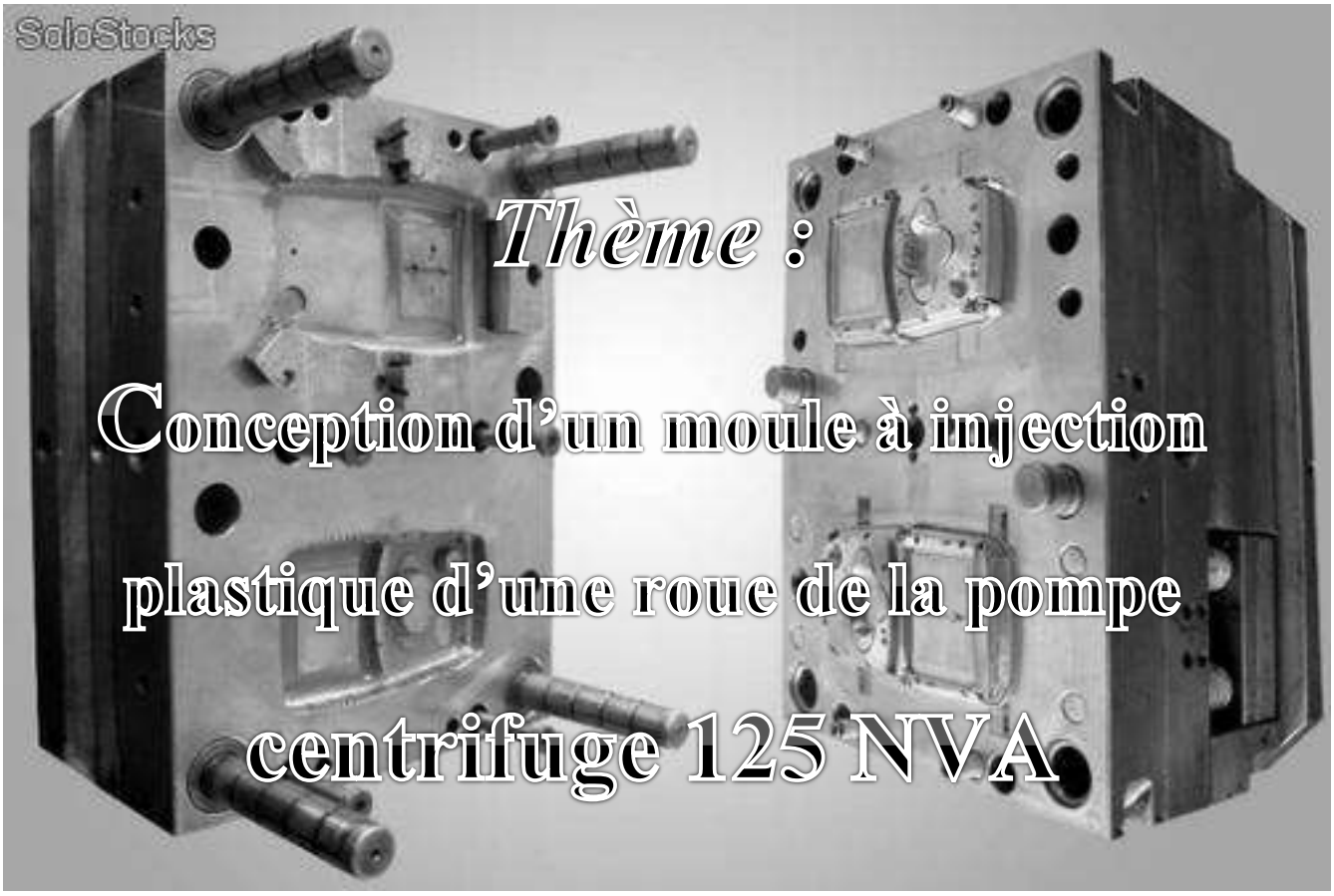
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Dr. YAHIA FARES DE MEDEA
Faculté des sciences et de la technologie
Département de Génie de la Matière
En vue d'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Génie Mécanique
Option : Conception Mécanique

Mémoire de Fin d'études



Thème :

Conception d'un moule à injection plastique d'une roue de la pompe centrifuge 125 NVA

Présenté Par : Bouamrane Toufik

Dirigée par: Pr. ABDELLAH-El Hadj Abdellah

Année Universitaire : 2011-2012

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

A ceux qui m'ont encouragé le long de mes études :

Mes très chers parents

***A* mon frère et toutes mes sœurs Aussi ma famille**

A tous mes amis, A tous mes collègues

A tous les personnes qui m'ont aidé de proche

Ou de loin pour réaliser ce travail

Bouamrane Toufik

Remerciements

Je remercie en premier lieu « EL-LAH » pour m'avoir donné la chance et la Force à arriver à ce niveau d'études.

Je tiens à remercier mes très chers parents qui m'ont toujours encouragé et appuyé dans mes projets. Aussi ma famille ainsi que tous mes amis et sincères remerciements à Mohamed Zioui.

Je remercie mon directeur de mémoire Pr. ABDALLAH-El Hadj Abdallah

Je remercie les membres de jury pour avoir accepté de soutenir mon travail

Résumé :

Dans ce mémoire nous avons fait la conception d'un moule à injection plastique d'une roue de la pompe centrifuge 125 NVA-16.

Pour cela, nous avons utilisé les logiciels solidworks et imold. Premièrement une sérié de simulation numérique a été fait pour la coulé de la matière plastique dans la roue, et optimiser les points d'injection du moule,

Deuxièment un moule à injection a été conçu à l'aide de logiciel imold.

Abstract:

In this memoir we made the design of a plastic injection mold of a centrifugal pump impeller 125 NVA-16.

For this, we used the software solidworks and IMOLD. First a series of numerical simulation has been made to the cast in the plastic material of the wheel, and optimize the injection points of the mold, Secondly an injection mold was designed using software IMOLD.

ملخص :

ان العمل الذي قمنا به في الاطروحة هو تصميم قالب حقن البلاستيك لدولاب لمضخة طرد مركزي 125 NVA-16

اولا قمنا بسلسلة من المحاكاة الرقمية لسكب البلاستيك داخل القالب وذلك لتحسين اماكن نقاط حقن البلاستيك في القالب

ثانيا قمنا بتصميم شكل القالب وذلك باستعمال برنامج (solidworks-imold)

Sommaire

Introduction générale 01

Chapitre 1 : Généralités 03

1. Introduction 03

1.1 Classification des pompes 03

1.1.1. Les pompes volumétriques 03

1.1.2. Les pompes centrifuges 08

1.1.2.1. Caractéristique 10

1.1.2.2. Classification des pompes centrifuges 14

1.1.2.3. Avantages et Inconvénient 15

1.3. La pompe NVA 125 16

1.3.1 .Paramètres hydraulique 17

1.3.2. Caractéristiques techniques 17

Chapitre 2 : Moulage par injection

2.1. Méthodes de moulage 19

2.1.a. Moulage par compression 19

2.1.b Moulage par transfert 20

2.1.c Moulage par injection 22

2.2. Conditions de moulage 21

2.2.a. Dosage de la matière 22

2.2.b. Vitesse de rotation de la vis 22

2.2.c.Pression et vitesse d'injection 22

2.2.d.Retard de plastification 23

2.3. Choix de la méthode de moulage 23

2.4. Comparaison des trois méthodes de moulage 24

2.4. le moule 27

2.4.a. Classification 27

2.4.b. Les composant de moule 29

2.5. Cycle d'injection plastique 30

2.6. soudage plastique 32

Chapitre 3 : L'analyse de l'écoulement de la matière plastique

3.1. Equations de base 33
3.2. Equations de l'écoulement incompressible 34
3.3. Analyse de l'écoulement de la matière plastique 35
3.3.a. propriété de la machine d'injection et la matière plastique 36
4.1. Résultat de l'analyse de l'écoulement de la matière plastique 37

Chapitre 4: conception d'un moule injection plastique par solidworks et imold

4.1. Conception initiale 53
4.1.1. Sélectionner une matière 54
4.1.2. Retrait 55
4.1.3. Écoulement du polymère dans les canaux de distribution 55
4. I.4. Paramètres de traitement 56
4. 2. Conception par **solidworks** et **imold** 57
4.2.1. Conception du plan de joint 57
4.2.2. Conception le noyau et l'empreinte 57
4.2.3. Constitution de la carcasse 58
4.2.3.a. Éléments constitutifs de la carcasse 58
4.2.3.b. Conception de la carcasse 59
4.2.3.c. Les éléments de centrage et de fixation 60
4.2.4. Emplacement des points d'injections 61
4.2.5. Système d'alimentation 61
4.2.6. Système de refroidissement 62
4.2.7. Ejecteur 63
4.2.8. Buse d'injection 65
4.2.9. Assemblage 65
4.2.10. Cycle de moulage 68
4.2.2.3. conception de la carcasse (moule2) 70
5. Conclusion
Annexe
Les références bibliographiques

Liste des figures

Chapitre 1

Figure (1.01) : Pompe à palette libres 04

Figure (1.02): schéma d'une Pompes à engrenages extérieurs 05

Figure (1.03): schéma de pompes à rotor hélicoïdal excentré 06

Figure (1.04) : schéma d'une Pompes à piston 07

Figure (1.05) : Différents types de roue pour des fluides non chargés 08

Figure (1.06) : schéma d'une pompe centrifuge 09

Figure (1.07) : Principe de fonctionnement 10

Figure (1.08) : Triangles de vitesse à l'entrée et à la sortie de la roue 13

Figure (1.09) : schéma d'une pompe monocellulaire 14

Figure (1.10) : schéma d'une pompe multicellulaire 14

Figure (1.11) : schéma d'une pompe horizontal 14

Figure (1.12) :schéma d'une pompe vertical 14

Figure (1.13) : schéma d'une roue fermée 15

Figure (I.14) : schéma d'une roue ouvert 15

Figure (1.15) : Vue méridienne de la roue 18

Figure (1.16) : Vue de face de la roue 18

Figure (1.17) : Le model de la roue en 3D 18

Chapitre 2

Figure (2.01) : schéma du Moulage par compression 19

Figure (2.02) : schéma du Moulage par transfert 20

Figure (2.03) : schéma du procédé de moulage par injection 26

Figure (2.04) : les défirent type de direction d'injection 28

Figure (2.05) : schéma représenté les composants de moule 29

Figure (2.06) : Cycle de moulage 31

Chapitre 3

Tableau (3.01) : Les propriétés de la machine 36

Tableau (3.02) : Les propriétés de la matière plastique 36

Figure (3.03) : La viscosité de la matière plastique 37

Figure (3.04) : maillage partie 1 de la roue 38
Figure (3.05) : Temps totale de l'injection (24.5s) (1 point injection) 38
Figure (3.06) : La pression (Pmax= 4.19Mpa) (1 point injection) 39
Figure (3.07) : La variation de la température (1 point injection) 39
Figure (3.08) : les vecteurs de vélocité (1 point injection) 40
Figure (3.09) : la courbe de l'´évolution de pression (1 point injection) 41
Figure (3.10) : Temps totale de moulage (2 points d'injections) 41
Figure (3.11) : la variation de la pression d'un le moule (2 points d'injections) 42
Figure (3.12) : la variation de la température (2 points d'injections) 42
Figure (3.13) : les vecteurs de vélocité (2 points d'injections) 43
Figure (3.14) : la courbe de l'évolution de pression dans les points d'injections 43
Figure (3.15) : Temps totale de moulage (4 points d'injection) 44
Figure (3.16) : la variation de la pression (4 points d'injection) 44
Figure (3.17) : la variation de la température (4 points d'injection) 45
Figure (3.18) : : les vecteurs de vélocité (4 points d'injection) 45
Figure (3.19) : la courbe de de l'´évolution de pression (4 points d'injection) 46
Figure (3.20) : maillage de 2 parties de la roue 47
Figure (3.21) : Temps totale de l'injection (1) point injection 48
Figure (3.22) : la variation de la pression 48
Figure (3.23) : la variation de la température 49
Figure (3.24) : la courbe de de l'´évolution de pression (1) point injection 49
Figure (3.25) : Temps totale de moulage (2) points injections 50
Figure (3.26) : la variation de la pression 51
Figure (3.27) : la variation de la température 51
Figure (3.28) : la courbe de de l'´évolution de pression (2) point injection 52

Chapitre 4

Tableau (4.01) : Propriété du polymère utilise 54
Figure (4.02): le model de la roue 56
Figure (4.03):partie 1 de la roue 56
Figure (4.04):partie 2 de la roue 56
Figure (4.05): plan de joint 57
Figure (4.06): Le noyau et l'empreinte 57

Figure (4.07) : création de l’épaisseur de corps 59
Figure (4.08): création la taille de corps 59
Figure (4.09): Les éléments de centrage et de fixation 60
Figure (4.10): Les éléments de centrage et de fixation 60
Figure (4.11): partie fixe 61
Figure (4.12): partie mobile 61
Figure (4.13): Système d'alimentation 62
Figure (4.14): Système de refroidissement 63
Figure (4.15): choix le type de l’éjecteur 64
Figure (4.16): Ejecteur 64
Figure (4.17): Emplacement des éjecteurs 64
Figure (4.18): Buse d'injection 65
Figure (4.19): vue d’assemblage de moule 65
Figure (4.20): vue éclatée de la moule 66
Figure (4.21): schéma d’assemblage de moule 01 67
Figure (4.22):schéma Cycle de moulage de la parie 1 de la roue 68
Figure (4.23): plan de joint 2 69
Figure (4.24): Le noyau et l’empreinte 2 69
Figure (4.25): schéma de partie fixe et mobile pour le moule 2 70
Figure (4.26) : Système d'alimentation 71
Figure (4.27):schéma de système de refroidissement 71
Figure (4.28): Emplacement des éjecteurs 72
Figure (4.29): Buse d'injection 72
Figure (4.30) : vue d’assemblage de moule 2 73
Figure (4.31): vue éclatée de la moule 73

Nomenclature

Q : le débit volumique	$m3/s$
P : la puissance	[KW]
H : hauteur réelle ou totale manométrique	[m]
ρ : la densité	[kg/m3]
ηV : Rendement volumétrique	[%]
ηm : Rendement mécanique	[%]
D2: Diamètre extérieur de la roue de la pompe modèle [mm]	[mm]
d : le diamètre de l'arbre	[mm]
Z : nombre d'aubages	
R1,R2 : Rayons d'entrée et de sortie	[m]
z: Epaisseur moyenne des aubages	[m]
n : Vitesse de la pompe	(tr/min)
g : accélération de la pesanteur	m/s2
β_1 β_2 :L'angle d'entrée et la sortie de l'aube	[degré]
Φ : Terme de dissipation visqueuse	[W]
C : Vitesse absolue	[m/s]
F : Forces volumiques	[N/kg]
μ :Viscosité dynamique	[Pa·s]
C :Vitesse absolue	[m/s]
P : Pression	[Pa]
F : Forces volumiques	[N/kg]
∇: operateur gradient	

Introduction générale

Introduction générale :

Le moulage par injection plastique devient un domaine de recherche très actif en particulier ces dernières années. Ce procédé de fabrication permet de réaliser des composants de formes très complexes qui possèdent d'excellentes qualités dimensionnelles et de bonnes propriétés mécaniques.

Le moulage par injection plastique est en croissance rapide et elle permet plus dynamique dans le domaine de l'entreprise dans un court laps de temps. Ce processus de moulage par injection plastique apporte beaucoup d'avantages il est très rentable et persistant. En outre, ce processus fournit des produits raffinés qui sont lisses et ne nécessite pas de finition supplémentaire.

Le matériel est alimenté dans un baril chauffé, mélangé, et forcé dans une cavité du moule où il se refroidit et se solidifie à la configuration de la cavité du moule.

Après la conception d'un produit, généralement par un concepteur industriel ou un ingénieur, des moules sont fabriqués par un mouliste de métal, généralement en acier ou en aluminium, et usinées avec précision pour former les caractéristiques de la pièce désirée.

On s'intéresse dans ce mémoire par la conception d'un moule à injection plastique d'une roue centrifuge de la pompe 125 NVA-16 de la société POVAL

Les turbomachines occupent une place importante dans l'industrie des systèmes énergétiques.
Ces systèmes concernent plusieurs domaines d'application qui sont entre autres : le pétrole,
L'énergie, les industries chimique et alimentaire, les transports, la climatisation, le refroidissement de divers systèmes de production, etc. Les pompe centrifuges en particulier sont très largement utilisés pour transfert l'énergie
La conception de moule sera réalisée à l'aide de logiciel (SOLIDWORKS-IMOLD)

Le présent mémoire se compose de 4 chapitres principaux:

- Le premier chapitre contient une généralité sur les pompes et les pompes centrifuges, leur principe de fonctionnement et la théorie des pompes centrifuges.

- Le second chapitre est concerné au procédé de moulage par injection .Il présente les méthodes et les outils de moulage par injection.

- le troisième chapitre consiste à la modélisation de l'écoulement de la matière plastique dans le moule, La simulation numérique a permis d'accéder à la morphologie de l'écoulement interne, et présenter les résultats obtenus pour optimiser les points d'injection .

- Le quatrième chapitre contient une présentation générale de la conception d'un moule à injection plastique de la roue par **Solidworks** et **Imold.**

Chapitre 1

Généralités

Le mot turbomachine est généralement utilisé pour les machines tournantes qui transforment l'énergie d'un fluide. Un premier classement naturel des turbomachines est fait à partir de la nature du fluide utilisé. Selon ce critère elles peuvent appartenir à deux groupes : les machines à fluides incompressibles telles que les pompes, les ventilateurs et les machines à fluides compressibles, dont les compresseurs. Les pompes sont classées, selon leur principe de fonctionnement, en deux groupes : les pompes volumétriques qui transportent le fluide grâce à un changement de volume à l'intérieur d'une ou plusieurs cavités ,et les pompes centrifuge dans lesquelles a lieu un échange de quantité de mouvement entre le fluide et les aubages de la machine.

1.1) Classification des pompes : [1]

1.1.1) Pompe volumétrique :

On appelle pompe volumétrique toute machine assurant l'augmentation de l'énergie du liquide dont le principe est basé sur la variation du volume d'un espace relié alternativement à la conduite d'aspiration et celle de refoulement. La partie hydraulique de la pompe est un engrenage, un piston ou une palette.

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant:

- exécution d'un mouvement cyclique
- pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.

On distingue généralement:

1.1.1.1) Les pompes volumétriques rotatives : Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.

a) Pompes à palettes libres

a.1) Fonctionnement : un corps cylindrique fixe communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du corps. Le rotor est muni de 2 à 8 fentes diamétralement opposées deux à deux, dans lesquelles glissent des palettes que des ressorts appuient sur la paroi interne du stator. Le mouvement du rotor fait varier de façon continue les différentes capacités comprises entre les cylindres et les palettes en créant ainsi une aspiration du liquide d'un côté et un refoulement de l'autre.(fig 1.01)

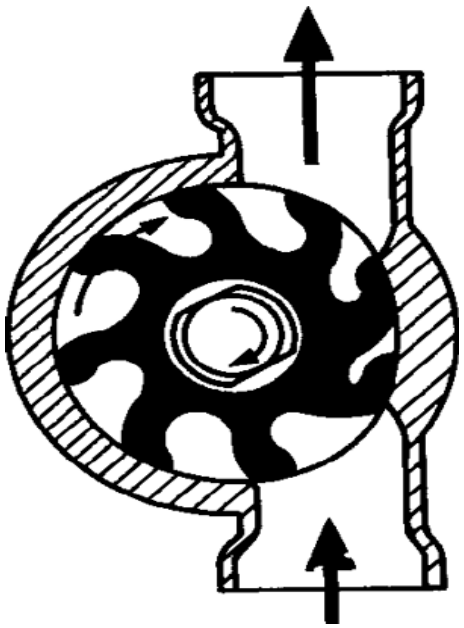


Figure (1.01) : schéma d'une Pompe à palette libres[1]

a.2) Caractéristiques et utilisation : ce sont des pompes caractérisées par des débits allant jusqu'à 100 m3.h-1 et des pressions au refoulement de 4 à 8 bars. Elles conviennent aux liquides peu visqueux.

a.3) Avantages : pas de brassage, débit régulier, marche réversible de la pompe

a.4) Inconvénients :

- usure du corps par frottement des palettes
- difficile pompage des produits visqueux.[1]

b/ Pompes à engrenages extérieurs

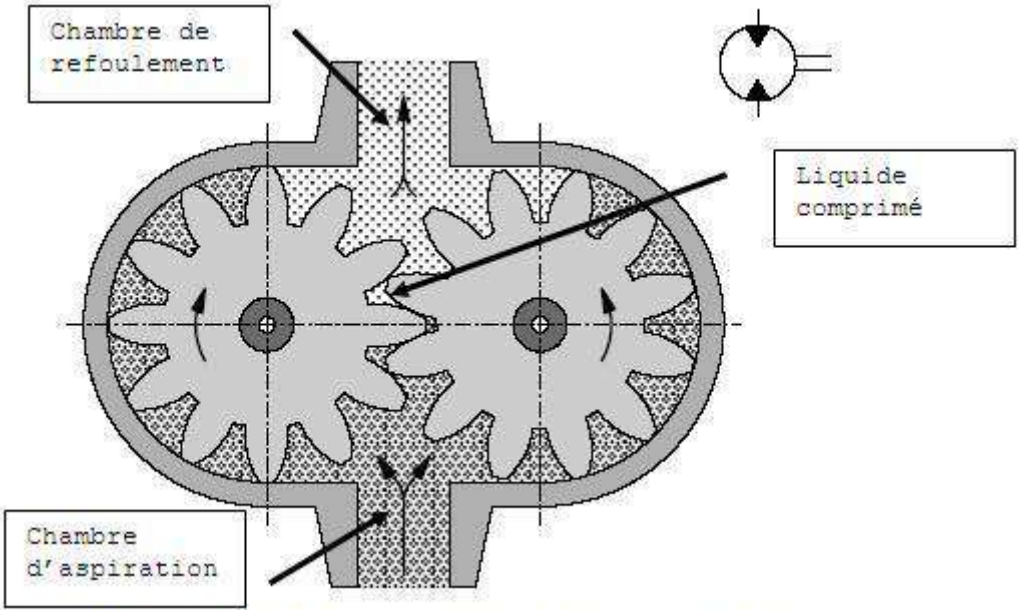


Figure (1.02): schéma d'une Pompes à engrenages extérieurs[1]

b.1) Fonctionnement : Elle est constituée par deux engrenages tournant à l'intérieur du corps de pompe. Le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement. (fig 1.02)

b.2) Caractéristiques et utilisation : ce sont des pompes qui peuvent atteindre des pressions au refoulement de l'ordre de 5 à 30 bars. Les débits peuvent atteindre 300 m3.h-1.

La hauteur manométrique maximale est de 50 à 200 m. Elles n'admettent pas le passage de particules solides sous peine de destruction. Elles sont utilisées pour les produits autolubrifiants et alimentaires.

b.3) Avantages : débit régulier, pas de clapets nécessaires, marche de la pompe réversible

b.3) Inconvénients : nombreuses pièces d'usure pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs ; la présence de traces de solide ayant pour effet d'accélérer l'usure mécanique des pignons et de diminuer l'étanchéité entre le corps de pompe et les dents. .[1]

c) Pompes à rotor hélicoïdal excentré

Fonctionnement : elles sont composées de deux engrenages hélicoïdaux : le rotor tourne à l'intérieur du stator. Le mouvement tournant excentré du rotor permet de véhiculer le produit pompé (fig 1.03)



Figure (1.03): schéma de pompes à rotor hélicoïdal excentré [1]

c.1.Caractéristiques et utilisation : Ces pompes peuvent atteindre des pressions au refoulement de 20 à 60 bars. Le débit est de 500 m3.h-1. Elles sont

Utilisées notamment pour les produits pétroliers et les produits alimentaires. Son utilisation pour alimenter le filtre-presse est fréquente.

c.2.Avantages : passage de particules solides, de produits abrasifs et de boues débit régulier marche de la pompe réversible

c.3.Inconvénients : pas de marche à sec de la pompe, maintenance assez difficile et coûteuse, encombrement important.[1]

d) Les pompes volumétriques alternatives:

La pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçages. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire néanmoins d'examiner la notice du fabricant.

Pompes à piston :

Son principe est d'utiliser les variations de volume occasionné par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces déplacements alternativement dans un sens ou dans l'autre produisent des phases d'aspiration et de refoulement. Quand le piston se déplace dans un sens le liquide est comprimé: il y a fermeture du clapet d'admission et ouverture du clapet de refoulement. Le fonctionnement est inverse lors de l'aspiration du liquide dans la pompe. Une membrane est parfois liée au piston. Fig.(1.04)

Elles ne conviennent que pour des débits moyens de l'ordre de 80 m3.h-1. L'intérêt des membranes est l'utilisation avec des produits chimiques corrosifs, abrasifs ou acides. La pression au refoulement peut aller jusqu'à 25 bars.[1]

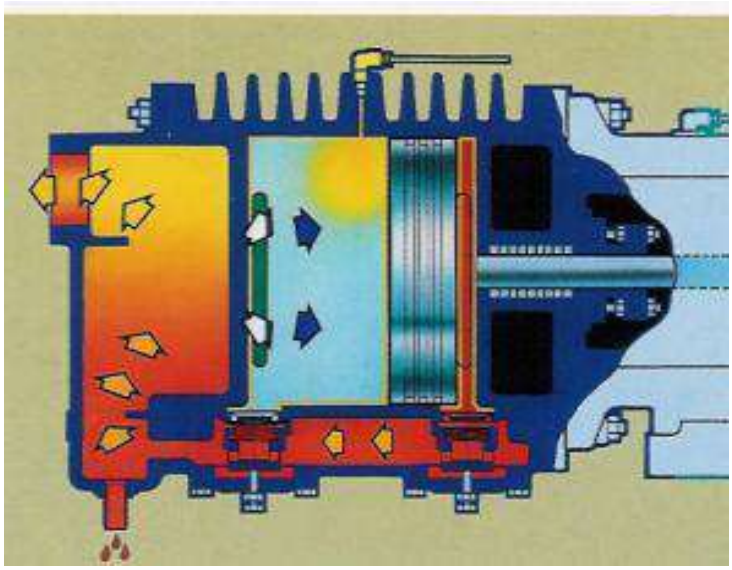
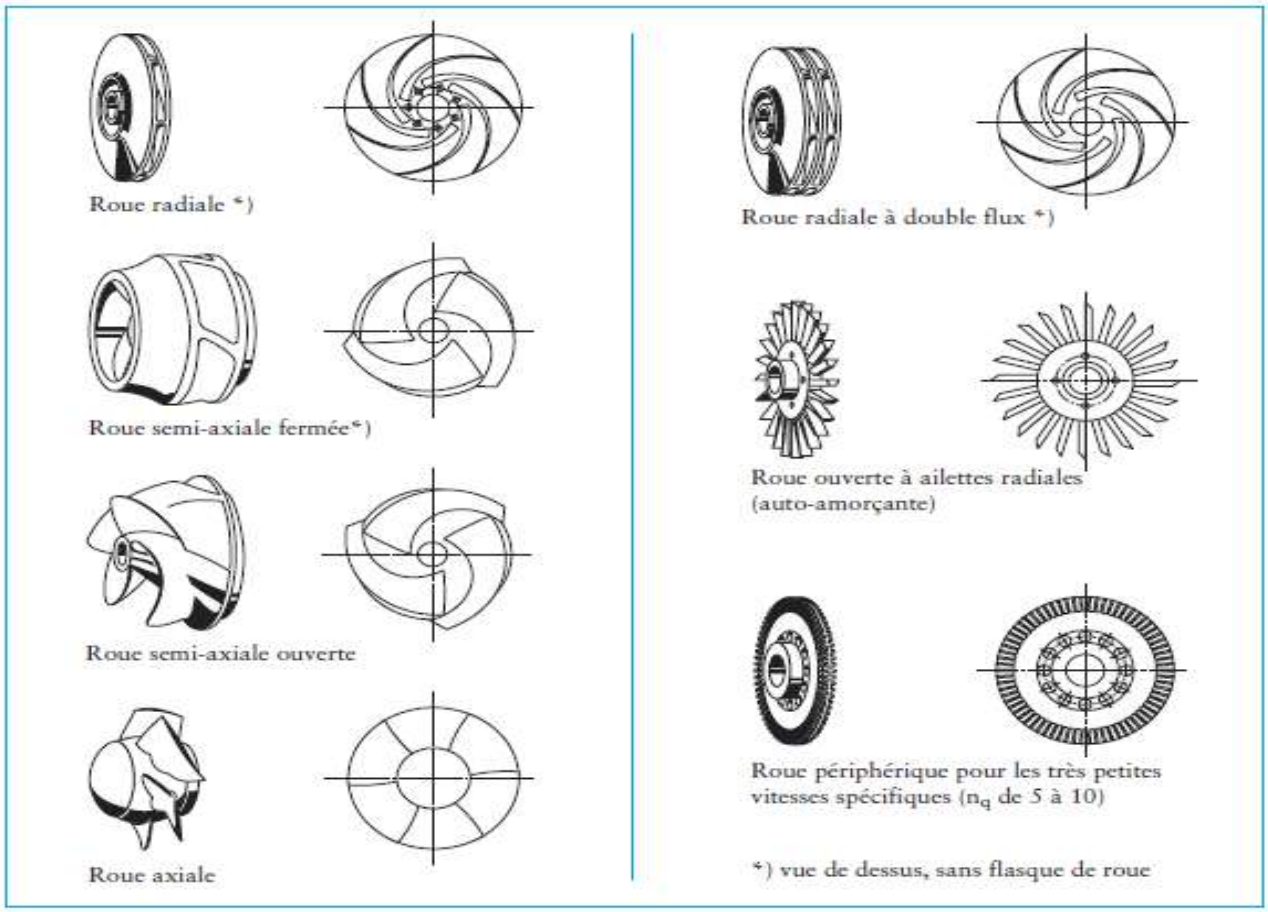


Figure (1.04) : schéma d'une Pompes à piston[1]

1.1.2 .Les pompes centrifuges

Une pompe centrifuge comporte essentiellement une roue `a aubages dans un corps appelé volute. La rotation de la roue chasse par l'intermédiaire des ailettes, l'eau vers la périphérie et crée une d´expression au centre. La roue communique de l'´énergie cinétique à l'eau. Cette énergie cinétique se transforme en énergie potentielle (de pression) partiellement dans la roue et dans la volute qui joue le rôle de collecteur. On interpose, dans certains cas, un diffuseur entre la roue et la volute. Son rôle est de transformer l'´énergie cinétique en énergie potentielle.



