

	ISTA	Gestion de la productions et logistique	Cours	Date : 2020-2021
Nom :	PROCEDES DE MOULAGE			Date :

1. Mise en situation :

La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à **couler un métal ou un alliage liquide dans un moule** pour **reproduire**, après **refroidissement**, une **pièce** donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

2. Procédés de moulage :

Les procédés de moulage sont classés en deux grandes catégories. On distingue principalement la fonderie effectuée avec :

- a- des **moules non permanents**, ou "moules perdus", généralement en **sable**
- b- des **moules permanents en métal**, qu'on appelle aussi "**coquilles**"

A- MOULES NON PERMANENTS

3. Moulage au sable :

3.1 Principe :

Un moule **non permanent** est un moule réalisé en "**sable**" qui ne sert **qu'une seule fois** pour réaliser une pièce. le moule est **détruit** pour extraire la pièce brute.

3.2 Types de sables :

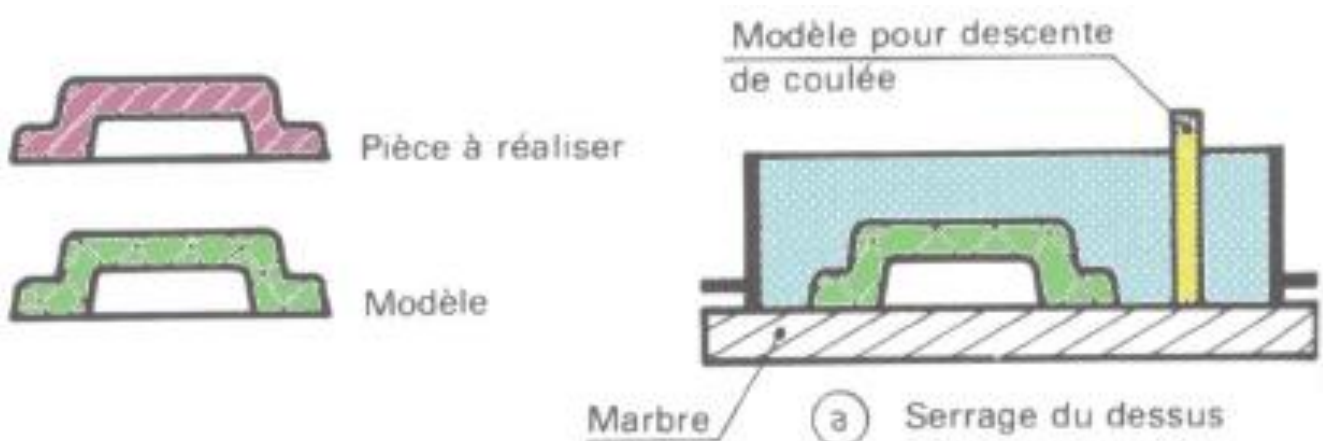
Plusieurs types de sables de moulage :

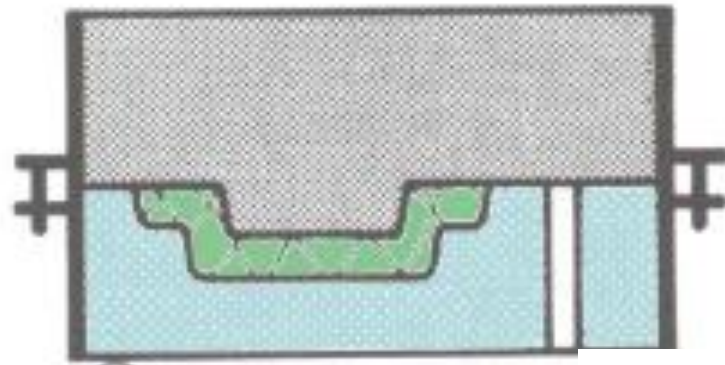
- ♣ sable silico-argileux (traditionnellement utilisé en fonderie)
- ♣ sable siliceux agglomérés
- ♣ ...

