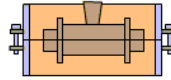


### Le moulage en sable



mercredi 19 mai 2021

#### U4 ETUDE DE PREINDUSTRIALISATION / COMPETENCES :

- C01. Proposer et argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production.
- C03. Pour chacun des procédés visés, proposer un processus prévisionnel et des principes d'outillages associés.
- C04. Valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire.
- C05. Spécifier les moyens de production nécessaires (machines-outils, outils, outillages...).
- C06. Établir les documents destinés aux partenaires co-traitants et sous-traitants.

. BO ou Référentiel : **BTS IPM 2005**

### SAVOIRS / Niveau 2 : Expression

#### S7.1 Élaboration des pièces métalliques semi-ouvrées

- Principe physique associé au procédé.
- Principe des outillages.
- Limites et performances (matériaux, formes et précisions réalisables).
- Incidences sur le matériau et sur les procédés de transformations ultérieurs.
- Notion sur les coûts.

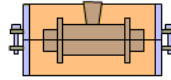
*Pour les procédés suivants :*

- moulage en moules non permanents et permanents ;
- déformation plastique : laminage, forgeage, estampage, matriçage, extrusion... ;
- déformation plastique des tôles : pliage, emboutissage... ;
- découpage, découpage fin, oxycoupage, découpage au jet d'eau haute pression, découpage au laser.

- Décrire le processus du moulage en sable

Objectif Opérationnel

### Le moulage en sable



mercredi 19 mai 2021

- . **SITUATION** : Classe de Première Année de BTS IPM
- . **PREREQUIS** : - Généralités sur le moulage
- . **DONNEES DU PROBLEME, CONDITIONS DE REALISATION** :
  - **DUREE** : 1 Heure
- . **TRAVAIL DEMANDE** :
  - Décrire le mode opératoire de fabrication du moulage en sable
  - Citer les catégories de moules (à vert, sans liant, ...)
  - Classer les différents types de modèles
  - Énoncer le rôle du noyau
  - Donner les principales caractéristiques des sables

#### PLAN ET DEROULEMENT DE L'ACTIVITE :

- . **METHODE** :
  - **ACTIVITE** (de Groupe, d'Equipe, Individuelle) : - Cours
- . **MOYENS DIDACTIQUES** :
  - **DOCUMENTS** : - Poly Cours
  - **AUDIO-VISUELS** : - Vidéos / Diaporamas et Animations
  - **AUTRES** : - Exemple de pièces moulées sable
  - **BIBLIOGRAPHIE** : - Le moulage en BD
  - **LIENS** :
    - <http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-69/guimard/sable/photo1.htm>
    - [http://www.angers.ensam.fr/ressources/fonderie/panhard\\_richemont/pages/page\\_outillages.htm](http://www.angers.ensam.fr/ressources/fonderie/panhard_richemont/pages/page_outillages.htm)
    - <http://www.intexalu.com/aluminium/alu.htm>
    - <http://www.fondeursdefrance.org/CI/fiches.php>
    - [http://www.angers.ensam.fr/ressources/fonderie/pages/V\\_process.htm](http://www.angers.ensam.fr/ressources/fonderie/pages/V_process.htm)

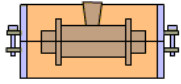
#### EVALUATION DE L'ACTIVITE :