.

Figure (1.05) : Différents types de roue pour des fluides non chargés[2]

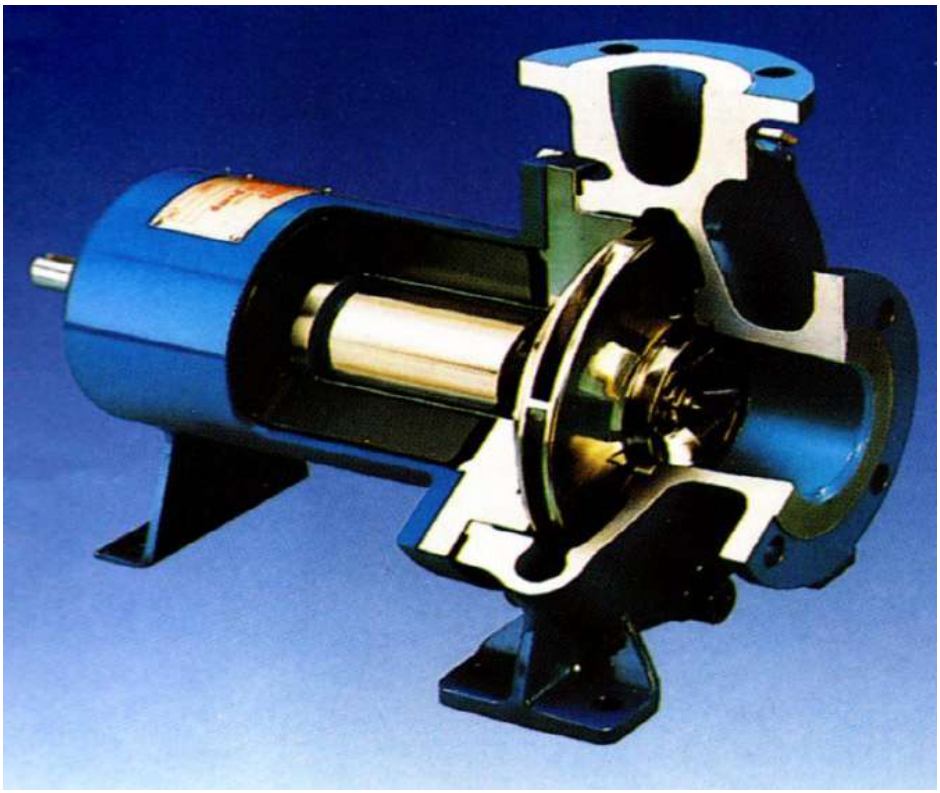


Figure (1.06) : schéma d'une pompe centrifuge[2]

Une pompe centrifuge est constituée par :

- une roue à aubes tournant autour de son axe
- un distributeur dans l'axe de la roue
- un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute. Fig (1.06)

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante. Fig (1.07)

L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixe) à la périphérie de la roue mobile permet une diminution de la perte d'énergie.[2]

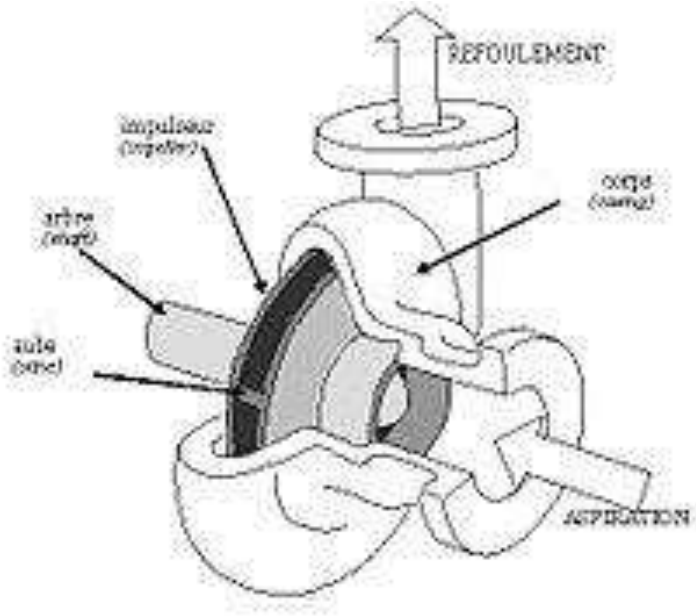


Figure (1.07) : Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge[2]

1.2.1) Caractéristiques de la pompe centrifuge

2.1. **Débit refoulé Q de la pompe :** [3]

Le débit refoulé Q est le volume utile débité au refoulement de la pompe par unité de temps, en m3/s (unités également utilisées : l/s et m3/h). Il est proportionnel à la vitesse de rotation de la pompe. Le débit de fuite ainsi que les écoulements dans les jeux ne sont pas compris dans le débit refoulé.

2.2. Hauteur manométrique totale H, et pression de refoulement Δp, de la pompe :

La hauteur manométrique totale, H, d'une pompe est le travail mécanique utile, en Nm, fourni au fluide refoulé par unité de poids, en N, du fluide refoulé. Elle est exprimée en Nm/N = m (et est également appelée colonne de fluide, m).

La hauteur manométrique totale est proportionnelle au carré de la vitesse de rotation de la roue et indépendante de la masse volumique, du fluide refoulé. Une pompe centrifuge donnée élève à la même hauteur manométrique différents fluides (de même viscosité cinématique,

indépendamment de leur masse volumique, Cette caractéristique s'applique à toutes les pompes centrifuges.

La hauteur manométrique totale, H, d'une pompe se compose, selon le théorème de Bernoulli de :

- la hauteur manométrique, Hp, proportionnelle à la différence des pressions statiques entre la bride de refoulement et la bride d'aspiration de la pompe,
- la cote géodésique, égale à la différence de hauteur entre la bride de refoulement et la bride d'aspiration de la pompe,
- la différence des hauteurs dynamiques $\boldsymbol{V^2 d - S^2 s/2g}$, entre les brides de refoulement et d'aspiration de la pompe.

L'augmentation de pression dans la pompe Δp (noter la position des mesures selon le chapitre est essentiellement fonction de la hauteur manométrique, Hp, associée à la masse volumique, du fluide refoulé

Une masse volumique élevée augmente la pression de refoulement dans la pompe et en conséquence la pression de sortie de la pompe. La pression de sortie est la somme de la pression de refoulement et de la pression d'entrée, elle est limitée par la résistance du corps de pompe. Il faut de plus tenir compte de la limitation de la résistance du corps de pompe par la température

2.3. Rendement, η, et puissance absorbée, P, au niveau de l'arbre de pompe :

La puissance absorbée, P, d'une pompe est la puissance mécanique absorbée, en kW ou en W, au niveau de l'arbre ou de l'accouplement de la pompe. Elle est proportionnelle au cube de la vitesse de rotation et est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$P = \frac{\rho . g . Q . H}{\eta} \qquad [w]$$

Avec :

$\boldsymbol{\rho}$ masse volumique, en kg/m3, en kg/dm3 en kg/dm3

Q :débit refoulé, en m3/s,

g : accélération de la pesanteur = 9,81 m/s2,

H : hauteur manométrique totale, en m,

η : rendement, compris entre 0 et <1 (non en %).

La puissance absorbée, P, de la pompe peut être également déterminée avec une précision suffisante à partir des courbes caractéristiques de la pompe pour une masse volumique = 1000

kg/m3. La puissance absorbée pour des fluides d'une autre masse volumique, est obtenue par un calcul proportionnel de la puissance absorbée indiquée, P. Dans le cas du transport de fluides ayant une viscosité supérieure à celle de l'eau ou une teneur élevée en matières solides, il faut prévoir une puissance absorbée plus importante (il en est de même pour le transport des eaux usées,

2.4. Vitesses de rotation spécifique, nq, et types de roue

La vitesse de rotation spécifique, nq, est un nombre comparatif issu des règles de similitude de la mécanique des fluides, qui permet de comparer des roues de différentes tailles et de classifier la forme optimale ainsi que la forme de la courbe caractéristique correspondante en présence de différentes caractéristiques de fonctionnement, (débit Qopt, hauteur manométrique, Hopt, et vitesse de rotation, n, d'une roue de pompe au point du meilleur rendement, ηopt).

nq est la vitesse de rotation supposée d'une roue modifiée, géométriquement équivalente, pour un débit de 1 m3/s, une hauteur manométrique de 1 m au point du meilleur rendement, dans la même unité que celle de la vitesse de rotation. Elle peut être indiquée sans dimension, comme caractéristique du modèle de roue, d'après le membre de droite de l'équation suivante [3]

$$\mathrm{n}_q = n.\frac{\sqrt{Q_{opt}}}{(H_{opt})^{3/4}}$$

Avec :

Hopt en m : hauteur manométrique à ηopt ,

n en min–1 n en 1/s : vitesse de rotation de la pompe

2.4. Triangle des vitesses : [13]

Les trois vitesses forment un triangle appelé le "triangle des vitesses», comme le montre la Figure (1.08). Le triangle des vitesses peut être défini en un point quelconque entre deux aubes adjacentes d'une roue.

Toutefois, les triangles de vitesses les plus importants sont ceux qui sont définies à l'entrée et la sortie d'une turbomachine. Ils doivent être effectivement construits immédiatement avant l'entrée de la turbomachine et immédiatement après sa sortie et sont utilisés pour le calcul des flux. Les indices "1" et "2" se réfèrent aux composants à l'entrée et la sortie (décharge) de la turbomachine respectivement.

Les composantes tangentielle et radiale de la vitesse absolue sont désignées par C_u et C_m. L'indice "m" correspond à la vitesse méridienne et son orientation dépend du type de la roue. Dans une roue radiale, il est radial et dans une roue axiale, il est axial comme le montre la Figure (1.08).

Les angles α et β sont les angles absolu et relatif de l'écoulement par rapport à la vitesse périphérique. L'"angle de la lame" β est l'angle entre les tangentes à la lame et la vitesse périphérique dans la direction opposée. Si toutes les lignes de courant restent parallèles aux lames (ce qui n'est pas le cas en pratique), la vitesse d'écoulement est considérée comme la vitesse moyenne du débit à chaque plan normal à la direction générale de l'écoulement. Ce n'est pas vrai dans la pratique, mais peut aider à simplifier les problèmes lorsqu'on étudie l'écoulement entre deux lames.

La composante d'entrée $(C \times U)_1$ est appelée pré-rotation, et doit être pris en compte. Dans de nombreux cas, la pré-rotation est égale à zéro, indiquant que les flux entrent la roue d'une manière linéaire non-tournante.

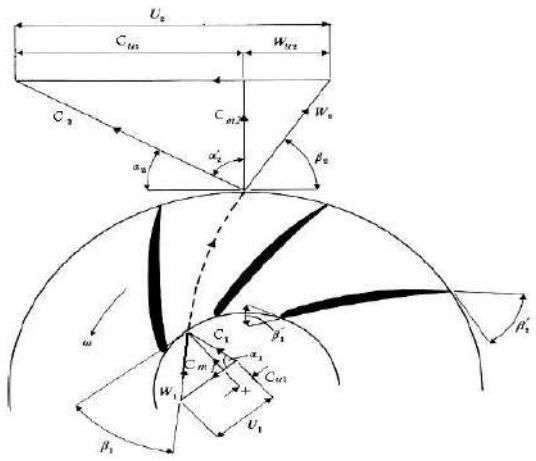


Figure (1.08) : Triangles de vitesse à l'entrée et à la sortie de la roue [13]

1.2.2) Classification des pompes centrifuges :

Classification selon :

a) le nombre d'étages (monocellulaire / multicellulaire)

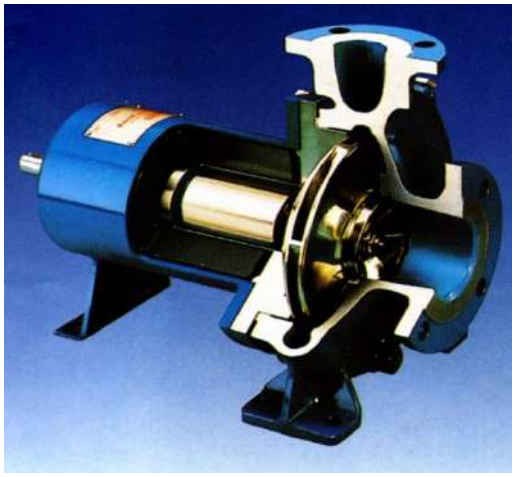


Figure (1.09) : schéma d'une pompe monocellulaire

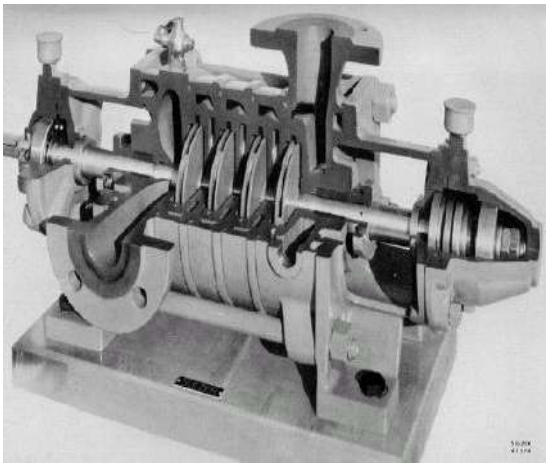


Figure (1.10) : schéma d'une pompe multicellulaire [2]

b) la position de l'arbre (horizontal / vertical)



Figure (1.11) : schéma d'une pompe horizontal



Figure (1.12) :schéma d'une pompe vertical[5]

Classification selon :

c) Le type de roue (fermée, ouverte)



Figure (1.13) : schéma d'une roue fermée



Figure (I.14) : schéma d'une roue ouvert

Classification selon :

le diamètre nominal (pour la taille, en fonction du débit)

la pression nominale (pour l'épaisseur des parois et des brides)

la température (pour le refroidissement des étanchéités d'arbre par exemple)

le fluide transporté (abrasif, agressif, nocif)

1.2.3) Les avantages et les inconvénients des pompes centrifuges :

- **Avantage** :
- Construction simple en générale, une seul pièce en mouvement
- Encombrement réduit
- Jeu assez large, donc facilité de manipuler des liquides contenant des solides en suspension.
- Grand flexibilité d'utilisation
- Ajustement automatique du débit à la pression.

- Puissance absorbée .donc sans danger
- **Inconvénient :**
- Débit légèrement instable, dans les basses valeurs : difficulté de contrôler le débit [4]

1.3) La pompe 125 NVA-16 :

Les pompes **NVA** sont prévues pour le refoulement des fluides non agressifs ayant les caractéristiques suivantes:

- Température maximale de 80°C.
- Des additions mécaniques d'une teneur de 2% et une granulométrie de 0.5 mm.
- Elles sont généralement utilisées pour l'agriculture. L'adduction d'eau, la distribution d'eau potable et industrielle, le réseau incendie, le dépotage de carburant.
- La pompe **N V A** est composée de :
- Un corps de pompe en fonte avec tubulaire à bride placée en position radiale, avec possibilité sur demande d'une orientation horizontale.
- Une roue de type fermé, équilibrée dynamiquement avec anneaux d'étanchéité interchangeables pour la compensation des forces axiales.
- Un palier à roulement à billes avec réserve de graisse.
- L'étanchéité est assurée par une garniture à tresse. [5]

1.3.1) Paramètres hydraulique de la pompe 125 NVA :

- Débit nominale Q : 168 (m3/h)
- Hauteur manométrique totale H (HMT) : 78 (m)
- Vitesse de la pompe n : 2900 (tr/min)
- Tubulure d'aspiration : 125 (mm)
- Tubulure de refoulement: 125 (mm)

1.3.2. Caractéristiques techniques de la roue de la pompe 125 NVA:

- Roue fermée à simple courbure
- Matière : plastique
- Diamètre de passage de l'arbre : 32H8
- Diamètre extérieur de la roue D: 265 (mm)
- Largeur du canal de la roue : 16 (mm)
- Rayons d'entrée et de sortie : R1 = 20.10-3 m R2 = 100.10-3 m
- Epaisseur moyenne des aubages : z = 10.10-3 m
- Angles d'entrée et de sortie des aubages : $\beta 1=32°$ $\beta 2=23°$
- Nombre d'aubages : Z = 6

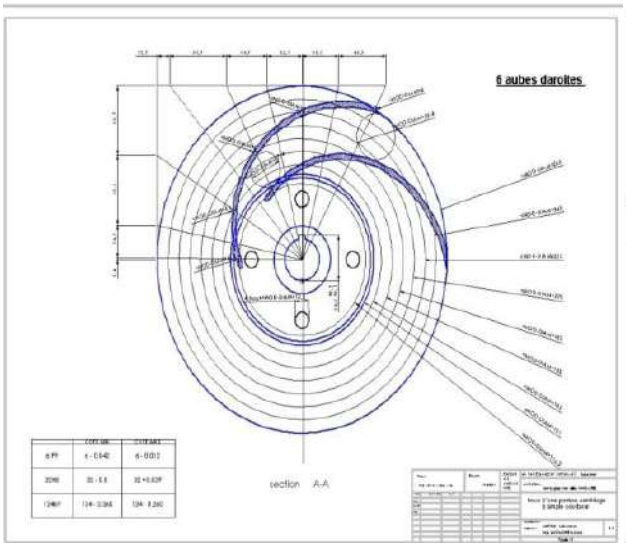


Figure (1.15) : Vue méridienne de la roue

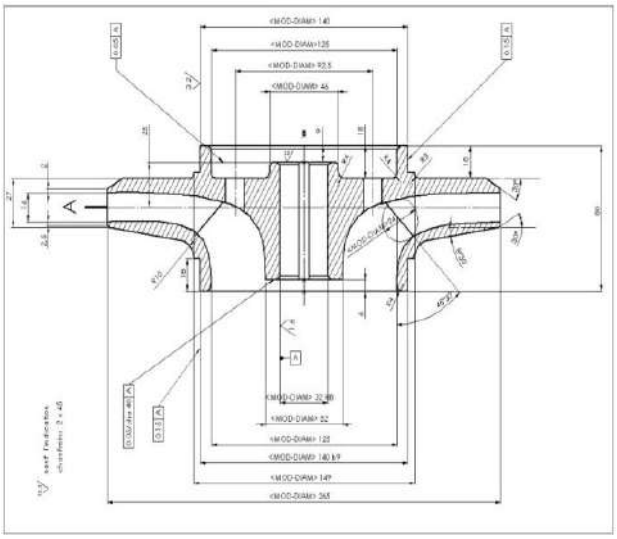


Figure (1.16) : Vue de face de la roue [5]

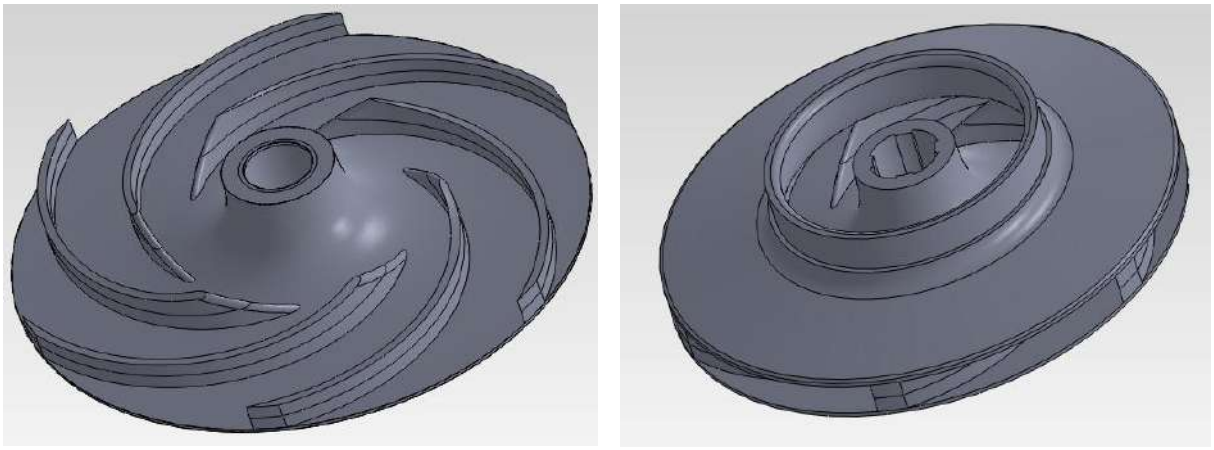


Figure (1.17) : dessin de la roue centrifuge 125 NVA pa

Chapitre 2

Moulage par injection

La plupart des pièces en thermoplastique technique sont fabriquées selon le procédé de moulage par injection. Il est par conséquent essentiel pour l'ingénieur d'étude de connaître cette technique de moulage, de comprendre ses possibilités et ses limitations

L'injection des matières thermoplastiques utilise une presse à injection, la presse permet, dans un cylindre d'injection où la matière est chauffée par conduction et par cisaillement (vis-piston), de plastifier le polymère qui se présente dans la trémie d'alimentation sous forme de granulés.

La presse permet en outre de fermer le moule avant l'injection, de le maintenir fermé pendant son remplissage en assurant le maintien de la pression qui atteint couramment 150 MPa. Pendant le cycle, le plastique fondu se refroidit en passant de la température d'injection (le plus souvent voisine de 200 °C ou supérieure) à une température proche de celle du moule, à laquelle l'objet devient solide , [6]

2.1) Méthodes de moulage [7]

2.1.a) Moulage par compression

Cette technique consiste à presser, à chaud, la matière dans un moule. La matière dosée est placée dans un moule ouvert. Le moule est ensuite fermé à l'aide d'une presse hydraulique. Sous l'action de la chaleur et de la pression, la matière commence par se fluidifier et prend la forme du moule puis la réaction de réticulation se produit. Il est nécessaire de laisser la matière sous presse le temps de la réaction, appelé temps de cuisson. Cela impose des immobilisations importantes de matériel.

Il se décompose de la façon suivante :

a) chargement du moule
b) fermeture du moule
c) dégazage éventuel
d) remplissage
e) ouverture du moule
f) éjection des pièces
g) évacuation des pièces
h) nettoyage du moule
i) préparation du moule pour la coulée suivante.

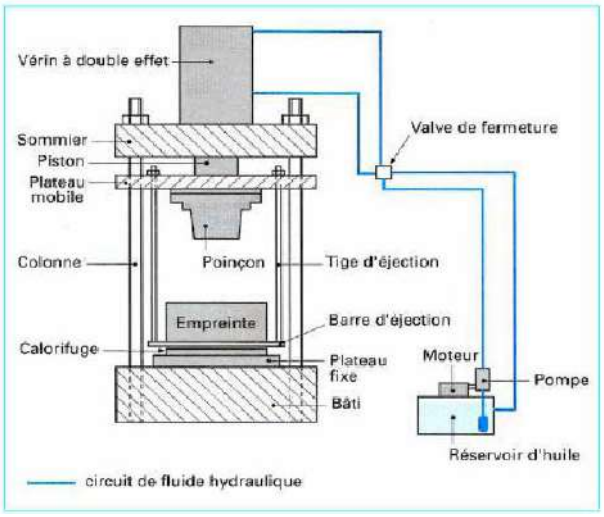


Figure (2.01) : schéma du Moulage par Compression[7]

2.1.b) Moulage par transfert[7]

Le moulage par transfert consiste à transférer sous pression la matière à mouler placée dans une cavité auxiliaire dénommée pot de transfert, vers les empreintes d'un moule chaud énergiquement fermé. Le transfert n'est possible que si la viscosité de la matière est faible (ou la fluidité élevée). Pour cela, il est nécessaire d'utiliser des matières plus fluides que dans le cas de la compression et de se placer, par préchauffage, vers le minimum de la courbe de viscosité

Les méthodes de préchauffage les plus utilisées sont le préchauffage par haute fréquence et la plastification par système vis-fourreau

Dans le cas d'une presse de transfert à deux vérins avec vérin de transfert supérieur, le cycle de moulage se décompose de la façon suivante :

a) fermeture du moule

b) mise en place de la matière préchauffée dans le pot de transfert

c) application de la pression de transfert

d) cuisson

e) ouverture du moule

f) éjection

g) évacuation des pièces

h) nettoyage du moule

i) préparation du moule pour la « moulée » suivante.

