



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE MECANIQUE

### MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : **BOUMIDOUNA Mahfoud** et **BAHI Messaoud**

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie Mécanique

OPTION : Energies Renouvelables

### Thème

**Dimensionnement d'échangeur de chaleur  
"Cas de radiateur autovoile"**

#### Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. MEDJELLED AHMED	PR	Président
Mr. BOUABDALLAH SAID	PR	Examinateur
Mr. REGUE HANANE MARIA	MCB	Encadreur
Mr. BENCHATTI AHMED	PR	Co-Encadreur

Promotion : JUIN 2023



## **REMERCIEMENTS**

*Je remercie tout d'abord «Allah» qui m'a donné  
la force et la patience nécessaire pour réaliser  
ce modeste travail.*

*Je remercie mon encadreur*

***Dr REGUE HANEN maria***

***ET***

***Pr BENCHATTI Ahmed***

*Je remercie également les enseignants du  
département de génie mécanique et mes collègues  
ainsi que mes amis.*

*Enfin, je remercie tout ceux qui m'ont aidé de a  
réaliser ce travail.*



## *Dédicaces*

*Avec l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a éclairé les chemins du savoir, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie à Mes très chers parents, avec tout mon amour, ma tendresse et mon estime, je n'arriverai jamais à leurs rendre ce qu'ils ont fait pour moi. Que Dieu vous protège.*

*A mes sœurs et mes frères*

*Pour tout l'amour qu'ils m'apportent et leur soutien.*

*A toute la famille : **BAHI***

*A toutes mes amies pour leurs encouragements.*

*A mon encadreur Mr **Benchatti Ahmed** qui m'a dirigé dans ce labeur.*

**BAHI** Messaoud

## *Dédicaces*

*Qui est-ce que je préfère à moi-même et pourquoi  
pas ? Tu t'es sacrifié pour moi*

*Elle n'a épargné aucun effort pour me garder  
heureux*

*(Chère mère).*

*Nous marchons sur les chemins de la vie, et ceux qui  
contrôlent nos esprits restent sur chaque chemin que  
nous empruntons.*

*Son bon visage et ses bonnes actions.*

*Il ne m'a jamais abandonné de toute sa vie*

*(Mon cher père).*

*A toute la famille : **BOUMIDOUNA***

*À mes amis et à tous ceux qui m'ont soutenu et aidé  
dans tout ce qu'ils ont de tant de façons*

*Je vous présente cette recherche et j'espère qu'elle  
vous satisfera.*

**BOUMIDOUNA MAHFOUD**

# Tables des matières

Dédicace .....	i
Remerciement .....	ii
Table des matières .....	iii
Liste des tableaux .....	vi
Liste des figures .....	vii
Introduction générale .....	1

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES CIRCUITS DE TRFROIDISSEMENT

I.1 Introduction.....	4
I.2 La moteur.....	4
I.3 Origine De La Chaleur .....	5
I.3.1 Au frottement des pièces en mouvement .....	5
I.3.2 A la combustion des gaz dans les cylindres du moteur .....	5
I.4 Consequences d'un manque de refroidissement .....	5
I.5 Consequcbcs d'un refroidissement trop umportant .....	6
I.6 Solution.....	6
I.7 Consequences d' un refroidissement Trop .....	6
I.8 Condotions a accomplir par le système de refroidissement .....	6
I.9 Les organes du moteur a refroidir .....	7
I.10 Système de refroidissement.....	7
I.11 Le rôle du système de refroidissement .....	9
I.12 Différents types de refroidissement .....	10
I.13 Le systemes de refroidissement par air .....	10
I.14 Le systemes de refroidissement par air .....	12
I.15 Les composantes du circuit de refroidissement.....	14
I.15.1 LA POMPE A EAU .....	14

## Tables des matières

---

I.15.2 Radiateur.....	16
I.15.3 Vase d'expansion .....	16
I.15.4 Le Thermostat .....	17
I.15.5 La soupape de sécurité .....	19
I.15.6 Aérotherme (Le radiateur de chauffage) .....	20
I.15.7 Le ventilateur.....	21
I.16 La jauge de température.....	21
I.17 Le fluide de refroidissement.....	21
I.18 Constitution des liquides de refroidissement .....	22
I.19 Avantages et inconvénients du système .....	22
I.20 Rinçage du système de refroidissement.....	23
I.21 Contrôle du radiateur .....	23
I.22 Contrôle du liquide de refroidissement .....	24
I.23 Contrôle de la courroie du ventilateur .....	24
I.24 Contrôle des durites .....	24
I.25 Le refroidissement par l'huile .....	24
I.26 Conclusion .....	25

## CHAPITRE II : DIMENSIONNEMENT DE L'ECHANGEUR

II.1 Introduction .....	27
II.2 Définition d'un échangeur de chaleur.....	28
II.3 Les différents types d'échange .....	28
II.3.1 Échange sans changement de phase .....	28
II.3.2 Échange sans changement de phase .....	28
II.4 Classification des échangeurs.....	28
II.5.Étapes pour travailler et mettre à l'échelle l'échangeur .....	30
II.6 Création de la géométrie par l'application SolidWorks .....	31
II.6.1 Concepts de base .....	31
II.6.2 Création des ailettes .....	32

## Tables des matières

---

II.6.2.1.Création des ailettes ( cooling plate) .....	32
II.6.2.2.Création des ailettes 2 :( End plate 1) .....	34
II.6.2.3. Création des ailettes 3 :( End plate 2).....	36
II.6.3 Création des tube .....	37
II.6.3.1.Création du premier tube (pipe 1) .....	37
II.6.3.2.Création le deuxième tube ( pipe 2) .....	39
II.6.3.3.Création le troisième tube ( pipe 3).....	40
II.6.3.4.Création du quatrième tube (type c) :( pipe c type) .....	42
II.6.3.5. Création le cinquieme tube ( Support Rod).....	43
II.6.3 L'assemblage .....	45
II.7. SolidWorks Simulation.....	47
II.8.SOLIDWORKS Flow Simulation.....	48
II.9. Création de la Sumilation par l'application SolidWorks.....	48
II.9.1 Flow Simulation numérique .....	48
II.9.2 Objectifs Sumilation .....	49
II.9.3 Descriotion du problème .....	49
II.10 Création de la Sumilation par l'application SolidWorks .....	50
II.10.1 Configuration du projet de simulation de flux pour la radiateur .....	50
II.10.2 Conditions aux limites (Boundary condicions) .....	54
II.10.3 Les objectifs insèrent l'objectif global (Goals insert global goal) .....	56

## CHAPITRE III : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

III.1 Introduction .....	59
III.2 Exécution des calculs .....	59
III.3 Résultats, analyses et commentaires .....	60
III.3.1 Influence de la conductivité thermique .....	60
III.3.2 Influence du débit d'eau .....	60
III.3.3 Influence de la température d'entrée d'eau.....	61
III.3.4 Influence de l'écartement des ailettes .....	62
III.3.5 Influence de l'épaisseur de l'ailette.....	63
III.3.6 Influence du nombre de rangées.....	63
III.3.7. Profils de température des deux fluides (air, eau) .....	64
III.3.7.1 Observation .....	64
III.3.8.Interpretatin des graphes.....	65

## **Tables des matières**

---

<b>III.4 Conclusion.....</b>	<b>69</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>71</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>73</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>74</b>

## Liste des tableaux

Tableau II.1 : Dimensions des ailettes et conductivité thermique .....	33
Tableau II.2 : Dimensions des ailettes 2 et conductivité thermique.. .....	34
Tableau II.3 : Dimensions des ailettes 3 et conductivité thermique .....	36
Tableau II.4 : caractéristique géométrique pipe .....	37
Tableau II.5 : caractéristique géométrique pipe 2 .....	39
Tableau II.6 : caractéristique géométrique pipe 3 .....	40
Tableau II.7 : caractéristique géométrique pipe c type.....	42
Tableau II.8 : caractéristique géométrique Support Rod.....	43
Tableau II.9 : caractéristique géométrique du Radiateur .....	45

## Liste des figures

Figure I.1 :	Moteur diesel de 1897.....	4
Figure I.2 :	Système de refroidissement .....	8
Figure I.3 :	Système de refroidissement par air.....	10
Figure I.4 :	system refroidissement par air .....	11
Figure I.5 :	Moteur Porsche type 911 à refroidissement par air.....	11
Figure I.6 :	circuit du liquide de refroidissement.....	12
Figure I.7 :	Circuit du liquide de refroidissement .....	13
Figure I.8 :	la pompe à eau.....	14
Figure I.9 :	radiateur. ....	15
Figure I.10 :	radiateur. ....	15
Figure I.11 :	vase d'expansion .....	17
Figure I.12 :	Thermostat a friod.....	18
Figure I.13 :	Thermostat a Chaud .....	18
Figure I.14 :	représente l'ouverture et fermeture de La soupape du vase d'expa.....	19
Figure I.15 :	Aérotherme .....	20
Figure I.16 :	le ventilateur .....	21
Figure II.1 :	Type de cycle de fluide .....	30
Figure II.2 :	lancement du logiciel.....	32
Figure II.3 :	le menu principal du logiciel.....	32
Figure II.4 :	La forme d'ailette.....	34
Figure II.5 :	Étapes de conception des ailettes .....	35
Figure II.6 :	La forme des deux ailettes extérieures .....	35
Figure II.7 :	Les deuxième étapes de la conception de la forme des ailettes.....	35
Figure II.8 :	La forme des trois ailettes extérieures.....	36
Figure II.9 :	Le troisième étapes de la conception de la forme des ailettes .....	37
Figure II.10 :	La forme du tube génère .....	38
Figure II.11 :	Les étapes de conception et de dimensionnement de du premier tube.....	38
Figure II.12 :	La Forme finale du premier tube .....	38
Figure II.13 :	La former le deuxième tube .....	39
Figure II.14 :	Les étapes de conception et de dimensionnement de deuxième tube .....	40
Figure II.15 :	former le troisième tube.....	41
Figure II.16 :	Les étapes de conception et de dimensionnement de troisième tube .....	41
Figure II.17 :	La Forme du quatrième tube (type c) .....	42
Figure II.18 :	Les étapes de conception et de dimensionnement tube (type c). ....	43
Figure II.19 :	former le cinquième tube .....	44
Figure II.20 :	Étapes de conception et taille du cinquième tube .....	44

## Liste des figures

Figure II.21 : La Forme Illustration de motifs répétitifs d'ailettes et de tubes. ....	45
Figure II.22 : Étapes d'assemblage et d'installation des pièces de l'échangeur .....	46
Figure II.23 : La géométrie finale du dissipateur .....	46
Figure II.24 : SOLIDWORKS Simulation.....	47
Figure II.25 : Flow Simulation. ....	48
Figure II.26 : Creating a name for the project.....	50
Figure II.27 : Wizard-Unit system .....	51
Figure II.28 : Excluding cavities without flow conditions. ....	51
Figure II.29 : Selection of fluid for the project and flow type .....	52
Figure II.30 : Metal selection for the project .....	52
Figure II.31 : initial and ambient conditions .....	53
Figure II.32 : insert fluid subdomain .....	53
Figure II.33 : insert Solid materials .....	54
Figure II.34 : Insérer les étages de débit massique.....	55
Figure II.35 : Insérer Environment pressure .....	55
Figure II.36 : Insérer Real wall 3 .....	56
Figure II.37 : La Goals insert global goal.....	57
Figure III.1 : présentation de la fenêtre du ‘Run’ .....	59
Figure III.2 : Les dimensions du condenseur pour des matériaux diffé.....	60
Figure III.3 : Effet du débit d'eau sur le radiateur .....	61
Figure III.4 : Effet de la température d'entrée d'eau sur le radiateur .....	61
Figure III.5 : Effet de la température d'eau sur le radiateur .....	62
Figure III.6 : Effet de convection de l'espacement des ailettes du radiateur .....	62
Figure III.7 : L'effet de la température sur les ailettes du radiateur.....	63
Figure III.8 : Effet contrasté de la température en présence d'eau et d'air .....	63
Figure III.9 : Main 2 Effet de contraste de température en présence d'eau et d'air .....	64
Figure III.10 : Global Goal Maximum (Fluid)1 .....	65
Figure III.11 : Global Goal Maximum Wall Temperature 2.....	66
Figure III.12 : Global Goal Maximum Temperature (Solid)3 .....	66
Figure III.13 : Sureface Goal Maximum Temperature (Fluid)1 .....	67
Figure III.14 : Sureface Goal Maximum Temperature (Solid)2.....	67
Figure III.15 : Graphique tous les résultats .....	68

# **Introduction générale**

### Introduction :

Dans une automobile, le carburant et l'air produisent de l'énergie à l'intérieur du moteur par combustion. Seule une partie de l'énergie totale produite fournit réellement la puissance à l'automobile - le reste est gaspillé sous forme de gaz d'échappement et de chaleur. Si cette chaleur excédentaire n'est pas évacuée, la température du moteur devient trop élevée, ce qui entraîne une surchauffe et une dégradation de la viscosité de l'huile de lubrification, un affaiblissement des pièces du moteur surchauffées et des contraintes entre les pièces du moteur entraînant une usure plus rapide, entre autres choses. Un système de refroidissement est utilisé pour éliminer cette chaleur excédentaire. La plupart des systèmes de refroidissement automobile se composent des composants suivants : radiateur, pompe à eau, ventilateur de refroidissement électrique, bouchon de radiateur sous pression et thermostat. Parmi ces composants, le radiateur est la partie la plus importante du système car il transfère la chaleur.

Le radiateur automobile est utilisé pour refroidir le moteur de la voiture. Si cela n'est pas fait, divers problèmes tels que des cliquetis, une déformation des pistons, une déformation des cylindres, etc. peuvent se produire. Si le radiateur fonctionne correctement, le système de refroidissement fonctionnera correctement à son tour, ce qui augmentera les performances du moteur.

Une partie importante de ce système c'est le fluide caloporteur, c'est l'objet de notre étude. Ce dernier est basé sur une étude Un scalaire pour la convection qui se produit au niveau du liquide.

le Modèles d'échange d'énergie interne entre deux systèmes. la chaleur et travail Il existe trois types de transfert de chaleur : la conduction, la convection et le transfert de chaleur radiation.

La plupart des fabricants de voitures ont commencé à chercher à améliorer ces produits pour les rendre plus résistants et capables de répondre aux exigences les plus difficiles.

Effectivement, chaque entreprise s'est récemment équipée d'un nouveau moteur suralimenté et plus puissant, ainsi que d'un tout nouveau type et modèle de système de refroidissement développé pour suivre la rapidité du développement et de la technologie.

En conclusion, le système de refroidissement joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des moteurs thermiques, en particulier des moteurs à

## Introduction générale

---

combustion interne. Il est primordial de lui accorder une grande attention en termes de conception et de bon fonctionnement pour assurer de bonnes performances et une fiabilité optimale.

Notre travail se compose de III chapitres :

Le premier chapitre se concentre sur les composants du système de refroidissement. Nous y identifions les différents types de systèmes existants, ainsi que leur importance et leur rôle.

Dans le chapitre deux, nous présenterons un organigramme détaillé mis en œuvre à l'aide du logiciel **SOLIDWORKS** pour évaluer et dimensionner les performances de l'échangeur.

Enfin Dans le troisième chapitre, nous concluons en discutant les résultats obtenus à partir. Nous présenterons également une conclusion qui mettra en évidence les caractéristiques clés de ce système de refroidissement.

# **CHAPITRE I**

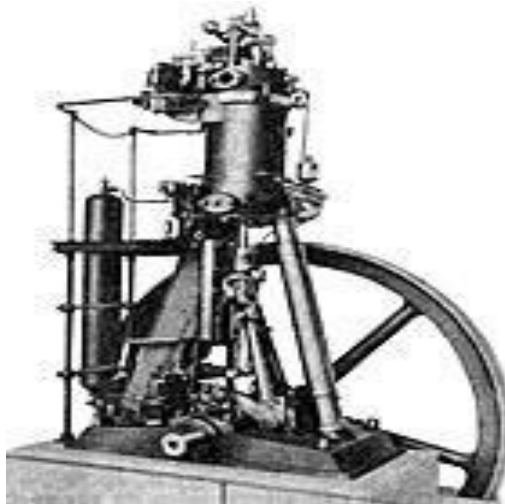
## **Généralités Étude sur circuits de refroidissement**

**I.1. Introduction :**

Le circuit de refroidissement a pour rôle de restituer à l'atmosphère une grande partie de la chaleur produite à l'intérieur de la chambre de combustion. En effet, le bon fonctionnement du moteur n'est plus possible au-delà de certaines températures. La température maximale de fonctionnement d'un moteur est limitée par la résistance mécanique et par les variations dimensionnelles dues à la dilatation, pouvant être tolérées par les organes internes sans compromettre le fonctionnement [1].

**I.2. La moteur :**

Un moteur est une machine qui convertit d'autres formes d'énergie en énergie mécanique et ainsi génère du mouvement. Cette énergie peut provenir de différentes sources, comme l'énergie électrique dans le cas des moteurs électriques, ou l'énergie chimique dans le cas des moteurs à combustion interne. Les moteurs sont utilisés dans une grande variété d'applications, notamment dans les véhicules, les machines industrielles et les appareils ménagers [2].



**Figure I.1 :** moteur diesel de 1897.

### I.3. Origine de la chaleur:

Lors du fonctionnement, le moteur dégage de la chaleur due :

- ❖ **Au frottement des pièces en mouvement** La chaleur générée par le frottement des pièces en mouvement est principalement transférée au lubrifiant, qui est refroidi par le carter exposé à l'air extérieur.
- ❖ **A la combustion des gaz dans les cylindres du moteur** Pendant le processus de combustion, la température des gaz à l'intérieur des cylindres peut osciller entre quelques degrés et atteindre jusqu'à 2000 °C. La chaleur dégagée est transmise aux parois des cylindres, aux pistons, à la culasse et au bloc moteur par la conductibilité de ces organes. [3]

### I.4. Conséquences d'un manque de refroidissement:

- ❖ La dilatation des pièces et par suite une diminution des jeux de fonctionnement Lorsque la culasse est exposée à une chaleur excessive, cela peut entraîner des contraintes thermiques telles que la déformation permanente des parois et des problèmes d'étanchéité du joint de culasse, entre autres.
- ❖ Les métaux peuvent subir des modifications de leurs propriétés, telles que le fluage, le détrempeage, la fusion, etc.
- ❖ Un mauvais système de lubrification et la carbonisation de l'huile peuvent entraîner la formation de dépôts de calamine dans les chambres de combustion des moteurs, ce qui peut poser des problèmes.
- ❖ La diminution du taux de remplissage par suite de la dilatation des gaz frais avant leur entrée dans les chambres de combustion.
- ❖ Une combustion anormale peut se produire en raison de phénomènes d'auto-allumage ou de pré-allumage.

