Développement et amélioration de la qualité des autocuiseurs à Préciam

Abdelhak Nouktif

▶ **To cite this version:**

Abdelhak Nouktif. Développement et amélioration de la qualité des autocuiseurs à Préciam. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2011. dumas-01420886

HAL Id: dumas-01420886

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01420886

Submitted on 21 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

Centre régional : CNAM Maroc

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtenir

Le DIPLOME d'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : Matériaux

OPTION : Matériaux polymères Industriels

Par

NOUKTIF ABDELHAK

Thème

DÉVELOPPEMENT ET AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DES AUTOCUISEURS À PRECIMA

Soutenu le 27 Janvier 2011 devant le jury composé de :

Mr GilbertVilloutreix	CNAM Paris	Président
Mr Abdellah Haddout	CNAM Maroc	Encadrant CNAM
Mr Mahjoub BAHRI	PRECIMA	Encadrant Industriel
Mme Josiane Villoutreix	CNAMParis	Examinateur
Mr Khalid Amellal	CNAM Maroc	Examinateur

TABLE DES MATIERES

Remerciements……4

Introduction……..5

Description du projet …..……...……..7

Présentation de l'entreprise PRECIMA …..……...8

PARTIE I : Développement de nouveaux modèles de poignes et de bouton de serrage pour les différents types d'autocuiseurs fabriqués par l'entreprise PRECIMA…….10

Chapitre I - Etude et choix de résine pour application dans le domaine d'autocuiseurs…11

1. Les résines thermodurcissables et leur développement industriel……..11
2. Les phénoplastes: FORMOPHENOLIQUES (PF) ……....12
   - 2. 1 Structure …..…….……..12
   - 2. 2 Propriétés……..12
   - 2. 3 Mise en œuvre……..13
   - 2. 4 Avantages et inconvénients de ces résines……...13
   - 2. 5 Techniques d'analyses et de caractérisation de la résine……14
   - 2. 6 Caractéristiques analysées pour l'évaluation de la résine……17
   - 2. 7 Stockage et précautions de traitement……...18
   - 2. 8 Détermination de la résistance au choc ……...19
   - 2. 9 Fiche technique de la matière retenue……...22

Chapitre II- Etude des moules d'injection développement et adaptation des moules….23

1. Analyse fonctionnelle des moules……..…...23
2. Ecoulement dans le moule……26
3. Adaptation et modification des moules……26
4. Instructions de démontage et montage moule……30
5. Mise en place d'un plan de maintenance préventif pour la machine et le moule…….…33

Chapitre III- Etude AMDEC- moyen de production : la machine d'injection……36

Chapitre III- Mise en forme par injection……56

1. Principe d'injection ……..……58
2. Paramètres de moulage ……...……58
3. Relation entre pression, température et temps de moulage ……..…59
4. Qualité des pièces moulées……....60
5. Elaboration de paramètres de mise en œuvre par injection……...…61
6. Les pièces finales produites……...42

PARTIE II : Etude, développement, conception et réalisation d'emballages en polystyrène expansé pour les produits de la société PRECIMA……..……..64
1- Caractéristiques du Polystyrène expansé……65
1. 1 Définitions……...65
1. 2 Polystyrène expansé……....66
1. 3 Polystyrène expansé moulé…….66
1. 4 Gamme des matières premières……...66
1. 5 Granulométrie du polystyrène expansible……..……66
1. 6 Masse volumique apparente……....66
2- Les machines de transformation……..…..…67
3- Les moules pour le polystyrène expansé……..…74
4- Cycle de moulage d'un bloc de polystyrène expansé…….....76
5- Tolérances des produits fabriqués……...……...78
6- Les propositions de modèles d'emballages et validation……...……...80
7- Analyse technico-économique et devis …..……..…….....90
Synthèse…….....94
Conclusion…….....95
Bibliographie……...96
Annexes ……...98

Remerciements

Avant d'entamer ce rapport, je tiens à présenter mes remerciements et ma profonde reconnaissance à Monsieur BAHRI mon encadrant industriel, qui a suivi sur place mon travail.

Je formule également ma gratitude à l'adresse de mon encadrant Monsieur le Professeur Abdellah HADDOUT de son soutien tout au long de la réalisation du l'étude.

Je remercie également Mr /Mme VILLOUTREIX pour leur aide et les informations apportées dans cette formation.

Par la même occasion, je présente mes vifs remerciements à l'ensemble de personnel de PRECIMA pour toute leur aide.

Je remercie en fin toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Introduction

Le secteur industriel des appareils ménagers connaît un développement sans précédent, et la concurrence internationale est devenue de plus en plus rude, la qualité du produit fini passe par une qualité irréprochable de la qualité des composants et de l'emballage.

La société PRECIMA propose un projet composé :
- d'une étude de développement de nouvelles pièces, à base de la résine bakélite injectée, pour ces autocuiseurs (cocotte-minute), à savoir : les poignés et le bouton de serrage, permettant de répondre aux normes de sécurité de qualité et des exigences du marché en termes de prix.

- d'une étude de développement de conception de nouveaux emballages pour les autocuiseurs (cocotte-minute), permettant de répondre aux exigences du marché et aux normes de qualité.

Dans ce travail nous présentons une étude de prospection et d'analyse de différentes formulations de résines Bakélites en coordination avec les fournisseurs pour obtenir des caractéristiques spécifiques répondants aux exigences du cahier de charge, suivi d'une présentation de procédures expérimentales nécessaire pour le contrôle, le suivi et la maîtrise de la qualité de la matière première.

Le deuxième chapitre de cette étude est consacré au diagnostic des moules et la machine d'injection avec le suivi de la modification des moules et l'adaptation des nouveaux moules sur la machine à injection puis, l'élaboration d'un dossier d'entretien spécifique de la machine d'injection et des moules avec l'élaboration d'un plan de maintenance préventif

Le troisième chapitre est consacré à l'élaboration du cycle de production par injection pour chaque moule avec l'optimisation des paramètres d'injection (température matière, température du moule, vitesse rotation vis, vitesse d'injection, temps d'injection, temps de maintien, temps de cuisson…) en vue de répondre aux exigences de la qualité, la sécurité el la rentabilité.

Dans le quatrième chapitre nous présentons l'étude de développement de nouveaux emballages en polystyrène expansé pour les différents autocuiseurs fabriqués par l'entreprise Precima. Ensuite, une étude de conception de moule, des plans de définition de pièces et de moule ont été établis suivi d'une étude technico-économique.

Description du projet

L'étude proposée consiste à étudier, développer et améliorer la qualité des autocuiseurs à Precima.

L'étude se compose de deux parties :

La première partie consiste à développer de nouvelles formulations de résines Bakélite avec la maîtrise du procédé d'injection pour la fabrication de nouveaux modèles de poignés et de bouton de serrage pour les différents types d'autocuiseurs fabriqués par l'entreprise PRECIMA.

Il s'agit de:

1. Développer de nouvelles formulations de résines Bakélites en coordination avec les fournisseurs pour obtenir des caractéristiques spécifiques répondants aux exigences du cahier de charge prédéfini:
2. Faire une étude technico-économique et optimiser le prix de la matière première avec le développement d'une fiche technique spécifique permettant, le contrôle, le suivi et la maîtrise de la qualité de la matière première.
3. Etablir un diagnostic des moules et de la machine d'injection.
4. Assurer le suivi de la modification des moules.
5. Adapter les nouveaux moules sur la machine à d'injection.
6. Elaborer un dossier d'entretien spécifique de la machine d'injection et des moules.
7. Elaborer le cycle de production par injection pour chaque moule.
8. Optimiser les paramètres d'injection (température matière, température du moule, vitesse rotation vis, vitesse d'injection, temps d'injection, temps de maintien, temps de cuisson…) en vue de répondre aux exigences de la qualité, la sécurité el la rentabilité.
9. Valider la nouvelle production en termes de qualité, sécurité et aspect esthétique.
10. Synthèse et évaluation du projet.

La deuxième partie consiste à étudier, développer, concevoir et réaliser l'emballage en polystyrène expansé qui préserve l'autocuiseur lors du stockage et la manipulation lors du transport chez le client de la société PRECIMA

Présentation et activités PRECIMA

Precima est une société industrielle créée en 1971. Son siège sociale est : rue EL Haouza Oucacha- Roche Noire-Casablanca. Il s'agit d'une SARL,employant 150 personnes. Elle dispose d'une usine de production à Ain Sebaâ,2 show room l'un à Derb Omar et l'autre au Maârif et un SAV annexé à Junkers.

Elle opère dans trois domaines:

- Fabrication et commercialisation de cocotte minute sous la marque EXPRESS (gamme en aluminium & en Inox), en plus d'une large gamme de petit électro.
- Fabrication et commercialisation d'articles à gaz
- Commercialisation de la gamme de chauffe eau Junkers de la marque Bosch.

Precima est une société dynamique et interactive pour qui la qualité reste un souci majeur. Dans ce sens Precima, s'est inscrite dans un processus de Management de la qualité. Ainsi, elle a été certifiée ISO 9001 en 2003 et la cocotte Express est certifiée selon le marquage CE (normes exigées par la communauté européenne). Actuellement elle est en cours de certification pour sa branche de chauffe eau Junkers.
Precima, l'un des fleurons des entreprises marocaines est présente dans la sphère économique depuis 1971. A ses débuts, la société Precima s'était spécialisée dans le décolletage (fabrication de pièces semi finies destinées aux industries). Ensuite, elle a élargi sa gamme de produit en introduisant des articles de gaz à savoir les réchauds 4 pieds et les lampes.

Au début des années quatre vingt, Precima a introduit la cocotte minute sous la marque EXPRESS. Au fil du temps, EXPRESS a acquis une notoriété importante grâce à la qualité des matériaux utilisés et des procédés de fabrication novateurs qui lui ont valu le mérite de devenir le concurrent direct de la cocotte minute SEB. Sa bonne qualité lui a permis de se positionner en tête des cocottes vendues sur le marché marocain. Aussi, elle est plébiscitée à l'export par des pays comme l'Egypte, l'Arabie Saoudite…

Cocotte minute EXPRESS Aluminium

La cocotte minute EXPRESS en aluminium est l'une des plus grandes réussites du groupe Precima. Grâce à sa qualité et à l'écoute permanente des besoins des consommateurs, elle a pu concurrencer l'ancestrale marque SEB. Elle est pratique et facile à manipuler. Elle permet une bonne cuisson des aliments. De plus, elle est faite en utilisant le meilleur aluminium qui existe sur le marché, protégeant ainsi la santé des consommateurs contre les résidus non désirés. Elle est disponible dans des capacités de :3L; 4,5L; 6L; 8L; 10L; 12L; 18L.

Cocotte minute EXPRESS Inox

La cocotte minute EXPRESS en INOX est un modèle qui offre un excellent rapport qualité/prix. Avec un prix abordable, elle permet une bonne cuisson des aliments et offre un produit résistant. Elle est disponible dans les capacités suivantes : 4,5L; 6L; 8L; 10L; 12L.

Partie I :

Développement de nouveaux modèles de poignés, et de bouton de serrage pour les différents types d'autocuiseurs fabriqués par l'entreprise PRECIMA

Chapitre I

ETUDE ET CHOIX DE RESINE POUR APPLICATION DANS LE DOMAINE D'AUTOCUISEURS

1- Les résines thermodurcissables et leur développement industriel

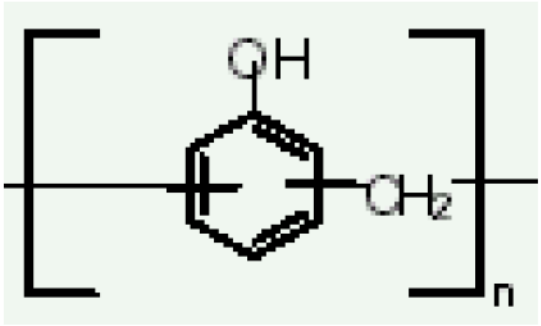
Se sont des produits obtenus par condensation de monomères polyfonctionnels. Ils sont constitués d'un réseau tridimensionnel de macromolécules, ce sont des matériaux amorphes et infusibles. on ne peut pas leur appliquer la notion de masse moléculaire, puisque les limites de la macromolécule peuvent être celles de l'objet lui –même .

Toutes les liaisons atomiques sont de forte intensité et contrairement à ce qui se passe pour les matières thermoplastiques , il ne peut y avoir aucun déplacement des chaînes les unes par rapport aux autres : quand la température augmente, le polymère ne devient pas visqueux, mais il conserve sa rigidité jusqu'au moment où il se dégrade par oxydation ou par combustion [1-2] .

On appelle ces plastiques matières thermodurcissables parce que , en général, une élévation de la température favorise la réaction de polymérisation et le degré de réticulation , donc la rigidité .

2- les phénoplastes: FORMOPHENOLIQUES

2.1- STRUCTURE



2.2 - PROPRIETES

a. PROPRIETES PHYSIQUES

La masse volumique variera de 0.9 à 1.3 g/cm^3 sans charges et jusqu'à 1.8 g/ cm^3 chargé.
Les couleurs seront toujours sombres. La reprise d'humidité sera fonction du temps et de la nature de la charge.

b. PROPRIETES MECANIQUES

Les pièces en phénoplastes ne présentent pas d'allongement significatif à la rupture, (Ces matières ne présentent pas en effet de fluage sous charge).
Les propriétés seront fonction des charges utilisées.

c. PROPRIETES THERMIQUES

Les phénoplastes offrent une excellente tenue thermique (170°C a 200°C) améliorées encore par des charges minérales (mica, amiante) (200-300°C)
Elles sont infusibles, elles se décomposent au dessus 250°C pour libérer de la vapeur d'eau, du mono et du dioxyde de carbone.

d. STABILITE DIMENSIONNELLE

Les pièces en phénoplaste ont une excellente stabilité dimensionnelle.
Le retrait au moulage et le post retrait après fabrication sont assez limités, mais leurs valeurs seront fonction de la charge (diminution si la charge augmente) [3-5].

2.3 - Mise en œuvre

Dans les résines PF1 (résols), la réaction se développera sous l'action de la chaleur. Elles sont utilisées pour la fabrication de vernis, stratifiés, laques, peintures, panneaux de particules.

Les résines PF2 (novolaques) ne sont pas réticulées, elles peuvent donc se ramollir avec une élévation de température et être réticulées par un agent de réticulation.
Les novolaques serviront de poudre à mouler pour injection et compression et non en général pour la mise en œuvre de composites.

AUTRES TECHNIQUES

1) Moulage: en utilisant des résines novolaques:
2) Compression
3) Transfert
4) Injection
5) Mousses

2.4- Avantages et inconvénients de ces résines.

Avantages :

- Excellente tenue en température
- Faible retrait de l'ordre de 0.6% pour les PF2 et de 0.8% pour les PF1
- Bonne tenue chimique résistent aux produits d'entretiens courants
- Bonnes propriétés mécaniques
- Prix très compétitif
- Auto extinguible

Inconvénients:

- Couleurs foncées seules possibles
- Non alimentaire
- Odeur forte
- Mise en œuvre à faible cadence

Utilisation:

- Pièces d'usage courant, rigide, bonne tenue en température.

2.5 - Techniques d'analyses et de caractérisation de la résine

A- essai sur moule à spirale

Conditions d'essai

- Echantillon : 20g
- Machine d'essai : machine de transfert
- Condition de moulage
  - Température moule 175 +/- 2°C
  - Temps de cuisson 120 S
  - Pression d'injection 70 +/- 2 kg/cm2
  - Temps d'injection 6 + 1 sec
  - Vitesse d'injection 8.5 + 1.5 mm/sec

- Procédure
  a)- Régler des paramètres de la machine
  b)- Fermer le moule
  c)- Activer le vérin de transfert pour presser et injecter l'échantillon fondu dans le moule spirale.
- Evaluation

Lecture de la longueur de flux en spirale pour chaque essai.

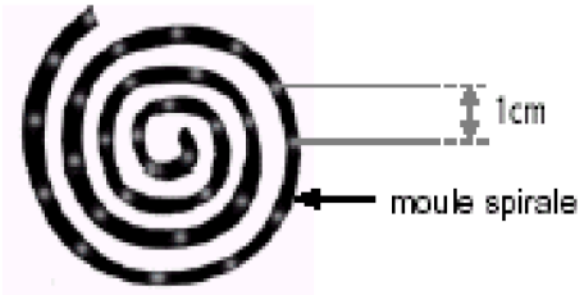


Figure 1 : Moule spirale

Cet essai nous permet de calculer la longueur d'écoulement optimale pour caractériser le comportement rhéologique de la résine lors de la transformation.

B- le temps de gel

- Echantillon 1 cm^3 du poudre
- Machine d'essai Plaque chauffante
- Condition Température de la plaque 175°C
- Procédure

  - Placer l'échantillon au centre de la plaque chaude (175°C), en même temps, déclenche le chronomètre pour calculer le temps.
  - Pétrissez la poudre avec une spatule dans un mouvement circulaire
  - Essayer de faire un cercle de 4 a 5 cm avec l'échantillon avant la diminution d'adhérence entre la spatule et le pétrir-échantillon

- Evaluation

Arrêter le chronomètre et lire le temps où il n'y a pas d'adhérence entre spatule et l'échantillon (refaire l'essai et faire la moyenne de deux essais)

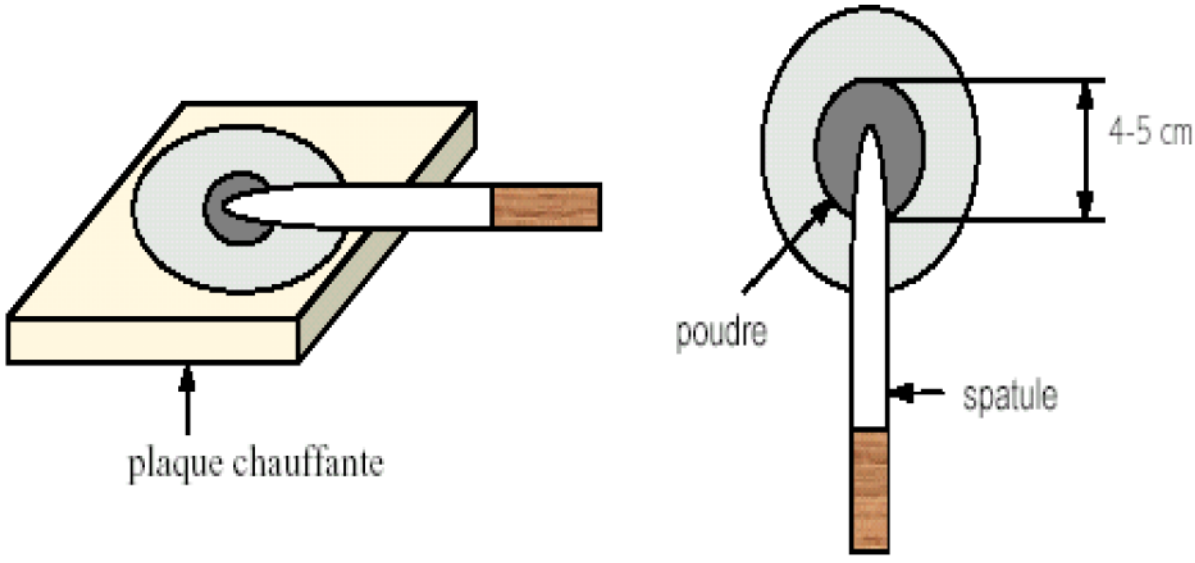


Figure 2: Plaque chauffante

Cet essai nous permet de déterminer le temps de gel pour cause la connaissance du début de la gélification de la résine.

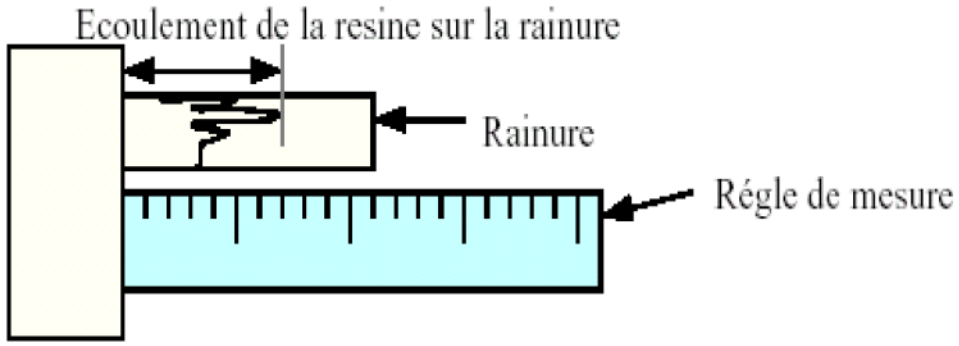
C- la longueur d'écoulement de la résine

- Echantillon 100 à 110 g
- Machine d'essai Machine de transfert
- Condition

- Température 175 +/- 2°C
- Temps de cuisson 120 S
- Pression de Transfert 95 +/- 3 kg/cm2(1351.2 Psi)
- Temps de transfert 12.5 +/- 1 sec
- Vitesse de transfert 4.2 +/- 0.3 mm/sec

-Procédure

- Chauffer l'échantillon dans le préchauffeur
- Mettre L'échantillon dans le pot de transfert de la machine
- Activer le plongeur de transfert pour injecter l'échantillon
- Après moulage mesurer la longueur d'écoulement de la résine dans la rainure. (rainure 5, 10, 20 µ m)



- Evaluation

Mesurez la longueur d'écoulement de deux essais et faire la moyenne

2.6 – Caractéristiques analysées pour l'évaluation de la résine

* Densité
* Module de flexion
* Résistance à la flexion
* Impact de Charpy, entaillé
* Constante diélectrique
* Facteur de dissipation
* La température de moule
* Pression d'injection
* Contre-pression
* Temps de cuisson

2.7 - Stockage et précautions de traitement

- Avant l'ouverture des sacs de résine, il faut tenir compte des conditions de stockage :

- **Condition d'équilibre**

Température de Stockage	moins de 20°C
Température d'équilibre	20-25 °C
Temps d'équilibre	24 heures

-Après l'ouverture

Température de stockage	25°C
Duré de vie	48-72 heures

-L'influence de temps et de la température de stockage

L'influence de stockage de la résine (temps et température) sur l'indice de fluidité est mesuré par la méthode du spiral moulée

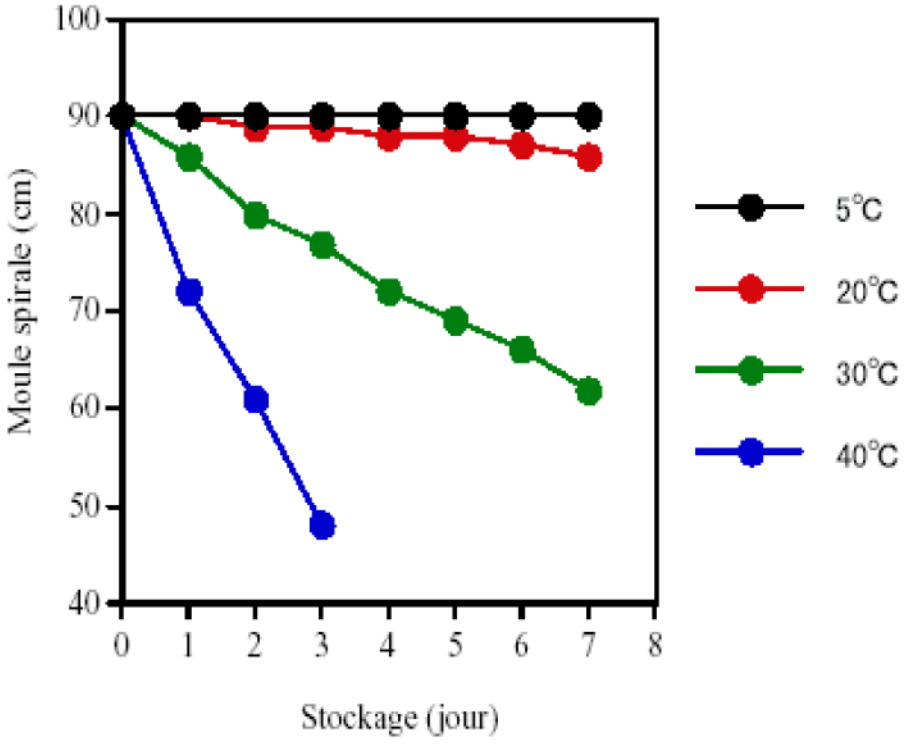


Figure 3: L'effet du temps et de la température de stockage sur l'indice de fluidité

En dessous de 20°C, la température de stockage affecte légèrement la fluidité de la résine, alors au delà de 20°C , la résine devient trop fluide et ceci en fonction du temps de stockage .

2.8 - Détermination de la résistance au choc

A- PRINCIPE

Une masse à mouvement pendulaire, animée d'une vitesse déterminée, provoque par une percussion unique, la rupture d'une éprouvette (lisse ou entaillée), placée devant deux appuis. L'énergie absorbée par le choc, déduite de l'angle de remontée du pendule, est rapportée à la section droite de l'éprouvette [13].

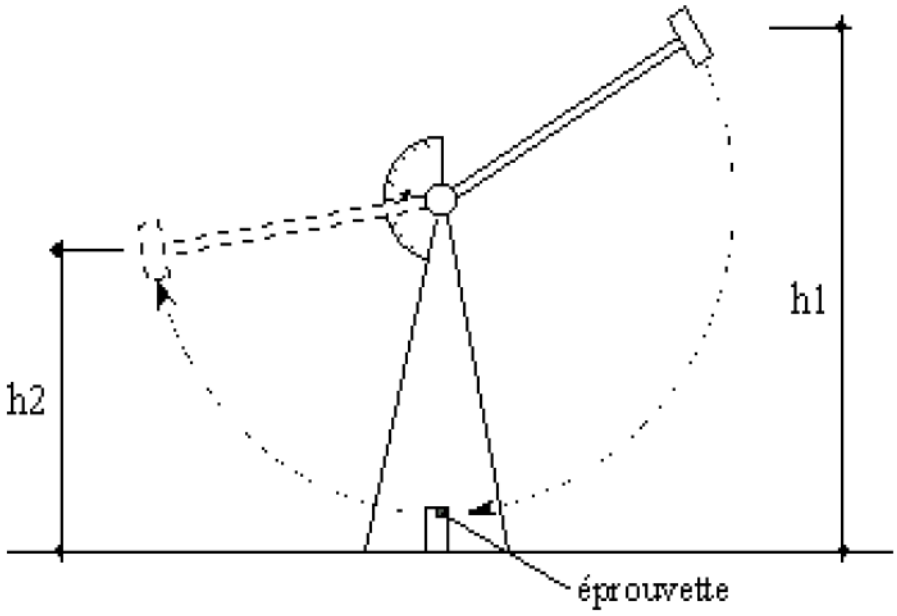


Figure 4: Représentation schématique de L'essai CHARPY la hauteur initiale du mouton est indiquée par h1 et la hauteur finale par h2.

B- APPAREILLAGE

Mouton pendule type CHARPY constitué des éléments suivants :

- Un bâti rigide et massif
- Une masse oscillante à mouvement pendulaire comportant un percuteur ayant la forme d'un dièdre dont les deux faces sont raccordées par un arrondi. La génératrice de cet arrondi, située dans le plan vertical de symétrie du dièdre est l'arrêt du percuteur.

La masse oscillante doit être construite de telle manière :

- Que son centre de gravité soit très voisin de l'arête du percuteur de façon a coïncider aussi exactement que possible avec le point d'impact au moment du choc.

- Que la droite qui prolonge l'arrêt du percuteur passe aussi près que possible de l'axe de rotation du pendule.
- Un dispositif de repérage de l'énergie absorbée par la rupture de l'éprouvette. Il comporte une aiguille entraînée par le pendule et un cadran gradué en unités d'énergie.
- Un support d'éprouvette comportant deux appuis contre lesquels l'éprouvette est placée.

