



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Polytechnique
Département de Génie Mécanique
Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménagers



Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie mécanique.

Thème

*Etude et Conception d'un moule d'injection plastique
à partir d'une pièce modèle*

Réalisé par :
CHERIEF EL-Hadi

Sous la direction de :
A. SEDJAL MA-A, ENP
A.HAMADANI Ing, ENIEM.

Présenté et soutenu publiquement le 06/07/2019

Composition du Jury :

Président :	B.GUERGUEB	MA-A, ENP.
Examineur :	O.HAMRI	MC-A.ENP.
Promoteur :	H.SEDJAL	MA-A, ENP.
Co-Promoteur:	A.HAMADANI	Ing, ENIEM.

ENP 2019



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Polytechnique
Département de Génie Mécanique
Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménagers



Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie mécanique.

Thème

*Etude et Conception d'un moule d'injection plastique
à partir d'une pièce modèle*

Réalisé par :
CHERIEF EL-Hadi

Sous la direction de :
A. SEDJAL MA-A, ENP
A.HAMADANI Ing, ENIEM.

Présenté et soutenu publiquement le 06/07/2019

Composition du Jury :

Président :	B.GUERGUEB	MA-A, ENP.
Examineur :	O.HAMRI	MC-A.ENP.
Promoteur :	H.SEDJAL	MA-A, ENP.
Co-Promoteur:	A.HAMADANI	Ing, ENIEM.

ENP 2019

ملخص :

من بين عمليات تصنيع الأجزاء البلاستيكية قولبة الحقن، تشكل خطوة مهمة للغاية. في هذه الدراسة، كان الهدف الرئيسي هو تصميم قالب حقن البلاستيك للوحة التحكم التي تعد واحدة منقطع التي تشكل المجمد الأفقي. للقيام بذلك، قمنا أولاً بوضع نماذج هندسية للقطعة. بمجرد الانتهاء من تصميم القطعة، انتقلنا إلى تصميم القالب. في النهاية، قمنا بإجراء العديد من عمليات المحاكاة والتحليلات حول تصميم القطعة والقالب والتحقق من صحتها. **الكلمات الدالة:** حقن البلاستيك , قالب , تصميم.

ABSTRACT :

Among the processes for manufacturing plastic parts is injection molding, is a very important step.

In this study, the main goal is to design a plastic injection mold for the control panel which is one of the parts constituting the horizontal freezer.

To do this we first made a geometric modeling for the part from SOLIDWORKS. Once the design finished, we switched to mold design.

At the end, we made several simulations and analyzes on the design of the part and mold to verify and validate my design.

Key Words: plastic injection, mold, design.

Résumé

Parmi les procédés de fabrication des pièces en matière plastique, on a le moulage par injection, le moulage est une étape très importante.

Dans cette étude, Le but principal est de faire la conception d'un moule à injection plastique pour le tableau de commande qui est une des pièces constituant le Bahut grand modèle (congélateur horizontale). Pour ce faire nous avons réalisé d'abord un modèle géométrique pour la pièce à partir de SOLIDWORKS. Une fois que la conception de la pièce terminée, nous sommes passés à la conception du moule.

A la fin, nous avons fait plusieurs simulations et analyses sur la conception de la pièce et du moule afin de vérifier et valider ma conception.

Mots clés : injection plastique, moule, conception.

Dédicaces

*J'aimerais dédie ce travail à mes chères parents en signe de reconnaissance et de gratitude envers tous les efforts qu'ils ont fournis pour ma voir réussir.
Puisse Dieu les garder.*

Je dédie aussi ce travail à ma sœur, mes frères et à toute ma famille qui m'ont toujours encouragé etsoutenu.

Finalement, je dédie ce travail à tous mes amis et à tous ceux qui ont pu m'aider un jour.

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je remercie « **ALLAH** » pour ce qu'il m'a donné, et pour tous les choix qu'il m'a permis de prendre tout au long de ma vie et qui ont fait de moi ce que je suis.

Je remercie, ceux qui ont toujours été là pour m'aimer et me soutenir quel que soit le chemin que j'ai pu choisir.

L'occasion m'est donnée également de remercier mon encadreur Mr **H.SEDJAL** pour ces conseils considérables, ses orientations et sa disponibilité.

J'exprime par la même occasion et avec une grande admiration ma gratitude aux responsables de l'entreprise **ENIEM** pour m'avoir dirigé et orienté pendant toute la durée de mon stage.

J'aimerais remercier aussi Mr **B.GUERGUEB**, président de jury et Mr **O.HAMRI**, examinateur pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.

Une pensée toute particulière pour mes parents et ma famille qui m'ont encouragé et soutenu moralement tout au long de ce travail.

Enfin, je ne terminerai pas sans remercier tous les enseignants du Département Mécanique pour la qualité de formation qu'ils nous en ont procuré.

Tables des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Liste des symboles et abréviations

Introduction générale	14
A propos de ce projet	15
Présentation de l'entreprise	16
Présentation du sujet	18
ChapitreI: Injection plastique	19
Introduction	20
Histoire de l'injection thermoplastique	21
1. Définition du procédé	22
2. Le fonctionnement du moulage par injection	22
3. Etude de la Presse à injection	22
4. les différentes parties ou unités d'une presse	23
4.1 Le groupe de plastification (unité d'injection)	24
4.2 Le moule	25
4.3 Unité de fermeture	26
5. Phases de moulage par injection	26
5.1 La phase de Plastification	26
5.2 La phase de remplissage	27
5.3 La phase de compactage	27
5.4 La phase de refroidissement	28
5.5 La phase d'éjection	28
6. Defaults reliés à l'injection	28
6.1. Defaults liés à la phase dynamique d'injection (remplissage-maintien)	28
6.2. Defaults liés à la phase quasi-statique d'injection (refroidissement)	31
6.3.Defaults liés à la phase de démoulage-éjection	33
Conclusion	34

Chapitre II : technologie de moule	35
Introduction.....	36
1. Éléments de moule	36
2. Nombre d'empreintes	38
3. Classification des moules	39
4. Les fonctions d'un moule.....	42
4.1. La fonction alimentation.....	42
4.2.La fonction mise en forme	44
4.3.La fonction éjection.....	46
4.4. La fonction régulation.....	46
5. Matériaux des moules.....	47
Conclusion	47
Chapitre III : Conception de la pièce	48
Introduction.....	49
1. Présentation de la pièce.....	49
2. Logiciel de conception.....	49
3. Matériau utilisé.....	50
4. Model CAO de pièce.....	50
5. Vérification de conception.....	51
5.1 Analyse des épaisseurs.....	51
5.2 Analyse de dépouille.....	51
5.3 Analyse des contre dépouille.....	52
5.4 Problèmes de démoulage.....	53
Conclusion.....	53
Chapitre IV : Conception de moule	54
Introduction.....	55
1. Création du plan de joint.....	56
2. Création des blocs empreinte fixe- empreinte mobile.....	57
3. Conception de la carcasse.....	58
4. Conception de l'alimentation.....	59
5. Conception de la régulation.....	59
6. Conception du système d'éjection.....	60
7. Vérification de la conception.....	62

7.1 Analyse statique.....	62
7.2 Simulation rhéologique.....	64
7.2.1 Temps de remplissage et Zone de remplissage.....	64
7.2.2 Emprisonnement d'air.....	65
7.2.3 Ligne de soudure.....	65
7.2.4 Temps de refroidissent.....	66
Conclusion.....	66
Chapitre V: Calcul et vérification.....	67
Introduction	68
1. Le choix de la machine.....	68
1.1 La capacité d'injection.....	68
1.2 Le masse de la moulée.....	69
1.3 La force de fermeture de la machine.....	69
1.4 La puissance de plastification (C).....	70
1.5 La distance entre colonnes.....	71
1.6 Epaisseur minimale du moule.....	71
2. Temps de cycle.....	73
3. Vérification a la Résistance des matériaux.....	74
Conclusion.....	78
Conclusion générale.....	79
Références bibliographiques	80
Annexes.....	82

Liste des figures

Figure I.1.	Exemples de pièces obtenus par injection plastique.....	20
Figure I.2.	Presse d'injection.....	22
Figure I.3.	Dispositif d'une presse d'injection.....	23
Figure I.4.	Schéma d'un groupe de plastification.....	24
Figure I.5.	Schéma d'une mono vis avec trois zones.....	25
Figure I.6.	Phase de plastification.....	26
Figure I.7.	Phase de remplissage.....	27
Figure I.8.	Phase de compactage.....	27
Figure I.9.	Phase de refroidissement et d'éjection de la pièce.....	28
Figure I.10.	Pièce présentant des bavures.....	29
Figure I.11.	Pièce incomplète.....	29
Figure I.12.	Pièce présentant des sillons.....	30
Figure I.13.	Pièce présentant l'effet Diesel.....	30
Figure I.14.	Pièce représentant une inclusion d'air.....	31
Figure I.15.	Pièce présentant des retassures.....	31
Figure I.16.	Pièce présentant des écailles.....	32
Figure I.17.	Pièce présentant des marques de fissuration.....	32
Figure I.18.	Déformation de retrait.....	33
Figure I.19.	Déformation de la pièce.....	33
Figure I.20.	Une pièce présentant des marques d'éjecteur.....	34
Figure II.1.	Un moule standard.....	36
Figure II.2.	Nombre d'empreintes en fonction de critères techniques et économiques.....	38
Figure II.3.	Un moule a deux plaques.....	39
Figure II.4.	Moule à 3 plaques.....	40
Figure II.5.	Moule à tiroirs.....	40
Figure II.6.	Moule à coquilles.....	41
Figure II.7.	Moule à canaux chauffant.....	41

Figure II.8.	Moule à noyaux rotatifs.....	42
Figure II.9.	System d'alimentation.....	43
Figure II.10.	Carotte.....	43
Figure II.11.	Canaux d'alimentation.....	43
Figure II.12.	Seuils d'injection.....	44
Figure II.13.	Une pièce sans dépouille.....	44
Figure II.14.	Pièce avec dépouille.....	45
Figure II.15.	Forme ayant des contre dépouille.....	45
Figure II.16.	Les problèmes d'éventation.....	46
Figure II.17.	Les fonctions d'un moule.....	46
Figure III.1.	Présentation de la pièce.....	49
Figure III.2.	Le modèle géométrique de la pièce.....	50
Figure III.3.	Cartographie des épaisseurs de la pièce.....	51
Figure III.4.	Résultat d'analyse de dépouille.....	52
Figure III.5.	Contre dépouille.....	52
Figure III.6.	Représentation des zones de blocage du crochet.....	53
Figure IV.1.	Plans de joint.....	53
Figure IV.2.	Représentation des deux empreintes.....	57
Figure IV.3.	Carcasse du moule.....	58
Figure IV.4.	Circuit d'alimentation.....	59
Figure IV.5.	Conception de la régulation.....	59
Figure IV.6.	Système d'éjection.....	60
Figure IV.7.	Ejecteur prismatique.....	61
Figure IV.8.	Résultat d'analyse statique de l'empreinte mobile.....	62
Figure IV.9.	Résultat d'analyse statique de l'empreinte fixe.....	63
Figure IV.10.	Résultat temps de remplissage et les zone de remplissage.....	64
Figure IV.11.	Résultat emprisonnement d'air.....	65
Figure IV.12.	Résultat lignes de soudure.....	65
Figure IV.13.	Résultat Temps de Refroidissement.....	66
Figure V.1.	Schémas d'un plateau d'une presse 350T.....	71
Figure V.2.	Position des colonnes de guidage.....	75

Figure V.3.	Position des vis.....	76
Figure V.4.	Schéma de dimensionnement d'un Ressort.....	77
Figure V.5.	Classification des ressorts par couleur.....	77

Liste des tableaux

Tableau II.1.	Matériaux des moules.....	47
Tableau III.1.	Dimensions et cotes de la pièce.....	49
Tableau III.2.	Les caractéristiques de l'ABS.....	50
Tableau III.3.	Résultat d'analyse statique.....	63
Tableau V.1.	Capacité d'injection.....	68
Tableau V.2.	La pression d'injection (Tonnes/cm ²).....	70
Tableau V.3.	Caractéristiques techniques de la presse 350T.....	72
Tableau V.4.	Résistance au matage pour les différents éléments de moule.....	75

Liste des symboles et abréviations

ENIEM : Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménagers.

CAO : Conception assistée par ordinateur.

SONELEC : Société nationale de fabrication et de montage et de commercialisation des produits électroménagers.

PE:Polyéthylène.

PS : Polystyrène.

ABS : Acrylonitrile ButadièneStyrène.

PP : Polypropylène.

e: Epaisseur.

L : Longueur.

P : Pression moyenne d'injection.

S : Surface.

F:La force de fermeture.

F_v:La force de verrouillage.

F : Effort normal (poids).

σ: Contrainte.

[τ]_{eis}: Limite de cisaillement admissible.

K : Coefficient de sécurité.

R_e: Limite élastique du matériau.

t_R: Temps de refroidissement.

t_i: Temps d'injection.

t_m: Temps de maintien.

t_e: Temps d'éjection.

t_o: Temps d'ouverture.

t_r: Temps de fermeture.

t_c : Temps de cycle.

D : Diffusivité thermique du plastique.

T_i : Température de la matière à l'injection.

T_m: Température du moule.

Liste des symboles et abréviations

Te : Température d'éjection.

M : Masse de la grappe moulée.

d : Diamètre.

n:Le nombre de sections cisailées.

H : Hauteur.

l : Largeur.

Introduction générale :

Aujourd'hui les matériaux plastiques ont envahi notre univers quotidien. Ce qui est principalement à leurs fiabilités, faible cout, reproductivité mécanique, la facilité de mise en œuvre et suppression des problèmes de corrosion lies aux aciers.

Pour la fabrication des différentes pièces en plastique on a recourt au procédé de l'injection plastique, qui nous permis de produire à grande cadence, avec une grande régularité, et de façon automatique, des pièces en plastiques de formes complexes.

La société ENIEM (Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménager) leader de l'industrie électroménagère en Algérie, a procédé depuis des années à augmenter le taux d'intégration pour ses différents produits. Pour cela, l'unité de l'injection plastique a eu une grande charge pour atteindre les objectifs d'intégration. Dans ce cadre, le bureau d'étude a proposé de concevoir un moule d'injection plastique pour une pièce tableau de commande qui caractérise le congélateur grand modèle.

Dans le cas de mon étude, ma tâche consiste à élaborer une conception d'un moule à partir d'une pièce qui existedéjà en utilisant un logiciel CAO (Conception Assistée par Ordinateur).

A propos de ce projet

L'objectif que nous nous sommes fixé à travers notre étude est de proposer une démarche pour la conception d'un moule à injection plastique.

Plan du projet :

Pour atteindre objectif affiché, ce projet est divisé en cinq chapitres.

Chapitre I : injection plastique

Dans ce premier chapitre notre attention se porte sur l'injection plastique, nous avons abordé divers notions essentielles à la compréhension du procédé d'injection plastique.

Chapitre II: technologie de moule

Ce deuxième chapitre est réservé à l'étude des moules en présentant les définitions nécessaires des moules, leurs caractéristiques, leurs composants et les différentes familles des moules.

Chapitre III : conception de la pièce

Ce chapitre est consacré à la conception de la pièce qui se fait avec l'assistance d'un logiciel CAO, et à la fin j'ai fait des analyses pour valider ma conception.

Chapitre IV: conception de moule

Ce chapitre est consacré à la conception du moule et les simulations rhéologiques des systèmes d'alimentation et de régulation du moule ainsi l'analyse structurelle des éléments de moule.

Chapitre V : calcul et vérification

Nous avons fait des calculs et des vérifications afin de valider la conception du moule et pour que notre pièce puisse être réalisée et retirée dans des meilleures conditions

Présentation de l'entreprise

L'entreprise nationale de l'industrie électroménagère (**E.N.I.E.M**) est une Entreprise Publique Économique de droit Algérien constituée le 02 janvier 1983, mais qui existe depuis 1974 sous tutelle de l'Entreprise SONELEC (Société nationale de fabrication et de montage électroménager). Elle se trouve à une dizaine de kilomètre à l'Est de Tizi-Ouzou et précisément à la zone industrielle « AISSAT IDIR » d'OUED AISSI.

L'ENIEM : Est une entreprise par action(SPA) au capital de 10 279 800 000,00DA et de 1728 effectifs.

Le champ d'activité de l'entreprise ENIEM consiste en la conception, la fabrication et la commercialisation des produits électroménagers, ainsi que la prise en charge de la fonction service après-vente.

Elle possède des capacités de production et une expérience de plus 30 ans dans la fabrication et le développement dans les différentes branches de l'électroménager.

Actuellement, l'entreprise ENIEM est constituée de :

- La direction générale (DG).
- L'unité froid (UF).
- L'unité cuisson (UCuis).
- L'unité climatisation (UCL).
- L'unité prestation technique (UPT).
- L'unité commerciale (UC).
- L'unité sanitaire (US).
- La filiale FILAMP.

Principales missions de l'entreprise :

❖ Direction générale:

La direction générale est responsable de la stratégie et du développement de l'entreprise. Elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités.

❖ Unité froid :

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits froids domestiques.

❖ Unité cuisson:

La mission principale de l'unité est de produire et développer relevant du domaine de cuisson (cuisinière).

❖ Unité climatiseur:

La mission globale de l'unité est de développer les produits de climatisation

❖ Unité de prestation technique :

Elle réalise des travaux ou prestation technique et service pour le compte des autres unités ou pour des clients externes.

❖ Unité commercial :

Elle est chargée de la commercialisation des produits fabriqués par les unités de production.

❖ Unité sanitaire :

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits sanitaires (baignoires, lavabos ...).

❖ Filiale Filamp :

L'Unité Lampes de Mohammadia (ULM) qui a démarré en février 1979 pour fabriquer des lampes d'éclairage domestique ainsi que des lampes de réfrigérateurs est devenue filiale à 100% ENIEM le 01/01/1997. Cette filiale est dénommée «FILAMP».

But de l'entreprise :

Le but de l'entreprise ENIEM comme celui de toute entreprise est de réaliser des bénéfices et de dégager à chaque exercice comptable un résultat positif afin d'assurer sa pérennité dans un environnement instable et plein de risques.

Présentation du sujet

Cahier de charge :

L'entreprise ENIEM subit une concurrence importante sur le marché de l'électroménager. Pour garder sa place sur le marché, elle se voit dans l'obligation de fabriquer certains produits au sein de ses ateliers afin d'éviter leur importation pour améliorer son produit.

Parmi ces pièces prises, le tableau de commande qui est une des pièces constituant le Bahut grand modale (congélateur horizontale).



Travail demandé :

Le travail consiste en l'étude et la conception d'un moule à injection plastique d'un tableau de commande à 2 empreintes.

Notre travail se répartit en deux étapes :

- Conception du moule sur logiciel SOLIDWORKS.
- Calcul et vérification dimensionnel.

Chapitre I

Injection plastique

Chapitre I

Injection plastique

Introduction :

Parmi les procédés de fabrication des pièces mécaniques, on a l'injection thermoplastique. L'injection plastique, aussi appelé le moulage par injection, est un procédé de mise en œuvre des thermoplastiques. Il est généralement utilisé pour la production de très grandes séries pour l'automobile ou l'électroménager par exemple ou pour des séries plus réduites en aéronautique. Le procédé d'injection permet d'obtenir une productivité élevée avec une très bonne reproductibilité des pièces. L'avantage principal de ce procédé réside dans la possibilité d'obtenir des géométries de pièces très complexes tout en ayant des temps cycles très rapides, permettant une production à très haute cadence.

De ce fait, le principe du procédé de moulage par injection consiste à injecter et transformé une matière de polymères thermoplastiques, préalablement chauffée est injectée dans un moule. Le polymère se solidifiant dans le moule créera un solide épousant la forme et les dimensions de l'empreinte du moule.



Figure I.1. Exemples de pièces obtenus par injection plastique

Histoire de l'injection thermoplastique :

L'américain **John Wesley Hyatt a breveté la première machine de moulage par injection en 1872**. Cette machine était relativement simple par rapport aux machines en usage aujourd'hui: elle fonctionnait comme une grande aiguille hypodermique, en utilisant un plongeur pour injecter du plastique à travers un cylindre chauffé dans un moule. A l'époque on produisait surtout des colliers, boutons et peignes.

En 1919, Arthur Eichengrün a développé la première presse de moulage par injection, qu'on peut considérer comme la première machine à injection moderne. Dans les années 1930 voit l'apparition des premières presses à injecter en France. C'est le début des articles ménagers et jouets en plastiques sur le marché de consommation.

L'industrie s'est développée rapidement dans les années 1940, suite à une demande énorme pour des produits peu coûteux, produits en série. En 1946, l'inventeur américain James Watson Hendry construit la première machine avec vis à injection. Aujourd'hui les machines avec vis d'injection représentent la grande majorité de toutes les machines d'injection [1].

1. Définition du procédé :

Le moulage par injection est un procédé de fabrication qui consiste à ramollir la matière plastique en la chauffant puis à l'injecter dans un moule. Une fois dans le moule, la matière refroidit et se solidifie, puis un mécanisme éjecte la pièce hors du moule.

2. Le fonctionnement du moulage par injection :

Le moulage par injection utilise des matières thermoplastiques. Ces dernières se présentent sous forme de granulés avant la phase de transformation. Elles sont ramollies sous l'effet de la chaleur. Une fois sous forme liquide, la matière est injectée dans un moule et prend l'empreinte de celui-ci. Ensuite, elle va refroidir et se solidifier. Lorsqu'elle a retrouvé sa dureté, on peut extraire la pièce qui devient utilisable

3. Etude de la Presse à injection :

La presse d'injection est une machine qui permet d'obtenir des pièces en plastique injecté sous pression dans un moule (monté sur la presse). L'injection du plastique se fait généralement à haute pression et à température supérieure à la température de transition vitreuse. A cet état la matière n'est plus solide mais n'est pas aussi liquide. Elle est à l'état visqueux entre les deux états liquide et solide. La matière peut être injectée dans le moule et la matière plastique prend la forme de l'empreinte du moule. Après refroidissement, la pièce est éjectée du moule. Le refroidissement se fait par circulation d'eau froide dans le circuit de refroidissement du moule [2].

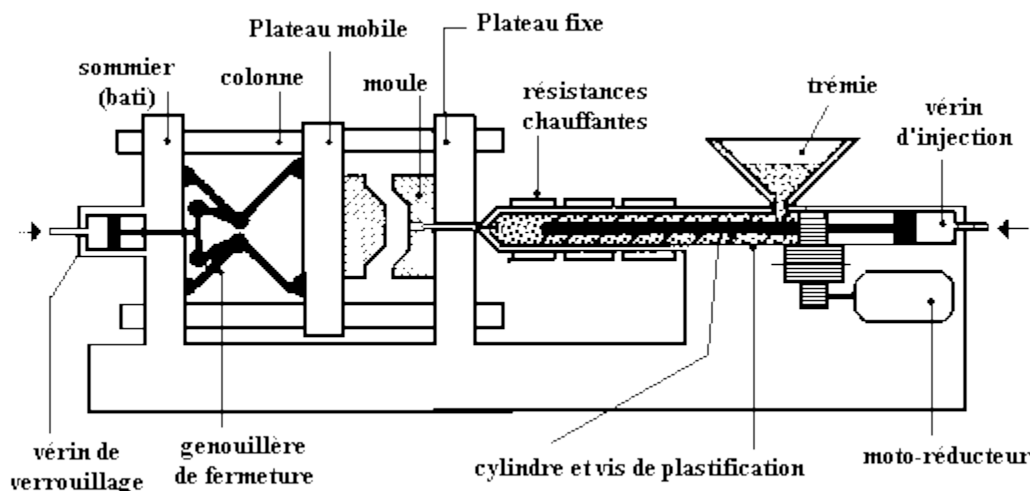


Figure I.2. Presse d'injection [2].

Une presse d'injection des thermoplastiques est composée par les ensembles suivants :

- Ensemble d'injection et de plastification (trémie, fourreau, vis).
- Ensemble de fermeture (moule, vérin de fermeture).
- Ensemble hydraulique (système hydraulique).
- La partie commande.

Elle est caractérisée aussi par :

- la force de fermeture qui est comprise entre 50 tonnes et 3000 tonnes.
- la pression sur la matière injectée qui peut atteindre 2000 bars.
- la capacité d'injection (en cm^3 ou en kg).

4. les différentes parties ou unités d'une presse :

Une presse est composée principalement de trois parties :

- unité d'injection (groupe de plastification).
- le moule.
- Le dispositif du mouvement du moule (unité de fermeture).

