

5 Conception de pièces brutes

5.1 Conception de pièces moulées

5.1.1 Principe du moulage

Obtention des pièces par coulée et solidification d'un métal ou d'un alliage, dans une empreinte appelée « MOULE ».

Exemple : figures 5.01 et 5.03.

Il existe 2 types de moules :

- Les moules non permanents ou moules destructibles : MOULAGE EN SABLE,
- Les moules permanents : MOULAGE EN COQUILLE, par gravité ou sous pression.

5.1.2 Choix d'un procédé de moulage

Critères de choix :

- Caractéristiques mécaniques exigées,
- Nombre de pièces à exécuter,
- Précision dimensionnelle imposée,
- Complexité des formes et poids,
- Etat de surface exigé,
- Délais de fabrication envisagés.

Type de moulage	Série	IT	R_a
Sable	petite	$\pm 0,5$	12,5
Coquille par gravité	moyenne	$\pm 0,3$	3,2
Coquille sous pression	grande	$\leq 0,1$	1,6
Carapace ou Croning	grande	$\pm 0,3$	0,8
Cire perdue	très grande	$\pm 0,03$	1,6

5.1.3 Le moulage en sable

■ Domaine d'utilisation

- petites séries, unité, prototypes⁽¹⁾
- pièces de grandes dimensions.

■ Modes de moulages

- moulage manuel (de 1 à 20 pièces),
- moulage mécanique avec *plaques modèles* (pour petites séries).

■ Constitution du moule (Fig. 5.03)

- les *châssis* ; cadres métalliques contenant le sable,
- le *sable* ; silice + argile (plastique et réfractaire),
- l'*empreinte*, réalisée à partir de modèles et de noyaux,
- le *modèle ou la plaque modèle* ; en bois, en plâtre, en résine ou métallique,

(1) Les prototypes, corps de montage... sont réalisés à partir d'un modèle en polystyrène expansé, détruit par la coulée du métal en fusion.

(2) Ce chapitre a été réalisé en collaboration avec M. Derouilhès, professeur technique de fonderie, et d'après les publications des centres techniques des industries de la fonderie.

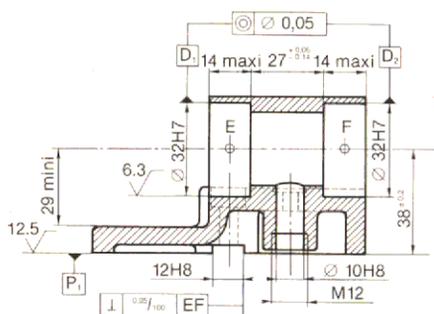


Fig. 5.01. — Support - Ft 20 moulé.

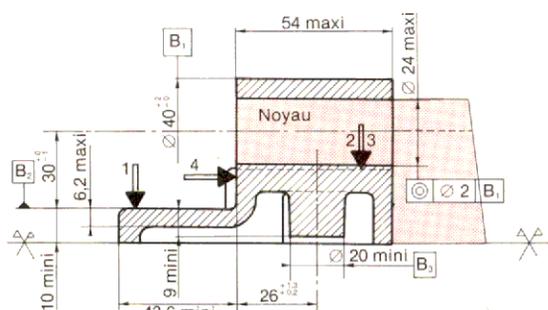


Fig. 5.02. — Etude de moulage.

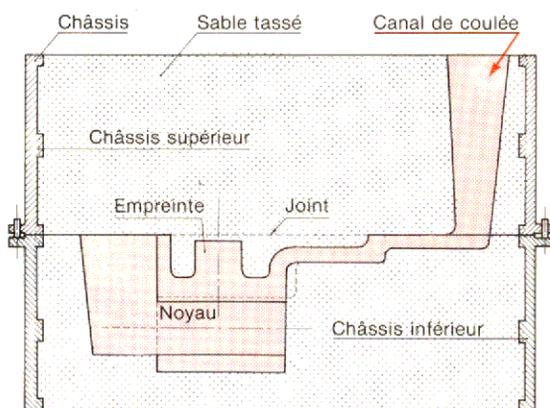


Fig. 5.03. — Constitution du moule.

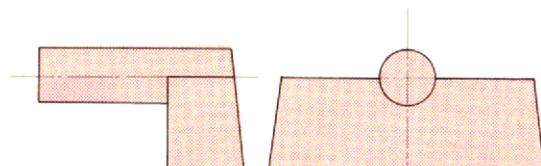


Fig. 5.04. — Forme du noyau en sable.

— les noyaux en sable (Fig. 5.04), pour obtenir les parties creuses (noyau intérieur) ou les formes en contre dépouille (noyau extérieur).

Exemples de prix au 01/1982

Fonte Ft 20 : jet 7 F le kg
 pièces simples 12 F le kg
 pièces complexes 20 F le kg

Fonte GS : jet 7 F le kg
 pièce moulée 13 à 28 F le kg

Alliages d'aluminium :

pièce moulée en A-S 13 22 à 30 F le kg
 pièce moulée en A U5 GT 28 à 37 F le kg

Remarque : De nombreuses opérations de finition influent sur le prix de revient :

- déburrage des noyaux en sable,
- sciage des dispositifs de coulée : masselottes, canal d'alimentation...,
- ébarbage, grenailage...

■ Choix de l'alliage

Tous les métaux et alliages ayant un point de fusion élevé sont moulables.

Les critères de choix de l'alliage sont :

- le prix de revient de la pièce,
- les propriétés spécifiques recherchées,
- les caractéristiques mécaniques imposées.

MOYENNE DES PRIX (Indice de comparaison)

Pour pièces simples					
Alliages	0	1	5	10	12
Aciers					
Alliages d'Al.					
Alliages de Cu					
Alliages de Zn					
Fontes					

PROPRIETES SPECIFIQUES (Indices de comparaison)

APTITUDE AU MOULAGE					APTITUDE A L'USINAGE				
0 → 100					0 → 100				
Aciers	A 40 M				Aciers	A 40 M			
	A 65 M					A 65 M			
Alliages d'aluminium	AS 13				Alliages d'aluminium	AS 13			
	AS 10 G					AS 10 G			
	AU 5 GT					AU 5 GT			
Fontes	Ft 15				Fontes	Ft 15			
	Ft 25					Ft 25			
	Ft 40					Ft 40			
	FGS-MP					FGS-MP			
	MN-MB					MN-MB			
CAPACITE D'AMORTISSEMENT DES VIBRATIONS					APTITUDE AU SOUDAGE ET BRASAGE				
0 → 100					0 → 100				
Aciers	A 40 M				Aciers	A 40 M			
	A 65 M					A 65 M			
Alliages d'aluminium	AS 13				Alliages d'aluminium	AS 13			
	AS 10 G					AS 10 G			
	AU 5 GT					AU 5 GT			
Fontes	Ft 15				Fontes	Ft 15			
	Ft 25					Ft 25			
	Ft 40					Ft 40			
	FGS-MP					FGS-MP			
	MN-MB					MN-MB			
RESISTANCE A L'USURE					RESISTANCE A LA CORROSION ATMOSPHERIQUE				
0 → 100					0 → 100				
Aciers	A 40 M				Aciers	A 40 M			
	A 65 M					A 65 M			
Alliages d'aluminium	AS 13				Alliages d'aluminium	AS 13			
	AS 10 G					AS 10 G			
	AU 5 GT					AU 5 GT			
Fontes	Ft 15				Fontes	Ft 15			
	Ft 25					Ft 25			
	Ft 40					Ft 40			
	FGS-MP					FGS-MP			
	MN-MB					MN-MB			

CARACTERISTIQUES MECANQUES

(Indices de comparaison)