Figure 5: Mouton pendule Charpy

C- Mode opératoire

- **Réglage de l'appareil**

Régler le zéro de l'appareil en modifiant la position de départ du pendule jusqu'à ce qu'il remonte, à vide, de l'autre coté de sa position d'équilibre d'un angle correspondant à l'énergie théorique nominale.

Pour ce réglage l'aiguille indicatrice doit être toujours placée dans la même position, soit au contact du doigt d'entraînement lié au pendule, soit en position verticale (pointe de l'aiguille vers le bas). La position adoptée pour ce réglage doit être conservée pour tous les essais.
Placer une éprouvette sur les appuis et vérifier que l'arête du percuteur, lorsque le pendule est en position basse, est parallèle à la face verticale et distance de celle-ci de moins de 0.5 mm.

- **Technique de l'essai**

Encliqueter le pendule en position de départ, l'aiguille indicatrice étant dans la position adoptée pour le réglage
Placer l'éprouvette contre les appuis de sorte que ses grandes faces soient verticales.
Libérer le pendule avec précaution et relever la valeur W de l'énergie absorbée.
Refaire l'essai dans les mêmes conditions avec les autres éprouvettes.

D- Calcul et expression des résultats

La résistance au choc est exprimée en Kilojoules par mètre carré

$$\mathbf{R_n = (W/S) \times 10^3}$$

2.9 - Fiche technique de la formulation de la matière retenue

Après analyse d'une vingtaine de fiches techniques et consultation des fournisseurs nous avons retenu la formulation dont la fiche technique ci-jointe
Les caractéristiques décrites dans cette fiche répondent à 90% des spécifications définies dans le cahier de charge.

Fiche technique de la formulation retenue

Propriété	Standard	Valeur typique	Unit
Densité	ISO 1183	1,40	g/cm3
Densité apparente	ISO 60	0,62	g/cm3
retrait	ISO 2577	0,65	%
Résistance à la traction (5mm/min)	ISO 527 - 1/2	55	MPa
Module de traction (1mm/min) (Elongation 0.05%)	ISO 527 - 1/2	7.800	MPa
Résistance à la pression	ISO 604	240	MPa
Résistance à la flexion (2mm/min)	ISO 178	90	MPa
Module de flexion	ISO 178	7000	MPa
Résistance aux chocs de Charpy (23°C)	ISO 179-1 eU	6	kJ/m2
Charpy entaillé « la résistance aux chocs (23°C) »	ISO 179-1 eA	1,4	kJ/m2
Temperature de déformation sous charge	ISO 75-2	100	°C
Facteur de dissipation (100 hertz) (après le CEI 60250)		0,3	
Constante diélectrique relative (100 hertz)		17,5	
Force électrique (épaisseur de 1mm) (à court terme, disposition P25mm/P25mm d'électrode dans l'équivalent pétrole de transformateur au CEI60296)	IEC 60243-P1	15,5	kV/mm
Absorption d'eau (24h/23°C) (après OIN 62)		85	Mg

Chapitre II

ETUDE DE MOULES D'INJECTION, DEVELOPPEMENT ET ADAPTATION DES MOULES.

Le moulage des poudres Thermodurcissables est pratiqué depuis plus d'un demi-siècle. Le matériel se rapportant à cette technique a acquis une certaine originalité, aussi bien pour l'équipement auxiliaire, les régulateurs de température, les pièces standardisées pour les moules, pour le chauffage, etc., que pour les presses elles-mêmes qui sont construites dans tous les pays industrialisés [11-14].

1- Analyse fonctionnelle des moules

Mise en forme de la matière

Les moules pour les matières thermodurcissables doivent répondre aux exigences imposées par la matière moulée et le matériel disponible. La forme de la matière, sous laquelle elle est chargée dans l'empreinte, régit la construction du moule.

Conception de la pièce moulée

Pour qu'un objet moulé soit correct, il doit répondre aux exigences concernant sa qualité et ses dimensions. Certains éléments sont très difficiles à mouler et leur réalisation devient extrêmement coûteuse.

Il faut éviter (pour les matières moulées thermodurcissables) des épaisseurs dans une même pièce, des orifices dont l'axe n'est pas parallèle à la direction de la fermeture du moule, des filetages à pas fins, des cylindres sans dépouille, des tolérances trop étroites, etc.

Pour compenser le retrait de la matière (qui est différent pour chaque poudre), il faut calculer et exécuter l'empreinte avec la correction des cotes.

Chauffage du moule

Cette condition concerne le système de chauffage qui doit correspondre au moule et à la presse. Si le chauffage est incorporé dans le moule, le poinçon et la matrice sont isolés des plateaux de la presse. Au contraire, si le chauffage est assuré par les plateaux de la presse, la matrice et le poinçon doivent avoir un bon contact avec ces éléments de la presse.
Ces deux systèmes de moule ne peuvent pas être interchangés sans provoquer un très mauvais fonctionnement thermique de l'ensemble.

Exigences mécaniques

Le fonctionnement de l'éjecteur, des dispositifs de démoulage, des éléments filetés, des éléments à contre dépouilles, etc., rendent nécessaire une adaptation très rigoureuse d'un outil à une presse.

Le moule pour les thermodurcissables travaille dans des conditions très dures: Les pressions locales dans l'empreinte s'élèvent jusqu'à 800 bars, les températures varient de 150 °C à 190°C, l'action abrasive des matières (qui dépend de la charge) est très importante et exige un traitement thermique de la matrice. Il faut y ajouter d'autres facteurs tels que la corrosion provoquée par certaines matières et l'impossibilité d'application d'un graissage.

Les exigences Techniques font d'un moule un outil coûteux qui ne peut être amorti que sur une grande série de produits fabriqués.
Un moule correctement conçu et soigneusement exécuté peut mouler un à deux millions de pièces. Un moule, dont on néglige un seul détail dans la conception ou l'exécution, ne donnera aucune pièce correcte.

Chauffage et régulation da la température:

Aujourd'hui la plupart des moules pour les thermodurcissables sont chauffés individuellement par une résistance électrique. Les éléments chauffant ont la forme de colliers extérieurs ou de cartouches plongées dans le corps du moule. Le chauffage individuel exige une isolation de l'outil de la presse, ce qui est réalisé soit par les colonnes sur lesquelles est basée la matrice et le poinçon, soit par des plaques isolantes en amiante.

Le maintien de la température constante est réalisé grâce aux régulateurs, couplés avec des indicateurs de température dont les sondes sont placées dans le corps du poinçon et de la matrice. Pour les moules de taille importante et de forme compliquée, on augmente le nombre de points de contrôle de la température.

Dans le passé, plusieurs mouleurs utilisaient le chauffage par liquide (eau sous pression et huile) ou par la vapeur. Ce système de chauffage simplifiait la régulation de la température, les moules étaient chauffés par l'intermédiaire de plateaux chauffants; cette technique devient de plus en plus rare.

Système de centrage et de guidage

Le centrage du poinçon par rapport à la matrice ne peut pas être assuré uniquement par la presse. Les moules sont équipé de colonne de guidage et de bagues de centrage, les premières en général du coté du poinçon et les dernière dans le bloc de la matrice.

Pour que le poinçon entre dans la matrice avec la même orientation, on utilise des colonnes de différents diamètres pour le même outil, ou on place les axes des colonnes asymétriquement par rapport aux axes de l'empreinte [17].

Rôle de la chaleur au cours du moulage.

La matière froide sous la forme de poudre même comprimée dans le moule se chauffe lentement, à cause de la mauvaise conductibilité thermique. La couche de matière qui est en contact avec les parois du moule atteint la température de cuisson, alors que la masse qui se trouve à l'intérieur reste encore froide ou tiède.

La cuisson de l'objet se poursuit progressivement vers l'intérieur de la matière. Si l'objet est assez épais, le durcissement de la partie intérieure de la pièce moulée se fait au moment ou, à la périphérie de la pièce, il s'est formé une couche de matière déjà cuite.

Les gaz qui se dégagent au moment du durcissement (par exemple émission de vapeur d'eau), ne peuvent pas s'échapper par la surface, et reste emprisonnés dans l'objet, ce qui risque de provoquer des contraintes internes; si l'épaisseur de l'objet moulé est variable, les parties plus épaisses durcissent moins vite que les parties les plus fines.

La température de moulage augmente la fluidité de la matière, mais elle accélère le processus de durcissement de la matière, ce qui réduit les capacités de remplissage de moules profonds. Les différentes parties des moules pour boutons : modifiés et adaptés sur la machine d'injection.

2- Ecoulement dans le moule

L'aptitude d'une poudre à couler sous l'action de la température et de la pression présente le facteur essentiel au moment du remplissage de l'empreinte. Elle dépend du type et de la préparation de la résine et des additifs contribuant à l'écoulement de la matière plastifiée. Ces produits, appelés lubrifiants, sont des cires et des stéarates de métaux et constituent, les secrets de fabrication des poudres à mouler.

3 - Adaptation et modification des moules

Nous avons mené une étude de modification des moules en vue de les adapter pour en changeant les empreintes selon, les nouveaux modèles de boutons et aisances conçus par PRECIMA.

Les figures 6 et 7 présentent respectivement les différentes parties des moules modifiés.

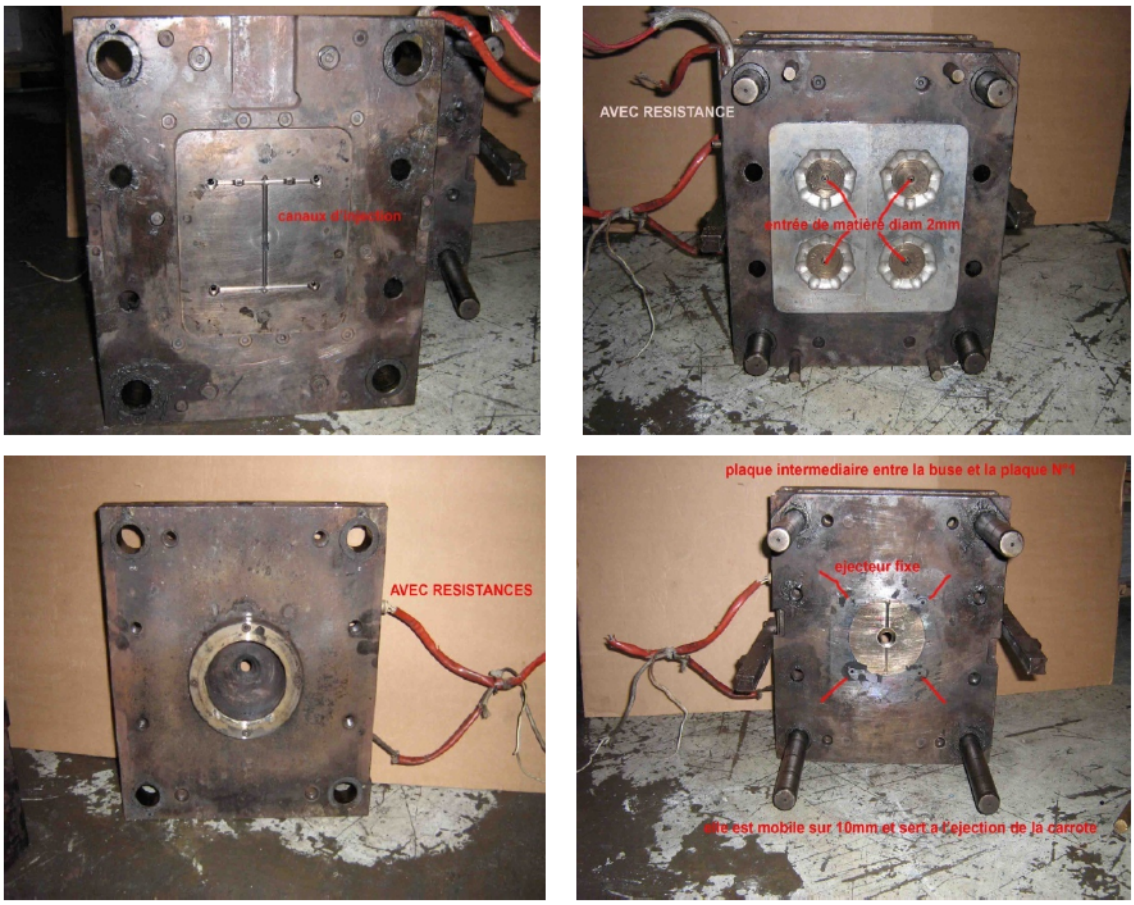


Figure 6 : moule pour Boutons : Parties modifiées

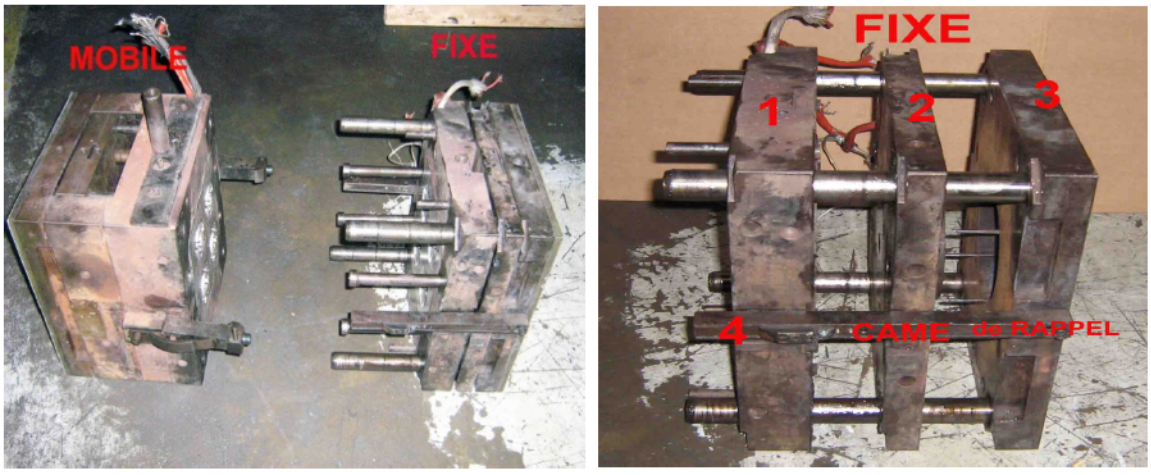


Figure 7 : Vue globale du moule pour bouton modifié

Moules pour ANSES

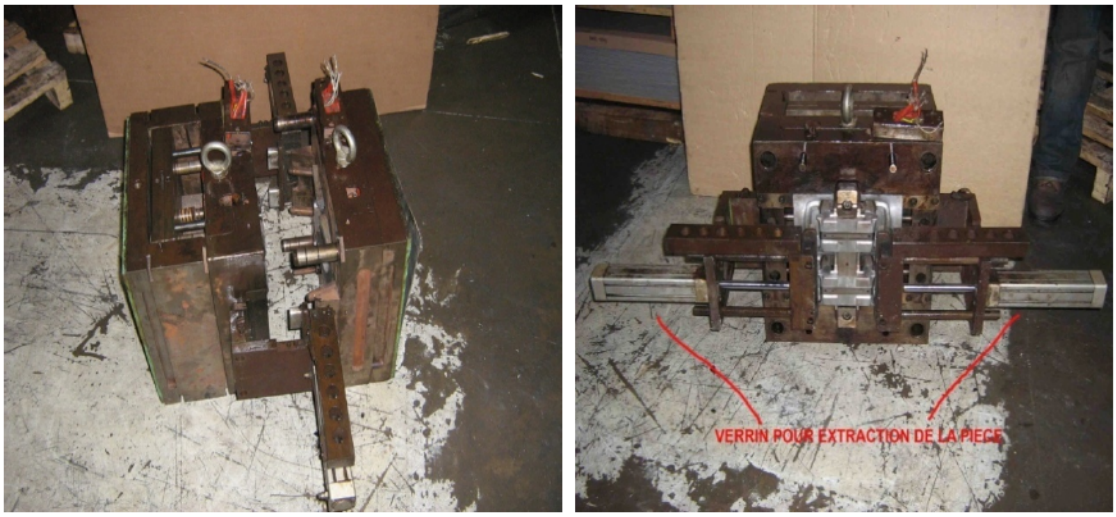


Figure 8 : Les moules pour anses modifiés

Le moule final adapté sur la machine d'injection

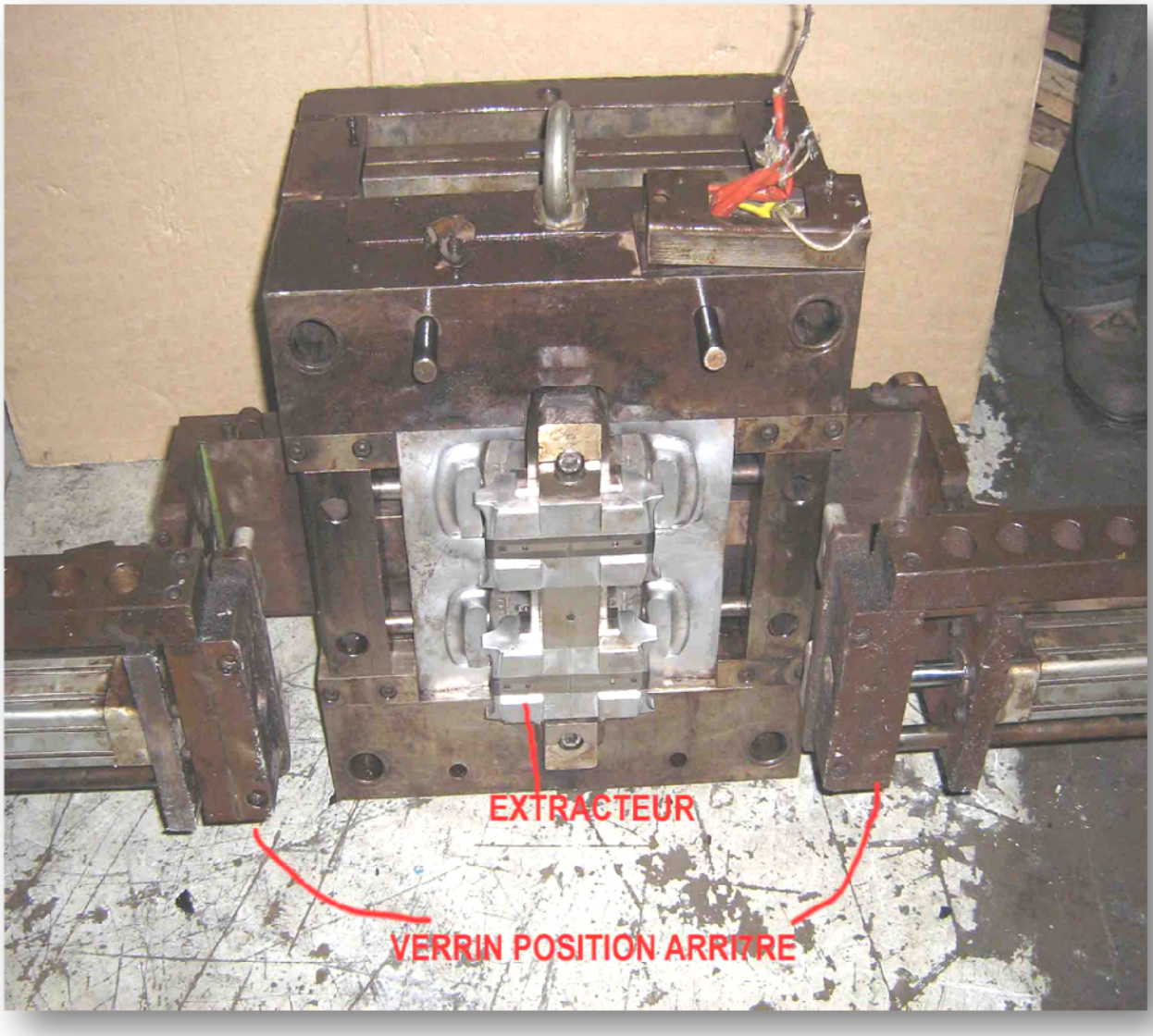


Figure 9 : moule finale adapté sur la machine d'injection de PRECIMA

4- Instructions de démontage et montage de moule

A- Procédure de démontage de moule

- S'assurer de la disponibilité du moule et périphériques conformément à la fiche moule.
- Préparation des outillages.
- Purger la machine.
- Mettre la machine au mode montage moule.
- Mettre le thermorégulateur sous tension.
- Déconnecter les auxiliaires hydrauliques et pneumatiques.
- Déconnecter les raccordements d'eau de refroidissement.
- Déconnecter les fins de course.
- Déconnecter le régulateur de température.
- Desserrer l'accouplement de la tige du vérin.
- Fermer le moule et Mettre la bride de sécurité moule et l'accrocher au palan.
- Débrider la partie mobile.
- Ouvrir la presse et démonter l'accouplement du moule.
- Débrider la partie fixe.
- Déposer le moule dans l'aire de stockage pour la maintenance outillage.
- Démonter la buse s'il y a lieu.
- Nettoyer les plateaux fixe et mobile de la presse.

B- Procédure de montage de moule

- Monter le moule sur la presse et bridage sur la partie fixe de la presse par 4 brides deux pour chaque côté (voir figure 10 : A.B.C.D).
- Ajuster l'épaisseur du moule.
- Monter l'accouplement sur le moule.
- Brider sur la partie mobile par 4 brides deux pour chaque cote Apres verrouillage de la presse (voir figure 10 : A.B.C.D).
- Serrer l'accouplement sur la tige du vérin d'éjection.
- Monter les raccordements d'eau de refroidissement en respectant les entrées et les sorties.
- Monter les auxiliaires pneumatiques et hydrauliques.
- Monter les Fins de courses sur le moule.
- Vérifier la buse (La changer en cas de besoin).
- Déconnecter le régulateur de température.
- Ouvrir et nettoyer le moule.

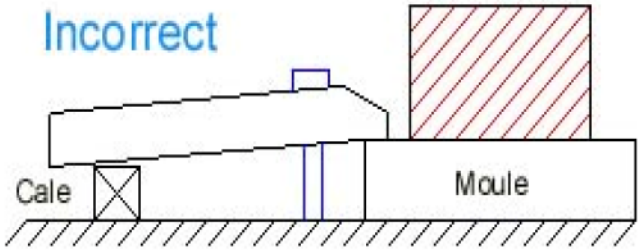


Figure : 10 - A

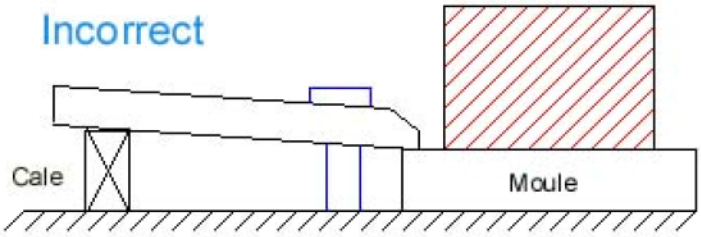


Figure : 10 - B

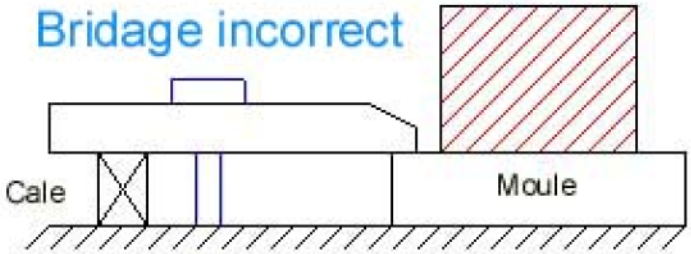


Figure : 10 - C

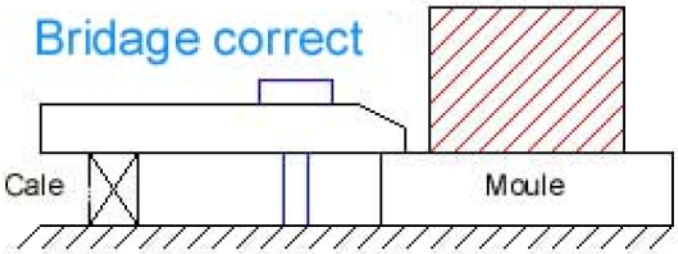


Figure : 10 - D

Figure 10 : Les différentes étapes de montage du moule

5- Mise en place d'un plan de maintenance préventif pour la machine et le moule

A-Décomposition fonctionnelle :

Ce procédé est nécessaire pour faire l'étude de la maintenance corrective de la machine d'injection; en effet il permet de décomposer les parties principales constituants cette machine en sous ensembles afin de déterminer tout les équipements et les composants de cette appareil.

B - Indicateurs qualité

L'application de l'analyse Pareto sur les équipements permet de discriminer parmi toutes les sources d'indisponibilité, celles qui sont les plus importantes de celles qui le sont moins et dégager par la suite les actions prioritaires.

L'analyse de Pareto

L'analyse de Pareto consiste à déterminer la minorité de causes responsables de la majorité des effets. On peut alors faire un plan d'action sélectif qui s'attaque aux éléments essentiels. On optimise ainsi l'action en ne s'intéressant pas aux nombreux éléments qui ne sont responsables que d'une très petite minorité d'effets à éliminer. On peut, grâce à elle, déterminer, par exemple:

- La minorité des équipements responsables de la majorité des coûts de maintenance.
- La minorité des défaillances responsables de la majorité des arrêts de production.
- La minorité des rechanges responsables de la majorité des coûts de possession en stocks.

La **démarche** de la méthode de Pareto se décline en 10 étapes principales :

1. Définition des éléments à classer : équipements, rechanges, défaillances…
2. Définition du critère de classement : coût, temps, nombre d'heures d'arrêt…
3. Collecte des valeurs du critère pour les éléments à classer.
4. Classement des éléments par ordre décroissant de leur valeur respective du critère.
5. Affectation d'un rang à chacun des éléments ainsi classés.
6. Cumul des éléments à classer d'une part et de leurs valeurs du critère, d'autre part.
7. Calcul du pourcentage des valeurs cumulées par rapports au total.
8. Pour chacun de ces pourcentages déterminer le pourcentage des éléments qui en sont responsables.

9. Tracé la courbe pourcentage des valeurs cumulées du critère en fonction du pourcentage des éléments cumulés qui en sont responsables.

C-Historique des arrêts

Pour découvrir les éléments critiques et définir les priorités d'action, nos devrons classer les différents équipements par ordre d'importance du point de vue nombre d'interventions (indicateur de fiabilité), temps moyen de réparation (indicateur de maintenabilité) et temps total d'arrêt (indicateur d'indisponibilité).

Ces trois analyses conjuguées concourent à l'amélioration de la performance des équipements (diminution du nombre de pannes, du temps moyen de réparation et donc du temps total d'arrêt), ce qui améliore la disponibilité des équipements et augmente la masse produite.

A l'aide de l'historique des pannes disponible dans le département production, nous avons pu dresser les tableaux, qui présentent respectivement la fiabilité la maintenabilité et l'indisponibilité des équipements.

D-Indicateur de fiabilité.

La fiabilité est l'aptitude d'un équipement à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

F- Indicateur de maintenabilité

La maintenabilité est l'aptitude d'un équipement à être maintenue ou rétablie, dans des conditions données d'utilisation, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrit.

- **Indicateur d'indisponibilité**

La disponibilité est l'aptitude d'un équipement à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée.

- **Etude de la fiabilité :**

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et une période de temps déterminée.

En effet, la loi de weibull est l'outil le plus utilisé pour calculer cette caractéristique, car elle possède trois paramètres qui permettent d'ajuster correctement toute sorte de résultats expérimentaux et opérationnels. Pour chaque équipement critique qu'on a choisis, on va recenser les TBF (temps de bon fonctionnement) et on déterminera ensuite les différents paramètres de weibull.