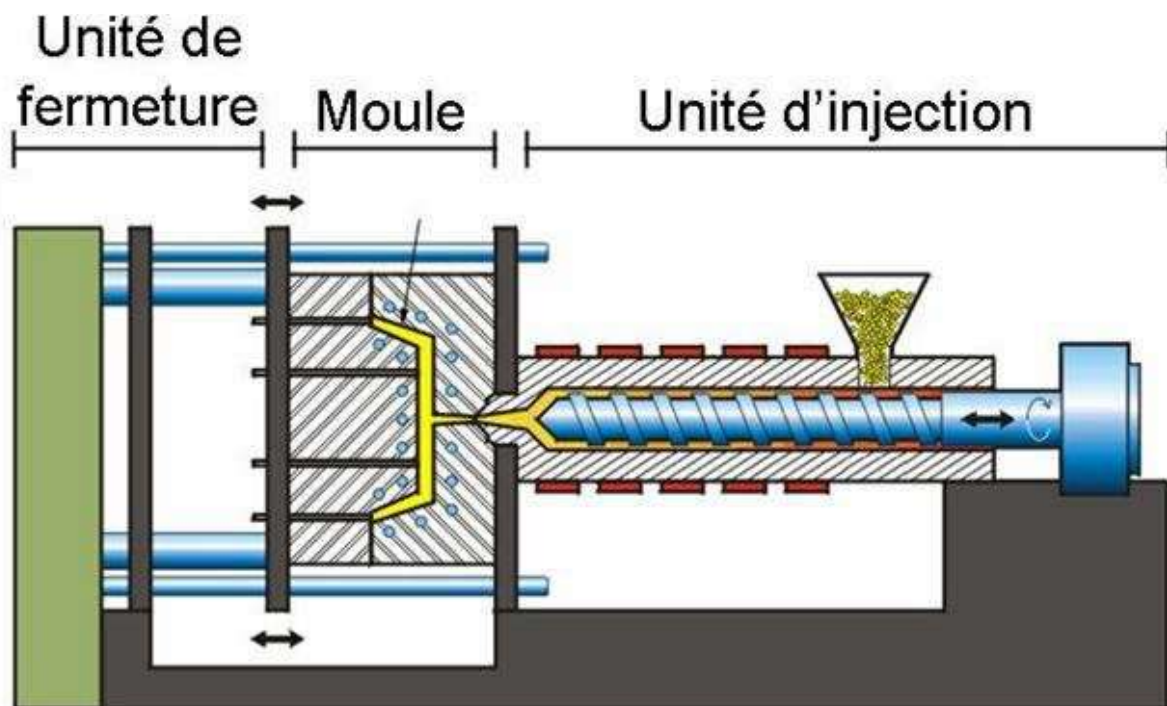


Figure I.3. Dispositif d'une presse d'injection.

4.1 Le groupe de plastification (unité d'injection) :

Le groupe de plastification assure le passage de la matière de l'état solide à l'état liquide. Les principaux éléments constitutifs de ce groupe sont :

- **La trémie d'alimentation** : située à l'arrière du groupe, elle approvisionne l'unité de plastification en matière première (sous forme de poudre ou de granulés).
- **L'ensemble vis-fourreau** : la vis est située dans un fourreau cylindrique, mis en température à l'aide de résistances électriques ou colliers chauffants.
- **Le moteur** : Il assure la mise en rotation de la vis.
- **Le système de vérin hydraulique** : il permet le déplacement transversal de la vis. La force nécessaire à l'injection du polymère dans le moule est développée en imposant une pression hydraulique sur le cylindre d'injection.
- **Le clapet "anti-retour"**: il est fixé à l'avant de la vis, et permet d'éviter le reflux de matière pendant la phase d'injection proprement dite.
- **La buse d'injection** : elle effectue la liaison entre le pot d'injection et le moule [4].

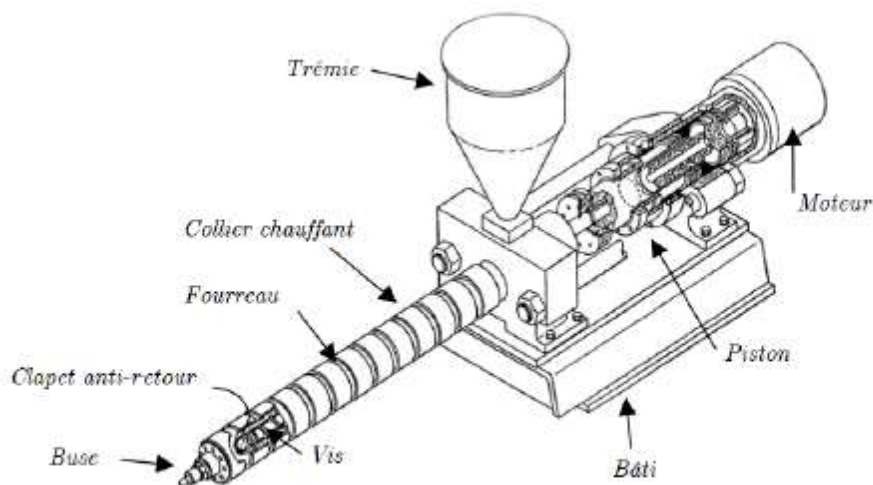


Figure I.4. Schéma d'un groupe de plastification [2].

○ Les vis d'injection:

C'est l'élément le plus important de la presse à injecter. Le but étant de plastifier une matière sans lui faire perdre de ses caractéristiques au moment du passage en fusion. Elle assure deux fonctions essentielles :

- Transport et plastification de la matière.
- Injection sous pression de la masse fondue dans le moule[4].

Elle est composée de 3 zones :

a. Une zone d'alimentation :

Alimenter et transporter les granulés à l'intérieur du cylindre.

Dans cette zone, la profondeur des filets de la vis est importante, et reste constante.

b. Une zone de compression :

Les granulés vont y être progressivement fondus par action conjuguée des colliers chauffants.

On diminue progressivement la profondeur des filets. On comprime la matière.

Les deux premières zones d'une vis permettent de plastifier la matière[4].

c. Une zone de pompage :

Dans cette zone, la profondeur redevient constante, ce qui permet d'homogénéiser la masse de matière fondue et de bien mélanger les additifs.

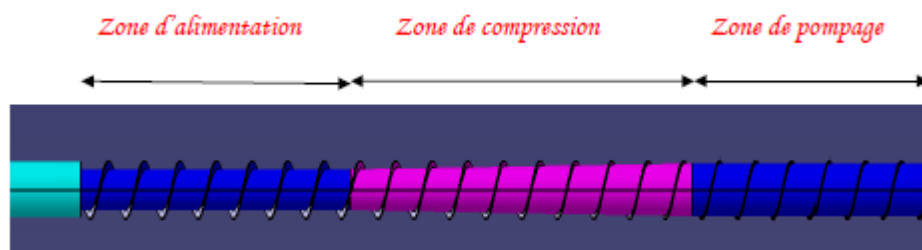


Figure I.5. Schéma d'une mono vis avec trois zones [4].

4.2 Le moule :

Un moule est un outil de transformation comportant une cavité destinée à recevoir un matériau liquide dont les deux grandes fonctions sont :

- donner la forme à l'objet;
- refroidir le plus uniformément possible la pièce.

4.3 Unité de fermeture :

Le rôle du groupe de fermeture est de permettre de monter le moule sur la presse et de rendre possible son ouverture et sa fermeture. Ce groupe comprend deux plateaux : l'un est mobile, l'autre est fixe. La partie mobile, peut se déplacer à des vitesses et courses très différentes. Le groupe sert aussi à appliquer la force de fermeture et à centrer les deux parties du moule lors de la fermeture. La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir les deux parties du moule fermées pendant son remplissage sous haute pression. Cette force, par conséquent, doit être plus grande ou au moins égale à celle qui résulte de l'application à l'intérieur du moule d'une pression de remplissage.

5. Phases de moulage par injection :

Lors d'une opération de moulage par injection, la fabrication de chaque pièce passe par quatre phases principales:

5.1 La phase de Plastification:

La phase de plastification a pour objectif de faire passer le polymère de l'état initial (Sous forme de granulé) à l'état fondu. On peut dire que cette transformation commence au début par l'ensemble vis fourreau dont la fonction est de broyer et de chauffer le granulé pour l'amener peu à peu à l'état fondu [12].

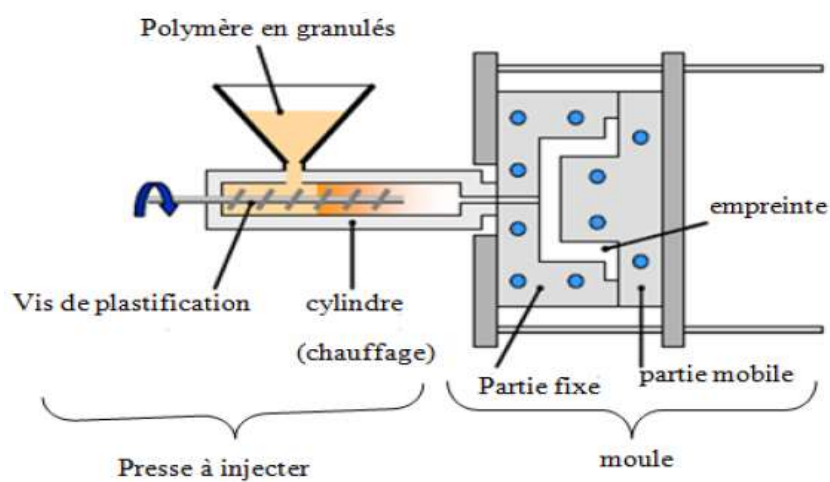


Figure I.6. Phase de plastification.

5.2 La phase de remplissage :

Lorsque la quantité voulue de la matière nécessaire à l'injection d'une moulée est plastifiée, la buse s'ouvre et la vis fait office de piston pour injecter sous haute pression et à grande vitesse le polymère dans le moule [12].

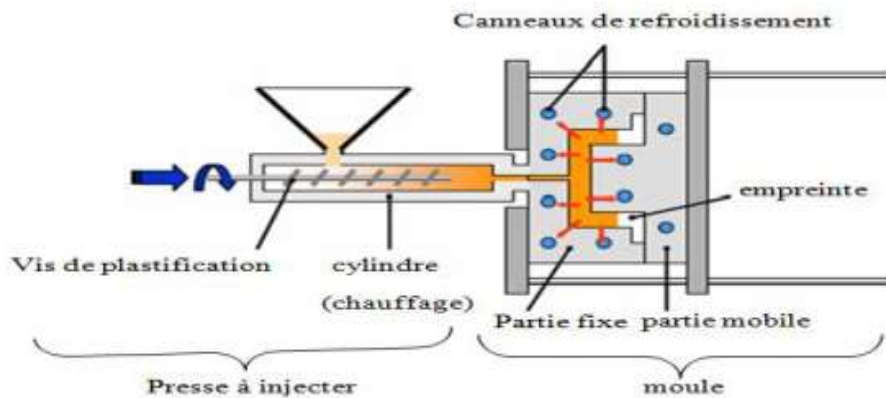


Figure I.7. Phase de remplissage.

5.3 La phase de compactage :

L'empreinte étant remplie, la matière est alors compactée à pression constante, ce qui a pour effet de compenser le retrait volumique qui commence à se manifester dans le moule[12].

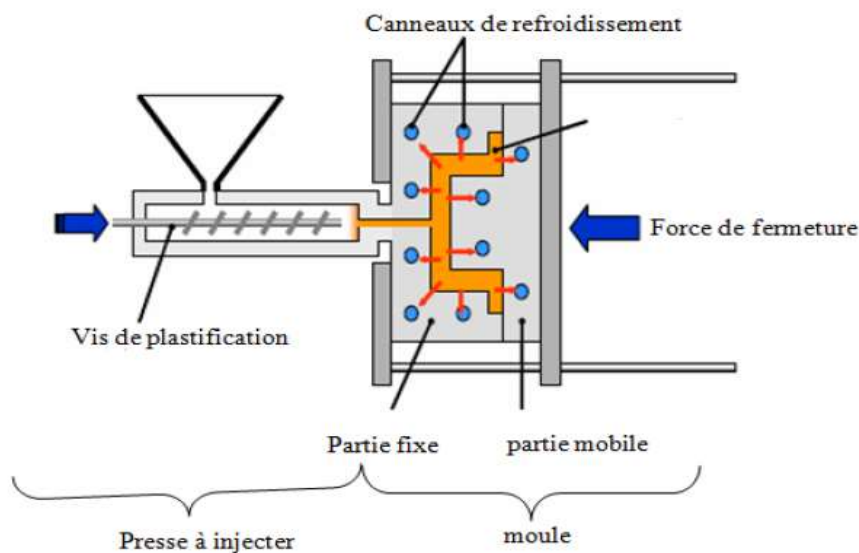


Figure I.8. Phase de compactage.

5.4 La phase de refroidissement :

Cette phase commence généralement une fois que le seuil d'injection de l'empreinte est solidifié et qu'il est alors inutile de continuer à appliquer une pression. Le polymère refroidit librement dans la cavité moulante jusqu'à une température permettant l'éjection. Pendant cette période, la quantité de matière nécessaire pour la pièce suivante est dosée en avant de la vis [12].

5.5 La phase d'éjection :

Le moule s'ouvre, et la pièce formée est éjectée du moule.

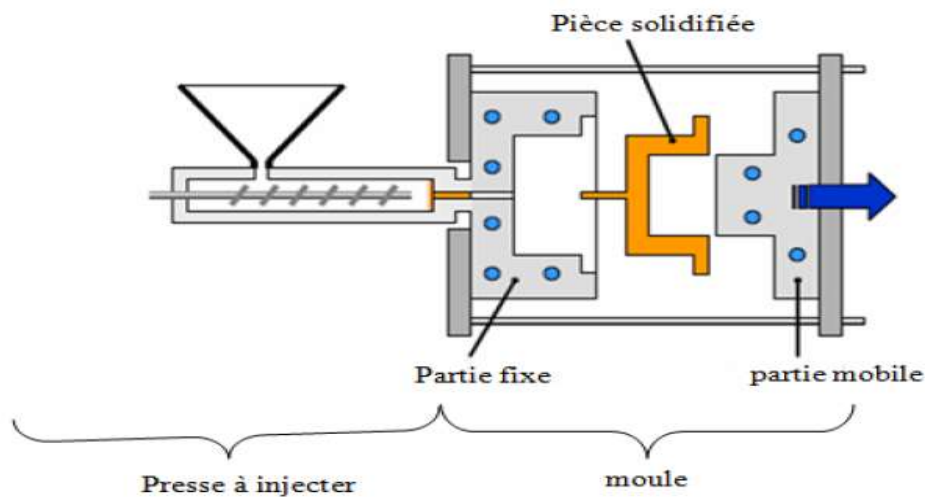


Figure I.9. Phase de refroidissement et d'éjection de la pièce.

6. Defaults reliés à l'injection:

6.1. Défauts liés à la phase dynamique d'injection (remplissage-maintien) :

○ Les bavures :

Correspondent à une fuite du polymère par le plan de joint du moule lors de l'injection.

La formation des bavures peut être liée à :

- une viscosité trop faible du polymère.
- une pression d'injection trop élevée.
- une force de fermeture ou une rigidité de l'outillage insuffisante ou un encrassement du plan de joint [11].

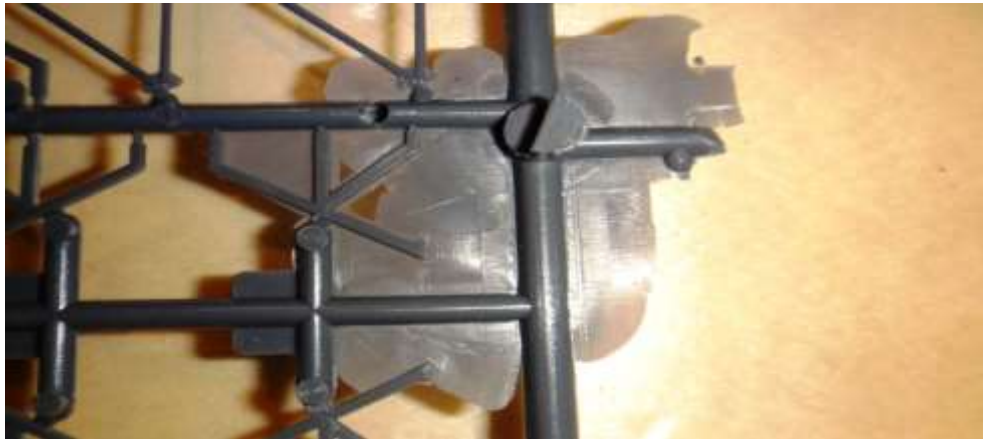


Figure I.10. Pièce présentant des bavures.

○ Une pièce incomplète

Correspond à un remplissage partiel de la cavité. La plupart du temps à la fin du parcours d'écoulement ou dans des zones de faible épaisseur.

Ce défaut apparaît lorsque :

- le volume de dosage est trop faible par rapport à celui de la pièce à mouler.
- l'épaisseur de l'empreinte est trop faible,
- la pression d'injection insuffisante ou les pertes de charges dans le circuit d'alimentation sont trop importantes [11].

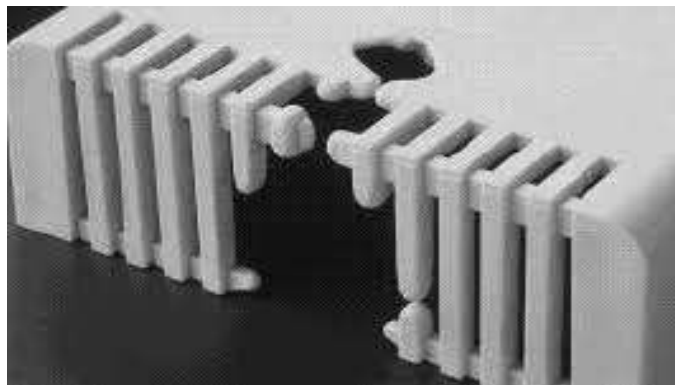


Figure I.11. Pièce incomplète

○ Apparition de sillons

Ils sont caractérisés par des fines rainures concentriques parallèles au front d'écoulement apparaissant autour du point d'injection ou dans des zones de faible épaisseur.

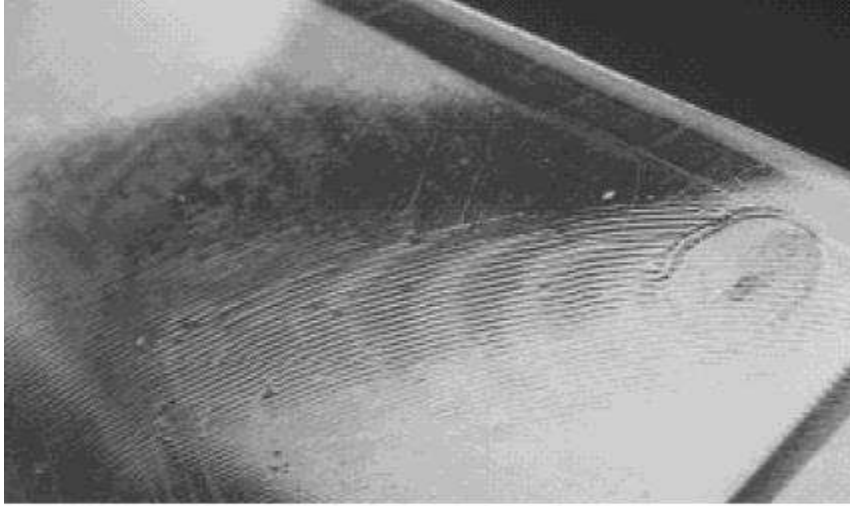


Figure I.12. Pièce présentant des sillons.

○ L'effet Diesel

Caractérisé par l'apparition de taches noires ou carbonisées à la surface de la pièce et est dû à un problème de ventilation.

Il se produit lorsque le parcours de l'écoulement entraîne la formation de poches d'air (notamment en fin de parcours, dans les zones de soudure, au niveau des nervures) et que celles-ci, de par la conception inadéquate du système de ventilation (événements, éjecteurs) ne peuvent pas être éliminées. En fin d'injection, l'air est alors comprimé et sa température s'élève fortement, pouvant provoquer la carbonisation du polymère.

L'élimination de ce défaut nécessite l'optimisation de la ventilation du moule, notamment dans les zones de convergence de flux de matière. A l'extrémité du parcours de coulée, elle peut être effectuée par la modification du parcours d'écoulement (épaisseurs de paroi, position des seuils). Aussi, par une vérification des événements, la réduction de la force de fermeture pour faciliter l'évacuation de l'air emprisonné [11].

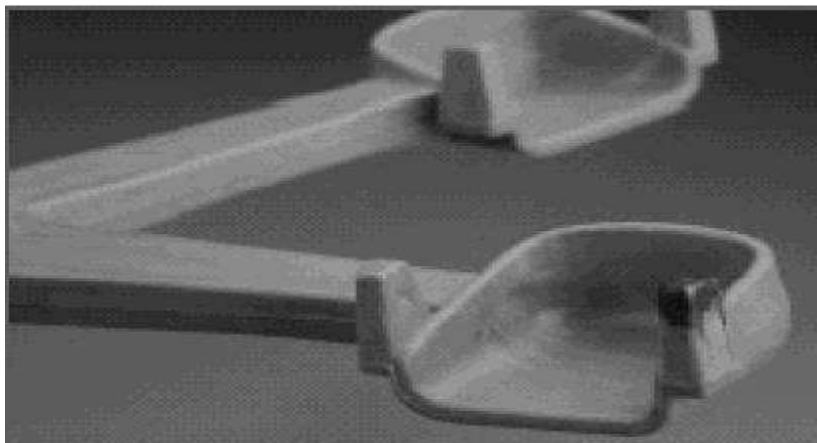


Figure I.13. Pièce présentant l'effet Diesel.

○ Les inclusions d'air

Elles sont semblables à des poches d'air de diamètre important et en grande quantité.

L'origine de ce défaut peut être liée à :

- une décompression trop importante ou trop rapide
- un mauvais fonctionnement du clapet anti-retour.
- une poche d'air dans la trémie
- une température trop élevée du polymère



Figure I.14. Pièce représentant une inclusion d'air.

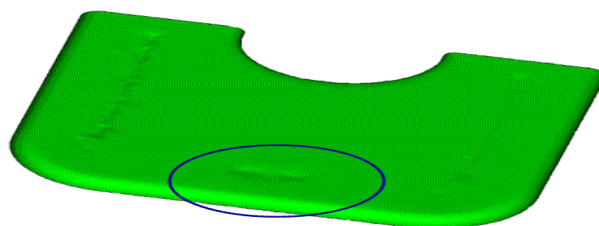
6.2. Défauts liés à la phase quasi-statique d'injection (refroidissement) :

○ Les retassures :

Retraits visibles à la surface de la pièce qui se forment à la solidification de la pièce.

L'origine de ce défaut est la différence dans le refroidissement de certaines parties de la pièce.

 **PlastOyo**
Le Plastique facile



Retassure

Figure I.15. Pièce présentant des retassures.

- **L'écaillage, le pelage**

Apparition d'écailles à la surface de la pièce. La cause principale de ce défaut est un déplacement de la matière déjà refroidie.



Figure I.16. Pièce présentant des écailles.

- **La fissuration**

Le défaut de fissuration est caractérisé par un éclaircissement localisé de la teinte, avec une surface satinée.

Ce défaut est lié à un état de contrainte excessif dans la pièce généré lors du moulage et/ou du démoulage.

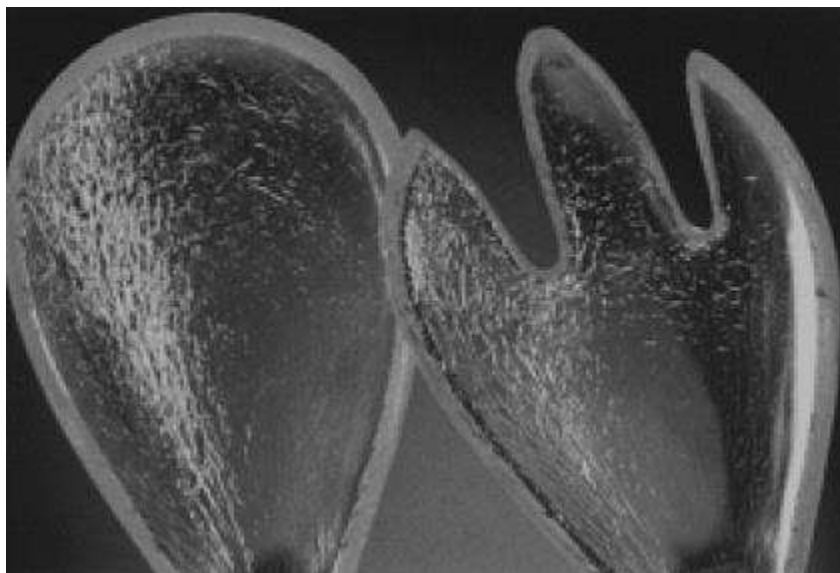
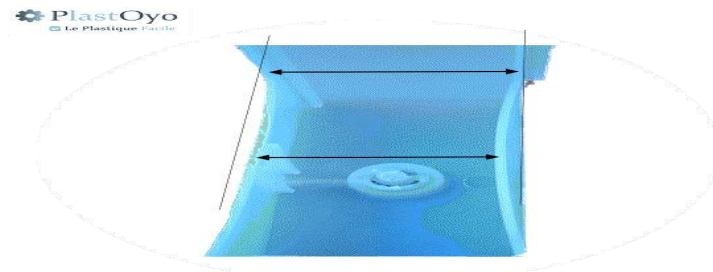


Figure I.17. Pièce présentant des marques de fissuration.