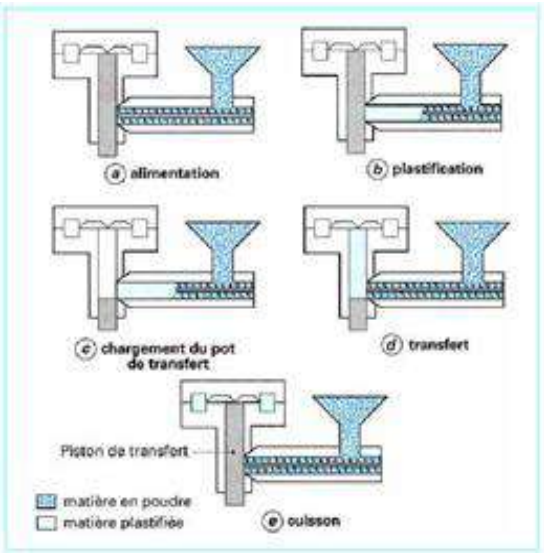


Figure (2.02) : schéma du Moulage par transfert [7]

2.1.c) Moulage par injection

Une vis-piston se déplaçant dans un cylindre, ou fourreau, chauffé (généralement par circulation d'un fluide) assure le pré plastification et le dosage de la matière, puis son injection directe dans le moule chaud par l'intermédiaire d'une buse et de canaux. Le procédé est très voisin de celui utilisé pour le moulage des thermoplastiques avec des différences dues au caractère thermodurcissables des matières à mouler. Le phénomène de friction dans le fourreau de plastification est plus important que dans le cas des thermoplastiques et nécessite un contrôle rigoureux de la température. C'est pour cette raison que le moulage par injection des matières thermodurcissables n'est possible qu'avec des presses à vis. Le chauffage du fourreau par circulation d'un fluide assure une bonne régulation de température car il permet non seulement le chauffage mais également l'évacuation de la chaleur. Figure (2.03)

Le moulage par injection peut être considéré comme une amélioration, par automatisation, du moulage par transfert. Cela explique le faible volume actuel de matière transformée par transfert. Le cycle de moulage comporte très souvent une opération de dégazage.

Les paramètres clés de contrôle : températures, temps et pressions sont ici encore plus importants que dans le cas des deux autres méthodes de moulage. En revanche, la stabilité des réglages est bien plus facile à atteindre car le cycle est entièrement automatique.

Une variante du procédé de moulage par injection consiste à injecter la matière dans un moule qui n'est pas totalement fermé (ouverture de quelques millimètres) et à assurer la compression après la fin de l'injection. On l'appelle « injection-compression ». Elle permet l'usage de pressions d'injection plus faibles et facilite le dégazage, ce qui, par abaissement des tensions internes, diminue les risques de déformation des pièces moulées**.**

Il se décompose de la façon suivante :
a) début de rotation de la vis
b) fin de rotation de la vis
c) attente de la matière plastifiée dans le fourreau
d) recul de la buse du fourreau pour la décoller du moule
e) fin du cycle précédent, ouverture du moule
f) éjection
g) évacuation des pièces
h) fermeture du moule
i) dégazage : Cette opération est souvent indispensable pour l'obtention de pièces correctes sans défaut d'aspect

2.2) Conditions de moulage

2.2.a) Dosage de la matière

Le dosage est contrôlé par la course de la vis qui recule, en s'appuyant sur la matière, pendant sa rotation. La matière plastifiée est transportée dans l'espace à l'avant de la vis.
Si la vis et le fourreau sont usés, il se produit un mouvement de reflux de la matière le long de la vis au moment de l'injection. La quantité de produit injectée dans le moule ne correspond pas à la quantité de produit dosée. Un dosage correct est impossible, ce qui rend le moulage aléatoire. [7]

2.2.b) Vitesse de rotation de la vis

Une augmentation de la vitesse de rotation de la vis accroît la chaleur de friction mais diminue le temps de dosage. Le temps de contact de la matière avec la paroi chaude du fourreau est diminué. Le gain de chaleur par friction est généralement faible par rapport au déficit dû à la conduction.

Lorsqu'une matière est source de friction importante (cas des matières à charges minérales ou bien matière mal lubrifiée), elle ne glisse pas sur la vis et se trouve très rapidement transportée à l'avant du cylindre. Le temps de contact avec le fourreau est court. L'élévation de température est faible. La matière est mal plastifiée. Le même défaut est constaté si la course de dosage est petite par rapport à la capacité d'injection de la presse. Dans ces deux cas, une diminution de la vitesse de rotation de la vis assure un temps de contact avec le fourreau plus long, conduisant à une meilleure plastification et à un dosage plus régulier qui permettent une bonne injection.
Dans certains cas, il peut être nécessaire d'augmenter la vitesse de rotation de la vis de façon à pouvoir inscrire le temps de dosage dans le temps de cuisson, sous réserve que la plastification reste satisfaisante.

2.2.c) Pression et vitesse d'injection

La pression d'injection peut être étagée pour permettre un bon remplissage tout en évitant les risques de tensions internes et en diminuant les bavures. Généralement l'injection est faite sous deux pressions, la deuxième correspondant sensiblement aux 2/3 de la première (par exemple 180 MPa et 120 MPa). Dans le cas de pièces complexes et en fonction des possibilités de réglage de la presse, plusieurs étages de pression peuvent être utilisés.
Une pression d'injection élevée permet, en général, un remplissage facile et rapide. La chaleur de friction engendrée lors du passage à grande vitesse dans le dispositif d'alimentation (buses, canaux

et seuils) est élevée. Le remplissage rapide et la température de matière élevée conduisent à un cycle de moulage court. [7]
Si le dispositif d'alimentation est largement dimensionné et si la fluidité de la matière est grande, une pression d'injection élevée peut provoquer des bavures importantes.

Si les sections du dispositif d'alimentation sont faibles, une pression élevée entraîne une élévation importante de température par friction, pouvant provoquer des traces de brûlure sur les pièces ou même interdire le moulage.

Si la vitesse d'injection est trop grande, la matière remplit trop rapidement les empreintes ; elle emprisonne de l'air et des gaz qui s'opposent à l'avance du flux et peuvent provoquer des défauts d'alimentation et même des brûlures sur les pièces moulées. En règle générale, le temps de remplissage du moule ne doit pas descendre au-dessous de 5 s.

2.2.d) Retard de plastification

Le retard de plastification est le temps qui s'écoule entre la fin du remplissage des empreintes et le début de plastification de la matière par rotation de la vis. La phase de plastification commence à la fin du maintien en pression. Normalement, le retard de plastification doit être réglé de façon que la rotation de la vis se termine au moment de l'ouverture du moule.

2.3) Choix de la méthode de moulage

Le choix de la méthode de moulage doit être fait en fonction :

- de la quantité et du coût des pièces à produire
- du risque de déformation et des tolérances dimensionnelles
- du type de matière et de la nature des charges et des renforts
- des dimensions des pièces
- des difficultés de moulage
- des opérations de finition

Pour une production donnée et pour chaque type de moule, une machine bien adaptée donne une production optimisée. Dans la pratique, le choix de la méthode de moulage est souvent fait en fonction du parc de machines équipant l'atelier.

2.4) Comparaison des trois méthodes de moulage :

Avantages et inconvénients des trois méthodes de moulage

2.4.a) Compression :

- **Avantage** :
  - Pression relativement faible d'où possibilité :
    - de moulage de pièces de grande surface.
    - d'un nombre d'empreintes plus grand qu'avec les autres méthodes de moulage.
  - Pertes de matière plus faibles (absence de « carotte »).
  - Retrait plus faible.
  - Déformation des pièces moulées moins prononcée.
  - Prix des presses plus bas.

- **Inconvénients**
  - Temps de cycle plus longs.
  - Nécessité de dosage pour chaque empreinte.
  - Moule nécessitant une chambre de compression.
  - Difficulté d'exécution des moules positifs et semi-positifs.
  - Cotes des pièces dépendant du sens de fermeture plus difficiles à respecter.
  - Difficulté de moulage de pièces :
    - présentant de grandes différences d'épaisseur ;
    - avec des broches fines ou des inserts mal tenus au moment de la fermeture.
  - Opération d'ébavurage importante. [7]

2.4.b) Transfert

Avantage :

- Un seul dosage de matière par moulée.
- La matière gagne de la chaleur par conduction et par friction pendant son passage dans les canaux et les seuils de transfert. Elle est brassée, d'où une meilleure répartition de la chaleur dans la masse ; il en résulte :
  - la possibilité de mouler des pièces ayant de fortes variations d'épaisseur
  - un temps de cuisson plus court
  - une amélioration de la cuisson qui entraîne une amélioration des propriétés mécaniques, sauf dans le cas des matières à charge fibreuse.
  - une diminution du risque de rupture des broches.
- Le moule étant fermé avant introduction de la matière, les cotes ne dépendent plus de la fermeture.

Inconvénients

- Déchets plus importants dus à la « carotte » (5 à 20 % en Masse).
- Déformation des pièces moulées plus importante.
- Retrait plus important.
- Nécessité d'appliquer une pression plus élevée.
- Chute des propriétés mécaniques des pièces dans le cas de
- Matières à charge fibreuse par rupture et orientation des fibres
- Pendant le cheminement dans les canaux et les seuils de transfert.
- Nécessité d'un préchauffage de la matière et souvent d'un
- Pastillage.

2.4.c) Injection

Avantages

- Possibilité d'automatisation totale.
- La matière gagne de la chaleur par conduction et par friction Pendant son passage dans la buse, les canaux et les seuils d'injection. Comme il n'y a ni manipulation, ni perte de temps entre la fin de la plastification et l'injection, il est possible de préchauffer la matière à température plus élevée qu'en transfert. Il en résulte des temps de cuisson très courts.

- Moulage direct à partir de la poudre. [7]
- Demande très peu d'opérations de reprise (finitions).

Inconvénients

- Usure importante de la vis, du fourreau de plastification et des seuils du moule.
- Risque de déformation importante des pièces moulées. Les déformations peuvent être considérablement diminuées par l'injection-compression, mais les moules à empreintes multiples sont difficiles à mettre au point.
- Difficulté de moulage de pièces avec inserts (mise en place dans un moule à plan de joint vertical).
- Difficulté de moulage des matières à renfort fibreux (descente dans la trémie d'alimentation et chute de propriétés mécaniques).
- Déchets importants dus à la « carotte ». Il existe maintenant des possibilités de recyclage. [7]

2.4.d) La presse à injection :

Les fonctions du système de plastification et d'injection consistent à fondre la matière plastique et à l'injecter dans le moule. La vitesse d'injection et la pression atteinte dans le moule sont contrôlées par le système hydraulique de la presse. Les pressions d'injection varient de 35 à 240 MPa. Les températures de la matière s'échelonnent depuis approximativement 215° C jusqu'à environ 300°C

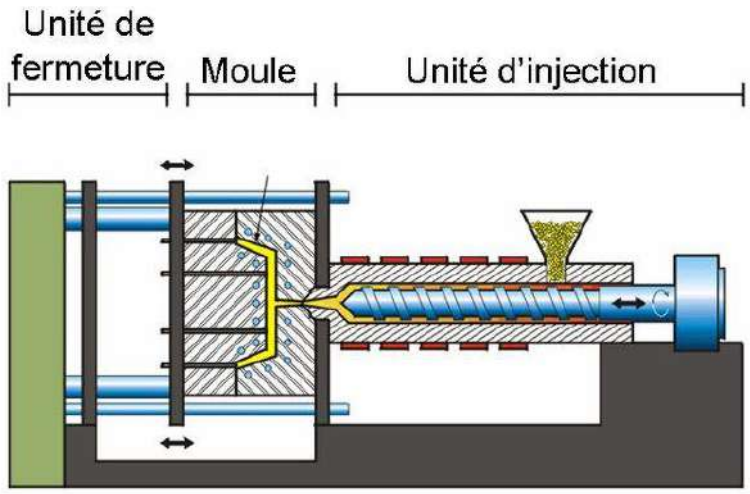


Figure (2.03) : schéma du procédé de moulage par injection[7]

2.4) Le moule :

La conception du moule influence de manière décisive la qualité et l'économie de la pièce injectée. La résistance mécanique de la pièce, sa ténacité, ses cotes, sa forme et son coût dépendent de la qualité du moule.

Les considérations essentielles à retenir dans le cas des thermoplastiques techniques sont les suivantes:

- Dessin approprié assurant la résistance nécessaire pour supporter les hautes pressions.
- Qualité correcte des matériaux de construction du moule, particulièrement dans le cas des résines renforcées.
- Dessin convenable des cheminements d'écoulement de la résine, pour son transfert vers la bonne localisation dans la pièce.
- Disposition suffisante d'évents, pour permettre l'évacuation de l'air en avant du front de matière pénétrant dans le moule.
- Transfert thermique soigneusement calculé pour contrôler le refroidissement et la solidification des pièces moulées.
- Ejection facile et uniforme des pièces moulées.

Lors de la conception d'une pièce on sera attentif à l'emplacement du point d'injection et aux variations d'épaisseurs au retrait, à la déformation, au refroidissement, au fonctionnement des évents, etc.

La durée totale du cycle de moulage peut varier de deux secondes à plusieurs minutes, et concerner un nombre de pièces allant de l'unité à plusieurs dizaines, éjectées à chaque ouverture du moule. La rapidité du cycle de moulage peut se trouver restreinte par la capacité de transfert thermique du moule, sauf lorsque le temps d'ouverture – fermeture – éjection ou la capacité de plastification de la machine sont limités.[7]

2.4.a) Classification :

Un premier classement des moules peut être établi en fonction de la presse utilisée :

- horizontale ou bien verticale et par la direction de l'injection par rapport au plan de joint du moule
- perpendiculaire ou bien dans le plan. Bien que le premier type comprenne la majorité des presses (figure 2.04)

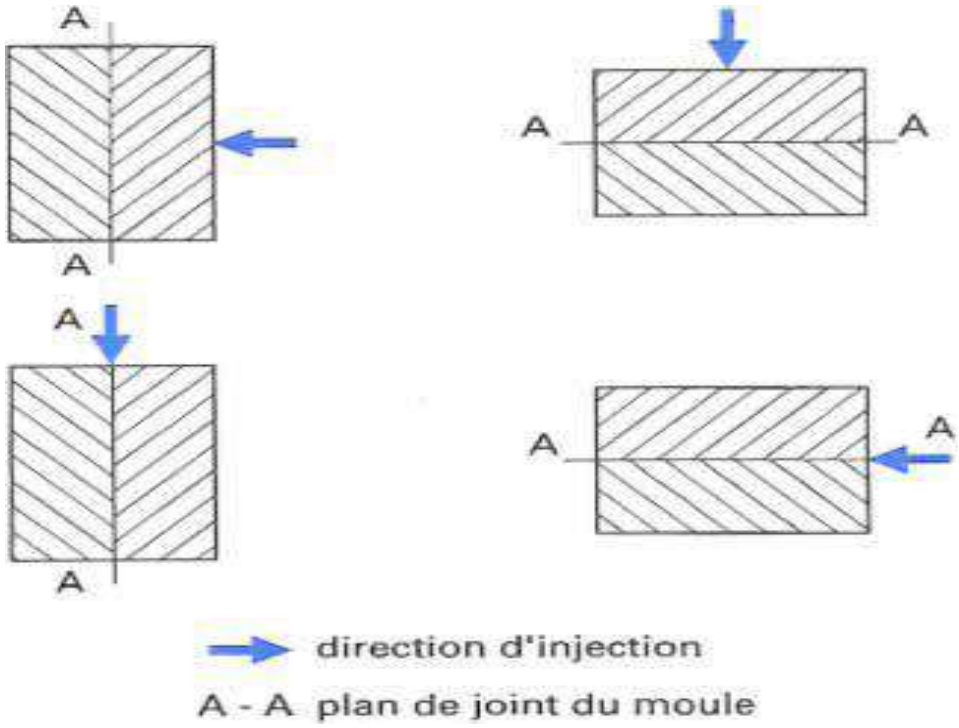


Figure (2.04) : les défirent type de direction d'injection

Utilisées dans l'industrie de la transformation, les autres configurations peuvent être imposées par les particularités de la production, par exemple : la mise en place de prisonniers, l'injection-soufflage, la fabrication de formes ou de dimensions hors gabarits.

D'autres classifications pourraient être fondées sur le nombre de plans de joint, sur le nombre d'empreintes ou sur leur disposition. Une classification beaucoup plus pertinente, peut être établie à partir du système d'alimentation.

Signalons également que le démoulage imposant l'incorporation de mécanismes qui changent profondément l'architecture du moule, on peut, à partir de là proposer la classification suivante :

- moules à démoulage simple à l'aide du dispositif d'éjection.
- moule pour la fabrication de pièces comportant des contre dépouilles extérieures ou intérieures et nécessitant des dispositifs spéciaux.
- moules possédant des mécanismes de dévissage. On peut élargir cette classification en tenant compte des particularités de construction ou de la destination des outillages :

- outils à démoulage simple
- outils comportant des dispositifs de démoulage mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques
- moules modulaires
- moules à cadence rapide
- moules à étages
- moules à calibrage

➢ 2.4.b) Les composants de moule :

Chaque moule, quel que soit son type, se compose ou fait appel à un certain nombre de sous-ensembles fonctionnels :

- les éléments moulants : empreints (poinçon et matrice)
- les éléments fonctionnels : carcasse, alimentation, mécanismes de libération et de démoulage des pièces injectées, dispositifs de régulation en température du moule.
- les éléments auxiliaires : fixation et dispositif de manipulation, systèmes de centrage, robots de mise en place des prisonniers et d'extraction des pièces moulées, dispositifs de sécurité et de contrôle du démoulage.

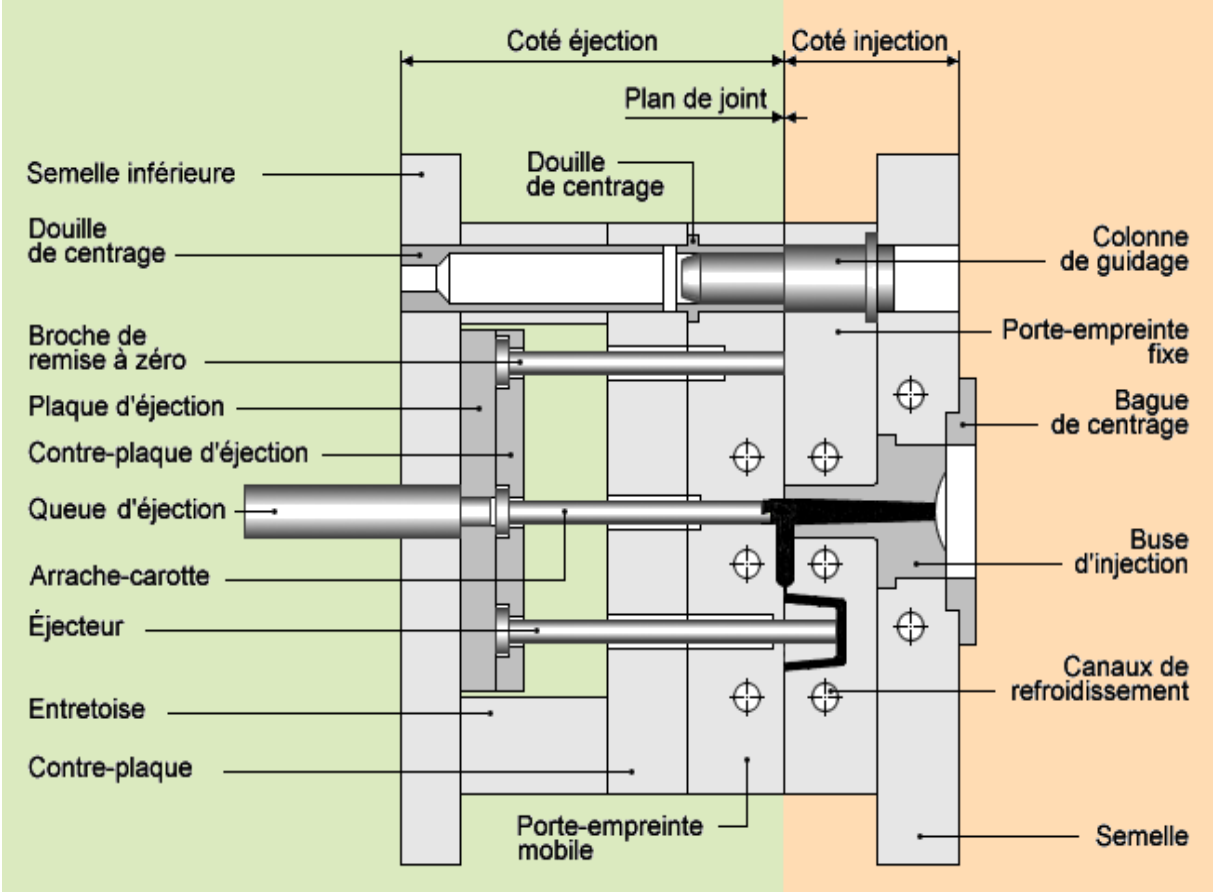


Figure (2.05) : schéma représenté les composants de moule

La cavité de l'empreinte représentant le négatif tridimensionnel de l'objet est limité par le poinçon et la matrice.

Le moule se ferme avant l'injection et la surface de contact de ses deux parties forme le plan de joint. ce dernier n'est pas toujours plan : la surface peut être gauche, en créneau ou complexe.
La force de fermeture du moule se répartit sur la surface du plan de joint et doit assurer l'étanchéité de l'empreinte au moment de son remplissage sous pression.
L'ensemble du moule qui contient la ou les empreintes s'appelle bloc du moule, ou carcasse, constitué du bloc porte-matrice(s) et du bloc porte-poinçon(s).

2.5.) Cycle de moulage :

Le moulage se produit généralement selon les étapes suivantes :

1. Fermeture du moule : ce mouvement commence avec une vitesse lente puis rapide, et se termine de nouveau lentement pour éviter le choc entre les plans de joint et pour donner le temps d'agir au système de sécurité.

2. Verrouillage : si le système de sécurité n'a décelé aucune anomalie, la commande peut appliquer la force de fermeture. Selon le système de fermeture, la force est créée par le produit de la surface et de la pression, ou par la mise en contrainte des colonnes.

3. Injection : c'est la phase de remplissage de(s) l'empreinte(s) avec la matière plastifiée et le maintien sous pression pour compenser les retraits.

4. Refroidissement : il a lieu le temps nécessaire pour que le plastique se solidifie dans le moule. Dans la pratique, on plastifie souvent, pendant ce temps, la matière pour le prochain cycle. De plus, si nécessaire au cours de ce temps, on peut séparer la buse du cylindre d'injection et le moule.

5. Ouverture du moule : le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe

6. Démoulage : le moule occupe la position de fin d'ouverture qui assure à la pièce l'espace libre pour être éjectée. (Figure 2.06) [8]

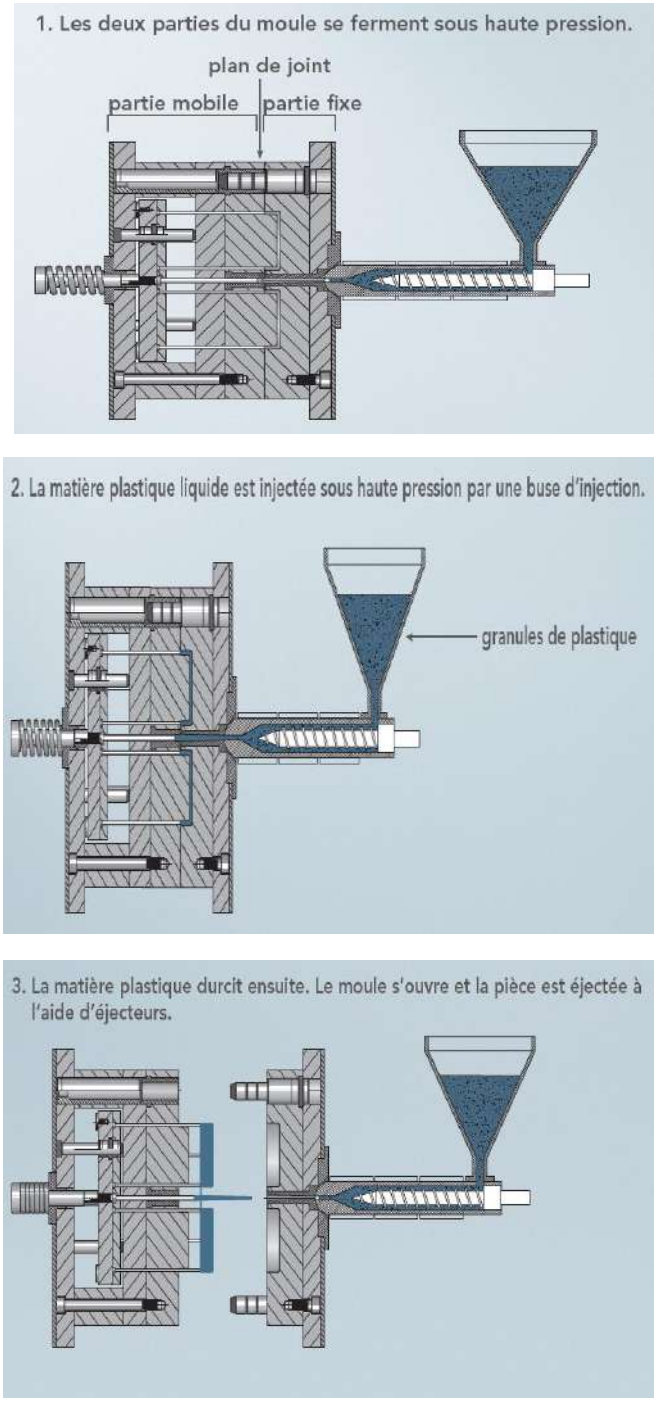


Figure (2.06) : Cycle de moulage[8]

2.6. Soudage plastique :

La soudure plastique est un ensemble de techniques utilisées pour souder deux pièces en matière plastique. Le choix d'une technique particulière est lié au type de plastique utilisé, la géométrie des pièces à assembler, le temps de cycle de soudure requis ainsi que le coût des moyens à mettre en œuvre. Ces techniques de soudure sont basées sur un échauffement local des matériaux à souder. L'échauffement des matériaux se fait, selon la technique utilisée, soit par un apport extérieur de chaleur soit par création de chaleur provoquée par le processus lui-même. Seuls les thermoplastiques sont de ce fait soudables par ces techniques.

Il existe de très nombreuses méthodes de soudage qui peuvent être classées en trois principales catégories

- Technique utilisant une source de chaleur externe :

Soudage par plaques chaudes, soudage par barre chaude, soudage par impulsions, soudage avec un gaz chaud, soudage par extrusion.

- Technique utilisant directement l'électromagnétisme :

Soudage par implantation de résistance, soudage par induction, soudage haut fréquence, soudage au laser, soudage infrarouge et soudage micro-ondes

- Technique pour lesquelles la chaleur est générée par un mouvement mécanique :

Soudage par vibration ou soudage par friction linéaire, soudage par rotation.

Toutes ces techniques de soudage sont gouvernées par les paramètres temps, température et pression, Pour obtenir des performances de haute qualité. [10]

Chapitre 3

L’analyse de l’écoulement de la matière plastique

Pour tous les problèmes de la mécanique des fluides, en général, et particulièrement dans les turbomachines, les équations utilisées pour étudier les écoulements dérivent généralement des équations de conservation : continuité, Navier-Stokes, énergie et équation d'état du fluide. La résolution de ces équations est accompagnée d'hypothèses simplificatrices.

3.1) Equations de base :

Pour un fluide Newtonien, en considérant comme forces de volume la seule force de pesanteur, les formes différentielles de l'équation de continuité (équation 3.1) et de l'équation des quantités de mouvement (équation 3.2) peuvent être obtenues à partir des relations intégrales sur un volume de contrôle et par l'application du théorème de la divergence :

$$\frac{\partial \rho}{\partial \rho} = +\vec{\nabla}.\left(\rho \vec{C}\right) = 0 \qquad (3.1)$$

$$\rho \frac{D\vec{C}}{Dt} = \rho[(\vec{C}.\vec{\nabla}).\vec{C} + \frac{\partial \vec{C}}{\partial t}] = -\vec{\nabla}p + \rho g + \vec{\nabla}.\tau_{ij} \qquad (3.2)$$

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Les termes 1, 2, et 3 de l'équation (3.2) représentent les accélérations totale, convective et locale. Le terme 4 représente la force de pression, le terme 5 la force de pesanteur, le terme 6 les effets visqueux.

L'équation de l'énergie est utilisée sous la forme :

$$\rho \frac{Dh}{Dt} = \frac{Dp}{Dt} + \vec{\nabla}(\lambda \vec{\nabla} T) + \phi \qquad (3.3)$$

Le premier membre de l'équation 3.3 représente la variation d'enthalpie ; Dp Dt et (T) λ∇∇ sont respectivement les taux de travail des efforts de pression et le transfert de chaleur par conduction dans le fluide où λ est le coefficient de conductivité thermique. Φ est la fonction de dissipation, représentant l'équivalent thermique de l'énergie mécanique liée à la dissipation visqueuse des efforts de cisaillement.