- **Etude de la disponibilité :**

C'est la probabilité pour que l'équipement accomplisse une fonction dans des conditions données à un instant donné.

Chapitre III

ETUDE AMDEC- MOYEN DE PRODUCTION : LA MACHINE D'INJECTION

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA MACHINE D'INJECTION

I- DEFINITION DU SYSTEME A ETUDIER

On distingue par injection un procédé qui permet de fabriquer des pièces de géométrie complexe en grande série, suivant un principe simple de fonctionnement.

En effet, le polymère sous forme de granulé ou poudre est chauffé afin de lui donner la consistance d'un liquide visqueux. Ce liquide est ensuite injecté dans un moule, réalisé en plusieurs parties. Le polymère se refroidit jusqu'à l'état solide à la suite de quoi la pièce est étroite après ouverture de l'outillage. Une nouvelle injection est réalisée quand le moule set à nouveau fermé.

Une machine d'injection présente toujours l'allure qui suit :

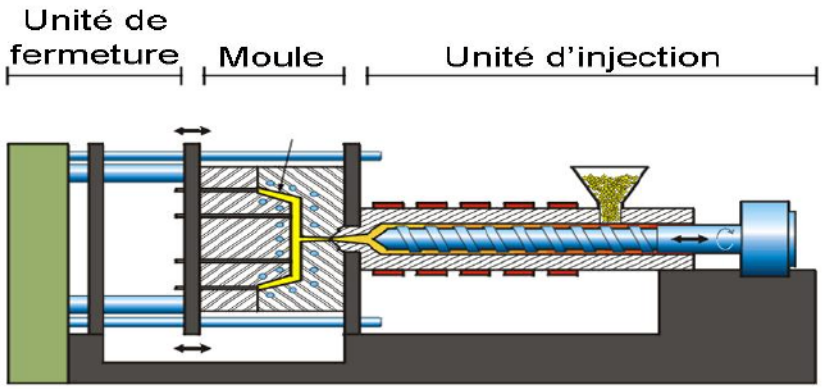


Figure-1 : Schéma d'une machine d'injection

II- DEFINITION DES PHASES DE PRODUCTION

Dans un cycle d'injection, on précise les phases de travail suivant :

Phase 1 : Alimentation de la machine à travers une trémie sécheuse.

Phase 2 : Plastification de la matière.

Phase 3 : Injection (remplissage) – Marquage.

Phase 4 : Refroidissement.

Phase 5 : Ouverture du moule – Ejection.

Phase 6 : Finition – Emballage.

III –DECOMPOSITION FONCTIONNELLE

III- 1 Découpage du système

III-1-1 Découpage en sous – système

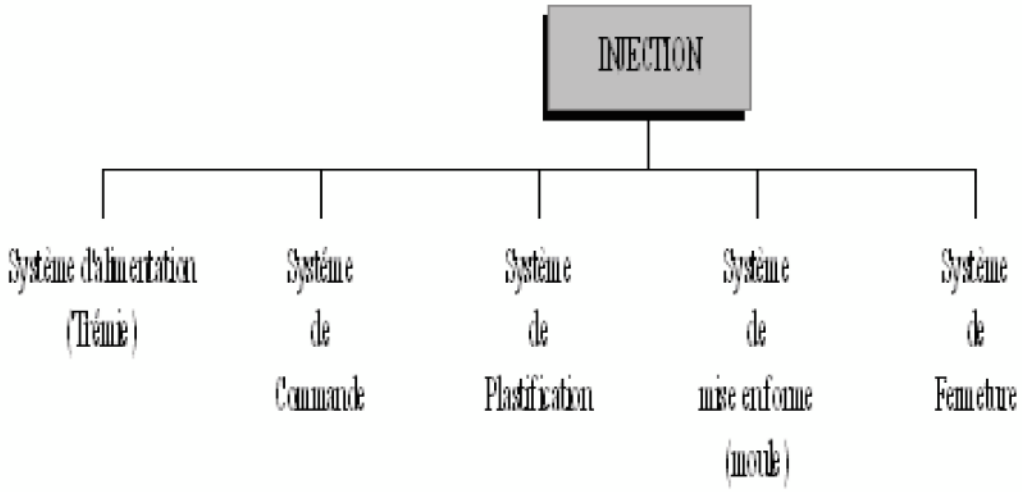


Figure-2 : Découpage du sous système injection

III-1-2 Découpage en sous – éléments

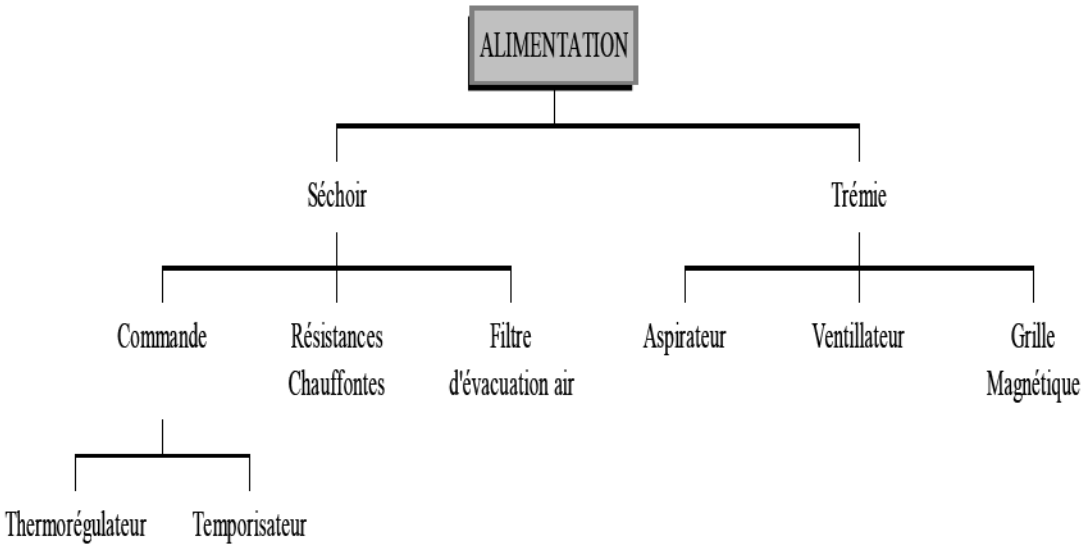


Figure-3 : Découpage du système d'alimentation (II-1)

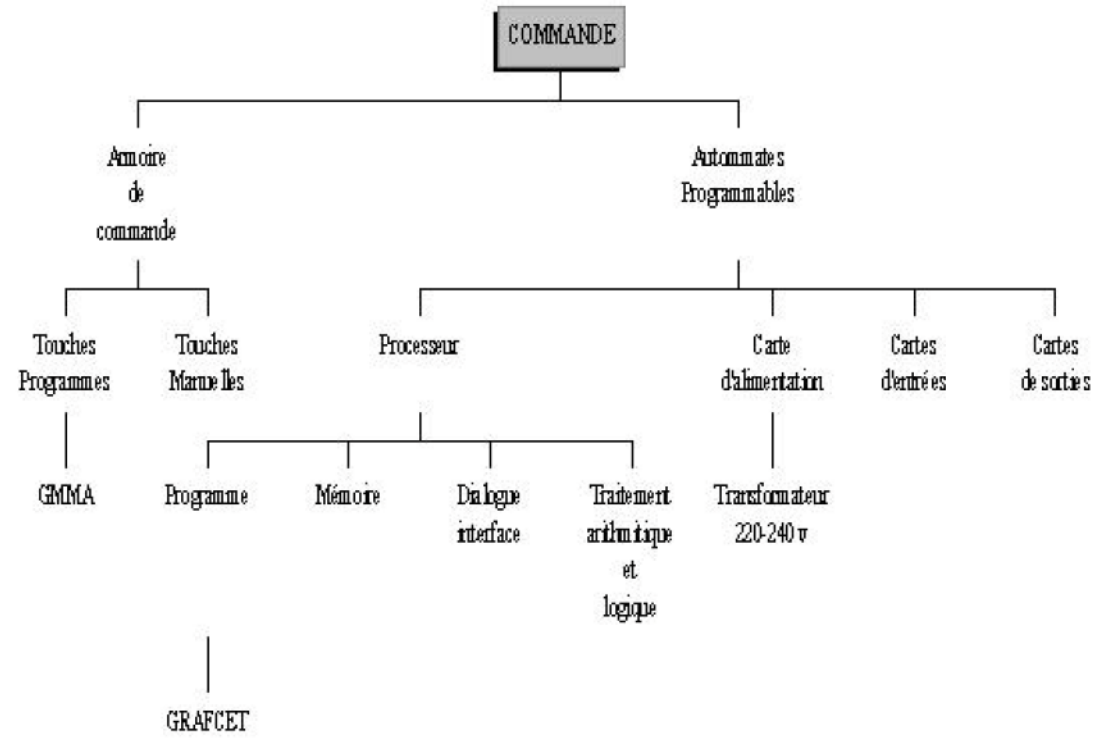


Figure-3 : Découpage du système de commande (II-2)

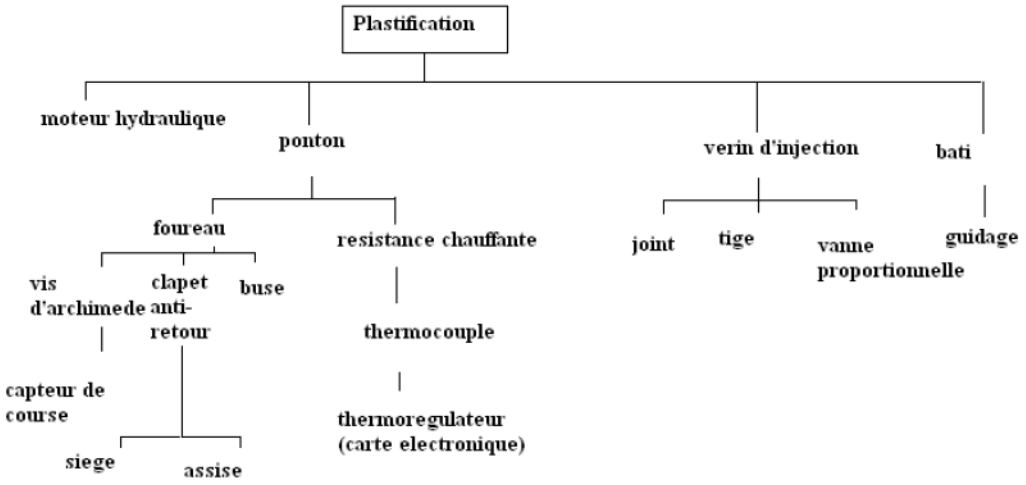


Figure-3: Découpage de système de plastification (II-3)

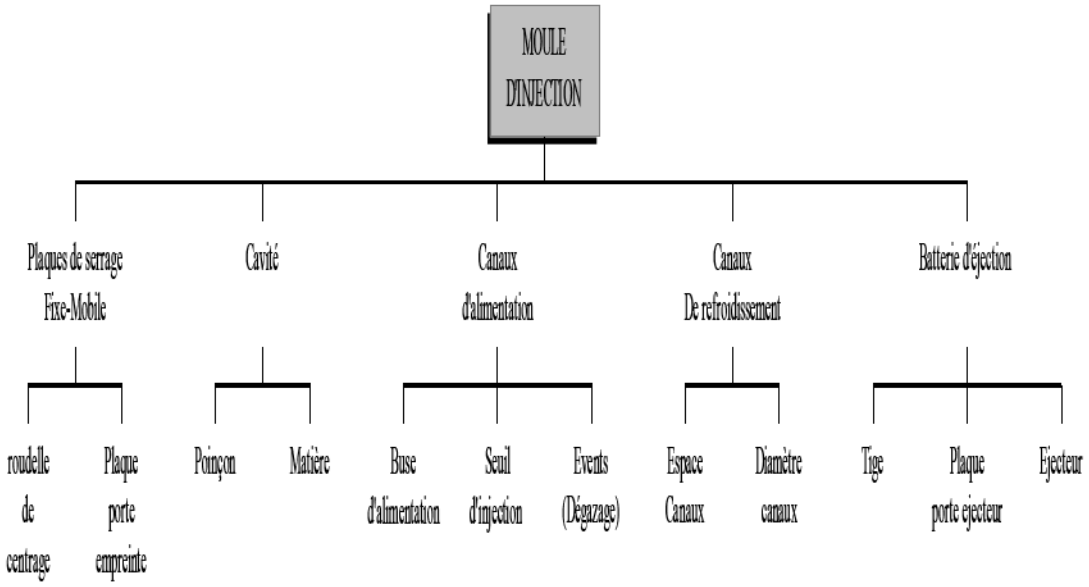


Figure-3 : Découpage du système de mise en forme, Moule (II-4)

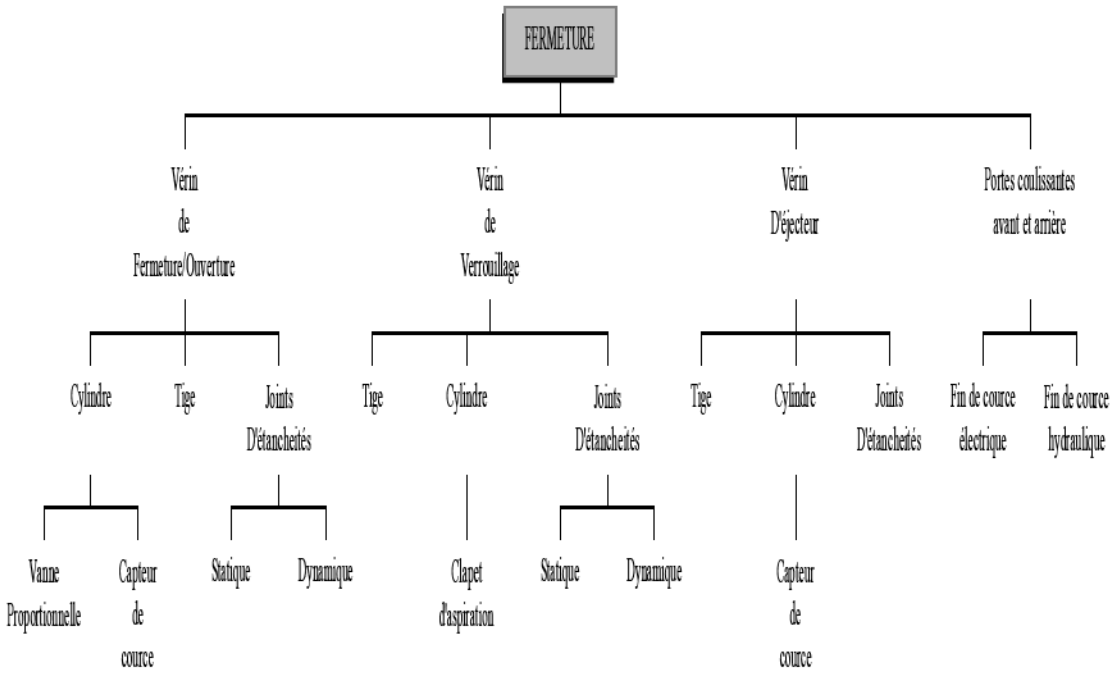


Figure-7: Découpage du système de fermeture (II-5)

III –2 Identification des fonctions des sous –système

Cette étape consiste à faire l'inventaire des fonctions des sous système.

Système fermeture : c'est un ensemble des éléments qui permettant d'une part la fermeture /ouverture de l'outillage et d'une autre part le verrouillage de ce dernier pour empêcher l'ouverture du moule pendant l'injection.

Système moule : cette partie permet de donner à la pièce une forme et un aspect de surface, ainsi une rigidité acceptable.

Système commande : c'est une armoire qui gère l'ensemble des paramètres de réglage de la machine. De même, elle assure le séquencement des différentes opérations et le contrôle des sécurités qui sont installés sur la machine.

Système Plastification : Provoque la fusion du polymère en lui apportant les calories nécessaires par chauffage électrique du fourreau d 'une part et par malaxage et cisaillement d'autre part.

Système Alimentation : permet d'alimenter le cylindre de plastification avec la matière première à travers une trémie à ce système peut être ajoutée un séchoir qui permet de sécher le polymère pour y enlever l'humidité.

III-3 Identification des fonctions des sous –ensembles et composants

Elément	*Repère*	**sous-ensembles**	**Fonctions**
Système d'alimentation	II-1		
	II-1-1	Séchoir	enlève l'humidité de la matière
	II-1-1-1	Résistance chauffante	chauffent l'air de séchage
	II-1-1-2	filtre d'évacuation	empêche la poussière d'entre dans le cylindre
	II-1-1-3	thermorégulateur	régule la température de séchoir
	II-1-1-4	temporisateur	régule le temps de séchage
	II-1-2	Trémie	contient la matière première
	II-1-2-1	aspirateur	alimente à trémie
	II-1-2-2	ventilateur	refroidir la trémie
	II-1-2-3	grille magnétique	empêche l'entrée des pièces métallique dans le cylindre
Système de commande	II-2		
	II-2-1	Armoire de commande	donne les consignes de travail de la machine
	II-2-1-1	touche programme	contient les pages des paramètres de marche
	II-2-1-2	touche manuelles	commande manuelle des actions
	II-2-1-3	GMMA	en relation avec les automates, il contient le programme marche / arrêt de la machine
	II-2-2	Automates programmables	contient le roche de commande
	II-2-2-1	processeur	gère le cycle de la machine
	II-2-2-2	grafcet	contenu du programme
	II-2-2-3	mémoire	mémoire les données du processus
	II-2-2-4	traitement	effectue le calcul logique et arithmétique
	II-2-2-5	carte d'alimentation	permet l'alimentation 24 V des

			automates
	II-2-2-6	carte de sortie	contient les ordres de fonctionnement des composants
	II-2-2-7	carte d'entrées	informe sur l'état du marche de chaque composant
Système de plastification	II-3		
	II-3-1	Moteur hydraulique	permet de tourner la vis de plastification
	II-3-2	Ponton	contient les résistantes chauffantes, il aide la vis pour la fusion du polymère
	II-3-2-1	Vis	permet la fusion et l'injection du polymère
	II-3-2-2	buse	permet de transporter la matière du cylindre vers le moule
	II-3-2-3	Clapet - antiretour	empêche le refoulement de la matière vers l'arrière de la vis
	II-3-2-4	résistance chauffante	chauffe le cylindre / polymère
	II-3-2-5	thermocouples	permet d'informe sur la température
	II-3-3	Vérin d'injection	Injecter la matière
	II-3-3-1	joints	empêche la fuite de l'huile
	II-3-3-2	tige	applique la pression d'injection
	II-3-3-3	capteur de course	informe sur la distance traversée par la vis
	II-3-3-4	vanne proportionnelle	réglage de la vitesse et de la pression d'injection
	II-3-3-5	bâti	supporte l'unité de plastification
Système de mise en forme (Moule)	II-4		
	II-4-1	Plaques de serrage et colonnes de guidage	Support les forces fermeture
	II-4-1-1	rondelle de centrage	Centrage du moule dans la machine
	II-4-1-2	Plaque porte empreinte	Fixage des cavités
	II-4-1-3	colonnes de guidage	Guidages des cavités ou empreintes
	II-4-2	Cavité (empreinte)	Donne la forme de la pièce
	II-4-2-1	poinçons	Donne la forme intérieure des pièces
	II-4-2-2	matrice	donne la forme extérieure des pièces
	II-4-3	Canaux d'alimentation (buse et cheminée)	transportée la matière vers l'empreinte
	II-4-3-1	buse d'alimentation	transporté la matière vers le moule
	II-4-3-2	seuil d'injection	alimente l'empreinte
	II-4-3-3	évents	évacue l'aire contenue dans le moule vers l'extérieur
	II-4-4	Canaux de refroidissement	refroidir la pièce

	II-4-4-1	espace canaux	refroidissement homogène de la pièce
	II-4-4-2	diamètre canaux	débit de refroidissement
	II-4-5	Batterie d'éjection	éjecte la pièce du moule
	II-4-5-1	tige	applique la force et la vitesse d'injection
	II-4-5-2	plaque porte éjecteur	donne un mouvement simultané pour tous les éjecteurs
	II-4-5-3	éjecteur	tige cylindrique et touche la pièce a fin de la faire tomber du moule
	II-4-6	tiroirs	Plaque imprimant le filetage sur les pièces moulé
Système de fermeture	II-5		
	II-5-1	Vérin Fermeture/ouverture	
	II-5-1-1	Cylindre	Ferme et ouvre le moule
	II-5-1-2	Vanne proportionnelle	Règle la vitesse/ pression de fermeture
	II-5-1-3	Capteur de course	Donne des informations sur la course du moule
	II-5-1-4	Tige	Commande les plateaux mobiles
	II-5-1-5	Joints d'étanchéité	Evité la fuite de l 'huile
	II-5-2	Vérin de verrouillage	
	II-5-2-1	Cylindre	Empêche l'ouverture du moule problème de l'injection
	II-5-2-2	Clapets d'aspiration	Applique la pression de fermeture
	II-5-2-3	Tige	Support les plateaux de fermeture
	II-5-2-4	Joints	Evite la fuite de l ' huile
	II-5-3	Vérin d'éjection	Commande la phase d'éjection
	II-5-3-1	Tige	Transforme la force de vérin vers les éjecteurs
	II-5-3-2	Cylindre	Evite le retour des éjecteurs vers l'arrière
	II-5-3-3	Capteur de course	Informe sur la course des éjecteurs
	II-5-3-4	Joints	Evite la fuite de l'huile
	II-5-4	Portes coulissantes	Sécurise les personnels
	II-5-4-1	Fin de course électrique	Protection des personnes en cas d'ouverture/ portes
	II-5-4-2	Fin de course hydraulique	

Tableau-2 : Identification des fonctions, Injection

ETUDE DE LA FIABILITE DE LA MACHINE D'INJECTION

Pour déterminer les ensembles critiques de l'injection à partir de l'analyse de PARETO.

I- ANALYSE PARETO

Dans cette partie, on déterminera les points sensibles qui affaiblissent le rendement de l'injection seaux pots et couvercles.

Pour pouvoir sélectionner les éléments les plus critiques par l'analyse de PARETO, on va se baser sur l'historique de la maintenance. Ces informations sont recueillies dans le tableau suivant :

Eléments fonctionnels	**Nombre de pannes (N)**	**(t) : Temps moyen de réparation (mn)**	*N*t*
Thermocouple Buse	13	69	897
Résistance chauffante	13	58	754
Pompe de refroidissement d'huile	10	78	780
Fin de course Ejecteur	1	30	30
Moteur Trémie d'alimentation	0	0	0
Boitié de commande électrique	9	107	963
Vérin d'éjection	5	182	910
Problème moule	37	602	22274

Tableau-3 : Historique des pannes de l'injection type Billion

I -1 Indicateur de fiabilité

Pour étudier la fiabilité de l'injection, on dispose le tableau-, qui regroupe les éléments fonctionnels avec leur nombre d'arrêts et le cumul.

Eléments Fonctionnels	Nbr Pannes (N)	% Nbr Pannes	% cumulé Nbr panne
Problème moule	37	42,04	42,04
Thermocouple Buse	13	14,77	56,81
Résistance chauffante	13	14,77	71,58
Pompe de refroidissement d'huile	10	11,36	82,94
Boitié de commande électrique	9	10,22	93,16
Vérin d'éjection	5	5,68	98,84
Fin de course Ejecteur	1	1,14	99,98
Moteur Trémie d'alimentation	0	0	99,98

Tableau-4 : Nombre de pannes et leurs cumuls, Injection

1- Diagramme Pareto

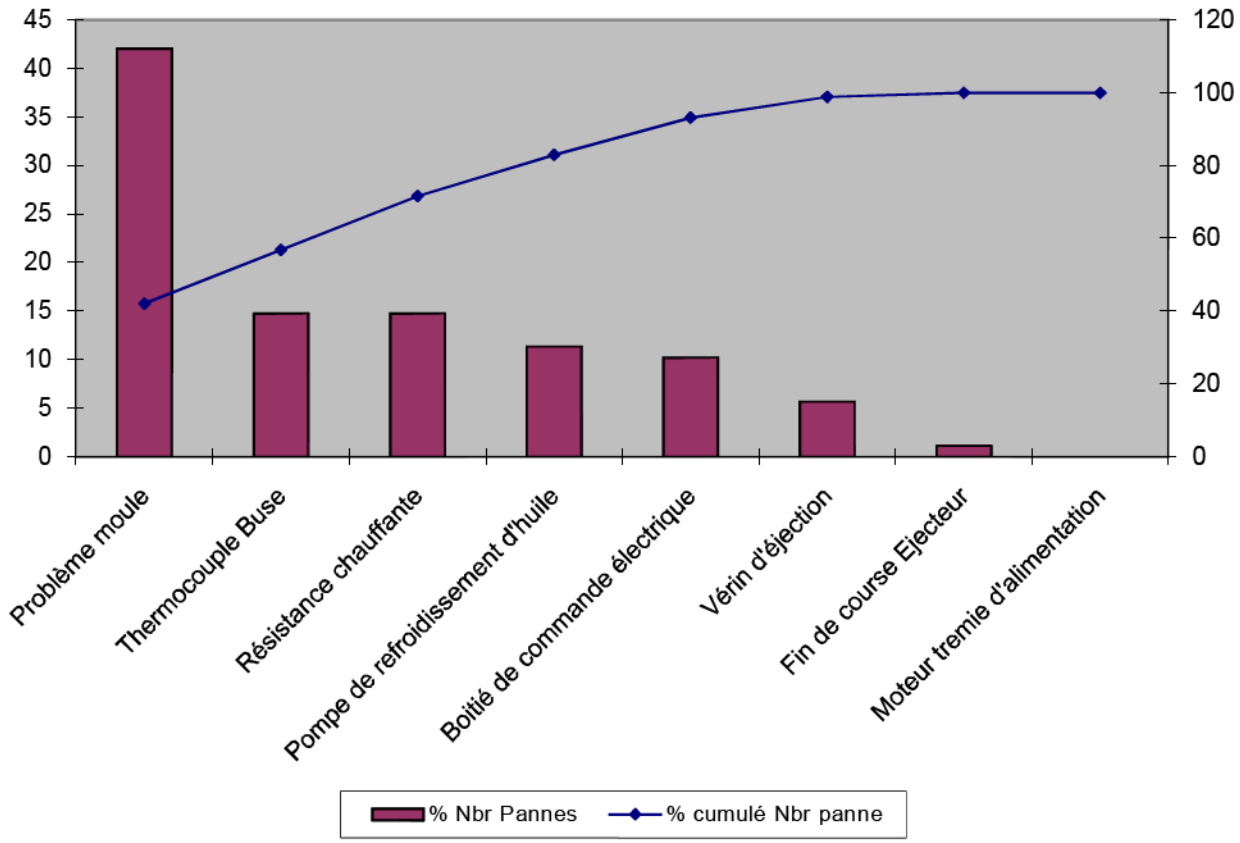


Diagramme-1 : Indicateur de fiabilité, Injection

2- Commentaire

A partir du diagramme- concernant la fiabilité on peut tirer les informations suivantes :

On note bien que la courbe présente deux zones distinctes (I) et (II)

Une zone (I) qui contient les problèmes de moule, thermocouple buse, résistances chauffantes, pompe de refroidissement huile et boitié de commande électrique, soit 62,5% de l'ensemble des éléments. Ces éléments totalisent 93,16% des pannes.

Une zone (II) formée les éléments restant ne présente que 6,84% des pannes.