**I.5. Conséquences d'un refroidissement trop important :**

- ❖ Une combustion lente et incomplète peut entraîner une perte de puissance, une pollution importante et une surconsommation de carburant.
- ❖ Les parois des cylindres peuvent s'user rapidement en raison de la présence d'essence liquide qui n'est pas encore vaporisée, ce qui peut diluer le film d'huile et causer une usure accrue.
- ❖ L'accumulation d'eau dans le carter du moteur peut se produire en raison de la condensation.

**I.6. Solution:**

Pour éviter une surcharge thermique et pour conserver une température normale de fonctionnement des moteurs, les constructeurs ont développé différents systèmes de refroidissement.

**I.7. Conséquences d'un refroidissement Trop:**

- ❖ L'objectif est de maintenir le moteur à une température de fonctionnement optimale d'environ 80°C.
- ❖ Il est important de préserver les propriétés lubrifiantes de l'huile afin de réduire les risques de grippage des pistons et d'encrassement des segments
- ❖ Il est essentiel de maintenir un niveau de remplissage approprié.
- ❖ Réduire les chances d'une combustion anormale.

**I.8. Conditions à accomplir par le système de refroidissement:**

Pour assurer une transmission efficace de la chaleur du moteur vers le liquide de refroidissement à travers les parois du moteur, les conditions suivantes doivent être remplies .

- ❖ Les matériaux utilisés pour les parois doivent avoir une excellente conductivité thermique.
- ❖ Les parois doivent être fines tout en offrant une large surface de contact avec le liquide de refroidissement.
- ❖ Le liquide de refroidissement doit circuler à une vitesse qui est proportionnelle à la dissipation de la chaleur.

**I.9. Les organes du moteur a refroidir :**

Sont refroidis par eau ou par air :

1. Les cylindres.
2. La culasse.
3. Les guides et les sièges des soupapes.

Sont refroidis par conduction et par circulation d'huile :

1. Les pistons.
2. L'arbre à cames et la culbuterie.
3. Les paliers du vilebrequin.
4. Les têtes des bielles.
5. Les soupapes.

**I.10. Système de refroidissement :****a) Description :**

Le système de refroidissement est essentiel pour tous les moteurs en raison de la chaleur générée par la combustion. Ses principales fonctions consistent à maintenir la température des éléments de la chambre de combustion en dessous de limites sécuritaires pour préserver leur résistance mécanique, ainsi qu'à réduire la température de l'huile afin d'assurer une lubrification optimale du contact segment/cylindre et de minimiser les risques de grippage des pistons ou de gommage des segments. Le système de refroidissement joue un rôle crucial dans la protection et la durabilité du moteur.

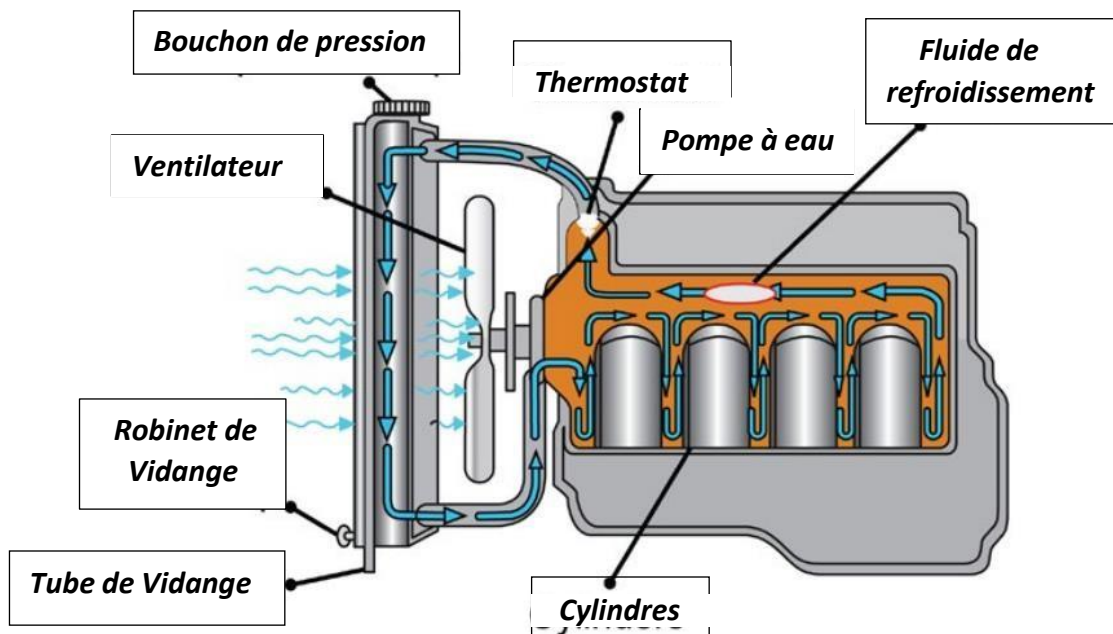


Figure I.2 : Système de refroidissement. [4]

- ❖ Éliminer les excédents de calories.
- ❖ Répartir la chaleur sur tous les organes du moteur en particulier les chambres de combustion afin d'obtenir un bon rendement du moteur.
- ❖ Permettre à l'huile d'assurer un bon graissage sans l'amener à des températures pouvant altérer gravement ses propriétés.
- ❖ Maintenir la dilatation des pièces à une valeur optimale.
- ❖ Maintien d'un taux de remplissage correct (échauffement des gaz frais plus réduit).
- ❖ Amélioration de la préparation du mélange air/carburant.
- ❖ Limitation de la production d'hydrocarbures imbrûlés et d'acides sulfureux au contact des parois.

**I.11. Le rôle du système de refroidissement :**

Le circuit de refroidissement a pour but premier de prévenir la surchauffe du moteur.

Effectivement, les moteurs à combustion interne génèrent une grande quantité de chaleur lors de leur fonctionnement.

Pour éviter toute surchauffe et préserver le bon fonctionnement du moteur, il est essentiel de dissiper cette chaleur.

C'est là que le circuit de refroidissement entre en jeu. Son rôle est de réguler la température du moteur en évacuant la chaleur excessive. Il est essentiel que le circuit de refroidissement soit efficace afin d'éviter le dysfonctionnement du moteur, Une autre fonction du circuit de refroidissement consiste à contrôler la température de l'habitacle, assurant ainsi le confort de passagers [5].

Pour un fonctionnement optimal et une consommation de carburant efficace, il est crucial que le moteur atteigne rapidement sa température de fonctionnement idéale dès le démarrage. En effet, un moteur qui fonctionne à une température trop basse peut consommer plus de carburant et ne pas offrir les performances attendues.

Cependant, il est important de noter que les pièces mécaniques d'un moteur ne sont pas conçues pour supporter des températures extrêmement élevées, généralement autour de 800 degrés Celsius. De plus, la combustion des cylindres produit une quantité importante de chaleur qui doit être dissipée de manière efficace pour éviter toute surchauffe du moteur. Il est donc nécessaire de refroidir le moteur afin d'éviter d'endommager sérieusement ce dernier [6].

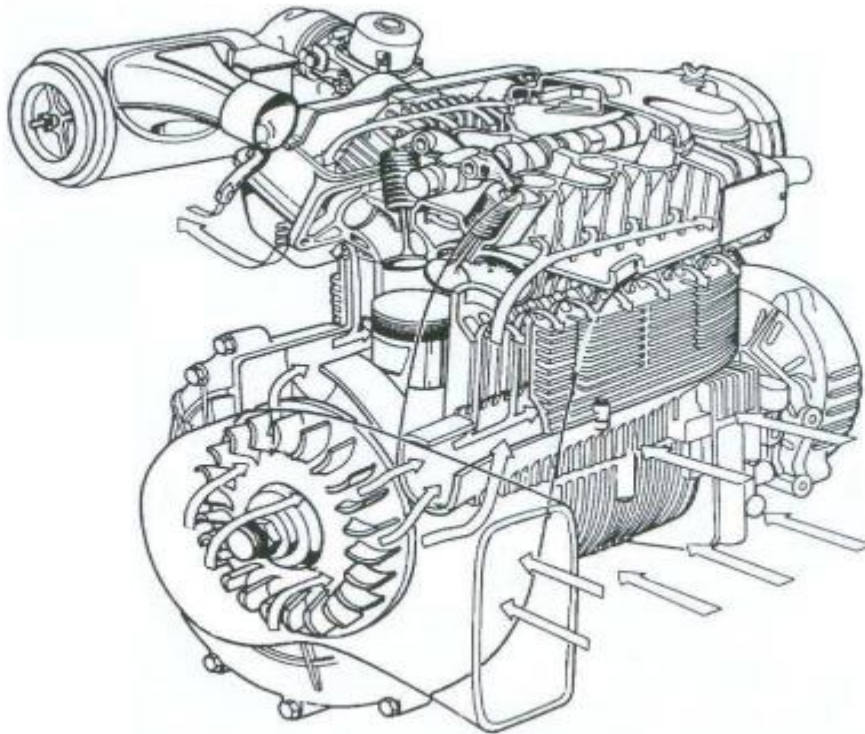
Le liquide de refroidissement circule à travers les chemises d'eau qui entourent les cylindres du moteur, en s'écoulant de bas en haut. À mesure qu'il se rapproche du haut du moteur, où la température est la plus élevée, la jaquette d'eau se rétrécit pour permettre un écoulement plus rapide. Cela favorise un meilleur refroidissement dans cette zone critique [7].

### I.12. Différents types de refroidissement :

Les types de systèmes de refroidissement qui existe sont :

- ✚ A air.
- ✚ A l'huile.
- ✚ A eau.

### I.13. Le systemes de refroidissement par air :



**Figure.I.3:** Système de refroidissement par air

On peut simplifier la technique en utilisant un puissant flux d'air pour nettoyer les cylindres. Cette solution, il faut bien le reconnaître, présente quelques avantages sa simplicité, aucune vanne, pas de pompe ni d'échangeur de température ; un coût moindre directement en rapport avec sa simplicité .

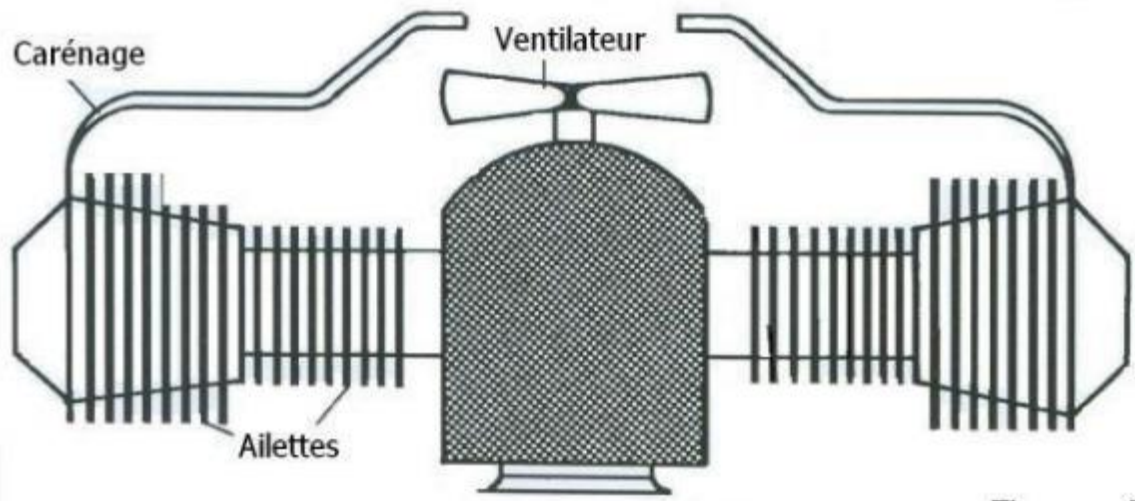
Cependant, cette méthode présente également des inconvénients. Le niveau sonore généré est plus élevé que dans le cas d'un moteur refroidi par eau

De plus, il est nécessaire d'avoir une circulation d'air frais importante pour assurer un refroidissement adéquat. Cette approche est couramment utilisée pour les motos et les

petits moteurs, mais elle ne peut être envisagée que dans le cadre d'un montage où le moteur est complètement exposé, sans aucune protection [8].

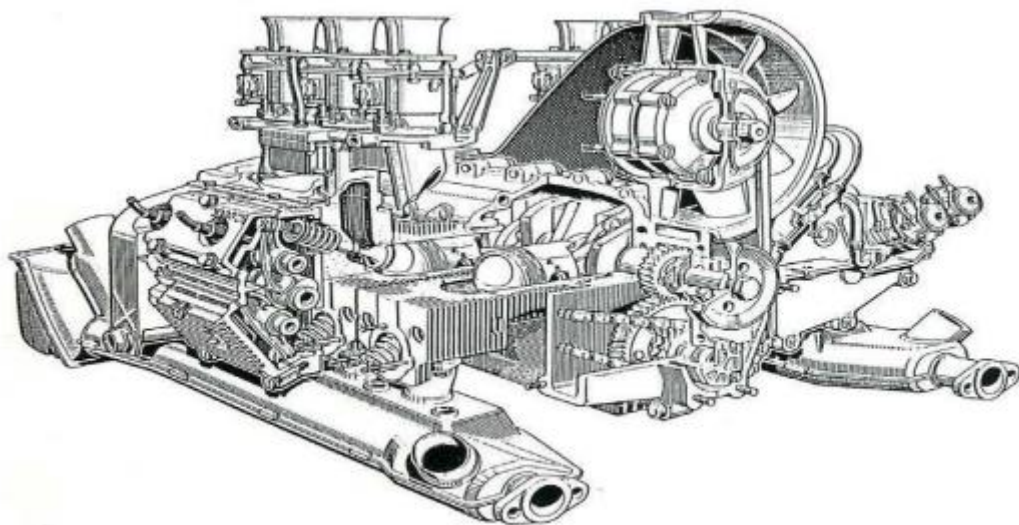
Le refroidissement par air, qui est encore utilisé pour certaines motos, est devenu très rare dans le domaine de l'automobile.

Dans automobile, des améliorations sont apportées au système en utilisant des déflecteurs (carénages) qui guident le flux d'air généré par un ventilateur ou une turbine.



**Figure I.4:** system refroidissement par air

**Exemple:**



**Figure I.5:** Moteur Porsche type 911 à refroidissement par air.

a) **Avantage :**

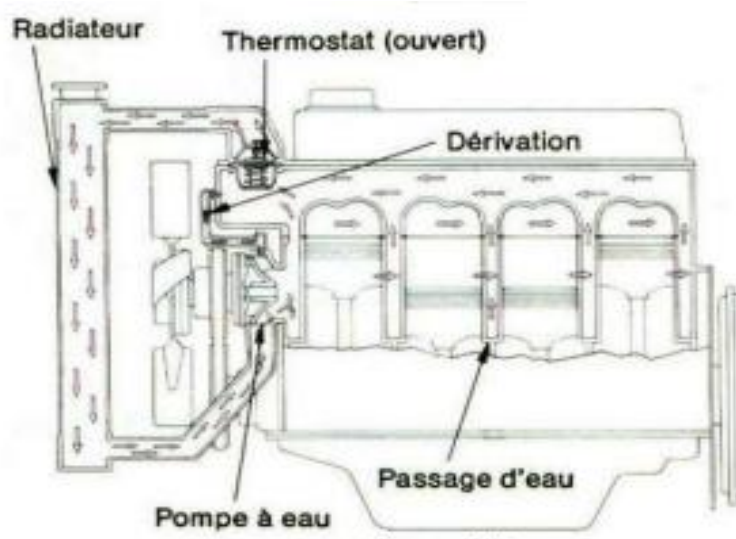
1. Plus léger en raison de l'absence de radiateur et de liquide de refroidissement.
2. Pas besoin de remplir le système de refroidissement .
3. Aucune fuite à protéger ( il n y' a pas un problème d'étanchéité a cause d'absence de durite).
4. Antigél non requis.
5. - Le moteur atteint une température élevée plus rapidement qu'avec le système de refroidissement à eau.
6. Ce système peut être utilisé dans les régions à climat froid où il existe un risque de gel de l'eau.

b) **Inconvénients :**

1. Moteur bruyant.
2. Moteur ne peut pas fonctionner en stationnaire (véhicule à l'arrêt) trop long temps.
3. Refroidissement irrégulier (vitesse, saison, altitude).

**I.14. Le systemes de refroidissement par air :**

Le refroidissement par eau est préféré en automobile en raison de ses avantages, notamment la maintien d'une température de travail constante pour le moteur, ce qui améliore son rendement .



**Figure.I.6:** circuit du liquide de refroidissement

Le circuit de refroidissement par l'eau est à boucle fermée, le liquide de refroidissement prend de la chaleur au niveau des composants et le radiateur à son tour évacue la chaleur du liquide de refroidissement. Les composants de base du circuit sont :

1. Le liquide de refroidissement.
2. La pompe à eau.
3. Le régulateur de température d'eau (thermostat).
4. Le radiateur.

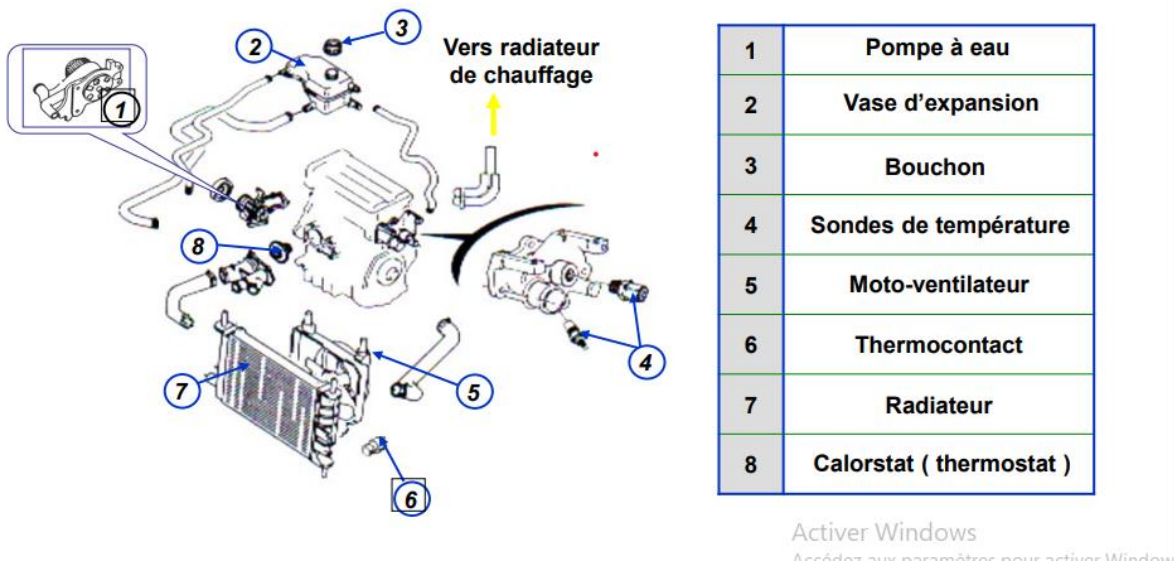


Figure I.7: Circuit du liquide de refroidissement

Le système de refroidissement est un système fermé, avec circulation d'eau forcée. La pompe à eau aspire l'eau du radiateur à travers une conduite, le débit d'eau de refroidissement est divisé à la sortie de la pompe à eau en deux parties. Une partie du débit est envoyé vers le refroidisseur d'air d'admission et l'autre est envoyé vers le refroidisseur d'huile de lubrification.