RESISTANCE A LA TRACTION (daN/mm ²)				ALLONGEMENT (%)			
0 → 100				0 → 20			
Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]		Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]	
	A 65 M	[Barres hachurées]			A 65 M	[Barres hachurées]	
Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]		Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]	
	AS 10 G	[Barres hachurées]			AS 10 G	[Barres hachurées]	
	AU 5 GT	[Barres hachurées]			AU 5 GT	[Barres hachurées]	
Fontes	Ft 15	[Barres noires]		Fontes	Ft 15	[Barres noires]	
	Ft 25	[Barres noires]			Ft 25	[Barres noires]	
	Ft 40	[Barres noires]			Ft 40	[Barres noires]	
	FGS-MP	[Barres noires]			FGS-MP	[Barres noires]	
	MN-MB	[Barres noires]			MN-MB	[Barres noires]	
LIMITE D'ELASTICITE (daN/mm ²)				MODULE D'ELASTICITE (daN/mm ²) (Rigidité)			
0 → 100				0 → 20.000			
Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]		Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]	
	A 65 M	[Barres hachurées]			A 65 M	[Barres hachurées]	
Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]		Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]	
	AS 10 G	[Barres hachurées]			AS 10 G	[Barres hachurées]	
	AU 5 GT	[Barres hachurées]			AU 5 GT	[Barres hachurées]	
Fontes	Ft 15	[Barres noires]		Fontes	Ft 15	[Barres noires]	
	Ft 25	[Barres noires]			Ft 25	[Barres noires]	
	Ft 40	[Barres noires]			Ft 40	[Barres noires]	
	FGS-MP	[Barres noires]			FGS-MP	[Barres noires]	
	MN-MB	[Barres noires]			MN-MB	[Barres noires]	
RESISTANCE A LA FATIGUE (daN/mm ²) (flexion rotative)				RESISTANCE AU CHOC (daJ/cm ²) (éprouvettes entaillées CHARPY)			
0 → 100				0 → 5			
Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]		Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]	
	A 65 M	[Barres hachurées]			A 65 M	[Barres hachurées]	
Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]		Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]	
	AS 10 G	[Barres hachurées]			AS 10 G	[Barres hachurées]	
	AU 5 GT	[Barres hachurées]			AU 5 GT	[Barres hachurées]	
Fontes	Ft 15	[Barres noires]		Fontes	Ft 15	[Barres noires]	
	Ft 25	[Barres noires]			Ft 25	[Barres noires]	
	Ft 40	[Barres noires]			Ft 40	[Barres noires]	
	FGS-MP	[Barres noires]			FGS-MP	[Barres noires]	
	MN-MB	[Barres noires]			MN-MB	[Barres noires]	
DURETE (Brinell 10.3000)				RESISTANCE A LA COMPRESSION			
0 → 300				0 → 200			
Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]		Aciers	A 40 M	[Barres hachurées]	
	A 65 M	[Barres hachurées]			A 65 M	[Barres hachurées]	
Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]		Alliages d'aluminium	AS 13	[Barres hachurées]	
	AS 10 G	[Barres hachurées]			AS 10 G	[Barres hachurées]	
	AU 5 GT	[Barres hachurées]			AU 5 GT	[Barres hachurées]	
Fontes	Ft 15	[Barres noires]		Fontes	Ft 15	[Barres noires]	
	Ft 25	[Barres noires]			Ft 25	[Barres noires]	
	Ft 40	[Barres noires]			Ft 40	[Barres noires]	
	FGS-MP	[Barres noires]			FGS-MP	[Barres noires]	
	MN-MB	[Barres noires]			MN-MB	[Barres noires]	

1 Possibilités d'augmentation par traitements thermiques

FGS : fonte de graphite sphéroïdal MN : fonte malléable à cœur noir

MP : » malléable perlitique MB : » » » blanc

■ Epaisseur des parois moulées

Le remplissage correct de l'empreinte implique une épaisseur minimale des parois.

— *Epaisseur minimale des parois des pièces en aciers ou en fontes* : voir abaque (Fig. 5.05).

— *Epaisseur minimale des parois des pièces en alliages légers, suivant le mode de moulage* : voir abaque (Fig. 5.06).

Cas des parois rectangulaires de longueur L et de largeur l :

$$D = \frac{L+l}{2}$$

Cas d'une paroi de forme quelconque : prendre une paroi de surface équivalente, avec L pour plus grande dimension (Fig. 5.06).

■ Surépaisseurs d'usinage et tolérances dimensionnelles NF A 32 011

Cotes nominales de référence		Plus grande dimension				
		de (exclus)				
		100	160	250	630	
		à (inclus)				
		≤100	160	250	630	1000
de (exclus)	à (inclus)	Surépaisseurs d'usinage				
	≤ 16	2,5	2,5	2,5	3,5	4
16	25	2,5	2,5	2,5	3,5	4
25	40	2,5	2,5	2,5	4	4,5
40	63	3	3	3	4	4,5
63	100	3	3	3	4	4,5
100	160		3	3	4,5	5
160	250			3,5	4,5	5
250	400				5	5,5
400	630				5,5	6
630	1000					6,5
1000	1600					
1600	2500					
2500	4000					
de (exclus)	à (inclus)	Tolérances dimensionnelles ± en millimètres				
	≤ 16	0,5	0,5	0,5	0,5	1
16	25	0,5	0,5	0,5	0,5	1
25	40	0,5	0,5	0,5	1	1,5
40	63	1	1	1	1	1,5
63	100	1	1	1	1	1,5
160	250		1	1	1,5	2
250	400			1,5	1,5	2
400	630				2	2,5
630	1000				2,5	3
1000	1600					3,5

FONTES ET ACIERS

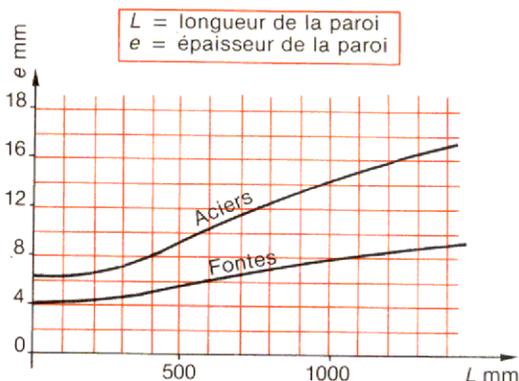
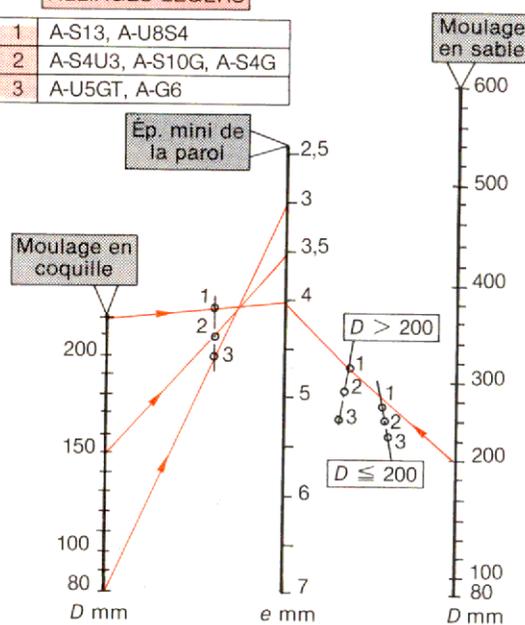


Fig. 5.05. — Ep. des parois - Moulage sable.

ALLIAGES LÉGERS

1	A-S13, A-U8S4
2	A-S4U3, A-S10G, A-S4G
3	A-U5GT, A-G6



Détermination de D

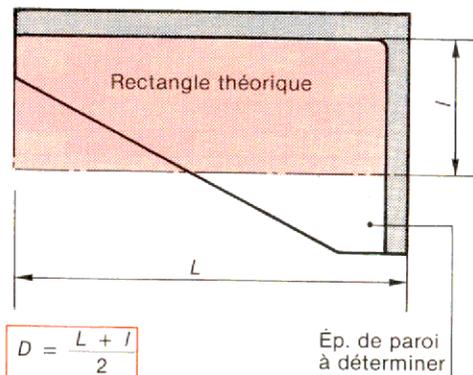


Fig. 5.06. — Ep. des parois - All. légers.

■ Analyse des dispersions

Cas du moulage en sable (Fig. 5.07).

- | | |
|------------------|----------------------|
| | + écart de fermeture |
| — Fermeture y | :cote y - 0 |
| — Longitudinal x | :cote x ± 0,5 |
| — Latéral z | :cote z ± 0,75 |

Différents types de cotes obtenues

- Cotes A : dans une même partie du moule.
- Cotes B : entre deux parties du moule.
- Cotes C : entre trois parties du moule.

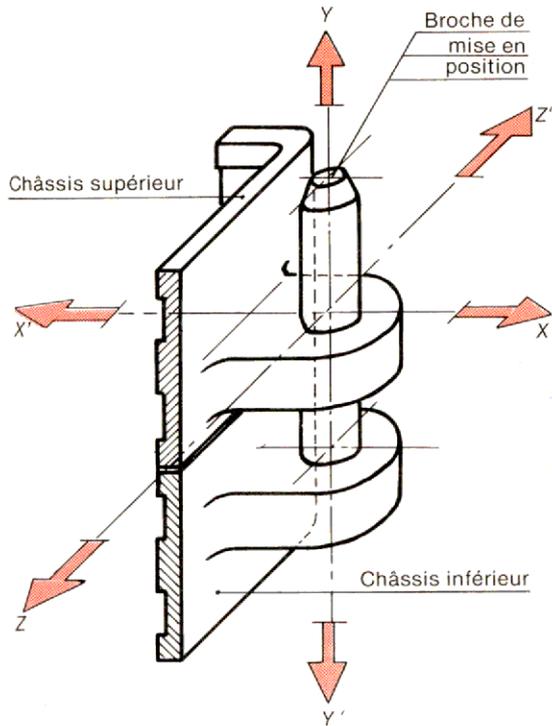


Fig. 5.07. — Direction des dispersions.