Donc ces éléments critiques posent le plus de problème au niveau de la fiabilité de l'injection

I - 2 Indicateur de maintenabilité

Eléments fonctionnels	(t) : Temps moyen de réparation (mn)	% tps	% cumulé tps
Problème moule	602	53,46	53,46
Vérin d'éjection	182	16,16	69,63
Boitié de commande électrique	107	9,50	79,13
Pompe de refroidissement d'huile	78	6,93	86,06
Thermocouple Buse	69	6,13	92,18
Résistance chauffante	58	5,15	97,34
Fin de course Ejecteur	30	2,66	100,00
Moteur Trémie d'alimentation	0	0,00	100,00

Tableau-5 : Moyen temps d'arrêt des éléments machine injection

1- Diagramme Pareto

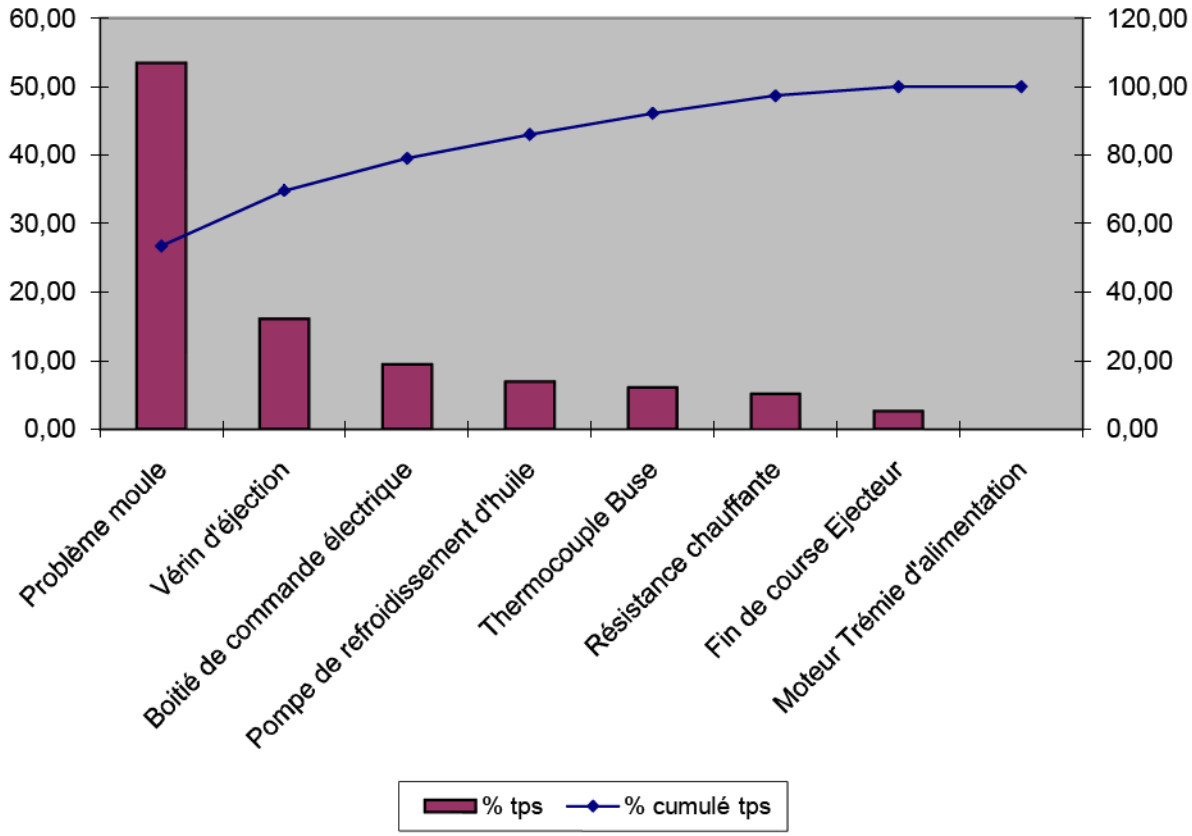


Diagramme-2 : Indicateur de maintenabilité, Injection

2- Commentaire

A partir du diagramme- concernant la maintenabilité on peut tirer les informations suivantes :

On distingue la présence de deux zones distinctes (I) et (II)

Une zone (I) qui contient les problèmes de moule et vérin d'éjection, soit 25% de l'ensemble des éléments fonctionnels, ces éléments totalisent 69.63% du temps moyen de réparation.

Une zone (II) qui contient le reste des éléments et qui présente 30.37% du temps moyen de réparation.

I -3 Indicateur d'indisponibilité

Eléments fonctionnels	Tps d'indisponibilité	% tps	% cumulé tps
Problème moule	22274	83,71	83,71
Boitié de commande électrique	963	3,62	87,33
Vérin d'éjection	910	3,42	90,75
Thermocouple Buse	897	3,37	94,12
Pompe de refroidissement d'huile	780	2,93	97,05
Résistance chauffante	754	2,83	99,89
Fin de course Ejecteur	30	0,11	100,00
Moteur Trémie d'alimentation	0	0,00	100,00

Tableau-6 : Moyen temps d'indisponibilité des éléments machine injection

1- Diagramme Pareto

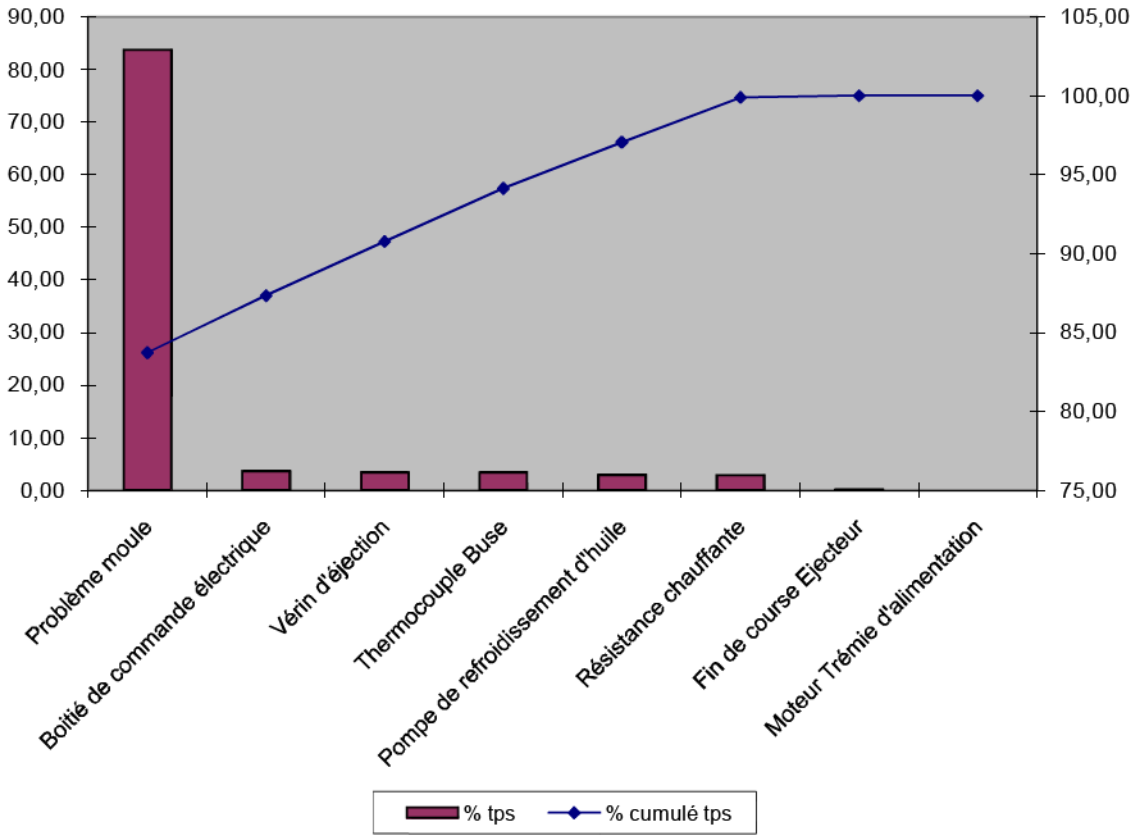


Diagramme-3 : Indicateur d'indisponibilité, Injection

2- Commentaire

A partir du diagramme- concernant l'indisponibilité on peut tirer les informations suivantes :

La courbe PARETO présente deux zones :

Une zone (I) : constituée des problèmes de moule de thermocouple buse, boitié de commande électrique, vérin d'éjection et pompe de refroidissement d'huile, soit 62,5% de l'ensemble des éléments fonctionnels, ce sous –ensemble constitue 97.05% du temps d'indisponibilité.

Une zone (II) : constituée par le reste des éléments fonctionnels et présente 2.95% du temps d'indisponibilité.

I - 4 Conclusion de l'étude

Le tableau- détermine les éléments névralgiques pour chaque critère d'étude

Fiabilité	maintenabilité	Indisponibilité
Problème de moule Thermocouple buse Résistances chauffantes Pompe de refroidissement d'huile Boitié de commande électrique	Problème de moule Vérin d'éjection	Problème de moule Boitié de commande électrique Vérin d'éjection Thermocouple buse Pompe de refroidissement d'huile

Tableau-7 : Les éléments critiques pour chaque indicateur, Injection

A partir du tableau- ci dessus, nous pouvons conclure que les Problème de moule, Boitié de commande électrique, Vérin d'éjection, Thermocouple buse et Pompe de refroidissement d'huile, constituent les éléments fonctionnels les plus névralgiques, c'est à dire ceux qui affaiblissent la disponibilité de l'injection.

Les sous ensembles qui viennent en deuxième position est : les résistances chauffante.

Dans le chapitre qui suit, on proposera une analyse AMDEC qui doit englober tous les sous-ensembles notés dans le tableau- par ordre de criticité.

Ordre	Sous-ensembles	% Nbr Pannes	% Tps total d'arrêt machine	% Nbr.Tps (indisponibilité)
1	Problème moule	42,04	74.20	83,71
2	Boitié de commande électrique	10,22	1.04	3,62
3	Vérin d'éjection	5,68	1.57	3,42
4	Thermocouple Buse	14,77	2.81	3,37
5	Pompe de refroidissement d'huile	11,36	15.32	2,93
6	Résistance chauffante	14,77	5.04	2,83

Tableau-8 : Sous-ensembles névralgiques par ordre de criticité, Injection

I-5 Découpage des sous-ensembles névralgiques

Système de mise en forme (Moule)	
II-4-5	Batterie d'éjection
II-4-2	Cavité (empreinte)
II-4-4	Canaux de refroidissement
II-4-3	Canaux d'alimentation (buse et cheminée)
II-4-1	Plaques de serrage et colonnes de guidage
II-4-6	tiroirs
Chauffage vis et cylindre	
II-3-2-4	Résistantes chauffantes
II-3-2-5	Thermocouple buse
II-3-2-6	Relais de commande refroidissement
II-3-2-7	Relais de commande chauffage
Pompe de refroidissement de l'huile	
II-1-4-1	Carcasse
II-1-4-2	Echangeur thermique
II-1-4-3	Pompe entraînée
II-1-4-4	Filtre
Vérin d'éjection	
II-5-3-1	Tige
II-5-3-2	Cylindre
II-5-3-3	Capteur de course
II-5-3-4	Joints
Armoire de commande	
II-2-1-1	touche programme
II-2-1-2	touche manuelles
II-2-1-3	GMMA

Tableau-9 : Décomposition des éléments névralgique, Injection

ETUDE AMDEC SUR LA MACHINE D'INJECTION

I – TABLEAUX AMDEC DE LA MACHINE D'INJECTION

Chaque sous-ensemble est décomposé en composants simples afin de recenser leurs modes de défaillances, les effets de ces modes ainsi que les causes éventuelles.

II – ETUDE DE LA CRITICITE

La détermination de la criticité des pannes demande la fixation des échelles de gravité, de probabilité d'occurrence et de probabilité de détection.

II-1 Echelle de cotation

	1	2	3	4
G	HA<10 Effet mineur	10<HA<100 Effet significatif	100<HA<200 Effet critique	HA >200 Effet catastrophique
O	N = 1 Très faible	1<N<5 faible	5<N<10 Moyen	N>10 Forte
D	Non détectable	Peu détectable	Détectable	Très détectable

Avec : HA : Heures d'arrêt machine

N : Nombre de pannes

II-2 RESULTATS

II-2-1 Tableau des résultats

Repère de l'élément	Nbr Panne	Tps d'arrêt (h)	O	G	D	C
II-3-2-4	13	77	4	2	4	3
II-3-2-5	13	43	4	2	4	3
II-3-2-6	-	-	-	-	-	-
II-3-2-7	-	-	-	-	-	-
II-1-4-1	1	3	1	1		1
II-1-4-2	5	22	2	2	2	2
II-1-4-3	5	76	2	2	2	2
II-1-4-4	6	133	3	3	2	3
II-4-5-3-1	1	4	1	1	3	1
II-4-5-3-2	4	20	2	2	2	2
II-4-5-3-3	-	-	-	-	-	-
II-2-1-1	4	72	2	2	2	2
II-2-1-2	10	61	3	2	4	2
II-2-1-3	-	-	-	-	-	-
II-4-1	2	155	2	3	4	2
II-4-2	8	189	3	3	4	3
II-4-3	16	428	4	4	3	5
II-4-4	1	10	1	1	1	1
II-4-5	5	57	2	2	2	2
II-4-6	8	94	3	2	3	2
II-5-3-1	-	-	-	-	-	-
II-5-3-2	2	11	2	2	4	2
II-5-3-3	3	13	2	2	4	2
II-5-3-4	-	-	-	-	-	-

Tableau-7: Résultats du calcul de la criticité, Injection

II-2-2 Grille de criticité

G / O	1	2	3	4
1	II-1-4-1 II-4-5-3-1 II-4-4			
2		II-1-4-2 II-1-4-3 II-4-5-3-2 II-2-1-1 II-4-5 II-5-3-2 II-5-3-3	II-4-1	
3		II-2-1-2 II-4-6	II-1-4-4 II-4-2	
4		II-3-2-4 II-3-2-5		II-4-3

Tableau-8 : Grille de la criticité, Injection

II 2-3 Commentaires

Grâce à cette grille on peut classer les sous-ensembles les plus névralgiques par ordre de criticité :

Classement	Repère	Eléments névralgiques
1	II-4-3	Canaux d'alimentation (buse et cheminée)
2	II-4-2	Cavité (empreinte)
3	II-3-2-5	Thermocouple buse
4	II-1-4-4	Filtre à huile
5	II-3-2-4	Résistantes chauffantes

Tableau-12 : classement des éléments névralgiques, Injection

L'étude AMDEC nous a permis de connaître les composants et les pannes les plus névralgiques de l'injection.

Par la suite nous envisageons de proposer des actions de maintenance correctives et préventives visant la diminution de leur niveau de criticité. Donc pour chaque combinaison cause - effet nous pouvons proposer des actions correctives.

III- ACTIONS CORRECTIVES

Composants névralgiques	Mode de défaillance	Action corrective
Thermocouple buse	*Coupure de filament*	- Vérifier le câblage
	Mesure incorrecte	- Serrer bien le thermocouple - Changer la place du thermocouple
	Mesure instable	- Durée de vie atteinte
	Thermocouple hors service	Changer le thermocouple
Filtre à huile	Colmatage	- Nettoyer les tubes d'aspiration
	Pompe fait des bruits	- Changer les joints pour empêcher les fuites - Vérifier l'échangeur thermique
Résistances chauffantes	Mauvais chauffage	- Vérifier la connexion des fils - Mauvais contact
	Les résistances ne répondent pas à la commande	- Vérifier la connexion des fils - Eviter le contact entre matière purge et la connexion des résistances
	Résistances hors service	Changer
Echangeur thermique	Mauvais rendement	- Vérifier l'entrée et la sortie - Alimenter l'échangeur avec l'eau froide
	Echangeur bloqué	- Extraire les calcaires et nettoyer l'échangeur - Vérifier le sens d'écoulement de l'eau
Organe de commande fin de course	La commande n'est pas activée	- Régler la fin de course - Régler la grandeur physique
	La commande est hors service	Changer la commande ou la fin de course
Contact fin de course	Contact avec le support	Sur - course : à éviter
	Pas de contact	Régler la grandeur physique
Carcasse moteur	Bruit sonorique	Carcasse mâle montée
	Poussières à travers la carcasse	Nettoyer la carcasse pour éviter toute dérive

Chapitre IV

Mise en forme par injection

La machine d'injection à étudier est une machine pour la fabrication des pièces ménagères .Le modèle d'une machine d'injection est représenté sur la (figure11) suivante :

Figure 11 : schéma de la machine d'injection.

Les parties principales constituants la machine d'injection :

La presse d'injection contient six grandes parties principales, et elles sont schématisées dans la figure.11bis :

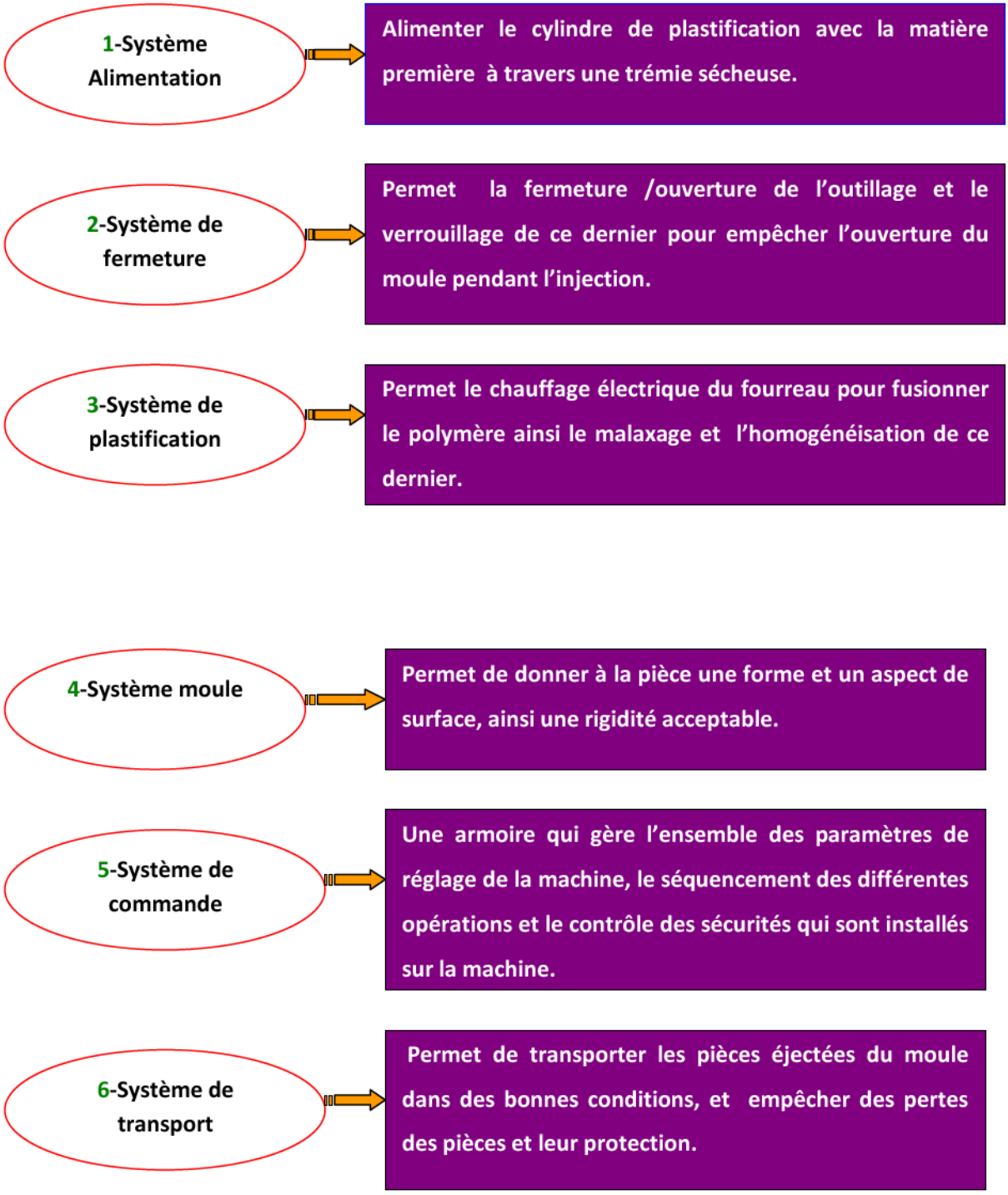


Figure.11bis : Les parties principales de la machine d'injection.

1- Principe d'injection :

Le procédé d'injection est un procédé qui permet de fabriquer des pièces de géométrie complexe en grande série, suivant un principe simple de fonctionnement ; le cycle de fonctionnement est représenté dans l'organigramme suivant (figure.12):

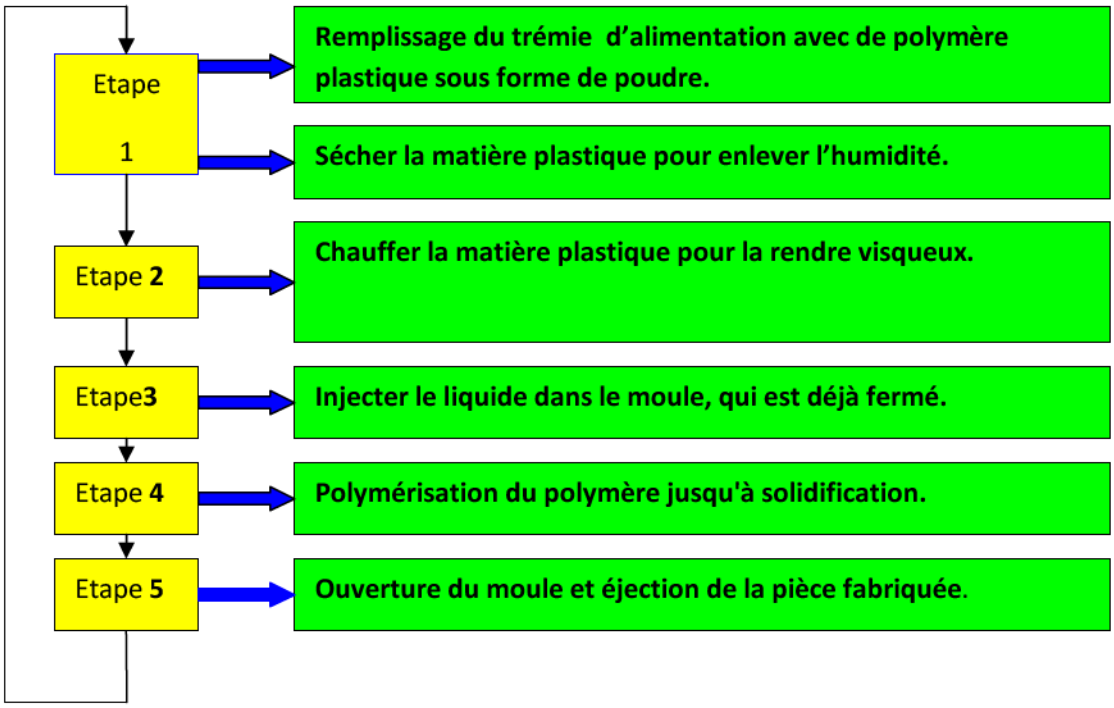


Figure 12 : Cycle de fonctionnement de la machine d'injection.

2- Paramètres de moulage

Le moulage par injection exige une pression quatre fois plus grande que dans le cas de la compression, ce qui implique théoriquement l'utilisation d'une force de fermeture quadruple. En pratique, elle peut être inférieure, compte tenu des pertes de pression dans la matière.

D'autre part, le temps de moulage est très court à la suite de la préplastification et du malaxage de la matière au moment du transfert, ce qui accélère le processus de condensation dans toute la masse moulée. Ainsi, la polycondensation commence et s'achève en même temps pour toute la charge. La matière subit un bon dégazage au cours du transfert du fourreau à empreinte, ce qui facilite un moulage correct des pièces à grosses sections et de différentes épaisseurs.

3- Relation entre pression, température et temps de moulage

La pression est nécessaire pour la fermeture du moule et pour le remplissage de toute empreinte. La force de fermeture dépend de la résistance d'écoulement et de la matière plastifiée. La matière trop froide coule mal et la matière trop, longtemps chauffée dans l'empreinte présente aussi une fluidité insuffisante.

Dans certaines limites on peut pallier cet inconvénient en augmentant la pression de moulage. La profondeur de l'empreinte, la complexité de forme de l'objet ou la faible fluidité de la matière nécessite une augmentation de la pression.

La résistance d'écoulement spécifique pour chaque type de poudres à mouler, nécessite l'application de pressions qui varient de 10 à 800 bars (urée-formaldéhyde). La complexité de l'empreinte peut imposer l'augmentation de ces valeurs.

La répartition des calories nécessaires au durcissement n'est pas homogène en profondeur pendant le moulage par compression. L'épaisseur de la pièce à mouler et le facteur qui contrôle le temps de moulage. On admet souvent que le temps de cuisson est proportionnel à l'épaisseur jusqu'à 2mm; pour les épaisseurs plus grandes le temps augmente exponentiellement.

Le chauffage trop élevé, le temps de maintien trop court, ou la pression de moulage insuffisante donnent de mauvais résultats.

Le temps de cuisson n'est pas influencé par la pression, mais dépend de la température et de l'épaisseur de la pièce moulée. Bien que les fabricants des poudres fassent constamment des efforts pour réduire ce temps, les relations entre tous les paramètres de moulage restent toujours valables.

4- Qualité des pièces moulées

Au cours du transfert les empreintes sont remplies par la matière plastifiée est chaude dans toute son épaisseur, ce qui réduit en grande partie les poches contenant l'humidité.

Ce phénomène tandis que les pièces plates et d'une faible épaisseur doivent être moulées par compression.

Les tolérances, surtout des cotes parallèles à la direction de fermeture du moule, peuvent être plus étroites dans le cas du transfert que de la compression, bien que le retrait soit plus grand dans le premier cas.

D'autre part, le brassage de la matière, au moment ou commence la réaction de polycondensation, détériore un peu la structure de l'objet durci et augmente sa fragilité; la résistance au choc des objets moulés par compression, mais l'état de cuisson des premiers est plus homogène, ce qui compense ce défaut.

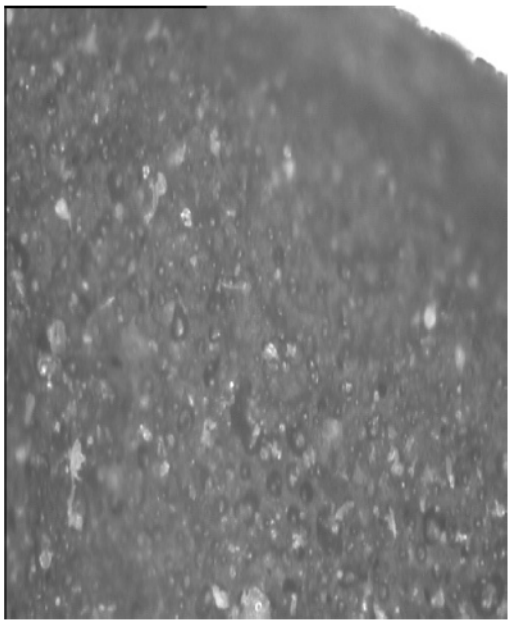
Le remplissage de l'empreinte par la matière en état visqueux, ce qui est le cas du moulage par transfert, favorise l'utilisation de prisonniers qui ne risquent pas être cassés au cours du moulage. Au contraire, dans le cas du moulage par compression, les prisonniers subissent au début du moulage une forte pression de la matière à l'état de poudre, ce qui risque de les endommager.

Au cours de l'injection les empreintes sont remplies par la matière plastifiée qui est chaude dans toute son épaisseur, ce qui réduit en grande partie les poches contenant l'humidité. Les tolérances, surtout des côtes parallèles à la direction de fermeture du moule, peuvent être plus étroites dans le cas de l'injection que de la compression, bien que le retrait soit plus grand dans le premier cas.