Ces deux parties s'assemblent dans le bloc moteur coté arrière. L'eau circule autour les chemises de piston, ensuite remonté dans les culasses pour la refroidir, puis s'écoule dans les tuyaux coudés dans la tubulure de retour. L'eau se dirige vers le boîtier des thermostats.

Le boîtier a un passage supérieur et un passage inférieur. Si l'eau est encore froide alors il est envoyé à la conduite by-pass (passage inférieur) vers la pompe à eau, au fur

et à mesure que l'eau s'échauffe et des quelles atteint 80°C, les thermostats commencent à s'ouvrir pour laisser l'eau passer par le passage supérieur vers le radiateur qui est chargé d'évacuer la chaleur d'eau à l'aide de l'air ventilé [9].

### I.15. Les composants du circuit de refroidissement:

#### a) LA POMPE A EAU :

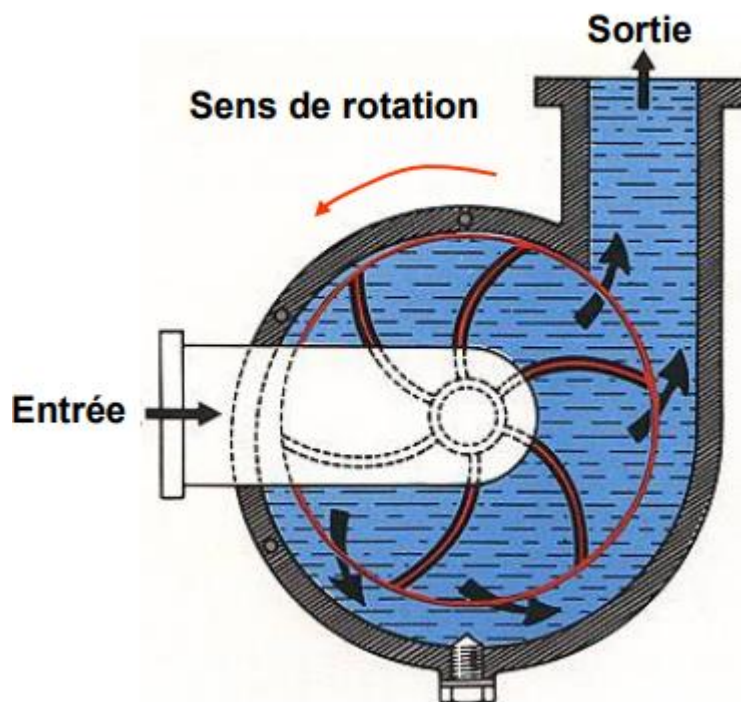


Figure.I. 8 : la pompe à eau.

Fait circuler le liquide dans le circuit de refroidissement et dans le bloc moteur. La pompe est le plus souvent activée soit par une courroie installée sur la poulie du bras de manivelle, soit par une courroie de distribution qui tourne à peu près au même régime que le moteur.

## b) Radiateur

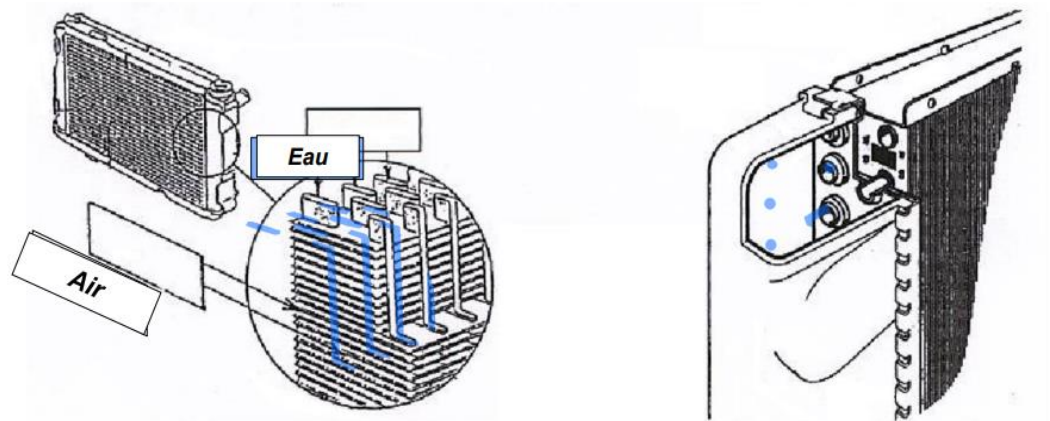


Figure.I.9 : radiateur.



Figure.I.10 : radiateur.

Le radiateur est de type tubulaire (tube à ailettes plat). C'est l'organe chargé de céder la chaleur enlevée aux cylindres, par l'intermédiaire de l'eau en circulation. La quantité de chaleur cédée par le radiateur est proportionnell.

A la différence entre la température de l'eau et celle de l'air ambiant d'où l'intérêt d'obtenir une température de l'eau voisine de l'ébullition mais sans l'atteindre (l'évaporation). -A la surface frontale de radiateur.

Au temps pendant lequel l'eau reste en contact avec la surface radiante.

• **Le radiateur se compose de :**

- Un réservoir supérieur muni d'un orifice permettant le remplissage, et deux orifices pour l'entrée de l'eau chaude du moteur.
- Un réservoir inférieur pour envoyer l'eau refroidie au moteur.
- Une série de canalisation de forme circulation réunissant les deux réservoirs, et dans les quelles l'eau en circulation se refroidit.
- Le radiateur comporte ainsi un bouchon pour la fermeture de l'orifice de remplissage, un tube de trop-plein chargé de rejeter l'excès d'eau et vapeur dans le cas d'ébullition de l'eau et un robinet en bas du radiateur pour la vidange. Les tubes sont en laiton étamé avec disposition verticale, les ailettes sont en clinquant planes montées à force [10].

c) **Vase d'expansion :**

Il est également appelé boîte de dégazage. Lors de l'échauffement du moteur, le liquide de refroidissement se dilate et la pression monte dans le circuit. Les variations de pression entre moteur froid et moteur chaud sont absorbées par le volume d'air situé à la partie supérieure du vase d'expansion.

Comme le tube d'arrivée se trouve en dessous du niveau de liquide, il n'y aura pas d'introduction d'air dans le circuit. Le vase d'expansion assure ainsi la mise en pression du circuit sans perte de liquide de refroidissement.

Le vase d'expansion permet aussi de dégazer le circuit, si l'on a pris soin de le placer en un point haut de celui-ci, là où se concentrent les bulles d'air ayant pu entrer accidentellement. Ces bulles peuvent provenir de micro-fuites au niveau du joint de culasse, de la pompe à eau, des raccords de durites, etc...).



**Figure I.11** : vase d'expansion

**d) Le Thermostat :**

Le thermostat est un dispositif situé entre le moteur et le radiateur. Pour autant que la température idéale du moteur n'est pas atteinte, le thermostat garde le circuit d'eau fermé. Lorsque le moteur est froid, le thermostat empêche l'eau de passer dans le radiateur.

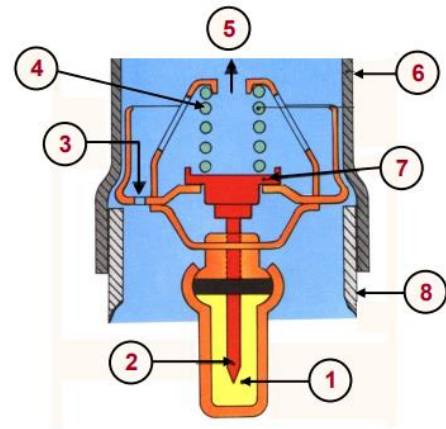
A environ 80 °C le thermostat commence à ouvrir le circuit. Le thermostat contribue à ce que la température idéale soit atteinte plus rapidement. Le thermostat garde la température du moteur à l'équilibre [11].

Le thermostat est installé sur la durite supérieure du radiateur, à la sortie de la culasse.

Son rôle est de permettre au moteur de monter en température rapidement en bloquant la circulation du liquide vers le radiateur tant que la température de fonctionnement optimale n'est pas atteinte.

**a. Thermostat a friod :**

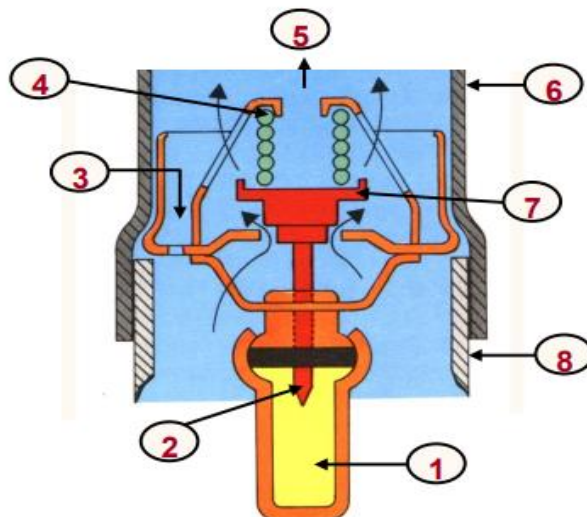
1	Capsule de cire
2	Tige de poussée
3	Trou de fuite
4	Ressort
5	Vers radiateur
6	Durite
7	Clapet
8	Corps de pompe



**Figure.I.12:** Thermostat a friod

Tant que la température du liquide est inférieure à la température d’ouverture du thermostat, la cire est rétractée et le ressort repousse le clapet qui est maintenu fermé empêchant la circulation du liquide dans le radiateur de refroidissement.

**b. Thermostat a Chaud :**



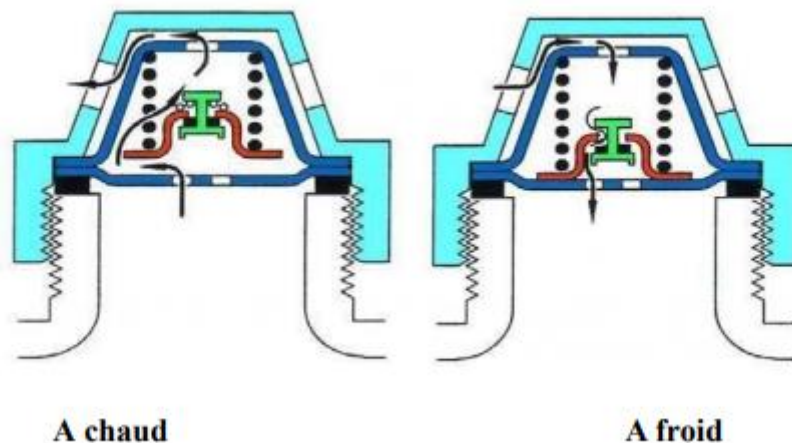
**Figure.I.13:** Thermostat a Chaud

Dès que la température du liquide atteint environ  $80^{\circ}\text{C}$ , la cire de l'élément 1 se dilate ce qui provoque l'ouverture du clapet permettant ainsi au liquide de circuler dans le radiateur. Le liquide va pouvoir être refroidit au contact de l'air traversant le radiateur.

e) **La soupape de sécurité:**

Le thermostat ferme l'orifice de remplissage où le liquide de refroidissement est versé.

que le circuit de refroidissement fonctionne correctement dans son ensemble, le bouchon du vase est conçu pour sceller le circuit à une pression spécifique .



**Figure I.14 :** représente l'ouverture et fermeture de La soupape du vase d'expansion

Quand le liquide s'échauffe, son volume d'eau augmente, une partie du liquide du radiateur vient remplir le vase. La pression de l'air comprise dans le vase au-dessus du liquide augmente.

Lorsqu'une certaine pression (généralement entre 0,8 et 1,2 bar) est atteinte, le clapet de pression s'ouvre pour réguler la pression dans le vase d'expansion et la maintenir à sa valeur maximale.

Quand le liquide refroidit son volume diminue, et une partie du liquide quitte le vase pour retourner au radiateur. La pression de l'air chute dans le vase et si elle devient trop faible, il crée une dépression.

Le petit clapet s'ouvre, permettant à une certaine quantité d'air d'entrer dans le vase d'expansion afin d'atteindre une pression minimale nécessaire.

**f) Aérotherme (Le radiateur de chauffage):****Figure I.15 : Aérotherme**

Est un petit appareil situé sous le tableau de bord d'une voiture.

Le bouton de commande de température du tableau de bord commande la soupape de commande de température située dans le compartiment moteur.. Lorsque vous tournez le bouton vers un réglage chaud, la vanne de régulation de température s'ouvre, permettant au liquide de refroidissement du moteur de circuler à travers le radiateur de chauffage et de chauffer l'intérieur de la voiture. En tournant le bouton de température vers une position chaude, la vanne de régulation s'ouvre, permettant au liquide de refroidissement chaud de circuler à travers le radiateur de chauffage. Cela permet de chauffer l'intérieur de la voiture.

En revanche, si vous tournez le bouton de température vers une position froide, la vanne se referme, empêchant le liquide chaud de circuler. Cela permet à l'air frais du système de climatisation (si présent) de passer à travers le radiateur de chauffage, refroidissant ainsi l'habitacle.

**g) Le ventilateur:****Figure I.16** : le ventilateur.

Placées à proximité du radiateur, les pales du ventilateur forcent l'air à passer au travers de celui-ci, et évite ainsi la surchauffe lors des trajets a petite allure.

Il peut être entraîné mécaniquement à l'aide d'une courroie. Mais en général, il s'agit d'un petit moteur électrique, commandé par une sonde placée sur le radiateur, qui entraîne le ventilateur lorsque la température est supérieure à 100°C. La défaillance de ces éléments entraîne une surchauffe lorsque le véhicule roule à basse vitesse ou lorsqu'il est à l'arrêt.

**I.16. La jauge de température:**

La sonde de température est montée sur le tableau de bord et est connectée à une sonde située sur le bloc moteur.

Cette sonde mesure les variations de résistance électrique pendant que le moteur se réchauffe, ce qui permet de surveiller précisément la température du moteur.

**I.17. Le fluide de refroidissement:**

Le liquide de refroidissement doit présenter plusieurs caractéristiques importantes :

- ❖ L'eau est utilisée dans le circuit de refroidissement pour assurer l'échange thermique.
- ❖ Les additifs présents dans le liquide de refroidissement jouent un rôle essentiel dans la protection des surfaces métalliques du circuit de refroidissement contre la corrosion.

- ❖ Le glycol a pour fonction de prévenir l'ébullition du liquide de refroidissement à des températures élevées, de protéger le circuit contre le gel à des températures basses et de réduire les risques de cavitation de la pompe à eau ainsi que des chemises de cylindre [12].

Le liquide de refroidissement doit plusieurs caractéristiques importantes :

- ❖ il ne doit pas geler à la température la plus basse susceptible des survenir dans la région.
- ❖ Les contenants d'antigel présentent généralement un tableau indiquant la proportion eau antigel à utiliser pour une protection adéquate.
- ❖ Il doit empêcher la rouille et la corrosion
- ❖ Il doit être stable chimiquement et ne pas se détériorer par "usure".
- ❖ Il doit être fluide.
- ❖ Il doit très vite absorber et rejeter la chaleur.
- ❖ Et finalement, il ne doit pas mousser.

### **I.18. Constitution des liquides de refroidissement:**

La constitution de liquide de refroidissement sont composés de trois types de produits: l'eau (50 à 70 %) et glycols (30 à 50 %).

### **I.19. Avantages et inconvénients du système:**

#### **a) Avantages :**

- ❖ Nécessité d'un débit d'air acceptable.
- ❖ Possibilité de déporter le système loin de la source de chaleur.
- ❖ L'échange thermique entre l'eau et une surface donnée est 10 fois mieux que l'échange entre l'air et la même surface.

**b) Inconvénients :**

- ❖ Moteur plus lourd.
- ❖ L'aménagement du circuit de refroidissement rend sa mise en œuvre plus difficile.

**I.20. Rinçage du système de refroidissement:**

Lorsqu'il y a des impuretés présentes dans le liquide de refroidissement, il est nécessaire de procéder à la vidange et au rinçage du système de refroidissement.

Les sources potentielles d'impuretés peuvent inclure :

- ❖ Huile (joint de culasse défectueux).
- ❖ Rouille (corrosion interne du moteur).
- ❖ Aluminium (corrosion interne du radiateur).
- ❖ Substance étrangères (additifs/produit d'étanchéités).
- ❖ Particules étrangères (pompe à eau défectueuse) Selon le degré d'encrassement le système doit être nettoyé avec de l'eau chaude ou avec un liquide spécifique.

**I.21. Contrôle du radiateur:**

Le radiateur étant à la fois un échangeur et un réservoir, il nécessitera une attention toute particulière.

Etat extérieur du faisceau Le processus de nettoyage implique l'utilisation d'air comprimé, qui est dirigé dans la direction opposée à celle de l'air aspiré par le ventilateur .

Ce nettoyage n'est pas systématique mais dépend des conditions de travail et du moment.

Le nettoyage à l'eau n'est pas conseillé pour un entretien journalier car les impuretés pouvant restées entre les faisceaux risquent en séchant, de colmater les passages d'air.

Certaines parties du radiateur sont difficilement accessibles et il sera donc difficile d'éliminer toutes les saletés sans démontage des carters enveloppant le radiateur.

**I.22. Contrôle du liquide de refroidissement:**

Si le radiateur est en parfait état et que la température du moteur a été stable, il y a peu de chance que le niveau du liquide de refroidissement est diminué.

Un contrôle hebdomadaire peut suffire. Par contre en conditions de travail extrême et dans le cas d'un faisceau du radiateur en mauvais état , il faudra contrôler le niveau du liquide tous les jours .

**I.23. Contrôle de la courroie du ventilateur:**

La procédure est identique à celle du circuit de refroidissement par air :

- ❖ Contrôle de l'état.
- ❖ Contrôle de la tension.
- ❖ Remplacement toute les 1000 heures d'utilisation.