3.3 Application :

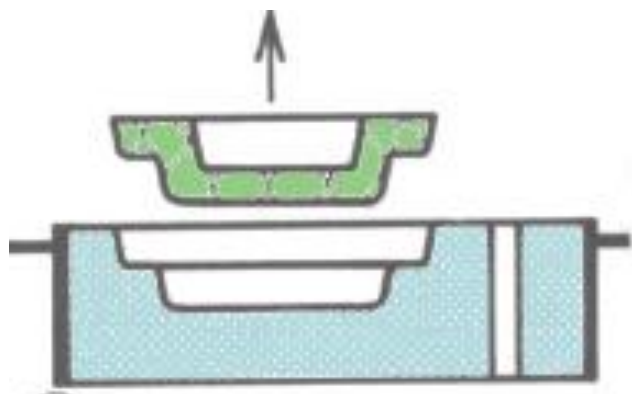
- ♣ Convient pour tous les métaux de foderie, notamment ceux à point de fusion élevé (Fontes et aciers)
- ♣ Valable pour les pièces unitaires, petite et moyenne serie
- ♣ Seul procédé utilisé pour les très grandes pièces

3.4 Exemple d'application : Moulage en sable :

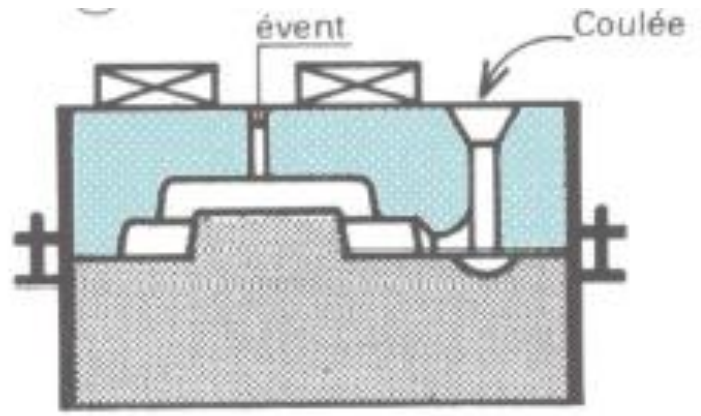




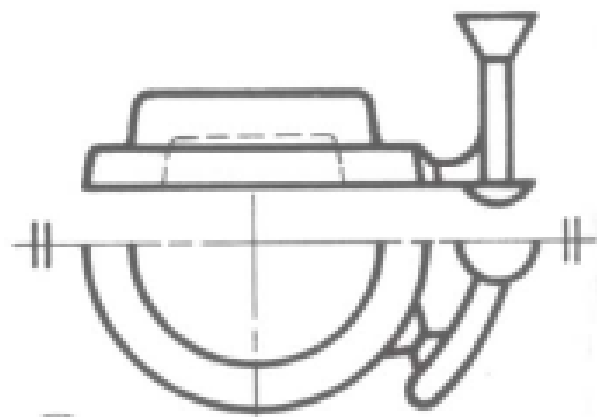
(b) Serrage du dessous



(c) Ouverture du moule
démoulage du modèle
taillage du système d'attaque



(d) Fermeture du moule



(e) Pièce décochée

B- LES MOULES PERMANENTS :

Les moules sont **métalliques** (en **fonte** ou en **aciens** spéciaux réfractaires), permettent de couler un grand nombre de pièces. On distingue les procédés suivants :

- ♣ Le moulage en coquille par gravité
- ♣ Le moulage sous pression
- ♣ Le moulage par centrifugation
- ♣ La coulée en continue ...

4. Le moulage en coquille par gravité :

4.1 Principe :

La pièce est obtenue à partir d'un **moule métallique** appelé **coquille**. L'introduction de l'alliage dans la coquille est assurée par la seule **action** de la **pesanteur**, ce qui lui fait donner le nom de **moulage en coquille par gravité** à ce procédé.

4.2 Outillages :

le moule comprend

- ♣ L'empreinte, les noyaux et les broches qui permettent d'évider la pièce
- ♣ Le système d'alimentation, coulée, masselottes, évents...
- ♣ Les organes de manutention, de fermeture, d'éjection...

4.3 Poteyage des empreintes de coquilles :

L'intérieur des moules métallique est revêtu d'enduits qui forme un dépôt protecteur.

Permet :

- ✓ Un meilleur contrôle de la chaleur
- ✓ De mieux diriger la solidification de la pièce
- ✓ ...