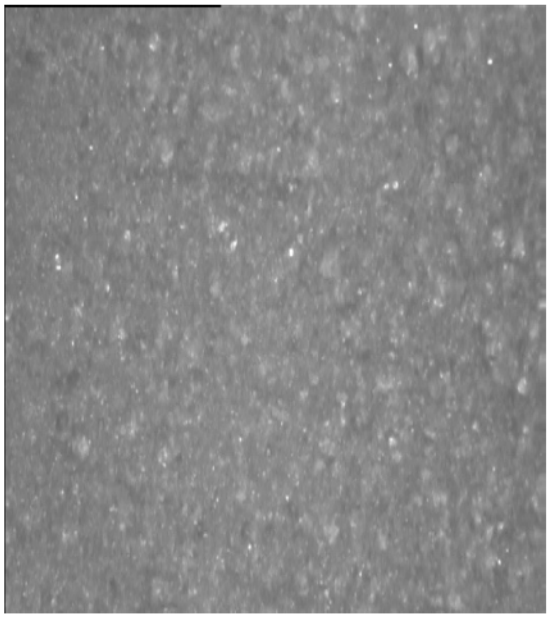
D'autre part, le brassage de la matière, au moment ou commence la réaction de polycondensation, détériore un peu la structure de l'objet durci et augmente sa fragilité; la résistance au choc des objets moulés par injection, mais l'état de cuisson des premiers est plus homogène, ce qui compense ce défaut.

5- Elaboration de paramètres de mise en œuvre par injection

L'étude au microscope optique à réflexion nous a permis de mettre en évidence l'incidence des paramètres de moulage sur la morphologie des pièces injectées figure



Pression d'injection 150 bar
Temps d'injection 8 s
Temps de cuisson 20 s



Pression d'injection 180 bar
Temps d'injection 8 s
Temps de cuisson 20 s

Figue 13-A : Evolution de la morphologie des pièces injectées en fonction de la pression

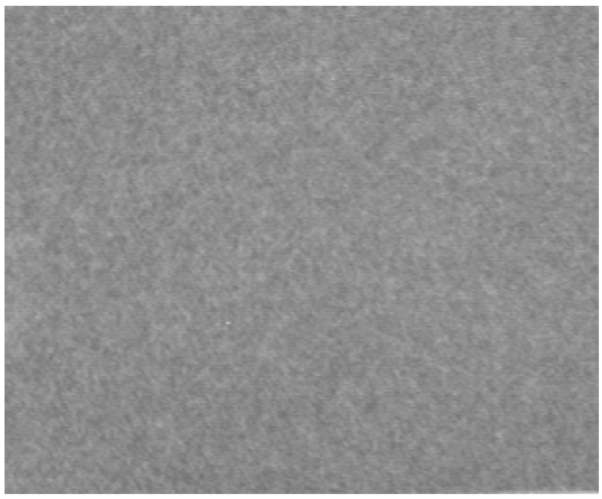


Figure : 13-B: Morphologie des pièces injectées avec les paramètres optimums

Pression d'injection 200 bar, Temps d'injection 15s, Temps de cuisson 30s

La figure 13-B montre l'aspect d'une pièce exempt de tout défaut de surface. Les principaux paramètres de moulage retenus sont regroupés dans le tableau ci-joint

Tableau N°2 : Les principaux paramètres de moulage retenus

Paramètres	Valeurs
Température matière	80-100°C
Température moule	160- 190°C
Temps de cuisson	10-20s
Température fourreau (zone arrière)	60-75°C
Température Buse	80-100°C
Pression d'injection	16-20 MPa
Pression de maintien	12-15 MPa

6- Les pièces finales produites

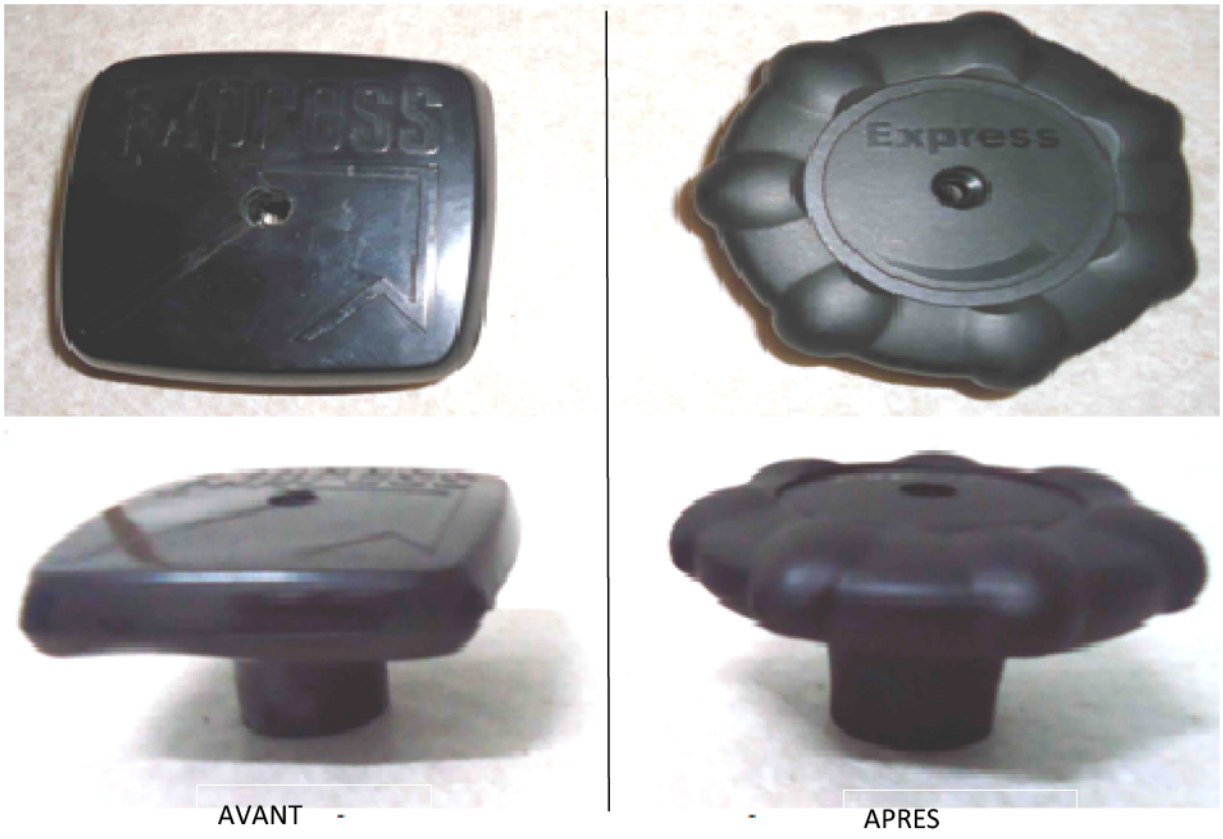


Figure 14 -A : Pièces produites avec un moule à quatre empreintes

AVANT

APRES

Figure 14- B : Pièces produites avec un moule à deux empreintes

AVANT APRES

Figure 14- C : Aspect final des autocuiseurs

Synthèse 1er PARTIE

Dans cette première partie, l'étude consistée au développement de nouveaux modèles d'accessoires en plastique a base de résines bakélites pour l'autocuiseur Express , et pour ce nous avons mener des études comparatives des différentes références commerciales existantes en collaboration avec nos fournisseurs.
Suites aux résultats des testes nous avons déterminé les mélanges et nous avons validé les premiers échantillons de pièces.

Après Validation des échantillons, une étude de conception de moule a été réalisée. Et Après validation de modification de moule, les plans de définition de pièces et de moule ont été établis. En fin une étude technico-économique pour de la production de la première série de pièces et de validation définitive a été réalisée.

Partie II

Etude, développement, Conception et réalisation d'emballages en polystyrène expansé pour les produits de la société PRECIMA

1- Caractéristiques du Polystyrène expansé

1-1 DEFINITIONS

Le polystyrène expansible est une matière plastique obtenue par polymérisation du styrène et adjonction d'un agent d'expansion (généralement le pentane).

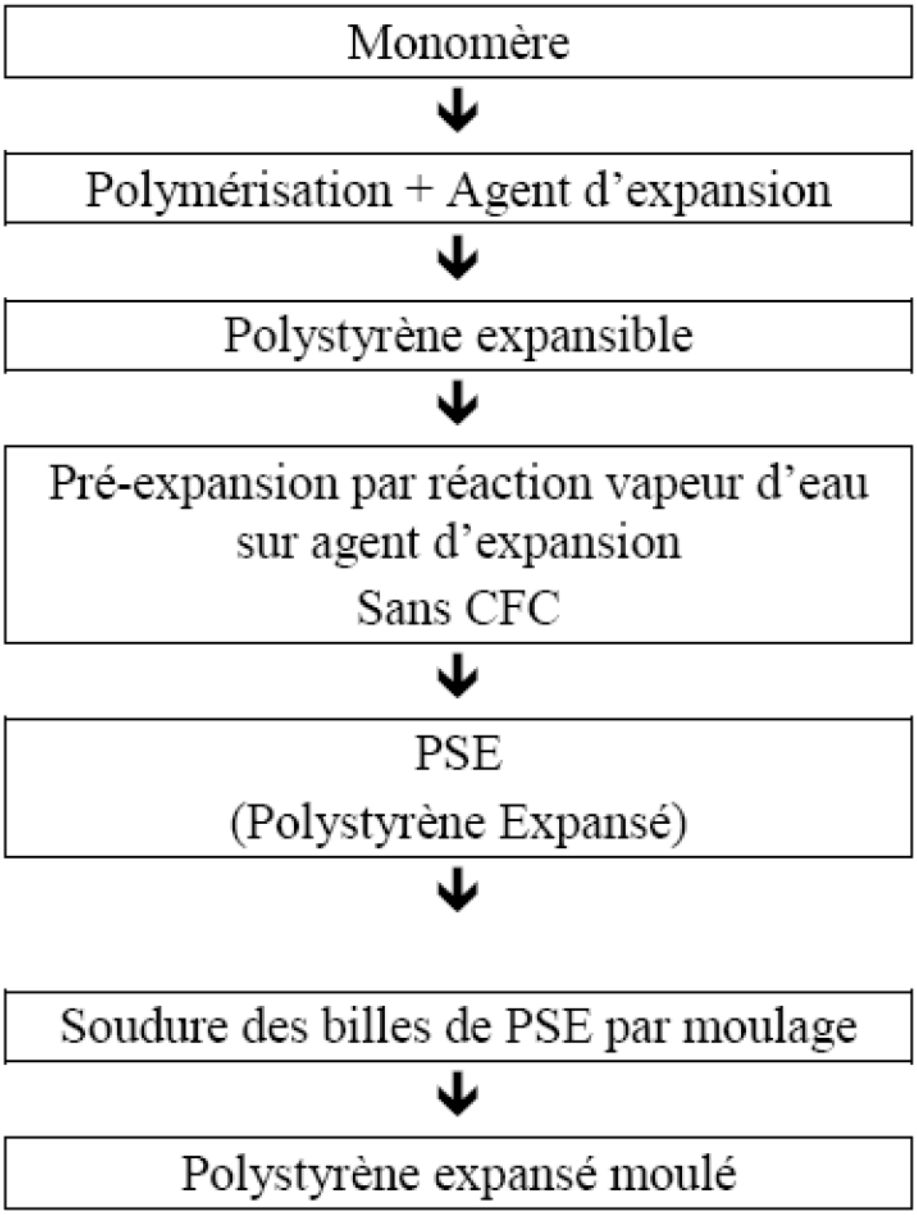


Figure 15 : Processus d'obtention du polystyrène expansé

1-2 Polystyrène expansé

Le polystyrène expansé est obtenu en provoquant une détente contrôlée de l'agent d'expansion sous l'effet thermique de la vapeur d'eau dans un appareil appelé pré- expanseur ou prémousseur. Cette opération permet d'obtenir différentes masses volumiques apparentes du produit.

1-3 Polystyrène expansé moulé

Le polystyrène expansé moulé (PSE) ou EPS (Expanded polystyrene) est obtenu par moulage et soudure des billes dans un moule, la liaison des billes pré-expansées s'effectue sous l'effet thermique de la vapeur d'eau.

1-4 Gamme des matières premières

Il existe plusieurs qualités de polystyrène expansible :

Normale – autoextinguible – résistante aux hydrocarbures – traitée antistatique.

Le polystyrène expansé est naturellement blanc. Le moulage de billes colorées, dans certaines teintes, est réalisable sur fabrication spéciale nécessitant toutefois un équipement adapté.

1-5 Granulométrie du polystyrène expansible

Il s'agit de la taille des billes à l'état de matière première. Il existe plusieurs granulométries (indépendamment de la masse volumique).

1-6 Masse volumique apparente

La masse volumique apparente des billes de polystyrène expansé (ou densité) est obtenue lors de l'opération de préexpansion. Il est d'usage d'exprimer ces masses volumiques apparentes en grammes par litre. Les masses volumiques apparentes utilisées pour la fabrication d'emballages varient généralement entre 15 et 50 g/litre.

Le choix de la granulométrie et de la masse volumique apparente d'expansion, appropriées au produit à fabriquer, sont de la responsabilité du transformateur et peuvent évoluer selon les matières proposées par les producteurs de matières premières.

2- LES MACHINES DE TRANSFORMATION

Description générale

La machine industrielle se compose de deux blocs fixe et mobile, qui sont soutenue et déplacée par quatre cylindres à double action de puissance.

Les composants suivants font partie de la machine :

- Un circuit hydraulique pour commander les cylindres ;
- Un réservoir de condensation pour emprisonner la vapeur de rebut et la condenser ;
- Un système télescopique pour fournir et décharger la vapeur du côté mobile ;
- Un coffret de commande;
- Un coffret pneumatique pour activer les valves ;
- Un système de vapeur pour fondre le polystyrène ;
- Un système de l'eau de refroidissement ;
- Un système de vide pour la stabilisation ;
- Un système comprimé d'air pour activer les valves et demolding les pièces finies ;
- Un distributeur pour la matière d'agrégation dans le moule.

Se référer aux sections suivantes pour l'identification et la description des composants de machine de bâti

Figure 16 : Vue de face de la machine pour de production

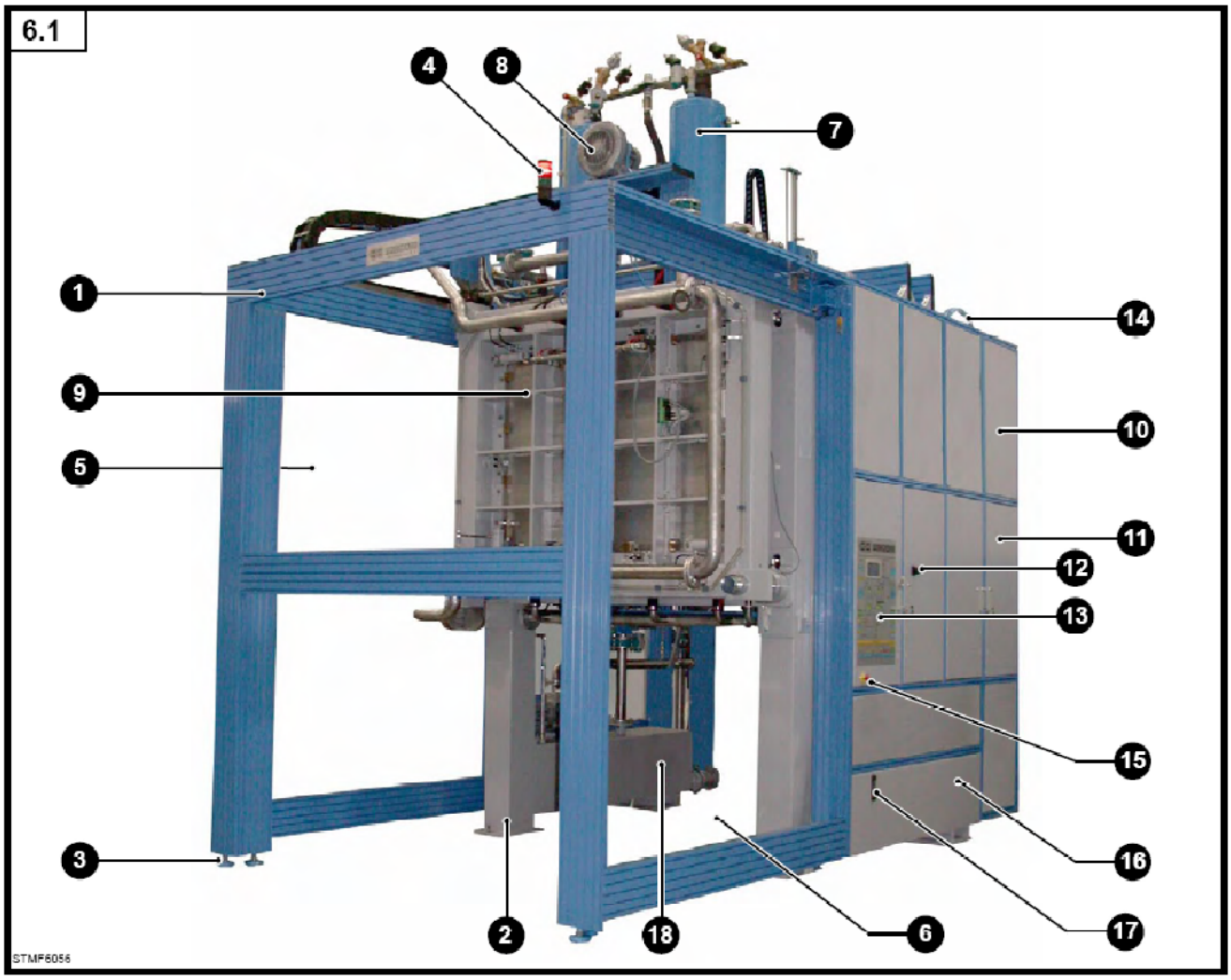


Figure 17 : Descriptif de la machine pour de production

Nomenclature

1 machine de bâti **2** appui **3** pieds réglables **4** le voyant de signalisation de deux couleurs : « « - vert : fonctionnement de machine ; - rouge fixe : machine arrêtée ; - clignotant rouge : alarme (se référer à la section sur des alarmes). » » **5** porte du côté gauchez **7** Accumulateur **8** pompe hydraulique **9** pièces mobiles **10** parts fixes **11** coffret électrique **12** commutateur principal ("marche/arrêt") **13**panneau de commande de forces avec l'affichage d'écran de contact **14**cable électrique **15** bouton principal d'arrêt d'urgence **16** circuit hydraulique de l'huile **17** indicateur de niveau de l'huile de circuit hydraulique **18** condensateur

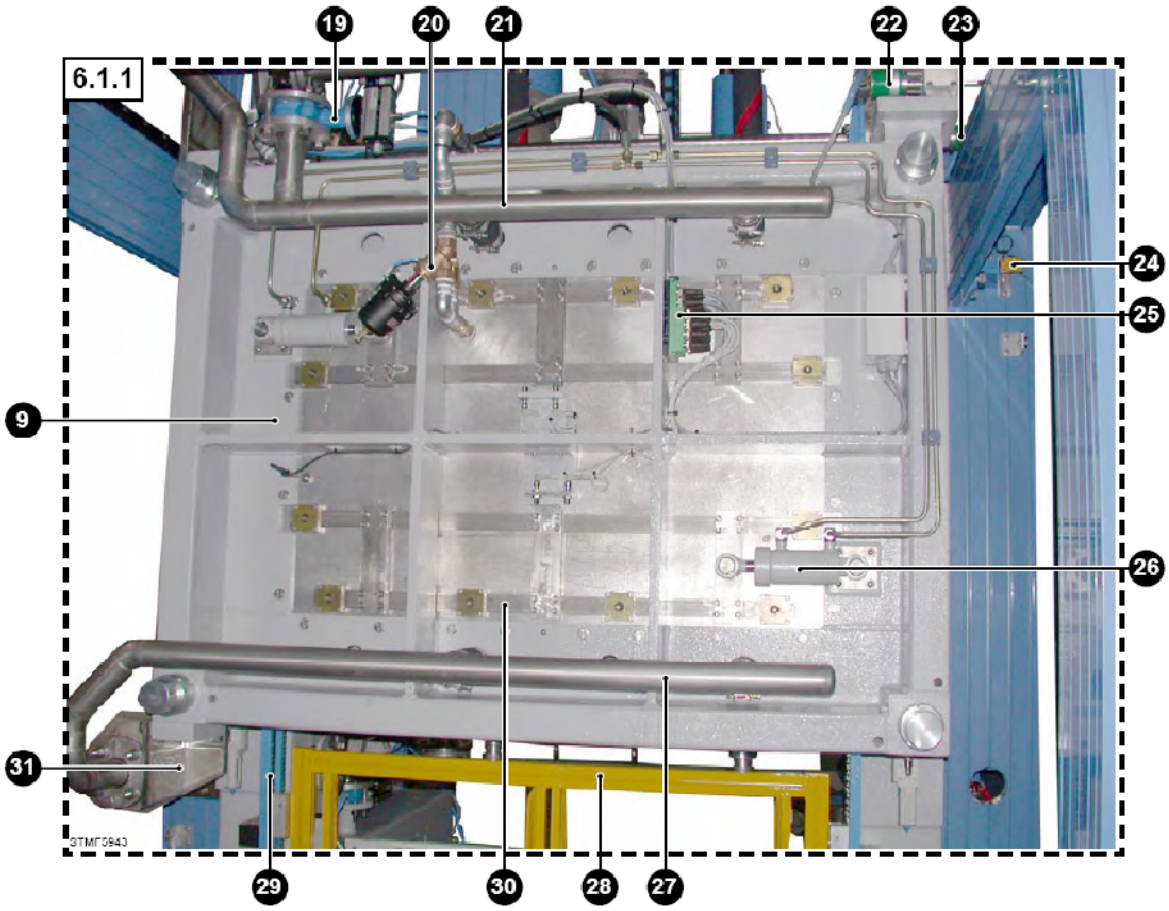


Figure 18 : Description du porte moule pour expansion (partie 1)

Nomenclature

9 pièces mobiles clapet de mise à l'air libre **19** valve de l'eau de refroidissement pour le côté mobile **20** orifice de la vapeur pour le côté mobile **21** encodeur pour le côté mobile **22** machines **23** parts d'encodeur de bac décaleur 24 sondes de sûreté de porte module d'entrée **25** moule **26** piston à clef drain avant fermant **27** condensat pour le côté mobile **28** parts d'armature de bac décaleur (facultative) bac décaleur automatique **29** parts (facultatif) moule **30** lame à clef décharge 31 télescopique pour l'instruction latérale mobile

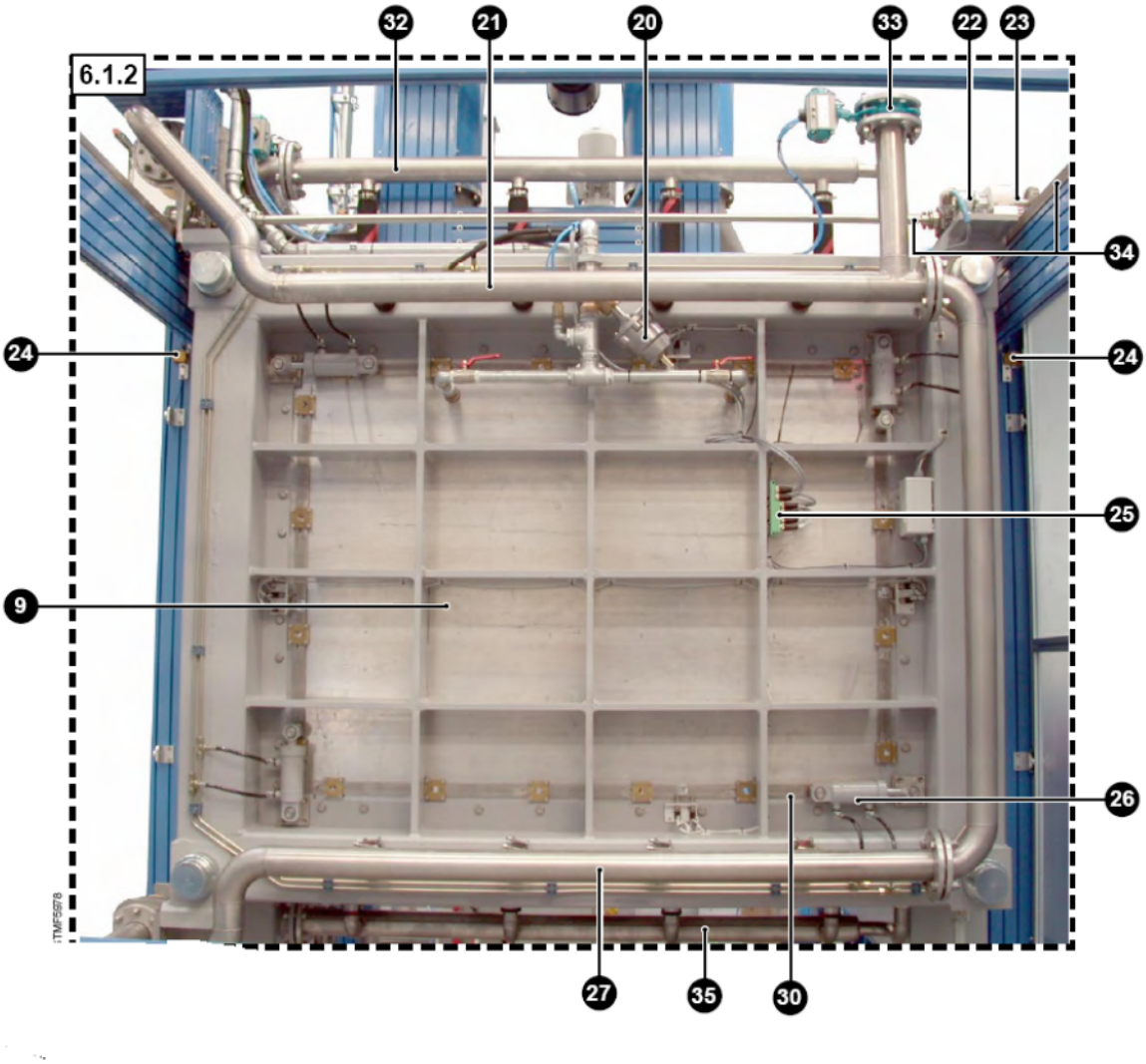


Figure 18 : Description du porte moule pour expansion (partie 2)

Nomenclature

9 pièces mobiles valve de l'eau de refroidissement **20** offre de la vapeur pour le côté mobile **21** encodeur pour le côté mobile **22** machines **23** parts d'encodeur de bac décaleur

24 sondes de sûreté de porte module d'entrée **25** moule **26** piston à clef drain avant fermant **27** condensat pour le côté mobile moule **30** clef offre de la vapeur avant fermant la lame **32** clapet de mise à l'air libre pour le côté fixe **33** module pour le côté mobile **34** alignements drain **35** condensat pour le côté fixe

Panneau de commande

Le panneau de commande principal **13** montre toutes les fonctions de fonctionnement pour la machine de bâti de Promass. Toutes les données exigées pour les fonctions du bâti, déplaçant les pièces et de la servocommande peuvent être saisies sur le panneau de commande et l'écran **T** de contact ;

l'écran d'affichage à cristaux liquides comporte l'excellente visibilité de sorte qu'il puisse également être employé dans les environnements très légers. Le grand-angulaire de la vision permet également aux pages d'être lues du côté ; ceci rend la machine facile à employer et réduit la probabilité des erreurs. Toutes les valeurs écrites quand la programmation d'un cycle peut être affichée sur l'écran de contact. Pendant la phase de bâti, les paramètres de cycle peuvent également être changés.

