

41 Pièces moulées métalliques

Le moulage permet d'obtenir des pièces pleines ou creuses pouvant présenter des formes très compliquées. On réalise ainsi une sensible économie de matière et on réduit considérablement les frais d'usinage. Certains procédés de moulage, notamment le moulage en moule métallique sous pression et le moulage à la cire perdue, peuvent supprimer pour beaucoup de pièces tout usinage.

41.1 Principe du moulage

Le moulage d'une pièce est réalisé en remplissant le moule par le matériau en fusion.

Les principaux procédés de moulage sont :

- le moulage en sable silico-argileux et ses dérivés (procédé au sable auto-siccant, procédé au gaz carbonique, procédé à modèle perdu, procédé Shaw, etc.) ;
- le moulage en moule métallique ou moulage en coquille (par gravité, sous pression, par dépression) ;
- le moulage à la cire perdue.

41.11 Moulage en sable

Le moulage en sable convient pour tous les métaux de fonderie, notamment ceux à point de fusion élevé (fontes, aciers). Il s'adapte bien aux petites séries de pièces. C'est pratiquement le **seul procédé utilisé pour les très grandes pièces**.

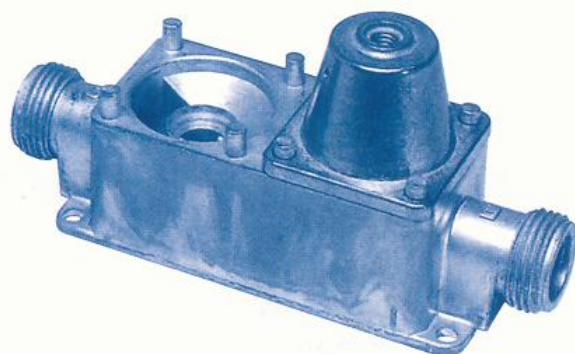
Un moule comporte en général et au minimum deux parties : un châssis inférieur et un châssis supérieur. La surface de contact des deux parties constitue le **joint du moule**.

L'**empreinte** de la pièce est généralement obtenue à l'aide d'un « modèle » en bois ou en métal. Afin de l'extraire du moule sans arracher de sable, il est nécessaire de prévoir les surfaces en dépouille.

REMARQUES

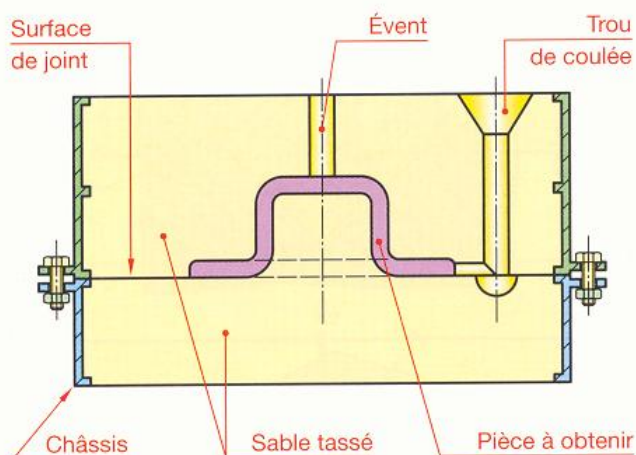
- ▶ Dans le cas du moulage à modèle perdu, le modèle est en polystyrène expansé et il reste prisonnier dans le sable. Il est détruit par la coulée du métal en fusion. Ce procédé est intéressant pour une fabrication unitaire (prototypes, montages d'usinage, etc.).
- ▶ Le moulage en sable est détruit après solidification de la pièce.

