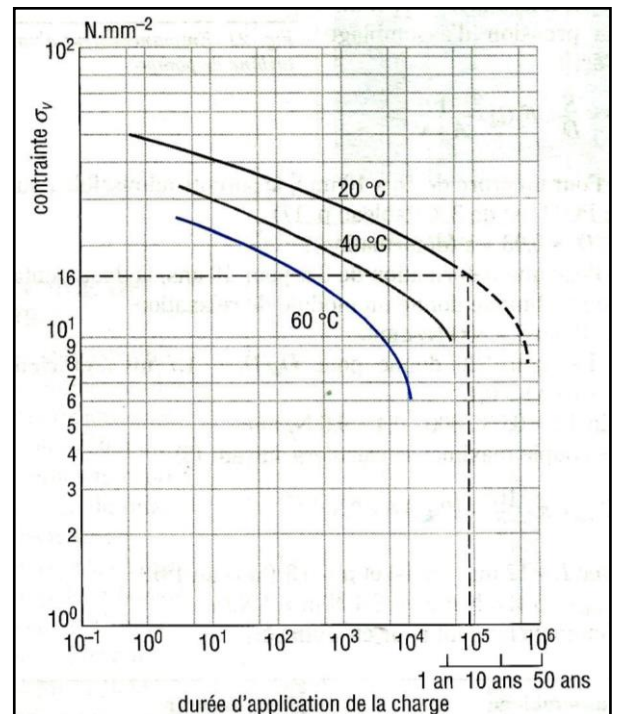


Figure. 30 Courbe de relaxation d'un POM

Figure III- 31. l'épaisseur d'un raccord en POM pour tuyaux

On prend un coefficient de sécurité $s = 2$ $\sigma_{adm} = \sigma_v/2$ or d'après (Fig. 20) $\sigma_v = 16 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{adm} = 8 \text{ N/mm}^2$.

L'épaisseur $e = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_{adm}}$ A.N : $e = 3 \text{ mm}$

b. Emmanchement de coussinet dans une cage métallique.

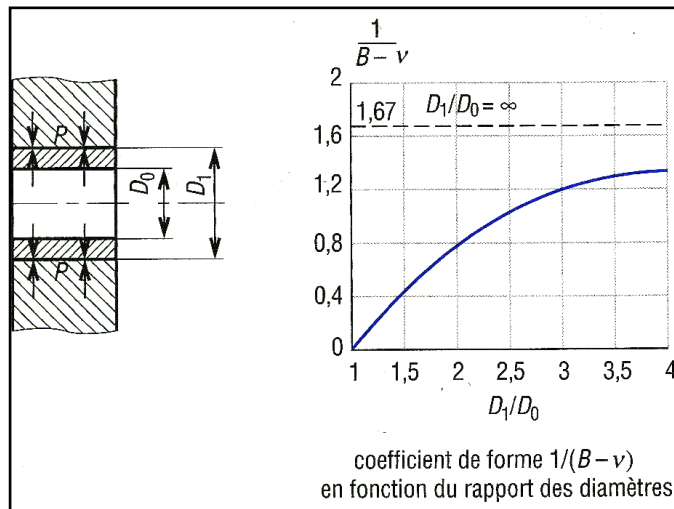
On calculera p_2 comme suit : $p_2 = \frac{S}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{B - \nu}$

S : Surcote définie tableau 4.

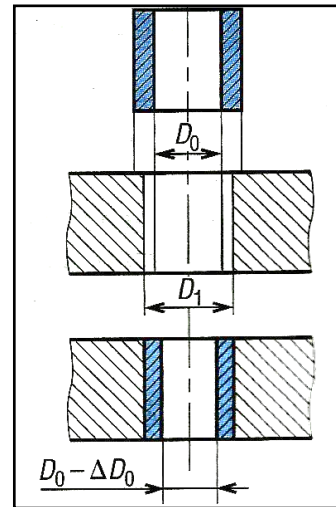
$E_r(t)$: Module de relaxation au temps t.

$\frac{1}{B - \nu}$: Coefficient de forme définie (Fig. 31).

Pour les coussinets en matières plastiques introduits en force dans un alésage métallique (Fig. 32), on prendra : $D_1/D_0 \geq 1,2$ (D'après documents Hoechst).