4.4 Mode opératoire :

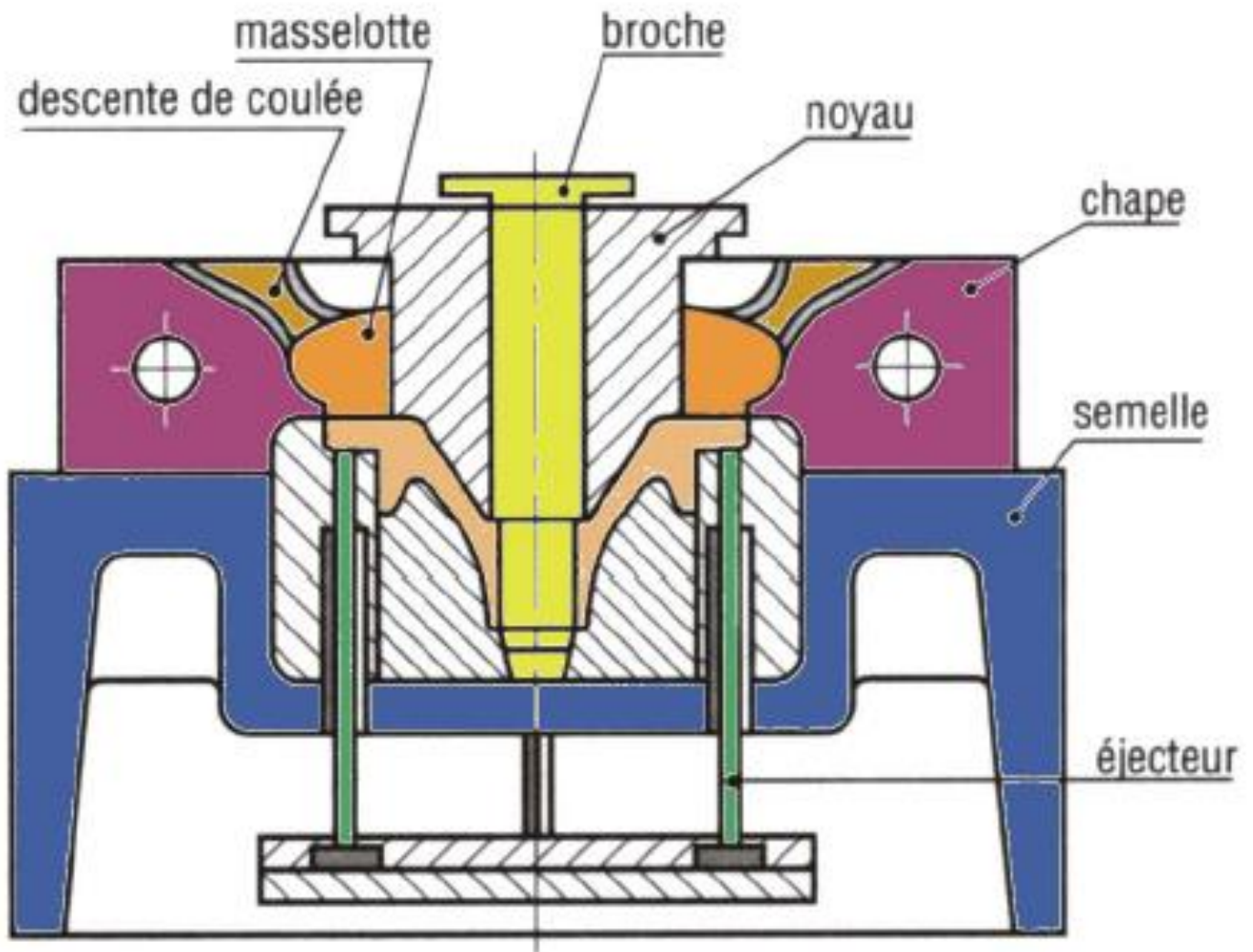
Chaque élément doit permettre l'enchaînement logique des opérations qui constituent un cycle de fabrication :

1. *Mise en place des noyaux destructibles*
2. *Fermeture du moule*
3. *Avancés des broches et des tiroirs*
4. *Remplissage*
5. *Refroidissement*
6. *Extraction des broches et des tiroirs*
7. *Ouverture du moule*
8. *Éjection de la pièce*
9. ...

4.5 Application :

- ♣ Convient pour la fonte et tous les alliages légers : Alliage d'aluminium, de magnésium et pour le laiton...
- ♣ Valable pour les pièces produites en moyennes ou grandes séries et en petites séries répétitives.
- ♣ Bon état de surface
- ♣ Meilleure précision dimensionnelles et géométriques

4.6 Exemple d'application : Moulage en coquille :



5. Le moulage sous pression :

5.1 Principe :

le métal liquide est **injecté sous forte pression** (Al Si9Cu3Fe) peut aller jusqu'à 1200 bar et à grande vitesse d'injection dans un moule (jusqu'à 50 m/s) fixé sur les plateaux de la machine.