Régulateur de gaz pour caravane*

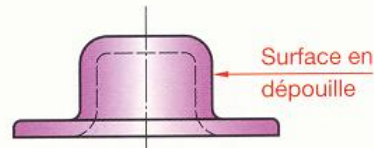


Zinc fonderie

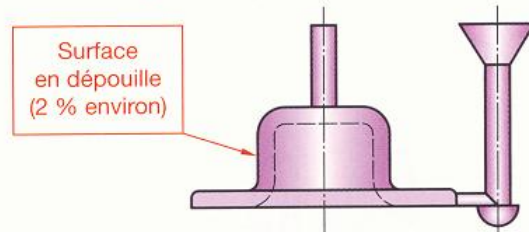
Principe du moulage en sable



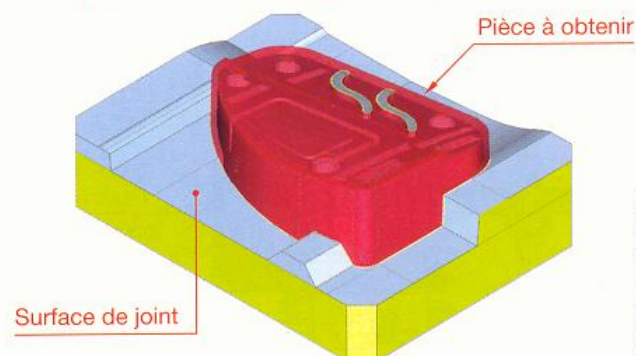
Modèle



État de la pièce à la sortie du moule



Exemple de surface de joint non plane



Modélisation TopSolid.

* Pièce en alliage de zinc (zamak) moulée en coquille sous pression.

41.12 Moulage en coquille

Le moulage en coquille convient aux matériaux à point de fusion inférieur à 900 °C (alliages cuivreux, alliages d'aluminium, alliages de zinc, matières plastiques, etc.).

Il est particulièrement adapté à la fabrication des pièces petites et moyennes.

Le matériau peut être coulé :

- soit par gravité ;
- soit par injection sous pression ;
- soit par dépression (en faisant le vide dans la coquille).

41.121 Moulage en coquille par gravité

Le procédé est analogue au moulage en sable, sauf que le moule est métallique. On utilise le même moule pour toute une série de pièces.

La précision et l'état de surface obtenus sont meilleurs que ceux obtenus par le moulage en sable (§ 16.44 et 17.48). Le prix assez élevé des moules fait que ce procédé n'est utilisé qu'à partir de fabrications en moyennes séries.

41.122 Moulage en coquille sous pression

Le métal fondu est injecté sous pression dans le moule. Il est ainsi possible d'obtenir des formes complexes ou peu épaisses que les procédés précédents ne permettraient pas (difficultés de remplissage de toutes les parties du moule).

La précision et l'état de surface obtenus sont excellents (§ 16.44 et 17.48).

À cause du prix relativement élevé des moules, ce procédé n'est utilisé que pour des fabrications en grandes séries.

41.13 Moulage à la cire perdue

Le moulage à la cire perdue convient pour tous les métaux de fonderie.

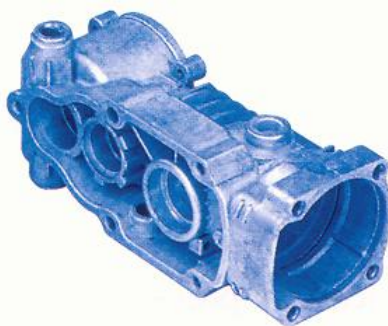
Le prix de revient est élevé mais il permet d'obtenir des pièces petites et moyennes avec une précision et un état de surface tout à fait remarquables (§ 16.44 et 17.48).

Les pièces sont habituellement moulées « en grappe ».

Les principales étapes pour l'obtention d'une pièce sont les suivantes :