Une équation complémentaire associant la masse volumique à la pression et à la température est nécessaire. Pour des écoulements compressibles, le transport et la génération d'énergie sont couplés à la dynamique du mouvement du fluide et l'équation de l'énergie doit être résolue simultanément avec les équations de continuité et quantité de mouvement

3.2) Equations de l'écoulement incompressible :

Dans le cas de l'écoulement de fluides incompressibles, la variation de la masse volumique est négligeable. Les équations de continuité et de Navier-Stokes peuvent être respectivement simplifiées :

$$\vec{\nabla}.\vec{C} = 0 \qquad (3.4)$$

$$\rho \frac{D\vec{C}}{Dt} = -\vec{\nabla}p + \rho\vec{F} + \mu\overrightarrow{\nabla^2}\vec{C} \qquad (3.5)$$

L'ensemble d'équations (3.4) et (3.5) suffit pour caractériser un écoulement incompressible.
Une autre simplification, , considère l'écoulement comme non visqueux (μ=0). Ainsi, l'équation (3.5) peut s'écrire :

$$\rho \frac{D\vec{C}}{Dt} = -\vec{\nabla}p + \rho\vec{F} \qquad (3.6.a)$$

Cette équation est connue comme l'équation d'Euler. Elle est utilisable pour l'étude des écoulements éloignés des zones de parois où les effets visqueux sont négligeables. Une simplification additionnelle est faite en négligeant les effets des forces de volume telles que la pesanteur. [11]

$$\rho \frac{D\vec{C}}{Dt} = -\overrightarrow{\nabla p} \qquad (3.6.b)$$

3.3) L'analyse numérique [12]:

La simulation numérique des écoulements a été l'objet d'une grande attention de la part des concepteurs. On s'intéresse dans ce mémoire à l'étude de l'écoulement du la matière plastique dans un moule à injection. La méthode volumes finis a été utilisée pour résoudre le système d'équations du modèle adopté.

La méthode des volumes finis consiste à diviser l'ensemble du domaine de calcul en un nombre fini de petits volumes. Ces volumes seront considérés comme des domaines élémentaires regroupant un ensemble des données physiques au niveau desquelles sera fait le calcul. Chaque volume est composé d'un centre (i, j) et d'une cellule l'entourant de dimension (dx, dy, dz). La concentration dans un volume (i, j) dépend donc de l'influence des volumes voisins décrite par un ensemble de flux sur chacune des frontières du volume (Nord, Sud, Est et Ouest). La concentration dans un volume (i, j) entre les instants n et n +1

- Approche très "physique" : bilan des flux S'adapte à une géométrie quelconque
- Plusieurs schémas pour la résolution des termes non-linéaires
- hyperboliques
- Conservative (par sa formulation)

Points clefs de la méthode :

- Choix des volumes de contrôle (maillage)
- Type d'approximation dans les volumes
- Schémas numériques pour évaluation des flux [12]

3.3.a) Propriété de la machine d'injection et la matière plastique

On a choisi la machine indiqué dans le tableau (3.01) **:**

Tableau (3.01) : Les propriétés de la machine

*Screw Diameter	35.0000	mm	Plastication Rate	0.0000	cc/s
Max. Shot Volume	0.0000	cm3	*Max. Screw Speed	31.1814	mm/s
Max. Shot Weight	0.0000	G	Nozzle Contact Force	0.0000	Tonne
*Max. Injection Pressure	240.0000	MPa	Nozzle Retraction Stroke	0.0000	mm
Max. Holding Pressure	0.0000	MPa			
*Reference Injection Rate	30.0000	cc/s			
*Max. Injection Rate	1150.0000	cc/s			

Pour la matière, on a choisi le polymère (ABS Acrylonitrile-Butadiène-Styrène), les propriétés sont indiquées dans le tableau (3.02)

Tableau (3.02) : les propriétés de la matière plastique

Melt Temperature	230 oC
Max. Melt Temperature	280 oC
Min. Melt Temperature	200 oC
Mold Temperature	50 oC
Max. Mold Temperature	80 oC
Min. Mold Temperature	25 oC
Eject Temperature	90 oC
Glass Transition Temperature	100 oC
Viscosity : 7-Parameters Modified	2.2149e+013 378.15 0 28.8 51.6 723500
PVT : Modified Tait eqn	0.94923 0.00062 1.7163e+009 0.004173 0.94
Specific Heat : Constant	2400 J/(Kg-K)
Heat Conductivity : Constant	0.18 W/(m-K)
Elastic Modulus : Constant	2.25e+010 2.25e+010
Poisson Ratio : Constant	0.39 0.39
Thermal Expansion Coefficient : C	8e-005 8e-005

3.3.b) La Viscosité de la matière plastique :

La figure (3.03) illustre la variation de la viscosité en fonction du taux de cisaillement pour différent température. On observe que la viscosité diminue quand le taux de cisaillement augment ce qui nous mène à conclure que ces deux derniers sont inversement proportionnelle.

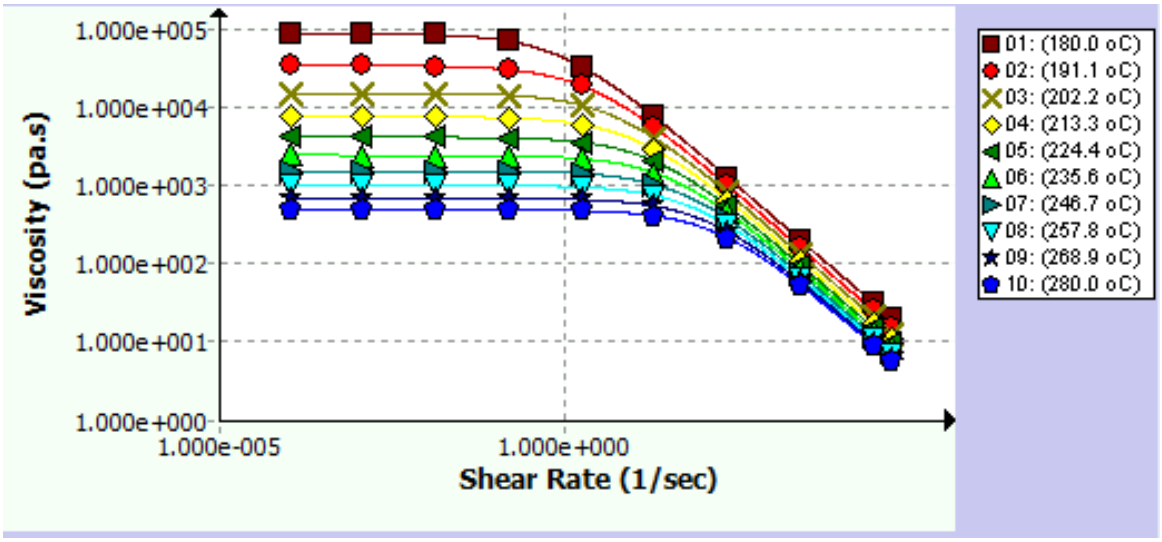


Figure (3.03) : La Viscosité de la matière plastique en fonction du taux de cisaillement pour différentes températures

4.1. Résultats numériques de l'analyse de l'écoulement de la matière plastique

Nous avons exécutez une analyse pour obtenir le meilleure emplacement et le nombre souhaité de points d'injection, ainsi que nous avons effectué des études numériques sur les deux parties de la roue.

4.1. Partie (1) de la roue :

4.1.1. Le Maillage :

Le maillage utilisé pour cette pièce est présente sur la figure (3.04). On a utilisé un maillage quadrilatère à 4 nœuds.

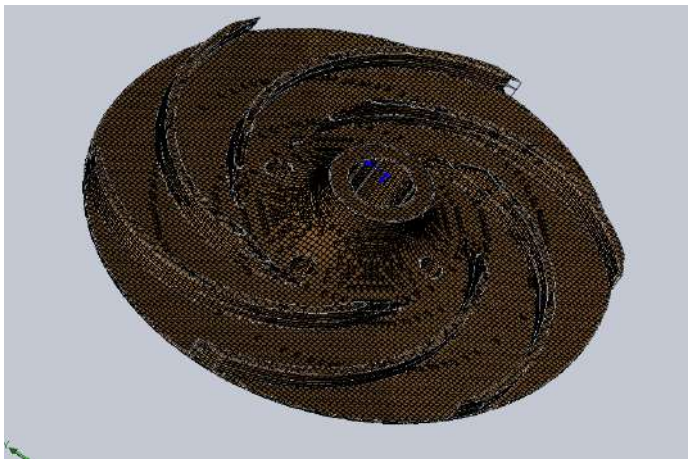


Figure (3.04) : maillage de la partie (1) de la roue

4.1.2. Cas 1 : (1) un point d'injection

Le Temps totale de moulage est estimé à 24.5s. La figure (3 .05) représente l'évolution de la coulée de la matière plastique. Dans le cas (1 point d'injection), le remplissage de la matière plastique dans le moule n'est pas homogène (le coté prés de point d'injection se remplis avant le coté loin)

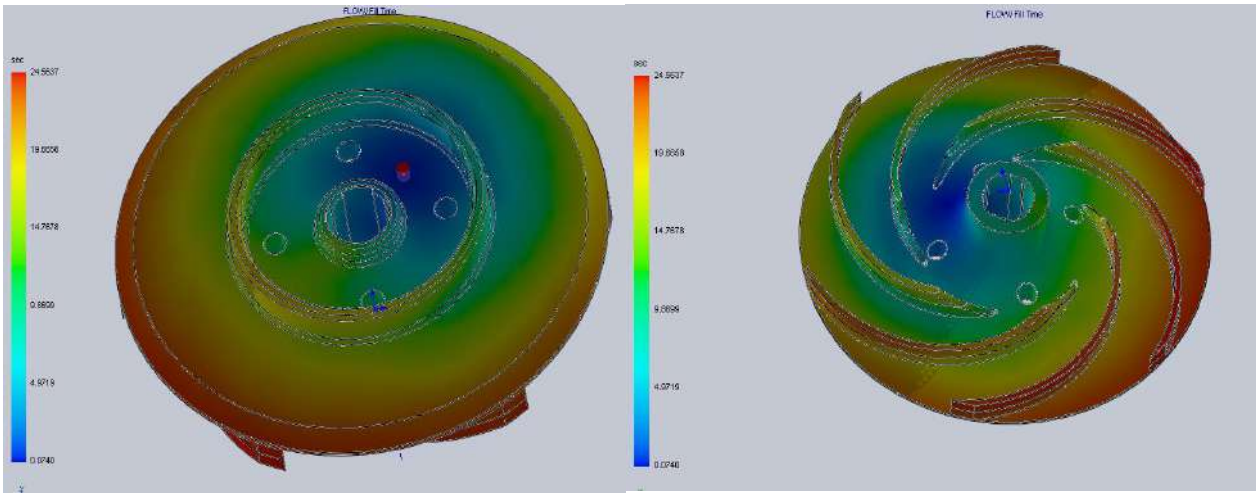


Figure (3.05) : Temps totale de l'injection (24.5s) (1 point injection)

La figure (3.06) représente les contours de la pression dans le moule: (Pmax=4 .19Mpa). On remarque que la pression est élevée dans le point d'injection et faible dans l'extrémité de la roue**.**

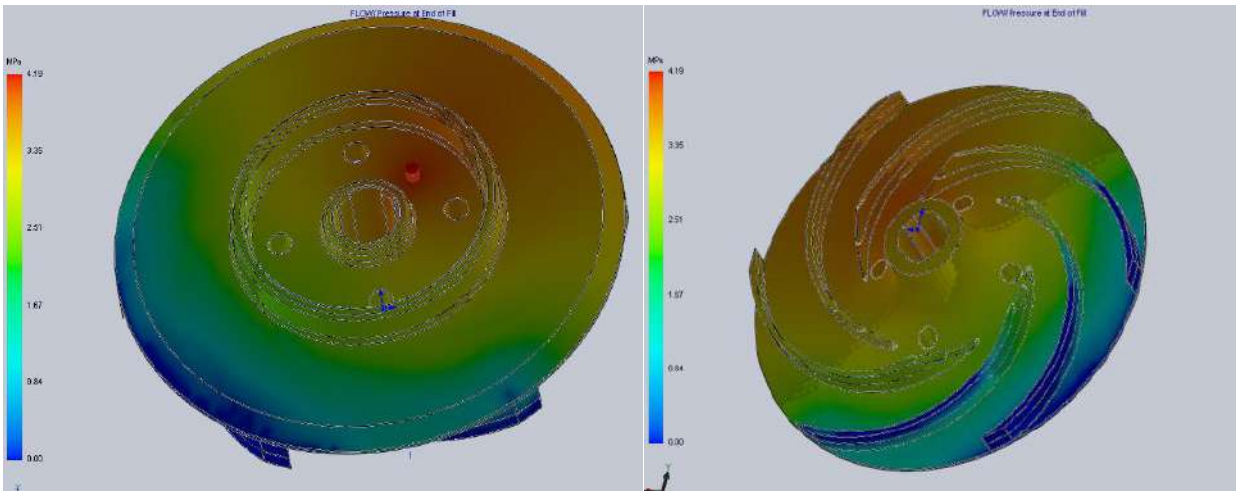


Figure (3.06) : La pression (P max= 4.19Mpa) (1 point injection)

La figure (3.07) représente les contours de la température dans le moule à l'instant du remplissage du moule à 24.5 secondes. Dans le point d'injection, la température du polymère est initialement à 211°C, on remarque que la température est faible dans l'extrémité de la roue T_{min} =126.5°C (refroidissement du polymère).

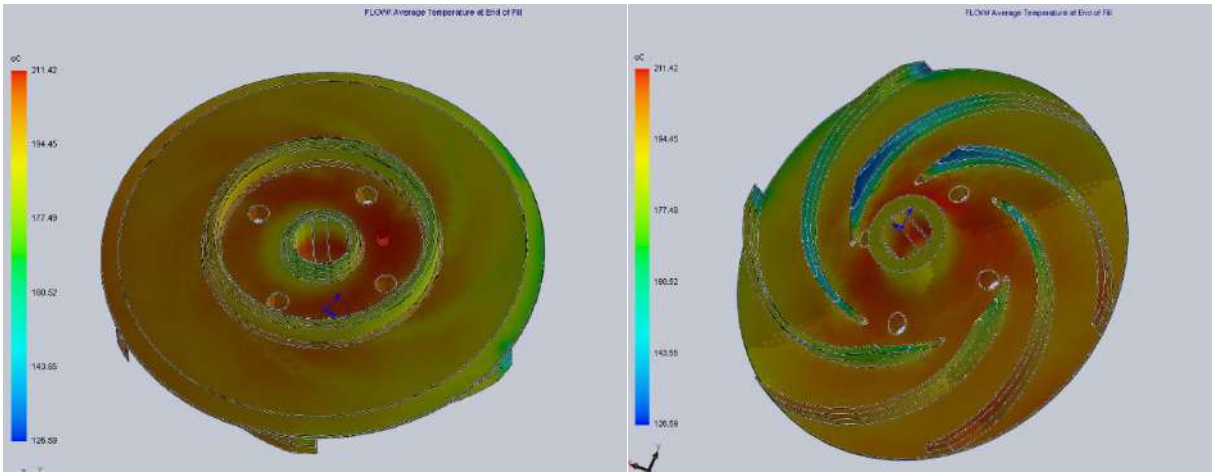


Figure (3.07) : La variation de la température Tmax=211.4°c (1 point injection).

La figure (3.08) représente les vecteurs de vitesse dans le moule. On peut voir la direction de l'écoulement de la matière plastique lors du procédé d'injection.

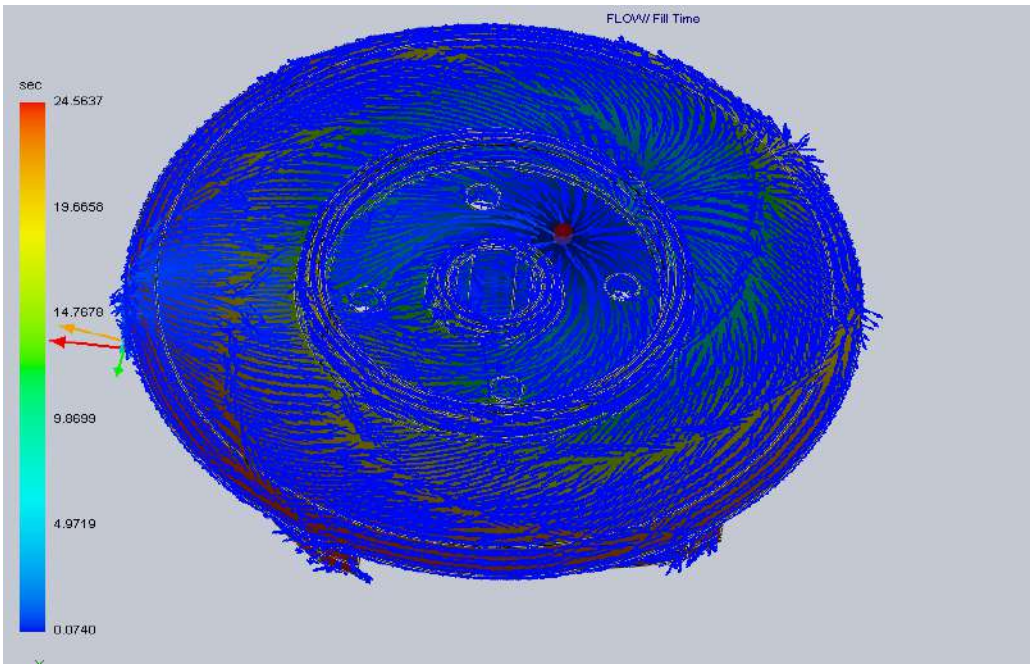


Figure (3.08) : les vecteurs de vitesse (1 point injection)

La figure (3.09), représente l'évolution de la pression au point d'injection au cours du temps. On remarque que la pression dans le point d'injection est très faible au début d'injection, elle augmente plus vite de façons croissante jusqu'à environnement 4.19MPa à la fin de la coulée. Durant les 18 premières secondes la pression augmente lentement en comparaison avec le temps restant jusqu'à le temps final de la coulée où la pression augmente rapidement.

4.1.3. Cas 2 : (2) deux points d'injections

Le temps total de moulage est estimé à 24.5s, la figure (3 .05) représente l'évolution de la coulée de la matière plastique. Dans le cas (2 point d'injection) le remplissage de la matière plastique dans le moule est homogène mieux que le première cas (1 point d'injection)

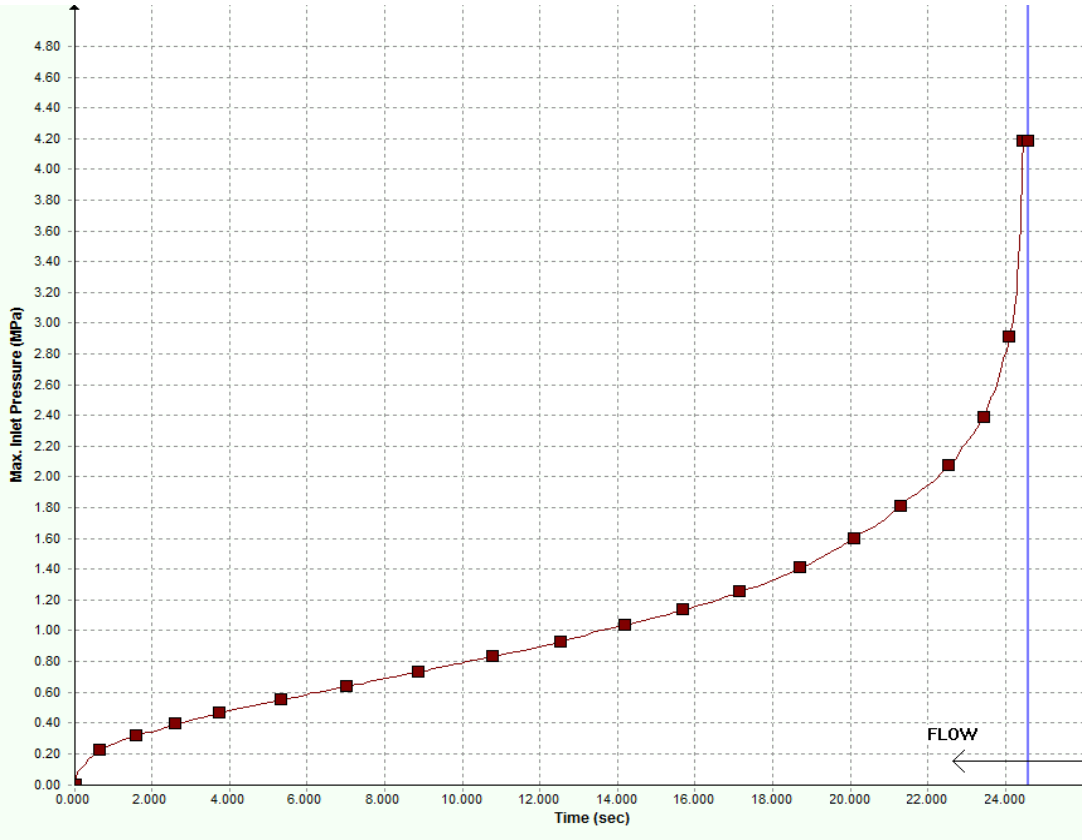


Figure (3.09) : la courbe de l'évolution de pression dans le point d'injection (1 point d'injection)

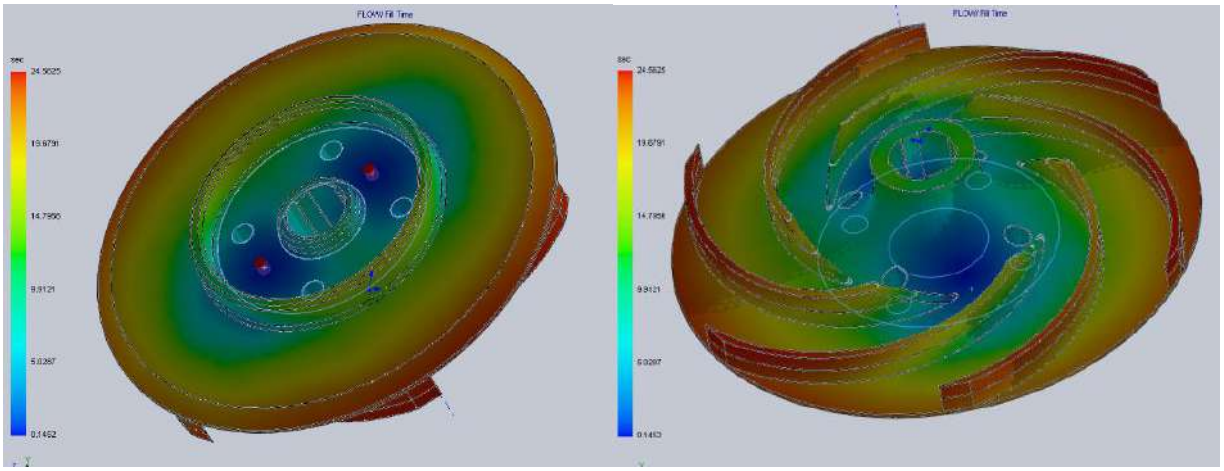


Figure (3.10) : Temps totale de l'injection (2 points d'injections)

La figure (3.11) représente les contours de la pression dans le moule (P_{max}=3.33Mpa), On remarque que la pression est élevée dans les points d'injections (3.33Mpa) et faible à l'extrémité de la roue (tend vers (0Mpa))

Et en remarque aussi que la pression max dans le deuxième cas et plus petit que le premier cas

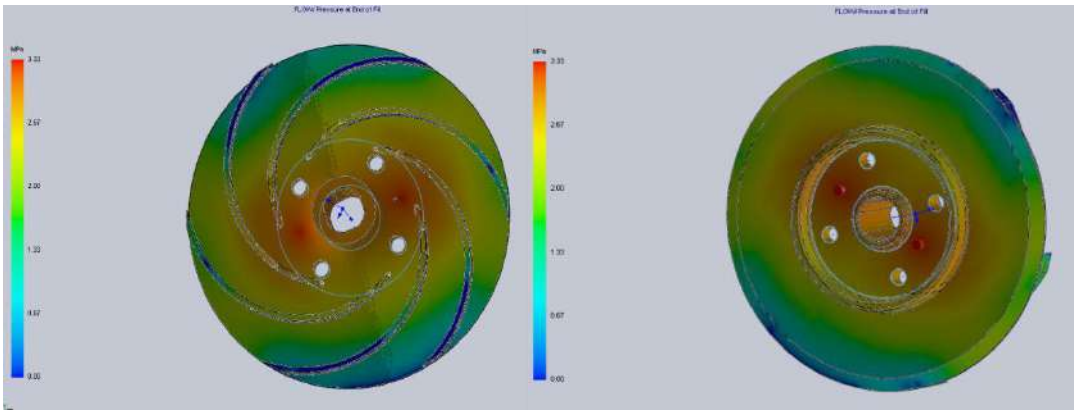


Figure (3.11) : la variation de la pression dans le moule (2 points d'injections)

La figure (3.12) représente les contours de la température dans le moule à l'instant du remplissage du moule à 24.5s. Dans le point d'injection. La température du polymère est initialement de 231.6°C, plus grand que le premier cas (1point d'injection)

On remarque que la température dans l'extrémité de la roue est diminuée lentement en comparaison avec le premier cas (1 point d'injection)

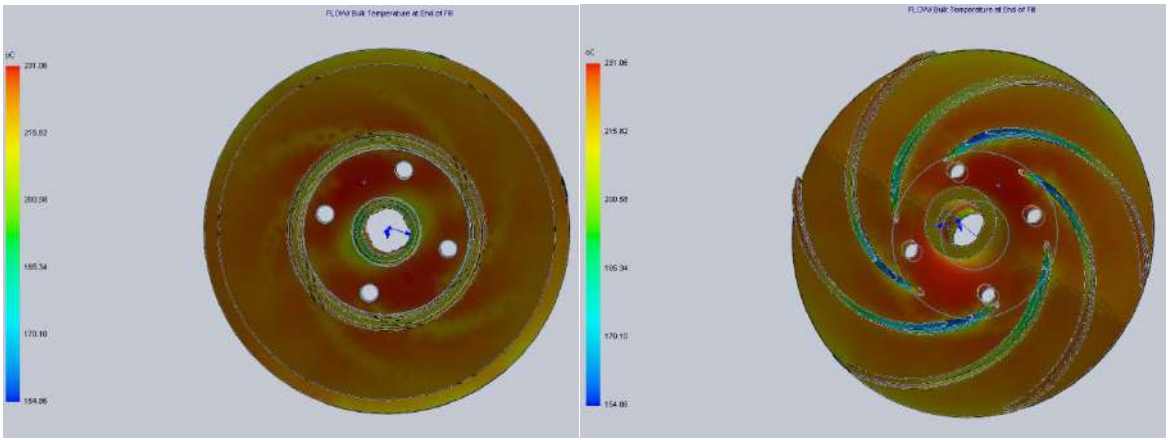


Figure (3.12) : la variation de la température (2 points d'injections)

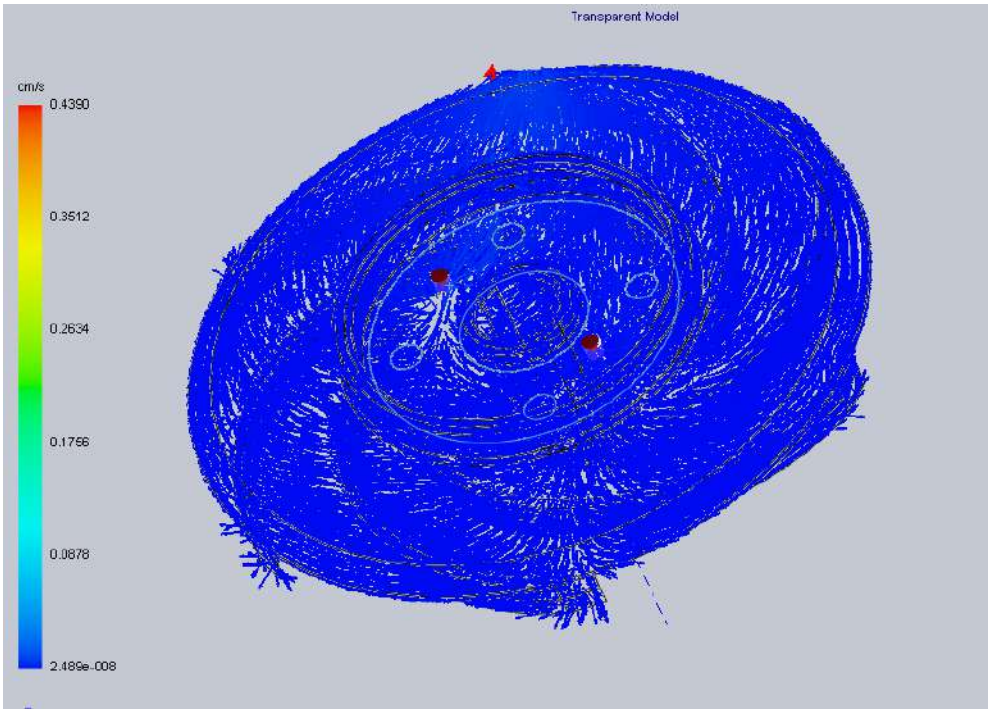


Figure (3.13) : les vecteurs de vitesse (2 points d'injections)

La figure (3.14), représente l'évolution de la pression au point d'injection au cours du temps, en remarque que la pression dans les points d'injection est très faible au début d'injection, elle augmenté plus vite de façons croissante jusqu'à environnement 3.33MPa à la fine de coulée.