○ Conformité dimensionnelle de la pièce : Retrait

Le retrait est la différence entre les dimensions de l’empreinte acier et les dimensions de la pièce obtenue.

Le retrait peut être compensé en intégrant un coefficient de correction des dimensions de la conception de l’empreinte.



Déformation de retrait

Figure I.18. Déformation de retrait.

6.3. Défauts liés à la phase de démoulage-éjection :

○ Déformation de la pièce :

Dans certains cas, lorsque le démoulage est particulièrement difficile, la pièce moulée peut être déformée lors de l'éjection.

Ce défaut peut être lié :

- au matériau (retrait trop important),
- aux conditions de transformation (refroidissement insuffisant, pressions trop élevées)
- à la conception de l'outillage.

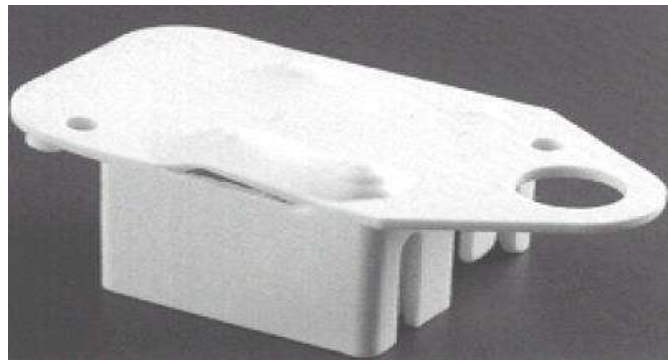


Figure I.19. Déformation de la pièce.

○ Les marques d'éjecteurs :

Le défaut de marques d'éjecteurs est caractérisé par une variation locale d'épaisseur pouvant générer des différences de brillance et des creux visibles en surface de la pièce.

Ce défaut peut être lié à :

- une pression d'injection.
- une température locale de l'outillage trop élevée.
- un temps de refroidissement trop court.
- une conception d'outillage inadaptée (contre dépouilles trop importantes, dépouilles trop faibles, mauvaise position des éjecteurs, surfaces d'éjecteurs trop faibles, rigidité du moule insuffisante).

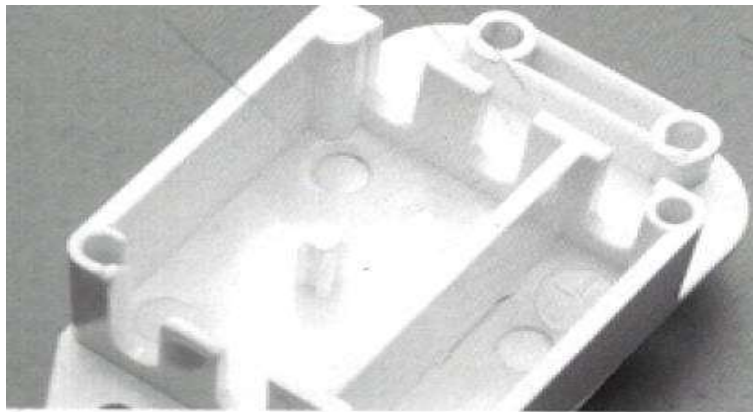
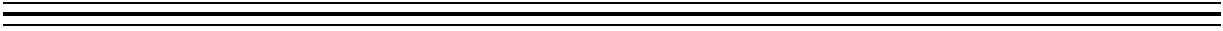


Figure I.20. Une pièce présentant des marques d'éjecteur

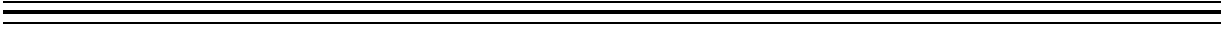
Conclusion :

Dans nos jours la production des polymères augmente de plus en plus et cela grâce à la grande demande mondiale, alors pour satisfaire cette large demande des entreprises, l'industrie utilise souvent le procédé d'injection plastique parce qu'il permet la production en série des pièces avec une grande précision.



Chapitre II

Technologie des moules



Chapitre II

Technologie des moules

Introduction :

La réalisation des pièces en thermoplastique nécessite l'utilisation d'une presse à injection qui sera équipée d'un moule. Il remplit plusieurs fonctions et a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce ou article. Un moule est composé de 2 parties bien distinctes :

- Une partie mobile
- Une partie fixe

Ces appellations sont faites en fonctions de leurs utilisations sur une presse à injecter.

La partie fixe, où se situe la buse moule, ne se déplace pas. La partie mobile, où se situe l'éjection, va subir un déplacement en translation.

1. Éléments de moule :

Dans la figure qui suit représente un moule standard [9].

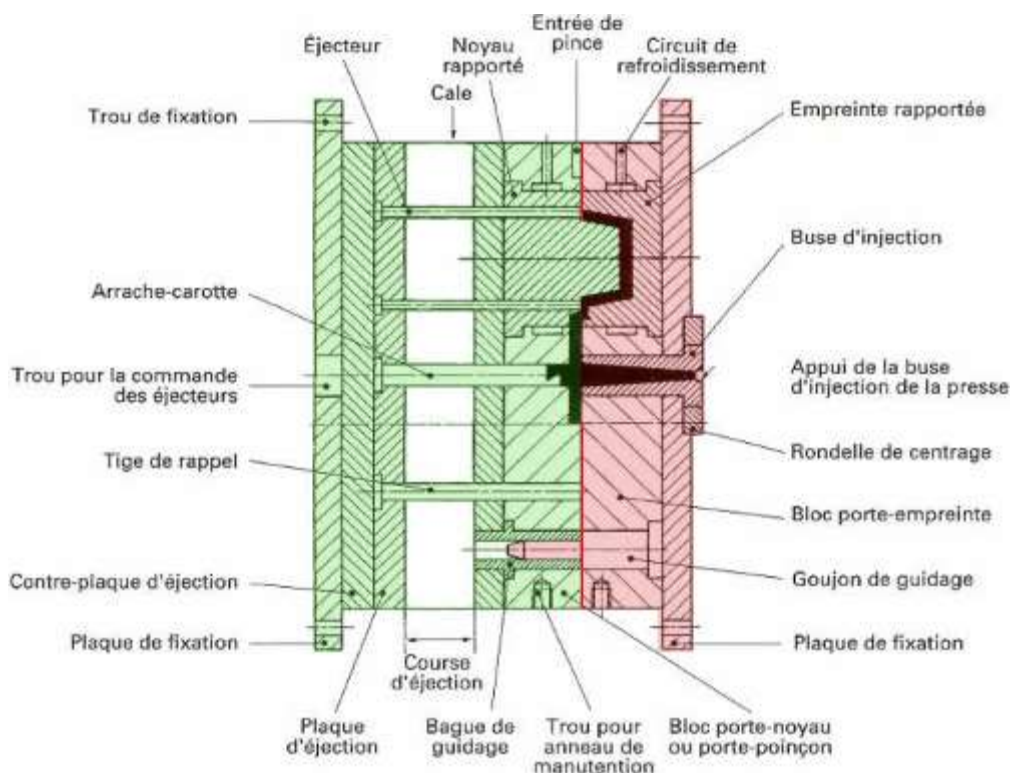


Figure II.1. Un moule standard.

Les différents éléments d'un moule d'injection

Rôles des éléments principaux du moule d'injection

- **La buse moule :** (ou buse d'injection) permet le passage de la matière du fourreau vers les canaux ou l'empreinte. Elle assure aussi le contact étanche entre le moule et le fourreau.
- **La bague ou rondelle de centrage:** Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.
- **Plaque (ou semelle) arrière (côté injection):** Permet de supporter la rondelle de centrage, la buse moule et les colonnes de guidage, ainsi que le bridage (fixation du moule sur le plateau de la presse).
- **Bague de guidage :** Permettent de guider les colonnes de guidages
- **Plaque porte empreinte fixe (côté injection) :** Elle contient la partie femelle de l'empreinte. Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation de température.
- **Colonnes de guidage :** Permet de guider en translation la partie mobile sur la partie fixe pour aligner parfaitement l'empreinte.
- **Plaque porte empreinte mobile (côté éjection) :** Elle contient le noyau (partie mâle de l'empreinte) et permet la fixation des douilles de centrage et contient le circuit de régulation.
- **Éjecteurs :** Permettent d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert.
- **Éjecteur de rappel** (broche de remise à zéro) : ce sont des éléments cylindriques permettant la remise à zéro de la batterie d'éjection à sa position initiale à fin d'éviter la détérioration de l'empreinte par le contact éjecteur-empreinte et le flambage des éjecteurs lors de la fermeture du moule, dans le cas d'une éjection non-attelé.
- **Arrache de carotte** (ou extracteur de carotte) : Permet l'extraction de la carotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée (grappe) ne reste pas bloqué dans la partie fixe.
- **Plaque arrière / semelle inférieure (côté éjection) :** Permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, permet le bridage du moule sur le plateau mobile, permet également la fixation des tasseaux.
- **Batterie d'éjection :** Elle est composée de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection. Elle permet la translation de l'arrache-carotte, les éjecteurs de rappel et des éjecteurs.

Chapitre II: Technologie des moules

- **la plaque porte-éjecteurs** : supporte les éjecteurs
 - **contre plaque porte-éjecteurs** : elle immobilise en translation les éjecteurs.
- **Circuit de régulation thermique** : permet de réguler la température du moule et le refroidissement de la grappe (avec de l'eau).
 - **Vis de fixations** : Permet de fixer la plaque arrière côté fixe sur la plaque porte empreinte côté injection.
 - **Rainures de bridage**: Permettent la fixation du moule sur le plateau de la presse (par brides).
 - **Entretoise (Tasseaux d'éjection)** : Permet d'obtenir une course optimale de la batterie d'éjection.
 - **Raccord rapide** : Permet un raccord rapide du circuit d'eau.

2. Nombre d'empreintes :

Avant de commencer la conception de moule il faut décider d'abord si on se sert d'un moule à empreinte unique ou d'un moule à empreintes multiples.

Le choix du nombre d'empreintes dépend autant de facteurs économiques que de facteurs propres à la technique de moulage par injection :

- Critères techniques : distance entre colonne, capacité d'injection...etc.
- Critères économiques : le cout, délais de livraison, ...etc.

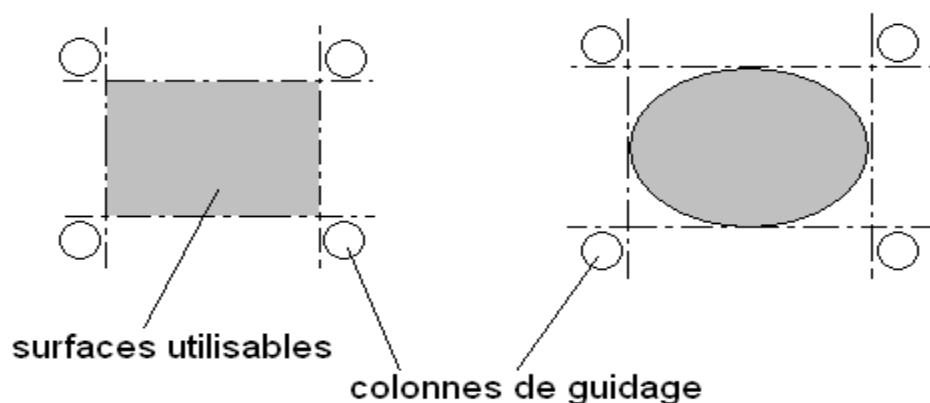


Figure II.2. Nombre d'empreintes en fonction de critères techniques et économiques.

3. Classification des moules :

Lorsque la conception de la pièce est terminée et qu'on a fait le choix de la matière à employer, on peut commencer la conception du moule. La conception du moule commence avec le choix entre un moule à empreinte unique et un moule à empreintes multiples [9].

Un moule peut-être défini par :

- Le nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...)
- Son architecture : 2 plaques (ou à un plan de joint), 3 plaques (ou deux plans de joints), à tiroirs, à coquilles.
- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants.
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en ligne, en "n" points.
- L'éjection des pièces.
- Système de refroidissement.
- La durée de vie (choix des matériaux).

En fonction de ces paramètres on site les grandes familles de moules sont :

❖ Moule à deux plateaux (plaques) :

C'est le système le plus employé dans la construction des moules. Ce type de moule consiste en deux parties qui se séparent (en plan de joint) à l'ouverture, de sorte que la pièce puisse être éjectée.

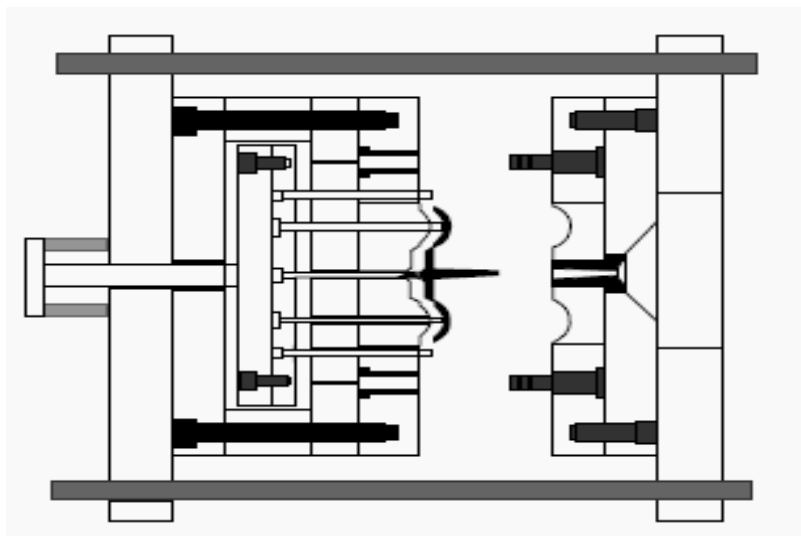


Figure II.3. Un moule a deux plaques[9].

❖ Moule à trois plaques :

Ce système est généralement utilisé pour la construction des moules à empreintes multiples, dont le point d'injection est central, comme par exemple les bouchons, couvercles et pignons. A l'ouverture de la machine, deux séparations se produisent: la première au niveau du canal d'alimentation. Le seuil d'alimentation est ainsi cassé, éjecté et séparé de la pièce. La deuxième ouverture consiste à ouvrir le moule en plan de joint, puis à éjecter la pièce [9].

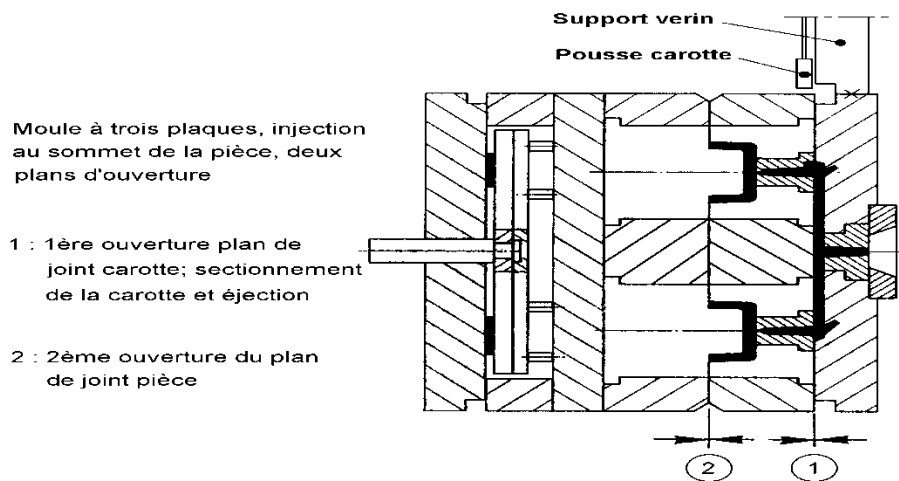


Figure II.4. Moule à 3 plaques.

❖ Moule à tiroir :

Ce moule permet de sortir des pièces offrant des parties en contre-dépouille ou des trous. Le tiroir se retire à l'ouverture de la partie mobile pour permettre l'éjection de la pièce.

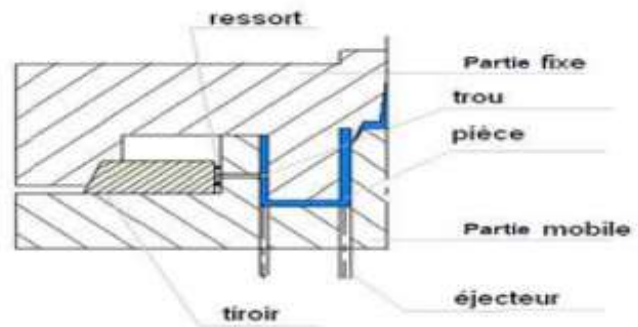


Figure II.5. Moule à tiroirs.

❖ Moule à coquilles :

Ce moule permet de réaliser les contre dépouilles extérieures.

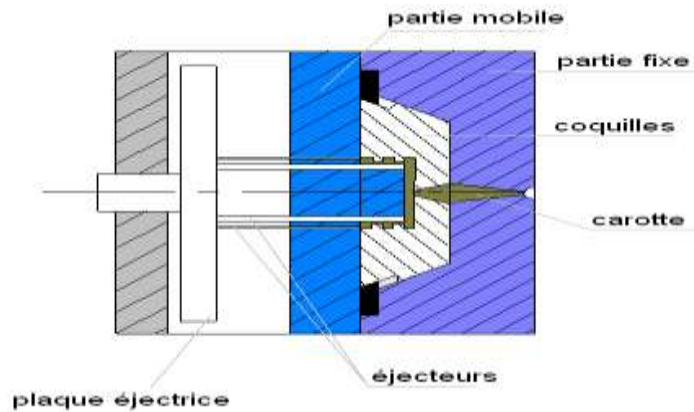


Figure II.6. Moule à coquilles.

❖ Moule à canaux chauffant :

On supprime ainsi les carottes et on économise du temps de cycle et de la matière. Ces moules sont plus chers (du type à 3 plaques), mais rentables par les gains de matière et de temps de cycle car la carotte n'a pas à se solidifier.

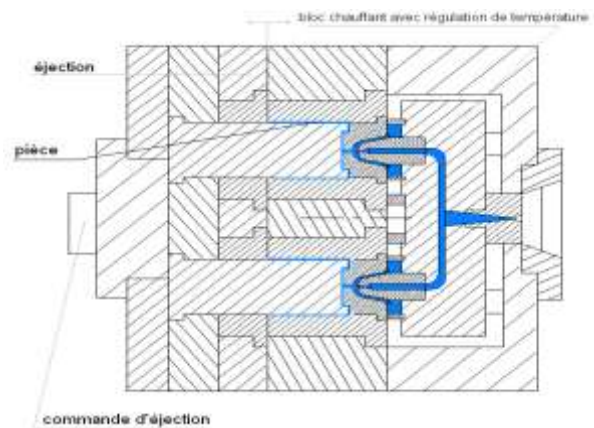


Figure II.7. Moule à canaux chauffant.

❖ Moules à noyaux rotatifs (dévissage) :

Pour la production de pièces avec un filet de vis interne, on utilisera des moules à noyaux rotatifs. Le démoulage se fait alors par dévissage du noyau.

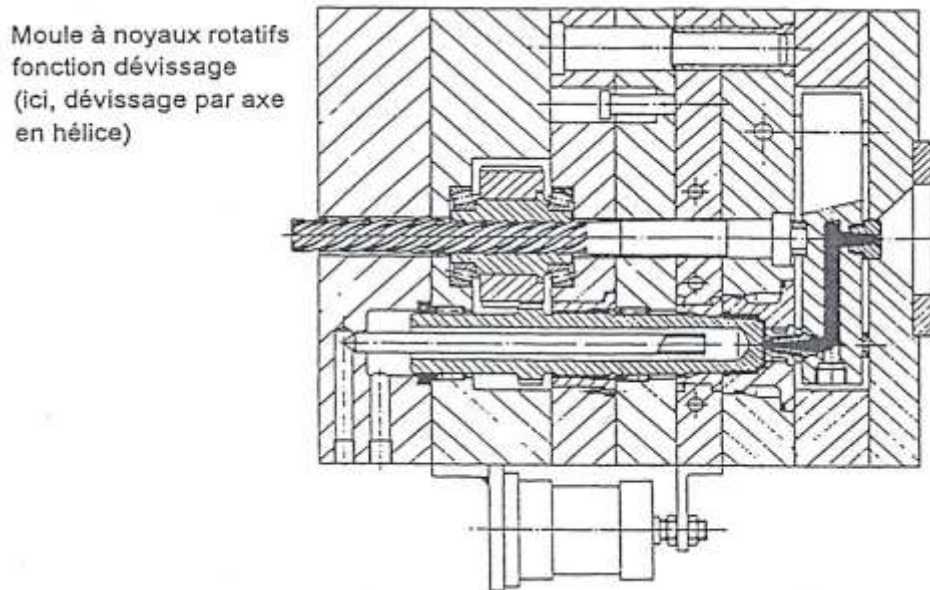


Figure II.8. Moule à noyaux rotatifs.

4. Les fonctions d'un moule :

Il existe 4 grandes fonctions pour un moule d'injection :

4.1 La fonction alimentation:

La fonction alimentation d'un moule doit permettre un acheminement de la matière plastifiée, du cylindre de plastification (fourreau) vers l'empreinte se trouvant dans l'outillage. Le remplissage de l'empreinte doit se faire rapidement et le plus uniformément possible [9].

Elle est composée de :

- la carotte, la buse
- le canal principal
- les canaux secondaires
- les seuils

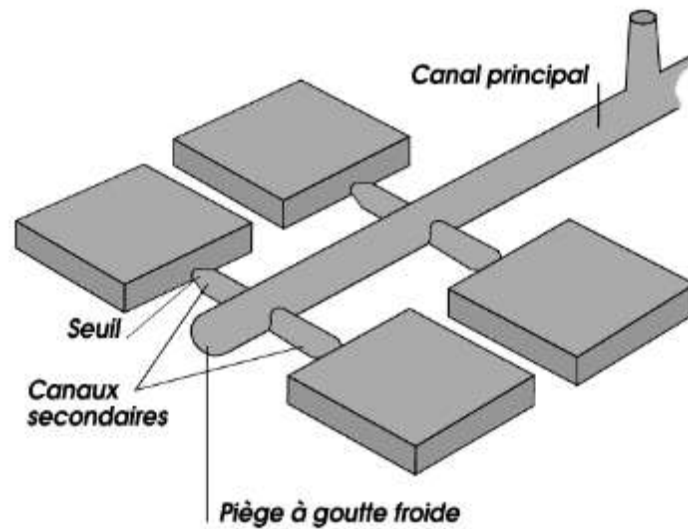


Figure II.9. System d'alimentation.

a. Carotte :

Conduit la matière plastique depuis l'orifice d'entre du moule jusqu' au plans de joint. Elle est perpendiculaire en plans de joint.

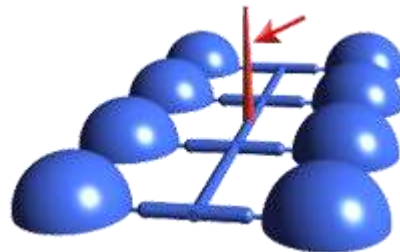


Figure II.10. Carotte.

b. Canaux d'alimentation :

Les canaux d'alimentation sont des canaux qui relient la carotte aux seuils.

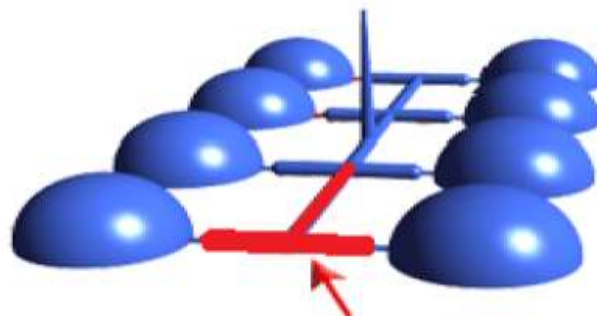


Figure II.11. Canaux d'alimentation.

c. Seuils :

Les seuils relient le système d'alimentation à l'empreinte et sont les orifices à travers lesquels la matière à l'état fondu pénètre dans le moule.

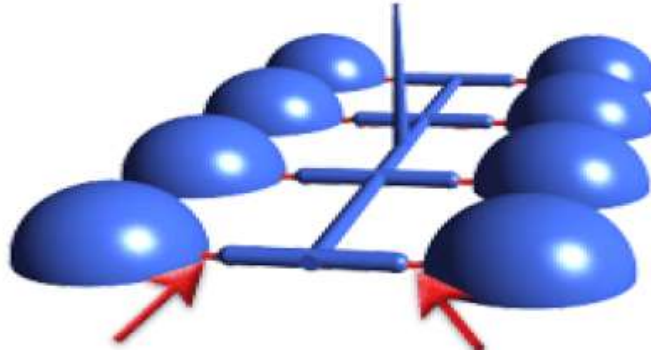


Figure II.12. Seuils d'injection.

4.2 La fonction mise en forme :

La fonction mise en forme doit permettre d'obtenir une pièce conforme au cahier de charge mais surtout une pièce qui soit démoulable sans problème.