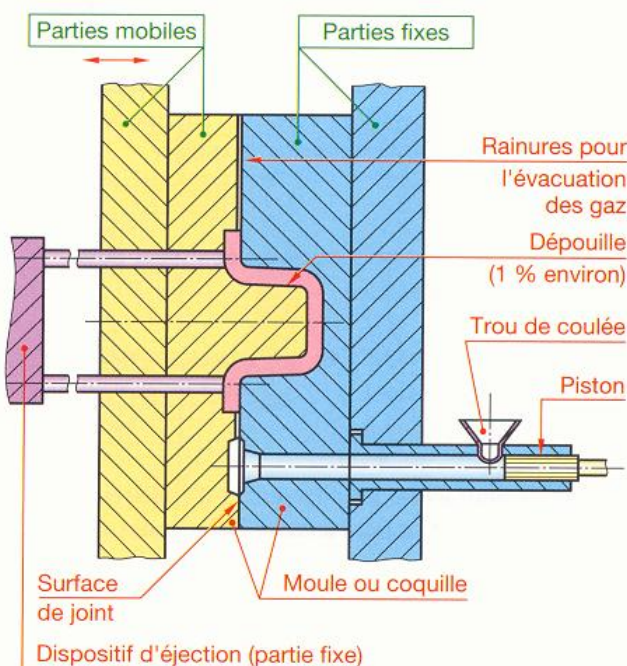
- réalisation d'un modèle en cire ou en résine ;
- recouvrement du modèle avec un enduit réfractaire ;
- mise en place de cette grappe dans un châssis et maintien de cette grappe à l'aide d'un sable fin spécial, (voir page suivante) ;

Boîte de vitesses d'affûteuse

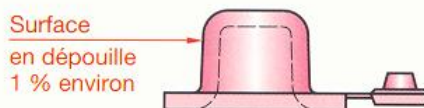


Böllhoff

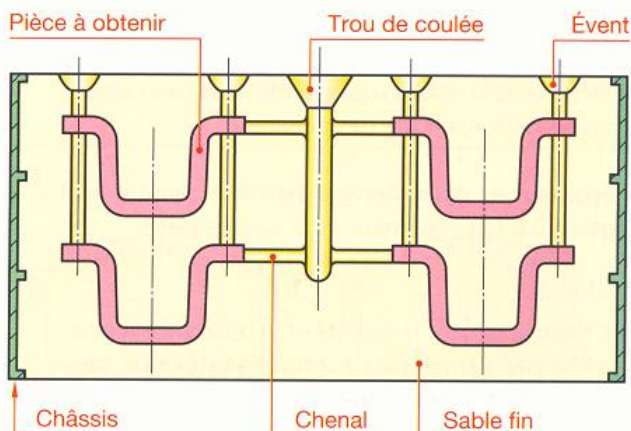
Principe du moulage en coquille sous pression



État de la pièce à la sortie du moule



Principe du moulage à la cire perdue



- élimination de la cire, généralement par chauffage (châssis retourné) ;
- coulée du matériau ;
- après solidification, extraction de la grappe de pièces par destruction du moule ;
- sectionnement des conduits de coulée et des événements.

41.2 Tracé des pièces métalliques

Afin d'obtenir des pièces homogènes, sans crique ou retassure, il est nécessaire d'observer quelques règles essentielles.

D'autre part, pour des raisons techniques et économiques, il est conseillé de consulter un spécialiste avant d'effectuer le tracé définitif de la pièce.

RÈGLE 1

Les pièces doivent présenter une épaisseur aussi uniforme que possible.

On évitera les angles vifs en les remplaçant par des congés de raccordement.

RÈGLE 2

Si on ne peut éviter les différences d'épaisseurs, celles-ci doivent se faire aussi régulièrement que possible.

Comme précédemment, on évitera les angles vifs en les remplaçant par des congés de raccordement. L'accroissement de masse est sensiblement proportionnel au rapport des surfaces des cercles inscrits. En général, on s'efforcera de ne pas dépasser un accroissement de 60 % sur 10 mm.

RÈGLE 3

Éviter le raccordement en croix des épaisseurs ou creuser afin d'éliminer une masse de matière.