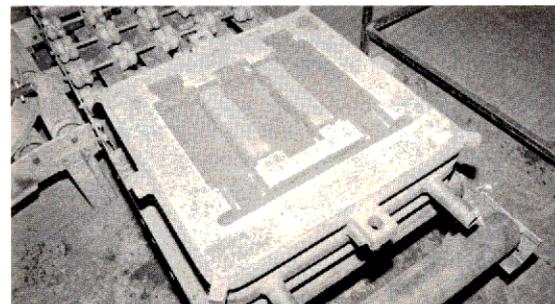


Fig. 5.08. — Châssis inférieur.

Exemples d'applications :

— Empreinte dans un seul châssis (Fig. 5.09)

Cote A = cote nominale ± 0,5.

Cote B₁ = cote nominale + écart de fermeture.

Cote B₂ = cote nominale ± 0,5.

— Empreinte dans deux châssis, un noyau (Fig. 5.10)

Cote C = cote nominale + écart y ± écart noyau/moule

— Empreinte réalisée avec deux noyaux (Fig. 5.11)

Cote C₁ = cote nominale + écart y + écart noyau 1/moule

Cote C₂ = cote nominale + écart y + écart noyau 1/moule + écart noyau 2/noyau 1

Remarque : Le tableau de la page 68 donne la valeur des IT en fonction des dimensions de la pièce, sans tenir compte du type de cote.

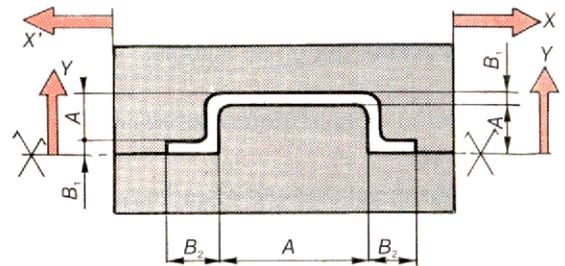


Fig. 5.09. — Empreinte dans un seul châssis.

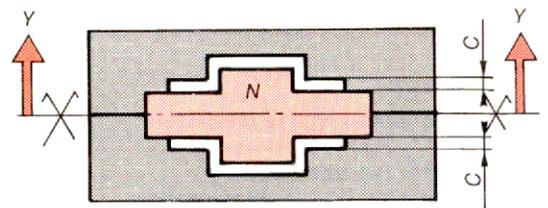


Fig. 5.10. — Un seul noyau.

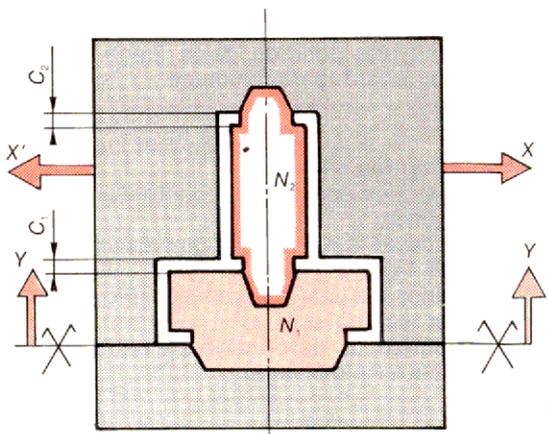


Fig. 5.11. — Empreinte avec 2 noyaux.

■ Étude du refroidissement

Exemple de solidification des alliages fer-carbone (Fig. 5.12).

Le passage de l'état liquide à l'état solide est progressif. La solidification se développe avec la formation d'arborescences (dendrites) selon trois directions rectangulaires. Les dendrites engendrent finalement un grain.

Le diagramme fait apparaître trois zones :

- zone liquide de D à A ,
- zone de transformation de A à B ,
- zone solide à partir de B .

Remarque : un alliage fer-carbone à 4,7% de carbone se solidifie à température constante. Cet alliage est appelé :

ALLIAGE EUTECTIQUE

— Analyse de la coulée.

- En D : température de coulée θ° .
- De D à A : remplissage du moule.
- En A : début de solidification.
- De A à B : transformation de la masse liquide en masse solide. Cette transformation s'accompagne d'une contraction de volume.

Retrait volumétrique = RETASSURE

- En B : masse solide à température t_1
- De B à C : refroidissement de t_1 à t_0

Le refroidissement s'accompagne d'un retrait linéaire.

Retrait linéaire = CRIQUE

— Conséquences sur le moulage.

Pour éviter les retassures :

- Prévoir une bonne alimentation.
- Prévoir des masselottes orientant le refroidissement.
- Disposer des refroidisseurs métalliques dans le moule.
- Choisir une position de la pièce dans le moule facilitant le remplissage.

Pour éviter les criques :

- Choisir des épaisseurs constantes (Fig. 5.13).
- Raccorder les parois progressivement (Fig. 5.14).
- Eliminer les parties massives (Fig. 5.15).
- Eviter les angles vifs.
- Permettre la déformation élastique des pièces au refroidissement.

L'étude du refroidissement permet de dégager les règles de moulage les plus importantes.

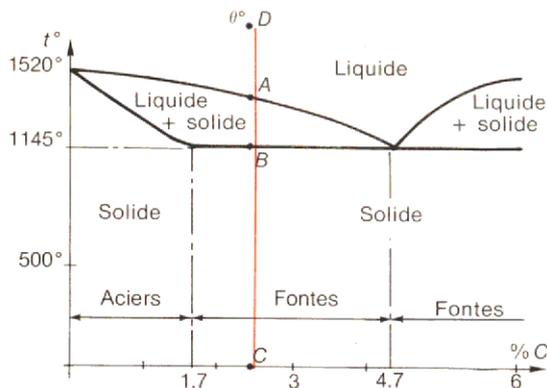


Fig. 5.12. — Diagramme de solidification.

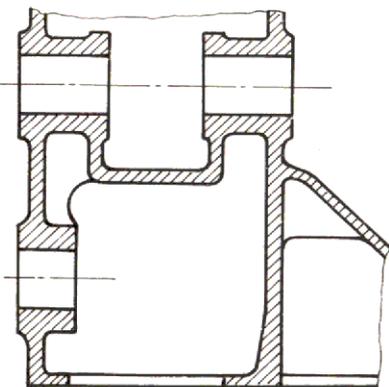


Fig. 5.13. — Epaisseurs constantes.

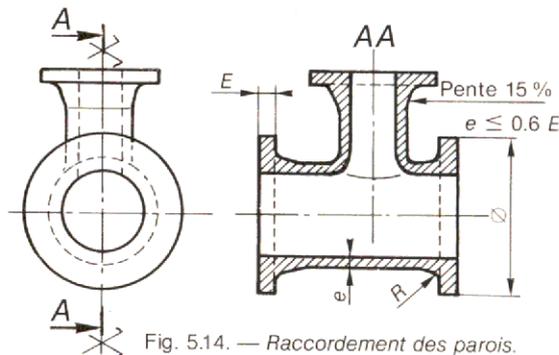


Fig. 5.14. — Raccordement des parois.

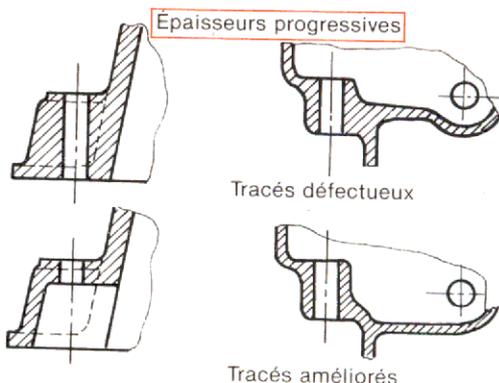


Fig. 5.15. — Pas de parties massives.

■ Règles de tracé des pièces moulées en sable

REGLE 1 : Choix de l'alliage

- Il conditionne les épaisseurs minimales et le prix de la pièce moulée.
- Se référer pages 66 et 67.

REGLE 2 : Choix du joint de moulage (Fig. 5.16)

- Il passe par la plus grande section de la pièce ou par le plan de symétrie.
- Il doit limiter le nombre de noyaux et favoriser leur mise en place stable.
- Il doit permettre la sortie du modèle.
- Il limite les opérations d'ébarbage.

REGLE 3 : Choix des épaisseurs

- Choix des épaisseurs minimales (p. 68).
- Respecter des épaisseurs constantes sur les formes brutes.
- Les variations d'épaisseurs doivent être progressives. L'accroissement des masses est proportionnel au rapport des surfaces des cercles inscrits (Fig. 5.17).

REGLE 4 : Mise en place des dépouilles

- Toutes les parois situées dans la direction de l'extraction du modèle sont inclinées par rapport au joint. Eviter les parois verticales.
- Eviter les formes en contre dépouille qui nécessitent des noyaux extérieurs.
- Les dépouilles s'ajoutent aux dimensions nominales.

REGLE 5 : Raccord de parois (Fig. 5.18)

- Pas d'accumulation de matière. Eviter les raccords en croix.
- Mettre des congés et arrondis sur tous les angles rentrants.