Voici quelques notions relatives à la forme de la pièce :

o **Forme non dépouillée :**

Le démoulage est difficile voire impossible car il y a un frottement important entre les formes moulantes de l'empreinte (poinçon) et la matière solidifiée. Ces frottements sont dus essentiellement au retrait de la matière lors de son refroidissement dans l'empreinte[3].

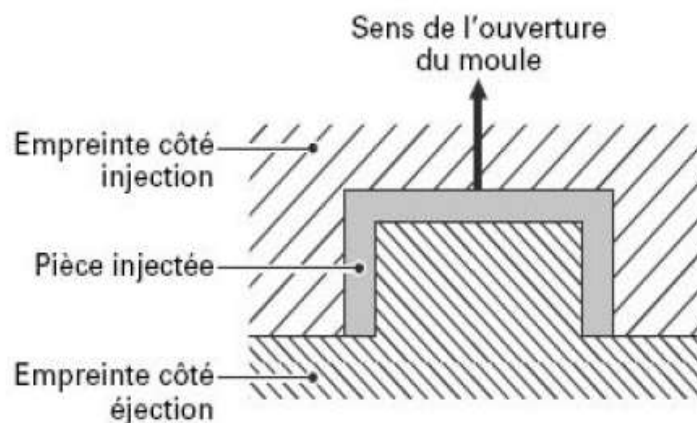


Figure II.13. Une pièce sans dépouille.

- **Forme dépouillée :**

Mettre des angles de dépouilles facilite le démoulage de l'empreinte α : angle de dépouille[3].

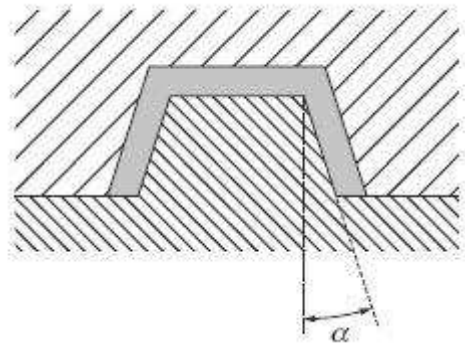


Figure II.14. Pièce avec dépouille.

- **Forme en contre-dépouille**

C'est une surface formant empêchant un démoulage dans une direction perpendiculaire au plan de joint. Lors de la conception d'une pièce on évitera au maximum les surfaces en contre-dépouille car elles entraînent un moule plus couteux et plus complexes [3].

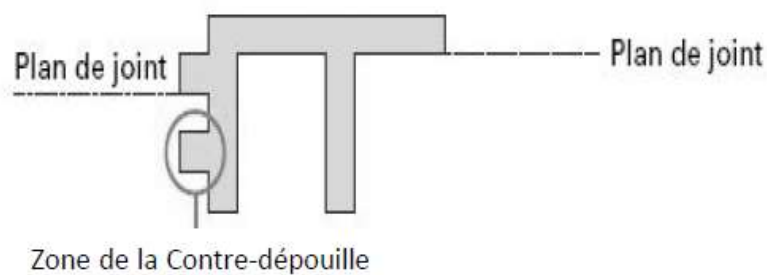


Figure II.15. Forme ayant des contre dépouille.

- **Le retrait :**

Lors du refroidissement de la pièce dans l'outillage, un retrait de la matière apparaît. Il s'agit d'une contraction volumique. Donc on entend par retrait les processus qui conduisent à la réduction des dimensions de la pièce par rapport à celles du moule froid.

Pour obtenir une pièce moulée de bonne dimension, on doit appliquer un coefficient de correction des dimensions de l'empreinte qui tiennent compte du retrait de la matière.

○ L'éventation :

Lors de l'injection, la matière plastique prend la place de l'air dans l'empreinte. Sans possibilité d'échappement de l'air, l'air sous pression s'échauffe. La température atteinte peut provoquer des brûlures sur la pièce (effet diesel). Il est donc nécessaire de placer correctement des orifices permettant une évacuation rapide.

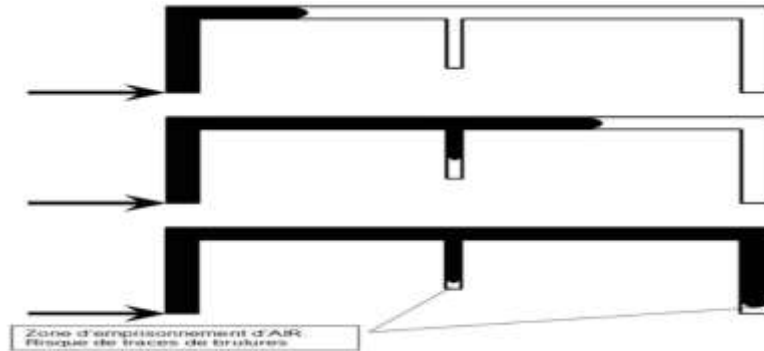


Figure II.16. Les problèmes d'éventation.

4.3 La fonction éjection :

La fonction éjection doit permettre d'extraire la ou les pièces de l'empreinte, ainsi que les éléments qui assurent l'alimentation de ou des pièces (carottes, canaux...).

4.4 La fonction régulation :

La fonction régulation d'un moule doit permettre une solidification, uniforme et dirigée, de la matière injectée dans l'empreinte et les canaux.

La nécessité de cette fonction s'explique pour l'obtention d'une certaine structure plus ou moins cristalline de la matière et pour la recherche de cadences de production élevées.

Elle sera réalisée par la circulation d'un fluide réfrigérant dans les éléments d'empreintes.

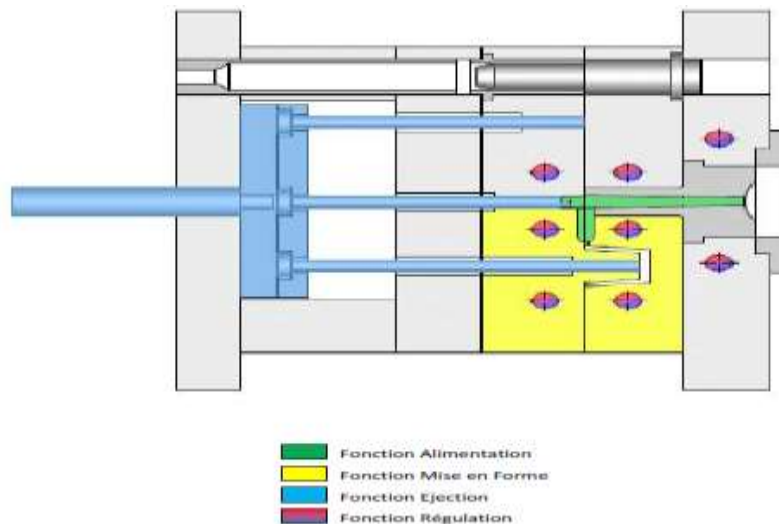


Figure II.17. Les fonctions d'un moule.

Chapitre II: Technologie des moules

5. Matériaux des moules :

Le tableau qui suit récapitule les matériaux utilisés :

Tableau II.1. Matériaux des moules[8].

Matériaux	Observation	Emploi
C45 Acier non allié	Acier mi-dur.	Plaque éjectrice, contreplaque éjectrice.
C35 Acier non allié	Acier mi-dur.	Les visChc.
105WCr6 Acier faiblement allié	Acier extra dur. Résistance à l'usure par frottement. Dureté élevée.	Buse, bague de guidage.
S235 Acier a usage general	Acier ordinaire.	Tasseaux, bague de centrage, semelles.
36Ni Cr Mo16 Acier faiblement allié	Bonne résilience, résistance à la corrosion, résistance mécanique à chaud.	Ejecteurs, empreintes mobile et fixe, goupille.
CC493K (CuSn7Zn4Pb7) Cuivremoulé	inoxydable.	Tétines.
X200 Cr12	Résiste à la corrosion, inoxydable.	Colonnes de guidage.
42Cr Mo 4	Acier doux	Porte empreinte.

Conclusion :

Pour une bonne conception d'un moule d'injection plastique le concepteur doit suivre toutes les étapes nécessaires du choix de moule, son architecture puis ses différents types de usage, par ce que plus on tiendra compte de ces paramètres de conception nous garantit un produit fini de bonne qualité.

Chapitre III

Conception de la pièce

Chapitre III

Conception de la pièce

Introduction

Après avoir une idée générale sur l'injection plastique et la technologie de moule on commence la conception de notre moule mais on fait d'abords la conception de notre pièce.

Donc ce chapitre est consacré à la conception de la pièce.

1. Présentation de la pièce :



Figure III.1. Présentation de la pièce

Le tableau suivant récapitule les cotes et dimensions de la pièce :

Tableau III.1. Dimensions et cotes de la pièce.

masse	71 g
Longueur	200 mm
Largeur	120 mm
Epaisseur nominale	2 mm

2. Logiciel de conception:

Dans ce projet la conception est divisée en deux parties :

- La première consiste à concevoir le modèle géométrique de notre pièce.
- La conception des éléments du moule fait l'objet de la deuxième partie.

Le logiciel SolidWorks :

SolidWorks est un logiciel de conception mécanique 3D.

Grâce à cet outil, les ingénieurs en mécanique peuvent produire des modèles et des mises en plan précises.

3. Matériau utilisé :

Il s'agit du composite ABS : polymère technique très utilisé.

ABS ayant les caractéristiques suivantes:

Tableau III.2. Les caractéristiques de l'ABS.

Retrait	0,4% à 0,7%
Masse volumique	1,05g/cm ³
Pression d'injection	500 bars à 1000 bars
Température d'injection	180°C à 240°C
Température de moule	50°C à 85°C

4. Model CAO de pièce :

Dès l'obtention de échantillons de la pièce, nous avons récupéré les différentes cotes de la pièce. Puis nous avons modélisé le modèle géométrique de pièces.

Le modèle géométrique :

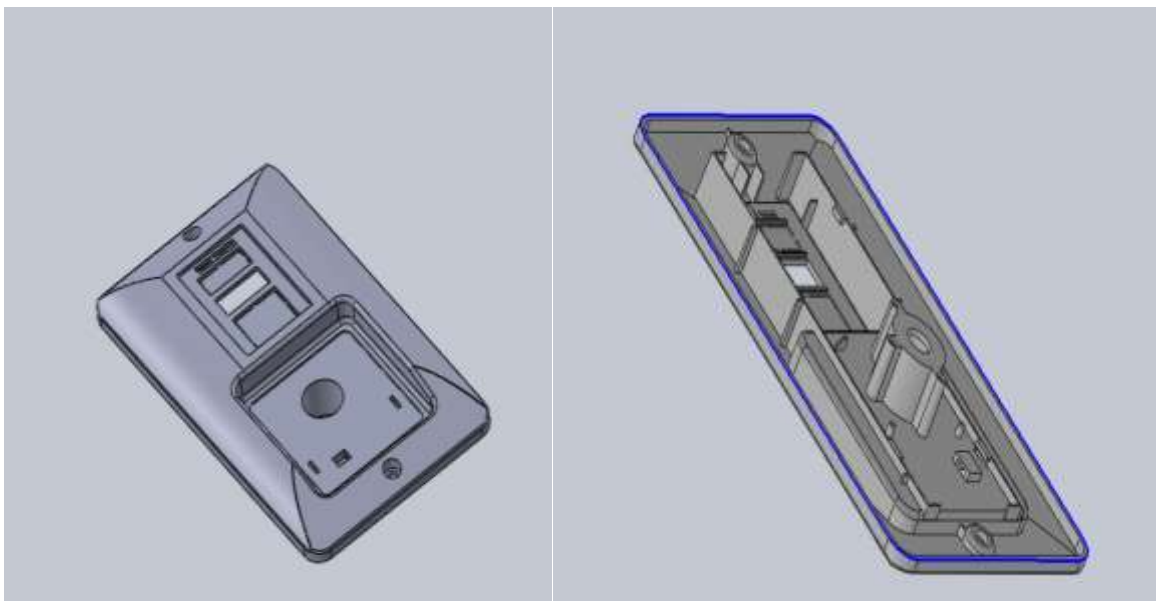


Figure III.2. Le modèle géométrique de la pièce.

5. Vérification de conception

5.1 Analyse des épaisseurs :

Cette analyse nous permet de déterminer les épaisseurs dans toutes les zones de la pièce et de détecter les zones épaisses, pour les modifier en cas de nécessité.

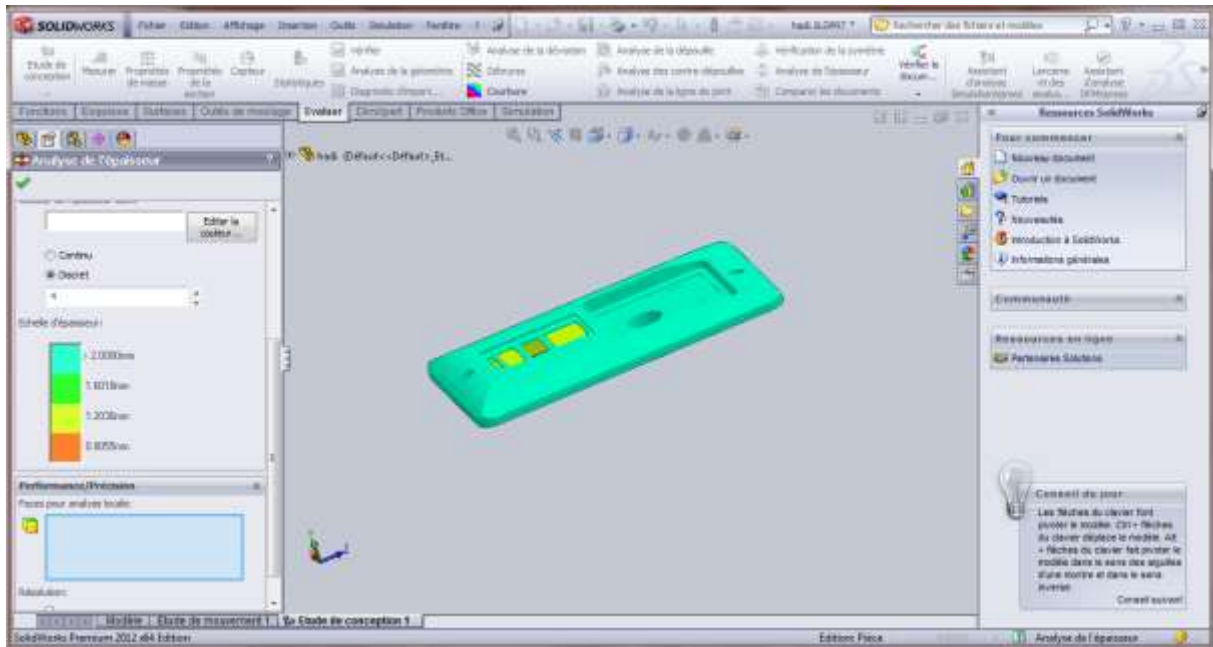


Figure III.3. Cartographie des épaisseurs de la pièce.

Nous remarquons que la pièce ne contient pas des zones ayant des surépaisseurs significatives.

5.2 Analyse de dépouille :

Pour éviter la déformation, ainsi sa faciliter de démoulage et d'éjection de la pièce, un angle de dépouille de 0.25° à 3° est nécessaire sur toute face.

Dans notre cas nous avons opté pour un angle de 1° .

Les résultats sont représentés ci-dessous :

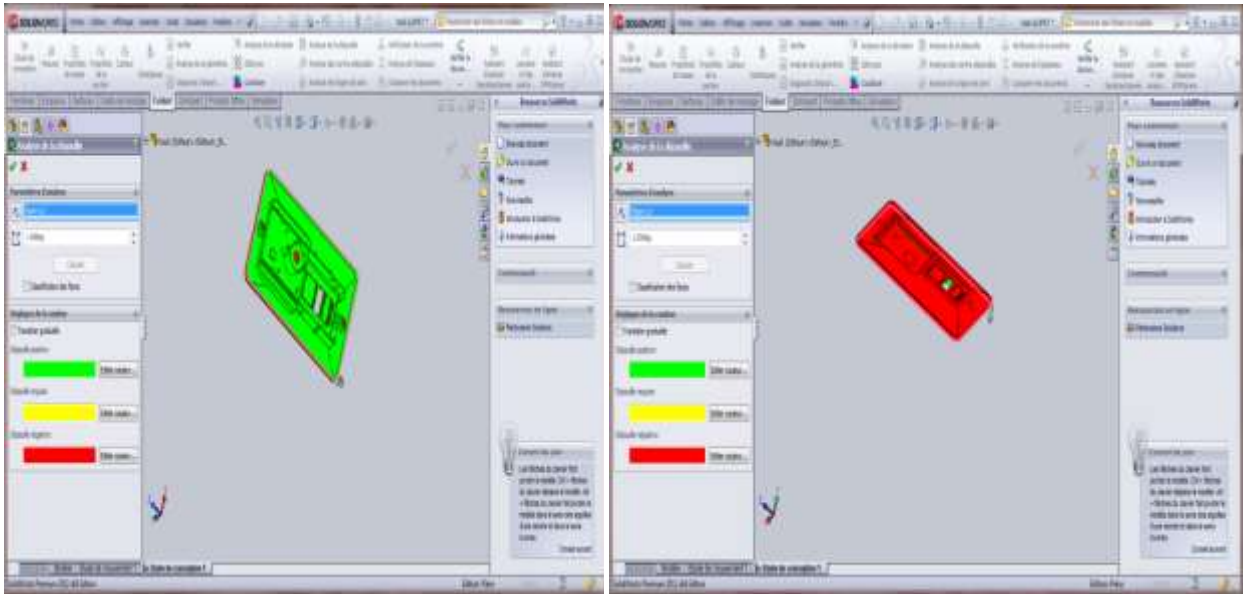


Figure III.4. Résultat d'analyse de dépouille.

Interprétation :

Les faces en vert sont à dépouille positive, donc elle doit appartenir à l'empreinte fixe (**partie injection**).

Les faces en rouge sont à dépouille négative, donc elle doit appartenir à l'empreinte mobile (**partie éjection**).

5.3 Analyse des contre dépouille :

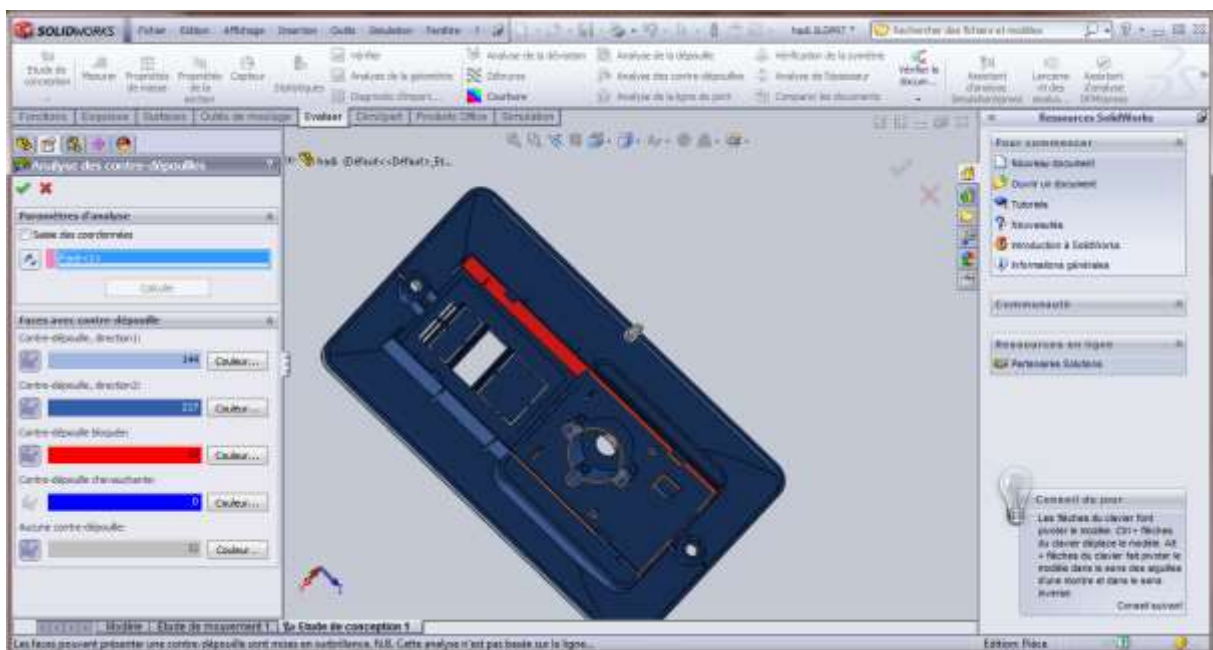


Figure III.5. Contre dépouille.

Interprétation

Certaines parties intérieures de la pièce présentent des contre dépouilles ce qui pose problème lors de l'éjection de cette dernière. Celles-ci s'affichent en rouge.

5.4 Problèmes de démoulage:

Le démoulage d'une pièce est une partie délicate dans le fonctionnement du moule. La difficulté se trouve dans la zone suivante :

Au niveau des crochets car ils ont une forme prismatique représentés sur la figure en rouge et qui risquent de bloquer la pièce lors du démoulage.

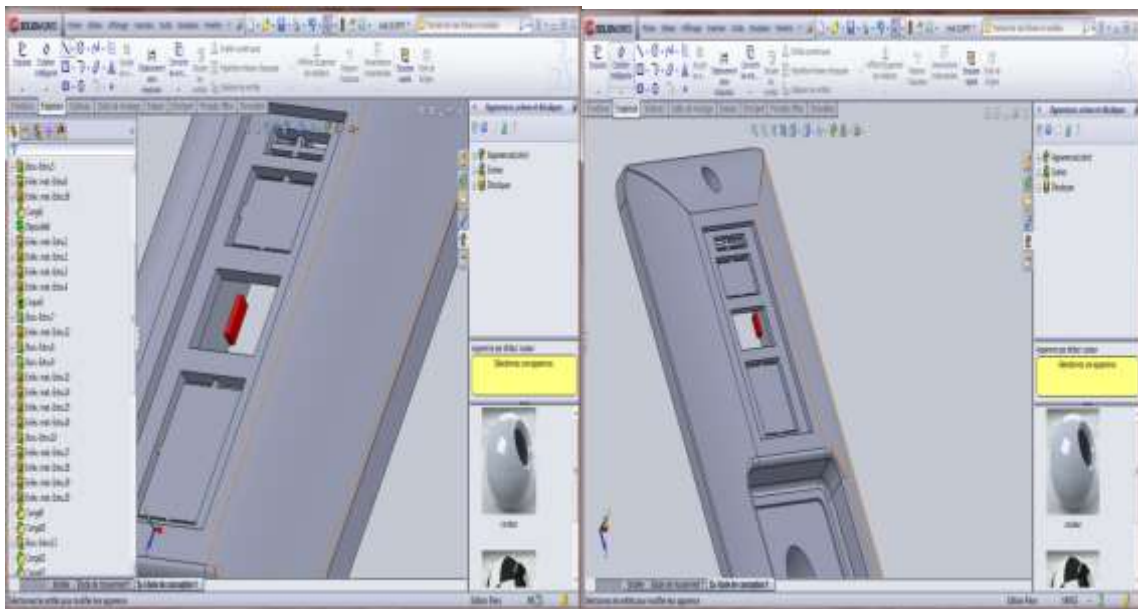


Figure III.6. Représentation des zones de blocage du crochet.

Solutions proposées:

Pour garantir un bon démoulage de la pièce, un éjecteur au niveau des crochets qui sortira avec une inclinaison pour libérer la partie qui présente une contre-dépouille et d'assurer l'éjection.

Conclusion :

On constate que :

- La pièce va se démouler facilement, car elle dispose d'un angle de dépouille suffisant.
- L'utilisation des tiroirs ou des éjecteurs prismatiques est nécessaire pour le démoulage des contre dépouille de la pièce.
- Aucune zone de surépaisseur n'est constatée.

Donc, la géométrie de la pièce est validée.

Chapitre IV

Conception de moule

Chapitre IV

Conception de moule

Introduction :

Après avoir validé la géométrie de la pièce, nous passons à la réalisation du modèle géométrique du moule. Ce chapitre, est consacré à la conception du moule de la pièce sujet.

Ce travail va suivre les étapes suivant :

- Création de plan de joint.
- Conception des éléments moulants : empreintes fixe, empreintes mobile.
- Conception de la carcasse.
- Conception de l'alimentation.
- Conception des circuits de régulation.
- Conception des éjecteurs.
- Vérification de la conception.

1. Création du plan de joint :

Le plan de joint d'un moule représente les faces de contact des blocs empreints fixe et empreints mobile. Le choix d'un bon plan de joint permet de faciliter le démoulage et l'éjection.