RÈGLE 4

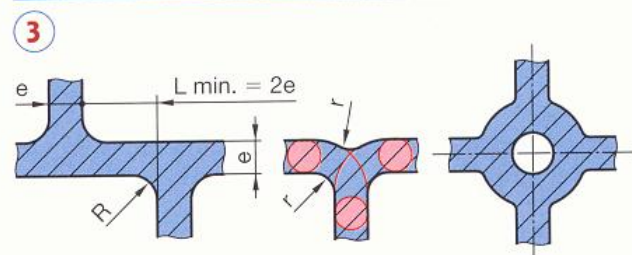
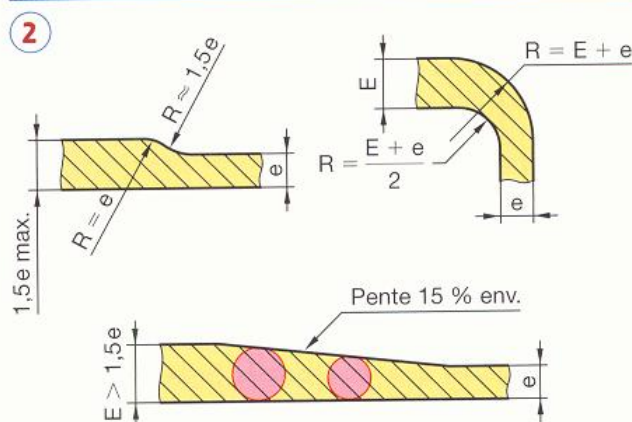
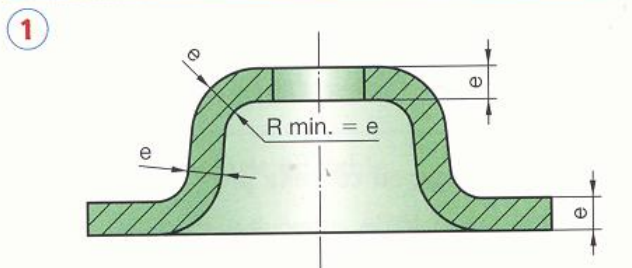
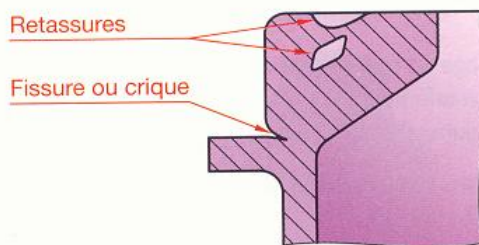
Éviter la déformation des grandes surfaces planes en les renforçant par des nervures.

L'épaisseur e_1 d'une nervure peut être sensiblement égale à 0,8 fois l'épaisseur de la surface plane.

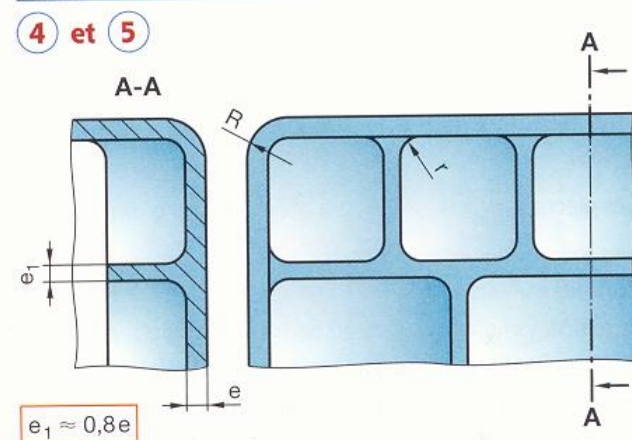
RÈGLE 5

Choisir d'assurer la rigidité et la résistance d'une pièce par l'emploi de nervures plutôt que par des sections importantes.

On gagne en poids et en homogénéité du matériau.



$$\begin{aligned} R &= e \quad \text{pour } e \leq 10 \\ R &= 0,3e \quad \text{pour } e > 10 \end{aligned}$$



RÈGLE 6

Les formes en caisson résistent bien aux efforts de torsion.

Les formes nervurées résistent bien aux efforts de compression.

RÈGLE 7

Chaque fois que cela sera possible, remplacer les bossages par des usinages locaux.

Afin de faciliter la fabrication des moules et de réduire le prix de revient des pièces, on reporte les bossages :

- à l'intérieur pour les pièces moulées en sable ;
- à l'extérieur pour les pièces moulées en coquille.

RÈGLE 8

Lors de la conception d'une pièce, il faut tenir compte du sens de démoulage du modèle ou de la pièce.