Emmanchement d'un coussinet



Diminution de diamètre d'un coussinet

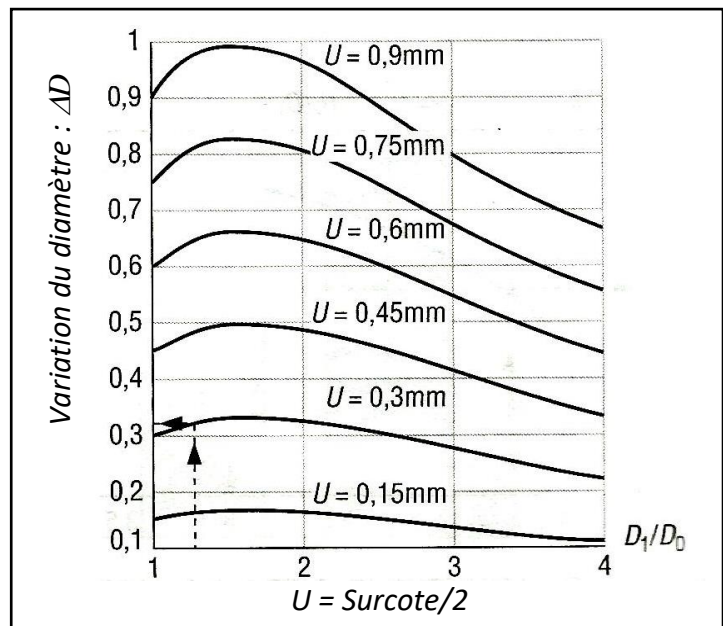
Dans le cas d'un emmanchement, la déformation se reportera essentiellement sur la bague en matière plastique.

Exemple :

Calculer la diminution de diamètre d'un coussinet en POM emmanché à force dans un alésage métallique (Fig. 32) avec : $D_0 = 16 \text{ mm}$ et $D_1 = 20 \text{ mm}$.

Pour $D_1 = 20 \text{ mm}$ le tableau 4 des surcotes S donne $S/D_1 \leq 0.03$
 d'où : $S \leq 0.06 \text{ mm}$; $U \leq 0.03 \text{ mm}$
 Avec : $\frac{D_1}{D_0} = \frac{20}{16} = 1.25$ la figure ci-contre donne $\Delta D \leq 0.64 \text{ mm}$.
 Alors : $D_0 \text{ réel} = 15,36 \text{ mm}$.

Tableau de variation de diamètre



c. Assemblage emmanché à force

Lorsqu'un assemblage emmanché à force (Fig. 34) est soumis à un effort axial, la force maximale sera calculée ainsi :

$$F_{\max} = \pi \cdot D_1 \cdot L \cdot p \cdot \mu$$

p : pression d'assemblage.

μ : facteur de frottement.

Pour ce même assemblage, le couple maximal sera calculé ainsi :

$$C_{\max} = \pi \cdot \frac{D_1^2}{2} \cdot L \cdot p \cdot \mu$$

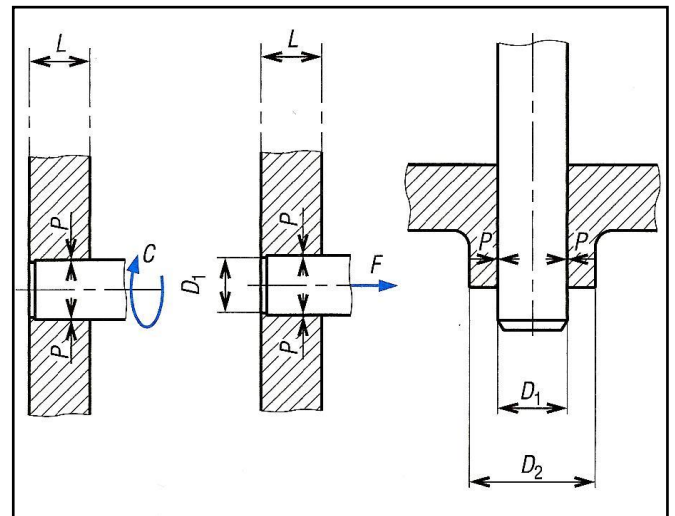
La pression d'assemblage sera en fonction :

- de la surcote entre axe et alésage.
- Du module de relaxation au temps considéré.