5.2 Machines :

Elles sont de deux types :

a- Machine à chambre froide :

l'alliage liquide est **maintenu liquide dans un four indépendant de la machine**. A chaque injection, l'alliage est versé dans le conteneur au moyen d'une louche ou d'un dispositif mécanisé.

Une **presse d'injection sous pression à chambre froide** :

- ✓ Sa force de fermeture varie 500 à **40000 KN** soit **50 à 4000 tonnes**.
- ✓ Ces machines permettent de couler :
 - les alliages légers,
 - les alliages cuivreux à base de magnésium

b- Machine à chambre chaude :

Dans ce type de machine la chambre de pression est **immergée dans l'alliage liquide du creuset** (d'où le nom de chambre chaude).

Une **presse d'injection sous pression à chambre chaude** :

- ✓ Sa force de fermeture varie 50 à **3000 KN** soit **5 à 30 tonnes**.
- ✓ Ces machines sont réservées aux alliages à point de fusion bas :
 - les alliages d'aluminium,
 - les alliages de plomb,
 - les alliages de zinc
 - ...

5.3 Outillages :

Le moule comprend :

- ♣ L'empreinte souvent rapportée, ce qui facilite le remplacement et la remise à l'état
- ♣ les noyaux sont métalliques et les broches permettent d'obtenir des formes intérieures
- ♣ Le système d'alimentation, coulée, masselottes, évents...
- ♣ Un système de circulation d'eau placé dans le moule permet de réguler la température.
- ♣ ...

5.4 Poteyage des empreintes de coquilles :

Consiste à pulvériser à chaque cycle sur le moule un mélange d'eau (98%) et de produit démoulant (2%). Cette opération sert à **refroidir** le moule, à le **protéger** et enfin à **démouler** correctement la pièce.

5.5 Mode opératoire :

1. *Fermeture du moule*
2. *Injection du liquide (Remplissage)*
3. *Refroidissement*
4. *Ouverture du moule*
5. *Éjection de la pièce*

5.6 Application :

- ♣ Convient pour les alliages légers :
 - les alliages d'aluminium,
 - les alliages de magnésium
 - et pour le laiton...
- ♣ Valable pour les pièces produites grandes séries à cause du prix de revient élevé des outillages.
- ♣ Excellents états de surface ($R_a = 2 \mu\text{m}$)
- ♣ Meilleure précision dimensionnelles et géométriques

5.7 Durée de vie des moules :

Les moules en fonderie sous pression peuvent être très complexes, coûter entre 30 000 € et 500 000 €, et représenter entre 10 et 15% du prix final des pièces réalisées (hors usinage).

Les empreintes ont une durée de vie de :

- ♣ 150 000 injections (pour les alliages d'aluminium)
- ♣ 500 000 à 1 million d'injections pour les alliages de zinc (*zamak*)
- ♣ 20 000 à 40 000 injections pour les alliages de cuivre (laiton 60/40)
- ♣ Les empreintes « meurent » par fissurations progressives résultant des chocs thermiques (chauffage brutal lors de l'injection de l'alliage et refroidissement causé par le poteyage).