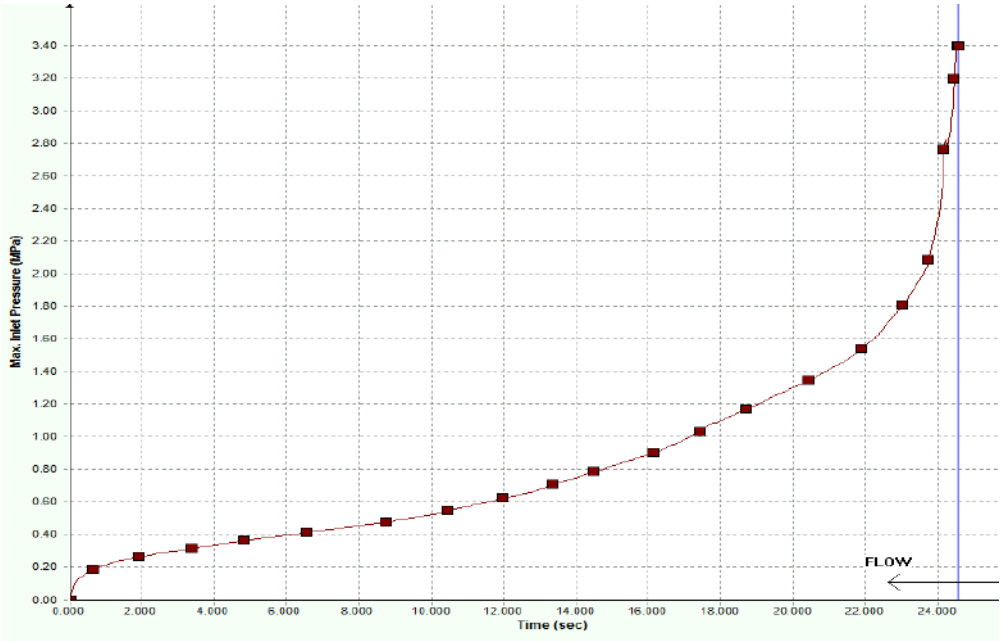


Figure (3.14) : la courbe de l'évolution de pression dans les points d'injections(2 point d'injection)

4.1.4. Cas 3 : (4) point d'injection :

Le Temps totale de moulage est (24.5s . La figure (3.15) représente l'évaluation de la coulée de la matière plastique. Dans le troisième cas (4 point d'injection), le remplissage de la matière plastique dans le moule est d'une homogénéité mieux que le deuxième cas (2 point d'injection),

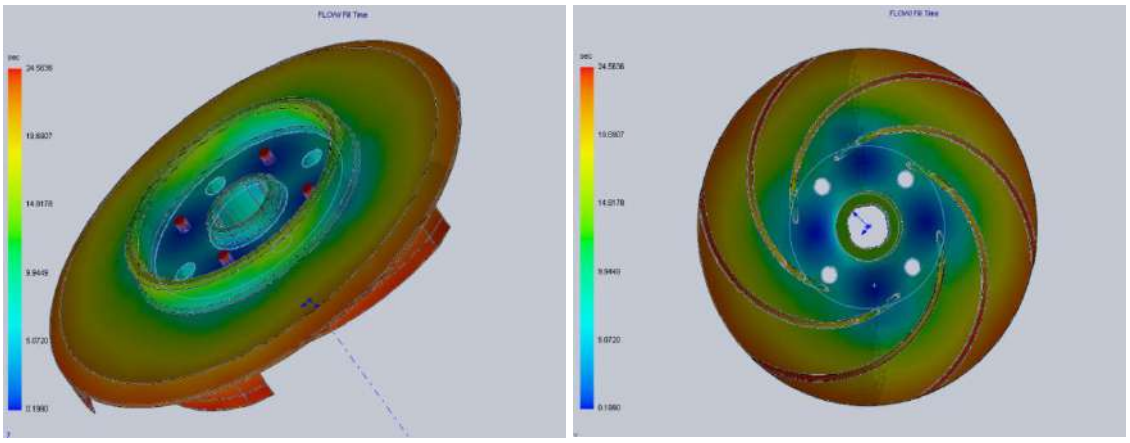


Figure (3.15) : Temps totale de l'injection (4 points d'injection)

La figure (3.16) représente la variation de la pression dans le moule: (Pmax=3.11Mpa) On remarque que la pression est élevée dans les points d'injections (3.11Mpa) et faible à l'extrémité de la roue. On n'observe que la pression max dans le troisième cas et plus petit que le deuxième cas

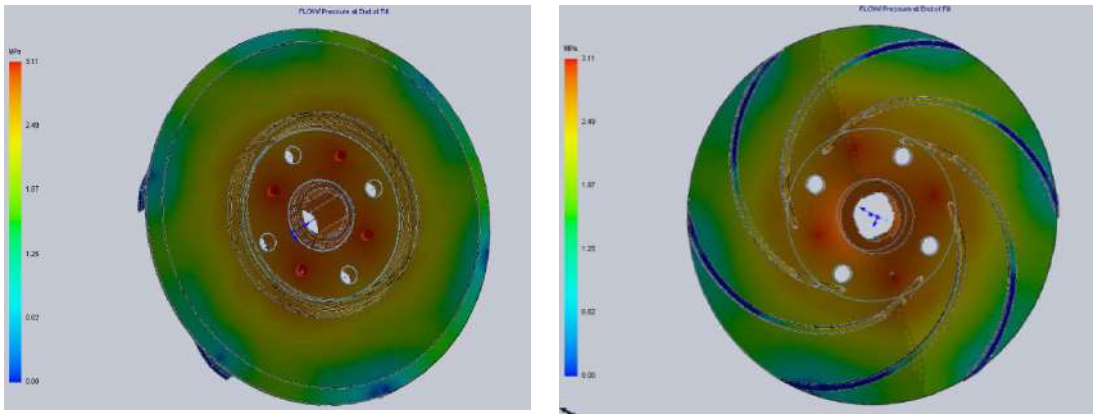
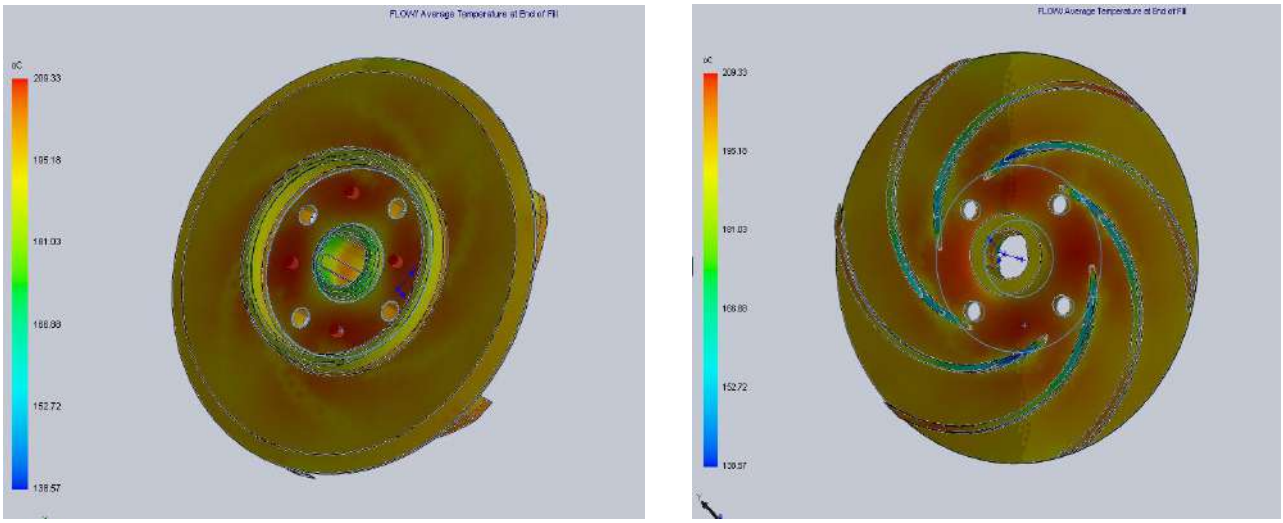


Figure (3.16) : la variation de la pression (4 points d'injection)

La figure (3.17) représente la variation de la température dans le moule :T_{max}=209.33°c La température du polymère est 209°c, dans les points d'injection. On remarque que la température est faible dans l'extrémité de la roue T_{min} =138.5°C

On remarque que la température dans l'extrémité de la roue est diminuée lentement dans le deuxième cas en comparaison avec le troisième cas (4 points d'injection)



Figure(3.17) : la variation de la température (4 points d'injection)

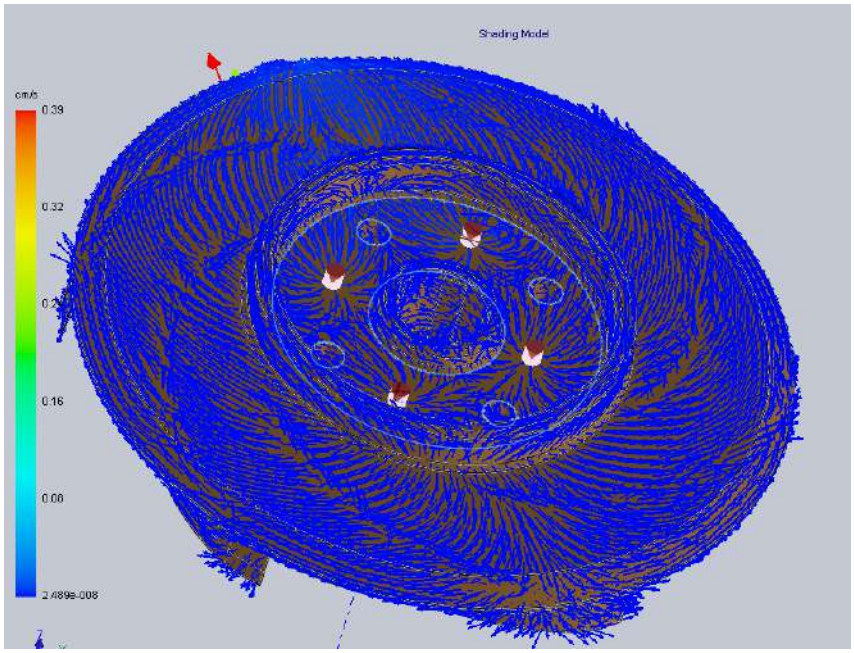


Figure (3.18) : les vecteurs de vitesse (4 points d'injection)

La figure (3.19), représente l'évolution de la pression au point d'injection au cours du temps. On remarque que la pression dans le point d'injection est très faible au début d'injection, elle augmente plus vite de façons croissante jusqu'à environnement 3.11MPa à la fin de la coulée.

Durant les 18 premières secondes la pression augmente lentement en comparaison avec le temps restant jusqu'à le temps final de la coulée où la pression augmente rapidement.

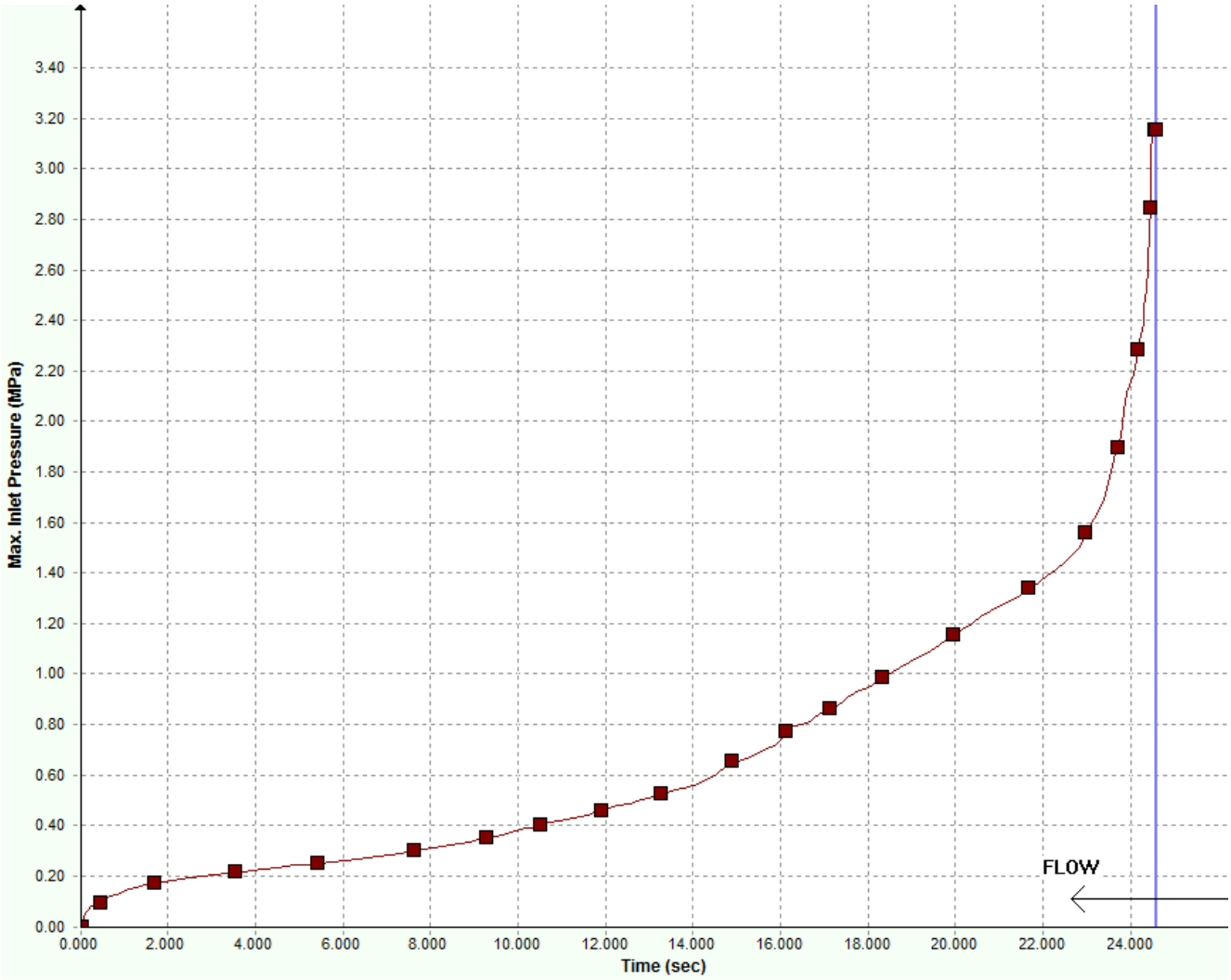


Figure (3.19) : la courbe de de l'´évolution de pression (4 points d'injection)

4.2. Partie 2 de la roue :

4.2.1 Maillage : Le maillage utilisé pour cette pièce est présente sur la figure (3.20). On a utilisé un maillage à 3 nœuds

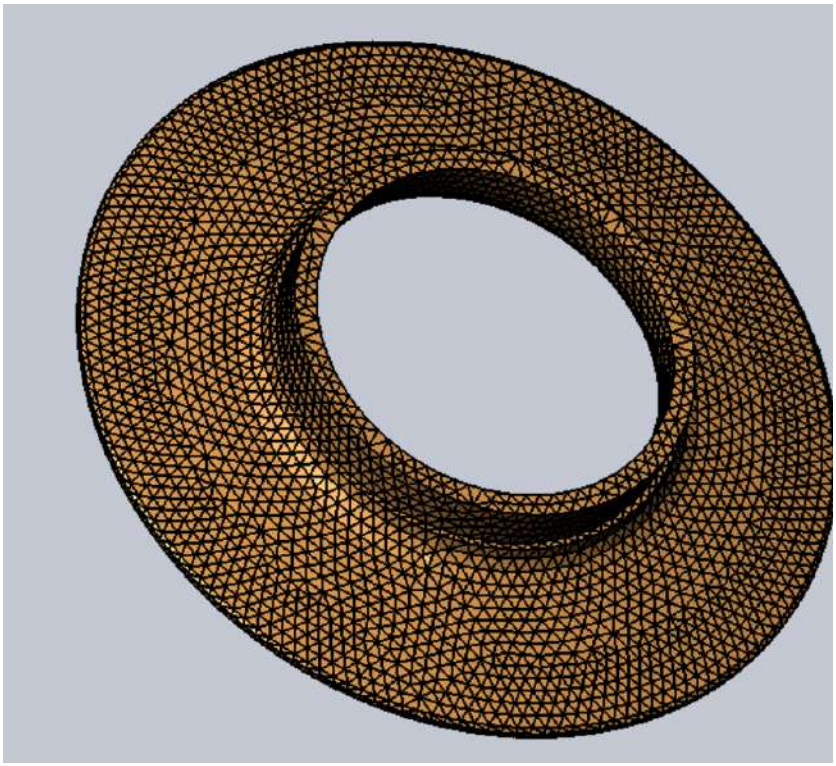


Figure (3.20) : maillage de 2 parties de la roue

4.2.2. Cas 1 : (1) point injection

Le Temps totale de moulage est estimé à 9.83s. La figure (3 .21) représente l'évolution de la coulée de la matière plastique. Dans le cas (1 point d'injection), le remplissage de la matière plastique dans le moule est homogène

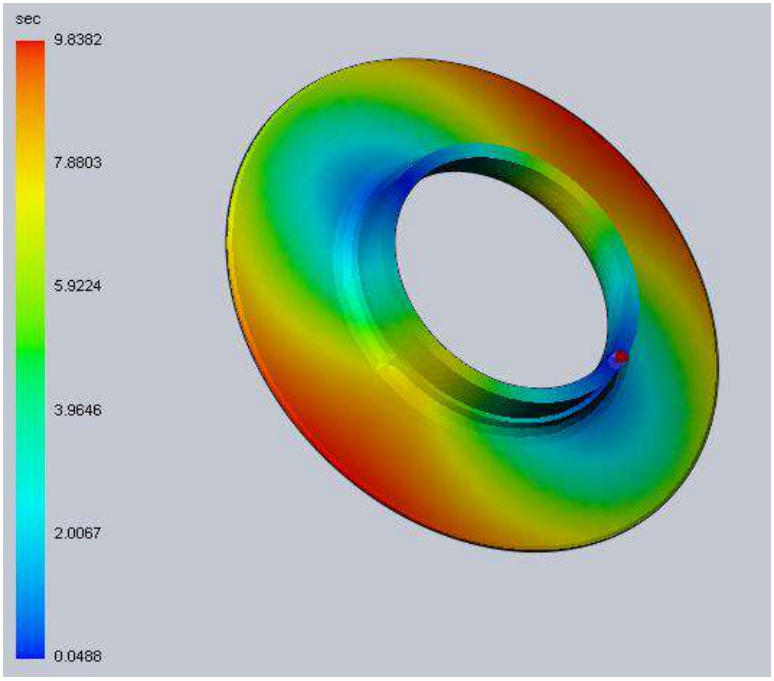


Figure (3.21) : Temps totale de l'injection (1) point injection

La figure (3.22) représente la variation de la pression d'un le moule: (P_{max}=7.58Mpa) On remarque que la pression est élevée dans les points d'injections et faible à l'extrémité de la de la roue.

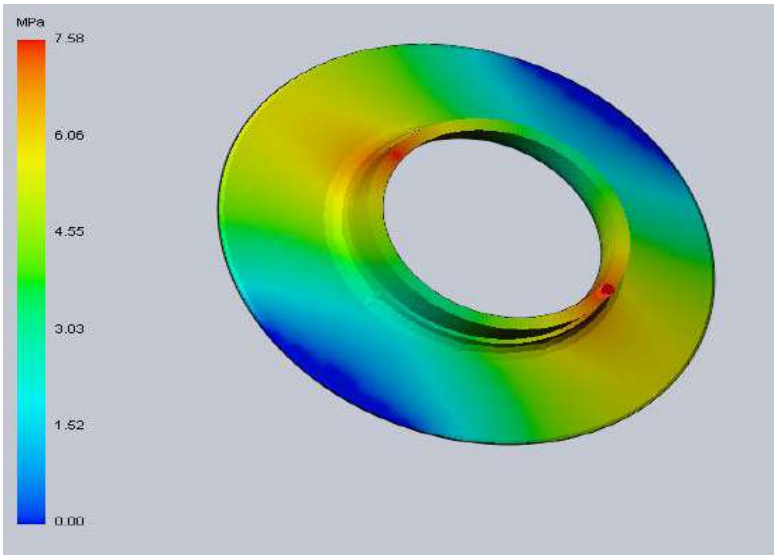


Figure (3.22) : la variation de la pression dans le moule

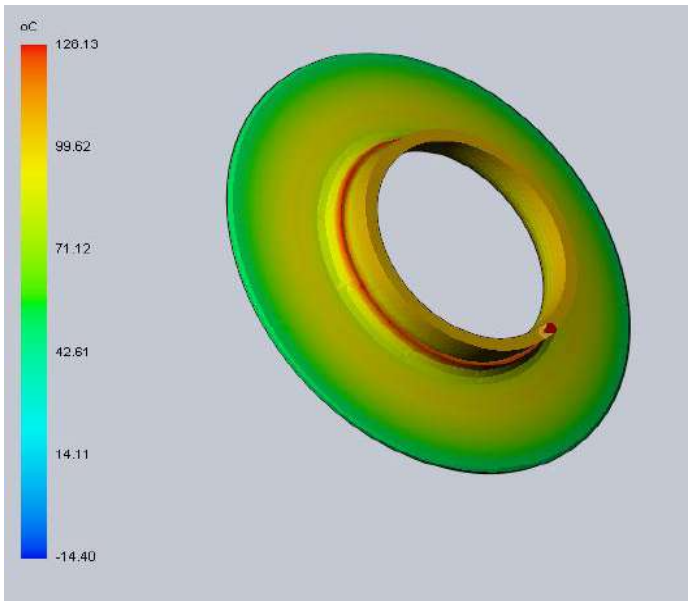


Figure (3.22) : la variation de la température dans le moule

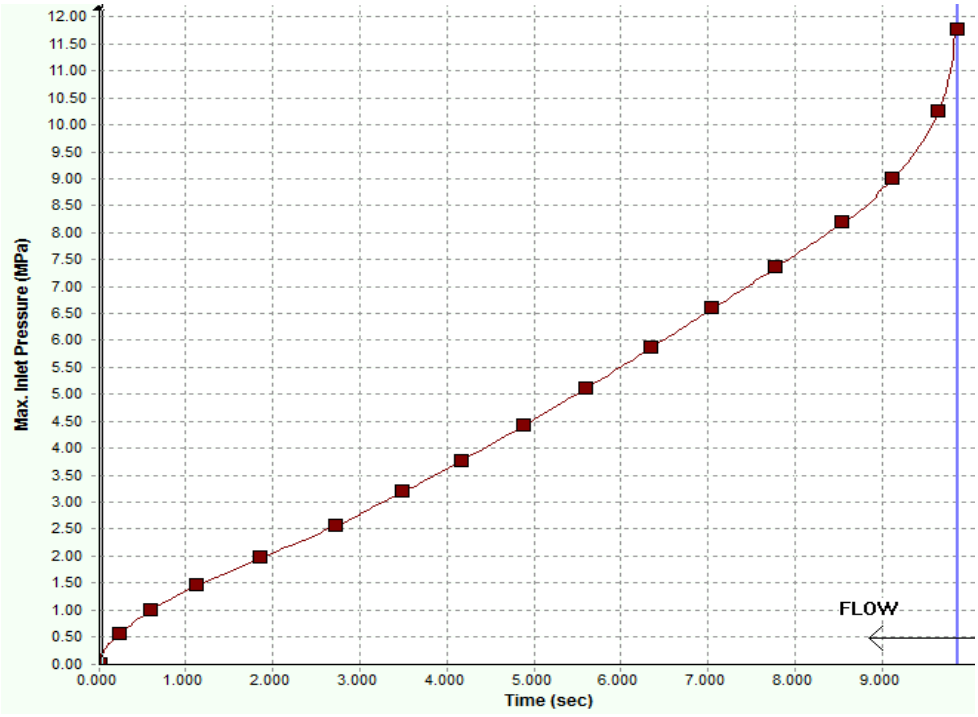


Figure (3.24) : la courbe de de l’´évolution de pression (1) point injection

La figure (3.24) représente l'évolution de la pression au point d’injection au cours du temps l’augmentation de la pression dans le point d’injection au début d’injection plus vite de façons croissante jusqu'à environnement de 7.58MPa à la fine d’injection

4.4.3. Cas 2 : (2) points injections

Le Temps totale de moulage est estimé à 9.83s. La figure (3 .25) représente l'évolution de la coulée de la matière plastique. Dans le cas (2 point d'injection), le remplissage de la matière plastique dans le moule est homogène, Le résultat obtenu est plus proche que le premier cas

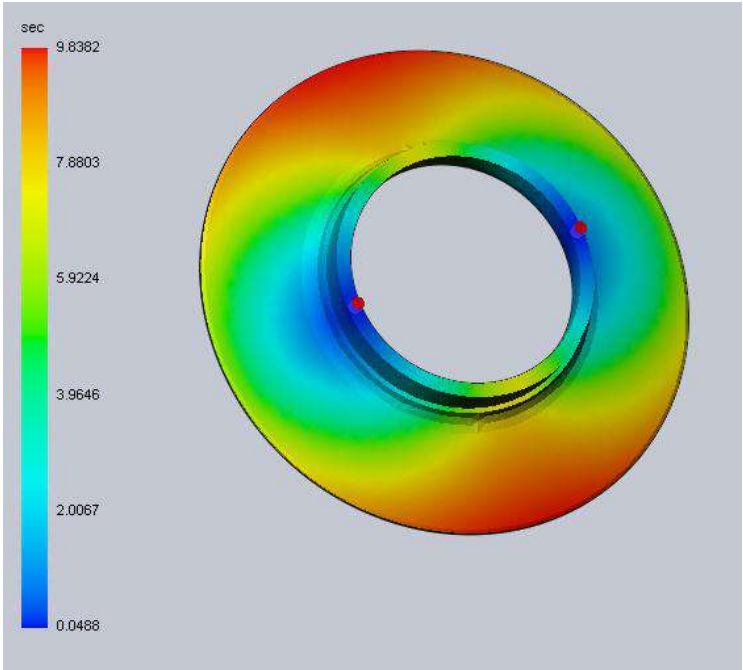


Figure (3.25) : Temps totale de moulage (2) points injections

La figure (3.26) représente la variation de la pression dans le moule P max=7.58Mpa, On remarque que la pression est élevée dans les points d'injections (7.58Mpa) et faible à l'extrémité de la deuxième partie de la roue, On n'observe que la pression dans les deux points d'injection égale la pression dans le premier cas (1 point d'injection)