REGLE 6 : Limites des parties usinées

- Placer des bossages à l'intérieur et prévoir des usinages localisés à l'extérieur : lamages...

REGLE 7 : Stabilité des noyaux

- Eviter les noyaux en porte-à-faux.
- Donner aux ouvertures des dimensions suffisantes.

REGLE 8 : Trous venant de fonderie

- \varnothing mini défini par les abaques (Fig. 5.19).
- Pour les grands \varnothing renforcer le bord de l'orifice (Fig. 5.19).

REGLE 9 : Contraintes dues au retrait

- Eviter les formes rigides. Permettre la déformation élastique au refroidissement.

REGLE 10 : Equilibrage des sollicitations

- Les formes doivent équilibrer les efforts appliqués aux pièces en fonctionnement et pendant l'usinage.
- Les pièces moulées résistent mieux en compression qu'en traction.
- Les formes nervurées résistent mieux à la flexion.
- Les formes en caisson résistent mieux à la torsion.

Fond de vérin

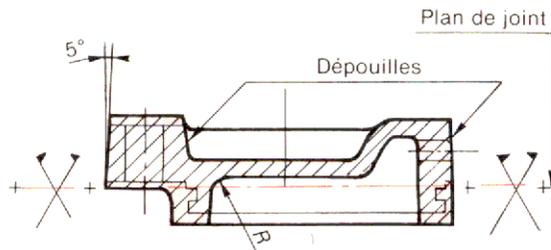


Fig. 5.16. — Choix du plan de joint.

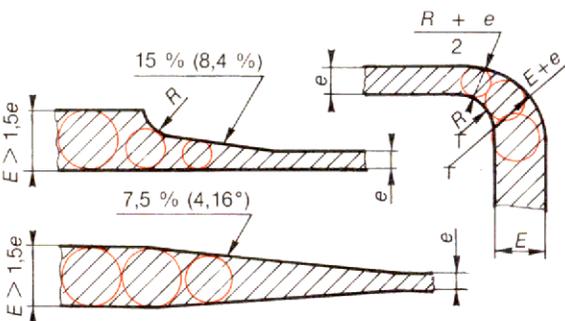


Fig. 5.17. — Variation d'épaisseur.

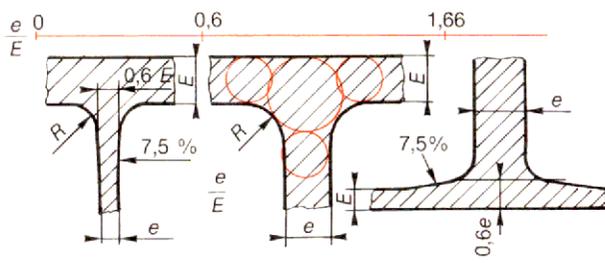


Fig. 5.18. — Raccords des parois.

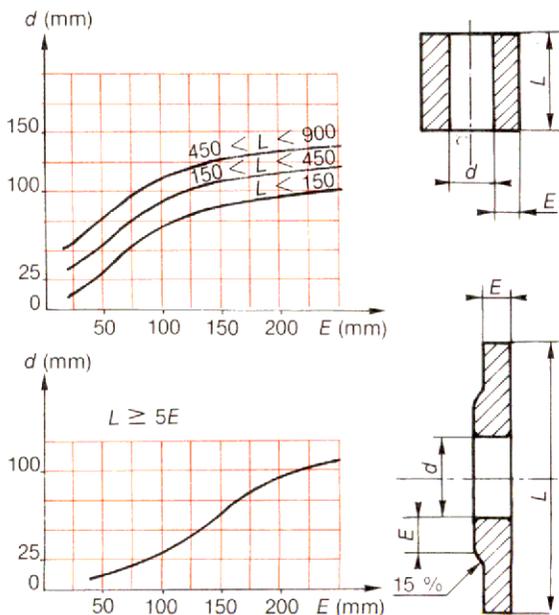


Fig. 5.19. — Trous venant de fonderie.

Remarques :

- Les tracés respectant ces règles ne subiront pas de modification importante lors de l'étude au moulage.
- Les pièces complexes ou de grandes dimensions peuvent être décomposées en éléments simples assemblés par la suite.

■ Méthode de tracé des pièces moulées pour un alliage choisi et un procédé de moulage en sable.

1 — Tracé des surfaces fonctionnelles (Fig. 5.20)

Disposition relative des surfaces.
Mise en place des spécifications.

2 — Tracé des surfaces capables (Fig. 5.21)

Il s'agit de surfaces permettant, après usinage, l'obtention des surfaces fonctionnelles.
Placer les surépaisseurs d'usinage (p. 68).
Décider des trous qui viendront de fonderie.

3 — Tracé des volumes capables (Fig. 5.22)

Répartir des épaisseurs constantes autour des surfaces capables (brutes).

Raccorder les volumes par des parois d'épaisseur constante.

Tracer des formes simples et compactes.

4 — Tracé des formes définitives (Fig. 5.23)

Choisir le meilleur joint de moulage.

Placer les dépouilles.

Aménager le tracé : supprimer les contre-dépouilles, placer les congés et arrondis...

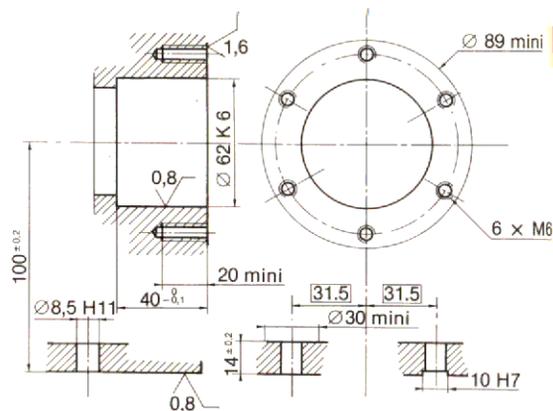


Fig. 5.20. — Surfaces fonctionnelles.

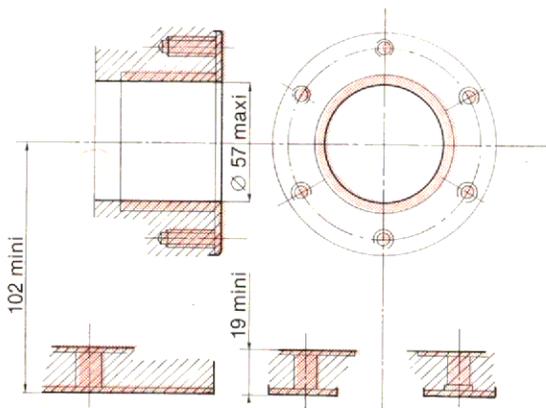


Fig. 5.21. — Surfaces capables.

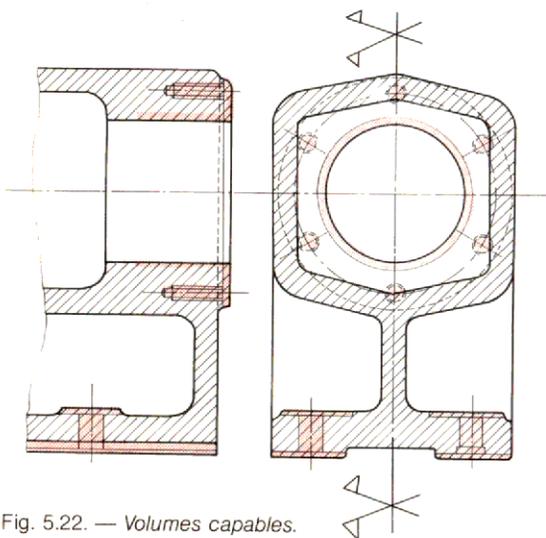


Fig. 5.22. — Volumes capables.

Remarques : Ce tracé permet de produire le ou les projets de dessin de définition de produit à partir desquels :

Le BdM fonderie exécute un projet d'étude de moulage et estime le coût du brut moulé (Fig. 5.23).

— Le BdM usinage exécute une gamme succincte et estime le coût de l'usinage.

— Le B.E choisi la solution définitive et exécute :

"Le dessin de définition de produit"

La collaboration dessinateur-usineur-fondeur garantit la réalisation de pièces saines et économiques.