☐

. Evaluation Formative

☐

. Evaluation Sommative

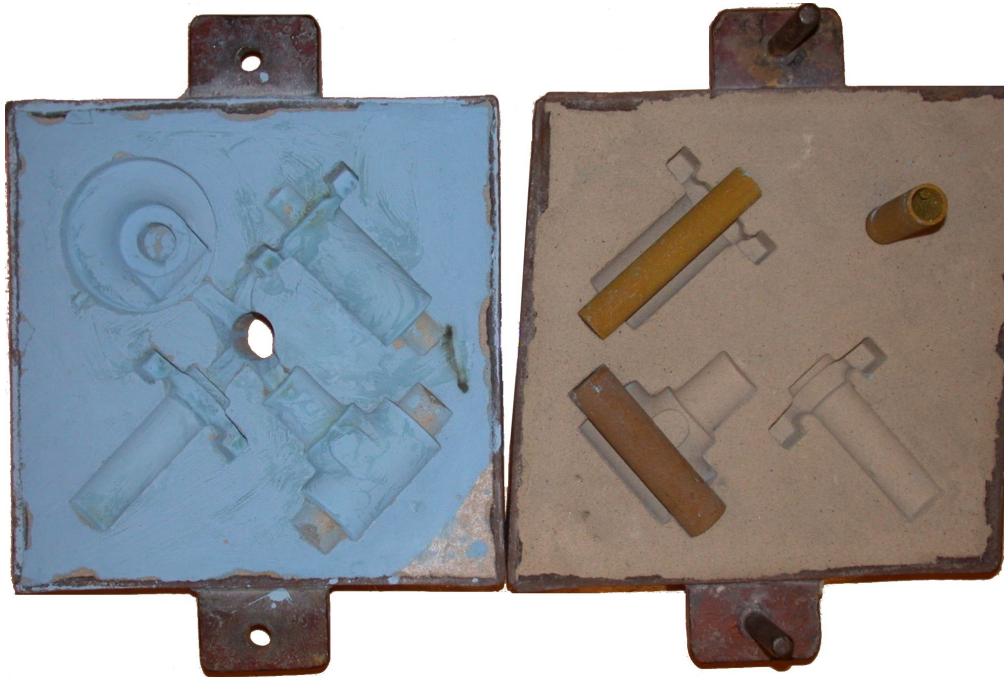


# Le moulage en sable

Page 1/9

## 1 PRINCIPE

Le moulage en sable consiste à réaliser une empreinte dans un matériau plastique - structure granulaire (généralement des sables siliceux) - à partir d'un modèle aux formes de la pièce. Deux châssis métalliques, parfaitement repérés entre eux, servent à maintenir le sable utilisé pour prendre l'empreinte du modèle.

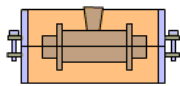


Cette empreinte correspond à la future pièce brute, en tenant compte :

- du système d'attaque permettant de remplir l'empreinte sans préjudice pour les matériaux du moule ni pour la qualité de la pièce,
- du système d'alimentation compensant la contraction de solidification,
- du retrait à l'état solide.

Généralement les formes intérieures des pièces sont données par des **noyaux** (emploi parfois de noyaux extérieurs) qui sont des éléments de moule réalisés séparément avec un outillage spécial (boîtes à noyaux).

Après coulée de l'alliage par **gravité**, cette structure est désagrégée (décochage) pour extraire la pièce brute solidaire du système de remplissage et du système de masselottage. La séparation des matériaux de moulage adhérant à la pièce, ainsi que des systèmes de masselottage et de remplissage, des bavures (provenant du jeu entre les différentes parties du moule) constitue le **parachèvement**.