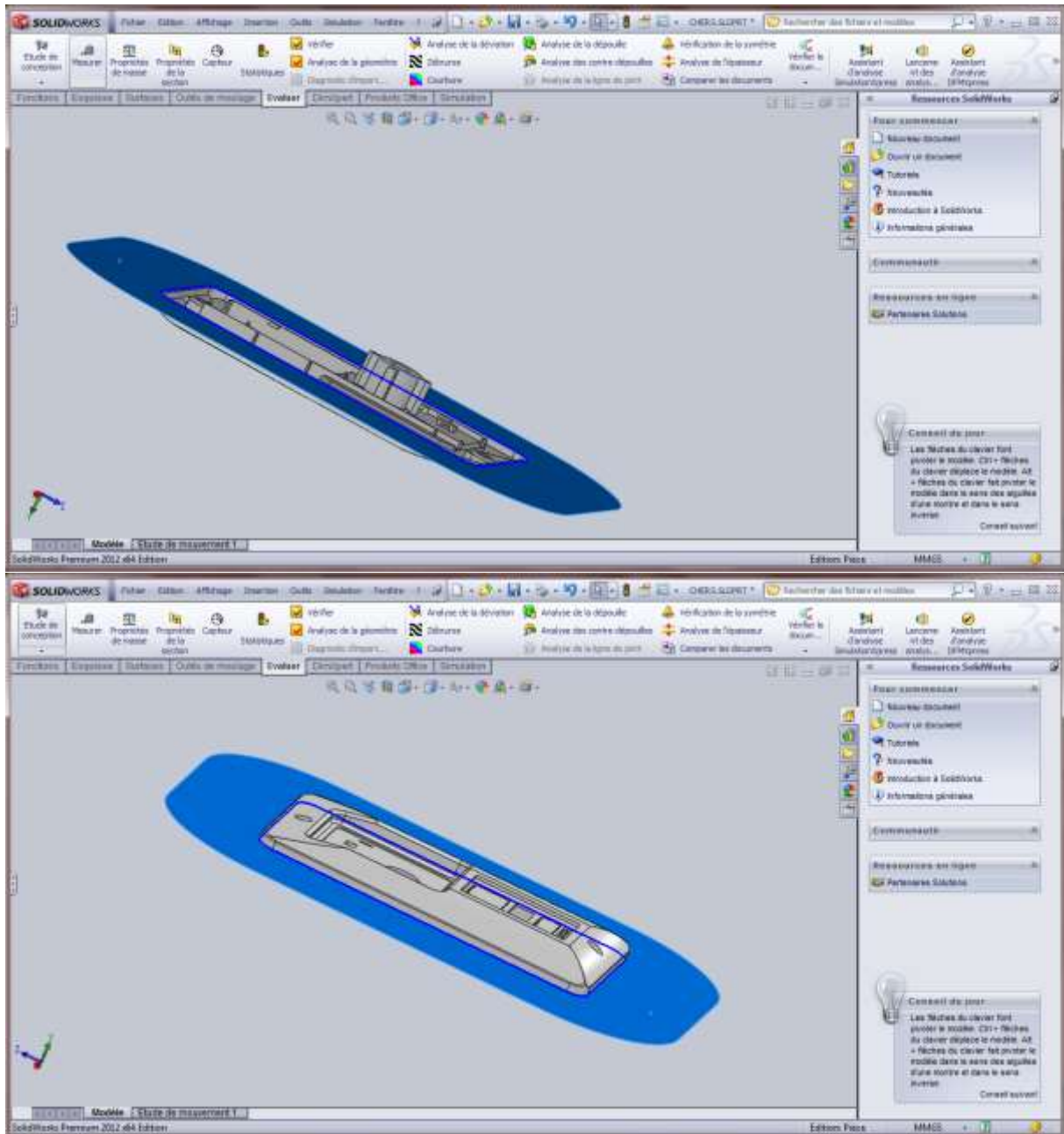


Figure IV.1. Plans de joint.

2. Création des blocs empreinte fixe- empreinte mobile :

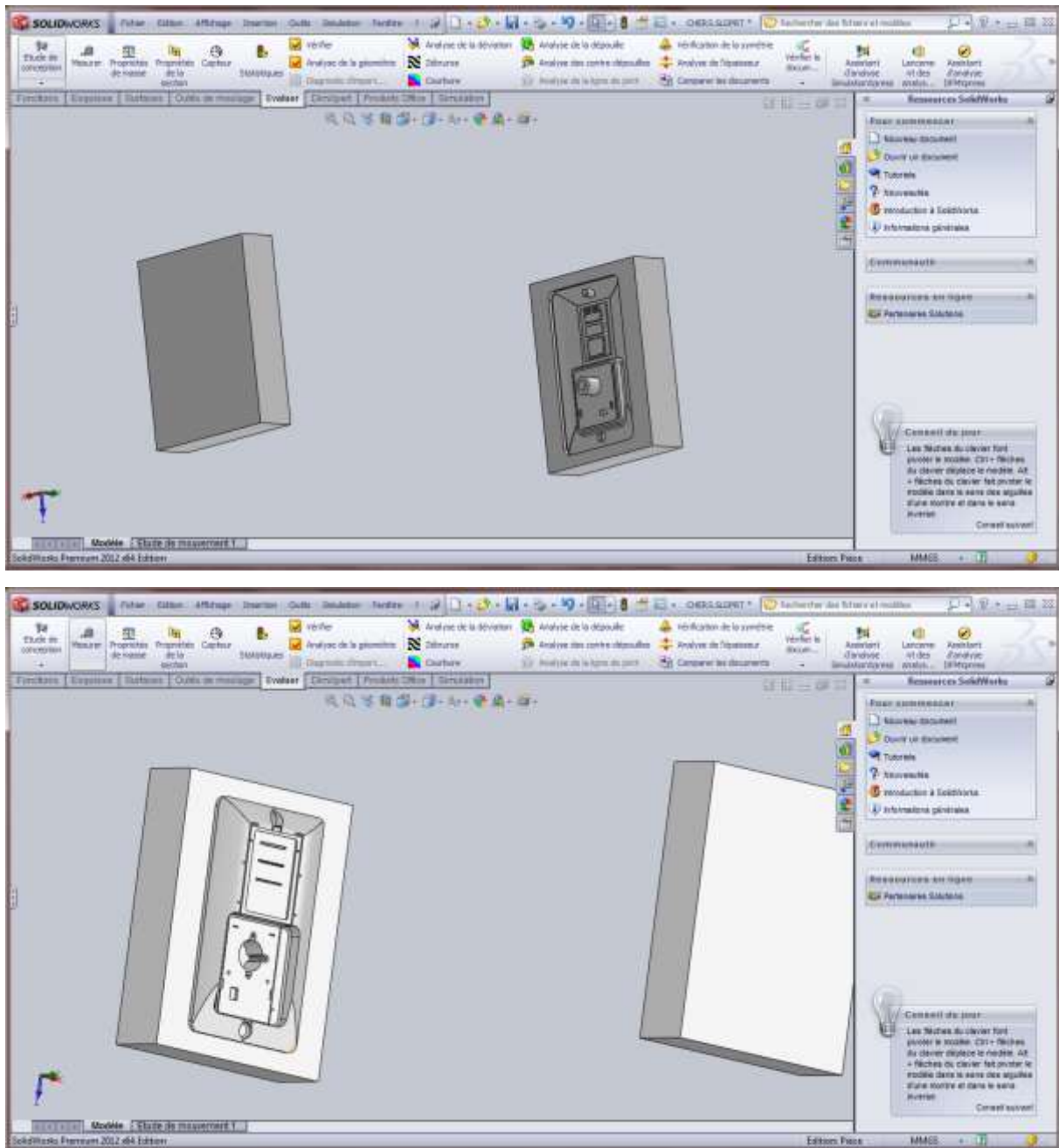


Figure IV.2. Représentation des deux empreintes.

3. Conception de la carcasse :

Choix du moule:

Nous avons opté pour le type de moule standard utilisant deux plaques. Nous avons travaillé sur un moule prototype à deux empreintes destinées pour une pièce de formes complexes.

Après la création de l'empreinte fixe et l'empreinte mobile on passe maintenant à la construction de notre moule étape par étape.

Notre moule se compose essentiellement:

- Plaque porte empreinte fixe.
- Plaque porte empreinte mobile.
- Plaque semelle fixe.
- Plaque semelle mobile.
- Plaque éjectrice.
- Contre plaque éjectrice.
- Colonnes de guidage.
- Buse d'injection.
- Les ejecteurs.
- Bague de guidage.
- Tasseaux.

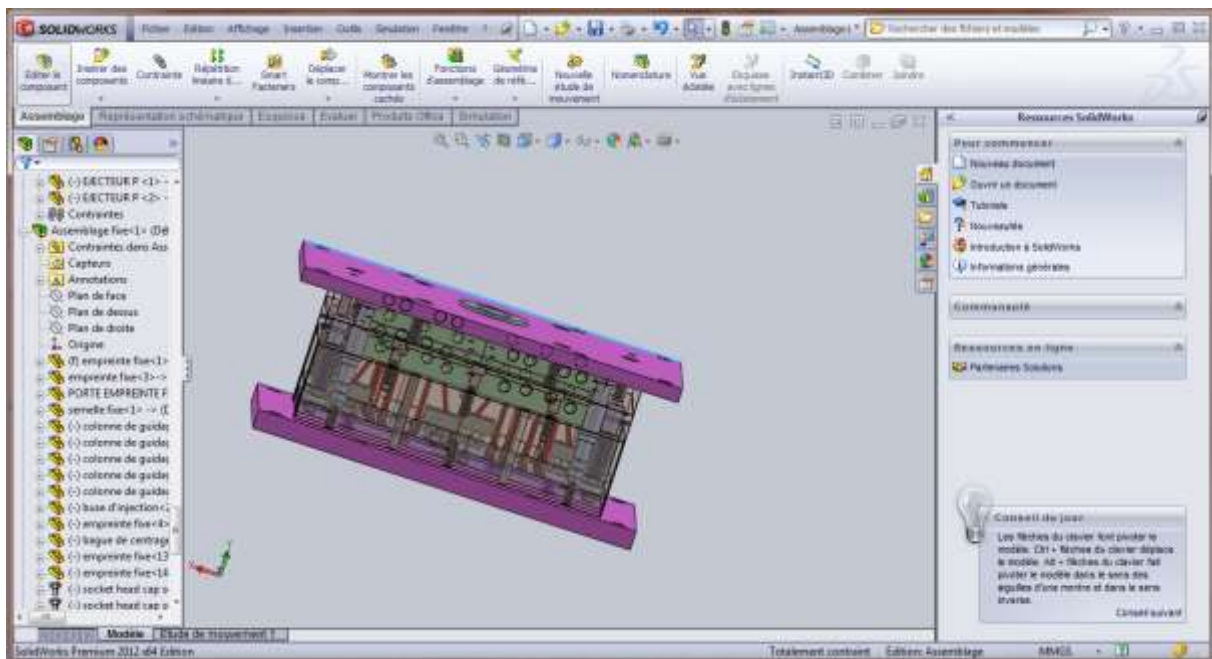


Figure IV.3. Carcasse du moule.

4. Conception de l'alimentation :

Concevoir le système d'alimentation d'un moule est un art. Il faut en effet maintenir un écoulement fluide du matériau, tout en veillant à ce que l'empreinte se remplisse entièrement et correctement. Le système d'alimentation doit garantir le remplissage complet du moule, ni trop vite ni trop lentement. Il faut aussi que la pression ne soit ni excessive, ni insuffisante.

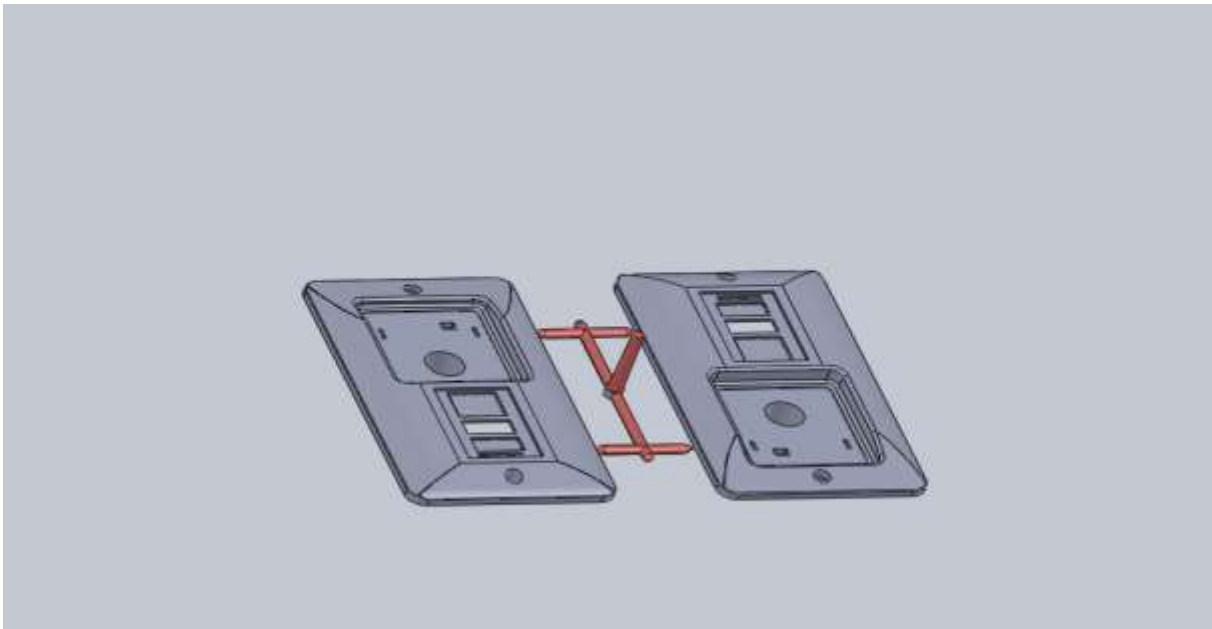


Figure IV.4. Circuit d'alimentation.

5. Conception de la régulation :

La fonction la plus importante qui détermine la qualité de la pièce est le refroidissement, nous avons donné toute l'importance à ce circuit.

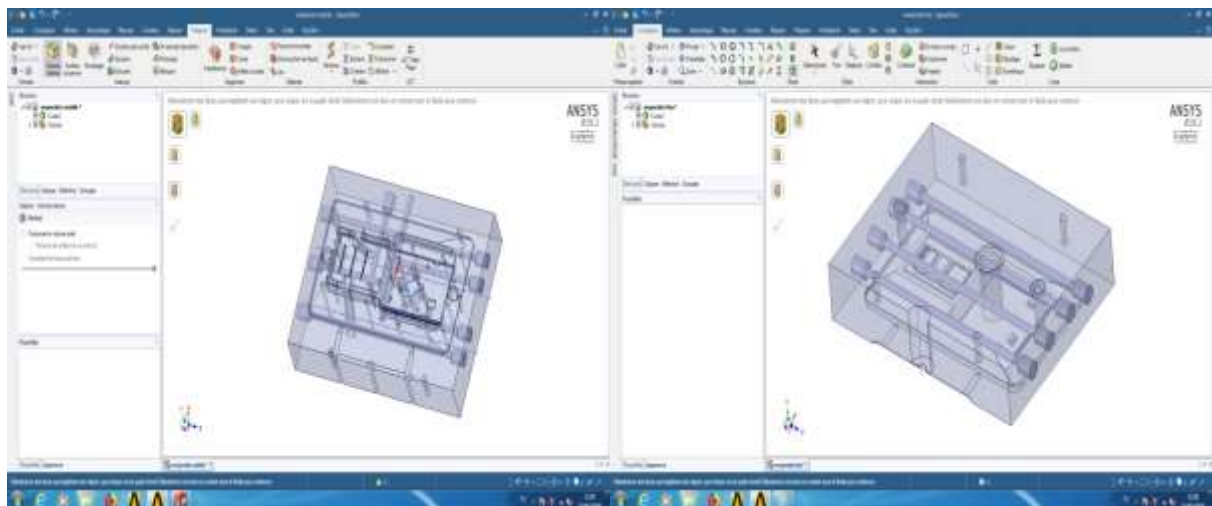


Figure IV.5. Conception de la régulation.

6. Conception du système d'éjection :

○ Les éjecteurs cylindriques (simple) :

Les éjecteurs sont sensé dégager les pièces de leurs logement, d'une façon à minimiser les déformations et cacher les marques d'éjecteur.

Pour cela il faut :

- Placer le maximum possible d'éjecteur.
- Repartir les éjecteurs d'une façon symétrique.

Dans notre cas, il s'agit d'éjecteurs cylindriques de 8 mm de diamètre.

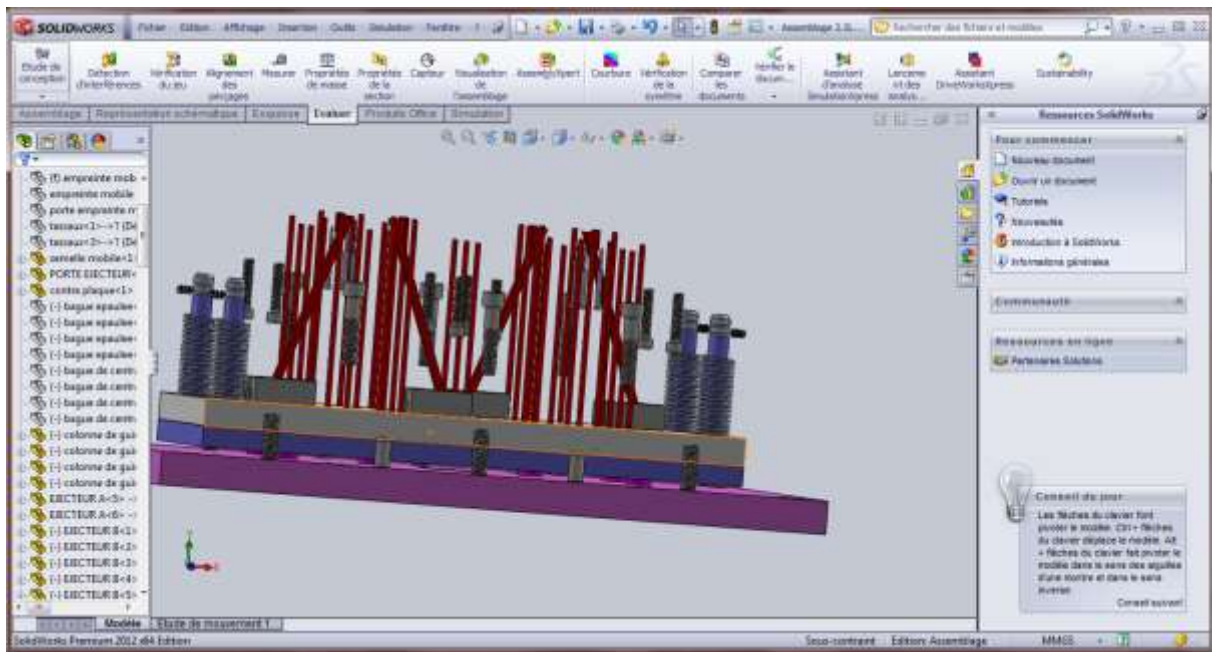


Figure IV.6. Système d'éjection.

- **les éjecteurs prismatiques :**

Pour faciliter et garantir un bon démoulage de la pièce on utilise des éjecteurs prismatiques au niveau des crochets pour libérer la partie qui présente une contre dépouille.

L'éjecteur prismatique se compose de:

- Support coulisseau(en gris).
- Ejecteur (en rouge).
- Coulisseau(en vert).

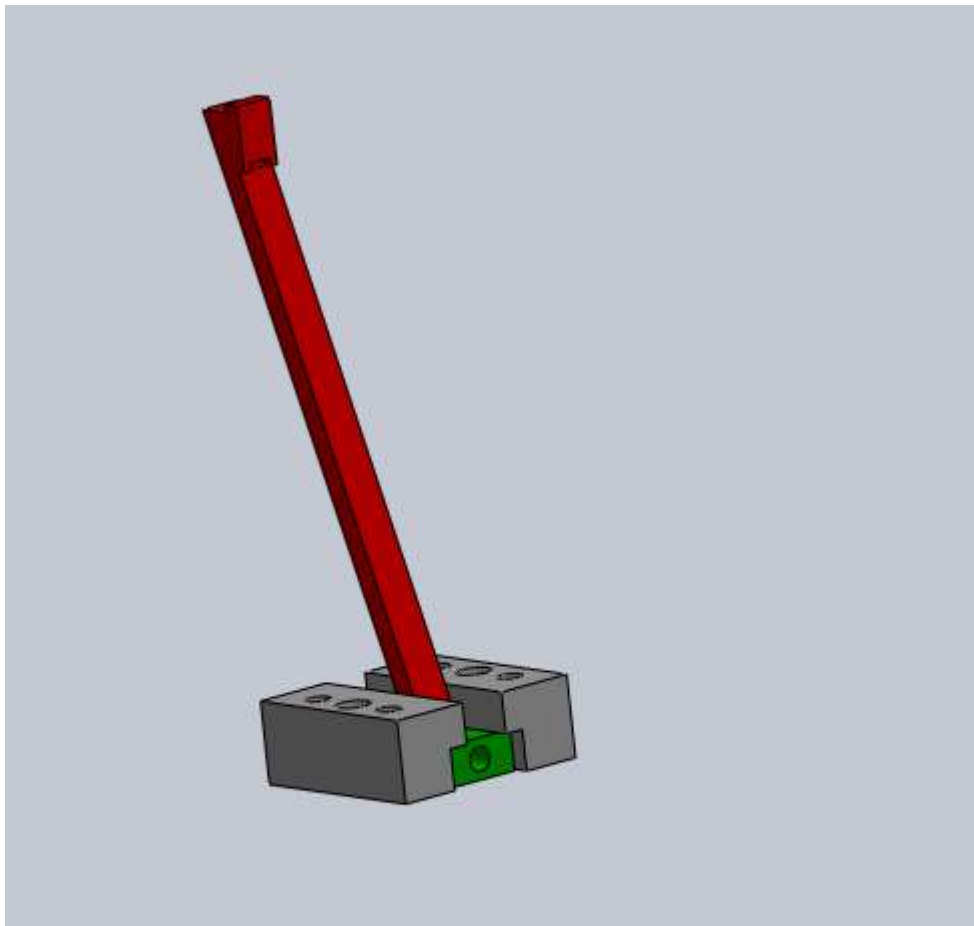


Figure IV.7. Ejecteur prismatique.

7. Vérification de la conception

Pour valider la conception, des analyses structurelles des éléments et une simulation du process d'injection sont nécessaires.

Les éléments normalisés ont fait preuve de rigidité, donc on ne s'intéresse qu'aux éléments moulants : empreinte fixe et empreintes mobile.

7.1 Analyse statique :

- **Empreinte mobile :**

La figure suivante montre les réactions d'appuis, et les chargements.

Il s'agit de la pression maximale prévue lors de l'injection : 185MPa.

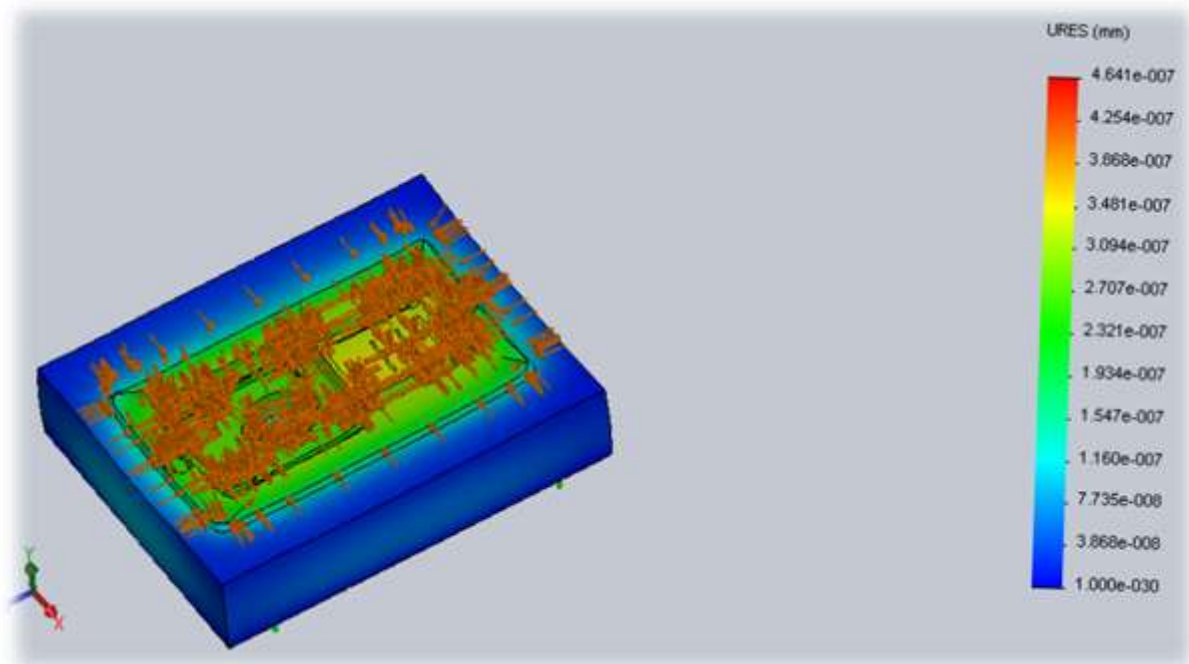


Figure IV.8. Résultat d'analyse statique de l'empreinte mobile.