RÈGLE 9

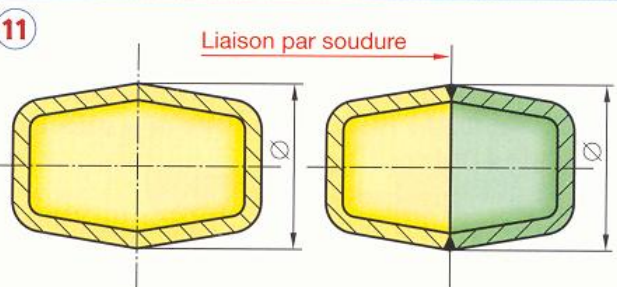
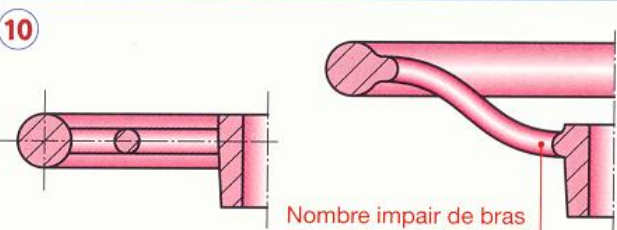
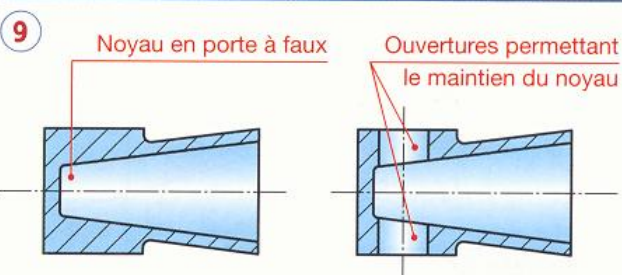
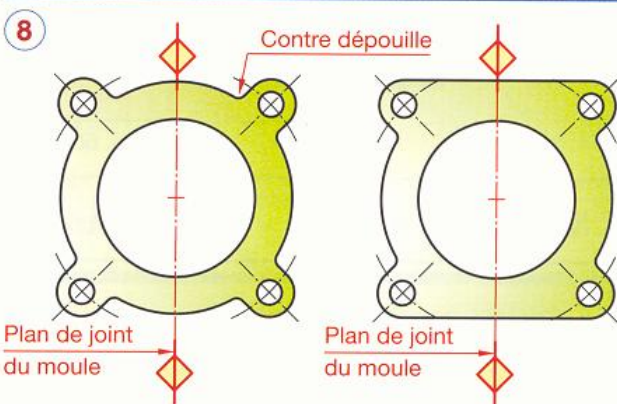
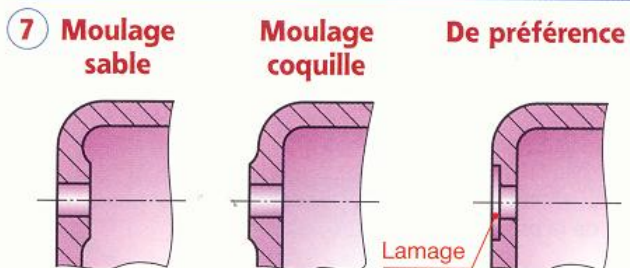
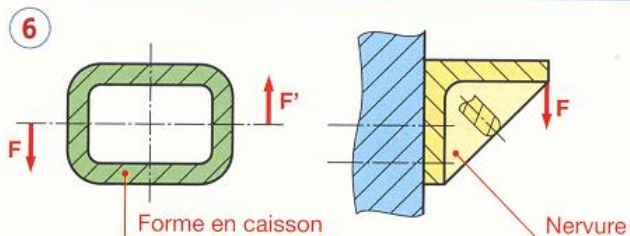
Veiller à ce que les ouvertures permettent une bonne évacuation des gaz et assurent une résistance mécanique suffisante aux noyaux (un noyau doit en général être maintenu à ses deux extrémités).

RÈGLE 10

Éviter les formes peu élastiques au moment du retrait de solidification.

RÈGLE 11

Certaines pièces impossibles à mouler (ou présentant trop de difficultés) peuvent être obtenues en les décomposant en éléments simples que l'on assemble ensuite par vis ou par soudure (si le matériau est facilement soudable).