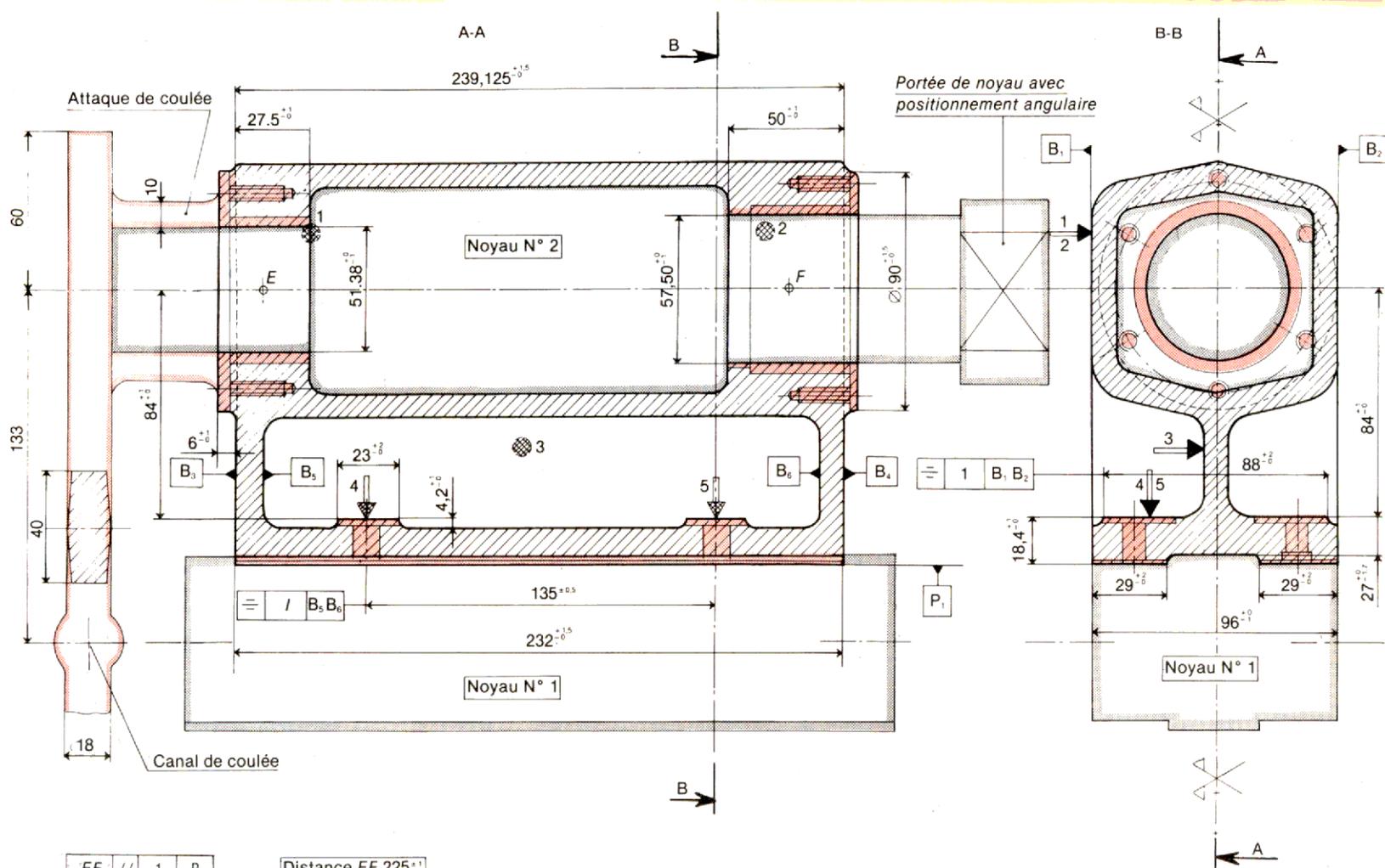
■ Etude de moulage

• Données :

Le dessin de définition du brut capable établi par le bureau des méthodes « usinage » en fonction de l'étude de fabrication retenue.

Exemple : corps d'unité (Fig. 5.23).

Remarque : Pour les très petites séries, l'étude de moulage peut être réalisée sur le dessin de définition de produit.



EF	//	1	P ₁
----	----	---	----------------

Distance EF	225 ^{+0,1}
-------------	---------------------

EF	≡	0,6	B ₅ B ₆
----	---	-----	-------------------------------

B ₅ B ₆	≡	0,6	B ₅ B ₆
-------------------------------	---	-----	-------------------------------

NOTA — Le moulage est étudié pour couler 2 pièces dans le même moule (2 empreintes).

SUPPORT DE BROCHE D'UNITE DE ROTATION Ft 20
Dessin du brut capable établi par la B.M.

Fig. 5.23. — Projet d'étude de moulage.

• *Etapes du processus*

1 — *Etude de moulage* sur le dessin de définition du brut capable (Fig. 5.23).

— Plan de joint (déjà choisi).

— Disposition des noyaux.

— Système de coulée: alimentation, masse-lotte...

2 — *Etude des outillages* (Fig. 5.24)

— Etude du modèle.

— Etude des boîtes à noyaux (Fig. 5.26).

— Etude des plaques modèles (cas du moulage mécanique).

3 — *Etude des opérations* de moulage

— Etude de l'alliage.

— Choix de l'outillage: châssis...

— Choix des machines: machines à mouler, à souffler les noyaux...

— Elaboration des fiches techniques des opérations de moulage.

• *Détermination de toutes les cotes et exécution du dessin de définition du brut fini.*

■ **Réalisation des pièces moulées**

1 — *Exécution des outillages*

Plaques-modèles (Fig. 5.24) et boîtes à noyaux (Fig. 5.26).

2 — *Exécution des noyaux* sur machine à souffler les noyaux.

3 — *Exécution des empreintes* dans les 2 châssis, sur machine à mouler (Fig. 5.25) (pour tasser le sable).

4 — *Mise en place des noyaux* (Fig. 5.27)

Contrôle et fermeture du moule.

5 — *Coulée*

6 — *Décochage, ébarbage, finition* (grenailage, perçage...)

7 — *Contrôles*: dimensionnel, métallurgique, dureté, étanchéité...

Le contrôle dimensionnel s'effectue à partir du référentiel de départ d'usinage.

Le contrôle porte sur les cotes du dessin du brut capable.

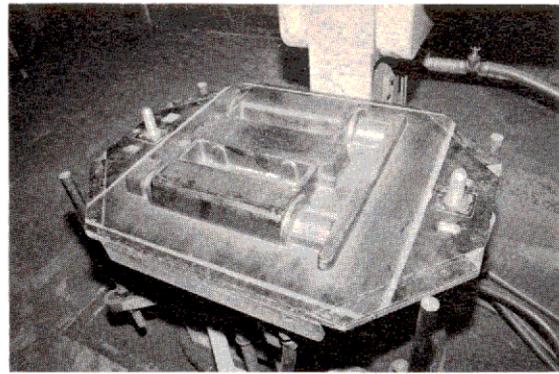


Fig. 5.24. — *Plaques modèle sur machine.*

Fig. 5.25. — *Châssis inférieur : empreinte.*

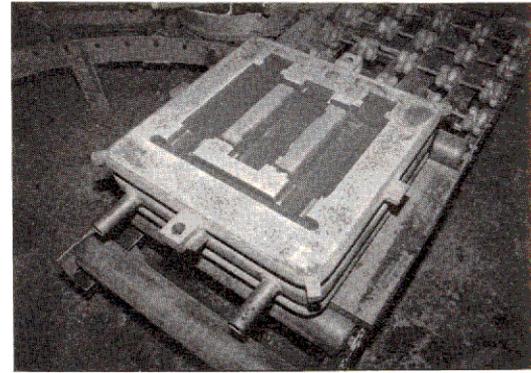


Fig. 5.27. — *Châssis inférieur prêt à être assemblé.*

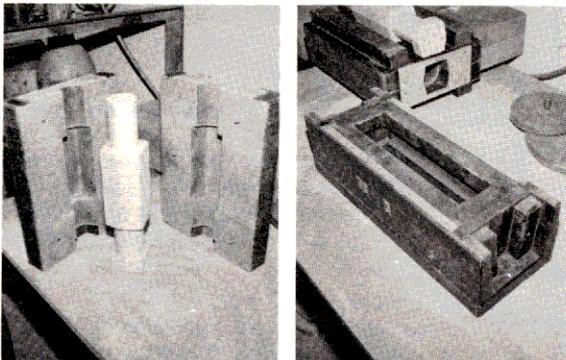
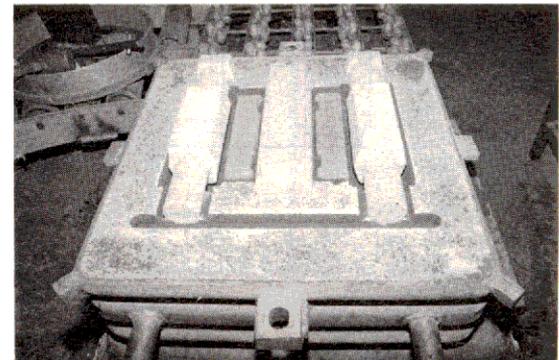