**I.24. Contrôle des durites:**

Cela implique principalement une inspection visuelle pour détecter toute fuite de liquide, ce qui pourrait indiquer un serrage insuffisant (colliers défectueux) ou une porosité du caoutchouc (durite vieillissante).

En les pinçant, les durites devraient rester souples. Si elles ne le sont pas, cela signifie qu'il faut planifier leur remplacement.

**I.25. Le refroidissement par l'huile:**

Tous les moteurs à combustion interne utilisent un liquide pour la lubrification des pièces en mouvement, l'huile qui circule mise sous pression par une pompe.

Il est donc nécessaire de faire circuler ce liquide dans les zones les plus chaudes et surtout de garantir son refroidissement adéquat.

La méthode est la même que celle utilisée pour le circuit de refroidissement à air : tous emploient, à différents niveaux, le refroidissement par huile, qui comprend un carter d'huile pour le bas moteur ventilé, parfois doté d'ailettes, ainsi qu'un petit radiateur d'huile.

**a) Avantages :**

Les éléments spécifiques au refroidissement, tels que les canalisations, la pompe, le radiateur indépendant et le liquide, deviennent superflus

Cela se traduit par une réduction significative du poids et une simplification de la conception.

**b) Inconvénient :**

L'huile est moins efficace que l'eau pour transporter la chaleur, et les caractéristiques particulières de ces huiles les rendent plus onéreuses pour l'utilisateur.

**Exemples :**

Certaines motos à 4 cylindres de marque Suzuki, le moteur bicylindre à plat de la Citroën 2 CV utilise un refroidissement mixte air-huile, avec un radiateur d'huile.

**I.26. Conclusion:**

L'évacuation des excédents de la chaleur dans le moteur est essentielle pour prévenir la défaillance des pièces par fatigue thermique.

Les pièces les plus susceptibles de casser sont les plus exposées à un haut niveau d'échauffement comme le piston, la culasse, la chemise....etc.

Le niveau d'échauffement est réguler par le système de refroidissement en évacuant la chaleur récupérer l'hors de la circulation du fluide de refroidissement autour des pièces chauffées et sera restituera l'atmosphère.

# **CHAPITRE II**

## **Dimensionnement de l'échangeur**

**II.1.Introduction :**

Le dimensionnement des échangeurs de chaleur c'est un problème très complexe complexité vient de plusieurs facteurs qui sont :

- ❖ La grande diversité des appareils (échangeurs tabulaires, à plaques, etc).
- ❖ la variété des régimes d'écoulement : simple phase en régime laminaire ou turbulent, avec ou sans effet de convection naturelle, diphasique en évaporation ou en condensation, condensation avec ou sans incondensables, mélanges de fluides,etc.
- ❖ Le nombre important des configurations d'écoulement, pouvant aller bien au-delà de deux fluides dans le cas d'un échangeur compact, par exemple.

Le plus souvent, l'énergéticien n'a pas à concevoir ces échangeurs, il se contente de les sélectionner.

On part de la connaissance des puissances nécessaires et on sélectionne les composants d'après les documentations fournies par le constructeur.

La conception d'un échangeur de chaleur peut être divisée essentiellement en trois parties:

(1)l'analyse ou calcul thermique et géométrique, (2) la conception préliminaire mécanique et (3) la conception finale aux fins de fabrication.

L'intensification des échanges de chaleur entre une source chaude et une source froide a apporté un intérêt considérable dans la fabrication des échangeurs de plus en plus compacts. Parmi les techniques utilisées dans la conception des échangeurs de chaleur à faisceau de tubes, l'utilisation des ailettes, permet d'augmenter le niveau de la turbulence dans la couche limite, ainsi que la surface d'échange de chaleur.

Les tubes à ailettes sont utilisés uniquement dans le cas où un côté du tube (côté ailettes) présente un faible coefficient d'échange de chaleur (circulation ; d'une vapeur sèche, d'un gaz, d'un mélange gazeux,...).

Dans cette présente étude, on s'intéresse à un échangeur à courant croisés simple. Les fluides mis en service sont de l'eau chaude et de l'air à température ambiante.

L'eau circule à l'intérieur des tubes et l'air s'écoule perpendiculairement aux tubes pour les refroidir.

Dans ce chapitre , nous présentons une méthode et un programme de dimensionnement et de conception d'échangeurs tridimensionnels à courants croisés (air - eau) à tubes à ailettes décalés en utilisant la méthode de dimensionnement logarithmique moyen mise en œuvre dans le cadre du programme (SolidWorks).

## II.2. Définition d'un échangeur de chaleur :

Un échangeur de chaleur est un système qui permet d'échanger la chaleur entre deux fluides sans se mélanger

Dans un échangeur thermique, le fluide chaud et le fluide froid sont séparés par une paroi (plane ou tubulaire).

La transmission de la chaleur se fait du fluide chaud vers le fluide froid. Les fluides, chauffant et chauffé sont des fluides caloporteurs.[13]

## II.3. Les différents types d'échange:

Les échangeurs de chaleur sont diphasiques ou monophasique.

### a) Échange sans changement de phase:

Les échangeurs de chaleur sans changement de phase correspondent aux échangeurs dans lesquels l'un des fluides se refroidit pour réchauffer le deuxième fluide sans qu'il y ait changement de phase.

les températures des fluides sont donc variables, tout le long de l'échangeur.

Parmi ces échangeurs on cite les échangeurs : (liquide –liquide, gaz -liquide et gaz - gaz...).

### b) Échange sans changement de phase:

Les échanges avec changement de phase sont caractérisés par trois cas différents :

l'un des fluides se condense alors que l'autre se vaporise. Ces échangeurs sont rencontrés dans les machines frigorifiques installées en cascade. Ces sont les évaporateurs - condenseurs.

le fluide secondaire se vaporise en recevant de la chaleur du fluide primaire, lequel ne subit pas de changement d'état. Ils sont appelés évaporateurs.

le fluide primaire se condense en cédant sa chaleur latente au fluide secondaire plus froid, lequel ne subit pas de transformation d'état .A titre d'exemple ; ce cas est rencontré dans les condenseurs des machines frigorifique.

le fluide primaire se condense en cédant sa chaleur latente au fluide secondaire plus froid, lequel ne subit pas de transformation d'état .A titre d'exemple ; ce cas est rencontré dans les condenseurs des machines frigorifiques.

## II.4. Classification des échangeurs :

Les échangeurs de chaleur peuvent être classés de multiple façons, ainsi dans ce qui suit, on ne cite que les groupes qui nous paraissent importants .

- ❖ Classification selon leurs procédés de transfert thermique → selon leurs procédés de transfert, les échangeurs de chaleur sont classés en deux types : à contact direct et à contact indirect.
- ❖ Classification selon la compacte de surface → Cette autre classification, arbitraire, se base sur le rapport de la surface d'échange au volume de l'échangeur et se divise en deux types :

### Échangeurs compact et non-compact:

Cette classification est faite parce que la forme physique des échangeurs, les applications et les techniques diffèrent.

Classification selon le nombre de fluide : (un, deux ou trois fluides).

Classification selon le sens de l'écoulement :

- ❖ **Écoulement à courant parallèle** : les deux fluides circulent parallèlement et vont dans le même sens.
- ❖ **Écoulement à contre-courant** : les deux fluides circulent parallèlement mais vont dans le sens opposé.
- ❖ **Écoulement à courant croisé** : les deux fluides circulent perpendiculairement l'un par rapport à l'autre.

Classification suivant la construction : ils existent des échangeurs tubulaires (tube coaxiaux, calandre, spirales de tubes), des échangeurs à plaque (brassée, soudée, et joints), des échangeurs à ailettes (plaques et tube à ailettes), des échangeurs régénérateurs (rotatif, matrice simple).

Classification suivant le mécanisme de transfert de chaleur : il existe plusieurs types de transmission de la chaleur (double phase des deux côtés « évaporateur-condenseur », un côté en simple phase et l'autre en double phase « condenseur ou évaporateur », simple phase sur les deux côtés « régénérateur ») et aussi échanges couplés, rayonnement, convection.

Classement suivant la nature du matériau de la paroi d'échange → les échangeurs métalliques : en acier, cuivre, aluminium, ...

Les échangeurs non métalliques : en plastique, céramique, ... [14]

schéma représentatif de la classification des échangeurs selon le mode de transfert :

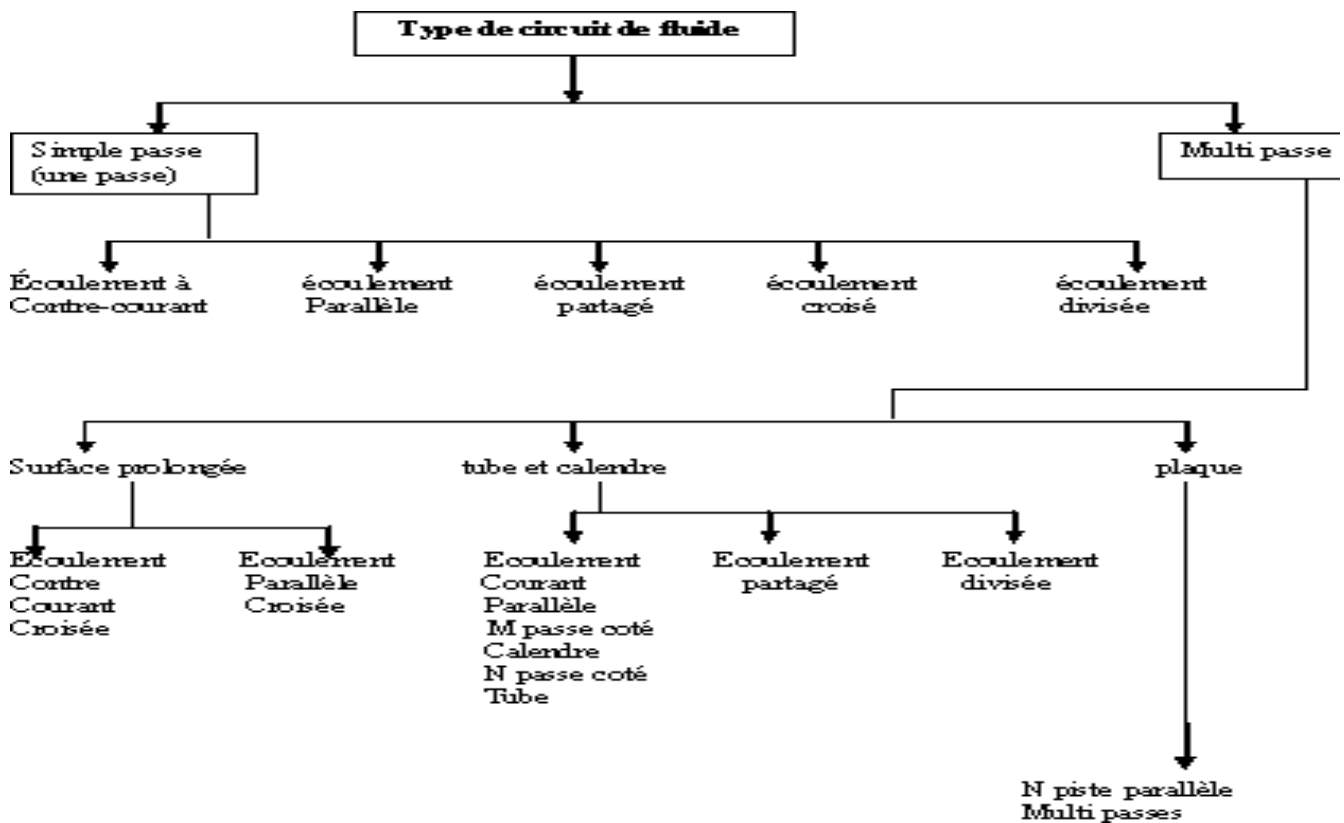


Figure II.1 : Type de cycle de fluide.

**II.5.Étapes pour travailler et mettre à l'échelle l'échangeur :**

L'échangeur de refroidissement est un dispositif qui permet à la dissipation thermique d'un objet d'éviter une énergie thermique exagérée.

Le radiateur fonctionne généralement avec convection, et plusieurs éléments interfèrent dans l'amélioration du travail du radiateur. Nous accélérons le flux d'air par un ventilateur, et cela se fait grâce à la géométrie du radiateur et ce qui permet à l'air de passer à travers ses ailettes.

Nous allons donc apprendre à travers ce chapitre comment créer un échangeur thermique (radiateur) par des logiciels de la conception mécanique (SolidWorks), qui tire profit de l'interface graphique familière Microsoft Windows.

Grâce à cet outil facile à utiliser, les ingénieurs en mécanique peuvent esquisser rapidement une idée, expérimenter avec des fonctions et des côtes et produire des modèles et des mises en plan précis.

## II.6. Création de la géométrie par l'application SolidWorks :

### 6.1. Concepts de base

Un modèle SOLIDWORKS, **figure (II.2)** consiste en une géométrie volumique 3D dans un document de pièce ou d'assemblage.

Les mises en plan sont créées à partir de modèles ou en dessinant des vues dans un document de mise en plan.

Généralement, vous débutez avec une esquisse, créez une fonction de base, puis ajoutez davantage de fonctions à votre modèle (vous pouvez aussi commencer avec une surface ou une géométrie volumique importée).

Vous pouvez affiner votre conception en ajoutant, éditant ou en réordonnant les fonctions.

L'association entre les pièces, les assemblages et les mises en plan garantit que les changements apportés à un document ou une vue seront automatiquement introduits dans tous les autres.

Vous pouvez générer des mises en plan ou des assemblages à n'importe quel moment du processus de conception.

Lorsqu'une carte graphique compatible avec RealView est installée, vous pouvez afficher des modèles et des environnements au réalisme photographique.

Cliquez sur Outils > Options dans le menu principal pour afficher les onglets Options du système et Propriétés du document.

Le logiciel SOLIDWORKS enregistre votre travail pour vous avec la sauvegarde automatique. Vous pouvez également choisir de recevoir un rappel concernant l'enregistrement de votre travail.

Cliquez sur Outils > Options dans le menu principal pour afficher les onglets Options du système et Propriétés du document.

Le logiciel SOLIDWORKS enregistre votre travail pour vous avec la sauvegarde automatique. Vous pouvez également choisir de recevoir un rappel concernant l'enregistrement de votre travail.



Figure II.2 : lancement du logiciel.

L'interface officielle du logiciel nous permet de créer n'importe quelle forme d'ingénierie, qu'elle soit unidimensionnelle, bidimensionnelle ou tridimensionnelle, et de contrôler ses dimensions et la **figure (II.3)** montre le menu principal du logiciel.

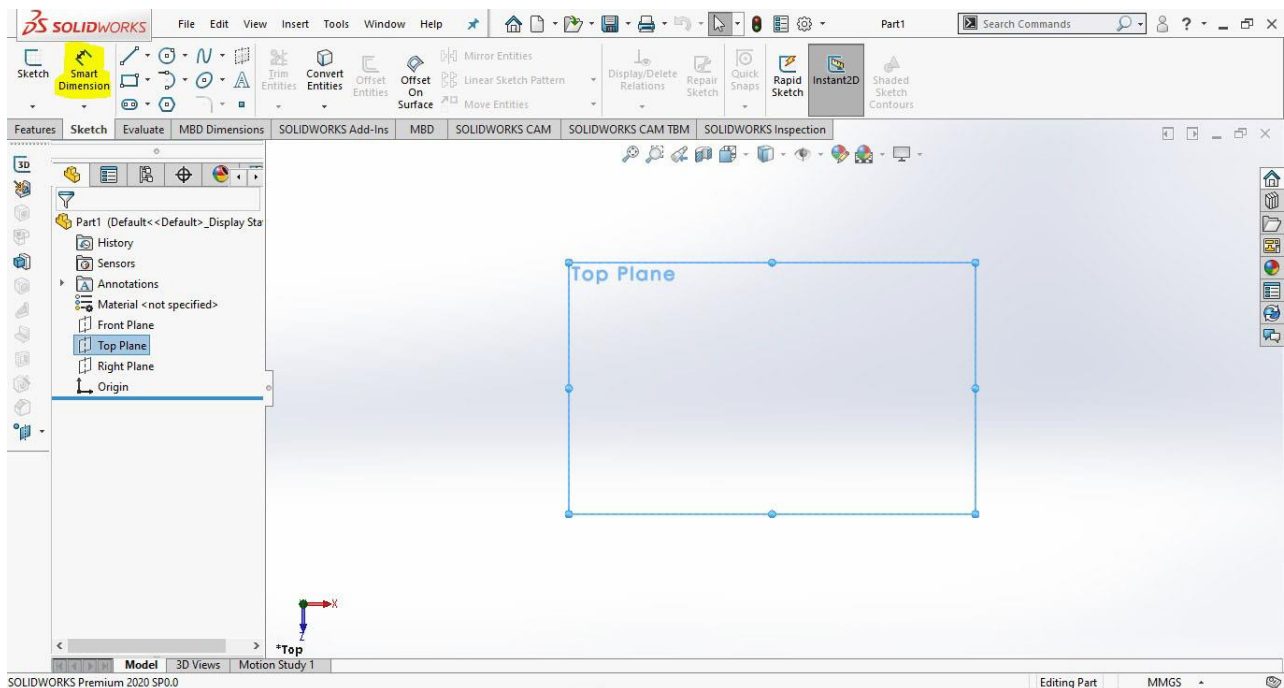


Figure III.3 : le menu principal du logiciel.