5.8 Exemple d'application : Moulage sous pression :

Demi-coquille mobile

Demi-coquille fixe

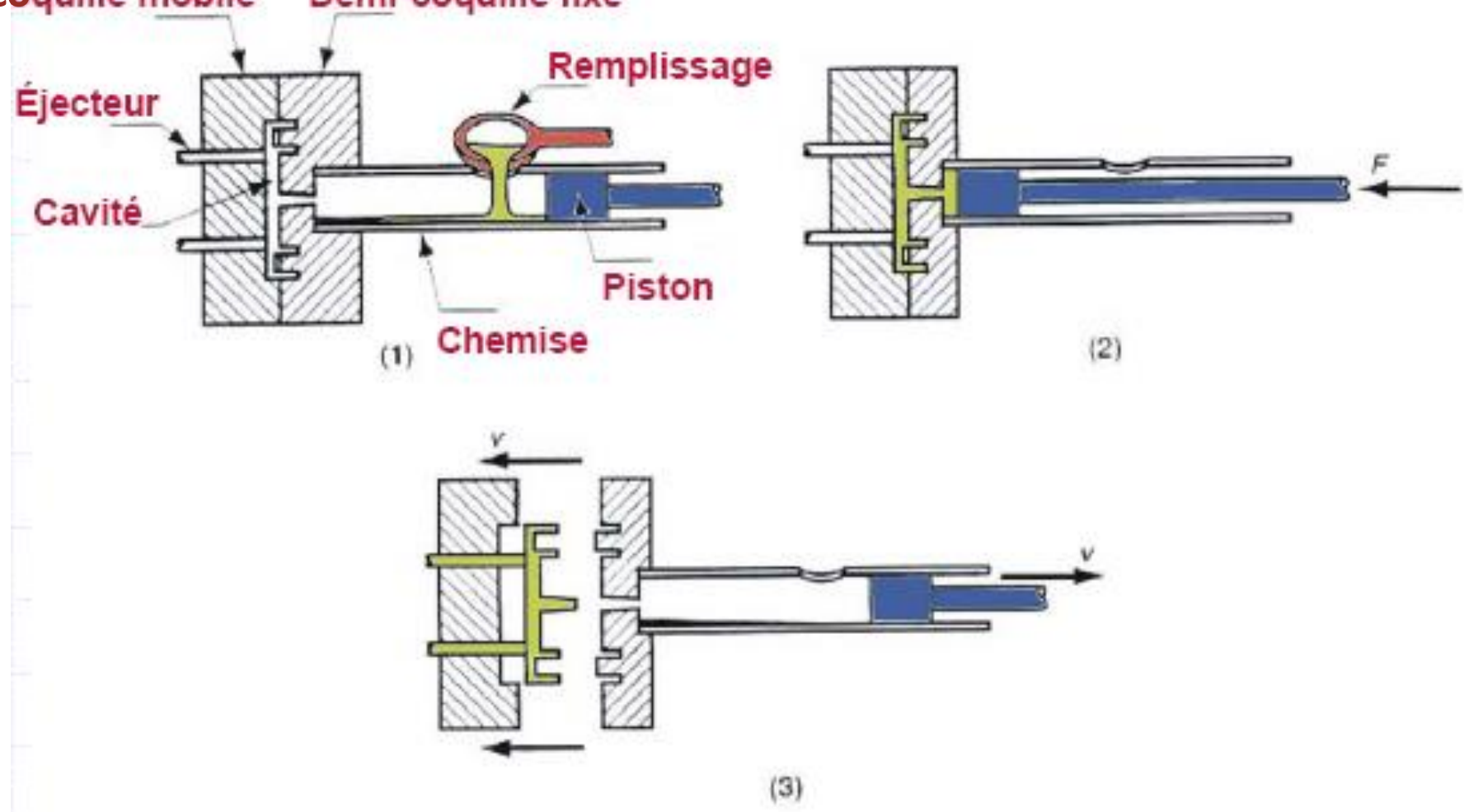
Éjecteur

Remplissage

Cavité

Piston

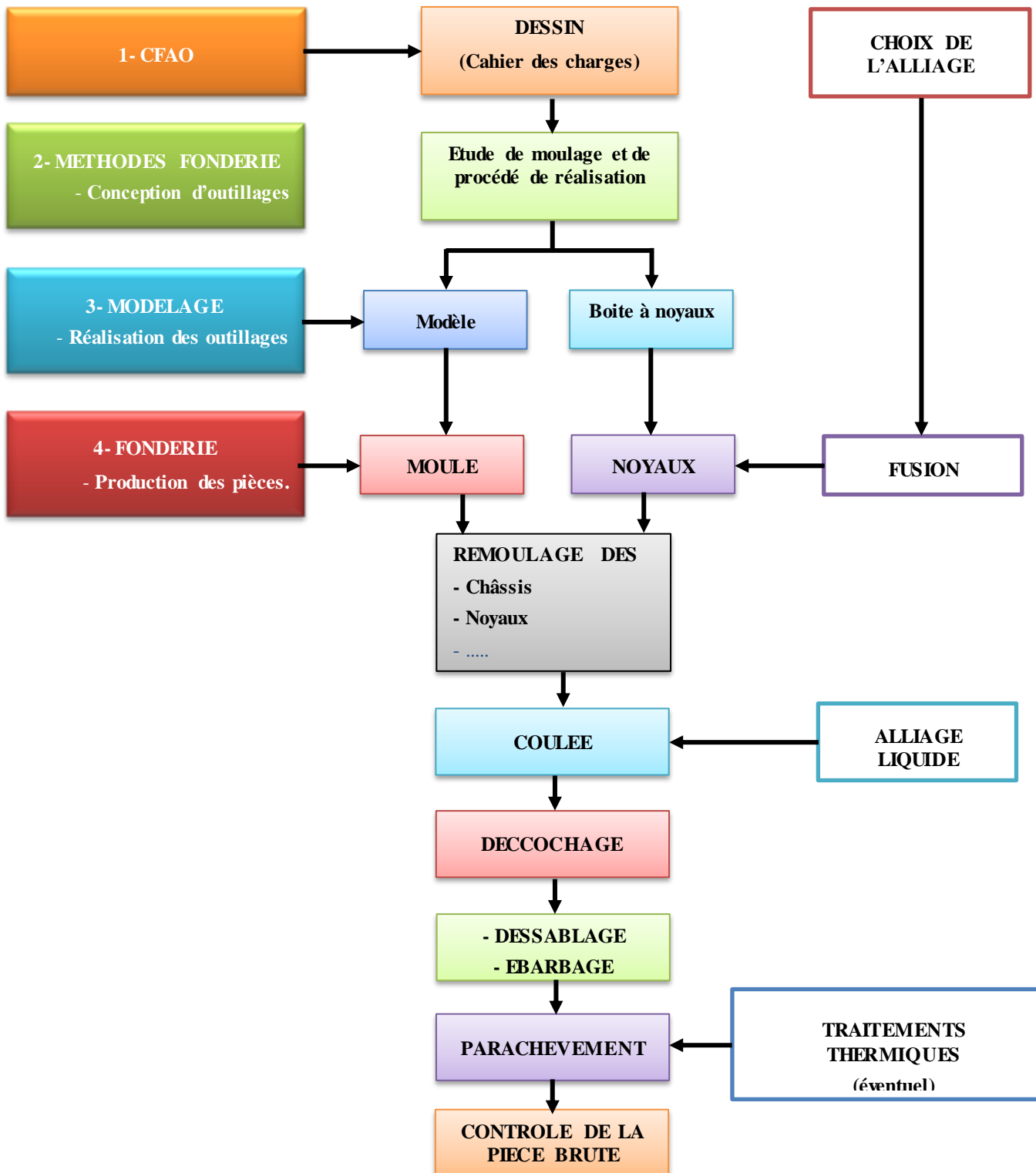
Chemise



1. Mise en situation :

La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à **couler un métal ou un alliage liquide dans un moule** pour **reproduire**, après **refroidissement**, une **pièce** donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

2. Schéma général de fabrication d'une pièce moulée :



	ISTA	Gestion de la productions et logistique	Cours	Date : 2020-2021
Nom :	TERMINOLOGIES EN MOULAGE			Date :

1- Etapes de fabrication d'une pièce moulée :

La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à couler un métal ou un alliage liquide dans un moule pour reproduire, après refroidissement, une pièce donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