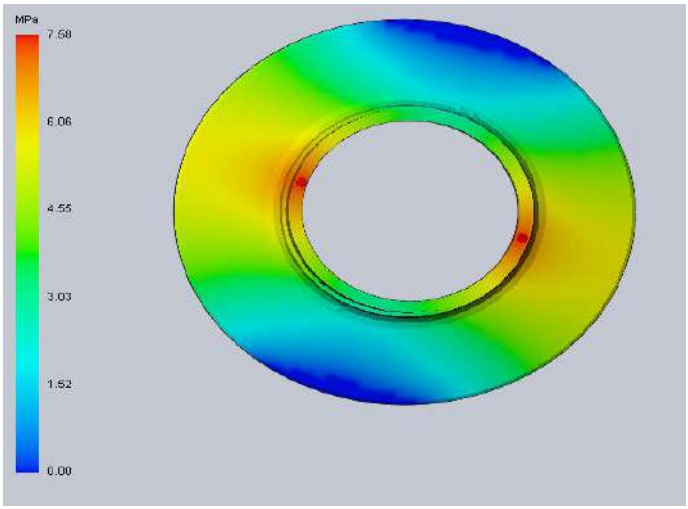


Figure (3.26) : la variation de la pression

La figure (3.27) représente la variation de la température moyenne dans le moule

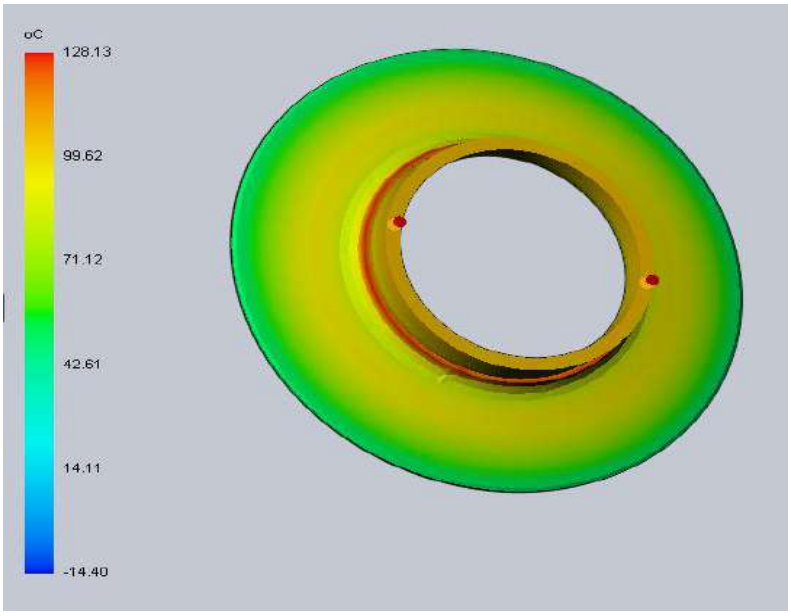


Figure (3.27) : la variation de la température

La figure (3.28) représente l'évolution de la pression au points d’injections au cours du temps dans le deuxième cas (2point d’injection) , l’augmentation de la pression dans les points d’injection au début d’injection de façons croissante jusqu'à environnement 7.58MPa à la fine d’injection

Les résultats obtenus dans le première et deuxième cas est très proche

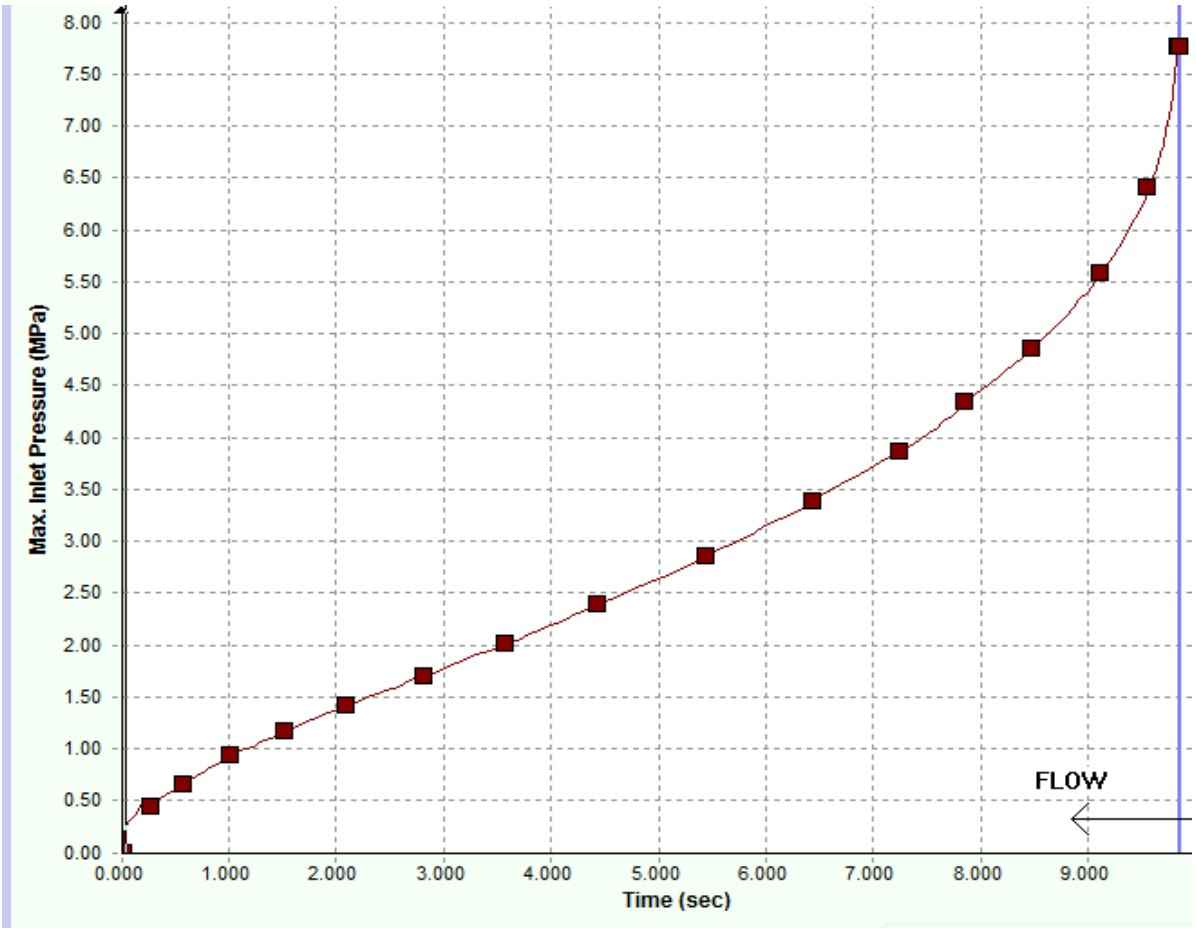


Figure (3.28) : la courbe de de l’´évolution de pression dans le point d’injection (2point injection.)

Les résultats numériques montrent que le temps et la pression et la température de coulage dépende à l’emplacement et nombre des points d’injection,

Chapitre 4

Conception d'un moule à injection plastique par Solidworks et Imold

4.1. Conception initiale :

Différents points doivent être pris en considération par les concepteurs.

- Renseignements généraux
  - fonction
  - forme générale et détails
  - conditions d'utilisation
  - tolérances
  - aspect
  - inventaire des pièces de formes ou de fonctions analogues.
- Réalisation
  - choix de la matière
  - choix de la méthode de moulage
  - conception du moule
  - finition
  - assemblage.

4.1.1. Sélectionner une matière :

Le polymère utilisé pour fabriquer une pièce en plastique a une incidence sur le traitement et les caractéristiques de la pièce finie. (ABS Acrylonitrile-Butadiène-Styrène)

Les résines ABS représentent l'un des mélanges les plus précieux de résine et d'élastomère et leur succès est dû aux excellentes propriétés provenant de cette alliance. Le sigle ABS est composé des initiales des trois monomères de base utilisés pour leur préparation: l'acrylonitrile, le butadiène et le styrène. Les premières résines ABS ont été produites dans les années 50. Leurs propriétés fondamentales étant la ténacité, la résistance aux chocs et la dureté superficielle, elles sont surtout employées dans la fabrication de meubles, éléments pour l'industrie automobile, châssis de téléviseurs, radios, panneaux et autres. [14]

Tableau (4.01) : les Propriété du polymère utilisé

Melt Temperature	230 oC
Max. Melt Temperature	280 oC
Min. Melt Temperature	200 oC
Mold Temperature	50 oC
Max. Mold Temperature	80 oC
Min. Mold Temperature	25 oC
Eject Temperature	90 oC
Glass Transition Temperature	100 oC
Viscosity : 7-Parameters Modified	2.2149e+013 378.15 0 28.8 51.6 723500
PVT : Modified Tait eqn	0.94923 0.00062 1.7163e+009 0.004173 0.94
Specific Heat : Constant	2400 J/(Kg-K)
Heat Conductivity : Constant	0.18 W/(m-K)
Elastic Modulus : Constant	2.25e+010 2.25e+010
Poisson Ratio : Constant	0.39 0.39
Thermal Expansion Coefficient : C	8e-005 8e-005

4.1.2) Retrait

Le retrait se produit lors du refr

oidissement d'une pièce. Tenez compte du volume de retrait lors de la fabrication du moule, afin que les cotes de la pièce finie correspondent à ses spécifications de conception.

Catégories de retrait :

* Isotrope : le retrait dans la direction de l'écoulement et le retrait dans la direction inverse sont à peu près équivalents.

* Anisotrope : le retrait dans la direction de l'écoulement est très différent du retrait dans la direction inverse.

Pour compenser ce retrait, ajustez les côtes du moule. Vous pouvez utiliser la fonction Retrait pour définir cet ajustement manuellement à l'aide de données spécifiques à la catégorie de matière. Vous pouvez également exécuter une analyse de retrait pour évaluer le retrait et prendre en compte les caractéristiques de la matière, les conditions de traitement et la géométrie de la pièce.

Une analyse de retrait de pièce évalue une pièce individuelle. Une analyse de retrait au moulage permet d'évaluer l'intégralité de la conception de moule, compris le système d'alimentation. L'analyse de retrait évalue le pourcentage de retrait en fonction des côtes du moule. Ajustez ces dernières jusqu'à ce que le résultat de l'analyse de retrait montre que les cotes de la pièce se situent à l'intérieur de la plage de tolérances des spécifications de conception.

Ici on a choisi un retrait de 1%

4.1.3) Écoulement du polymère dans les canaux de distribution

Les canaux de distribution doivent être tracés de façon telle que la chute de pression de la matière fondue pendant l'écoulement soit la plus faible possible.

Les facteurs sur lesquels on peut agir sont les suivants :

- la forme et la section des canaux
- leurs longueurs
- leurs changements de direction et la forme de leurs ramifications
- leur état de surface
- les paramètres techniques d'injection et de régulation de la température du moule

4.1.4) Paramètres de traitement :

La fonction Paramètres de traitement permet de saisir les conditions du traitement que vous souhaitez simuler .le choix des paramètres de traitement dépend de la géométrie de la pièce (la roue) (taille et épaisseur)

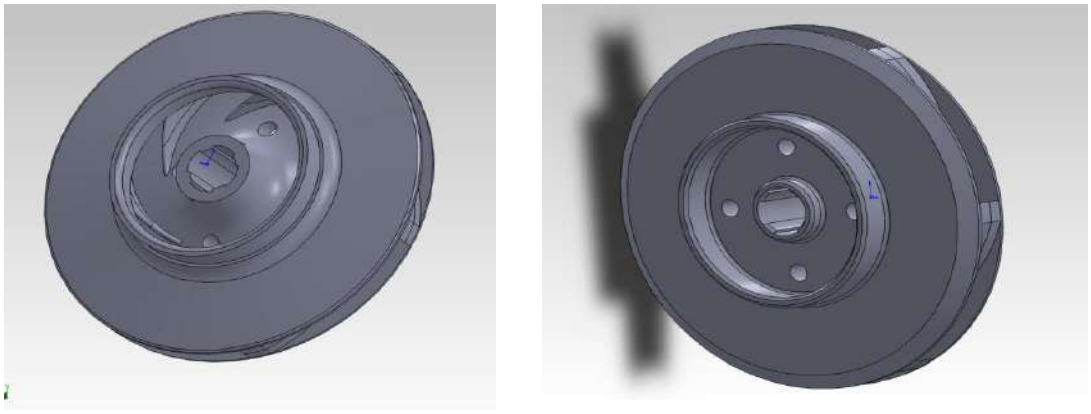


Figure (4.02): le model de la roue

Dans ce cas, nous devons séparer la roue à 2 parties, parce qu'il est difficile de l'enlever du moule ;

Résultat de la séparation de la roue est :

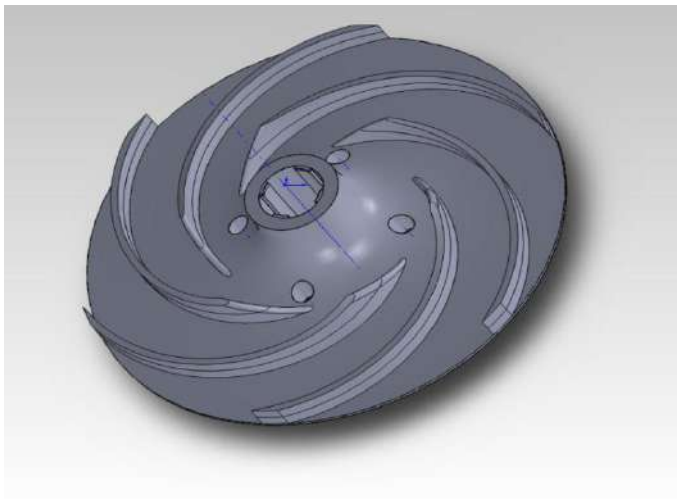


Figure (4.03):partie 1 de la roue

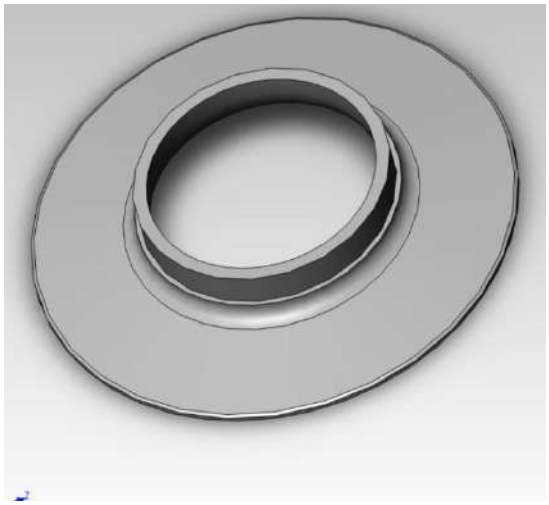


Figure (4.04):partie 2 de la roue

Les éléments suivants constituent les conditions de traitement :

- Propriétés de la matière : la température du moule et la température de fusion du polymère.
- Limite maximale de la pression d'injection
- Temps d'injection machine : Spécifié en secondes.
- Temps d'ouverture du moule : Spécifié en secondes.

4.2) Conception par Solidworks et Imold

Dans ce travail nous réaliser les empreintes fixe et mobile et ensuite nous les placerons dans

le moule. Pour leur réalisation nous utiliserons les logicielle « solidworks et imold »

4.2. partie 1 de la roue :

4.2.1) Conception du plan de

La création du plan de joint joue un rôle prépondérant dans la réussite de la conception d'un moule d'injection. S'il est correctement généré, la conception adéquate du noyau et de l'empreinte est garantie et la pièce en plastique peut être extraite du moule aisément.

-En utilisant la fonction « parting lines » pour créer le plan de joint

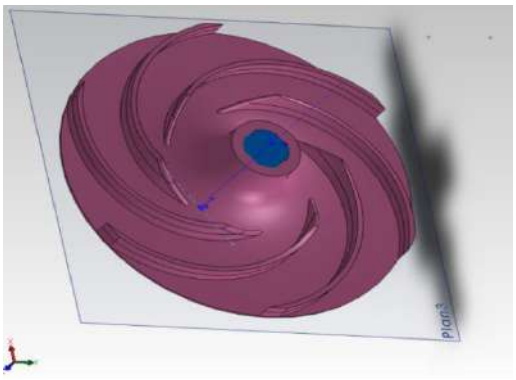
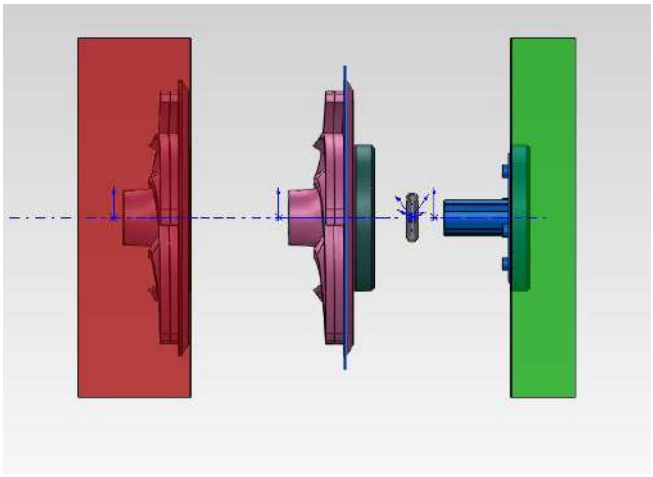


Figure (4.05): plan de joint

4.2.2) Conception le noyau et l'empreinte :

En utilisant la fonction « core -cavity » une épaisseur de 154 mm correspondant à l'épaisseur des deux empreintes assemblées (une empreinte à une épaisseur de 98mm et un noyau à une épaisseur de 56mm).'



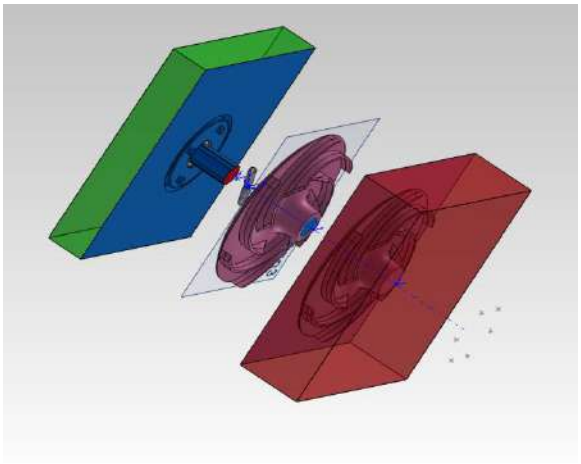


Figure (4.06): Le noyau et l'empreinte

4.2.3) Constitution de la carcasse

La carcasse regroupe tous les éléments du moule énumérés plus loin. Elle permet l'incorporation de mécanismes de démoulage autres que les éjecteurs et l'installation du système de régulation de la température (canaux, cartouches chauffantes, sondes thermométriques).
Les plaques peuvent être carrées, rectangulaires ou circulaires, mais, pour les moules spéciaux équipés de dispositifs de démoulage, leur forme doit tenir compte de la géométrie de la pièce injectée et des plateaux de la presse.

La configuration de la carcasse est également influencée par le choix du système d'injection, ses dimensions doivent tenir compte des dimensions des plateaux de la presse en assurant une judicieuse répartition des empreintes, des canaux d'alimentation ou des blocs de distribution, des canaux de circulation des fluides caloporteurs et des mécanismes auxiliaires.: est un ensemble de plaques en acier contenant les noyaux et empreintes d'un moule

a)Éléments constitutifs de la carcasse

- **Les éléments fixes se divisent :**
    - plaque ou bloc porte-matrices ou porte-empreintes
    - bloc porte-poinçons
    - contreplaque
    - plaques de fixation
- **Les plaques mobiles sont :**
    - la plaque d'éjection et la contre-plaque
    - les plaques de dévissage et les plaques flottantes qui possèdent généralement un guidage à billes.

Les plaques fixes ou mobiles, empilées, doivent avoir leurs bords chanfreinés et des fraisures dans leur plan de joint pour faciliter si nécessaire leur séparation.
Les contre-plaques doivent apporter une rigidité suffisante pour s'opposer à la déformation des parties moulantes sous l'action de la pression d'injection.

b) Conception de la carcasse :

Création de l'épaisseur de corps en utilisant la fonction « moldbase designer - thickness » :

Epaisseur =546mm

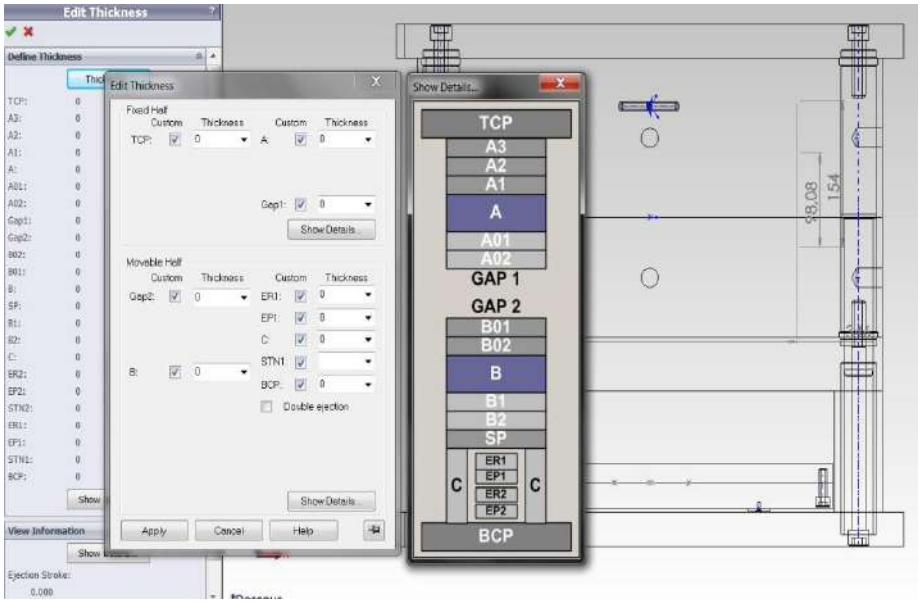


Figure (4.07): création de l'épaisseur de corps

Création la taille de corps en utilisant la fonction « moldbase designer - size » :

Largeur =596mm

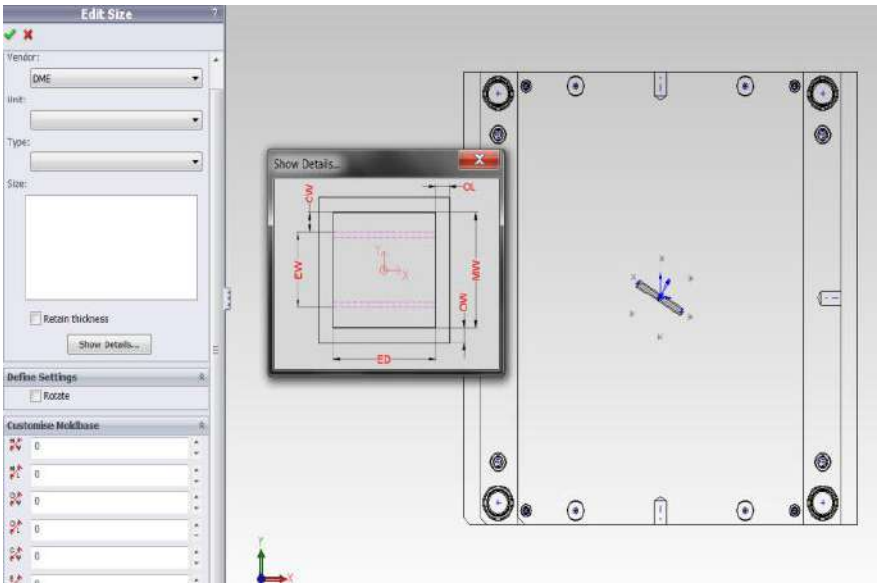


Figure (4.08): création la taille de corps

c) Les éléments de centrage et de fixation :

Permettent de fixer le moule sur les plateaux de la presse, d'aligner le nez de la machin avec la buse du moule et d'accoupler les dispositifs d'éjection de la

Presse et de l'outillage.

Le centrage peut être obtenu grâce à un orifice ménagé sur le plateau de la presse situé du côté du plastification et dans lequel on introduit la rondelle de centrage du moule. Les presses comportent souvent un orifice de centrage sur chaque plateau.

-En utilisant la fonction « moldbase designer -screws » :

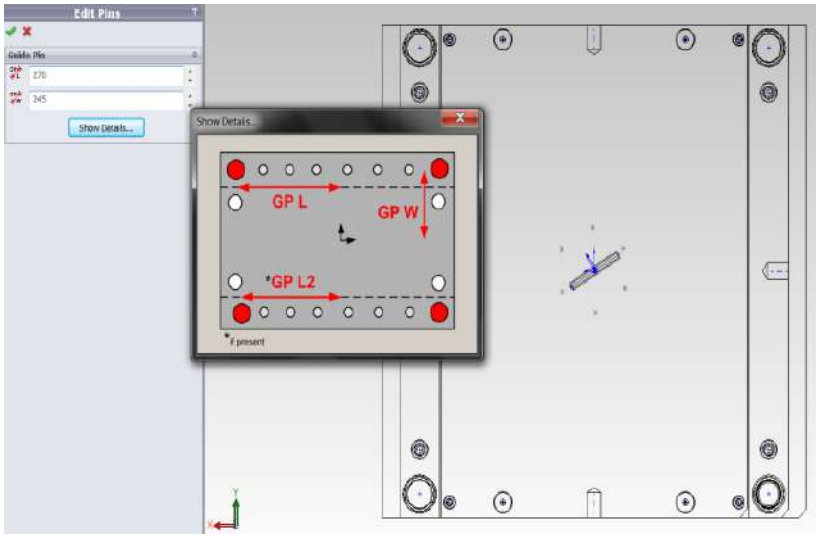


Figure (4.9): méthode de création des éléments de guidage

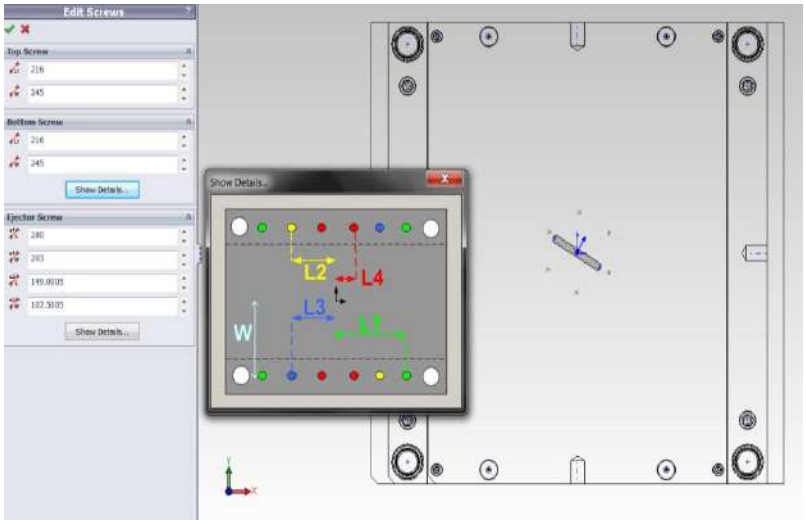


Figure (4.10): méthode de création les éléments de fixation

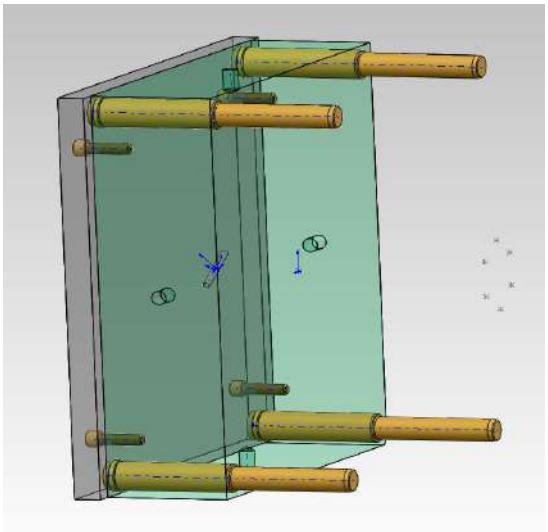


Figure (4.11): schéma de partie fixe

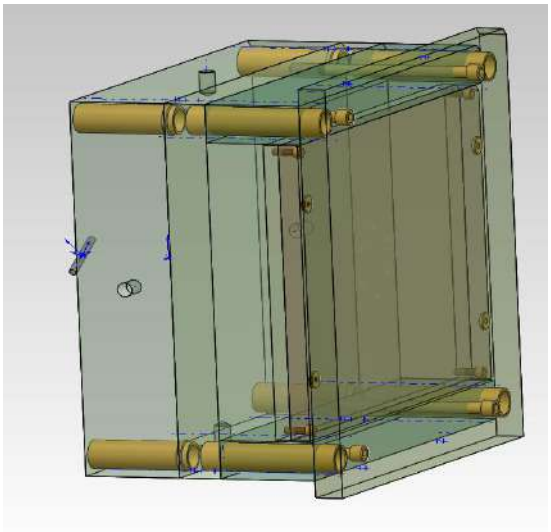


Figure (4.12):schéma de partie mobile

4.2.4) Emplacement des points d'injections

Les points d'injection permettent de connecter le système d'alimentation au moule et de transférer le plastique fondu du système d'alimentation à l'empreinte du moule.