## 6.2. Création des ailettes :

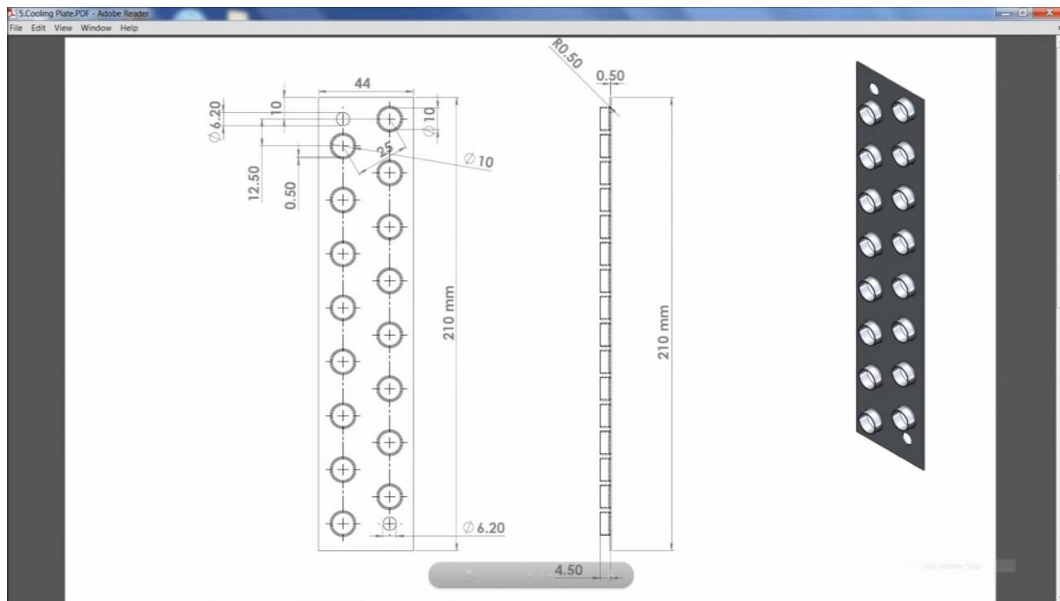
### 6.2.1 Création des ailettes ( cooling plate) :

Pour créer les ailettes de radiateur nécessite plusieurs étapes, on dessin d'abord un rectangle, puis nous extrayons le matériaux (Extruded), en fin on retire le matériau sous forme d'anneaux (Shell) cela de fait en fonction des dimensions mesurées (**Figure II.4**).

Toutes les dimensions de l'ailette sont indiquées dans le **tableau II.1**.

**Tableau II.1** : Dimensions des ailettes et conductivité thermique.

Longueur d'ailette (mm)	Largeur d'ailette (mm)	Diamètre du trou (mm)	Épaisseur d'ailette (mm)	h (mm)	d (mm)	Conductivité thermique d'aluminium (w/m.K)
210	44	10	0.5	12.5	25	237



**Figure II.4** : La forme d'ailette.

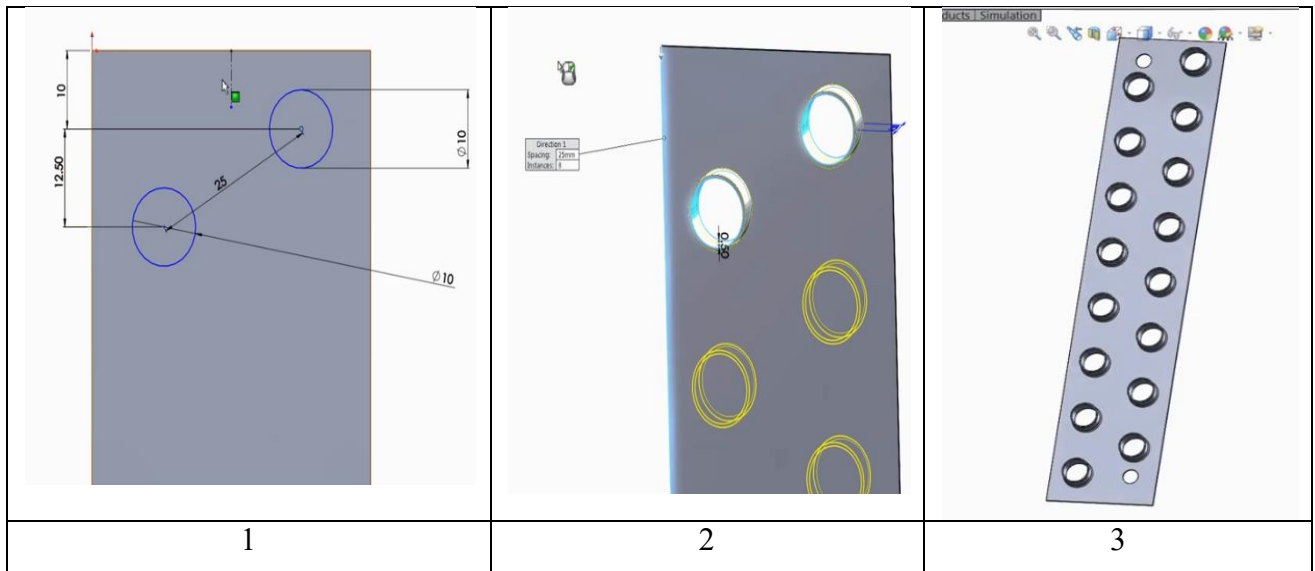


Figure II.5 : Étapes de conception des ailettes.

### 6.2.2Création des ailettes 2 :( End plate 1)

Pour créer les ailettes de radiateur nécessite plusieurs étapes, on dessin d'abord un rectangle, puis nous extrayons le matériaux (Extruded), en fin on retire le matériau sous forme d'anneaux (Shell) cela de fait en fonction des dimensions mesurées (Figure II.6).

Toutes les dimensions de l'ailette sont indiquées dans le **tableau II.2**.

**Tableau II.2** : Dimensions des ailettes 2 et conductivité thermique.

Langueur d'ailette (mm)	Largeur d'ailette (mm)	Diamètre du trou (mm)	Épaisseur d'ailette (mm)	h (mm)	d (mm)	Conductivité thermique d'aluminium (w/m.K)
210	44	10	0.5	12.5	25	237

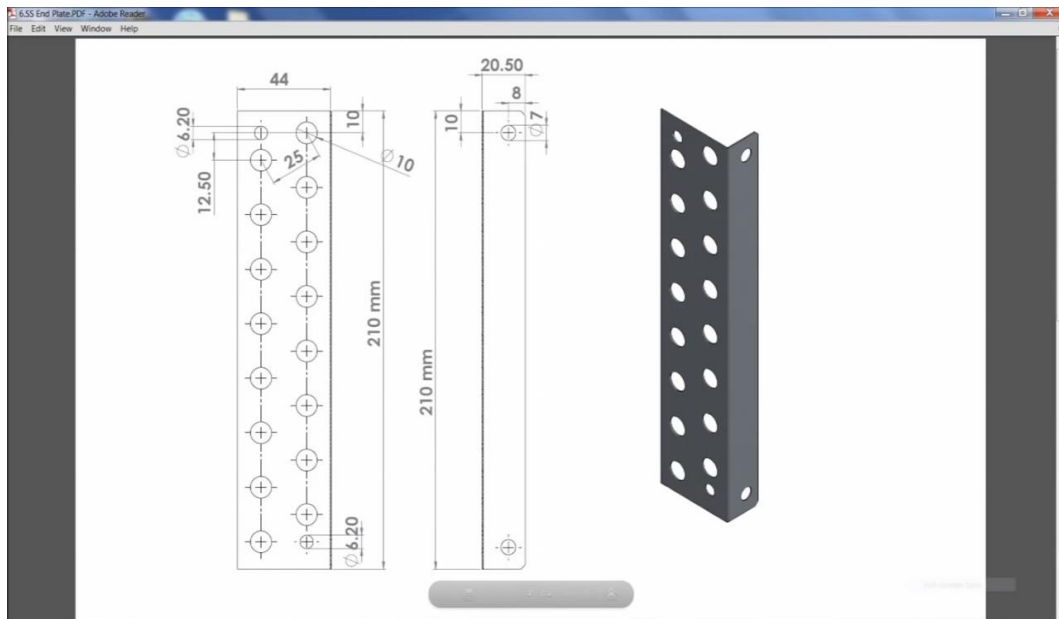


Figure II.6 : La forme des deux ailettes extérieures.

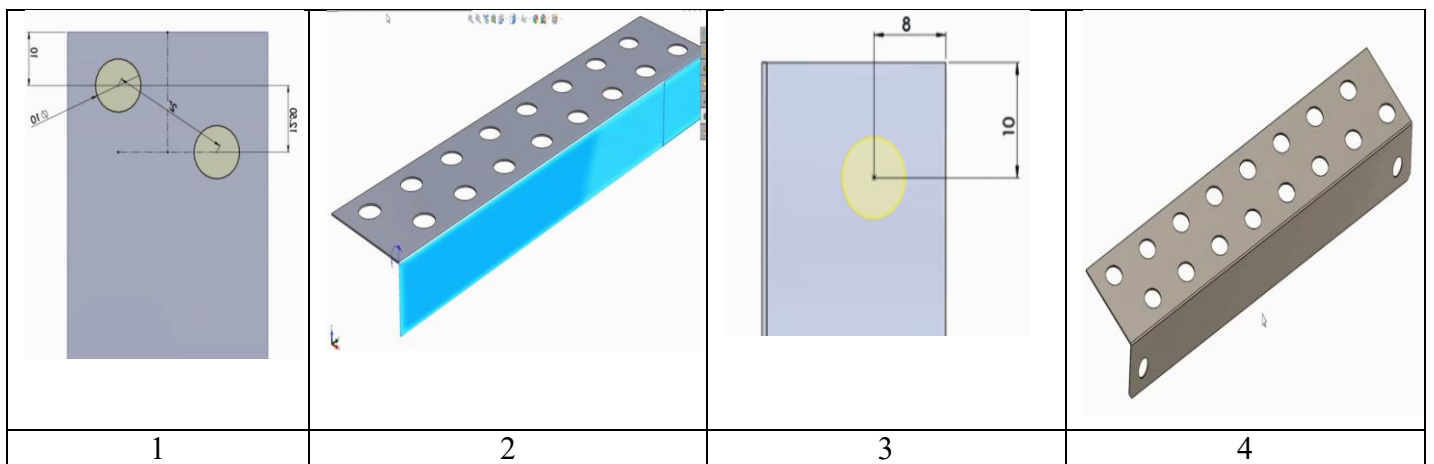


Figure II.7 : Les deuxième étapes de la conception de la forme des ailettes.

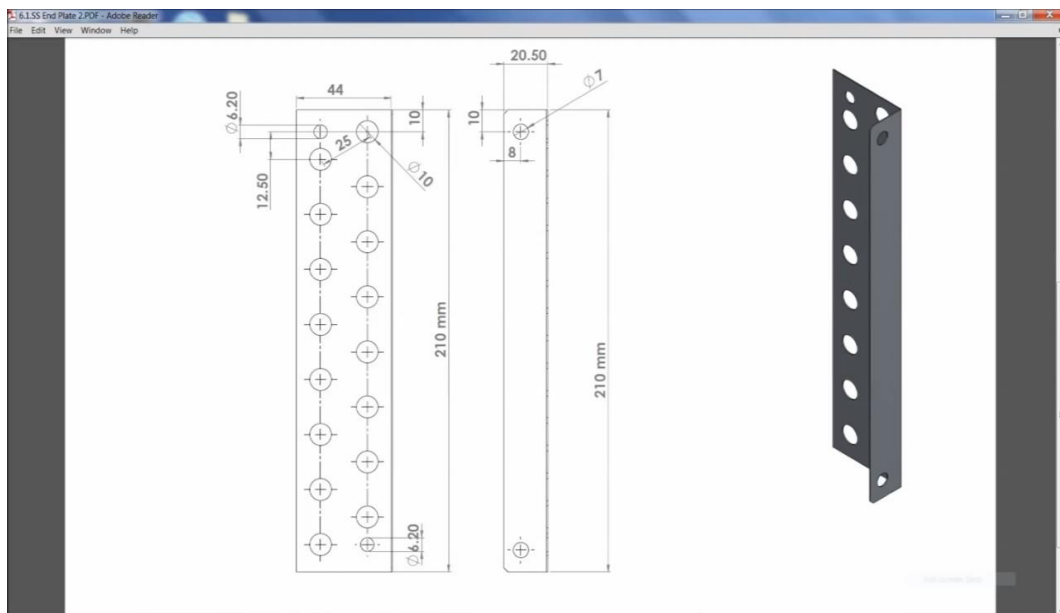
**6.2.3Création des ailettes 3 :( End plate 2)**

Pour créer les ailettes de radiateur nécessite plusieurs étapes, on dessin d'abord un rectangle, puis nous extrayons le matériaux (Extruded), en fin on retire le matériau sous forme d'anneaux (Shell) cela de fait en fonction des dimensions mesurées (**Figure II.8**).

Toutes les dimensions de l'ailette sont indiquées dans le **tableau II.3**.

**Tableau II.3** : Dimensions des ailettes 3 et conductivité thermique.

Langueur d'ailette (mm)	Largeur d'ailette (mm)	Diamètre du trou (mm)	Épaisseur d'ailette (mm)	h (mm)	d (mm)	Conductivité thermique d'aluminium (w/m.K)
210	44	10	0.5	12.5	25	237



**Figure II.8** : La forme des trois ailettes extérieures.

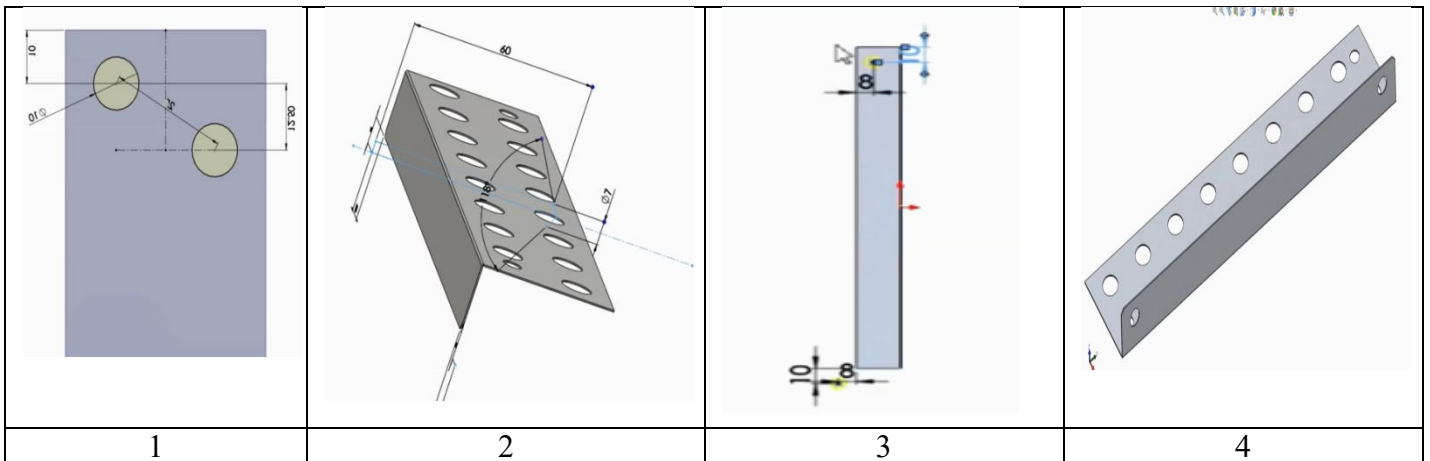


Figure II.9 : Le troisième étapes de la conception de la forme des ailettes.

### 6.3 .Création des tube :

#### 6.3.1Création du premier tube (pipe 1):

Le tube est le deuxième composant principal pour créer un radiateur, on trace d'abord une ligne puis on la remplit (swept), en fin on retire le matériau (Shell), le tube montré dans la **figure (II.10)**.

Toutes les dimensions du tube sont indiquées dans le **tableau (II.4)**.

**Tableau II.4:** caractéristique géométrique pipe 1 et propriétés thermique de refroidisseur

Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)	D (mm)	Conductivité thermique d'aluminium w/m.K
9.5	10	0.5	12.5	237

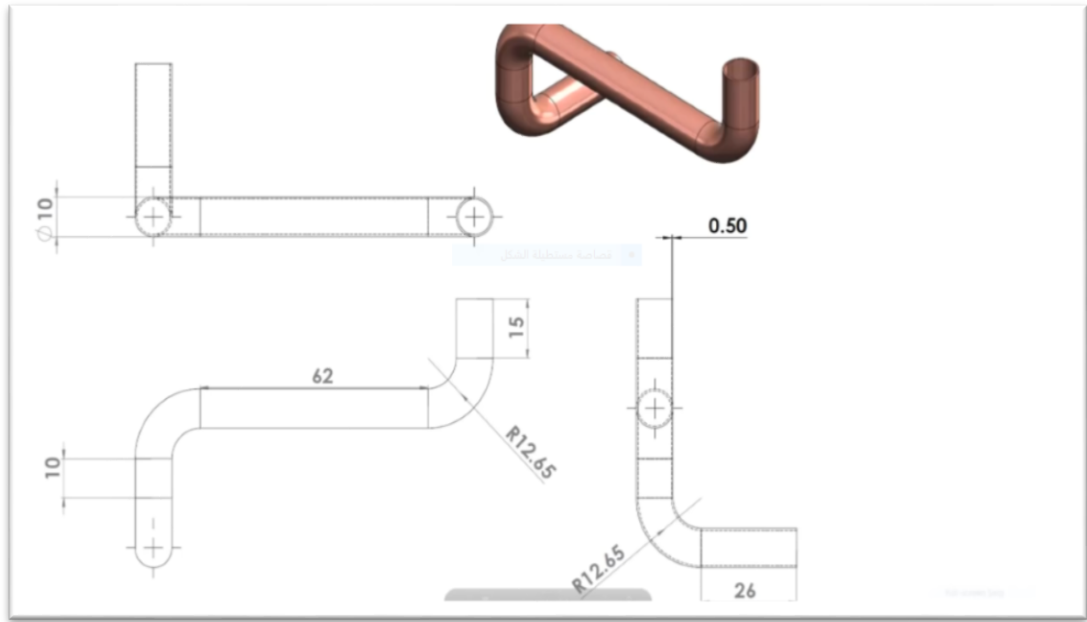


Figure II.10 : La forme du tube génère.

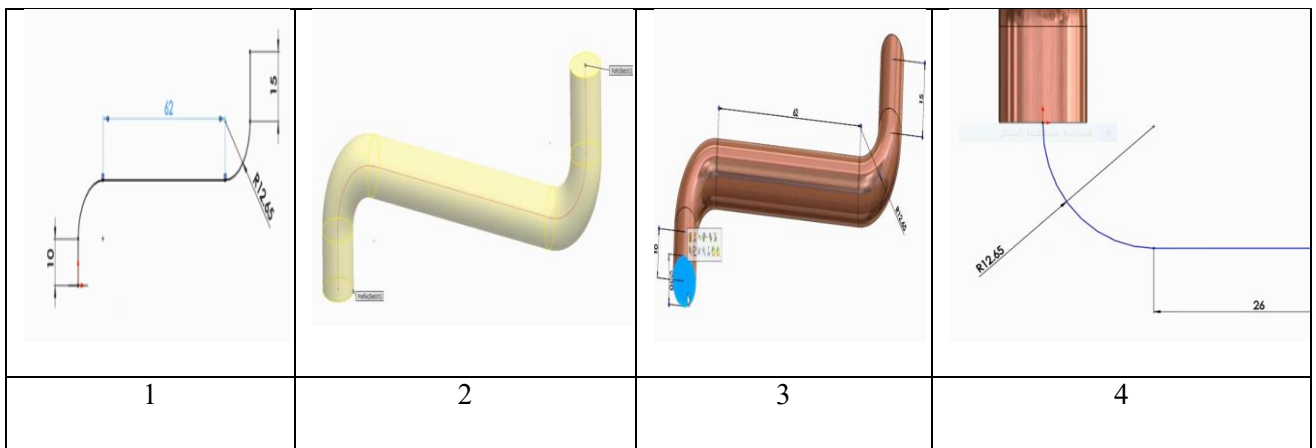


Figure II.11 : Les étapes de conception et de dimensionnement de la forme du premier tube.