De tels changements entrent en vigueur immédiatement en prochain cycle. L'ensemble de paramètres par l'opérateur sont toujours évident et peuvent être vérifiés. Les machines de Promass te permettent également de modifier les paramètres tandis que les travaux lui-même sont menés à bien. Le panneau de commande principal est divisé en secteurs avec chacun consacré aux groupes spécifiques de fonctions.

Tous les boutons sur le panneau de commande **13** ainsi que l'écran **T** de contact te permettent de montrer et modifier les diverses valeurs. Si tu maintiens la fonction se boutonne et appuyer sur alors les touches d'incrément ou de décroissance sur l'écran de contact, tu peus changer les différentes valeurs et les stocker par la pression ENTRER. Les données concernant le positionnement de la pièce mobile du moule sont également stockées automatiquement.

Le panneau est imperméable à l'eau et donc protégé contre éclabousser et s'échapper de vapeur.

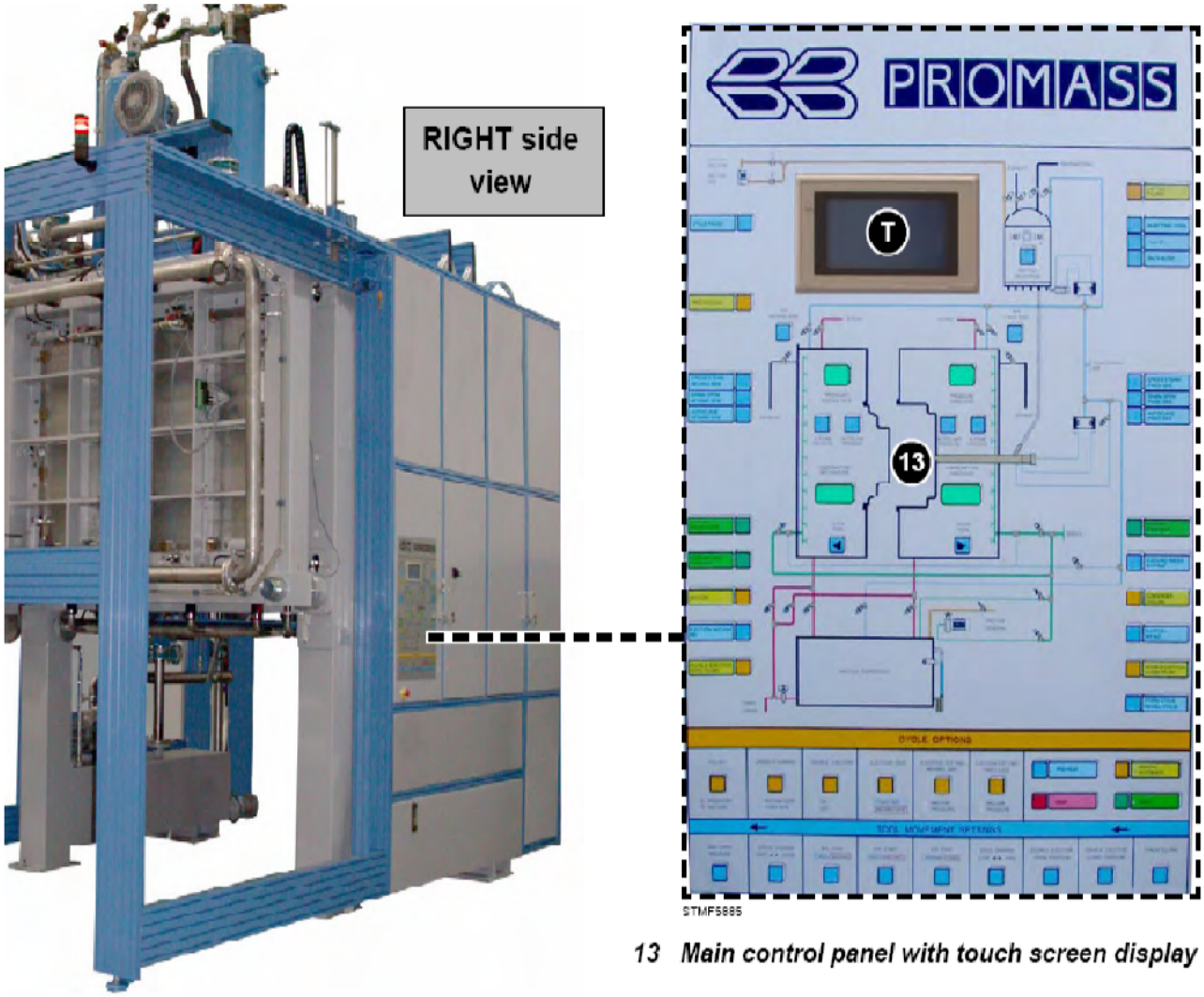


Figure 19 : Partie Commande de la machine pour expansion

3- Le moule pour de polystyrène expansé

Les sont fabriqués principalement en aluminium, la figure 20 montre les différents moules pour expansion du polystyrène

Figure 20 : Exemples de moules pour expansion du polystyrène

Les **moules à blocs** ont généralement des dimensions suivantes : 1,0 à 1,25 m de hauteur, 0,5 à 1 m de largeur, 6 à 8 m de longueur. Ils sont construits en métaux binoxydables (acier ou alliage d'aluminium). Les six parois, en contact avec les perles expansées à mouler, comportent de nombreux orifices (trous fins, buses ou fentes de moins de 1 mm de largeur), qui vont permettre à l'air de s'échapper et à la vapeur de pénétrer dans le moule.

Derrière chaque paroi se trouve une chambre dite *chambre à vapeur,* qui comporte une arrivée de vapeur et une sortie de condensats (à la partie inférieure). La plupart des moules à blocs sont équipés d'une installation de vide (réservoir + pompe)

Dimensions des plaques pour moule :

Les dimensions des plaques en aluminium pour la fixation des empreintes sur le moule

Pour les **grandes** machines:

- Partie Mobile: 150cm-177cm
- Partie fixe : 152cm- 179cm

Pour les **moyens** machines:

- Partie Mobile: 92.5cm- 145cm
- Partie fixe : 94.5cm- 147cm

Pour les **petites** machines: -

- Partie Mobile: 86cm- 114.5cm
- Partie fixe : 88cm- 116.5cm

NB: épaisseur de la plaque est de 1cm

Il y'a aussi lieu pour une 3ème plaque (de mm dimensions) et 4 plaque latérales de petites dimensions pour le montage finale du moule

Pour les grandes machines:

- Partie Mobile: 150cm-177cm
- Partie fixe : 152cm- 179cm

Pour les moyens machines:

- Partie Mobile: 92.5cm- 145cm
- Partie fixe : 94.5cm- 147cm

Pour les petites machines:

- Partie Mobile: 86cm- 114.5cm
- Partie fixe : 88cm- 116.5cm

NB: épaisseur de la plaque est de 1cm

4- Cycle de moulage d'un bloc de polystyrène expansé

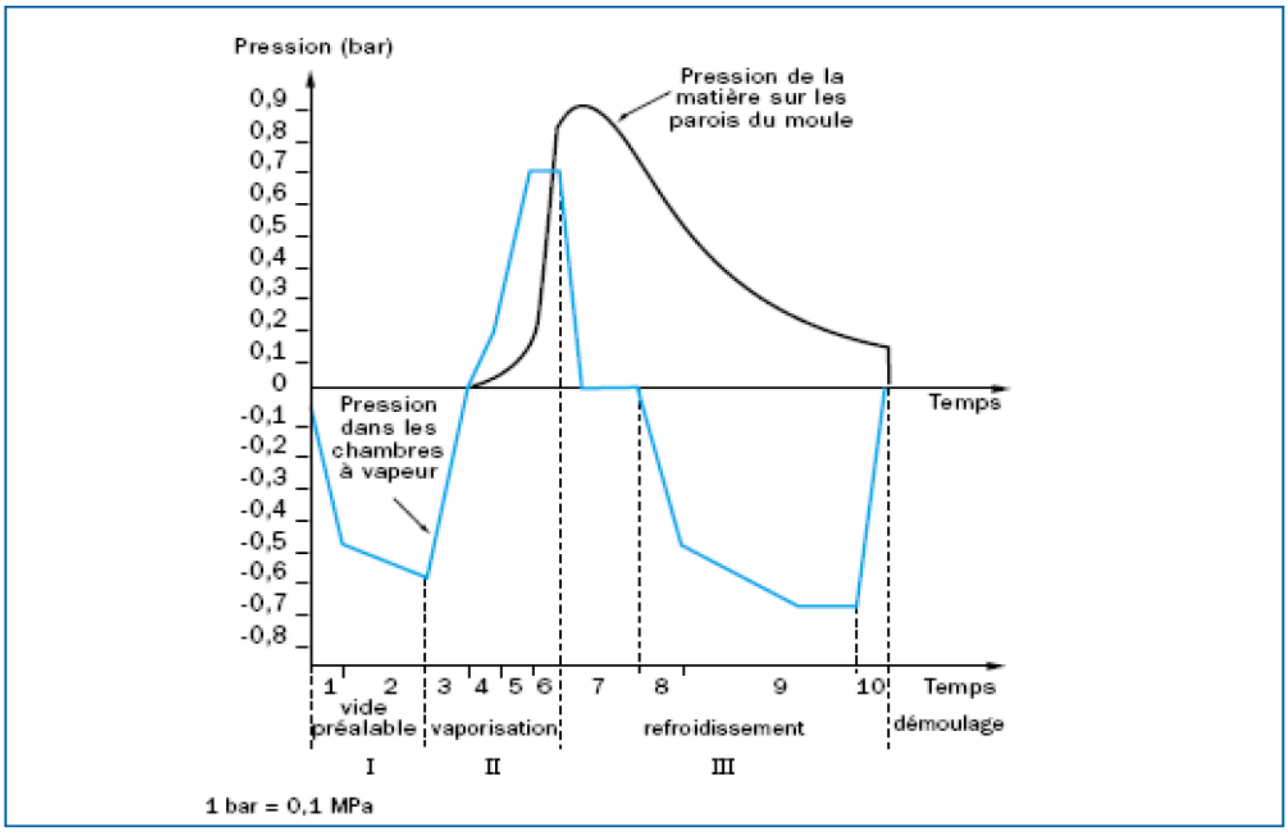


Figure 21 : Cycle de moulage du polystyrène expansé

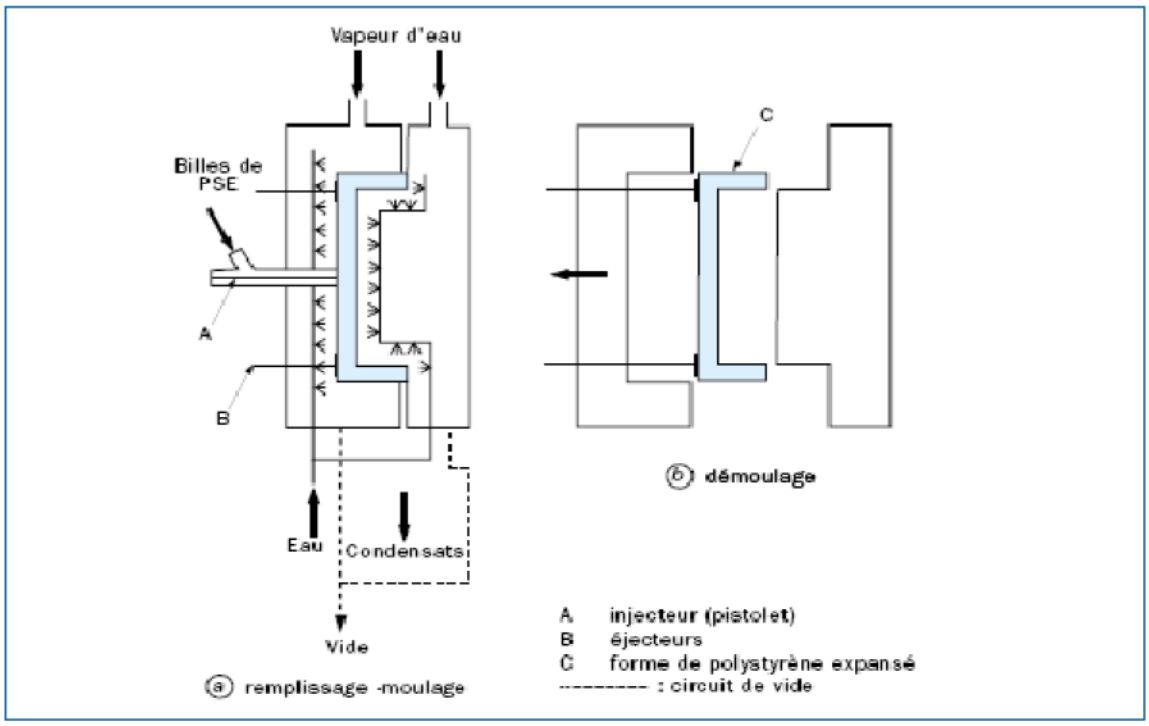


Figure 22 : les étapes du Cycle de moulage du polystyrène expansé

4. 1 Lancement du cycle

Le cycle commence par une mise en dépression des chambres à vapeur et donc de l'intérieur du moule. La connexion du réservoir de vide permet une chute rapide de la pression puis la pompe à vide seule permet d'accentuer encore un peu plus le niveau de vide (période 2). Cette phase de vide préalable permet d'éliminer l'air et l'eau présents dans le moule, afin de favoriser par la suite le soudage des perles.

4. 2 Vaporisation

Elle commence alors que le moule est encore en dépression (période 3), vannes de sortie des condensats fermées. Puis, lorsque l'équilibre avec la pression atmosphérique est atteinte, les vannes de sortie des condensats sont ouvertes (période 4). Ces deux étapes sont appelées phases de rinçage ou désaération.

La période 5 est celle de montée en pression, dite de choc vapeur. La vapeur est uniquement envoyée dans les deux chambres à vapeur latérales et on laisse ouvertes les vannes de sortie des condensats sur les quatre autres chambres. La vapeur traverse l'intérieur du moule. Sous l'effet de la chaleur, les perles preexpansées se dilatent à nouveau et commencent à se souder.

La période 6 est celle de stabilisation dite d'autoclave. Toutes les vannes de sortie de condensats sont fermées et l'on maintient la pression de vapeur dans les chambres pendant un court instant (3 à 10 s). On obtient ainsi le soudage définitif du bloc.

4. 3 Refroidissement

Le bloc doit ensuite être refroidi avant son démoulage, de façon que la pression exercée par la matière sur les parois du moule diminue. Après la détente de la surpression de vapeur avec l'ouverture des vannes de sortie des condensats (période 7), celles-ci sont fermées à nouveau et l'on refait le vide (périodes 8 et 9). Le condensat chaud présent à l'intérieur du bloc s'évapore et il est évacué.

Simultanément, le bloc perd l'énergie de vaporisation correspondante et se refroidit. Lorsque la pression de la matière sur les parois du moule atteint une valeur voisine de 0,1 bar, le vide est arrêté (période 10). Une fois, la pression rééquilibrée avec l'atmosphère, le moule

peut être ouvert. Habituellement, la porte est ouverte, puis une paroi latérale et le dessus du moule pivotent ensemble . Le bloc est expulsé grâce à un éjecteur.

• L'ensemble du cycle dure généralement entre 3 et 15 min (selon le type de moule à blocs, la densité des perles préexpansées et le type de matière première utilisés). Il est à noter qu'au moment de la sortie du bloc l'intérieur de la matière est encore à 90 - 95° C et que la pression interne résultante est supportée par les parois du bloc. Il est donc nécessaire, avant le découpage en plaques, de laisser le bloc poursuivre son refroidissement pendant environ 24 h.

• L'obtention directe de plaques de PSE peut aussi être réalisée avec des machines de moulage continu en bande. Dans ce cas, les perles pré expansées placées entre deux bandes horizontales mobiles passent dans des zones de vaporisation et de refroidissement et sortent sous la forme d'un panneau moulé sans fin. Les plaques sont ensuite découpées dans ce panneau aux dimensions voulues. Ces installations ont perdu de leur intérêt à l'apparition des grands moules à blocs modernes équipés de vide, souvent plus rentables et, en tout cas, de fonctionnement plus souple.

5- TOLERANCES

Tolérances dimensionnelles

Tolérances dimensionnelles sur cotes fonctionnelles dans un même lot livré ou fabriqué et pour 95% du lot. **mm L/l Hauteur** (longueur / largeur) (sens de démoulage)

< 100 +- 1 +- 1

101 à 200 +-1 +-1,5

201 à 400 +- 1,5 +- 2

401 à 800 +- 2 +- 3

> 800 +- 2,5 +- 5

Tolérances de poids

Il est d'usage de contrôler le poids des pièces par pesée des pièces entières, en aucun cas par pesée d'une partie de la pièce.

En effet, la masse volumique d'une pièce est rarement homogène.

Les tolérances de poids varient en fonction des éléments suivants :

- Taille et masse des pièces,
- Densités,
- Gammes de matières,

Taux d'humidité :

Les pièces moulées contiennent, en sortie de fabrication, un taux d'humidité variant de 5 à 15%.

La vitesse d'évaporation de l'eau est fonction de plusieurs paramètres dont :

- Les conditions atmosphériques,
- Les conditions d'emballage et de stockage,
- La géométrie des pièces.

Par ailleurs, un taux d'humidité résiduel et permanent d'environ 5% est considéré comme normal. Dans certains cas, il est possible de constater une reprise d'humidité de 2 à 3% conséquence des conditions atmosphériques et/ou de stockage.

Tolérances sur les quantités

Se référer aux conditions générales de vente de l'entreprise.

Tolérances sur la qualité

Malgré le soin apporté au contrôle des pièces, il est possible de se trouver en présence d'un taux de pièces défectueuses de 5%o, du fait de la nature alvéolaire du produit et du procédé de fabrication.

Il est d'usage pour le client de vérifier, à l'arrivée de la marchandise, l'état des colis et la quantité de pièces livrées.

6- Propositions de modèles d'emballages et validation

Nous avons mené une étude de développement d'un nouveau emballage pour les autocuiseurs de Precima.

Nous avons réalisé différents modèles que nous avons soumis à la direction pour validation.

1ère Proposition

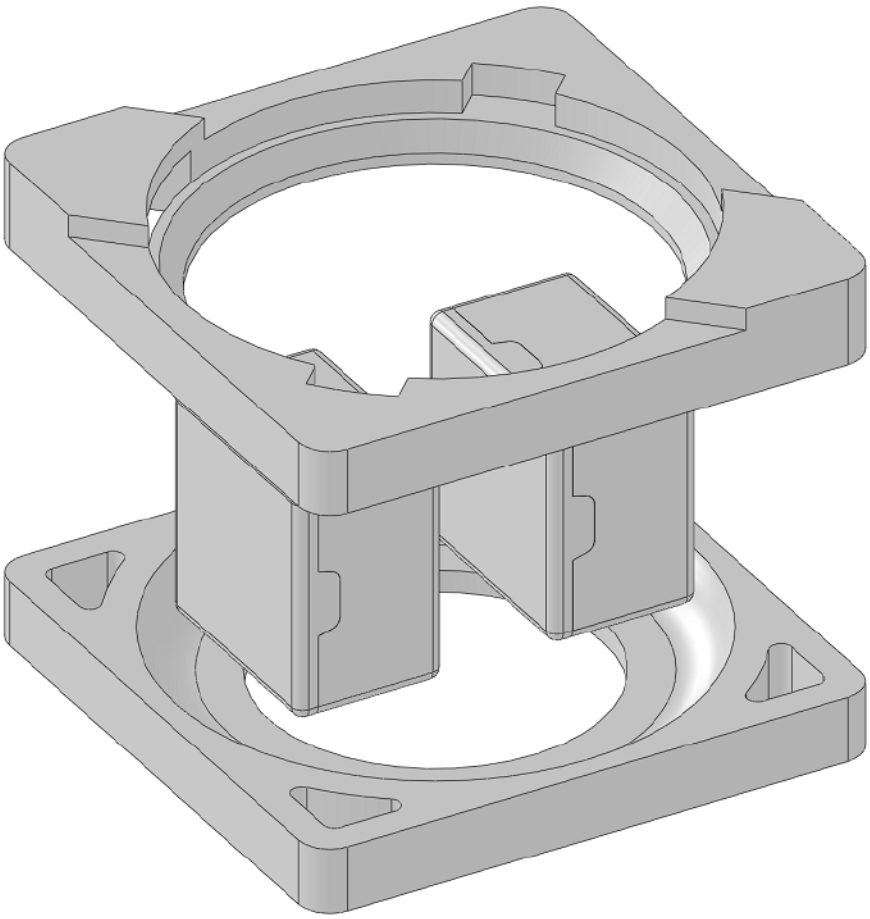
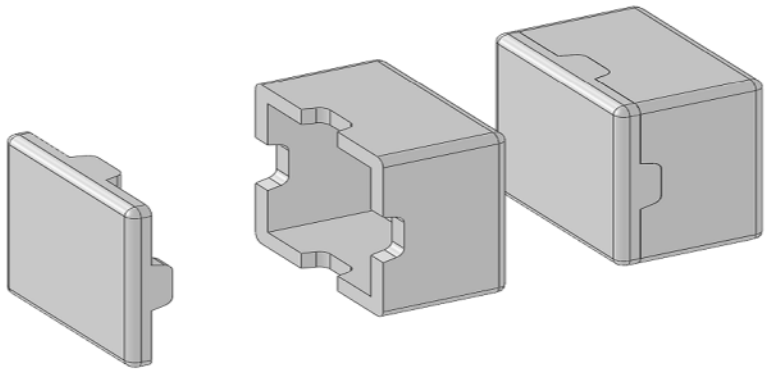


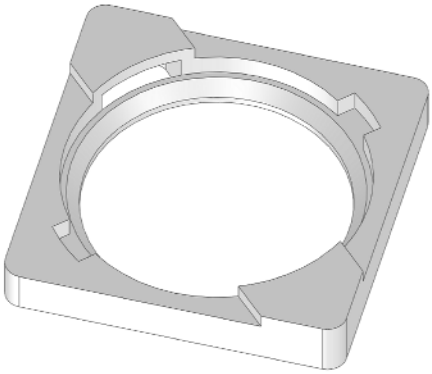
Figure 22: Vue d'ensemble de l'Emballage ; modèle 1

Cet emballage est constitué de :

2 Boites pour tous les accessoire du cocotte



Couvercle et support Couvercle cocotte



Support cocotte

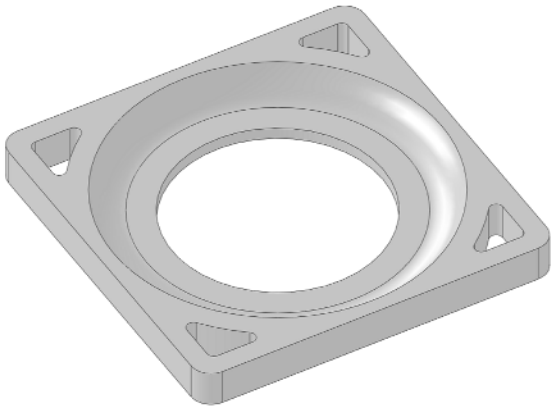


Figure 22: les différents éléments de l'Emballage ; modèle 1

2ème Proposition

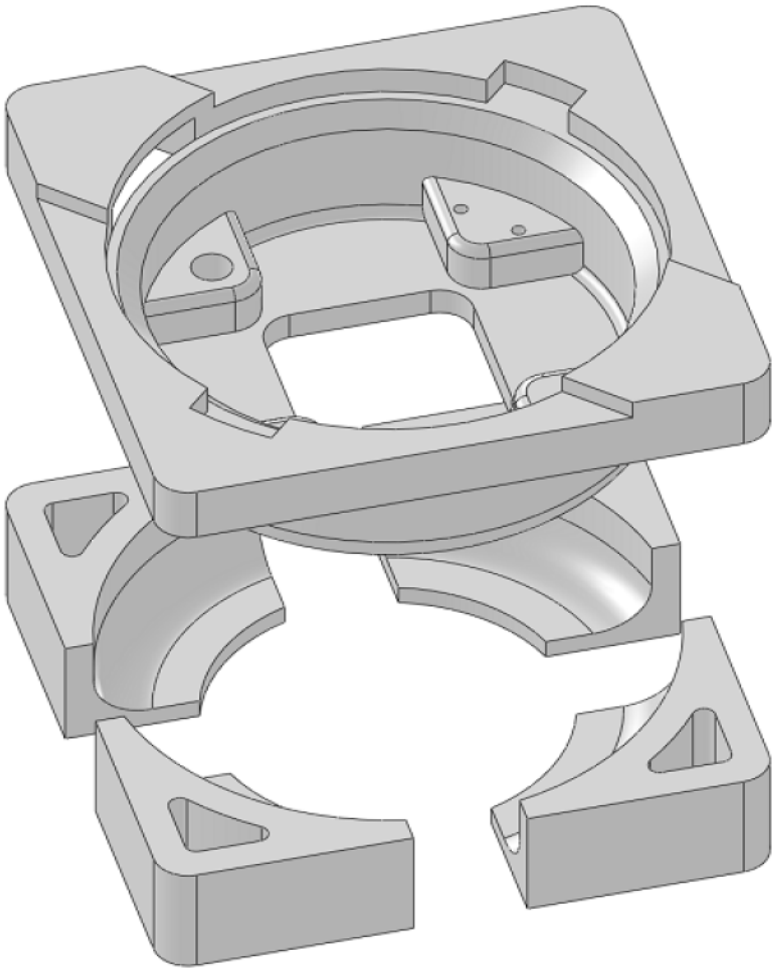
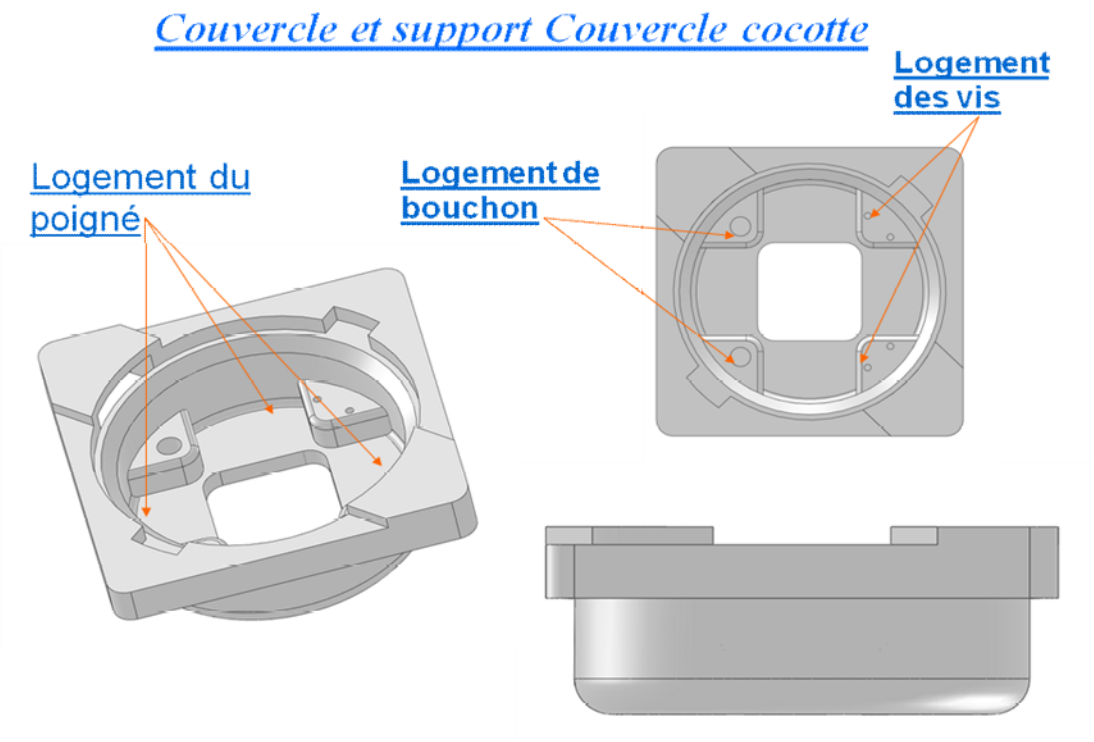