Ainsi on peut écrire :

$$p = \frac{S}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{A + \nu}$$

Le coefficient $\frac{1}{A + \nu}$ est donné par la figure suivante



Assemblage emmanché en force

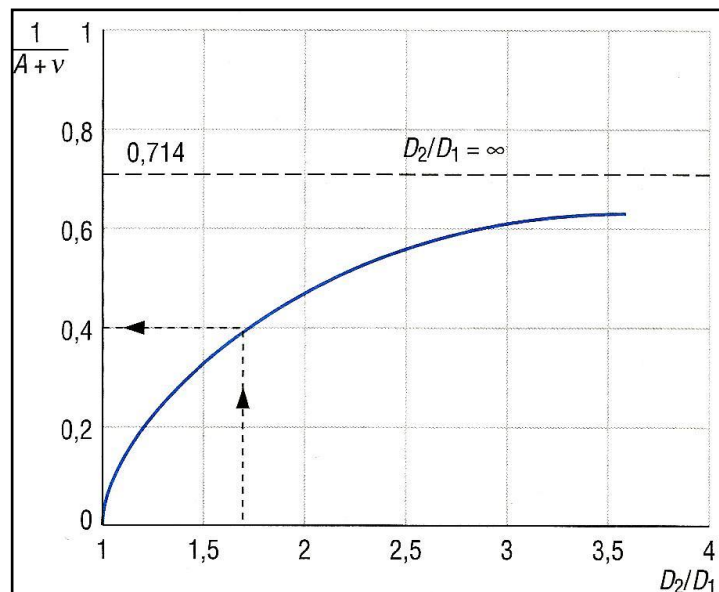


Figure III- 32. Coefficient de surcotes pour un assemblage emmanché en force

Pour des pièces en matières plastiques montées à force sur un axe métallique, on prendra : $D_1/D_2 > 1,6$.

Exemple :

Une turbine de pompe en POM doit être fixée par emmanchement à force sur l'axe d'un moteur (Fig. 36). On donne $D_1 = 10 \text{ mm}$; $L_{\max} = 15 \text{ mm}$; module de relaxation $E_r(10 \text{ ans}) = 800 \text{ MPa}$ et le couple transmis doit être supérieur à 3 N.m pendant 10 ans.

- Dimensionner l'emmanchement.

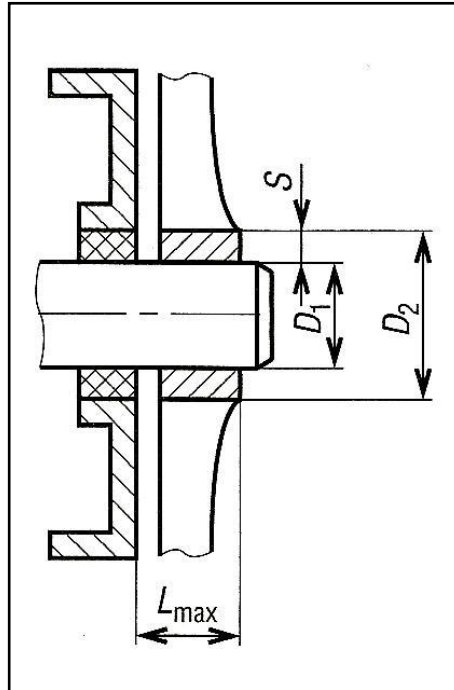


Figure III- 33. Emmanchement d'une turbine de pompe

On a : $D_1/D_2 > 1,6$ alors $D_2 > 16 \text{ mm}$ on prend $D_2 = 17 \text{ mm}$.

Pour un arbre de $D_1 = 10 \text{ mm}$, la surcote admissible pour le POM est de $3\% \frac{S}{D_1} = 0.03$

La figure 35 donne pour $D_2/D_1 = 1,7$ un coefficient $\frac{1}{A+v} = 0.4$

$$\text{Ainsi } p = \frac{S}{D_1} \cdot E_r(t) \cdot \frac{1}{A+v} = 0,03 \cdot 800 \cdot 0,4 = 9,6 \text{ MPa}$$

$$\text{Le couple maximal } C_{\max} = \pi \cdot \frac{D_1^2}{2} \cdot L \cdot p \cdot \mu = \pi \cdot \frac{10^2}{2} \cdot 12 \cdot 9,6 \cdot 0,3$$

$$C_{\max} = 5428 \text{ N.mm} = 4,428 \text{ N.m} > 3 \text{ N.m} \text{ l'emmanchement peut être utilisé.}$$