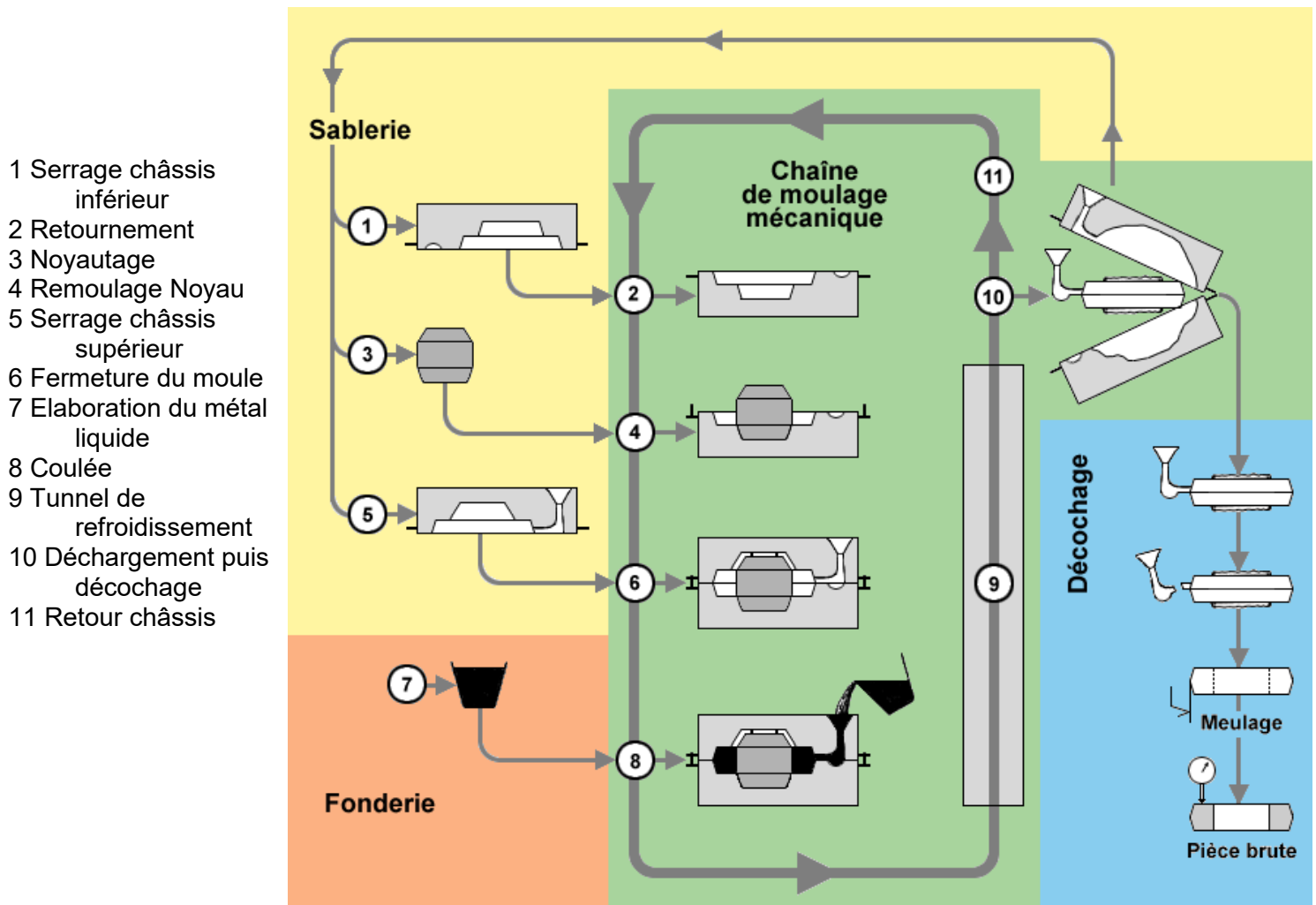


# Le moulage en sable

Page 2/9

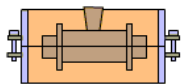
Le moulage en sable est **non permanent**, car le moule est détruit dans la phase de fabrication de la pièce. La réalisation d'une autre pièce (ou groupe de pièces dans une même empreinte) conduit donc à la fabrication d'un autre moule.

Le cycle de fabrication est décrit ci-dessous.



Les matériaux de moulage doivent :

- se mettre en œuvre facilement, réaliser et conserver les formes de la pièce à obtenir,
- résister à l'action mécanique et thermique de l'alliage coulé, et permettre le remplissage,
- ne pas gêner le retrait de l'alliage à l'état solide (craquelures),
- se désagréger après solidification de la pièce,
- permettre le recyclage des éléments non détruits.



# Le moulage en sable

Page 3/9

## 2 LE MOULE

Il existe 3 types de moules :

- Le moule déformable (sable à vert)
- Le moule rigide (sable aggloméré)
- Le moule en sable sans liant (sable siliceux)

### 2.1 Le moule déformable

#### 2.1.1 Le moulage manuel

Il est utilisé pour des pièces unitaires ou de très petites séries, le moulage étant avec modèle ou sans modèle (troussage,...). La méthode consiste simplement à tasser le sable autour du modèle puis d'enlever ce dernier avant de couler l'alliage.