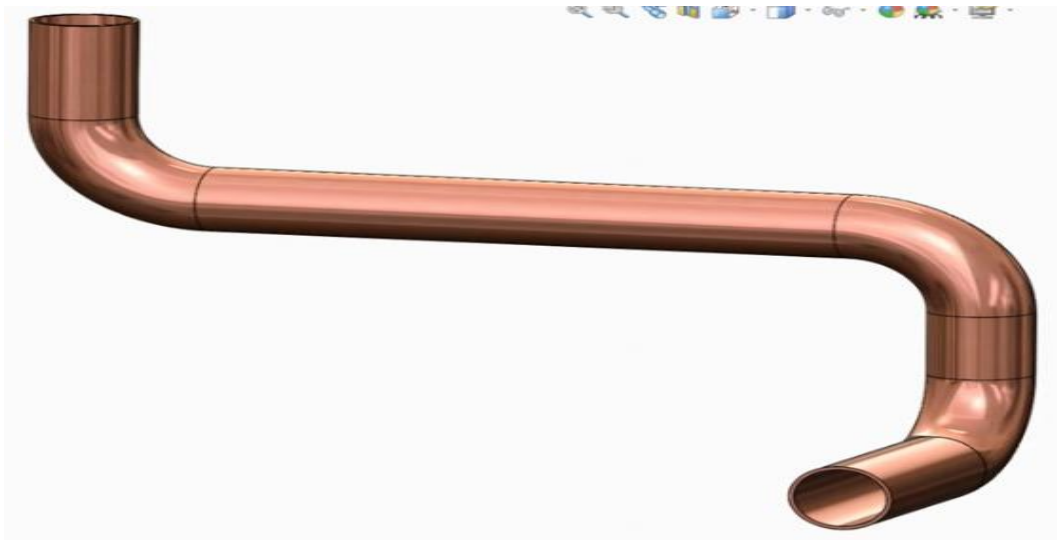


Figure II.12 : La Forme

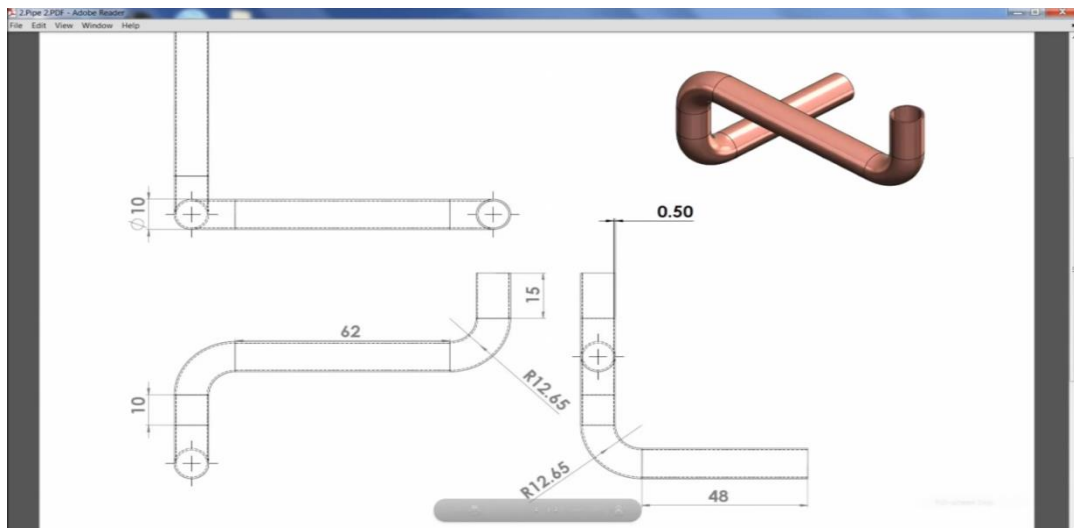
**Création le deuxième tube ( pipe 2 ) :**

Le tube est le deuxième composant principal pour créer un radiateur, on trace d'abord une ligne puis on la remplit (swept), en fin on retire le matériau (Shell), le tube montré dans la **figure (II.13)**.

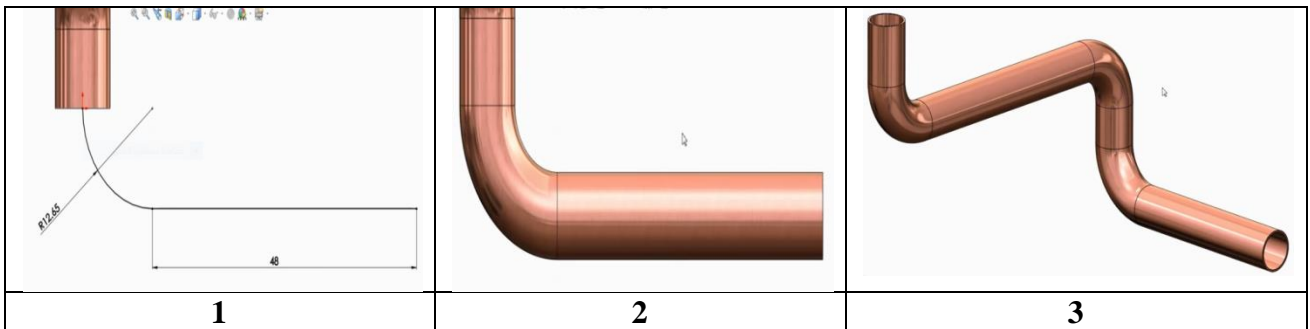
Toutes les dimensions du tube sont indiquées dans le **tableau (II.5)**.

**Tableau II.5:** caractéristique géométrique pipe 2 et propriétés thermique de refroidisseur

Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)	D (mm)	Conductivité thermique d'aluminium w/m.K
9.5	10	0.5	12.5	237



**Figure II.13 :** La former le deuxième tube.



**Figure II.14 :** Les étapes de conception et de dimensionnement de la forme du deuxième tube

**Création le troisième tube ( pipe 3) :**

Le tube est le deuxième composant principal pour créer un radiateur, on trace d'abord une ligne puis on la remplit (swept), en fin on retire le matériau (Shell), le tube montré dans la **figure (II.15)**.

Toutes les dimensions du tube sont indiquées dans le **tableau (II.6)**.

**Tableau II.6:** caractéristique géométrique pipe 3 et propriétés thermique de refroidisseur

Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)	D (mm)	Conductivité thermique d'aluminium w/m.K
9.5	10	0.5	12.5	237

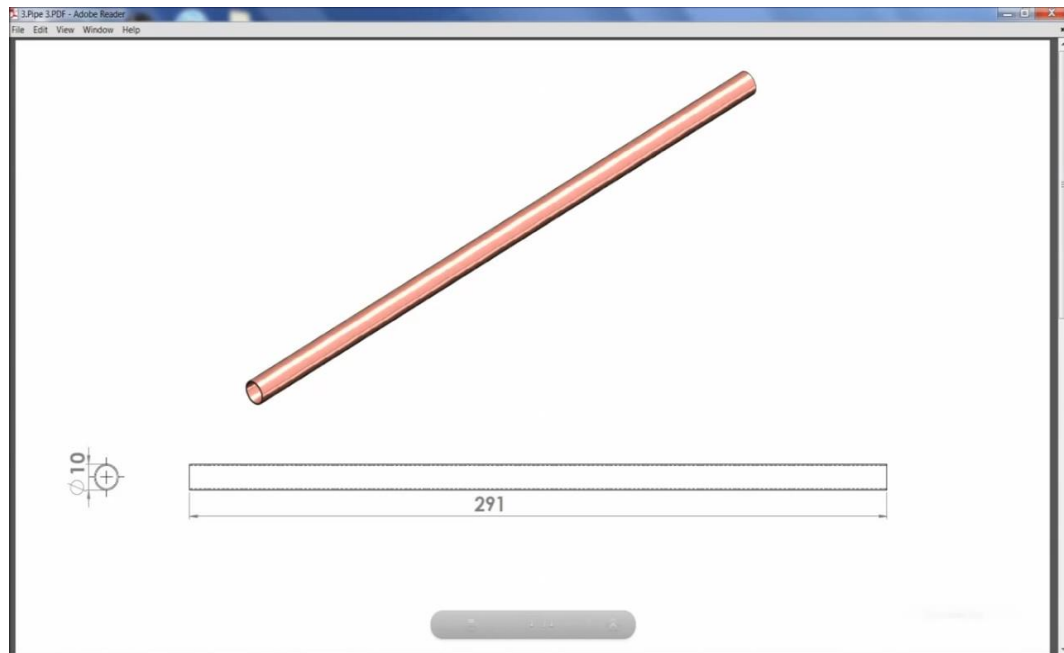


Figure II.15 : former le troisième tube.

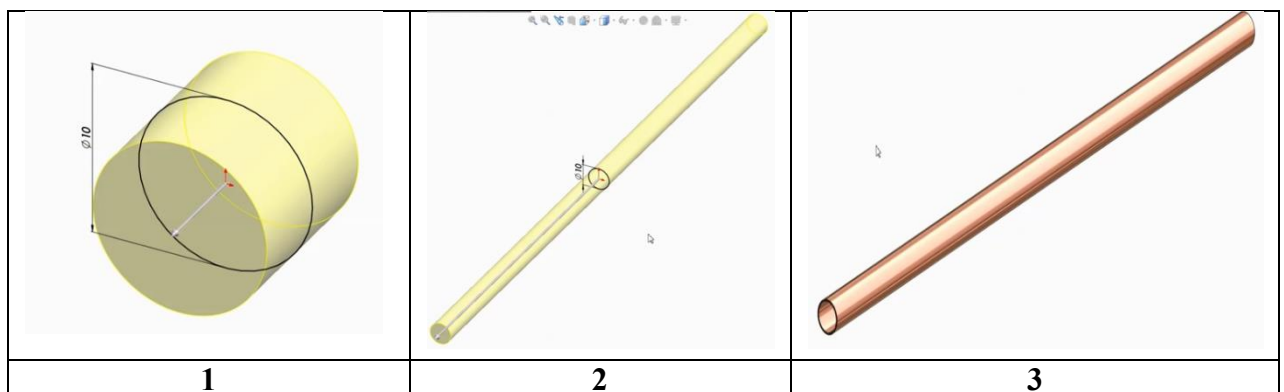


Figure II.16 : Les étapes de conception et de dimensionnement de la forme du troisième tube.

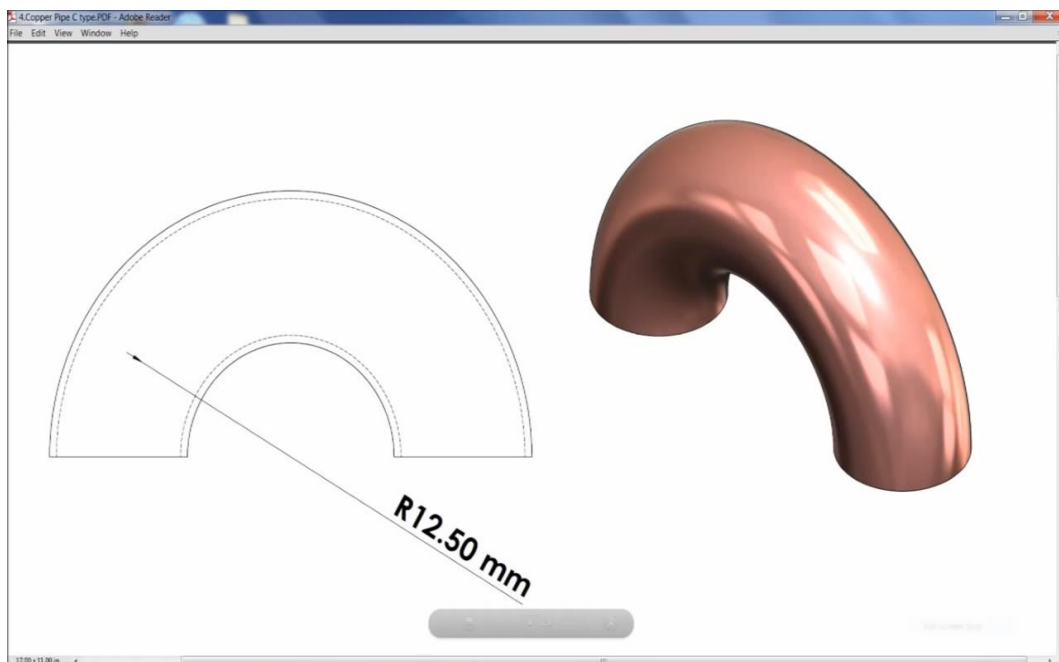
### Création du quatrième tube (type c) :( pipe c type )

Le tube est le deuxième composant principal pour créer un radiateur, on trace d'abord une ligne puis on la remplit (swept), en fin on retire le matériau (Shell), le tube montré dans la **figure (II.17)**.

Toutes les dimensions du tube sont indiquées dans le **tableau (II.7)**.

**Tableau II.7:** caractéristique géométrique pipe c type et propriétés thermique de refroidisseur

Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)	D (mm)	Conductivité thermique d'aluminium w/m.K
9.5	10	0.5	12.5	237



**Figure II.17 :**La Forme du quatrième tube (type c).

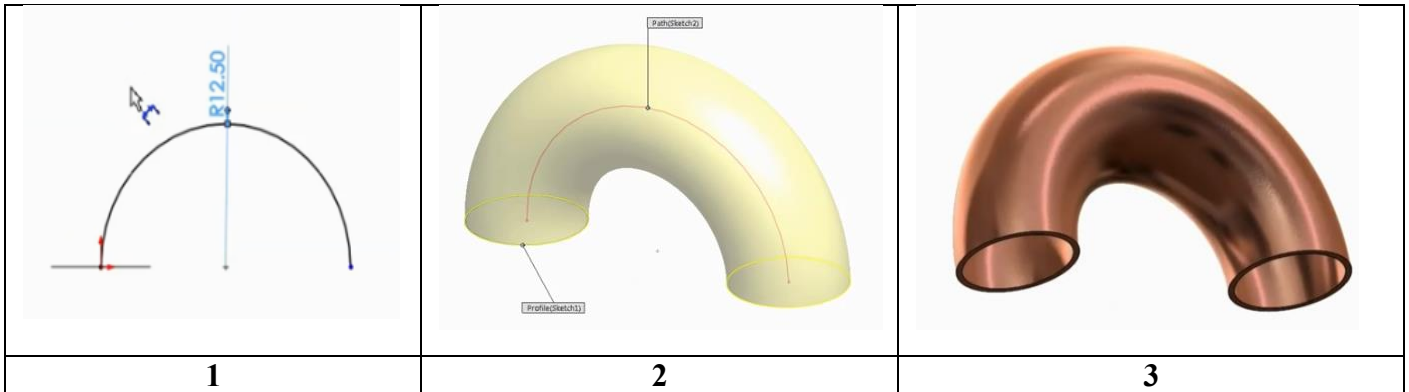


Figure II.18 : Les étapes de conception et de dimensionnement de la forme du quatrième tube (type c).

**Création le troisième tube ( Support Rod ) :**

Le tube est le deuxième composant principal pour créer un radiateur, on trace d'abord une ligne puis on la remplit (swept), en fin on retire le matériau (Shell), le tube montré dans la **figure (II.19)**.

Toutes les dimensions du tube sont indiquées dans le **tableau (II.8)**.

**Tableau II.8:** caractéristique géométrique Support Rod et propriétés thermique de refroidisseur

Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)	D (mm)	Conductivité thermique d'aluminium <b>w/m.K</b>
<b>9.5</b>	<b>10</b>	<b>0.5</b>	<b>12.5</b>	<b>237</b>



Figure II.19 : former le cinquième tube.

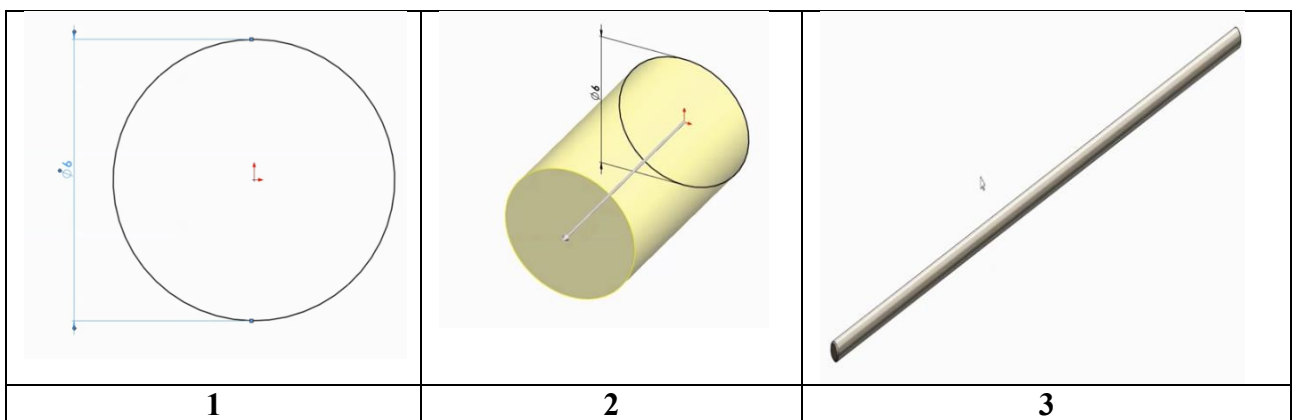
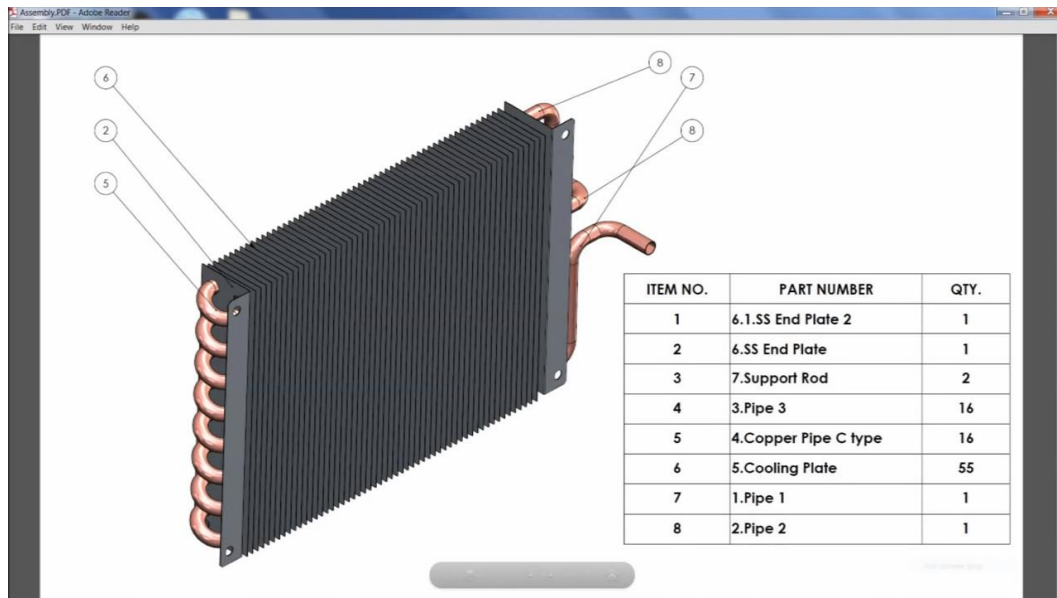


Figure II.20 : Étapes de conception et taille du cinquième tube.