Le plastique est injecté sous haute pression dans l'empreinte, de sorte à remplir complètement l'empreinte et créer un produit compact et propre. La taille, la précision, le nombre et l'emplacement des points d'injection ont une incidence sur la qualité de la pièce en plastique finie.

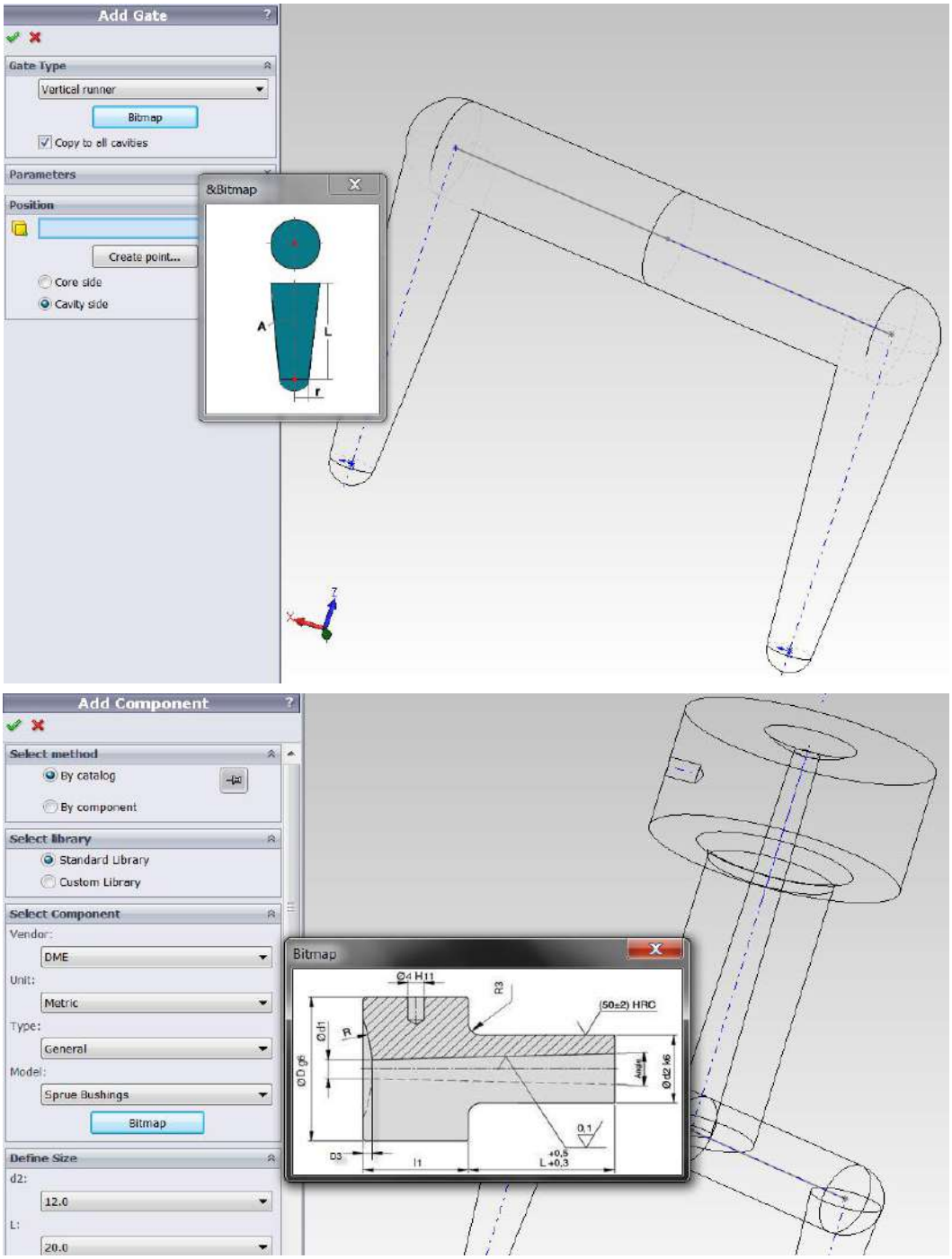
Comme les canaux d'alimentation rétrécissent au niveau des points d'injection, concevez le système d'injection en même temps que le système d'alimentation. avant de créer un point d'injection, identifiez un emplacement de point d'injection. après avoir créé des systèmes d'alimentation

Les emplacements de points d'injection correspondent à des coordonnées sur la surface de la pièce moulée qui indiquent où les points d'injection physiques sont placés.

4.2.5) Système d'alimentation :

Le système d'alimentation répartit uniformément le plastique fondu, du nez de la machine vers les empreintes du moule

Création Système d'alimentation en utilisant la fonction « gate designer – add gate »



(4.13) : Système d'alimentation

4.2.6) Système de refroidissement :

Créer des canaux dans le moule pour faire circuler le liquide de refroidissement afin de refroidir le moule rapidement et de manière homogène.

Création Système de refroidissement en utilisant la fonction « cooling designer-creat circuit »

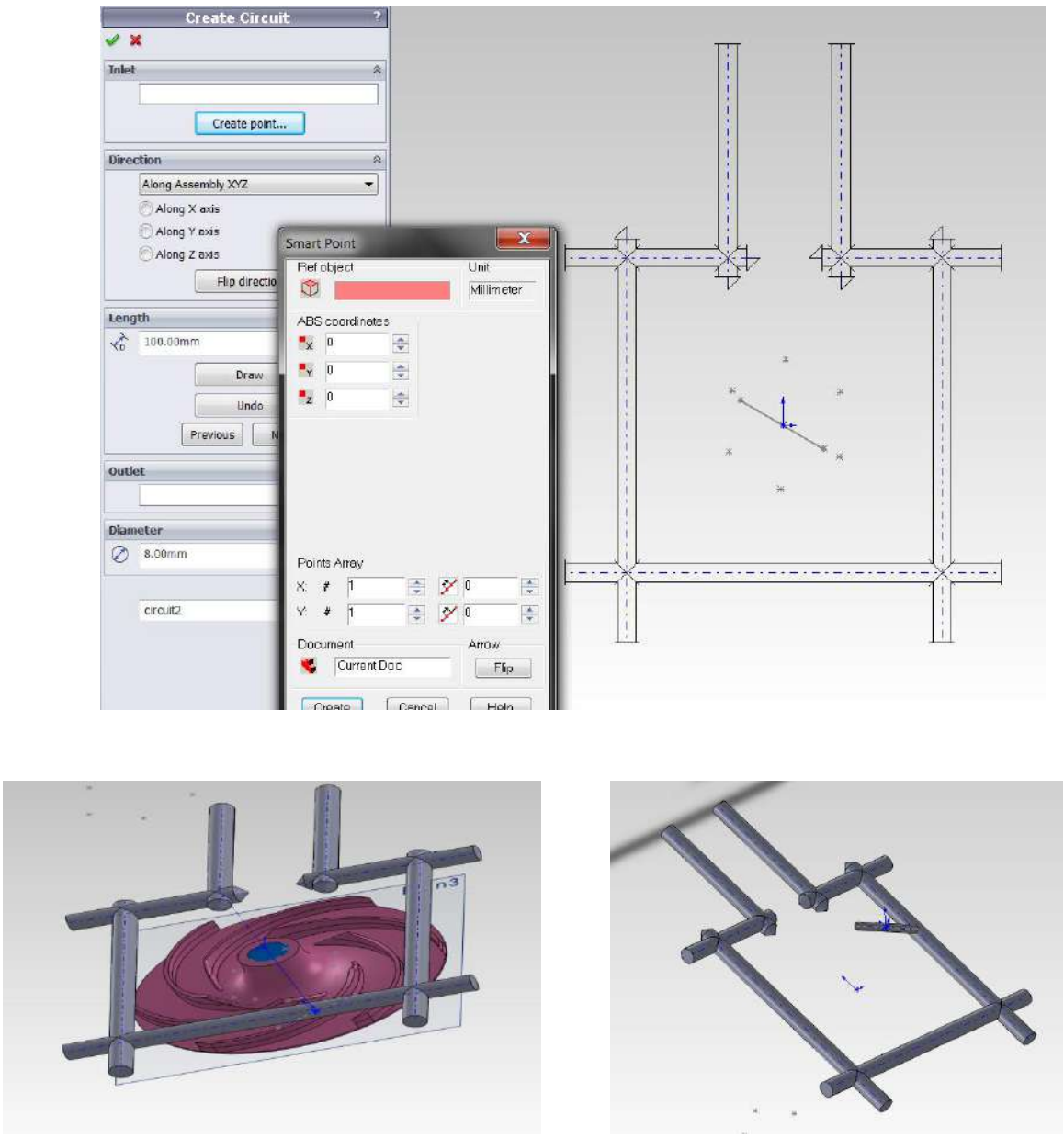


Figure (4.14):schéma de système de refroidissement

4.2.7) Ejecteur

Un éjecteur est une broche en acier située sur la partie mobile du moule. Lorsque le système d'éjection est activé, l'éjecteur pousse la pièce en plastique ou le système d'alimentation à l'extérieur du moule. Lorsque le système d'éjection est activé, la plaque glisse sur la broche d'éjecteur tubulaire. elle pousse la pièce en plastique pour l'éloigner de la broche et la sortir du moule.

Les composants tels que les éjecteurs se déplacent par va-et-vient dans le noyau ou le corps de moule. Un petit espace, appelé poche ou dégagement de mouvement est autorisé pour ce mouvement. L'onglet

le dégagement permet de définir la taille de la poche dans le corps de moule, afin qu'elle corresponde aux exigences de chaque éjecteur. Définissez le dégagement de sorte que l'éjecteur ne se bloque pas sur le corps de moule ou le noyau.

Création les éjecteurs en utilisant la fonction « ejector designer » longueur = 228mm

On à choisir 6 éjecteur,

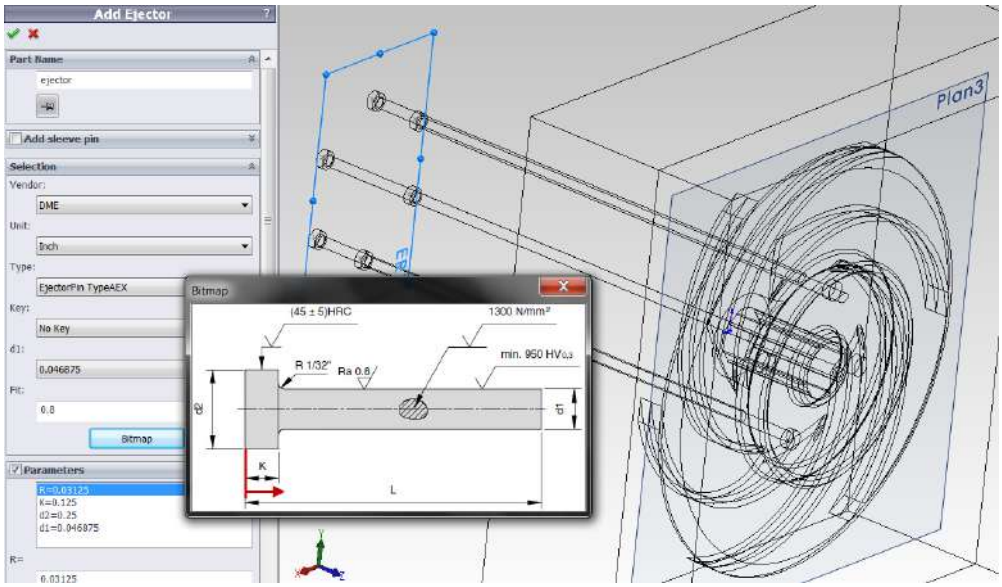


Figure (4.15): choix le type de l'éjecteur



Figure (4.16): Ejecteur

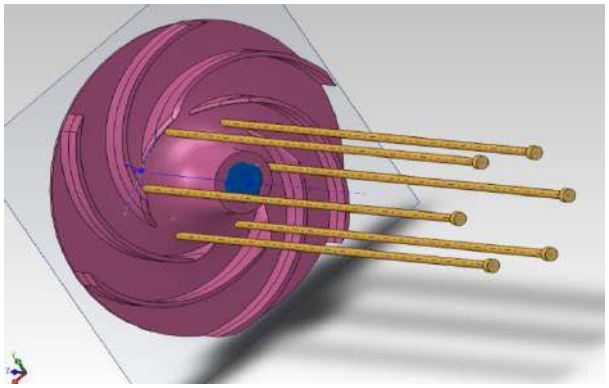


Figure (4.17): Emplacement des éjecteurs

4.2.8) Buse d'injection :

La buse d'injection correspond à l'ouverture à travers laquelle le plastique fondu pénètre dans le moule, la buse d'injection dirige le plastique dans les systèmes d'alimentation, par le point d'injection et enfin dans l'empreinte de moule, ou directement dans l'empreinte.

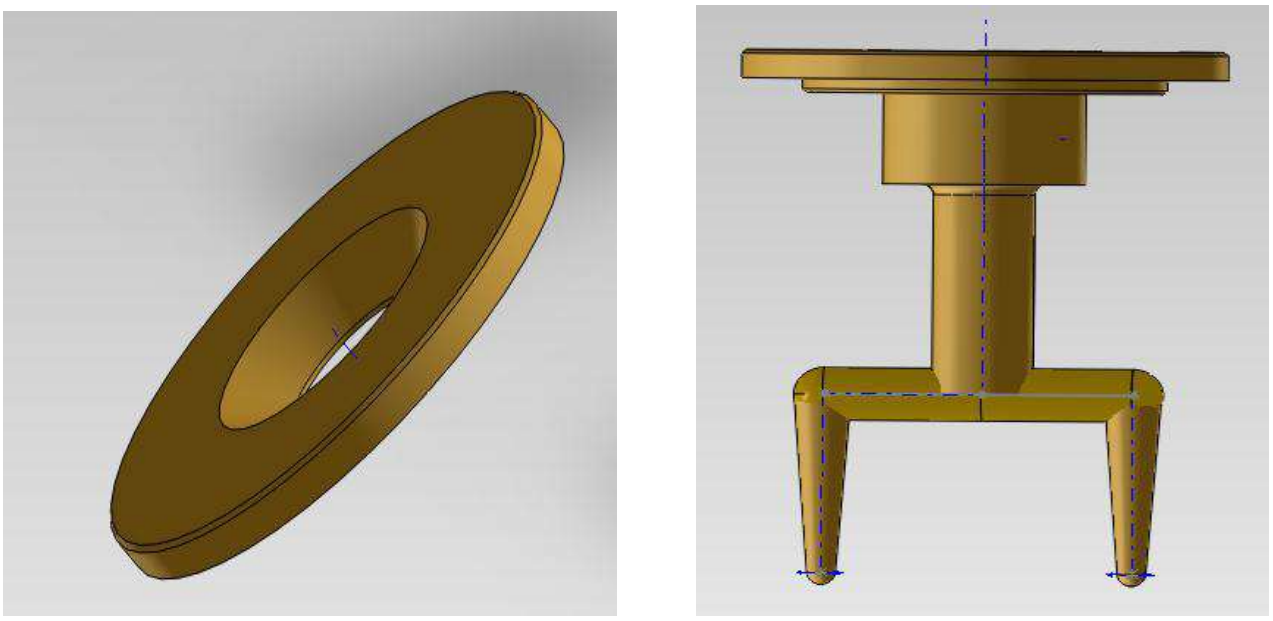


Figure (4.18): Buse d'injection

4.2.9) Assemblage :

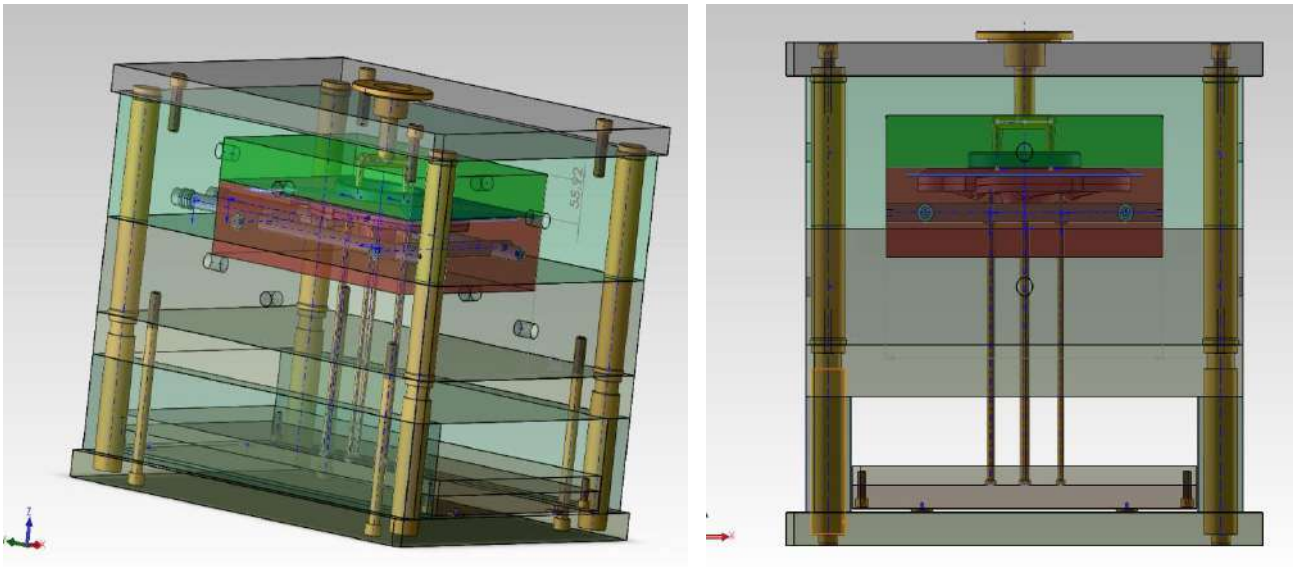
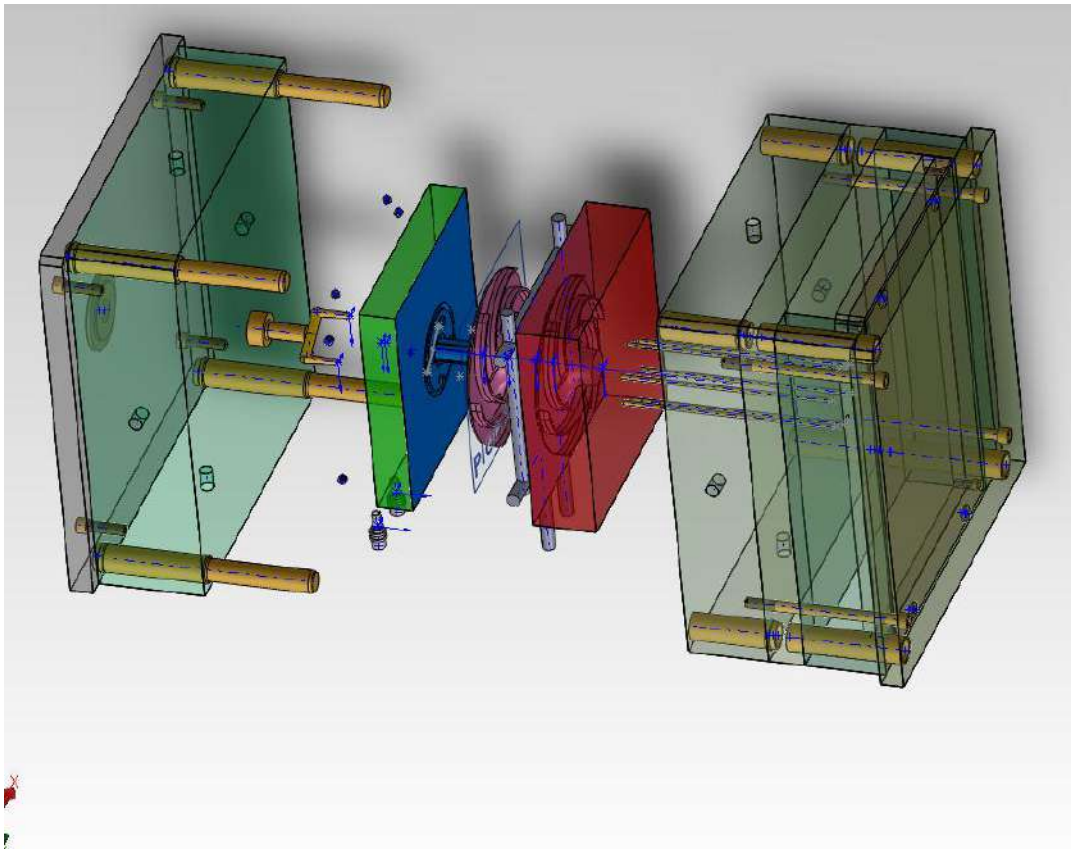


Figure (4.19) : vue d'assemblage de moule



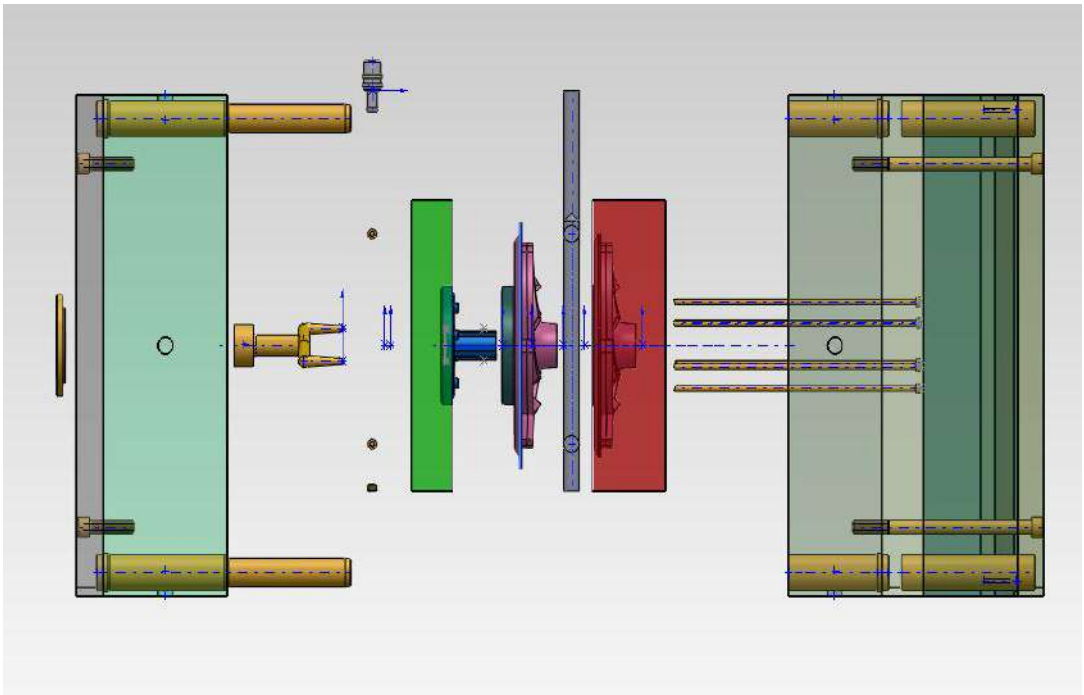
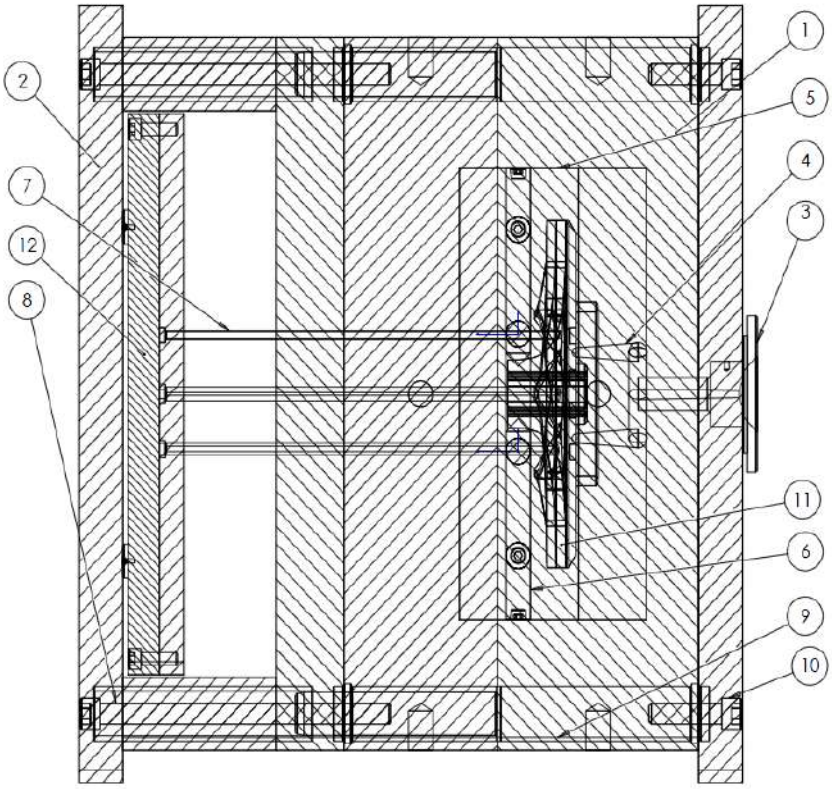


Figure (4.20): vue éclatée de la moule

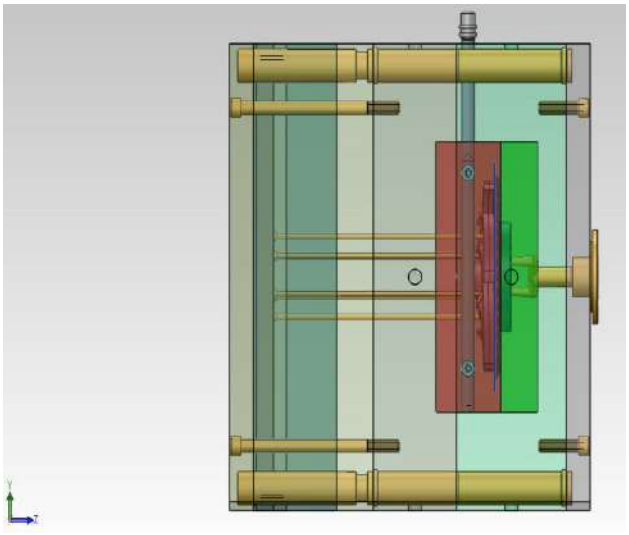


Numéro de pièce	Désignation
1	Plaque fixe
2	Plaque mobile
3	Buse d'injection
4	Carotte
5	Plaque d'empreinte
6	Canaux de refroidissement
7	Ejecteur
8	Vis de fixation
9	Colon de guidage
10	Vis de fixation 2
11	La roue
12	Plaque d'éjection

Figure (4.21):schéma d'assemblage de moule 01

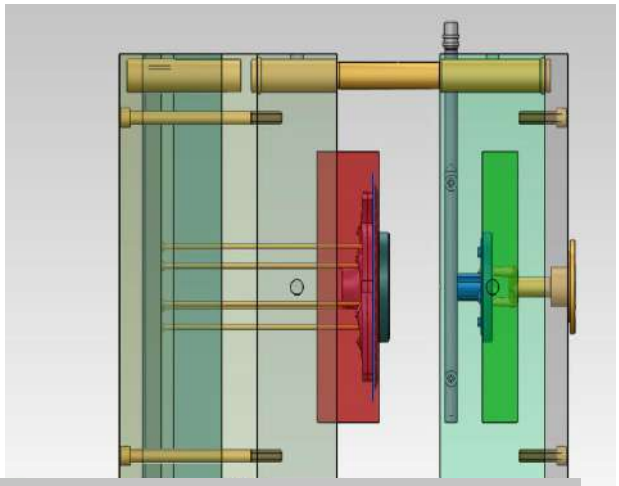
4.2.10) Cycle de moulage :

1. **Injection :** c'est la phase de remplissage de l'empreinte avec la matière plastifiée et le maintien sous pression pour compenser les retraits.