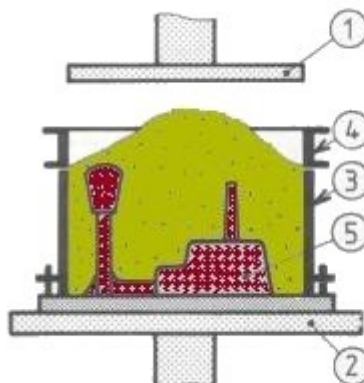
#### 2.1.2 Le moulage mécanique

Il est utilisé pour des pièces de petite à la très grande série. Le sable est serré mécaniquement contre la plaque-modèle selon plusieurs techniques : projection, vibration, pressage ou soufflage.

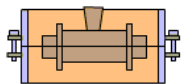
Selon l'intensité de serrage du sable, le moule est réalisé par :

**Basse pression :** Le moule est plastique, et présente une faible gêne au retrait pour la pièce solidifiée dans le moule. Ce type de serrage est employé pour des alliages ayant un important retrait ou pour des alliages ou des tracés de pièces susceptibles de présenter des criques.

**Par pression :** Le sable est serré entre la plaque modèle et un plateau. C'est soit le plateau, soit la plaque modèle qui se déplace. Afin que les efforts de compression soient uniformément répartis dans la masse de sable, il ne faut utiliser ce mode de serrage que pour des pièces au relief peu accentué.



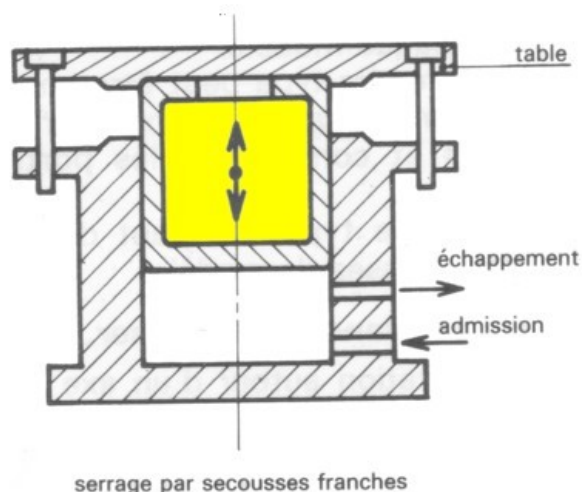
1. Plateau fixe
2. Plateau mobile
3. Chassis
4. Réhausse
5. Plaque-modèle



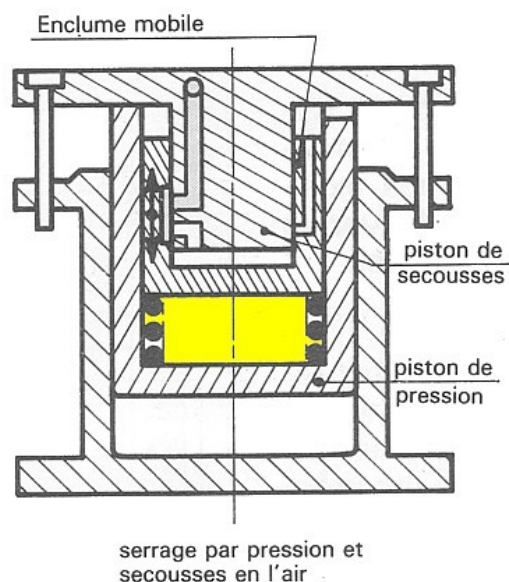
## Le moulage en sable

Page 4/9

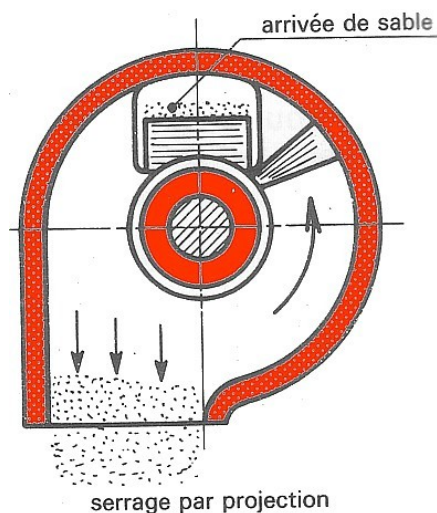
**Par secousses** : Serré par inertie, le sable s'écoule mieux. Les secousses peuvent avoir jusqu'à 20 mm d'amplitude à des fréquences de 350 coups/minute. La secousse peut être franche (la table retombe sur une masse fixe), ou en l'air (la masse sur laquelle retombe la table est montée sur ressorts) ; dans ce cas, l'amplitude n'est que de 3 à 5 mm pour des fréquences semblables.