○ **Empreinte fixe :**

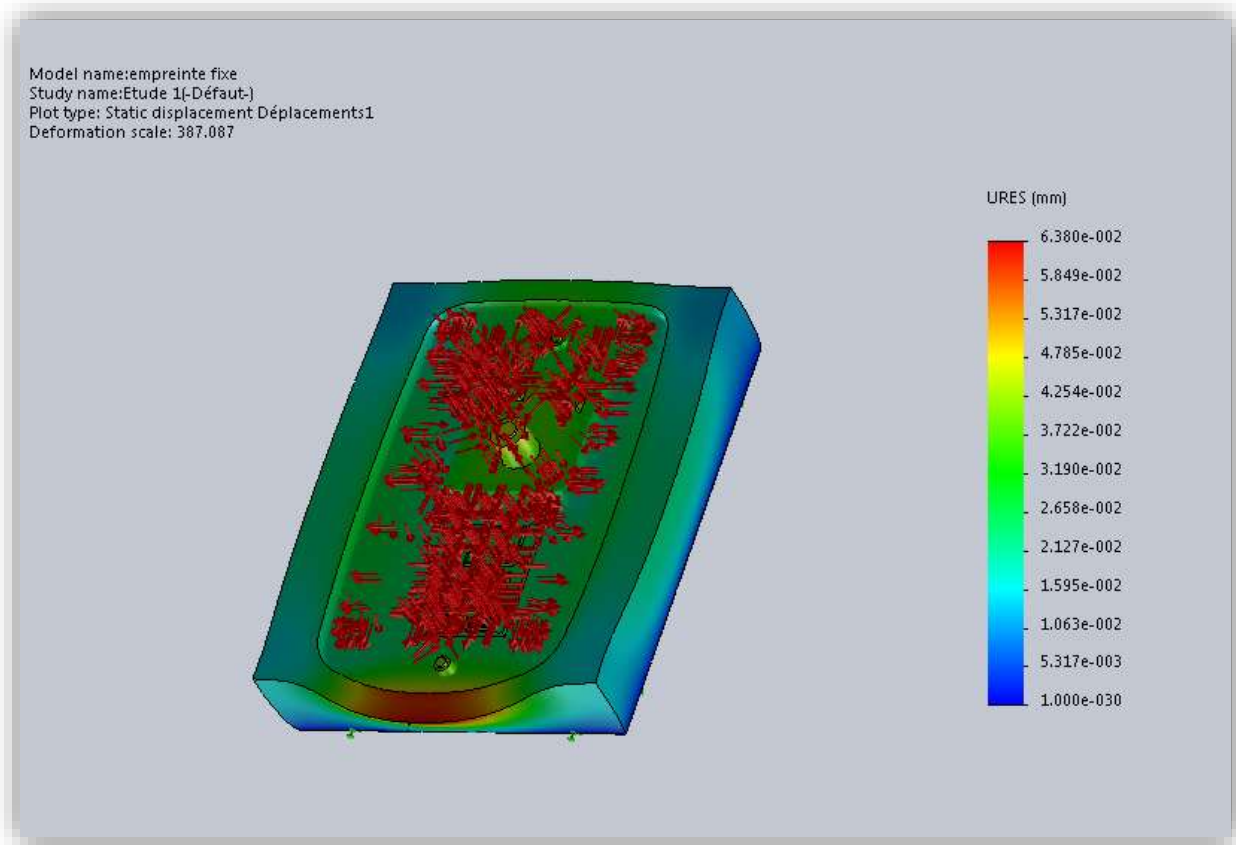


Figure IV.9. Résultat d'analyse statique de l'empreinte fixe.

Les résultats de l'analyse sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1. Résultat d'analyse statique.

	Déplacement résultant maximale	Déformation équivalente
Empreinte mobile	4.688 e-7 mm	1.888 e-8
Empreinte fixe	0.0638 mm	0.00225

D'après les résultats, nous pourrions affirmer la résistance mécanique de l'élément aux sollicitations qui lui seront appliquées durant le service.

7.2 Simulation rhéologique

La simulation rhéologique finale prend en charge l'interaction entre tous les phénomènes qui prennent lieu lors du cycle, elle est faite sur SPLIDWOKS plastics.

7.2.1 Temps de remplissage et Zone de remplissage :

Ce résultat, permet de détecter les zones non remplies et d'indiquer le temps de remplissage.

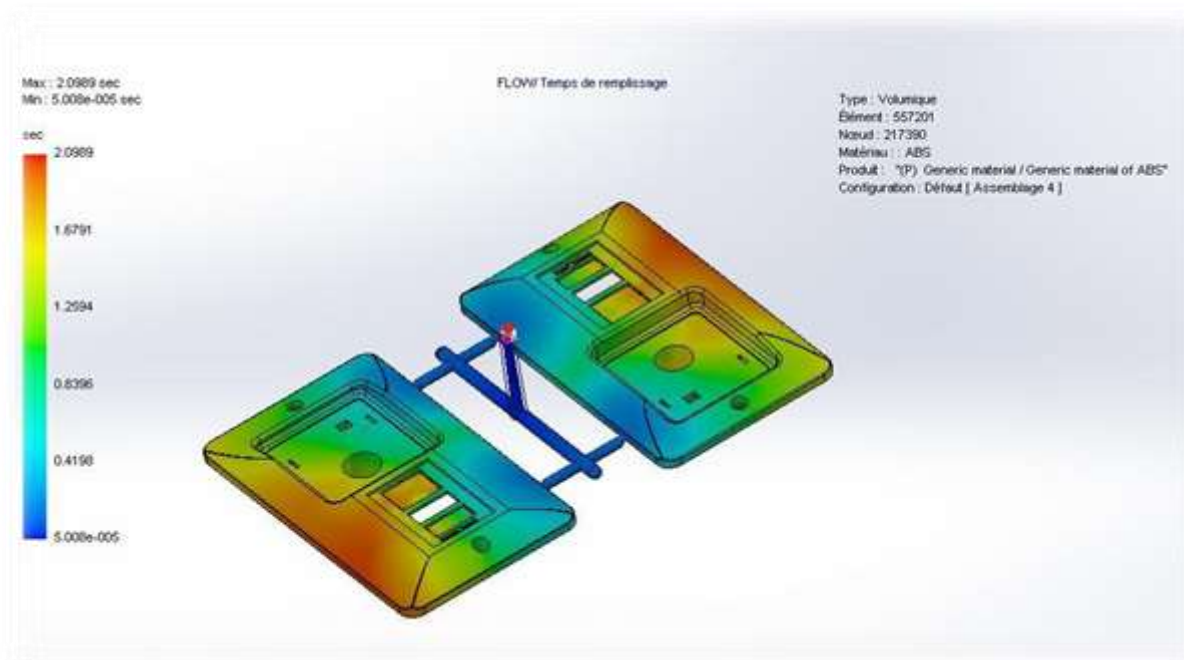


Figure IV.10. Résultat temps de remplissage et les zone de remplissage.

Cette figure montre que :

- Le remplissage est total.
- Le temps maximal constaté est de 2.1s.

7.2.2 Emprisonnement d'air

Ce résultat nous indique l'emplacement des événements.

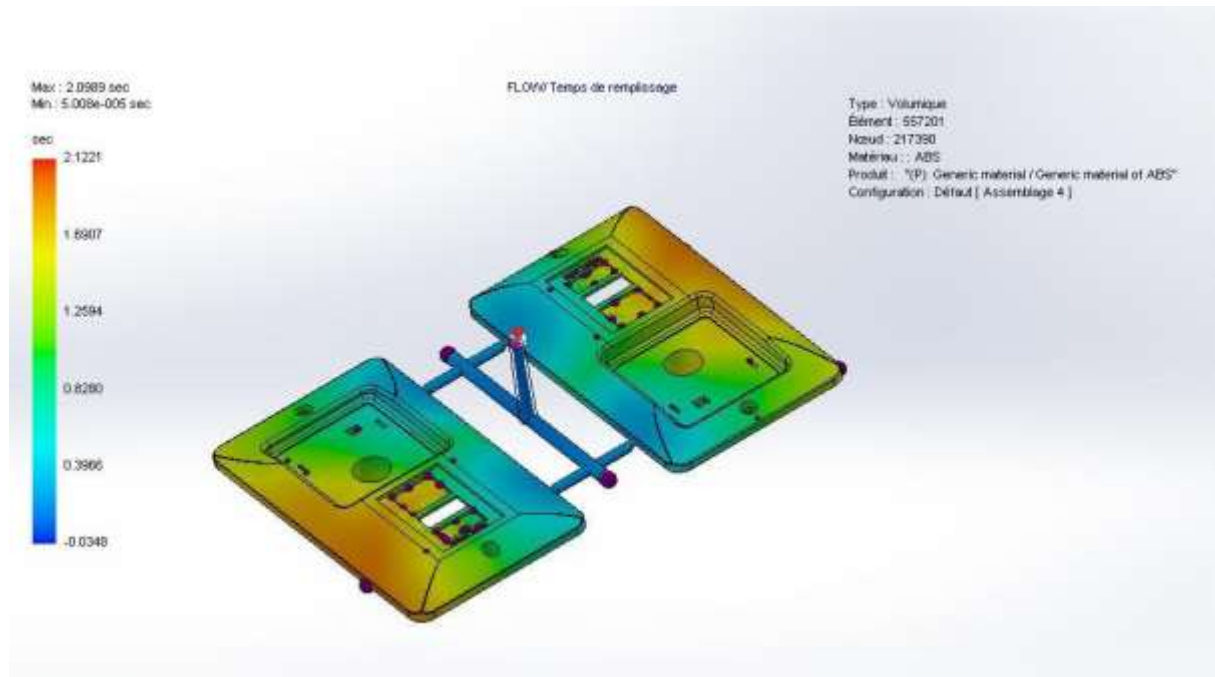


Figure IV.11. Résultat emprisonnement d'air.

7.2.3 Ligne de soudure :

Ce résultat nous indique l'emplacement des lignes de soudure qui constitue un endroit de fragilité mécanique et probablement un défaut d'aspect, donc on doit s'assurer qu'ils sont placé dans une région moins sollicité, et ou l'aspect n'a pas d'influence.

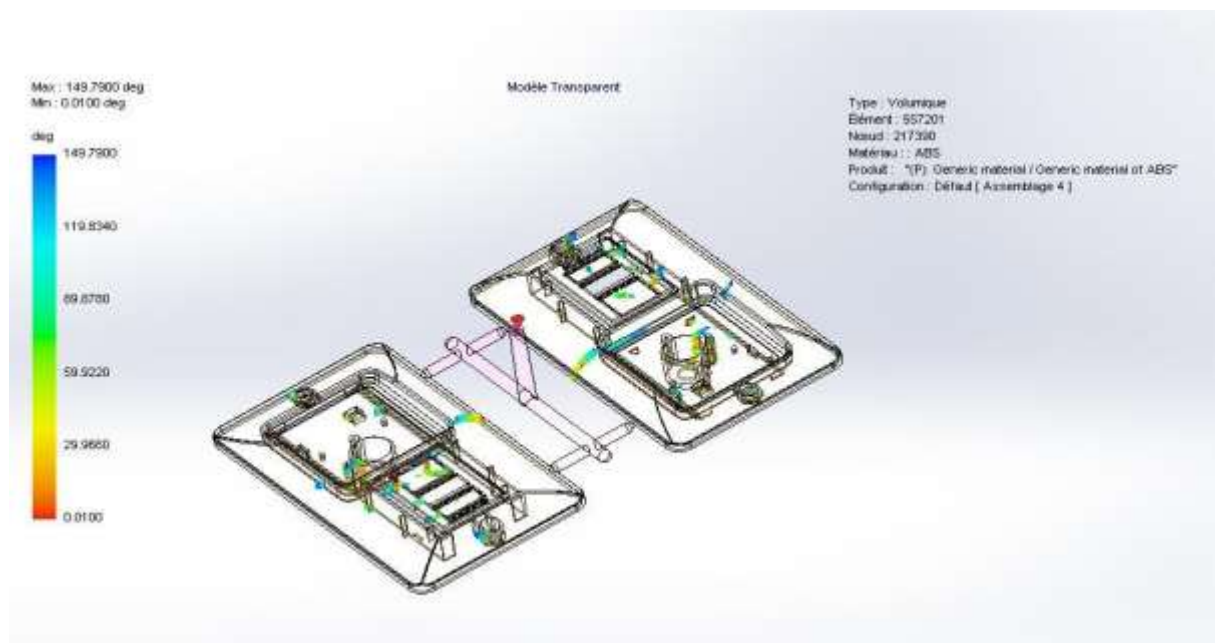


Figure IV.12. Résultat lignes de soudure.

On remarque bien que les lignes de soudure n'ont aucune influence sur l'aspect et les propriétés mécaniques des pièces.

7.2.4 Temps de refroidissement :

Ce résultat nous indique le temps de refroidissement de la pièce.

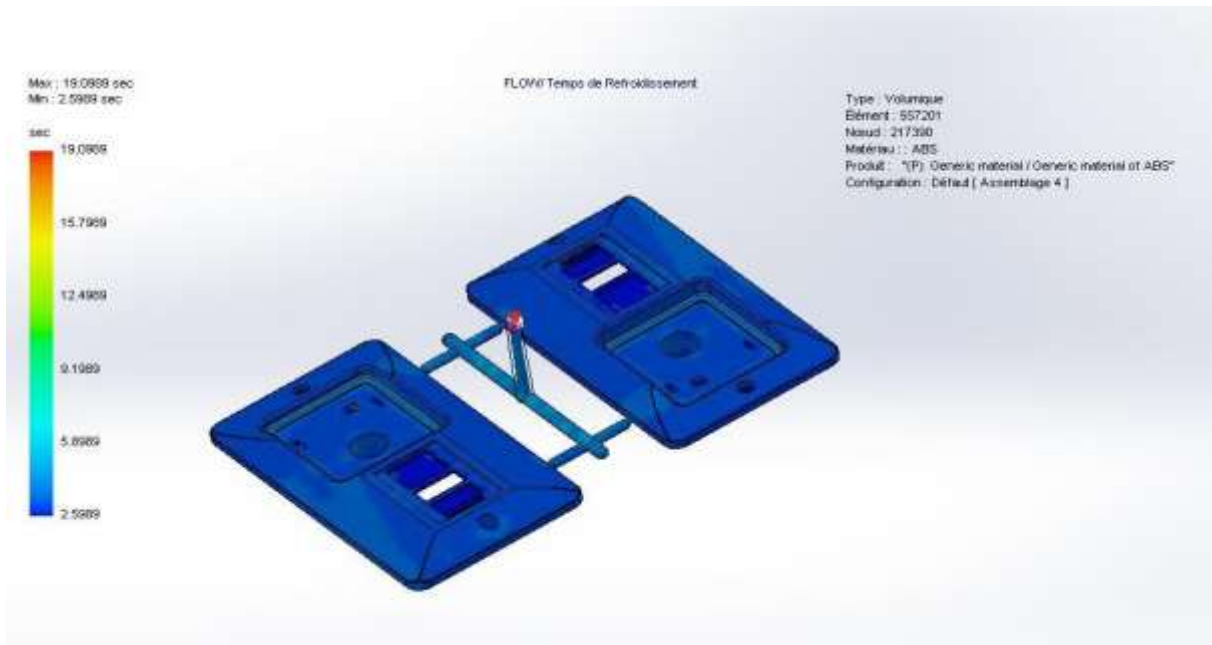


Figure IV.13. Résultat Temps de Refroidissement.

Donc le temps de refroidissement maximal constaté est de **19s**.

Conclusion :

La conception du moule est l'étape la plus délicate par ce que notre pièce est de forme gauche. Le principal problème rencontré dans ce chapitre est le démoulage de la pièce, c'est pour ces deux raisons nous avons utilisé des solutions tout en préservant la mise en forme, les dimensions et la géométrie de notre produit.

À la fin d'après les simulations nous sommes à présent amené à :

- valider le système d'alimentation.
- valider le système de régulation.
- Déterminer les paramètres du procès optimisés : températures, et pression.
- Valider la résistance mécanique de tous les éléments constituant le moule.

Chapitre V

Calcul et vérification

Chapitre V

Calcul et vérification

Introduction :

L'objectif de notre étude est la conception et réalisation d'un moule pour la production de tableaux de commande d'un congélateur. Afin d'obtenir une pièce de qualité il nécessaire de faire des calculs et des simulations pour vérifier notre conception.

1. Le choix de la machine:

Le choix de la machine dépend essentiellement des facteurs suivants:

- La capacité d'injection.
- La force de fermeture.
- La puissance de plastification.
- La distance entre colonnes.
- Epaisseur minimale du moule.

1.1 La capacité d'injection:

Chaque machine a une capacité d'injection. Pour déterminer la capacité d'injection, il faut déterminer le poids de la pièce et la carotte.

Tableau V.1. Capacité d'injection.

Machines	Capacité d'injection (g)	
	Pour le PE	Pour l'ABS
25T	36	45
75T	83	105
150T	180	230
220T	355	450
350T	680	850
550T	1080	1360

1.2 Le masse de la moulée :

On détermine la masse à partir du logiciel de conception SOLIDWORKS. Sachant que notre moule produit dans chaque cycle deux pièces et une carotte.

$$M=153 \text{ g}$$

D'après le tableau on constate que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matières sont : 150T ,220T, 350T et 550T.

1.3 La force de fermeture de la machine:

L'injection de matière à l'intérieur du moule provoque de grandes pressions engendrant des forces qui ont tendance à ouvrir le moule (force de verrouillage), et pour faire face à ces efforts la presse doit appliquer une force de fermeture supérieure.

- **La force de verrouillage :**

$$F_v=P.S$$

Avec:

- F_v : la force de verrouillage (tonnes).
- P : la pression moyenne d'injection ; $P=0,6(\text{tonnes /cm}^2)$
- S : la surface projeté (cm²) ; $S= 49.56 \text{ cm}^2$.

AN :

$$F_v=29.73 \text{ tonnes.}$$

Tableau V.2. La pression d'injection (Tonnes/cm²).

Matières	La pression intérieure moyenne (dans la normalité)	La pression (forme compliquée).
PE, PP	0,3 à 0,4	0,4 à 0,5
HIS, PA6	0,35 à 0,45	0,45 à 0,55
PS, AS, ABS	0,4 à 0,5	0,5 à 0, 6

- **La force de fermeture:**

$$F= F_v.k$$

Avec :

- F_v : force de verrouillage
- K : coefficient de sécurité; $1 \leq K \leq 2$.

AN: on prend $k=1.5$

$$F=44.60 \text{ tonnes.}$$

D'après les résultats obtenus de la capacité d'injection et la force de fermeture, il me permet de choisir la machine de **350T**.

1.4 La puissance de plastification (C):

Même si la machine 350T peut injecter 153g, on doit vérifier sa capacité de plastification (la quantité de matière plastifiée par heure) qui est en fonction du poids de la grappe et du temps de cycle.

$$C = \frac{3600 \times M}{t_c}$$

Avec :

- **M** : masse .
- **t_c** : temps de cycle.

Donc :

$$C=20324.72\text{g/h}=20.324\text{kg/h.}$$

1.5 La distance entre colonnes :

La presse possède quatre colonnes de guidages des plateaux sur lesquels le moule sera fixe. Pour ce faire, l'une des dimensions transversales du moule doit être inférieure à la distance entre colonnes.

Les dimensions de notre moule sont :

- Largeur : **550mm**.
- Hauteur : **446mm**.

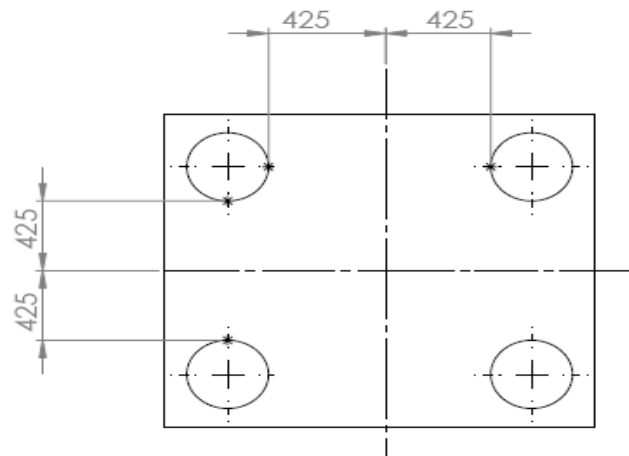


Figure V.1. Schémas d'un plateau d'une presse 350T.

1.6 Epaisseur minimale du moule :

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 350T sont :

- La distance entre plateaux **1250mm**.
- La course maximale du piston **950mm**.

A partir de là, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à **300mm** (notre moule a une épaisseur de **315mm**).

Caractéristiques techniques de la presse 350T:

Tableau V.3. Caractéristiques techniques de la presse 350T.

Symbole d'injection	i 9
Symbole du cylindre	A
Pression d'injection	1890 kg/cm²
Taux d'injection	262cm³/s
Quantité d'injection	PS 450gr
	PE 355gr
Diamètre de la vis	50mm
Puissance de plastification	150kg/h
Force de serrage	350tonnes
Force d'ouverture	18.9tonnes
Vitesse maxi de rotation de la vis	25tpm
Intervalle des tyrants	710x710mm
Dimension de la plaque matrice	1000x1000mm
Course de serrage	950mm
Epaisseur Mini du moule	300mm
Ouverture	1250mm
Force de foulage (hydraulique)	9.9tonnes
Course de foulage	125mm
Quantité d'huile d'usage	1000 litres
Moteur destine à la pompe	45 kw
Capacité du réchauffeur	11.8 kw
Dimension de la machine (Lx l x H)	7.5x1.8x2.4m
Poids de la machine	17 tonnes

2. Temps de cycle :

- Temps de refroidissement:

$$t_R = \frac{e^2}{\pi^2 D} \text{Ln} \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right) \right]$$

Avec:

- **e**: épaisseur moyenne de la pièce; e=2 mm
- **D**: la diffusivité thermique de l'ABS; D=8,3.10-8 m²/s
- **T_i**: température d'injection; T_i=230°C
- **T_e**: température d'éjection; T_e=90°C
- **T_m**: température du moule; T_m=50°C

AN:

$$t_r = 7s.$$

- Temps de cycle :

$$t_c = t_R + t_i + t_m + t_e + t_o + t_f$$

Avec:

- **t_R**: temps de refroidissement (7s)
- **t_i**: temps d'injection (2s)
- **t_m**: temps de maintien (5s)
- **t_e**: temps d'éjection (5s)
- **t_o**: temps d'ouverture (4s)
- **t_f**: temps de fermeture (4s)

Donc :

$$t_c = 27s$$

3. Vérification a la Résistance des matériaux :

Afin vérifier la résistance du moule aux conditions de travail, il est nécessaire de définir le comportement de quelque éléments à ces efforts.

La force de fermeture qu'exerce une presse a injection est égale à son tonnage. Partant de ce principe, la presse à 350T fournit une force de fermeture de 350T

○ Résistance au matage:

Condition de résistance :

$$\sigma_e = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

Avec

$$R_{pe} = \frac{R_e}{s}$$

Ou :

R_e : Résistance à la traction ($R_e = 370N/mm^2$ pour les aciers).

s : Coefficient de sécurité($s=2.2$).

S : surface soumise au matage.

Avec : $S=L.E$

Tel que : L : longueur de l'élément.

E : largeur de l'élément.

AN :

$$R_{pe} = \frac{370}{2.2} = 168.2N/mm^2.$$

Tableau V.4. Résistance au matage pour les différents éléments de moule.

élément	Longueur (mm)	Largeur (mm)	σ_e (N/mm ²)
Porte empreinte fixe	446	310	25.31
Semelle fixe	550	446	14.27
tasseaux	446	55	142.69

Pour le porte empreint mobile et la semelle mobile pressentent les mêmes dimensions que le porte empreinte fixe et la semelle fixe.

Donc tous les éléments de moule résistent au matage qui est dû à la force de fermeture de moule.

○ **Vérification des colonnes de guidages au cisaillement :**

Les colonnes de guidage sont soumises au cisaillement causé par le poids P de la partie fixe.

La condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n \cdot S} \leq [\tau]_{cis}$$

Avec $[\tau]_{cis} = \frac{\sigma_e}{k} \cdot 0.8$

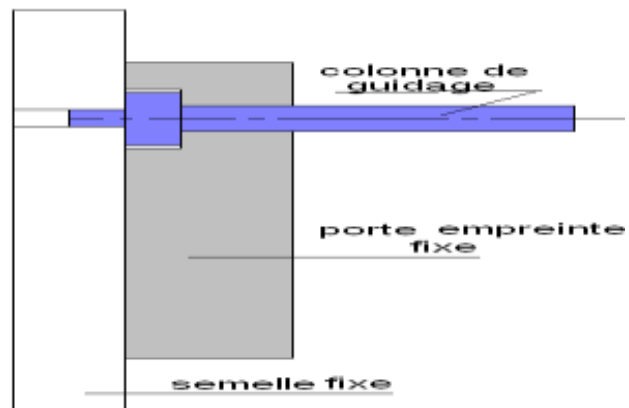


Figure V.2. Position des colonnes de guidage.