2. refroidissement : **:** il a lieu le temps nécessaire pour que le plastique se solidifie dans le moule. Dans la pratique, on plastifie souvent, pendant ce temps, la matière pour le prochain cycle. De plus, si nécessaire au cours de ce temps, on peut séparer la buse du cylindre d'injection et le moule.

3. **Ouverture du moule :** le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe Le moule occupe la position de fin d'ouverture qui assure à la pièce l'espace libre pour être éjectée



4. Ejection : la pièce éjectée à l'aide d'éjecteurs.

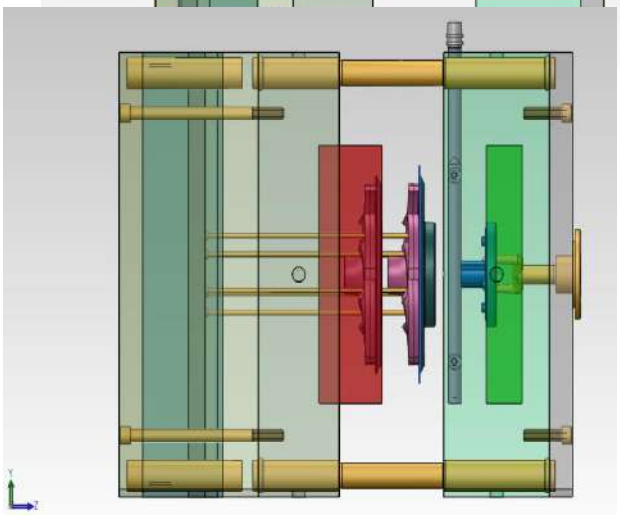


Figure (4.22):schéma Cycle de moulage de la parie 1 de la roue

4.2.2 partie 2 de la roue :

4.2.2.1) Conception du plan de joint :

-En utilisant la fonction « parting lines » pour créer le plan de joint :

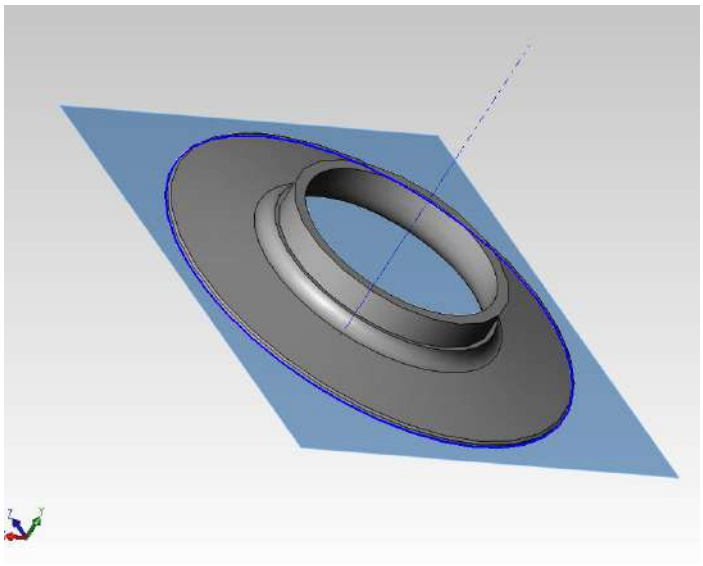


Figure (4.23): plan de joint 2

4.2.2.2) Conception le noyau et l'empreinte :

En utilisant la fonction « core -cavity » une épaisseur de 130 mm correspondant à l'épaisseur des deux empreintes assemblées (une empreinte à une épaisseur de 80mm et un noyau à une épaisseur de 50mm).

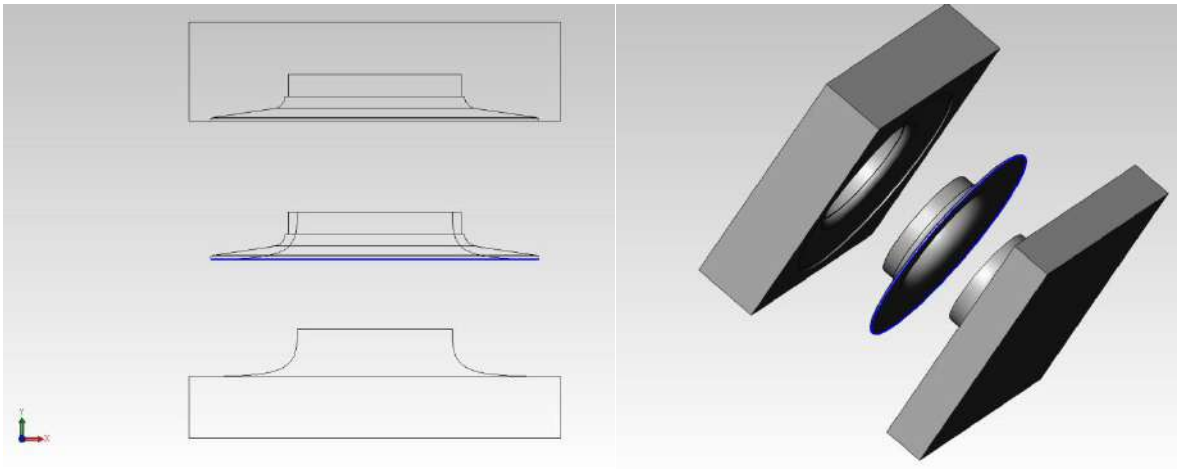
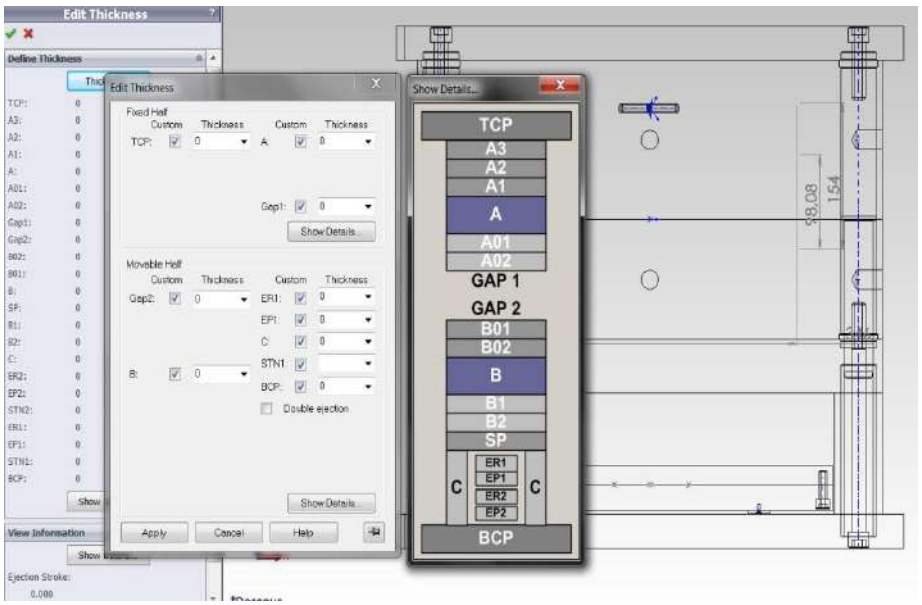


Figure (4.24): Le noyau et l'empreinte 2

4.2.2.3) Conception de la carcasse moule 2 :

Création de l'épaisseur de corps en utilisant la fonction « moldbase designer - thickness » :

Epaisseur =546mm



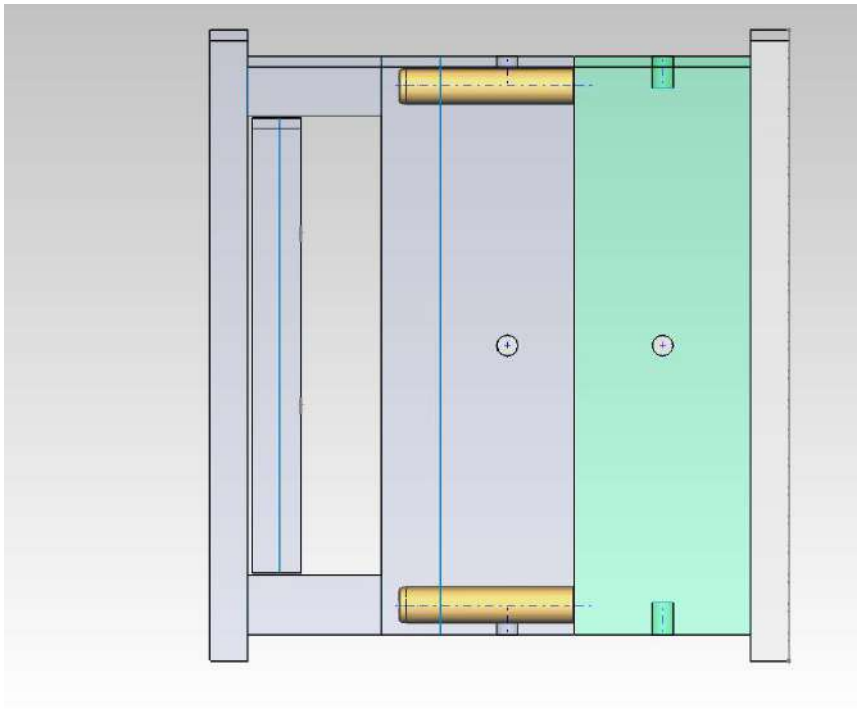


Figure (4.25): schéma de partie fixe et mobile pour le moule 2

4.2.2.4) Système d'alimentation :

Le système d'alimentation répartit uniformément le plastique fondu, du nez de la machine vers les empreintes du moule

Création Système d'alimentation en utilisant la fonction « gate designer – add gate »

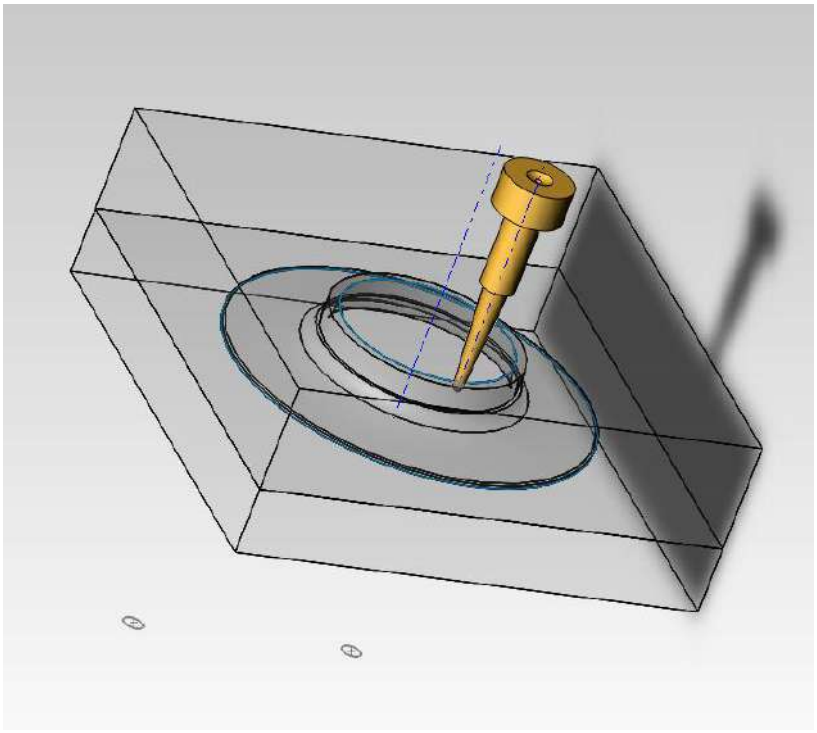


Figure (4.26) : Système d'alimentation

4.2.2.5) Système de refroidissement :

Créer des canaux dans le moule pour faire circuler le liquide de refroidissement afin de refroidir le moule rapidement et de manière homogène.

Création Système de refroidissement en utilisant la fonction « cooling designer-creat circuit »

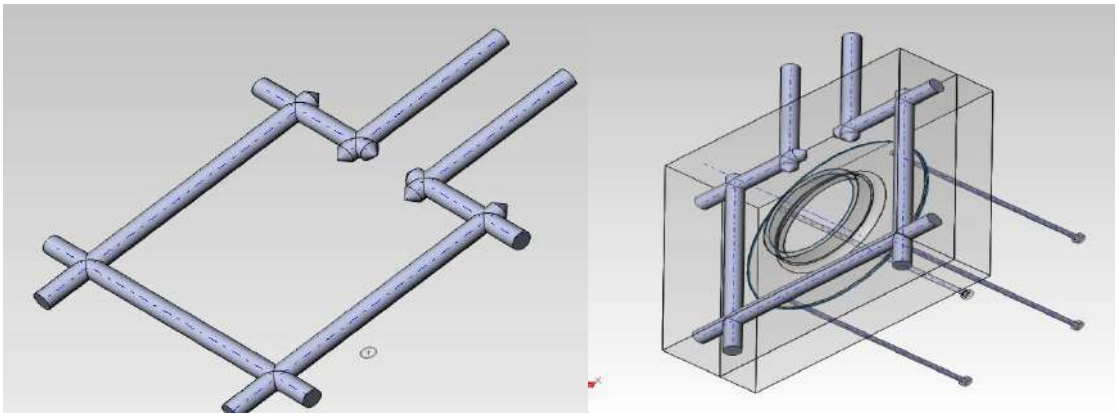


Figure (4.27):schéma de système de refroidissement

4.2.2.6) les éjecteurs : 4 éjecteurs

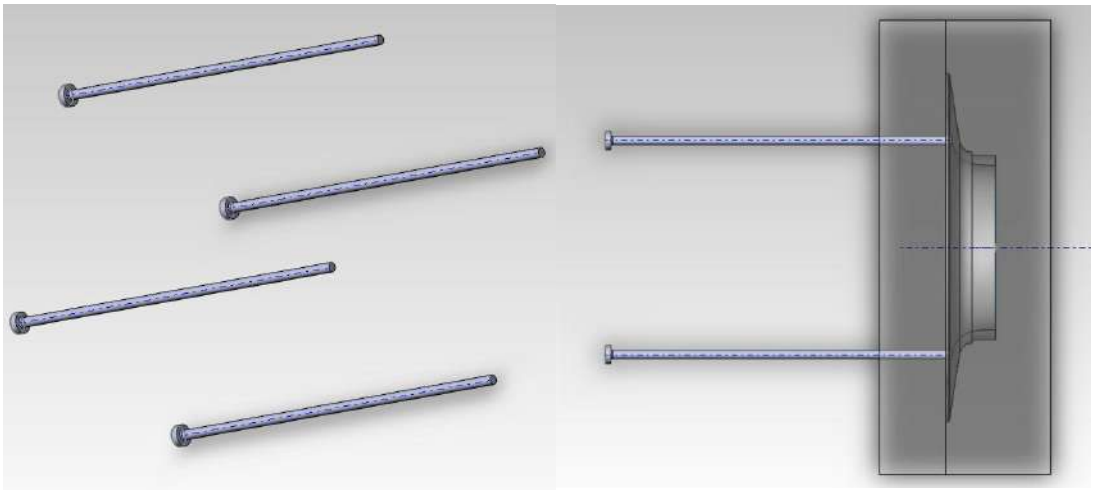


Figure (4.28): Emplacement des éjecteurs

4.2.2.7) Buse d'injection :

La buse d'injection correspond à l'ouverture à travers laquelle le plastique fondu pénètre dans le moule, la buse d'injection dirige le plastique dans les systèmes d'alimentation, par le point d'injection et enfin dans l'empreinte de moule, ou directement dans l'empreinte. Fig(4.29)

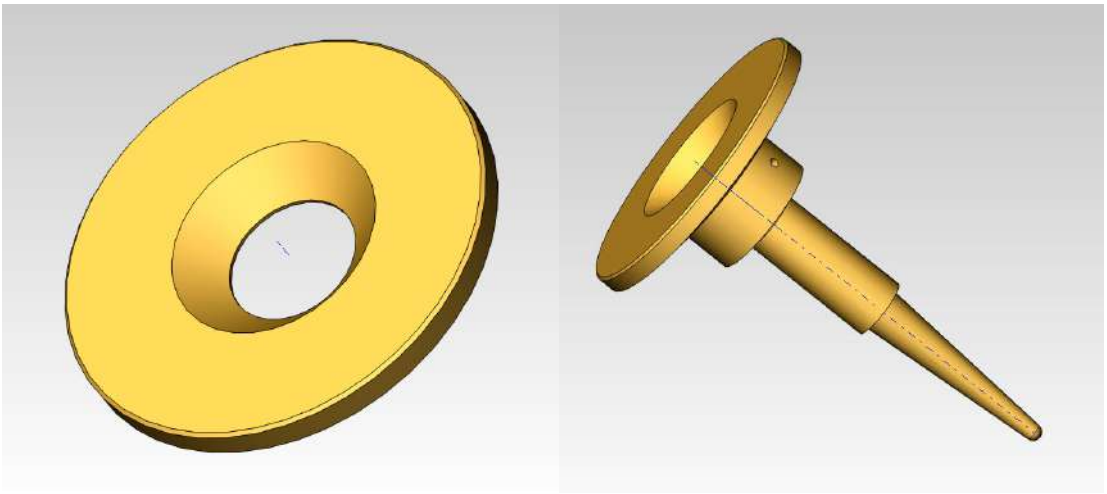


Figure (4.29): Buse d'injection

4.2.2.8) Assemblage de moule de la 2 parie de la roue :

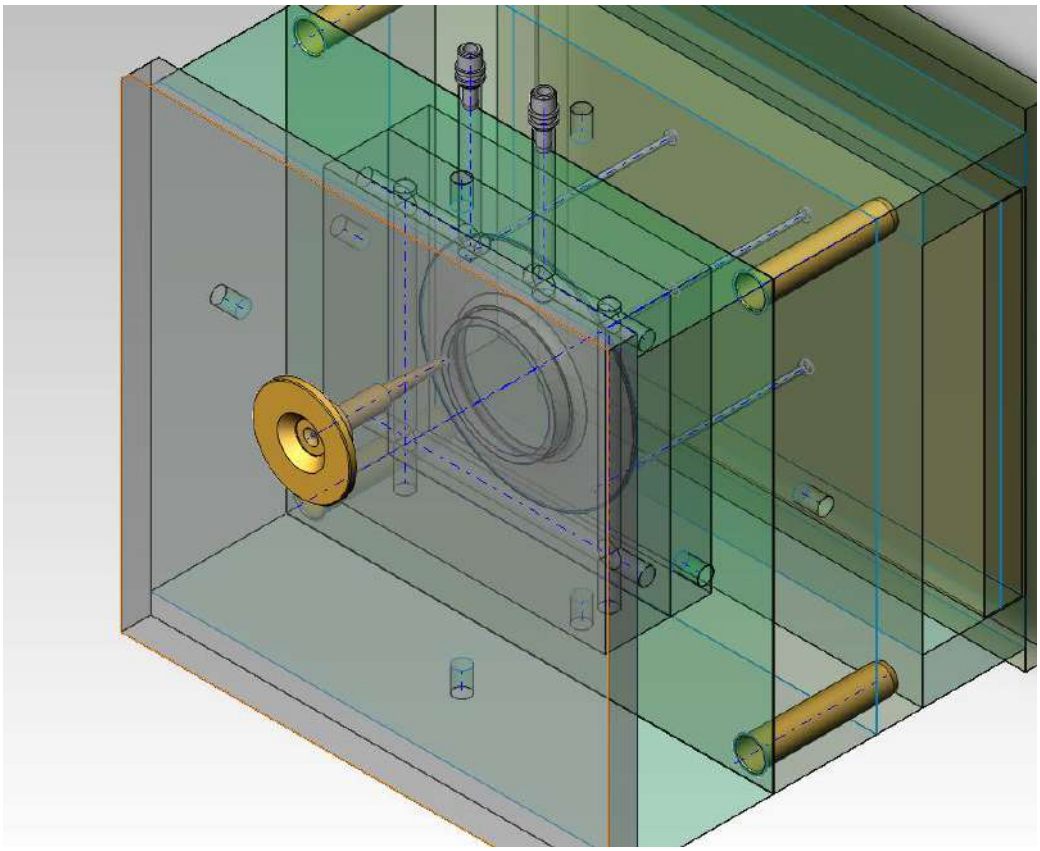


Figure (4.30) : vue d'assemblage de moule 2

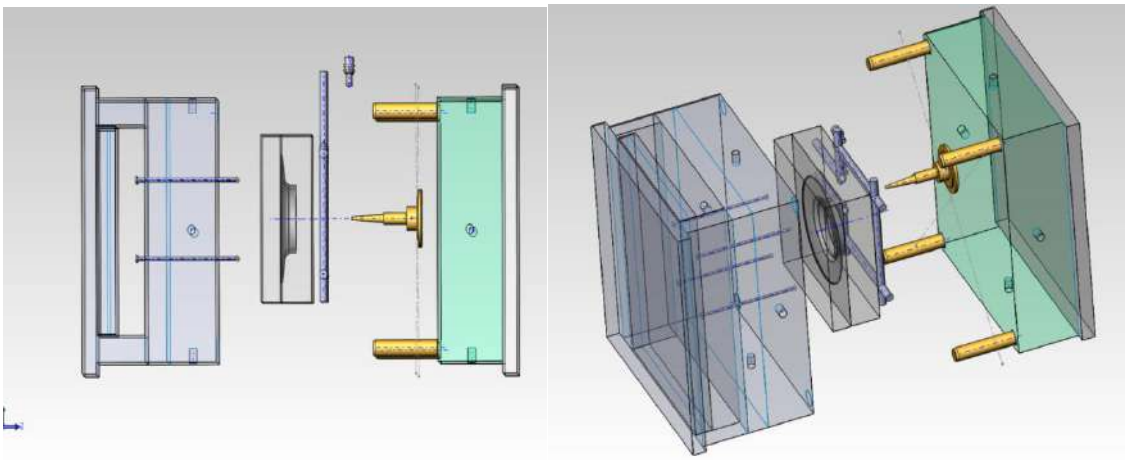


Figure (4.31): vue éclatée de la moule

4.3. Calculs d'étude de moule :

Calcul des efforts dans le moule :	**Epaisseur de la contreplaque**
$\mathbf{F = P.C_{PC}.S \times 1,1}$ Matériau : ABS P : pression d'injection (MPA) S : surface projetée au plan de joint (mm^2) C_{PC} **:** Coefficient de pertes de charge (KN) F :effort au plan de joint du moule F(KN) (Force de fermeture de la presse.)	Epaisseur de la contreplaque : $h = \sqrt{\frac{3.F.L}{4.R.b}}$ h : épaisseur F:Effort au plan de joint du moule F(kN) L : Distance entre les tasseaux (mm) R : résistance en flexion (Mpa) B : longueur de la contreplaque (mm)
Calcul du temps de cycle	
Temps de cycle =Tcàv+Ti+T_k T cycle à vide =$T_f + T_a + T_r + T_o$ Temps d'injection : Ti=$\frac{V}{Q_v}$ V : volume de pièce Qv :débit volumique	Temps de solidification : Coef. de cond. Th. effectif α (mm²/s) Epaisseur de l'objet moulé **e** Température d'injection θ**i** Température du moule θ**m** Température de démoulage θ**d** Température moyenne **T** Temps de solidification **Tk**

Tableau (4.32) : Calculs d'étude de moule

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le procédé de moulage par injection a pris une importance considérable sur le marché de la mise en forme des polymères, l'optimisation du fonctionnement de ce procédé basée sur la méthode des volumes finis, aussi bien pour la résolution des équations de la mécanique des fluides

La simulation numérique d'un procédé industriel comme le moulage par injection est donc très intéressante dans l'optique de mieux prédire les évolutions et proposer des conditions opératoires susceptibles de donner les meilleurs résultats

Dans ce travail, on a commencé par faire une série de simulation numérique de la coulée da la matière plastique à l'aide du logiciel de moulage de solidworks.
Dans cette partie, on à optimiser les points d'injections dans les deux partie de la roue

Deuxièment , on a fait la conception d'un moule à injection plastique de la partie de la roue contenant les aubes. Ensuit la conception de la deuxième partie de la roue

En perspective, on va fabriquer les pièces de moule sur machine à commande numérique .ensuite on va réaliser la roue par injection plastique, et finalement tester les caractéristiques da la roue

Bibliographie

Les références bibliographiques :

[1] : *Technologie Génie Chimique (ANGLARET - KAZMIERCZAK) Tome 1*

[2] : département Génie Thermique et Energie IUT de Lorient, Université de Bretagne Sud *Année 2000/2001*

[3] : Détermination des pompes centrifuges ,(Éditeur : KSB Aktiengesellschaft **V5)**

[4] : Mémoire de Magister modélisation et commande (pompage) M'meflah aissa

[5] : thèse de Master pompes simples courbures Laoucine ayoub Université de Médéa, 2011

[6] : Moulage haute pression des matières thermodurcissables par Michel CHEVALIER

[7] : Techniques de l'Ingénieur, traité Plastiques et composites par Michel CHEVALIER

[8] :Techniques de l'Ingénieur

[9] : J. CARBONNET - M. ROQUES académie de Nancy-Metz

[10] : thèse soudage linéaire -christelle ganne

[11] : Thèse Ecoulements internes dans les turbomachines

[12] : Simulation numérique par volumes finis d'un écoulement diphasique eau-pétrole en milieu poreux ,Amadou MAHAMANE, Université de Bamako-Université Paris 13

[13] : thèse de Master pompes simples courbures Laoucine ayoub

[14] : chronologie des matières plastiques