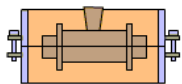


**Par pression et secousses** : Les deux modes précédents sont associés impliquant une complémentarité de leurs qualités. Pression et secousses peuvent être simultanées ou successives.



**Par projection de sable** : Le sable est mis en mouvement par une turbine qui le projette verticalement dans le châssis. Le remplissage et le serrage se font simultanément. La turbine est montée à l'extrémité de deux bras mobiles permettant le serrage des moules de grandes dimensions.



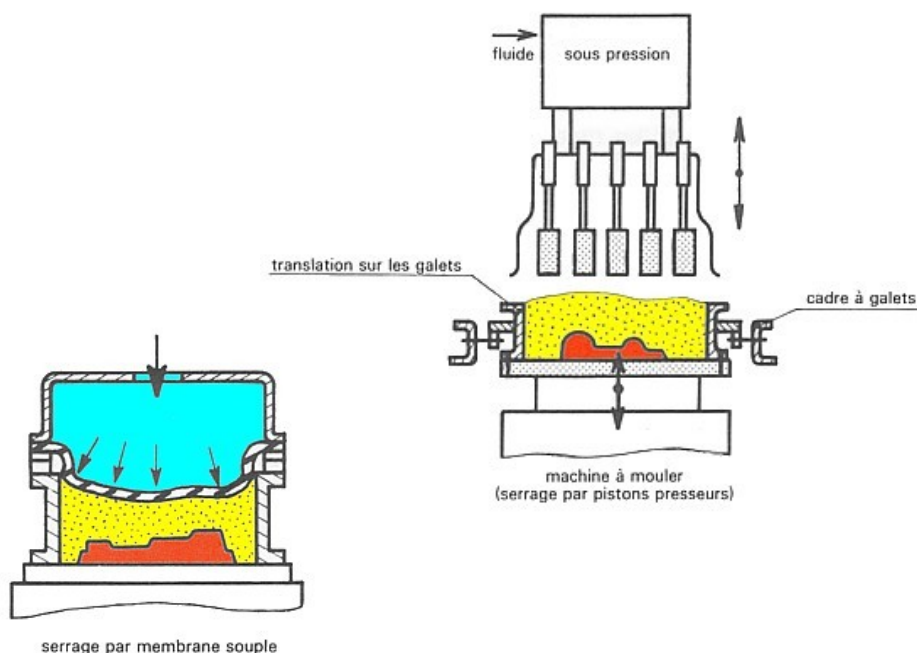


# Le moulage en sable

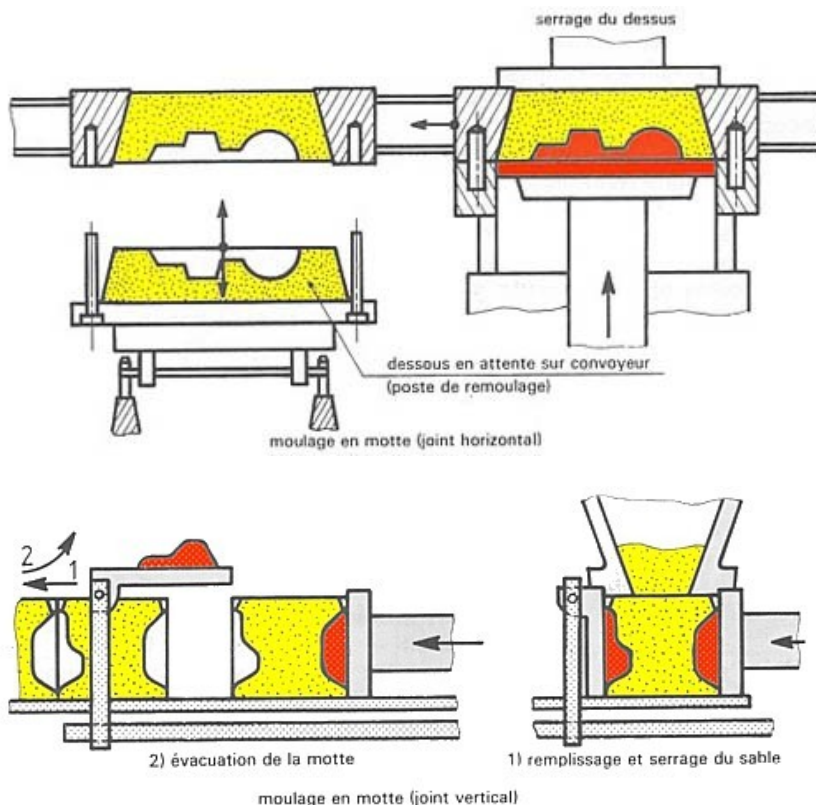
Page 5/9

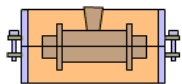
**Haute pression** : Le moule à une plus grande rigidité et engendre une meilleure précision dimensionnelle des pièces moulées. Cette cohésion supérieure à celle obtenue en serrage basse pression permet le moulage de fontes à graphite sphéroïdal (GS) sans avoir de forçage de l'empreinte lors de la phase de solidification. La résistance mécanique du sable serré permet la réalisation de mottes rigides et permet l'augmentation du taux d'utilisation de la **surface de joint**.