Fig. 5.26. — *Exécution des noyaux.*



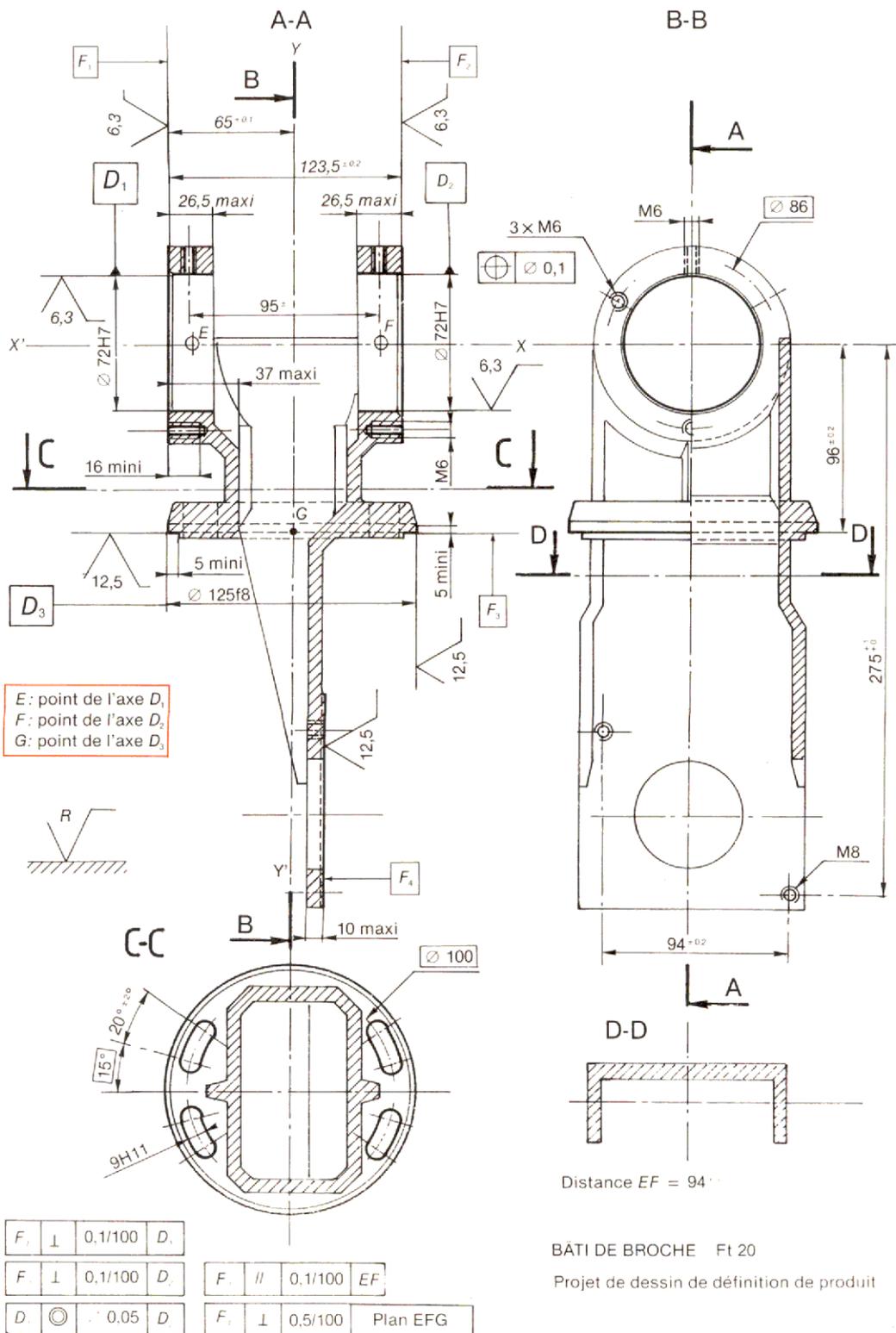
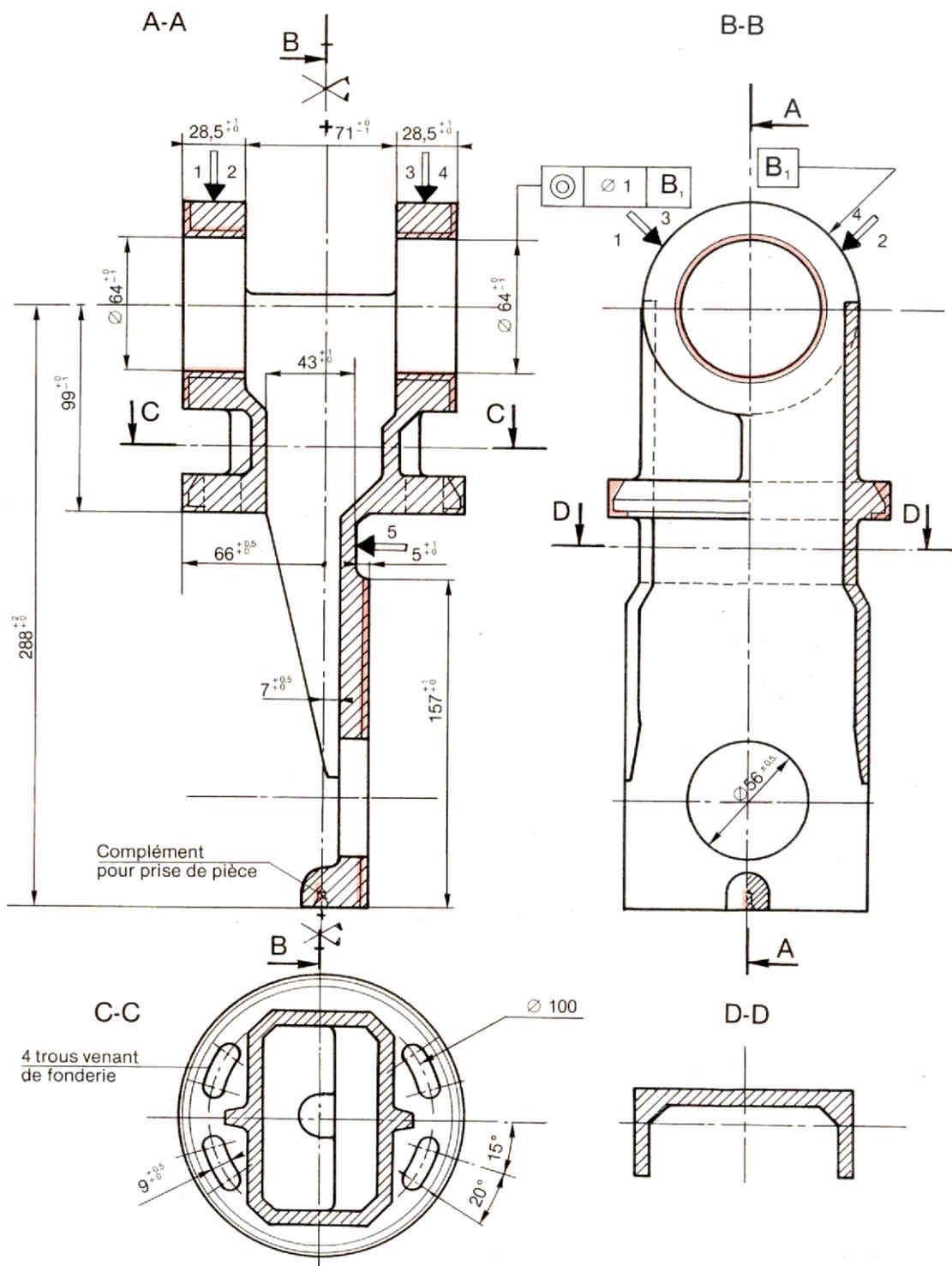


Fig. 5.28. — Exemple de projet de dessin de pièce moulée étudiée par le BE.