**L'assemblage :**

Les assemblages sont obtenus par la juxtaposition de pièces. La mise en position de pièces est définie par un ensemble de contraintes d'assemblage, l'intérêt de cet outil, c'est qu'il rend possible la création d'une pièce dans l'assemblage par l'outil (assembly) [1].

Nous rassemblons les ailettes et les tubes, nous utilisons également l'outil de répétition, nous , et nous utilisons également l'outil de duplication, et dupliquons l'aileron selon le tableau que nous avons ci-dessous dans la **figure (II.20)**., et en choisissant la direction des itérations et leur nombre.



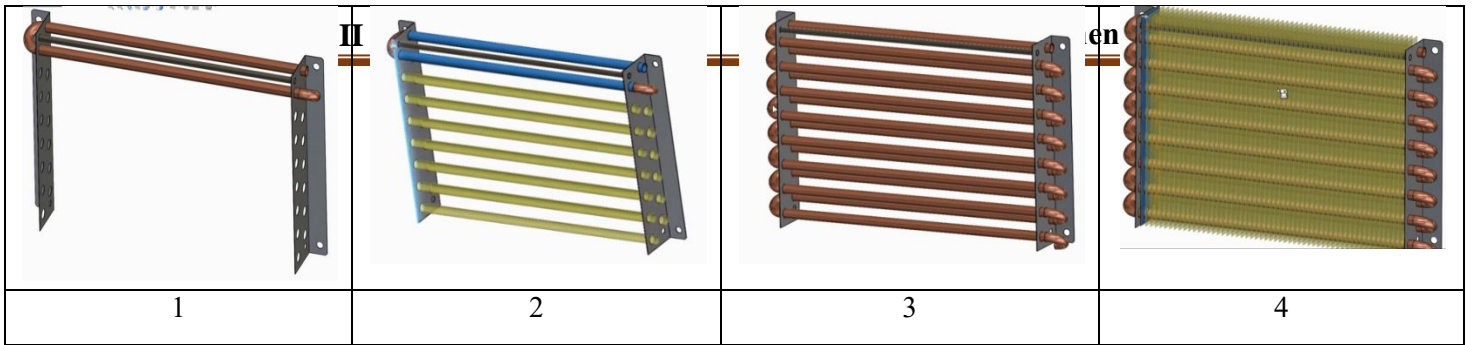
**Figure II.21 :**La Forme Illustration de motifs répétitifs d'ailettes et de tubes.

Toutes les dimensions du Radiateur sont indiquées dans le **tableau (II.9)**.

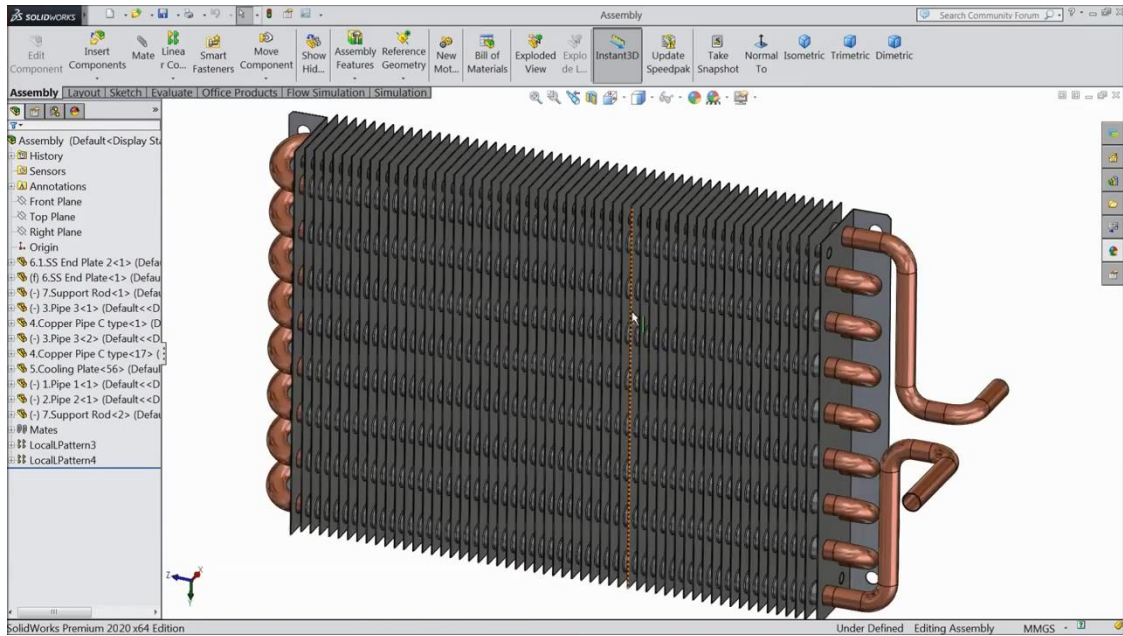
**Tableau II.9 :** caractéristique géométrique du Radiateur

L (mm)	h (mm)	l (mm)	Nombre des ailette (mm)
291	210	44	55

A la fin de l'assemblage, nous obtenons le formulaire final du radiateur qui montré dans la **figure (II.22)**, après nous sauvegardons la géométrie sou forme STEP ou IGS afin que SolidWorks puisse l'identifier.



**Figure II.22** : Étapes d'assemblage et d'installation des pièces de l'échangeur de chaleur



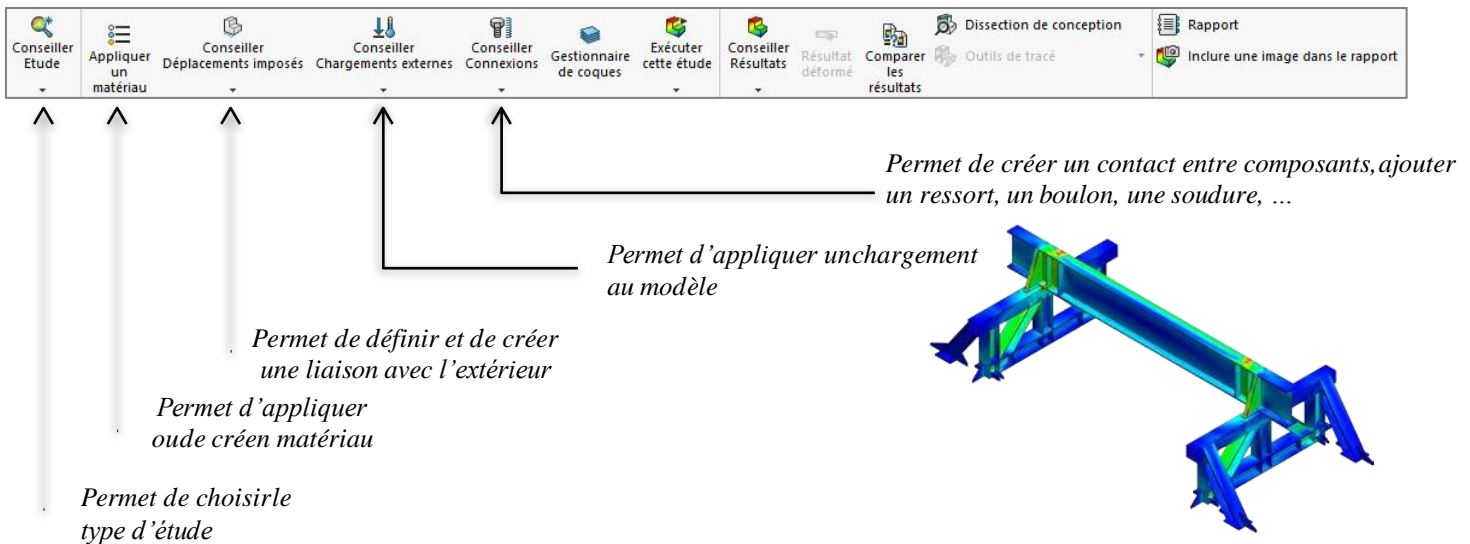
**Figure II.23** : La géométrie finale du dissipateur.

**II.7. SolidWorks Simulation:**

SOLIDWORKS Simulation est un portefeuille d'outils d'analyse structurelle faciles à utiliser qui font appel à la méthode d'analyse par éléments finis (FEA) pour prédire le comportement physique réel d'un produit en testant virtuellement des modèles de CAO. Le portefeuille propose des fonctionnalités d'analyse dynamique et statique non linéaire et linéaire.

SolidWorks Simulation permet de tester le comportement mécanique des pièces et des assemblages modélisés dans SolidWorks.

SolidWorks Simulation permet de faire une étude : Statique, Fréquentielle, Flambement, Thermique, Test de chute, Fatigue et Dynamique (Modale, harmonique, spectrale et aléatoire).[14]



**Figure II.24 :** SOLIDWORKS Simulation.

## II.8.SOLIDWORKS Flow Simulation :

### II.8.1.Concepts de base

SOLIDWORKS Flow Simulation est une solution de calcul de dynamique des fluides (CFD) permettant de simuler rapidement et facilement les écoulements de liquide et de gaz à l'intérieur et autour d'une pièce ou d'un assemblage.[15]

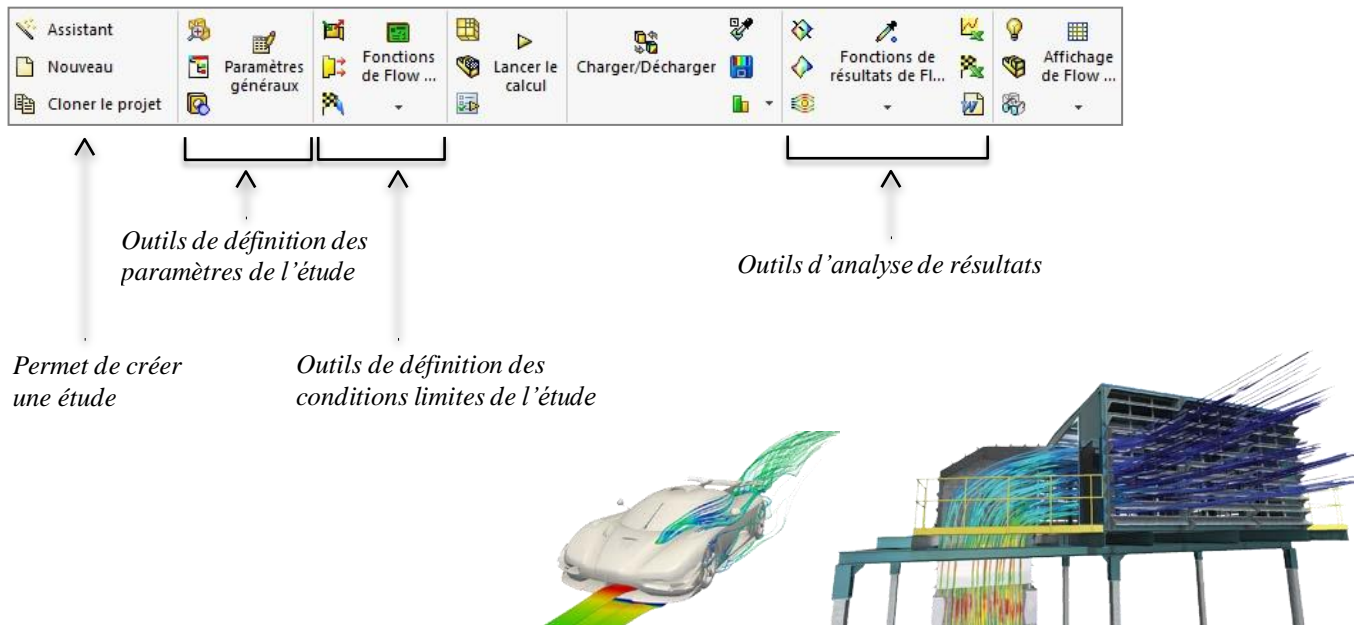


Figure II.25 : Flow Simulation.

## II.9.Création de la Simulation par l'application SolidWorks :

### II.9.1.Flow Simulation numérique

SolidWorks Simulation est une suite complète d'applications d'analyse structurelle, fonctionnelle et d'écoulement.

destinée à tous les concepteurs impliqués dans le processus de développement des produits. Le logiciel est facile.

à utiliser mais suffisamment puissant pour résoudre les problèmes de conception les plus complexes.

Il vous aide à prédire la performance de votre conception dans des conditions d'utilisation réelles et à détecter les problèmes et les corriger avant de passer aux prototypes, à l'usinage et à la production.

Intégré dans l'environnement de CAO 3D de SolidWorks, SolidWorks Simulation stimule votre capacité d'innovation.

en vous permettant d'expérimenter avec de nouvelles configurations et de nouveaux

---

matériaux au stade de la.

### II.9.2.Objectifs Sumilation

Création de la pièce SOLIDWORKS nécessaire pour la simulation de flux.

Mise en place de projets de simulation de flux pour le flux interne.

Configuration d'une condition d'écoulement bidimensionnel.

Initialisation du maillage.

Sélection des conditions aux limites.

Insertion d'objectifs globaux, d'objectifs ponctuels et d'objectifs d'équation pour les calculs.

Exécution des calculs.

Utilisation de Cut Plots pour visualiser le champ de flux résultant.

Utilisation de tracés XYZ pour les profils de vitesse, l'épaisseur de la couche limite, l'épaisseur de déplacement, épaisseur de moment et coefficients de frottement.

Utilisation de modèles Excel pour les tracés XYZ.

Comparaison des résultats de Flow Simulation avec des théories et des données empiriques.

Enregistrer le projet.

### II.9.3.Descriotion du problème

Dans cette partie du chapitre, nous utiliserons **SOLIDWORKS Flow Simulation** pour étudier les cotes 3D.

L'objectif principal de cette thèse est d'étudier l'étalonnage de l'échangeur et du redresseur de voiture.

Dans cette étude, une eau liquide à différentes températures traverse un échangeur de chaleur.

Chaleur : s'écoule dans les tubes et influence à travers l'enveloppe autour des tubes. De nombreux paramètres de conception et conditions de fonctionnement affectent les performances optimales de l'échangeur de chaleur primaire et de la structure solution et résultats expérimentaux.

Utilisez l'air comme fluide pour les ailettes laminaires et l'eau pour les résultats les plus précis.

Nous définirons les profils de vitesse et dessinerons les profils en utilisant le format de similarité de couche limite connu.

Variation de l'épaisseur de la couche limite, de l'épaisseur du déplacement, de l'épaisseur de la quantité de mouvement et du coefficient de frottement local Il sera également déterminé.

Nous allons commencer par créer la pièce nécessaire à cette simulation dans les détails et pièces suivantes.

## II.10.Création de la Simulation par l'application SolidWorks :

### II.10.1.Configuration du projet de simulation de flux pour la radiateur :

1.1.Nous créons un projet en sélectionnant Tools>> Flow Simulation>> Project >> Wizard... dans le menu....puis Entrez le nom projet : "project 1". Appuyez sur le bouton **Next** >..