41.3 Possibilités de la fonderie

41.31 Principaux matériaux utilisés

Les principaux matériaux utilisés sont : les fontes, les aciers, l'aluminium, les alliages légers, les alliages de cuivre, les alliages de zinc et les plastiques. Les caractéristiques de ces matériaux sont données aux chapitres 79, 81 et 82.

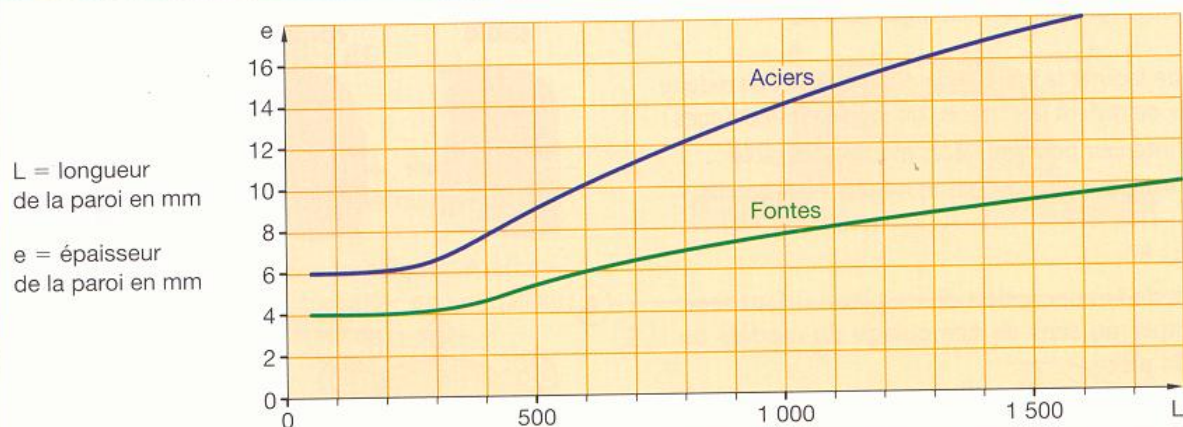
41 . 32 Épaisseur minimale des pièces

L'épaisseur minimale ou « épaisseur critique » est l'épaisseur au-dessous de laquelle on ne peut être assuré que le métal remplit entièrement le moule de la pièce.

À titre indicatif, nous donnons un graphique et un abaque* permettant de déterminer l'ordre de grandeur de cette épaisseur minimale pour les aciers, fontes et alliages légers.