Cotation établie par le bureau
des méthodes "Usinage"

BÂTI DE BROCHE Ft 20

Fig. 5.29. — Exemple de dessin de brut capable établi par le BdM "usinage"

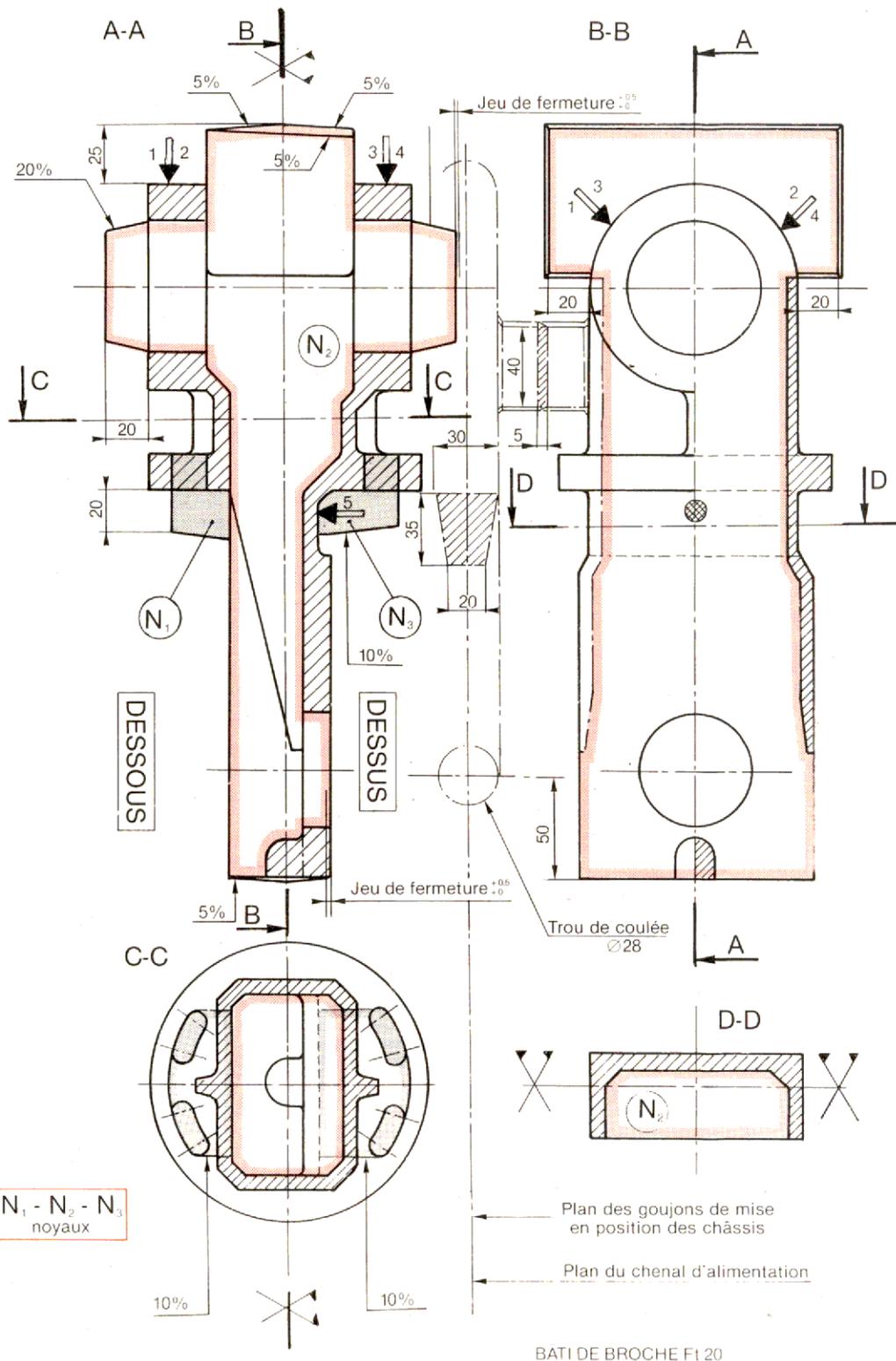


Fig. 5.30. — Etude de moulage réalisée par le BdM "Fonderie."

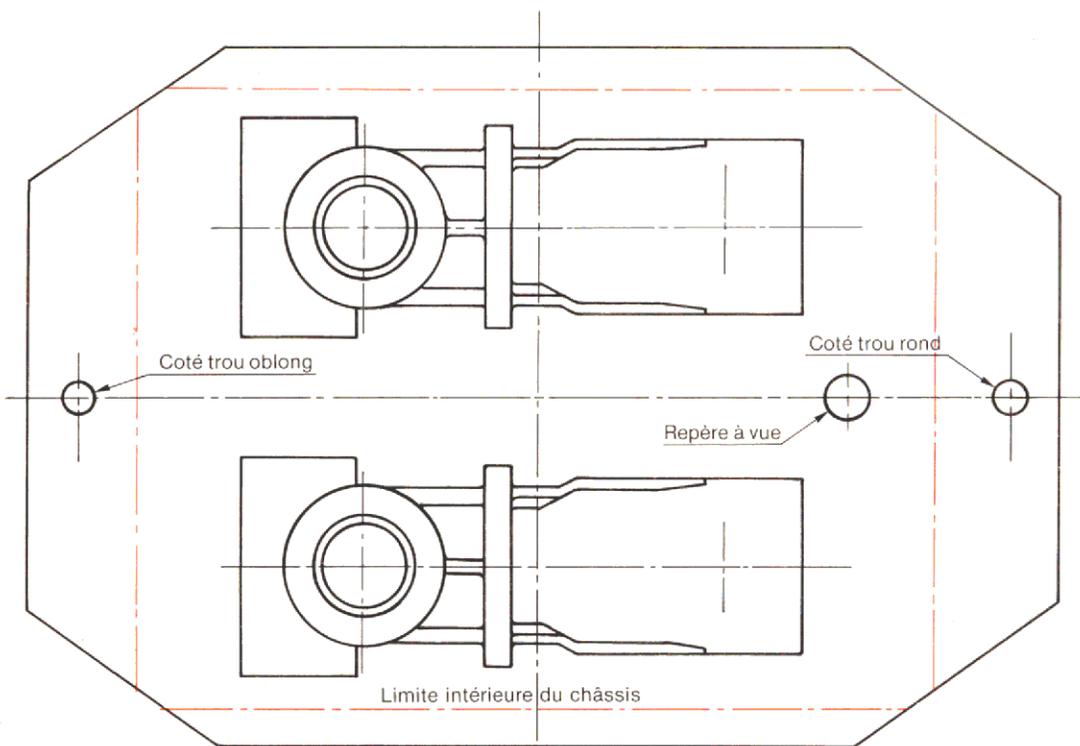


Fig. 5.31. — Plaque modèle pour châssis de dessous.

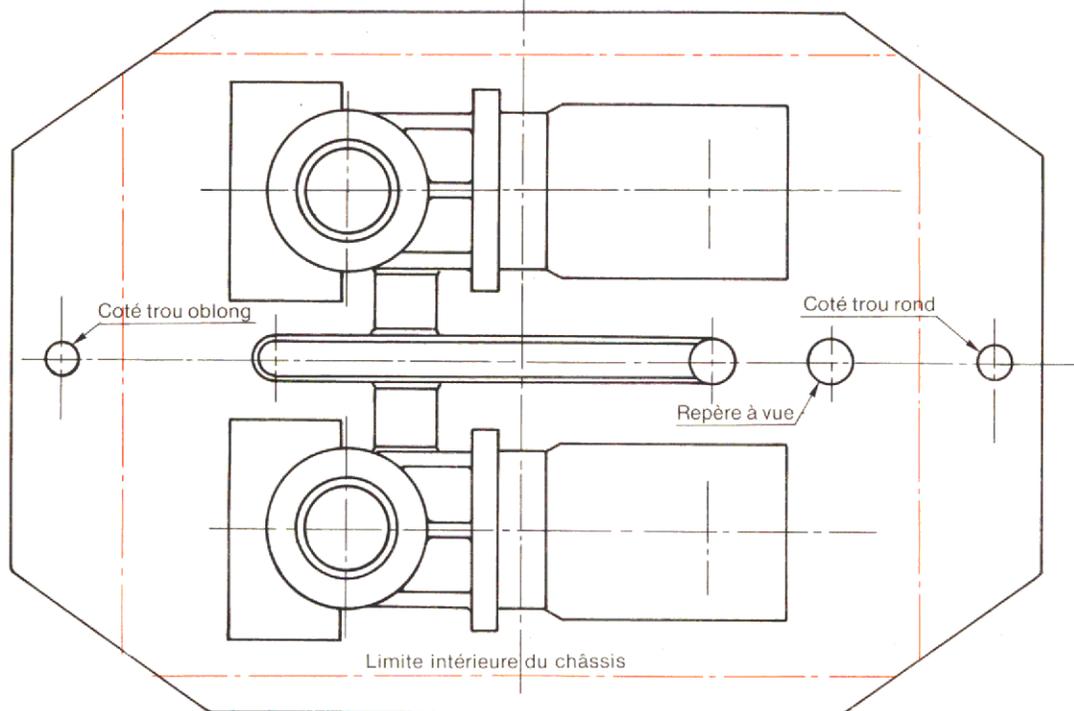


Fig. 5.32. — Plaque modèle pour châssis de dessus.

5.1 4 Le moulage en coquille

■ Différents types de moulage

- Coulée en coquille par gravité.
- Coulée en coquille sous pression, pour grandes et très grandes séries, nécessite une poussée de 5 t à 3 000 t suivant l'importance des pièces. Les pièces ont de très faibles épaisseurs, des épaisseurs très régulières et sont fortement nervurées (carters, carburateurs...)

■ Alliages courants utilisés

Tous les alliages à point de fusion bas.