✓ Phase 1 : Conception de la pièce :

Voir règles de traçage des pièces de fonderie. Voir cours.

✓ Phase 2 : Méthode de fonderie :

Le BM réalise une étude de moulage afin de :

- ♣ Déterminer le type de procédé de moulage à utiliser.
- ♣ Préparer tous les outillages nécessaires pour obtenir la pièce.
- ♣ Déterminer la valeur des surepaisseurs et des dépouilles.
- ♣ ...

✓ Phase 3 : Réalisation des outillages ; Modelage :

1- Modèle :

Outillage de forme (en bois ou métallique) permet d'obtenir directement la cavité du moule appelé empreinte. Il est réalisé en une ou plusieurs parties pour faciliter son démontage. Il comprend aussi les portées qui assurent la mise en position des noyaux.



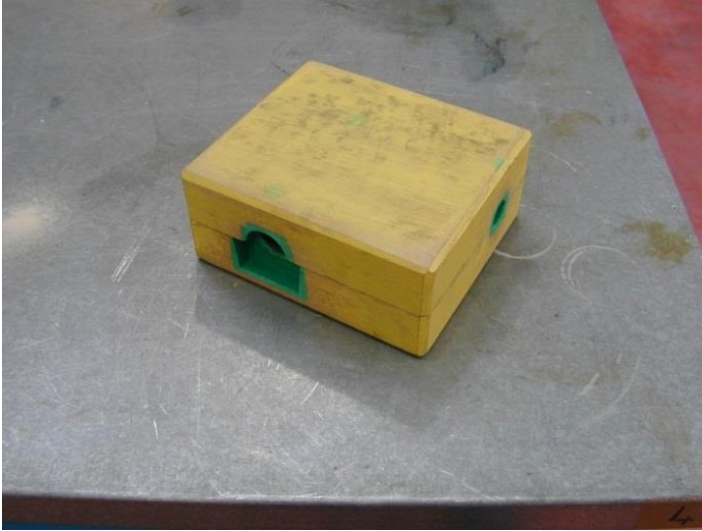
Le modèle en 2 parties.