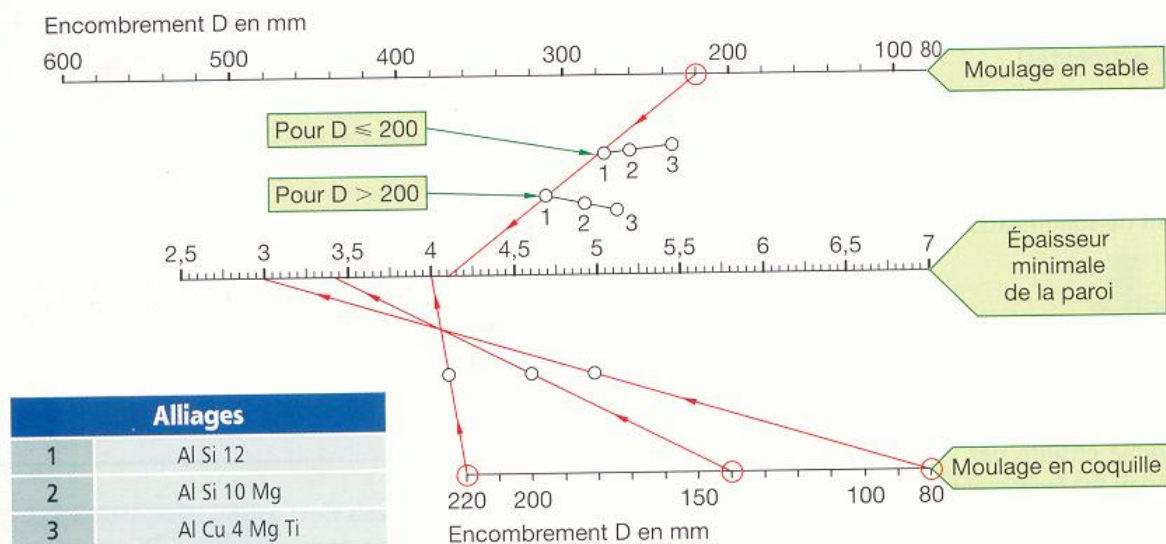
41 . 321 Aciers et fontes

MOULAGE EN SABLE



41 . 322 Alliages légers

ABAQUE DE ROINET



EMPLOI DE L'ABAQUE

■ Paroi de forme rectangulaire

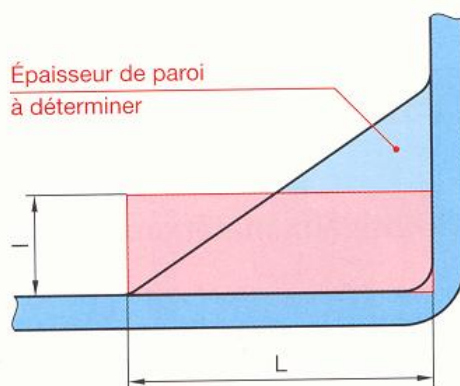
Soit L la longueur et l la largeur de la paroi.

1° Calculer la cote d'encombrement : $D = \frac{L + l}{2}$.

2° Aligner cette valeur reportée sur l'échelle qui correspond au procédé, et le point 1, 2 ou 3 choisi en fonction du matériau. Lire l'épaisseur minimale de la paroi sur l'échelle du milieu.

■ Paroi de forme quelconque

Les dimensions L et l correspondent aux dimensions d'un rectangle théorique de même superficie que celle de la paroi. On choisit pour L la plus grande dimension de la paroi.



* D'après les travaux des « Centres techniques des industries de la fonderie » et du « Centre technique de l'aluminium ».

41 . 33 Diamètre minimal des noyaux

Le diamètre minimal d'un noyau est fonction de :

- sa résistance mécanique ;
- sa déformation sous son propre poids.

Le diamètre minimal varie donc en fonction de la longueur du noyau.

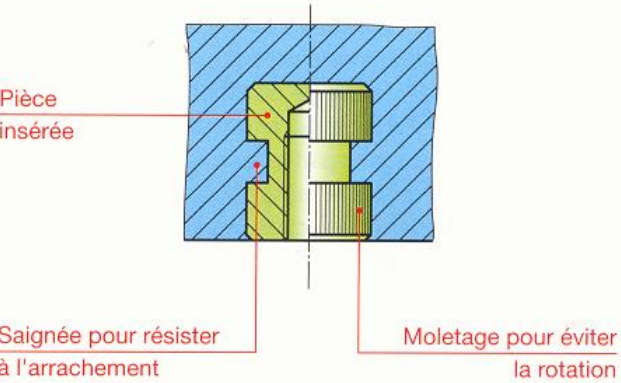
D'autre part, il est quelquefois plus économique d'usiner dans une pièce massive que de faire venir un trou de fonderie.

Diamètre minimal des trous venant de fonderie	
Moulage en sable	15 mm environ
Moulage en coquille par gravité	5 mm environ
Moulage en coquille sous pression	1 mm environ

41 . 34 Insertion de pièces

Le moulage en coquille permet d'insérer des éléments en un autre matériau, généralement plus dur et comportant par exemple un taraudage. La pièce à insérer est mise en place à l'intérieur du moule vide et se trouve emprisonnée en pleine matière après injection (voir figure et § 50.5).

Insertion de pièces – Surmoulage



41 . 35 Tolérances – États de surface

Consulter les tableaux des § 16.4 et 17.48.

41 . 36 Symbolisations spécifiques*

NF ISO 10135

Élément	Symbole	Exemple
Surface de joint	 0,5*	Spécification
Sens de la dépouille	Dans un seul sens Dans les deux sens ou	Signification
Trace de joint périphérique	 1,5 max.	Signification
Reliefs	En saillie Ø 4 x 1 En creux Ø 4 x 1	Spécification

* Pour tous matériaux, pièces moulées ou matricées.