Tel que :

- σ_e : limite élastique du matériau ($\sigma_e = 1300\text{N/mm}^2$).
- **F** : poids de la partie fixe ; **F= 629.89 N**
- **n** : le nombre de sections cisillées ; **n=4.**
- **d** : diamètre de la colonne ; **d=20mm.**
- **S** : section.
- **k** : coefficient de sécurité ; on prend **k=2.**

$$AN : [\tau]_{cis} = 520 N/mm^2$$

$$\tau = \frac{F}{n \cdot S} \leq [\tau]_{cis}$$

$$AN : \tau = 0.501 N/mm^2.$$

La condition est vérifiée.

- **Vérification des vis de fixation de la semelle mobile avec les tasseaux au cisaillement:**

$$\tau = \frac{F}{n \cdot S} \leq [\tau]_{cis}$$

Avec :

F : poids des tasseaux, du porte empreinte mobile et deux empreintes; **F=1091.85N**

n : le nombre de vis ; n=6

d : diamètre de vis ; d=16.

$$\text{Donc } \tau = 0.91 N/mm^2.$$

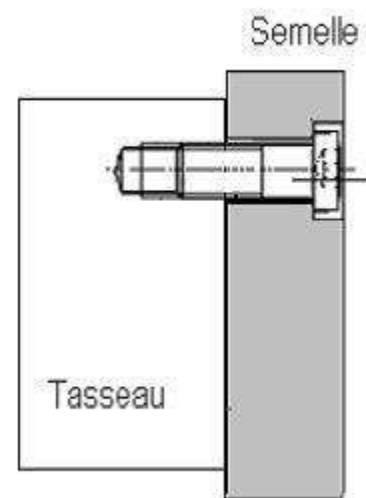


Figure V.3. Position des vis.

La condition est vérifiée.

- **Le choix des ressorts :**

On a utilisé des ressorts qui ont pour but essentiel d'assurer le retour de la batterie à sa position initiale.

Le choix des ressorts dépend essentiellement de :

- La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces (**22mm**)
- La charge a supporté (Poids de la batterie éjectrice **P=255.42 N**) ;
- L'encombrement (**d1=16mm, d=32mm**).

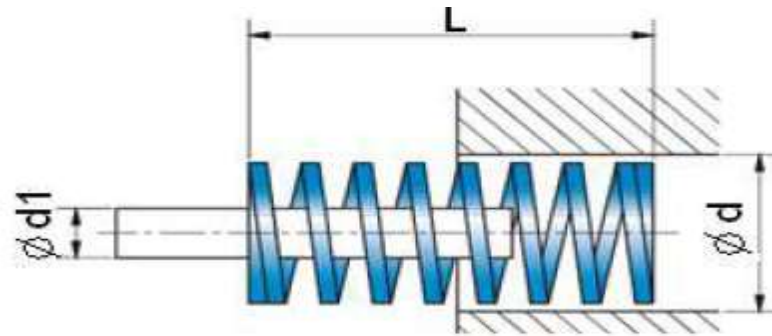


Figure V.4. Schéma de dimensionnement d'un Ressort.

Pour éviter le phénomène d'arc-boutement qui peut être provoqué par l'utilisation d'un seul ressort, on a opté pour l'utilisation de quatre ressorts, qui sont disposés sur les colonnes de rappels.

L'effort de rappel (F) que doit exercer un ressort est égal au poids total de la batterie sur le nombre de ressorts utilisés.

Donc :

$$F = \frac{255.42}{4} = 63.86 \text{ N}$$

Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort (F), il est nécessaire de consulter des abaques. Ces abaques classent les ressorts par couleur qui signifie le type de charge comme le montre la figure suivante.



Figure V.5. Classification des ressorts par couleur.

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur **bleu** Réf.

356, et qui a les caractéristiques suivantes (voir l'annexe 5):

- $D1=16\text{mm}$
- $D=32\text{ mm}$
- $F= 2376\text{N}$
- $L=64\text{ mm}$
- $B=64 \times 37.4\%= 24\text{ mm}$
- Section rectangulaire $S=6.8 \times 4$.

Conclusion :

Cette partie nous a permis de choisir la machine à utiliser et aussi de vérifier la conception et dimensionnement du moule, ainsi que le dimensionnement des circuits de refroidissement. Comme on a aussi vérifié la résistance des différents éléments, ce qui va nous assurer une bonne réalisation.

Conclusion générale

La conception d'un moule d'injection plastique qui a fait l'objet de notre étude est un processus complexe et complet nécessite une maîtrise de plusieurs aspects de conception, de calcul, de calcul thermique. A travers de ce projet

Nous avons utilisé le principe de la rétro-conception pour commencer l'étude à partir d'une pièce réelle et monter vers la conception de la pièce finie ensuite la conception du moule.

Pour valider cette conception, une analyse structurelle et une simulation rhéologique permettent de confirmer la résistance mécanique des éléments du moule, le système de refroidissement et d'alimentation, est aussi validé par le module SW plastic. Cette étude de vérification assure le bon fonctionnement du moule avec des coefficients de sécurité acceptables.

Enfin comme perspective, nous souhaitons que la réalisation de ce moule devienne effective de la part de l'entreprise, d'autres études de la cinématique, études thermique du moule et aussi sa durée de vie seront d'une grande importance et nous espérons que ce modeste travail soit un document important qui sera utilisé comme référence pour les promotions à venir.

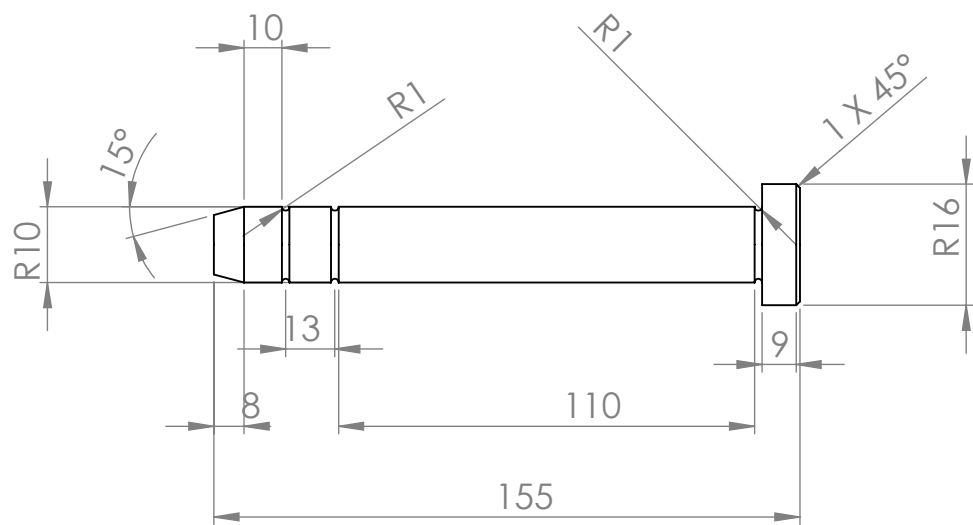
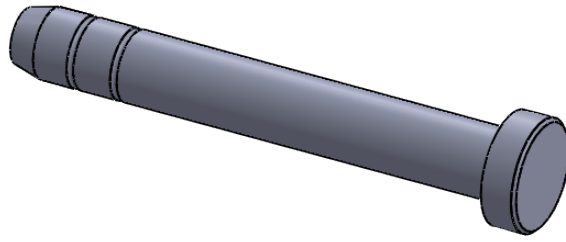
Références bibliographiques

- [1] : <https://prototechasia.com/injection-thermoplastique/histoire-injection-thermoplastique>
- [2] : Thomas Munch, Presses à injecter - Caractéristiques et architecture, Techniques de l'Ingénieur am3672, 2009.
- [3] : Thomas Munch, Moules pour l'injection des thermoplastiques - Conception et réalisation, Techniques de l'Ingénieur am3682, 2011.
- [4] : Thuy Linh Pham. Plastification en injection des polymères fonctionnels et chargés. Matériaux. INSA de Lyon, 2013. Français.
- [5] : Eliette Mathey, Optimisation numérique du refroidissement des moules d'injection des thermoplastiques basée sur la simulation des transferts thermiques par la méthode des éléments frontières, Thèse de DOCTORAT Université Toulouse III - Paul Sabatier. France, 2004.
- [6] : André CHEVALIER, Guide du dessinateur industriel, Edition HACHETTE, 2004.
- [7] : <http://www.oinonen.com/img/file.php?id=4808>(composantes standard pour moules et outillages).
- [8] : documentation offerte par l'entreprise ENIEM.
- [9] SAIDI. B. HAMMAMI.T et LOUATI. H, *Cours de PMF des Matières plastiques*.
- [10] : CHABANE FOUAD, contribution à la modélisation de transfert de chaleur lors du remplissage d'un moule, université de Biskra, promotion 2009.
- [11] : <https://plastoyo.com>.
- [12] : Gassou.M et Rahmani.A, Etude de la qualité des pièces fabriquées en moulage par injection, UniversitekasdimerbahOUARGLA ,promotion 2013.
- [13] : Eléments normalise pour outils, montages et machines (steinel NORMALIEN).
- [14] : SEBAIHI.S et OURKHOU. H, démarche de conception d'un moule à Injection Plastique (Application : Moule d'Attache Tapie), Université Abderrahmane Mira – Bejaïa, promotion 2014.
- [15] : l'injection des polymères thermoplastiques,
<http://patrickibba.free.fr/cours/ibba/injection/cours/1%27injection.pdf>
- [16] : Injection plastique, Lycée Jules Haag.
http://jerome0025.free.fr/Enseignement/Cours%20injection/Microsoft%20Word%20-%20cours_eleve_final.Pdf

Références bibliographiques

- [17] : AMROUCHI.Y et BOULAOUCHE.A, étude et conception d'un moule d'injection plastique tube de dégivrage pour réfrigérateur ENIEM 520 L, Université mouloud Mammeri de TIZI OUZOU, promotion 2014.
- [18] : DJENDER.M et CHOUALI.S, étude et conception d'un moule d'injection plastique de la pièce de fixation de la soupape de décharge, Université mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU, promotion 2014.
- [19] : BELKACEMI.W et SADJI.M, Conception d'un moule d'injection plastique à partir d'une pièce modèle, Université des Sciences et de la Technologies Houari Boumediene, promotion 2018.
- [20] : John Wiley& Sons, Inc, la conception des pièces moulées par injection pour les nuls, édition spéciale PROTO LABS.
- [21] BENKHOUYA .A, étude et conception d'un moule à injection plastique pour roue dentée (pignon), Université Abderrahmane Mira de Béjaia, promotion 2014.

ANNEXES



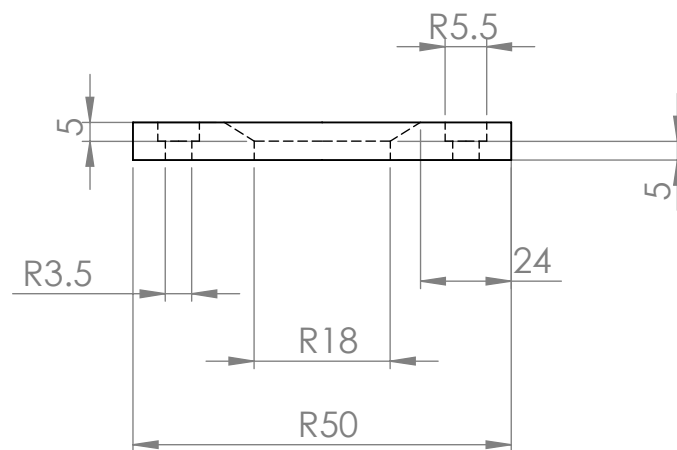
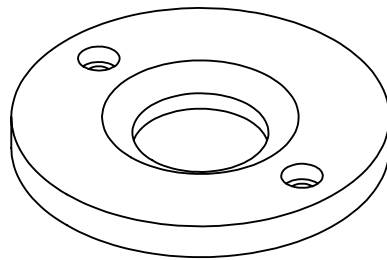
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ÉCHELLE:
1:2

colonne de guidage

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



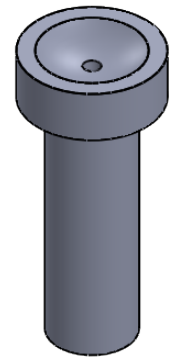
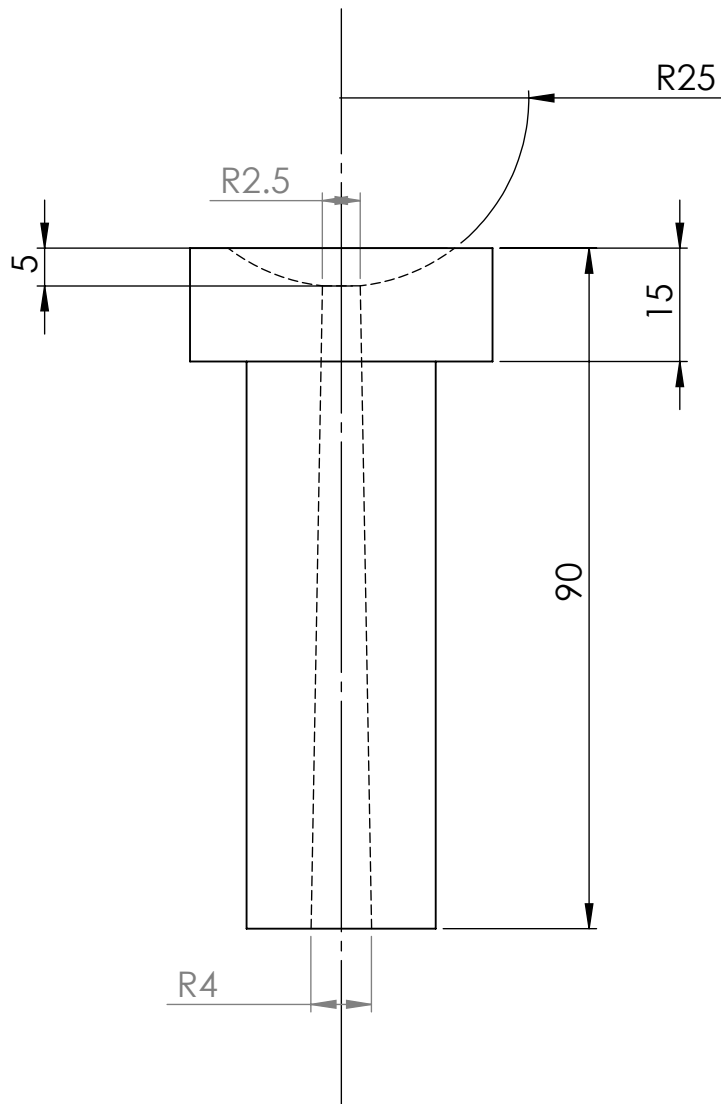
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ÉCHELLE:
1:2

bague de centrage

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



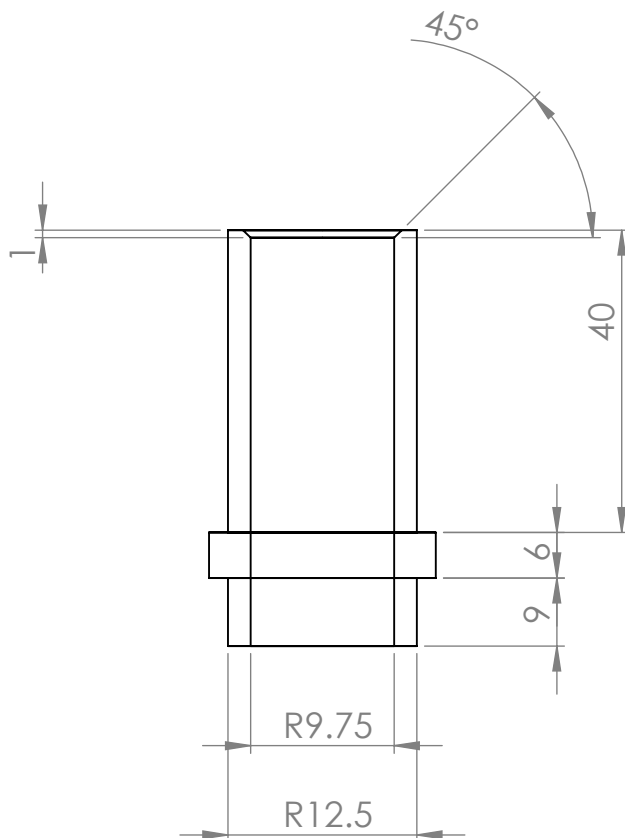
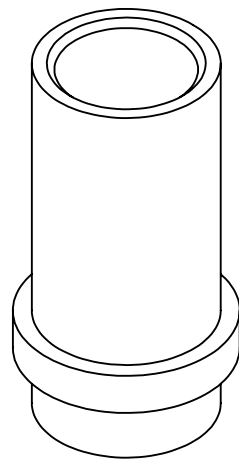
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ÉCHELLE:
1:1

buse d'injection

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



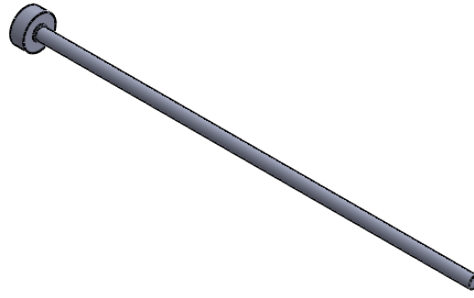
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ÉCHELLE:
1:1

bague epaulee

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



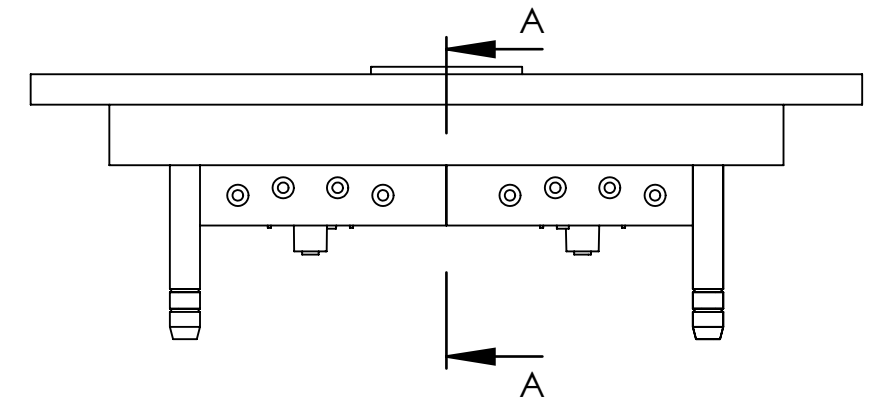
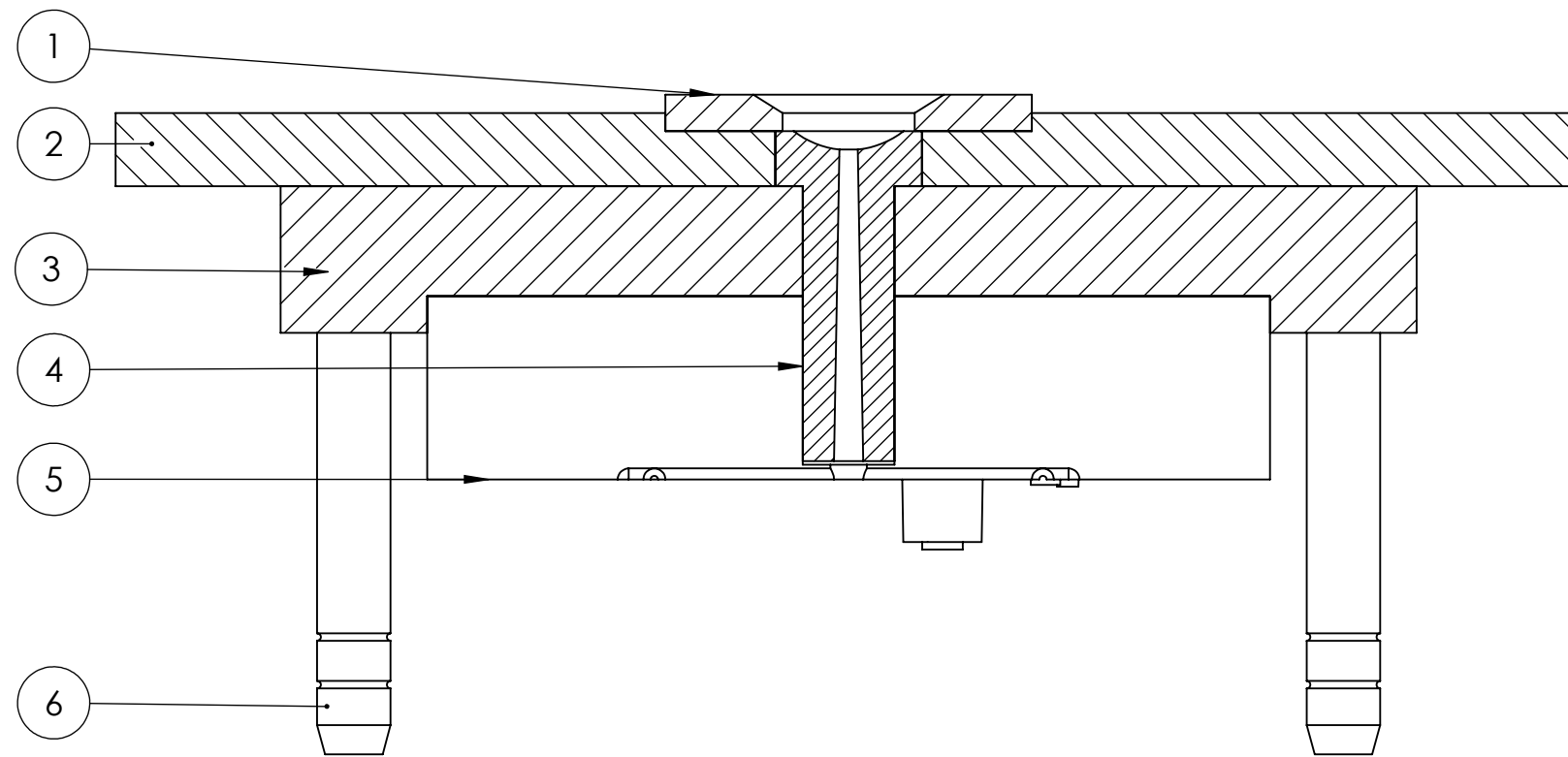
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ÉCHELLE:
1:2

EJECTEUR 1

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



Numéro	Désignation	Quantité
1	bague de centrage	1
2	semelle fixe	1
3	PORTE EMPREINTE FIXE	1
4	buse d'injection	1
5	buse d'injection	2
6	colonne de guidage	4

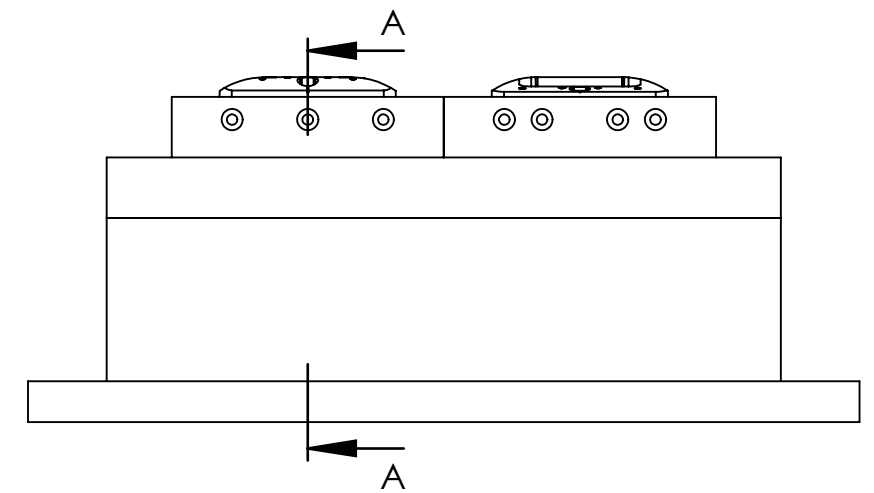
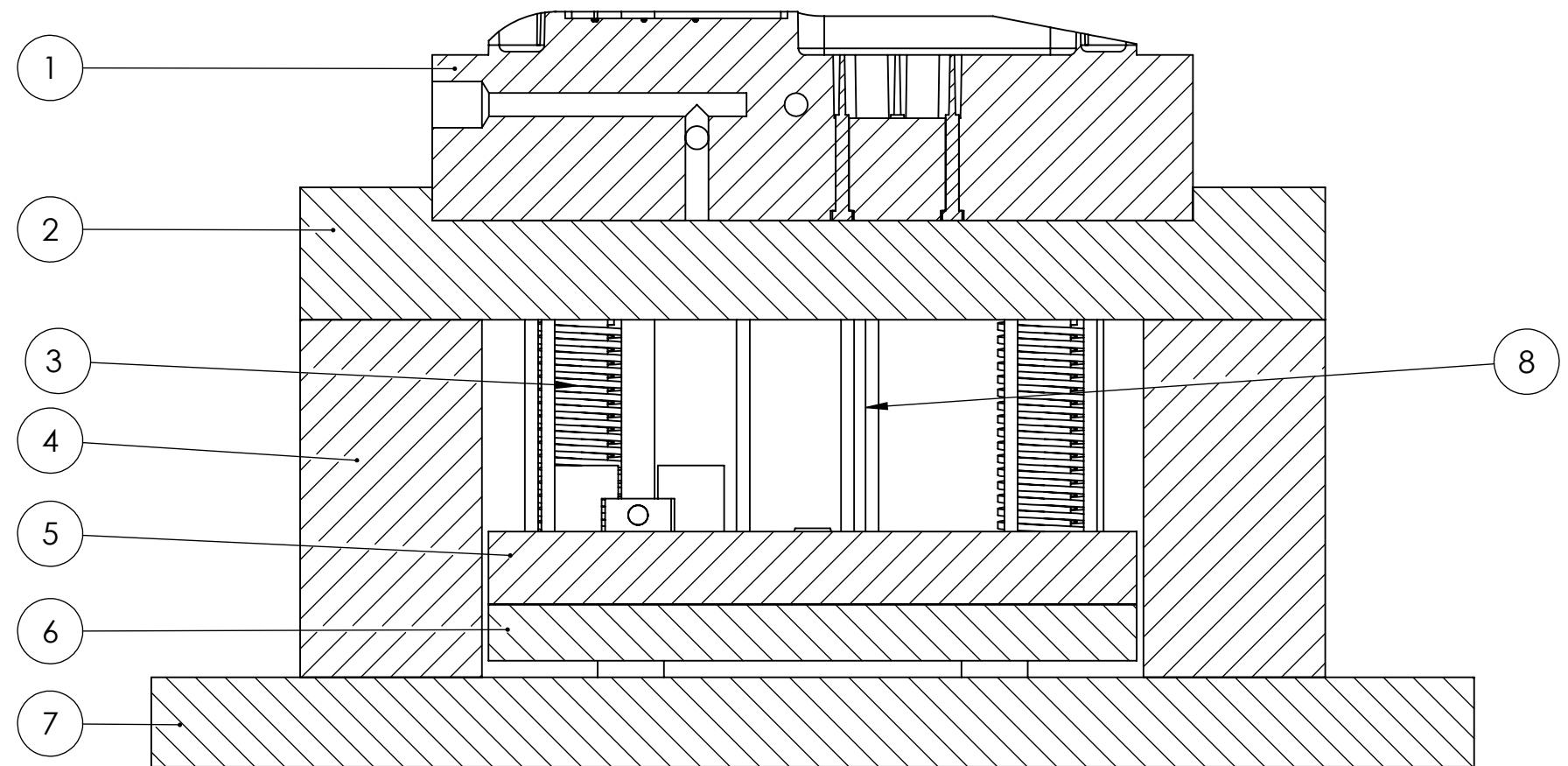
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE:1:5