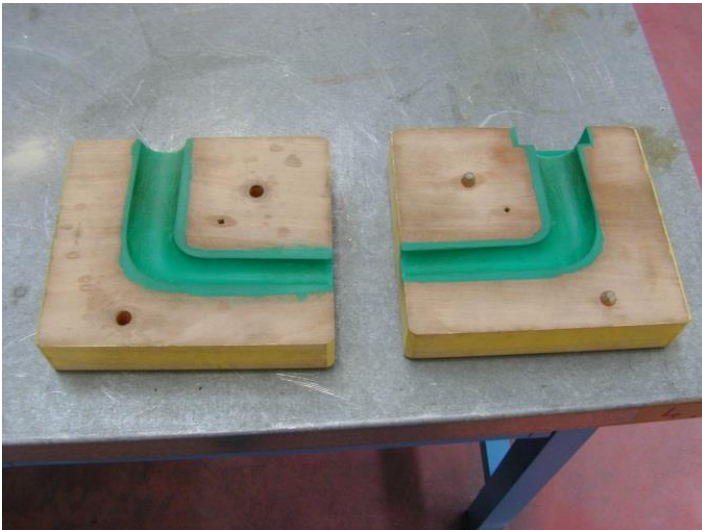
Le modèle assemblé.

2- Boite à noyaux :

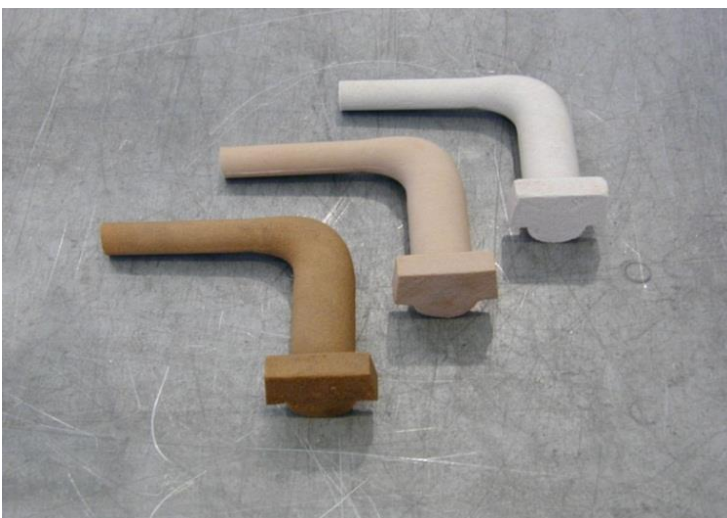
Elle sert à réaliser le noyau qui permet de donner les formes intérieures de la pièce. Constitué de sable réfractaire (résiste à haute température) avec un agglomérant qui permet son durcissement.



On réalise une boîte à noyau pour un noyautage manuel ou sur une machine à noyauter. La boîte à noyau peut être en bois ou en résine.



La boîte à noyau doit être en deux parties pour permettre d'en extraire le noyau.



Le procédé le plus utilisé dans le noyautage est :

- le silicate-CO₂

✓ Phase 4 : Opérations de fonderie :

1- Moule :

Le moule est réalisé par serrage du sable de moulage dans les châssis métalliques guidés et assemblés par des broches qui permettent leurs misent en position. Chaque plan séparateur des châssis est appelé joint de moulage (ou plan de joint). Dans tous les cas les moules doivent posséder les caractéristiques suivantes :

- ♣ Résistance mécanique et thermiques (réfractaire).
- ♣ Précision dimensionnelles et géométriques.
- ♣ Dégagement de gaz (évents).

2- Châssis :

C'est un cadre métallique dans lequel on tasse le sable. Il comporte des poignés de manœuvre et des oreilles de repérage.

Deux châssis :

- ✓ Châssis supérieur,
- ✓ Châssis inférieur



On place le modèle à l'intérieur du 1/2 châssis inférieur



On remplit le châssis inférieur par le sable.

On racle alors la surface du châssis pour pouvoir retourner le tout.