Alliages d'Al.	Alliages de Cu
AS 7G - AS 10G AS 13 - AU 8S sous pression : A5 - AU 10S4 - A G6	Cu Zn 40 Cu Sn 5

Désignation AS 13 - Y - 30

Y = Alliage coulé 3 = en coquille
O = sans traitement thermique

■ Avantages du moulage en coquille

- Minimum de matière, poids réduit.
- Tolérances serrées : IT et R_a .
- Réduction des usinages.
- Caractéristiques mécaniques élevées.
- Cadence de production élevée.

■ Particularités du moulage en coquille :

- Ouverture du moule dans toutes les directions.
- Retrait des noyaux : tous les évidements en dépouille sont vers l'extérieur.
- Les bossages sont extérieurs.

■ Règles de tracé des pièces moulées en coquille (Fig. 5.33)

Les règles générales du moulage en sable restent valables. Règles particulières :

REGLE 1 : Joints de moulage

- Choisir des joints plans et en nombre limité.

REGLE 2 : Choix des épaisseurs

— Epaisseurs très régulières : 4 mm par gravité.

- Evidements et amincissements.
- Nervurage.
- Grands arrondis en raccordement.

REGLE 3 : Mise en place des dépouilles

- Pour les alliages légers = 1%.

REGLE 4 : Raccordement des parois

- Pas d'accumulation de matière.
- Pas d'angles vifs.

REGLE 5 : Retrait des noyaux

- Faciliter le retrait des noyaux (Fig. 5.34).

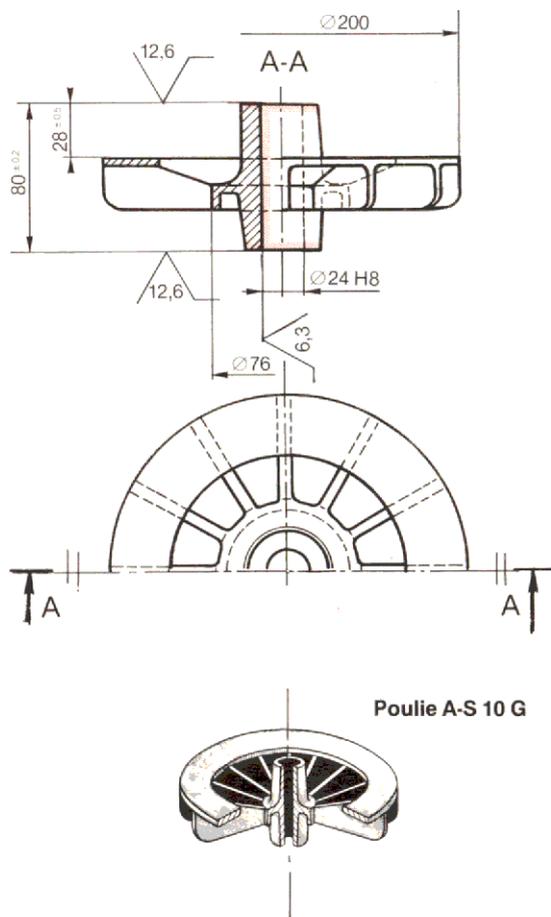


Fig. 5.33. — Poulie moulée en coquille.

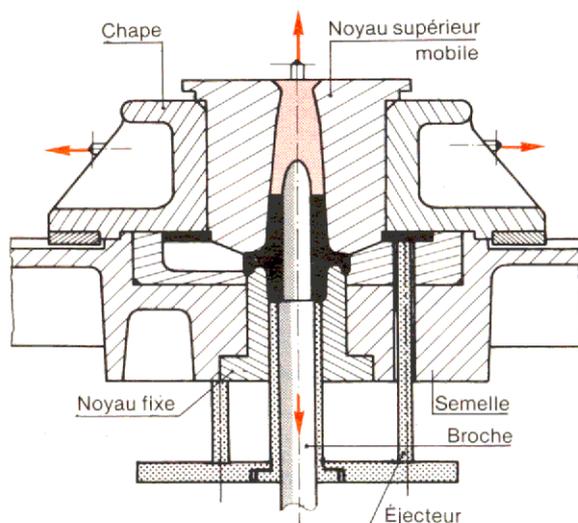


Fig. 5.34. — Structure de la coquille.

D'après ICICA, 13, rue Féron, Paris 6^e.

REGLE 6 : Surépaisseurs d'usage U

Plus grande longueur L

$$L < 250$$

$$U = 0,8 \text{ à } 1,2$$

$$L > 250$$

$$U = 1 \text{ à } 1,3 + \frac{1,25 L}{1000}$$

■ Méthode de tracé d'une pièce moulée en coquille par gravité

Utiliser la méthode de tracé des pièces moulées en sable en respectant les règles spécifiques du moulage en coquille à savoir :

- Epaisseurs de parois plus faibles et très régulières 4 mm (Fig. 5.35).
- Les surépaisseurs d'usage sont réduites.
- Les trous de faible \varnothing peuvent venir de fonderie.

$\varnothing d$	Alliages légers	Alliages de Cu
4	4 d	3 d
4 à 6	4 d	3 d
6 à 12	5 d	4 d
> 12	6 d	5 d

■ Etude des coquilles (Fig. 5.36)

• Position de la pièce dans le moule :

Direction verticale du plan de symétrie ou de l'axe de la pièce.

• Alimentation :

En général une seule attaque de coulée :

- par le haut : métal chaud en charge,
- par le bas ou en source : pour pièces minces ou noyau en sable (prévoir éventuellement des masselottes).

• Noyaux pour parties creuses :

- fixes,
- à retrait latéral ou vertical (Fig. 5.36).

Les noyaux minces de grande longueur sont appelés *broches* ou *poignards*.

• Ejection des pièces par éjecteur (Fig. 5.34).

■ Constitution d'une coquille (Fig. 5.36)

• *Corps* : constitué par 2 ou plusieurs chapes dans lesquelles sont usinées les empreintes. En Ft 20 ou FGS.

• *Noyaux* en fonte ou en acier XC 38 ou 35 NC 15 Guidage sur 1,5 à 2 fois la partie mouleuse. Jeu de 0,1 à 0,5.

• *Broches et éjecteurs* en 35 NC 15.

• *Semelle support* en Ft 20.

• *Système de verrouillage* : mécanique ou automatique.

Remarque : Les pièces en matière plastique réalisées en moules métalliques obéissent aux mêmes règles.

La mise au point des coquilles permet de corriger certaines défauts : alimentation, échange thermique, éjection...

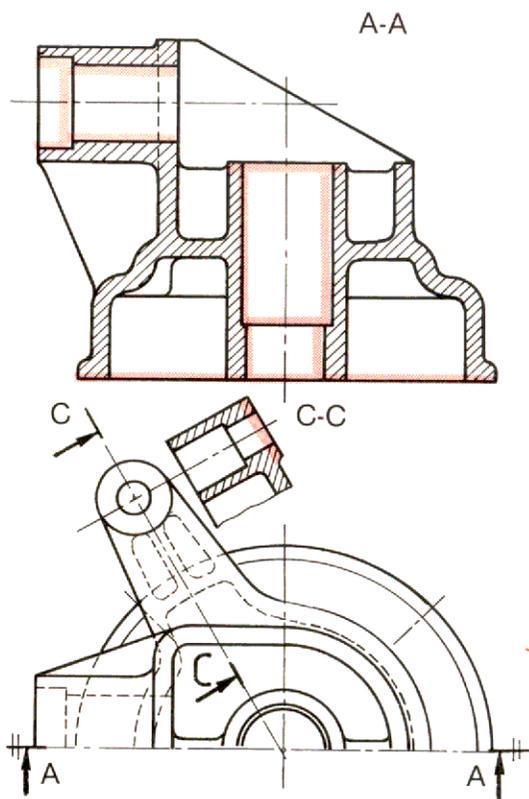


Fig. 5.35. — Carter en A-S 13.

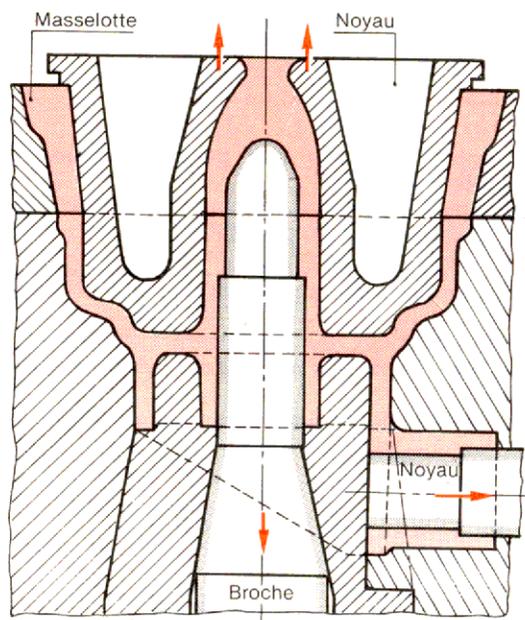


Fig. 5.36. — Etude d'une coquille.

D'après une étude publiée dans *Technique Industrielle*.