**Le moulage en châssis** : les châssis utilisés doivent être très rigides, usinés sur les deux faces. Les dispositifs de repérage par douilles et goujons sont donc très précis. Il existe deux types de serrage : par **pistons presseurs** ou par **membrane souple**



**Le moulage en motte** : on peut distinguer deux types : le moulage en **motte à joint vertical** (La chambre réalisant la motte est remplie par soufflage. Le serrage est réalisé par un des pistons. La motte est ensuite poussée contre la précédente) et le moulage en **motte à joint horizontal** (Le serrage est obtenu par pression sur des plateaux ou par membrane souple. Le remplissage peut se faire par soufflage).





# Le moulage en sable

Page 6/9

## 2.2 Le moule rigide

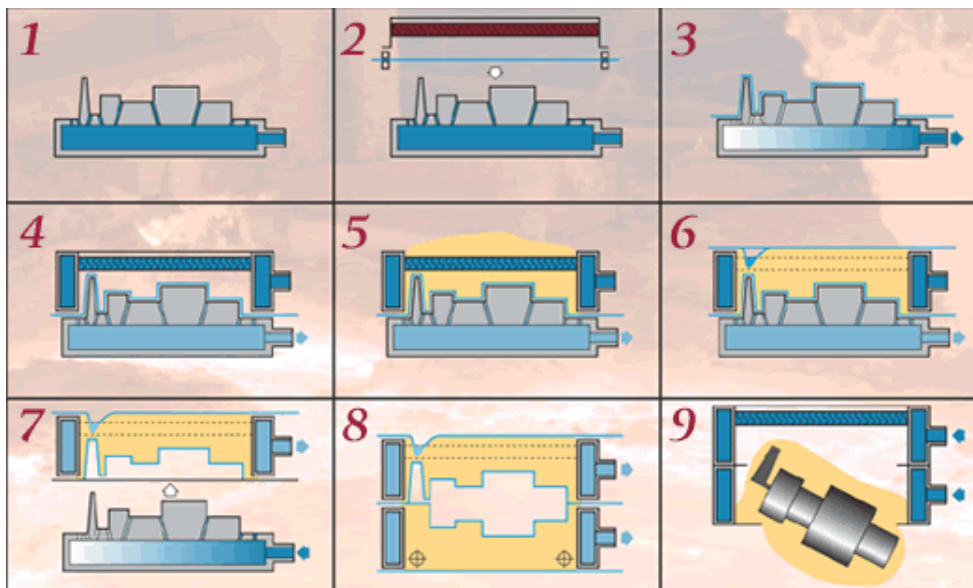
L'agglomération des grains de sable se fait avec des liants dont le durcissement est obtenu par une réaction chimique.

- Selon la nature des produits la réaction chimique se fait à température ambiante (prise à froid) ou sous l'effet de la chaleur (prise à chaud).
- La réaction chimique de durcissement se fait au contact de l'outillage (modèle, plaque -modèle, boîte à noyau...). Les produits mélangés au sable donnant un durcissement à froid donnent un sable auto-durcissant.