Figure 23: Vue d'ensemble de l'Emballage ; modèle 2



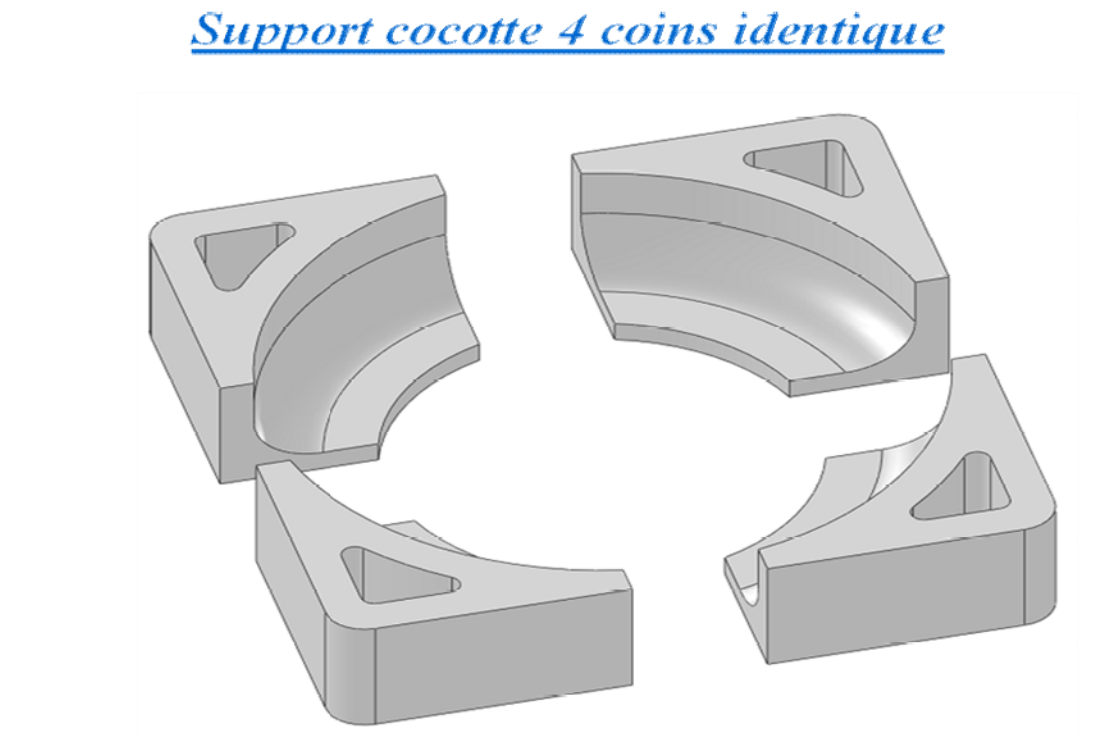


Figure 24: les différents éléments de l'Emballage ; modèle 2

3ème Proposition

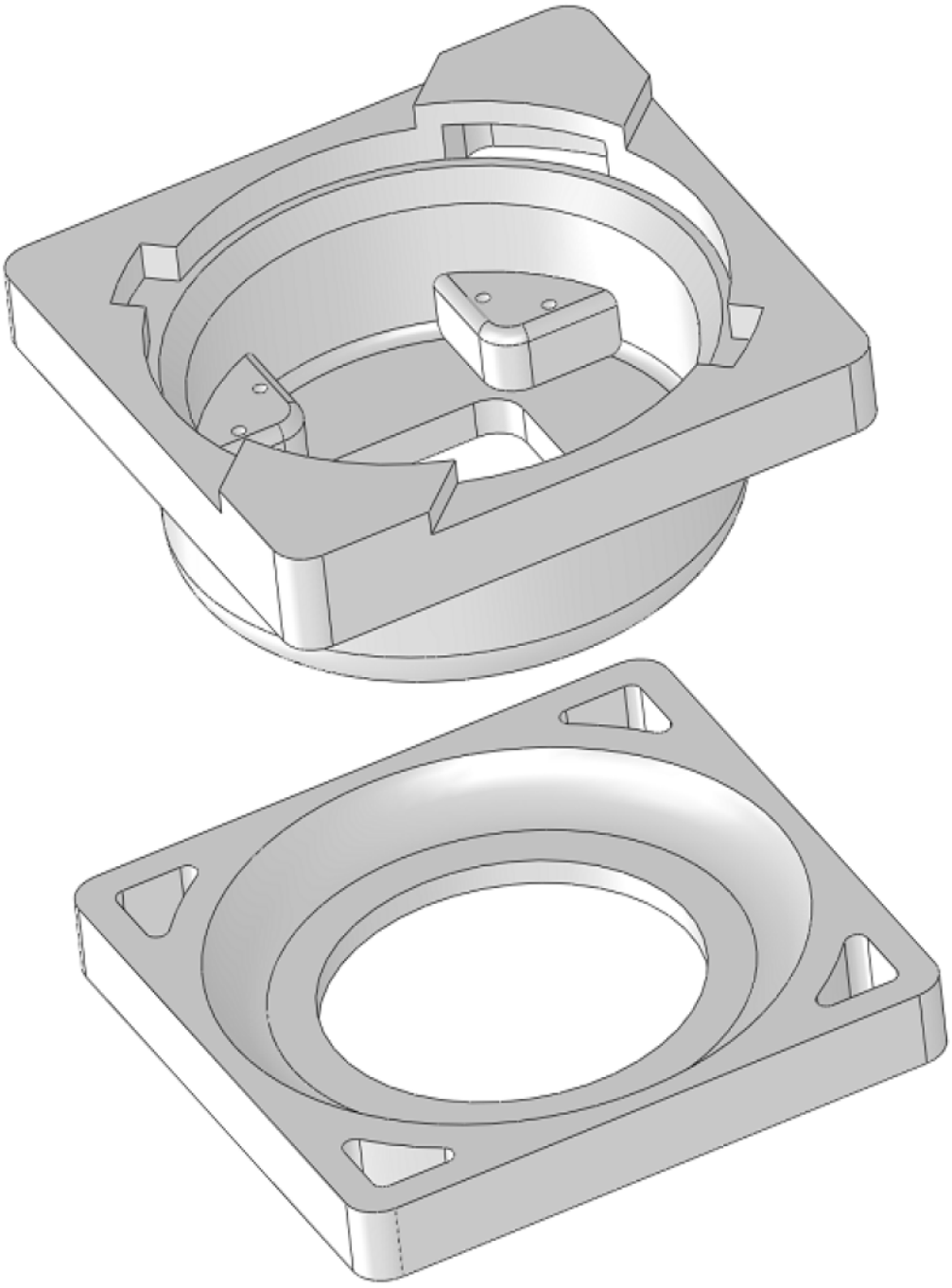
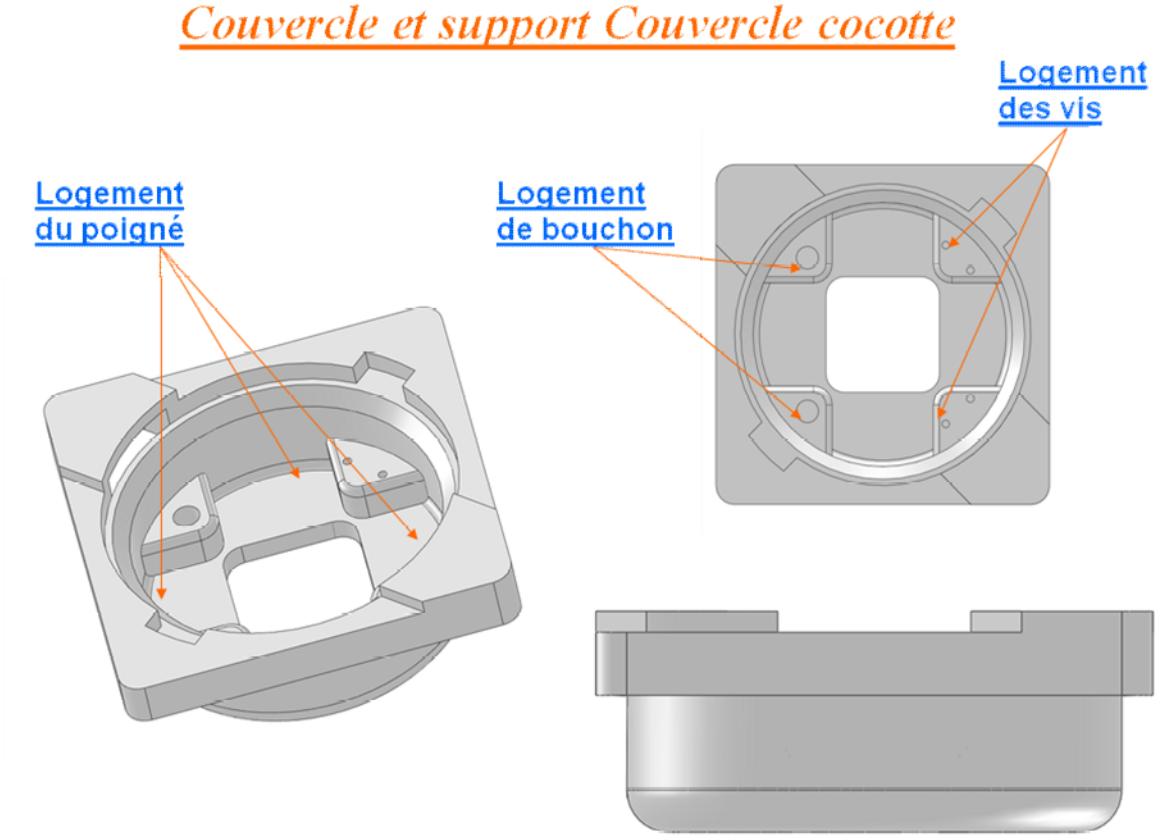


Figure 25 : Vue d'ensemble de l'Emballage ; modèle 3



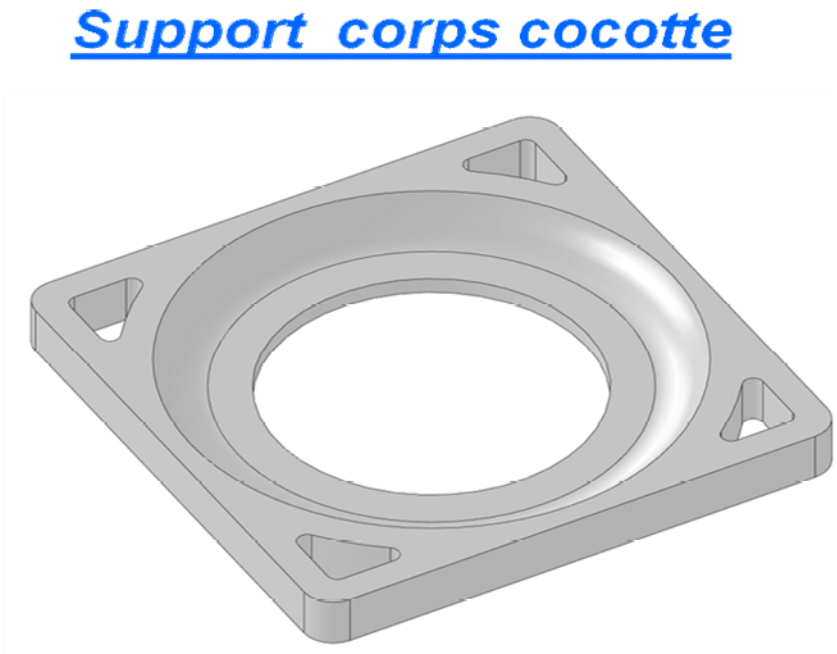


Figure 26: les différents éléments de l'Emballage ; modèle 3

4ème Proposition

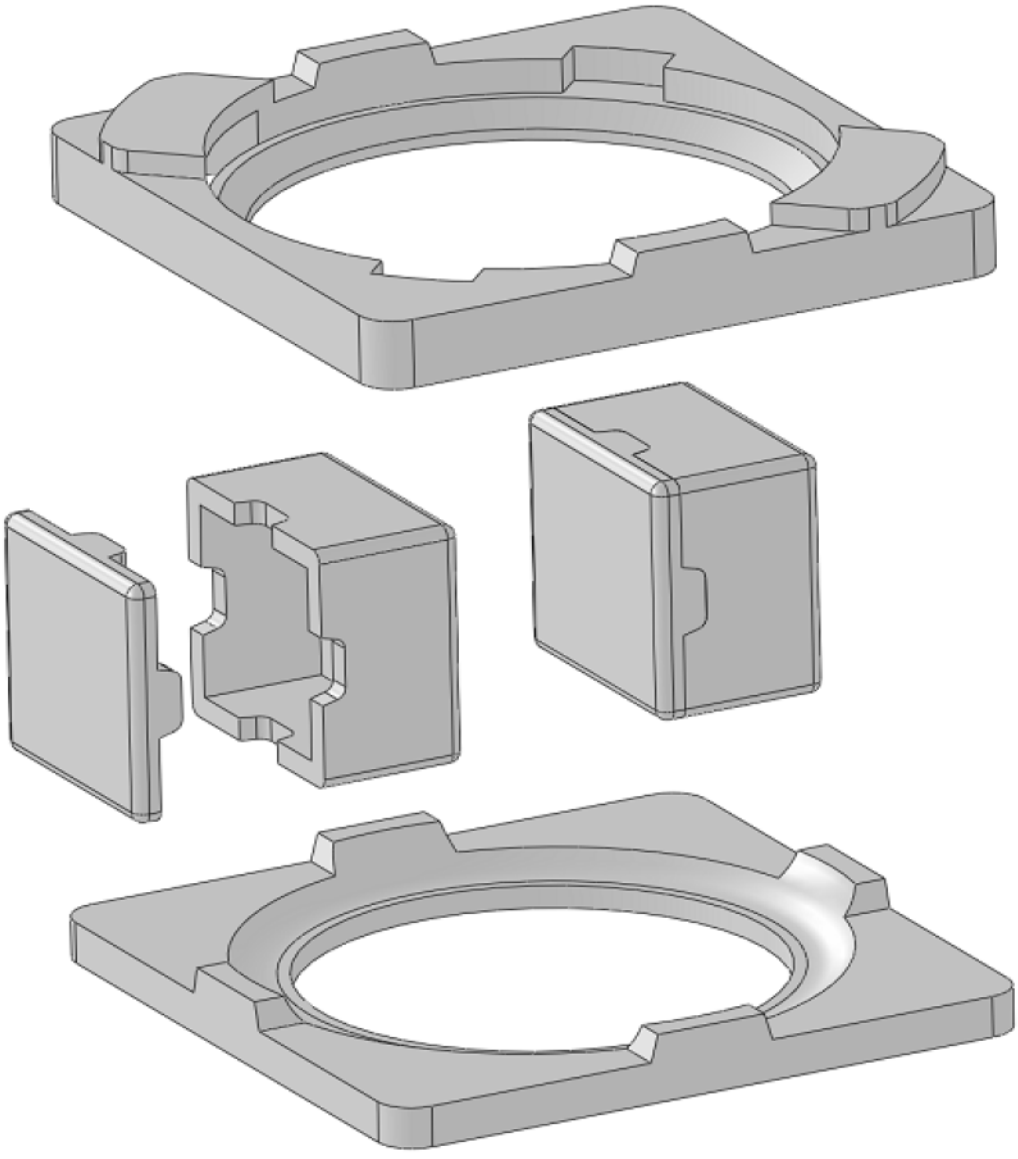
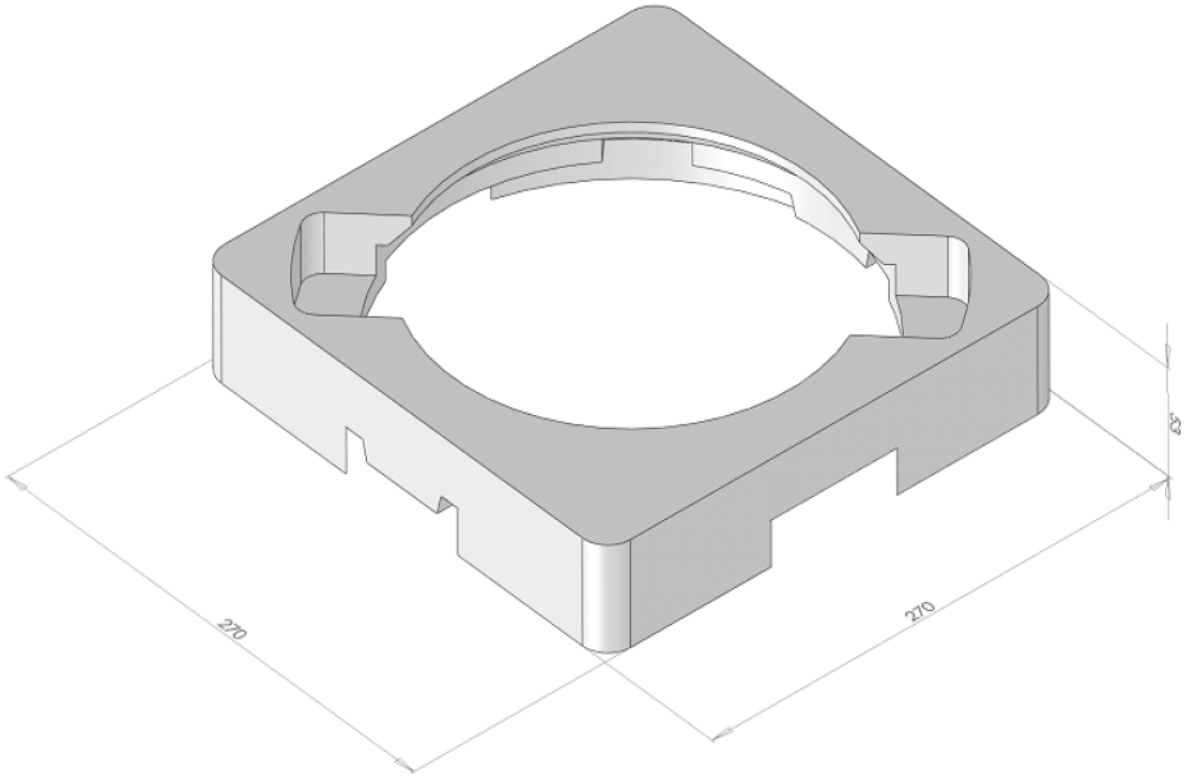


Figure 27: les différents éléments de l'Emballage ; modèle 4

Après étude technique de faisabilité suivie d'étude technico-économique notre choix d'emballage s'est porté sur le modèle suivant :

- **Plans de pièces pour trois types de couchotte**



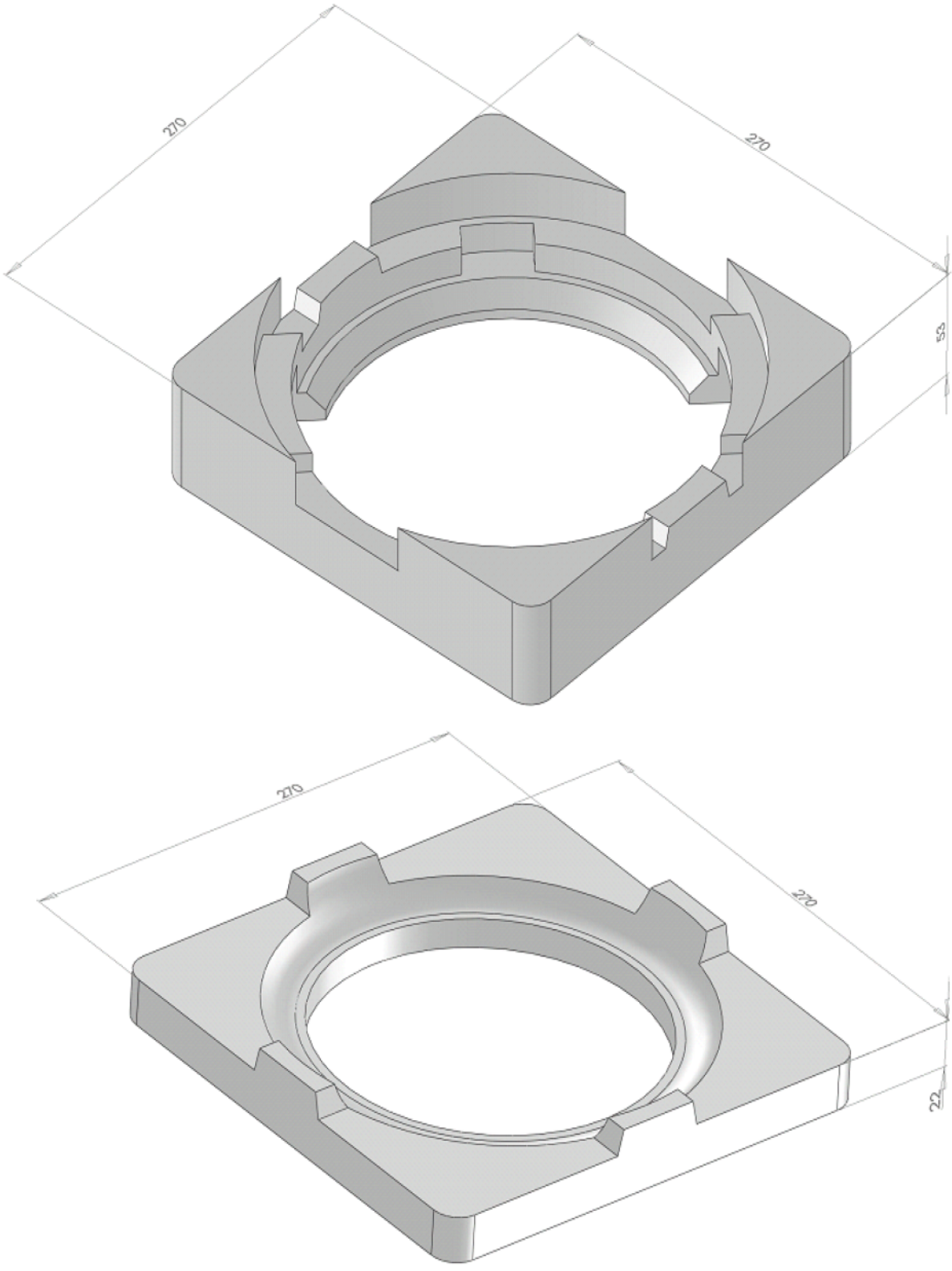


Figure 28 : Plan du modèle d'emballage retenu

Avant de réaliser le moule définitif, nous avons fabriqué des pièces prototypes selon le descriptif du modèle retenu. Ce qui nous a permis la validation du moule .(figure 29).

Avant **Après**

Figure 29 : Prototype d'emballage retenu

7- Analyse technico-économique & devis

7. 1 Evolution des autocuiseurs au Maroc

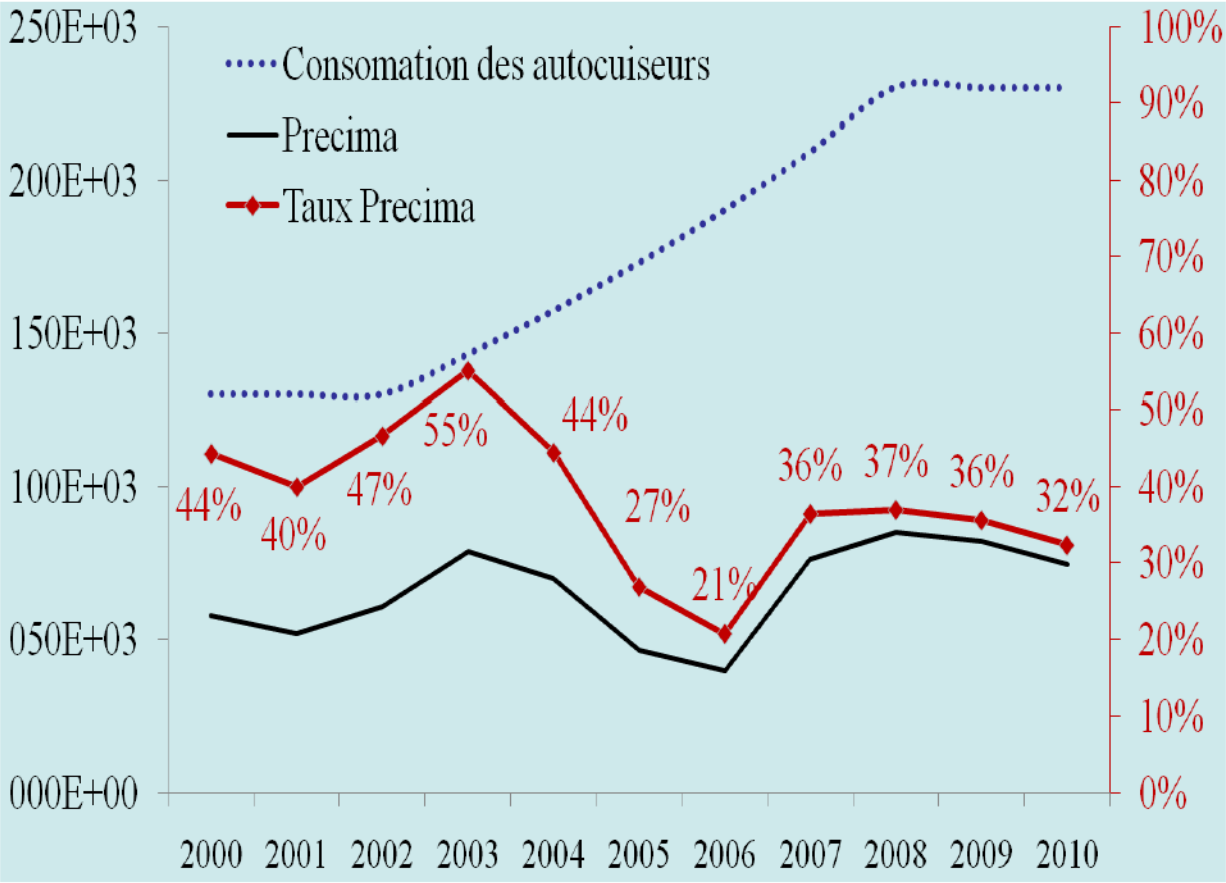


Figure 30 : Evolution du marché des autocuiseurs au Maroc

7. 2 Apport de la première partie du projet

	Unité /cocotte	Unité /Cycle	Temps de cycle d'injection (seconde)		Différence / Unité (s)	Différence / cocotte (s)	Prix / cocotte (Dhs)
			Ancien	Nouveau			
Bouton de serrage	1	4	60	40	20	5	1,39
Anse	2	2	54	38	16	8	2,22
						Gain unitaire	**3,61**
						Gain Annuel	**216 666,67**

Tableau N° 3: Gain estimé après modification des accessoires en bakélite

7. 3 Apport de la deuxième partie du projet :

Analyse des coûts d'emballage en polystyrène expansé

Composant avant modification	Prix Unit (dh)
Intercalaire (Carton)	0,6
Sachets en plastiques (PE)	0,2

Composant après modification	Prix Unit (dhs)
PSE (Partie basse)	3
PSE (Partie haute)	

		prix en dhs	
	nombre d'Unités	Total NC	NC / cocotte
Moyenne de retour client	550	165000	2,54

Coût de composant d'emballage (Dhs)

Avant	Après	Gain
3,34	**3**	**-0,34**

Apport global du projet

Gain direct après modification par Cocotte (dhs)	**3,27**

Gain direct annuel (Dhs) après modification	**196 358,97**

Risque de baisse part de marché de 30% a cause de la concurrence

Manque à Gagner (Dhs):	**5 850 000,00**

Gain net a atteindre par ans (Dhs)	**6 046 358,97**

7. 4 Offre et devis d'achat du moule

DEVIS N°1 : pour la réalisation du moule selon le modèle retenu

CFM technologie

Conception et Fabrication Mécanique

Offre N° : 09066 Page : 1/1

Objet : offre de moules

Monsieur,

Faisant suite à votre demande, veuillez trouver ci-jointe notre offre pour la conception des empreintes d'un moule pour emballage en polystyrène expansé.