Assemblage fixe

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



Numéro	Désignation	Quantité
1	empreinte mobile	2
2	porte empreinte mobile	1
3	ressort	4
4	tasseaux	2
5	PORTE EJECTEUR	1
6	contre plaque	1
7	semelle mobile	1
8	EJECTEUR	36

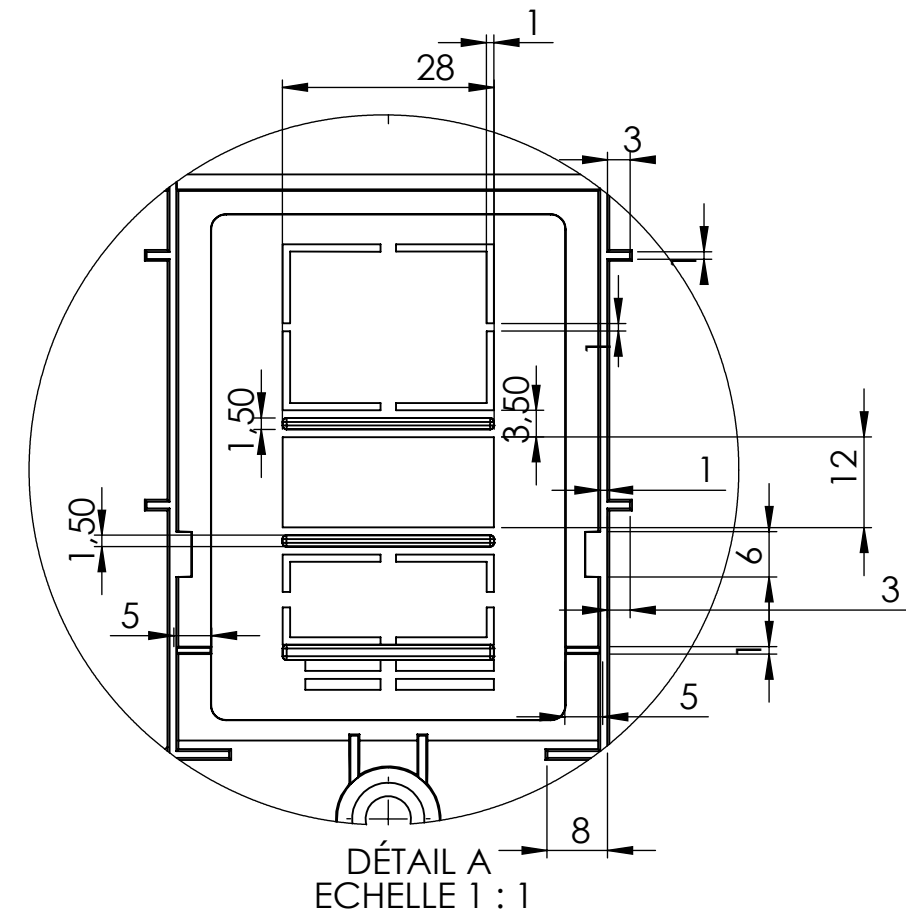
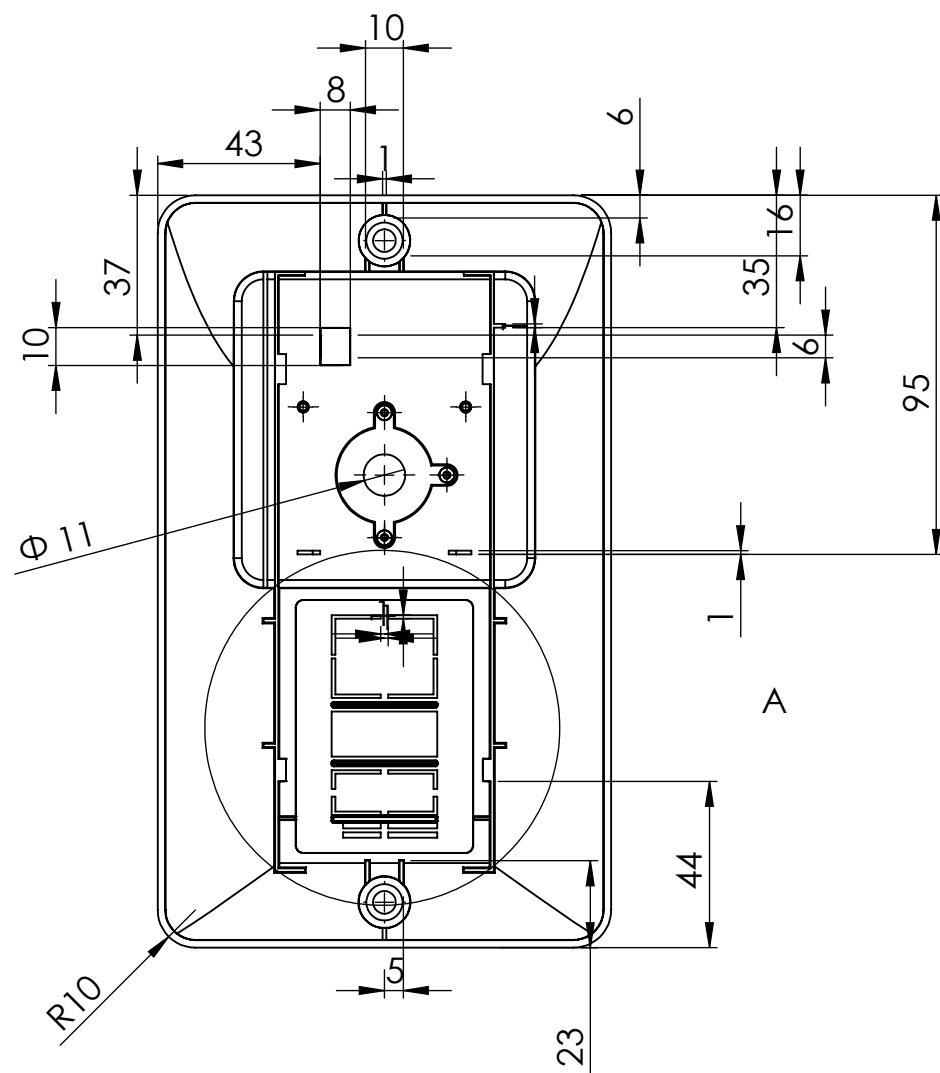
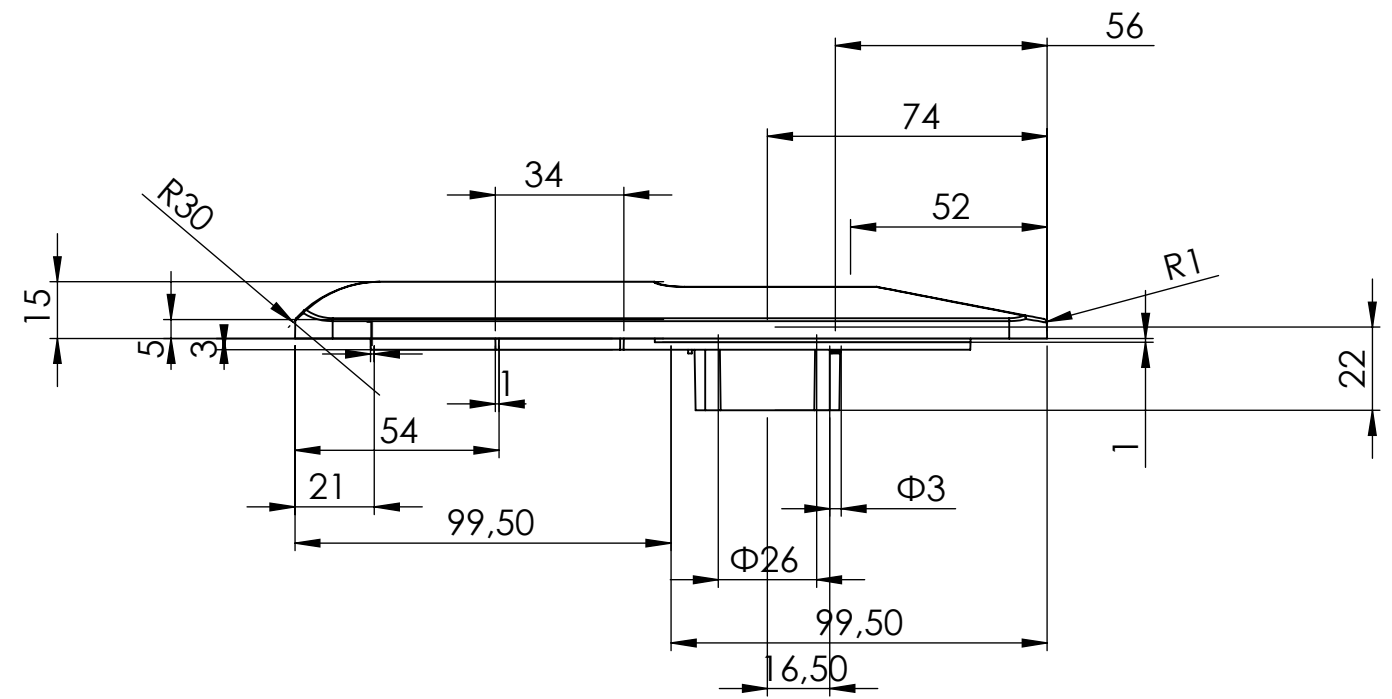
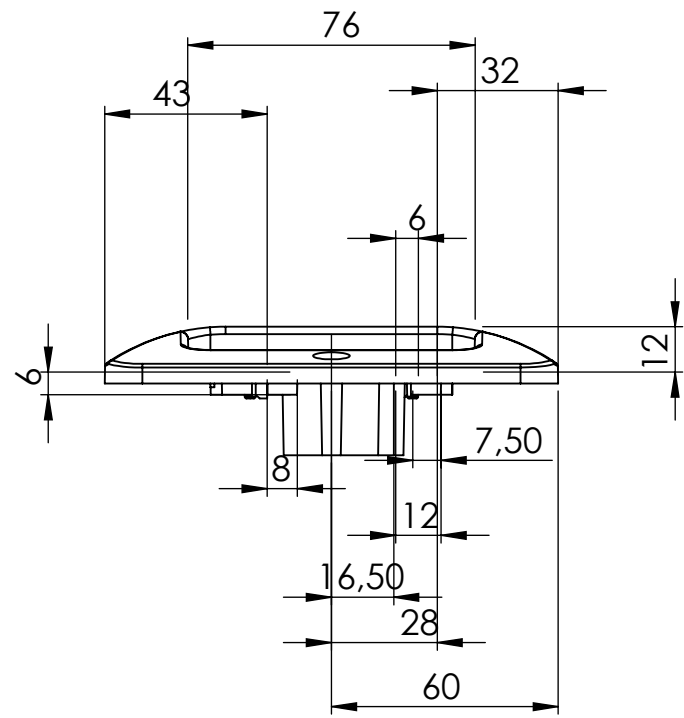
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE:1:5

Assemblage mobile.

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



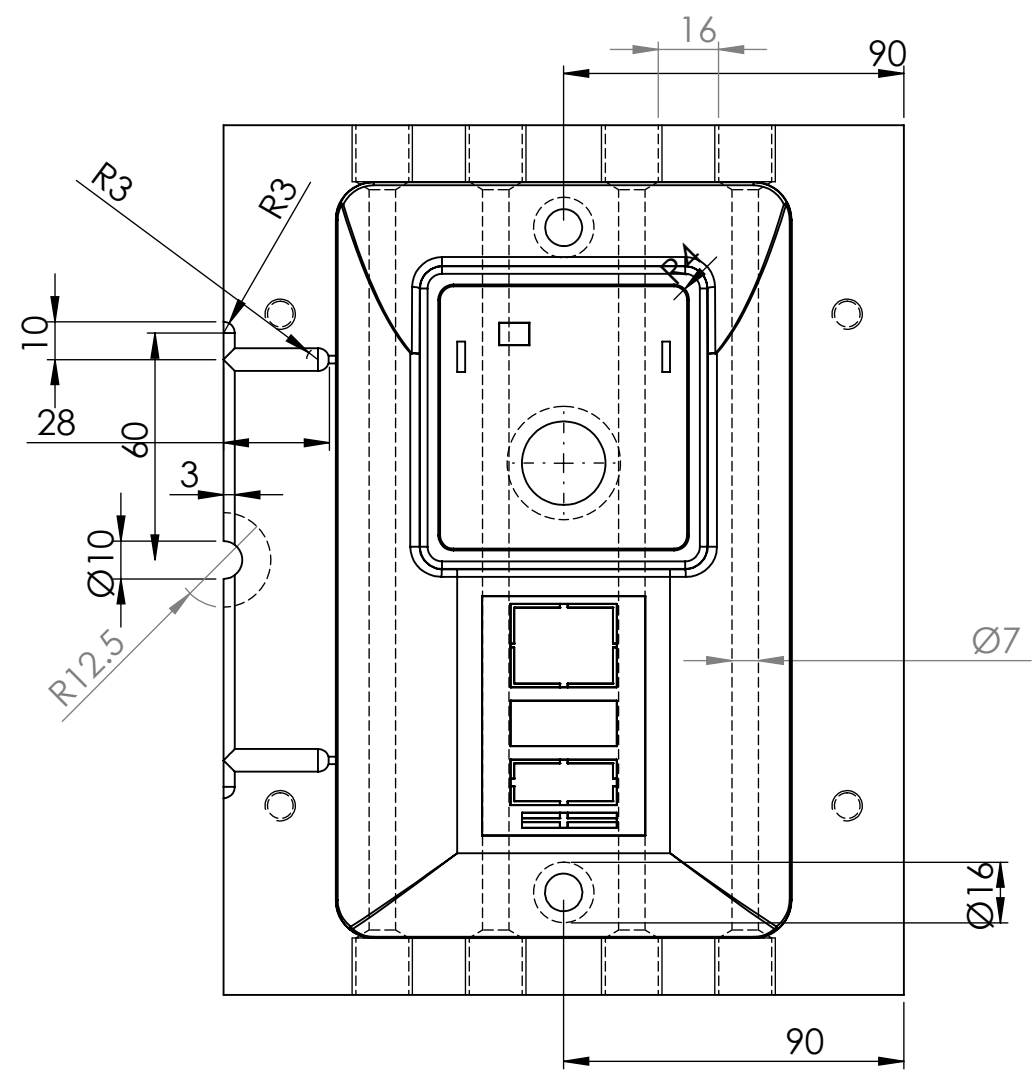
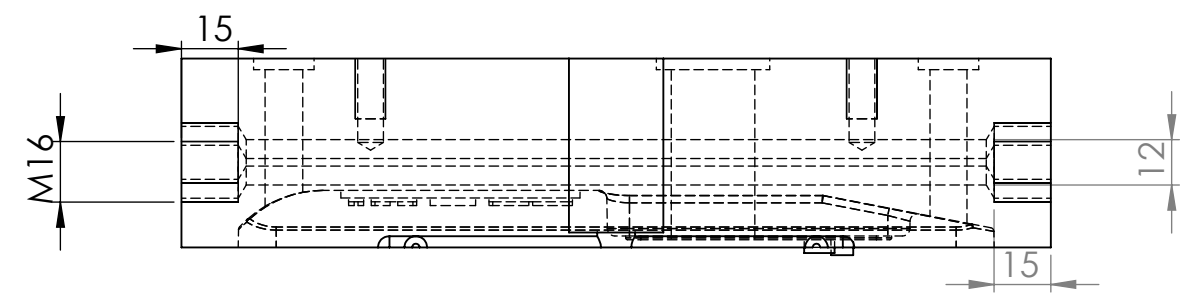
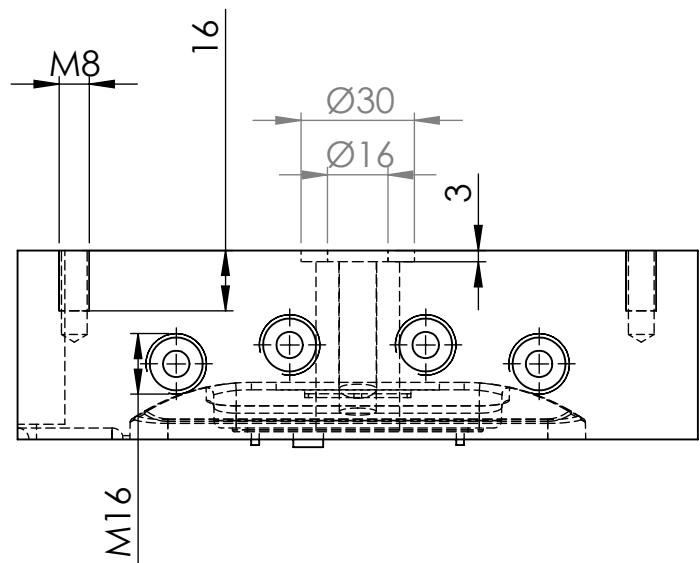
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE:1:2

piece

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



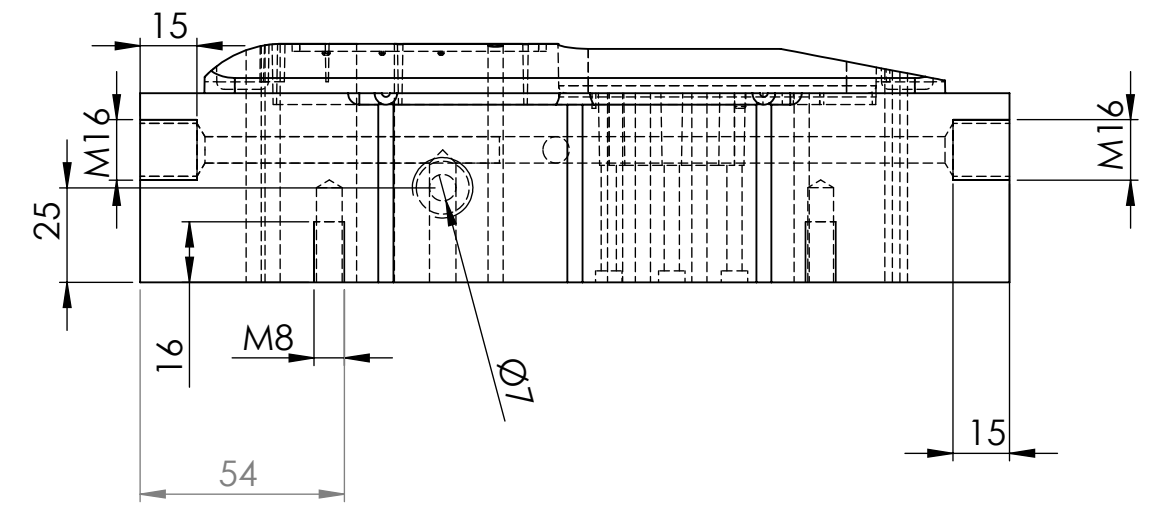
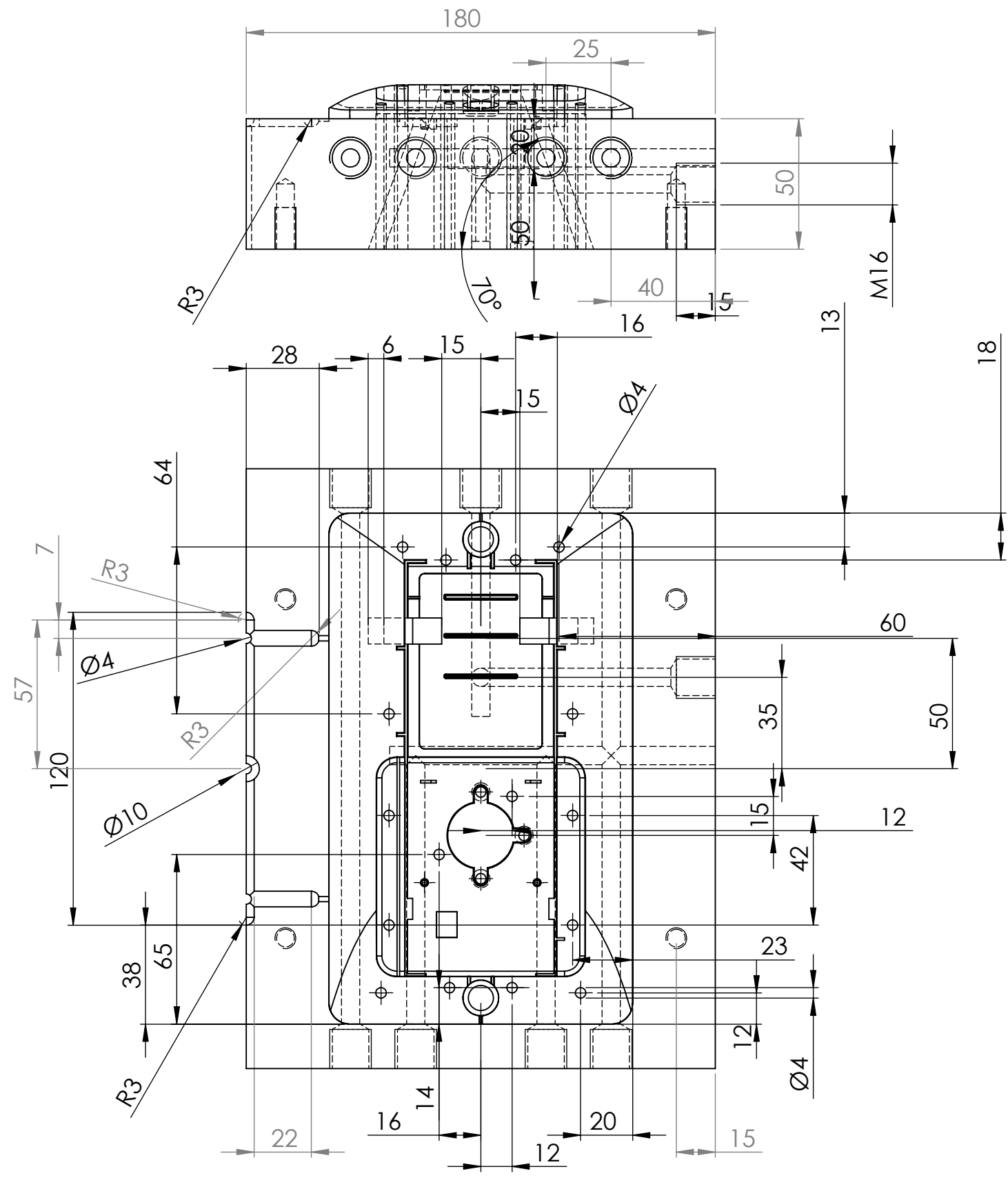
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE:1:2

empreinte fixe

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE:1:2

empreinte mobile

Réalise par :CHERIEF EL-Hadi

20/06/2019