## 2.3 Le moule en sable sans liant - Vacuum Moulding ou V Process

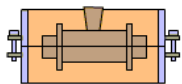
Le V-process est une technique qui a fait son apparition en 1971 et son développement se poursuit encore aujourd'hui. C'est un procédé de moulage sous vide utilisant un film thermoplastique pour donner la forme du modèle aux deux parties du moule.

- Les plaques modèles et châssis sont des caissons permettant ainsi la mise en dépression de l'ensemble.
- Après chauffage d'un film thermoplastique, celui-ci est déposé sur le caisson modèle et vient plaquer parfaitement le modèle par une mise en dépression.
- Le vide étant maintenu sur le modèle, on vient positionner le caisson châssis qui sera ultérieurement raccordé au système « déprimogène ».
- Le châssis étant rempli de sable extra-silicieux, on provoque des vibrations pour améliorer la compacité du moule. Après égalisation du sable et pose du film plastique (non chauffé) sur la partie supérieure du moule, le châssis est mis sous dépression.
- La seconde partie du moule est réalisée suivant le même processus.
- Pour pratiquer le démoulage, il suffit de supprimer le vide dans le caisson et d'insuffler à la place de l'air sous faible pression puis de soulever le châssis.



### Avantages

- Pas de préparation (sable sans liant).
- Bonne perméabilité du moule.
- Hautes précisions géométriques et dimensionnelles des pièces coulées.
- Dépouille non nécessaire.
- Matériaux de moulage bon marché.
- Très bon état de surface.
- Aucune usure des châssis par suite des secousses ou du décochage.



# Le moulage en sable

Page 7/9

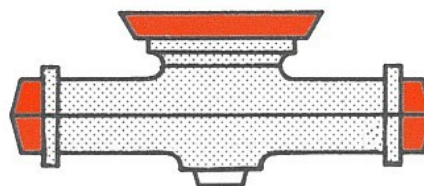
## 3 LE MODELE

Le modèle permet de réaliser l'empreinte à l'intérieur du moule ; Il existe 2 types de modèles :

- Le modèle
- La plaque modèle

### 3.1 Le modèle

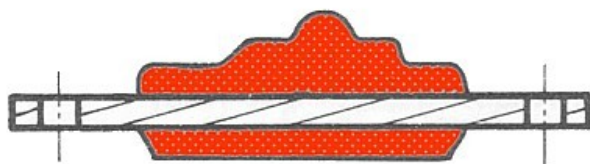
Il reproduit tout ou partie des formes à obtenir et peut comporter des portées de noyau. Il est composé d'une ou plusieurs parties assemblées, collées ou ajustées. Les matériaux utilisés pour sa réalisation sont variés : Bois vernis, plâtre, polystyrène ...



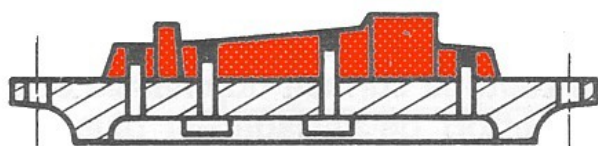
modèle avec portées de noyaux

### 3.2 La Plaque modèle

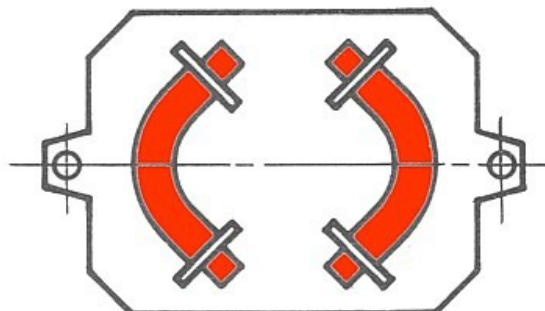
Elle comprend une plaque sur laquelle est fixé le modèle. Elle peut être simple, à double face ou réversible