Après avoir retourné le châssis inférieur on place le deuxième 1/2 modèle sur l'autre à l'aide des pions de centrage.



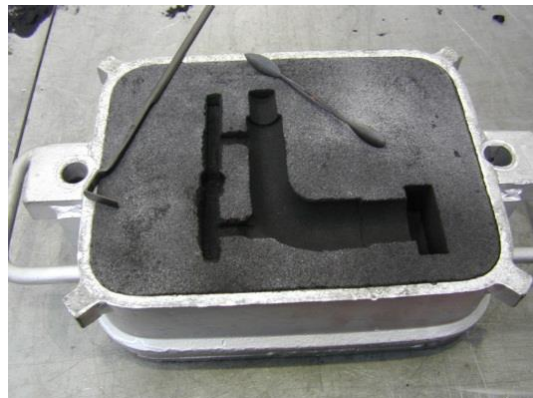
On met alors le châssis supérieur en y plaçant un tube qui servira de descente de coulée. On remplit le châssis de sable comme pour le 1^{er} châssis.



On sépare les 2 châssis et on enlève délicatement les deux 1/2 modèles.



On creuse le canal et les attaques de coulées à l'aide des spatules dans le châssis inférieur.

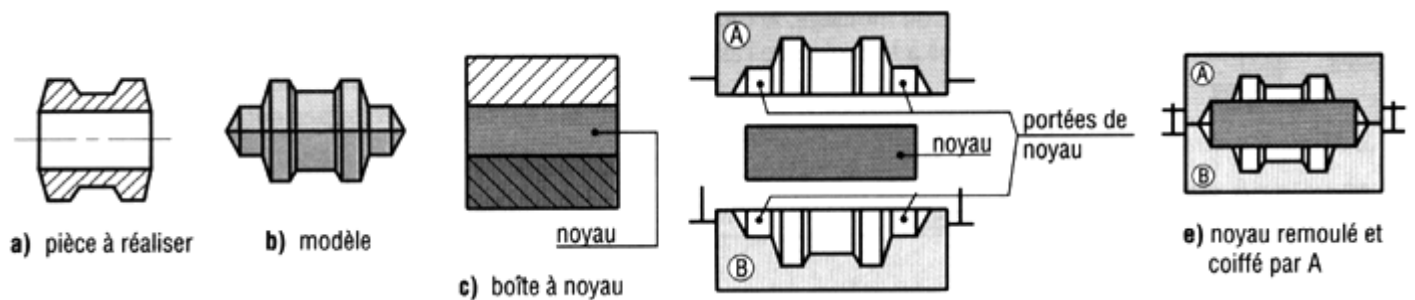


On réalise les événements dans les parties les plus hautes du châssis supérieur



3- Noyautage :

Mise en position des noyaux dans le moule à l'aide des portées. et qui sera détruit pour obtenir la pièce creuse après solidification de la pièce.



On place alors le noyau dans l'empreinte du châssis inférieur.



4- Remoulage :

Assemblages des châssis inférieur et châssis supérieur. Le moule est fermé et crampé afin de résister aux pressions générées par la coulée du métal en fusion dans l'empreinte.

On procède alors au remoulage c'est à dire à la fermeture du moule. Si la pièce à mouler est volumineuse on fermera le moule avec des clamps.



5- Coulée :

L'alliage liquide est introduit dans l'empreinte par un système d'alimentation constitué d'un jet de coulée avec son entonnoir.

Une fois l'empreinte remplie, on laisse refroidir entre 5 et 15 minutes (suivant la taille de la pièce).



6- Décochage :

On peut alors procéder au décochage qui consiste à extraire (séparer) la pièce du moule en le détruisant.

La pièce coulée est solidifiée de son moule.

Les châssis et le sable seront réutilisés.



7- Dessablage :

Consiste à débarrasser la pièce coulée du sable qui peut y adhérer après décochage. On obtient alors la pièce ainsi que son système d'alimentation et de masselotage.



8- Ebarbage :

Débarrasser la pièce coulée de tous les excédents de métal formés par les bavures, les jets de coulée, événements, masselottes, etc.

9- Parachèvement :

Ces opérations sont très variées :

- ♣ Sablage
- ♣ Grenailage (Nettoyer la pièce coulée au moyen d'un jet de grenaille métallique (billes métalliques) projetée à grande vitesse par la force centrifuge d'une turbine)
- ♣ Traitements thermiques éventuels (trempe ; revenu ; recuit) ...