Description	Prix unitaire (DH)	Quantité	Total TTC (DH)
Un moule à 4 bases et 4 couvercles en AU4G selon votre dessin :			
- Empreinte base			
- Empreinte poinçon base	- 10000.00	- 04	- 40000.00
- Empreinte couvercle	- 12000.00	- 04	- 48000.00
- Empreinte poinçon couvercle	- 14000.00	- 04	- 56000.00
	- 15000.00	- 04	- 60000.00
		TOTAL (DH)	**204000.00**

Devis N°2 : Pour la réalisation de moule selon le modèle retenu

Description	Prix unitaire EURO	Q.té	Total EURO
1 moule à 3 empreintes base + 3 empreintes couvercle selon votre dessin pour la machine moyenne PS 914 Le moule est composé par : - plaque mâle - plaque femelle - troisième plaque - éjecteurs - serpentin de refroidissement - injecteurs - cadre d'adaptation automatique - cadre pour le déchargeur automatique des pièces moulées	€ 24.000,00	1	€ 24.000,00

Description	Prix unitaire EURO	Q.té	Total EURO
1 moule à 3 Poinçons base + 3 Poinçons couvercle selon votre dessin pour la machine moyenne PS 914 Le moule est composé par : - plaque mâle - plaque femelle - troisième plaque - éjecteurs - serpentin de refroidissement - injecteurs - cadre d'adaptation automatique - cadre pour le déchargeur automatique des pièces moulées	€ 24.000,00	1	€ 24.000,00

Synthèse 2eme PARTIE

Dans cette deuxième partie, nous avons mené une étude de développement d'un nouveau model d'emballages en polystyrène expansé pour les différents autocuiseurs de marque express fabriqués par l'entreprise Precima. Nous avons commencé par réalisé une étude du marché afin de déterminer le mode d'emballage le mieux approprier pour les autocuiseurs.

Après Validation du model a base de polystyrène expansé, des plans de définition de pièces et de moule ont été établis et validé. En fin une étude technico-économique, une étude de préconception de modèle d'emballage spécifique aux autocuiseurs a été réalisé ; suivi d'une étude technico-économique a été mené en vue de connaitre le coût d'investissement nécessaire pour la fabrication d'emballage, suite au quelle une décision de sous-traité la réalisation de l'emballage a été prise

Conclusion

Dans un premier temps, nous avons mené une étude de prospection et d'analyse de différentes formulations de résines Bakélites en coordination avec les fournisseurs pour obtenir des caractéristiques spécifiques répondants aux exigences du cahier de charge prédéfini en particulier : Stabilité à l'écoulement (comportement rhéologique stable) Stabilité thermique ainsi que les Caractéristiques mécaniques et d'aspect.

La deuxième partie de cette étude est consacrée au Diagnostic des moules et la machine d'injection avec le suivi de la modification des moules et l'adaptation des nouveaux moules sur la machine à injection puis, l'élaboration d'un dossier d'entretien spécifique de la machine d'injection et moules avec l'élaboration d'un plan de maintenance préventif

La troisième partie est consacrée à l'élaboration du cycle de production par injection pour chaque moule avec l'Optimisation des paramètres d'injection (température matière, température du moule, vitesse rotation vis, vitesse d'injection, temps d'injection, temps de maintien, temps de cuisson…) en vue de répondre aux exigences de la qualité, la sécurité el la rentabilité et enfin la une réunion de travaille a été tenue permettant la Validation de la nouvelle production en terme de qualité, sécurité et aspect esthétique suivie d'une synthèse globale du projet

Dans la dernière parti de notre projet, nous avons réalisé une étude du marché et analysé l'état de l'art dans le domaine de l'emballage pour autocuiseurs, suivie d'une étude technico-économique en vue d'acquisition de machine pour fabrication d'emballage en polystyrène expansé, puis d'une étude de préconception de modèle d'emballage spécifique aux autocuiseurs fabriqués par PRECIMA.

Après Validation du modèle, une étude de conception de moule a été réalisée. Après validation de conception de moule, les plans de définition de pièces et de moule ont été établis. En fin une étude technico-économique pour la sous-traitance de la production de la première série de pièces et de validation définitive de l'emballage a été réalisée.

****Bibliographie

[1] J P.P.Trotignon, J.Verdu, A.Dobraczynski, M.Piperaud Précis Matières Plastiques 1994

[2]Michel CHEVALIER/Diplômé d'Études Supérieures Techniques du Conservatoire des Arts et Métiers/Techniques de l'Ingénieur, traité Plastiques et Composites/A 3435 Phénoplastes ou phénols-formols PF.

[3] Jean Bost, Matières Plastiques (Chimie-Applications) Afnor NF T 51-035

[4] A. H. Conner, in: Polymeric Materials Encyclopedia, J. C. Salamone (Ed.), pp. 8496–8501.CRC Press, Boca Raton, FL (1996).

[5] Kuch W. Holz als Roh – und Werkstoff, 6: 157 – 161 (1943)

[6] D. HULL & T. W. CLYNE, An Introduction to Composite Materials, Second Edition Cambridge University Press 1981

[7] LAFRANCHE (E.). – Influence de l'histoire thermomécanique locale sur les précisions et stabilité dimensionnelles de pièces injectées en thermoplastique. Thèse de Doctorat, Lille I / École des Mines de Douai, déc. 1996.

[8] Plastics determination of Charpy impact properties, part 1: Non-instrumented impact test (ISO 179-1: 2000)/English version of DIN EN ISO 179-1.

[9] Garcia, F. M.; Chiang, M. Y. M., *J. Appl. Polym. Sci.*, (2002) 84, 1581.

[10] THERMOSETS, REINFORCED PLASTICS, AND COMPOSITES/Ralph E. Wright R. E. Wright Associates Yarmouth, Main/Testing equipment and procedures.1993

[11] fiche technique de l'urée formaldéhyde Carbaicar DS31FL3/compression grade (hard flow-fine particle size)/édition : 1 du 01/01/2009.

[12] H. E. Kissinger, Anal/Chem/**29**, 1702–1706 (1957).

[29] Pasch H, et Gores F. Matrix- assisted laser desorption/ionization mass spectrometry of synthetic polymers. Ii: analysis of poly (methylmethacrilate), Polymer, (1995), 36:1999-2005.

[13] Bluecat™ Buyers' Guide Book 2, Omega Engineering Limited, Manchester, U.K.,2000.

[14] Advanced Polymeric Materials Structure Property Relationships Edited by Gabriel O. Shonaike Suresh G. Advani, 2004

[15] Bagon, C. and Frondistou-Yannas, S. (1976). Marine _oating concrete made with polystyrene beads. Magasine of Concrete Research, 28(2) :5_9.

[16] Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites/fourth edition/Mc Graw-hill/Plastics Engineering Department University of Massachusetts Lowell Lowell, Massachusetts.

[17] Projet de norme internationale/ norme européenne/ norme française NF EN 62262 avril 2004.

[18] Growe G.A. et Lynch C.C. J. Amer. Chem. Soc. 70:3795 (1948); 71: 3731 (1949); 75: 574 (1953)

[19] Bettelheim L. et Cedwall J. Sven Kem Tidskr. 60 : 208 (1978).

[20] Soles, C. L.; Yee, A. F., J. Polym. Sci. B : Polym. Phys. , (2000) 38, 792.

[21] Musto, G.; Ragosta, L.; Mascia, Chem. Mater., (2000) 12, 1331.

[22] Zhou, J.; Lucas, J. P., Polymer, (1999) 40, 5505.

[23] Garcia, F. M.; Chiang, M. Y. M., J. Appl. Polym. Sci., (2002) 84, 1581.

****Sources web

http://www.gpm2.inpg.fr/perso/ls.htm

http://perso.wanadoo.fr/bruno.valentin/Polymeres.htm

http://mainoc.free.fr/index.htm

http://www.ipexinc.com

http://www.pslc.ws/french/index.htm

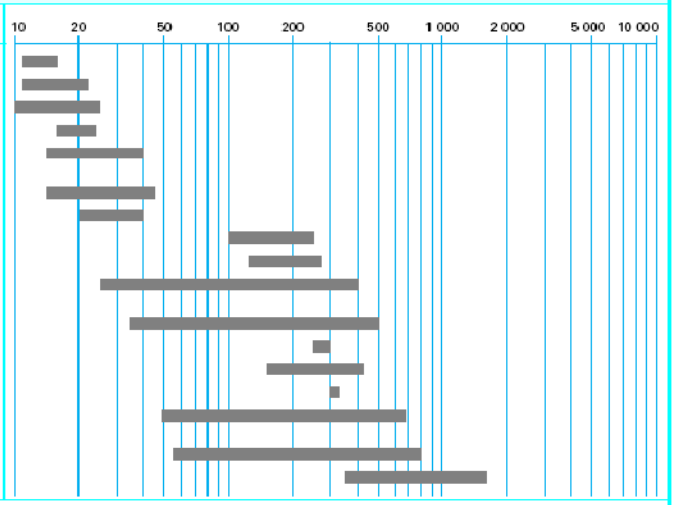
http://www.cours.polymtl.ca/mec6306/

ANNEXE 1

Propriétés des thermodurcissables Tableaux comparatifs

Tableau 11 – Résistance au choc Izod avec entaille, selon ISO 180 A ou T 51-911 (1) ou norme équivalente (J/m)

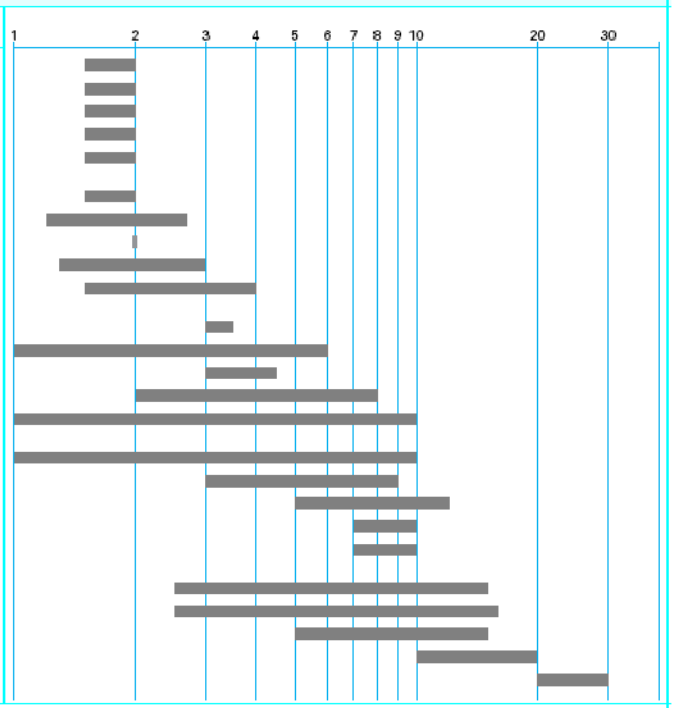
Plastique (2)	Article	Mini	Maxi
VE chargé ignifugé	A 3 450	11	16
VE	A 3 450	11	22
UP	A 3 445	10	25
EP coulé chargé silice	A 3 465	16	24
PI autolubrifié	A 3 485	14	40
PI chargé graphite	A 3 485	14	45
EP coulé chargé FV et minéral	A 3 465	20	40
VE flexible	A 3 450	100	250
EP flexible	A 3 465	124	270
UP flexible	A 3 445	25	400
PI	A 3 485	35	500
EP coulé chargé FV longue	A 3 465	250	300
PUR R-RIM	.....	150	430
DCPD	.....	300	330
PUR RIM Sh D	.....	49	675
PI chargé FV	A 3 485	55	800
PUR mousse structurelle renforcée SRRIM	.....	350	1 600



(1) Nouvelle norme : NF EN ISO 180 (indice de classement T 51-911).
(2) Pour les abréviations utilisées pour les polymères, se reporter à la page Form. AM 3 406-2.

Tableau 12 – Résistance au choc Charpy avec entaille, selon ISO 179 ou NF T 51-035 (1) ou norme équivalente (kJ/m²)

Plastique (2)	Article	Mini	Maxi
MF chargé minéral	A 3 415	1,5	2
MF chargé organique	A 3 415	1,5	2
MF chargé farine de bois	A 3 415	1,5	2
MF PF chargé farine de bois	A 3 415	1,5	2
MF PF chargé cellulose	A 3 415	1,5	2
MF UP charges diverses	A 3 415	1,5	2
MF PF chargé minéral et organique	A 3 415	1,2	2,7
MF UP chargé cellulose	A 3 415	2	2
UF chargé cellulose	A 3 415	1,3	3
PF chargé farine de bois	A 3 435	1,5	4
UP fibre textile	A 3 445	3	3,5
PF chargé minéral	A 3 435	1	6
UP FV courte	A 3 445	3	4,5
EP coulé chargé poudre Al	A 3 465	2	8
EP de moulage réactif < 100 °C	A 3 465	1	10
EP coulé non chargé	A 3 465	1	10
PF modifié caoutchouc	A 3 435	3	9
UP ignifugé	A 3 445	5	12
EP de moulage réactif à 140 °C	A 3 465	7	10
EP de moulage HT	A 3 465	7	10
PF chargé cellulose	A 3 435	2,5	15
PF chargé FV	A 3 435	2,5	16
UP	A 3 445	5	15
UP flexible	A 3 445	10	20
EP flexible	A 3 465	20	30



(1) Nouvelle norme : NF EN ISO 179 (indice de classement T 51-035).
(2) Pour les abréviations utilisées pour les polymères, se reporter à la page Form. AM 3 406-2.

HEXION
Specialty Chemicals

Technical Data Sheet

Bakelite® PF 14694

Typical Physical Properties			
Property	Standard	Typical Value	Unit
* Density (23°C)	ISO 1183	1,40	g/cm3
Apparent density (moulding compound)	ISO 60	0,62	g/cm3
Injection - Moulding shrinkage	ISO 2577	0,65	%
Injection - Post shrinkage	ISO 2577	0,6	%
Compression - Moulding shrinkage	ISO 2577	0,7	%
Compression - Post shrinkage	ISO 2577	0,6	%
* Tensile strength * (5mm/min)	ISO 527 - 1/2	55	MPa
* Tensile modulus * (1 mm/min) (Elongation$_{\varepsilon 1}$ 0,05%; $_{\varepsilon 2}$ 0,25%)	ISO 527 - 1/2	7.800	MPa
Compressive strength (test specimen flat tested)	ISO 604	240	MPa
Flexural strength (2mm/min)	ISO 178	90	MPa
Flexural modulus	ISO 178	7000	MPa
* Charpy impact strength (23°C)	ISO 179-1 eU	6	kJ/m2
* Charpy notched impact strength (23°C)	ISO 179-1 eA	1,4	kJ/m2
Ball indentation hardness (H961/30)	ISO 2039/P1	280	MPa
* Temp. of deflection under load. HDT C-8,0 MPa	ISO 75-2	100	°C
* Surface resistivity (Following IEC 60093)		1,00E+10	Ohm
* Volume resistivity (Following IEC 60093)		1,00E+11	Ohm*cm
* Dissipation factor (100 Hz) (Following IEC 60250)		0,3	
* Relative permittivity (100 Hz) (Following IEC 60250)		17,5	
* Electric strength (1mm thickness) (short term, electrode layout P25mm/P25mm in transformer oil equivalent to IEC 60296)	IEC 60243-P1	15,5	kV/mm
Proof tracking index (Test liquid A)	IEC 60112	125	PTI
Flammability UL 94 (ALL=all colours, BG=beige, BK=black, BN=brown, BL=blue, GN=green, GY=grey, NC=natural, OR=orange, RD=red, WT=white, YL=yellow)	UL 94		Step/mm
Water absorption (24h / 23°C) (Following ISO 62)		85	mg
Additional Characteristic		A	

Explanation for Additional Characteristic:

.5	Improved electric properties	HT	Resistance to high temperatures
.7	- Allowed for contact with food	LB	- High arc resistance
.9	- Ammonia free	M	- Dishwasher proof
A	- High surface quality moulding	P	- Production of test spec. only comp.
Cu	- Copper adhesive	T	- Low coefficient of friction
D	- Low shrinkage/good dimensional stability	Typ	- Standardized moulding compound
E	- Elastified	UL	- UL listed moulding compound
EL	- For electrostatic coating	UV	- Non fade
ES	- Acetic acid free	V	- Yellowing resistance
G	- Galvanize	Z	- Special presentation cyl. pellets
HS	- High mechanical stength	L	- Conductive

Product Description

Phenolic moulding compound, mainly organically filled, very soft flow for large moulds

Application Areas

Housing parts, heat shields

Preparation of Test Specimens of Thermosetting Moulding Compound

- Compression to ISO 295
- Injection to ISO 10724

Storage Capability

2 years (relative humidity of 50-60% and maximum storage temperature of approximately 20°C)

Moulding Conditions			
Injection Moulding		**Compression Moulding**	
Temperature of material	80 - 100°C	Mould temperature	160 - 190°C
Mould temperature	160 - 190°C	Curing time (per mm of wall thickness)	20 - 40 s
Curing time (per mm of wall thickness)	10 - 20 s	Cavity moulding pressure	>15 MPa
Barrel temperature - feed zone	60 - 75°C		
Barrel temperature - nozzle zone	80 - 100°C		
Cavity moulding pressure	>15 MPa		
Back pressure	0,5 - 2 MPa		
Holding pressure	ca. 60% of injection pressure		

Properties marked with * are elements of the database CAMPUS (Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards) and based on the obliging introduced guidelines of the norm committee of plastic. (CAMPUS is a registered trademark of the CWFG.)

Contact Information

Hexion GmbH
Gennaer Str. 2-4
Germany 58642 Iserlohn-Letmathe
e-mail: moulding-compounds@hexion.com
Internet: www.hexion.com

Postfach 7154
Germany 58609 Iserlohn-Letmathe
Tel.: +49 (0) 2374 / 925 280
Fax: +49 (0) 2374 / 925 723

® and ™ Licensed trademarks of Hexion Specialty Chemicals, Inc.

DISCLAIMER

The information provided herein was believed by Hexion Specialty Chemicals to be accurate at the time of preparation or prepared from sources believed to be reliable, but it is the responsibility of the user to investigate and understand other pertinent sources of information, to comply with all laws and procedures applicable to the safe handling and use of the product and to determine the suitability of the product for its intended use. **HEXION SPECIALTY CHEMICALS MAKES NO WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, CONCERNING ANY PRODUCT OR THE MERCHANTABILITY OR FITNESS THEREOF FOR ANY PURPOSE OR CONCERNING THE ACCURACY OF ANY INFORMATION PROVIDED BY HEXION SPECIALTY CHEMICALS**, except that the product shall conform to contracted specifications, and that the product does not infringe any valid United States patent.

HEXION™

Technical Information
Phenolic and Forest Product Resin Division
Moulding Compounds

Moulding conditions: Bakelite® PF 2400

Reviewed on: 16.09.2008

Injection molding

Temperature of material	80 - 100 °C
Mould temperature	160 - 190 °C
Curing time (per mm of wall thickness)	10 - 20 s
Barrel temperature - Feed zone	60 - 75 °C
Barrel temperature - Nozzle zone	80 - 100 °C
Cavity moulding pressure	>15 MPa
Back pressure	0,5 - 2 MPa
Holding pressure	ca. 60% of injection pressure

Compression molding

Mould temperature	160 - 190 °C
Curing time (per mm of wall thickness)	20 - 40 s
Cavity moulding pressure	>15 MPa

Technical Customer service:

Hexion
Gennaer Str. 2 - 4
D- 58642 Iserlohn - Letmathe
e-mail: ATE-Formmassen@hexion.com
Internet: www.hexion.com

Postfach 7154
D- 58609 Iserlohn - Letmathe
Tel.: +49 (0) 2374/925-214
Fax : +49 (0) 2374/925-336

Additional characteristics (see Datasheet):

.5 - Improved electrical properties	HT - Resistant to high temperatures
.7 - Allowed for contact with food	LB - High arc resistance
.9 - Ammonia free	M - Dishwasher proof
A - High surface quality	P - Prod. of test spec. only comp. moulding
Cu - Copper adhesive	T - Low coefficient of friction
D - Low shrinkage / good dimensional stability	Typ - Standardized moulding compounds
E - Elastified	UL - UL listed moulding compound
EL - For electrostatic coating	UV - Non fade
ES - Acetic acid free	V - yellowing resistance
G - galvanize	Z - Special presentation cyl. pellets
HS - High mechanical strength	L - conductiv

Explanations

① Elongation ε_t 0,05% $_R\varepsilon_t$ 0,25%
② Following IEC 60093
③ Following IEC 60250
④ Short term, electrode layout P25mm/P25mm in transformer oil equivalent to IEC 60296.
⑤ UL 94 colour designation:
ALL = all colours, BG = beige, BK = black, BN = brown, BL = blue, GN = green,
GY = grey, NC = natural, OR = orange, RD = red, WT = white, YL = yellow
⑥ Following ISO 62

Properties marked with * are elements of the database CAMPUS
(Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards) and are based on the obliging introduced guide lines of the norm comitee of plastic.
(CAMPUS: is a registrated trademark of the CWFG)

Preparation of test specimens of thermosetting moulding compounds:

Compression to ISO 295 , Injection to ISO 10724

In the process of international testing system harmonization, the national standards previously used are being increasingly replaced by ISO (DIN EN ISO) standards. All information, recommendations and suggestions offered by Hexion Specialty Chemicals GmbH, whether orally, in written form or in a database, are provided to the best of our knowledge and belief. However, they may not be construed as legally binding statements and do not represent either express or implicit assurances, or a guarantee of specific properties. The data parameters stated for products are specific values that may also be found in our technical information leaflets, and like these do not represent the basis of either a guarantee or specification. The same applies analogously to the data parameters stated for examples of cured binder systems; these represent analytical results and are only intended to simplify advance selection of the individual components of a binder. This information, these recommendations and suggestions describe our products and possible applications in general or exemplary terms, but do not refer to specific cases. Changes in the data parameters, texts and illustrations can result from the constant process of technical development and improvement of our products; possible changes are not specially mentioned in the text. Our support does not free the customer from the obligation to conduct its own review of our current informational literature, in particular our product data sheets, safety data sheets and our technical information leaflets. The customer must carry out tests of our products on its own responsibility to determine their suitability for the intended process and uses, as well as to establish whether their processing characteristics are appropriate in a specific case, since the technical uses of our products are numerous and can vary widely in a specific instance. Therefore, such factors do not fall within our control, and are the exclusive responsibility of the customer. If a specific assurance of data parameters should be required, an appropriate agreement must be reached to this effect. Any applicable patents, existing laws and regulations must be observed by the customer or user of our products on its own responsibility. This publication does not represent a license, nor does it intend to infringe or encourage infringement of any type of patent. Note: this edition voids and replaces all previous publications on the pertinent subject.

Gennaer Straße 2-4
58642 Iserlohn-Letmathe
Postfach 7154
58609 Iserlohn-Letmathe
Germany
Telefon +49 (0) 2374 925 0
Telefax +49 (0) 2374 925 506
www.hexion.com

HEXION™

Technical Information
Phenolic and Forest Product Resin Division
Moulding Compounds

Bakelite® PF 2400

Reviewed on: 16.09.2008

Property:	*Standard*	*typical Value*	*Unit*
Density * (23 °C)	ISO 1183	1,47	g/cm³
Apparent density (moulding compound)	ISO 60	0,65	g/cm³
Injection - Moulding shrinkage	ISO 2577	0,75	%
Injection - Post shrinkage	ISO 2577	0,45	%
Compression - Moulding shrinkage	ISO 2577	0,45	%
Compression - Post shrinkage	ISO 2577	0,45	%
Tensile strength * (5mm/min)	ISO 527 - 1/2	55	MPa
Tensile modulus * (1mm/min) ①	ISO 527 - 1/2	7.500	MPa
Compressive strength (test specimen flat tested)	ISO 604	250	MPa
Flexural strength (2mm/min)	ISO 178	95	MPa
Flexural modulus	ISO 178	7.500	MPa
Charpy impact strength * (23 °C)	ISO 179-1 eU	7,0	kJ/m²
Charpy notched impact strength * (23 °C)	ISO 179-1 eA	1,5	kJ/m²
Ball indentation hardness (H961/30)	ISO 2039/P1	340	MPa
Temp. of deflection under load.. HDT C-8,0MPa	ISO 75-2	125	°C
Surface resistivity * ②		1E+10	Ohm
Volume resistivity * ②		1E+11	Ohm * cm
Dissipation factor * (100 Hz) ③		0,25	
Relative permittivity * (100 Hz) ③		10,0	
Electric strength * (1mm thickness) ④	IEC 60243-P1	25,5	kV/mm
Proof tracking index * (Test liquid A)	IEC 60112	125	PTI
Flammability UL 94 ⑤	UL 94	V-0 / 1,5mm (ALL)	Step/mm
Water absorption (24h / 23°C) ⑥		50	mg
Additional characteristics		A, M, UL	

Storage capability:

2 years
(relative humidity of 50 - 60 % and maximum storage temperature of approximate 20°C)

Product description:

Phenolic moulding compound, inorganically/organically filled, average heat resistance, increased dimensional stability, dish washer proof, UL listed moulding compound 1.5 mm / V-0 (ALL).

Application areas:

MCB-housings, cookware fittings, meter covers and bases, knobs/handles.

This data sheet is valid until 16.09.2009. Should this material be purchased after the validity date stated, please request an up-to-date data sheet.

In the process of international testing system harmonization, the national standards previously used are being increasingly replaced by ISO (DIN EN ISO) standards. All information, recommendations and suggestions offered by Hexion Specialty Chemicals GmbH, whether orally, in written form or in a database, are provided to the best of our knowledge and belief. However, they may not be construed as legally binding statements and do not represent either express or implicit assurances, or a guarantee of specific properties. The data parameters stated for products are specific values that may also be found in our technical information leaflets, and like these do not represent the basis of either a guarantee or specification. The same applies analogously to the data parameters stated for examples of cured binder systems; these represent analytical results and are only intended to simplify advance selection of the individual components of a binder. This information, these recommendations and suggestions describe our products and possible applications in general or exemplary terms, but do not refer to specific cases. Changes in the data parameters, texts and illustrations can result from the constant process of technical development and improvement of our products; possible changes are not specially mentioned in the text. Our support does not free the customer from the obligation to conduct its own review of our current informational literature, in particular our product data sheets, safety data sheets and our technical information leaflets. The customer must carry out tests of our products on its own responsibility to determine their suitability for the intended process and uses, as well as to establish whether their processing characteristics are appropriate in a specific case, since the technical uses of our products are numerous and can vary widely in a specific instance. Therefore, such factors do not fall within our control, and are the exclusive responsibility of the customer. If a specific assurance of data parameters should be required, an appropriate agreement must be reached to this effect. Any applicable patents, existing laws and regulations must be observed by the customer or user of our products on its own responsibility. This publication does not represent a license, nor does it intend to infringe or encourage infringement of any type of patent. Note: this edition voids and replaces all previous publications on the pertinent subject.

Gennaer Straße 2-4
58642 Iserlohn-Letmathe
Postfach 7154
58609 Iserlohn-Letmathe
Germany
Telefon +49 (0) 2374 925 0
Telefax +49 (0) 2374 925 506
www.hexion.com