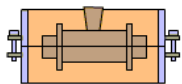
plaque modèle monobloc double face



modèle monté sur plaque



plaque modèle monobloc réversible

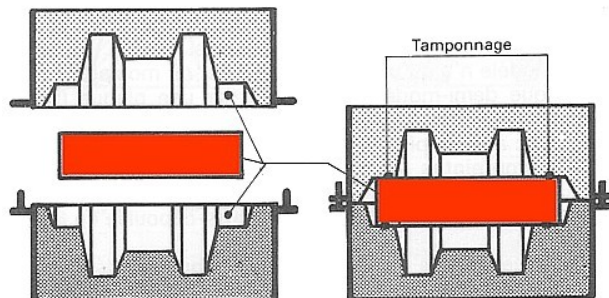


# Le moulage en sable

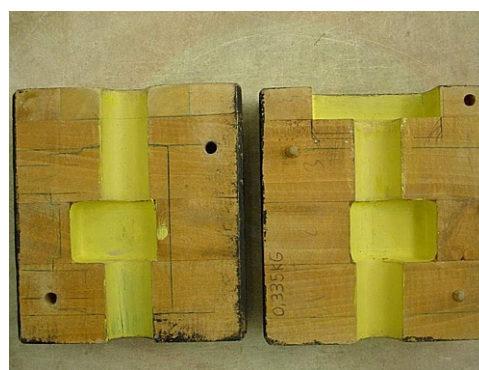
Page 8/9

## 4 LE NOYAU

Il s'agit d'une structure en matériau de moulage, réalisée indépendamment du moule et donnant après re-moulage (mise en place dans le moule) des reliefs permettant d'obtenir le plus souvent des formes intérieures de la pièce brute. La stabilité est assurée par des portées de noyau.



Les noyaux sont obtenus dans des outillages appelés **boîtes à noyaux** dans lesquelles on introduit du sable tout en tenant compte de son serrage et de son extraction lors du déboîtage. Les boîtes peuvent être réalisées en bois, en résine ou en métal.

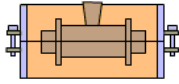


Le noyau doit être résistant et ne doit pas subir d'altération lors des phases de fabrication, de manutention, de remoulage, d'attente ou durant la phase de coulée. Il doit également être perméable et permettre l'évacuation de l'air et des gaz formés. Il doit également être résistant à la chaleur et conserver les formes moulantes pendant la phase de solidification.

## 5 LE SABLE

Chaque procédé de moulage induit l'utilisation d'un sable particulier :

- Moulage déformable : Sable **Silico-argileux**
- Moulage rigide : Sable **avec liant**



## 5.1 Le sable Silico-argileux

### 5.1.1 Composition

Il est composé :

- de grains de quartz ( $\text{SiO}_2$ ), dont la pureté, la taille et la granulométrie ont soigneusement été contrôlées.
- d'argile malléable
- de produits d'addition tels des stabilisateurs d'humidité permettant le contrôle de la quantité d'eau

### 5.1.2 Propriétés

Le sable doit posséder les propriétés suivantes :

#### Plasticité

Sous l'action de pressions exercées sur le sable, son état de contrainte est modifié. Le nouvel état subsiste après suppression de l'action (conservation de l'empreinte après démoulage). La plasticité est caractérisée par l'aptitude au serrage ; celle-ci représentant la variation de densité apparente du sable.

#### Cohésion

La cohésion d'un sable de fonderie permet de conserver l'état de contrainte du sable après sa mise en oeuvre.

#### Perméabilité

Possibilité pour un élément de moule de se laisser traverser par un débit gazeux (indépendamment des évents et des tirages d'air pratiqués dans le moule). Les gaz sont : l'air évacué du moule lors du remplissage de l'empreinte et les gaz produits par la réaction moule-alliage.

#### Réfractarité

Fait référence à la résistance pyroscopique d'un moule, c'est à dire à sa tenue à la température et non pas à son point de fusion. Pour la déterminer, on utilise les essais d'affaîssement sous charge ou de fluage

## 5.2 Le sable avec liant

L'agglomération des grains de sable est réalisée par une réaction chimique **sable + liant + catalyseur**

On distingue selon la nature des produits :

- Les procédés à prise à froid (Sables auto durcissants ou Sables à prise par gazage)
- Les procédés à prise à chaud (Durcissement en dehors de l'outillage ou Durcissement en contact de l'outillage)