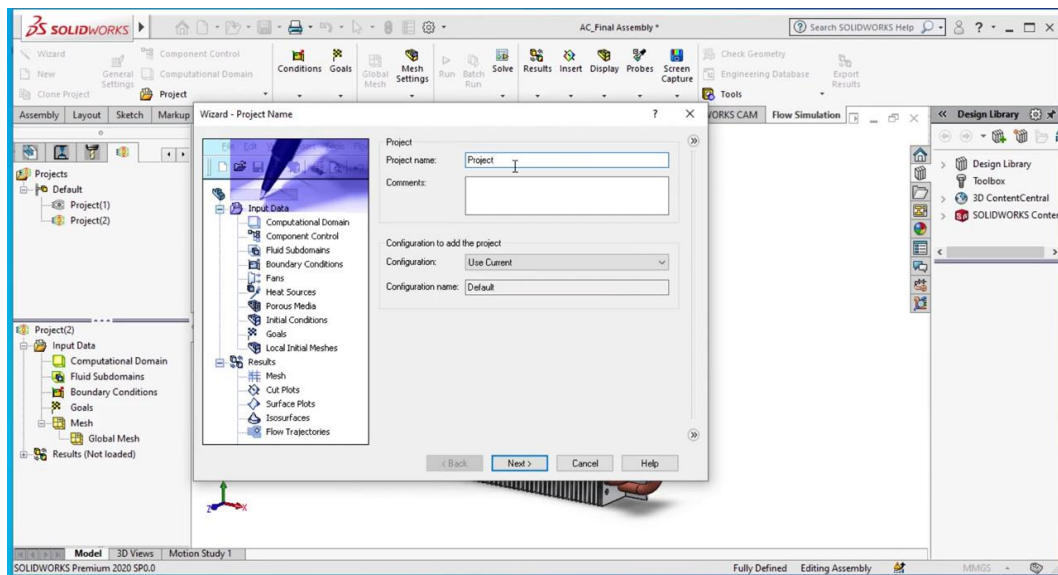


Figure II.26 : Creating a name for the project

1.2. Nous choisissons le système d'unités **SI (m-kg-s)** et cliquons à nouveau sur le bouton **Next>..**

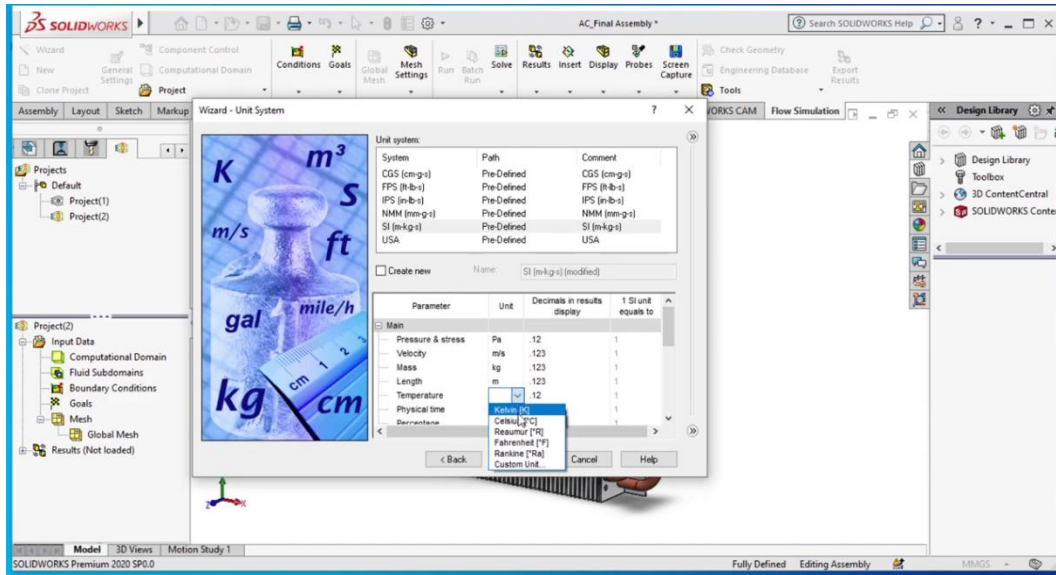


Figure II.27 :Wizard-Unit system

1.3. Cochez l'option **External** pour le type d'analyse et sélectionnez la **Heat conduction in solids** et **Gravity** dans le menu et cliquez sur le bouton **Next >..**

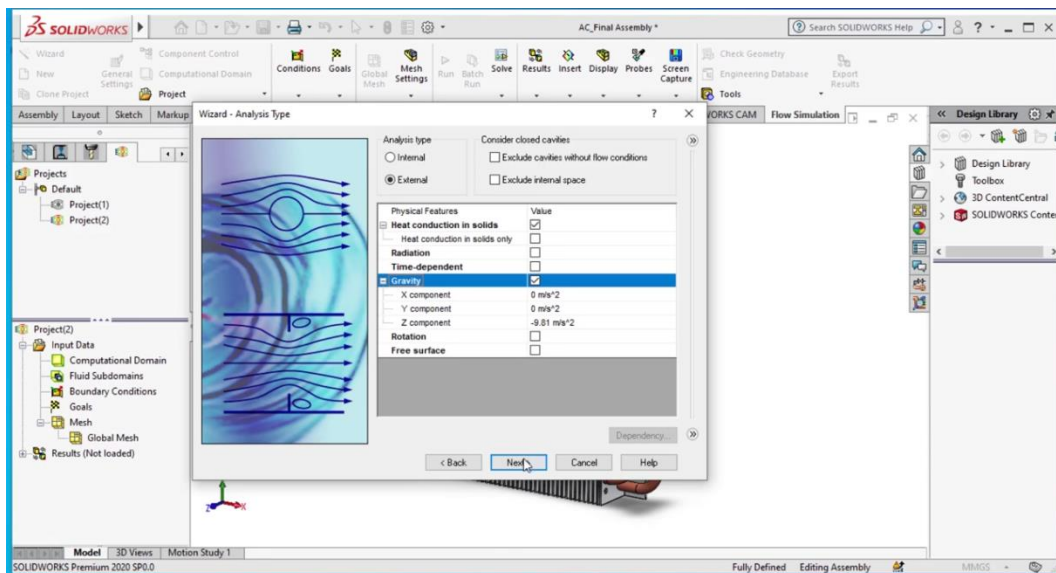


Figure II.28: Excluding cavities without flow conditions.

1.4. Choisissez **Air** comme fluide de projet par défaut en cliquant sur le signe plus à côté des **gases** et en sélectionnant **Air** et en sélectionnant **Refrigerant R-123**. Ensuite, sélectionnez le bouton **Add**. Cliquez sur le bouton **Next>**..

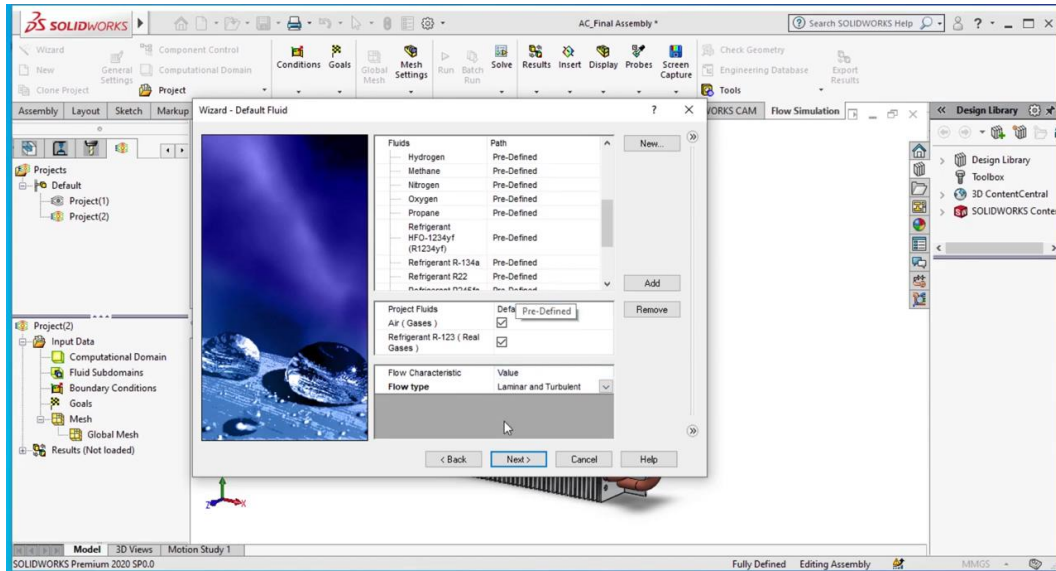


Figure II.29: Selection of fluid for the project and flow type.

Ensuite, nous sélectionnons le métal utilisé dans notre étude, sélectionnons **metals**, puis **aluminum**, puis appuyez sur **Next >**..

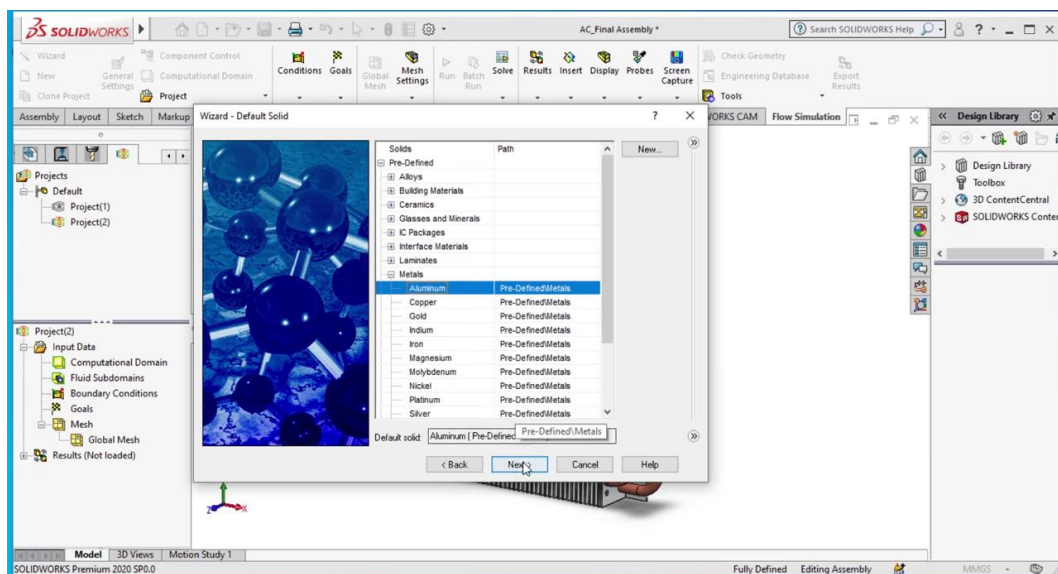


Figure II.30: Metal selection for the project.

1.5. Entrez **30 °C** Temperature et **20 m/s** comme vitesse dans la direction **Z** et appuyez sur le bouton **Finish**>..

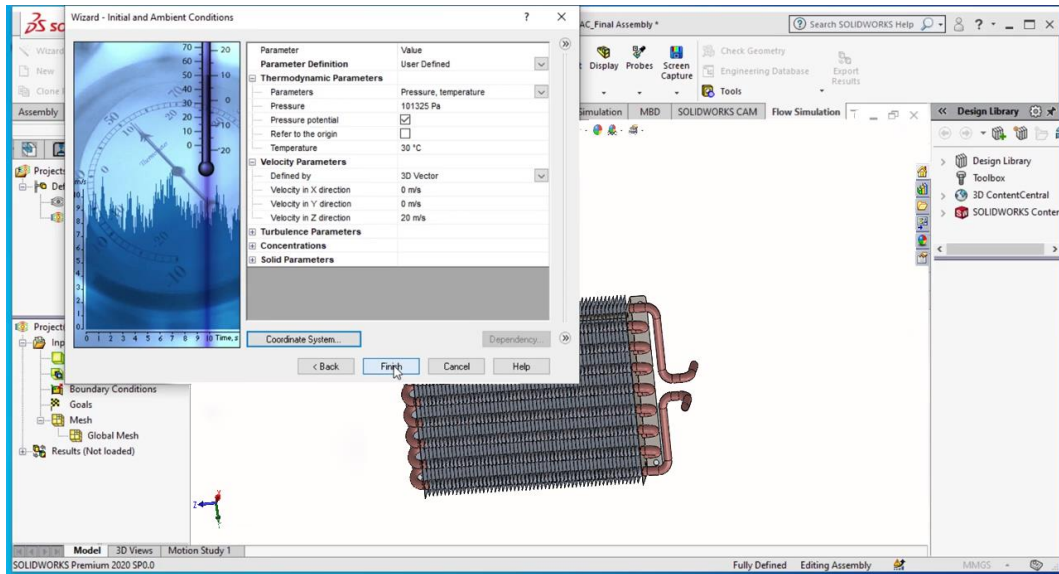


Figure II.31: initial and ambient conditions.

1.6. on peut dire dans deux panneaux que le liquide de refroidissement à la fois l'eau et le glycolène passeront à travers ces tubes de cuivre, nous allons donc faire un sous-champ du liquide , now to determine the liquid that will be there, we think of the liquid only through these copper pipe and the liquid temperature will be less than 5 degree sent and it will pass through across these tubes, you can see that this is the liquid sub-domain, well, next green check.

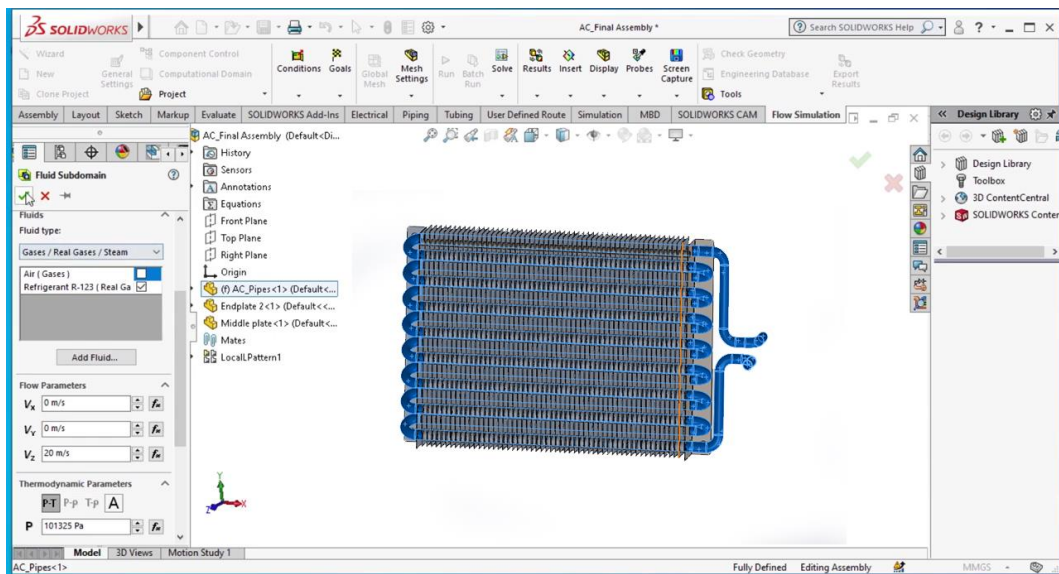
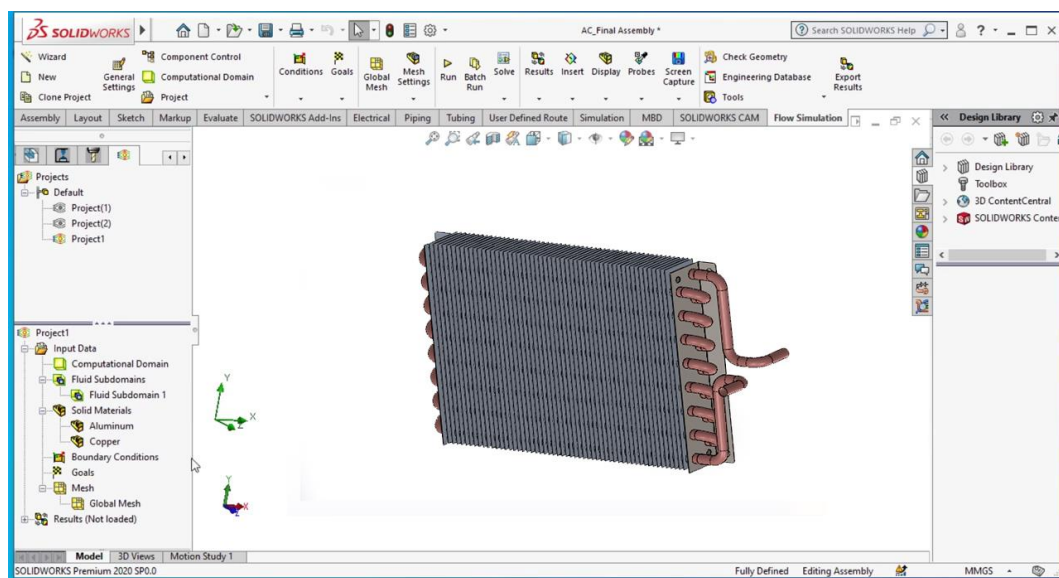


Figure II.32: insert fluid subdomain

**1.7.** Lorsque les conditions aux limites d'attribution s'appliquent et que la solution matérielle s'applique également à la qualité des solides À condition que l'**aluminium** et le **copper** (cuivre) soient disponibles pour le moment, entrez les solides prédéterminés Leurs métaux seront fournis en aluminium pour l'ensemble de ces ailerons donc nous devons choisir tous ces Des ailettes en aluminium sont maintenant fournies pour les ailettes afin de fournir des tubes en cuivre et un insert rigide Nous avons identifié que le métal sera du cuivre ou des tubes, nous devons donc spécifier les tubes, ce que nous allons faire, c'est que Le tube sélectionné était en cuivre et n'était monté sur aucun autre.



**Figure II.33:** insert Solid materials

## 2. Conditions aux limites (Boundary conditions):

**2.1.** Nous avons dû appliquer des conditions aux limites dans des circonstances Certaines fleurs de bordure passeront à travers ces clips de couverture rugueux au point de chute 0 1 kg par seconde et sa température sera certainement inférieure à 5 degrés Celsius Et la concentration de la substance ne sera que linéaire, donc le flux d'air et de liquide de refroidissement 100% n'est qu'un seul focus, alors sélectionnez cela dans select select Une autre face verte, une autre reconnaissance à appliquer est maintenant cochée Certaines conditions aux limites qui devraient être la pression atmosphérique au niveau du tuyau de sortie Sélectionnez un autre gros poussin Maintenant, la dernière condition aux limites doit être appliquée Et ce sont les parois de ce dégustateur qui ont un coefficient de transfert de chaleur thermique Il a des conditions aux limites de 90 W

par mètre carré Kelvin dans la condition aux limites Une fois qu'ils deviennent de vrais murs et que le coefficient de transfert de chaleur par convection est de 90 watts par mètre Carré de degrés Kelvin et la température sera de 30 degrés Celsius, choisissons cela.

**2.1.1. Insérer le débit massique (Insert masse flow 1) :**

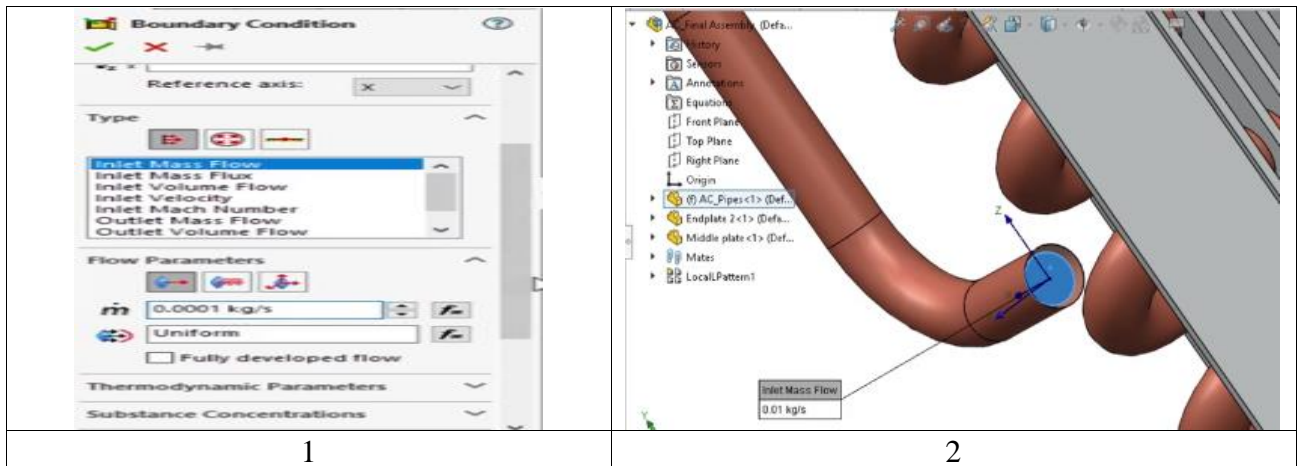


Figure II.34: Insérer les étages de débit massique

**2.1.2. Pression environnementale (Environment pressure) :**

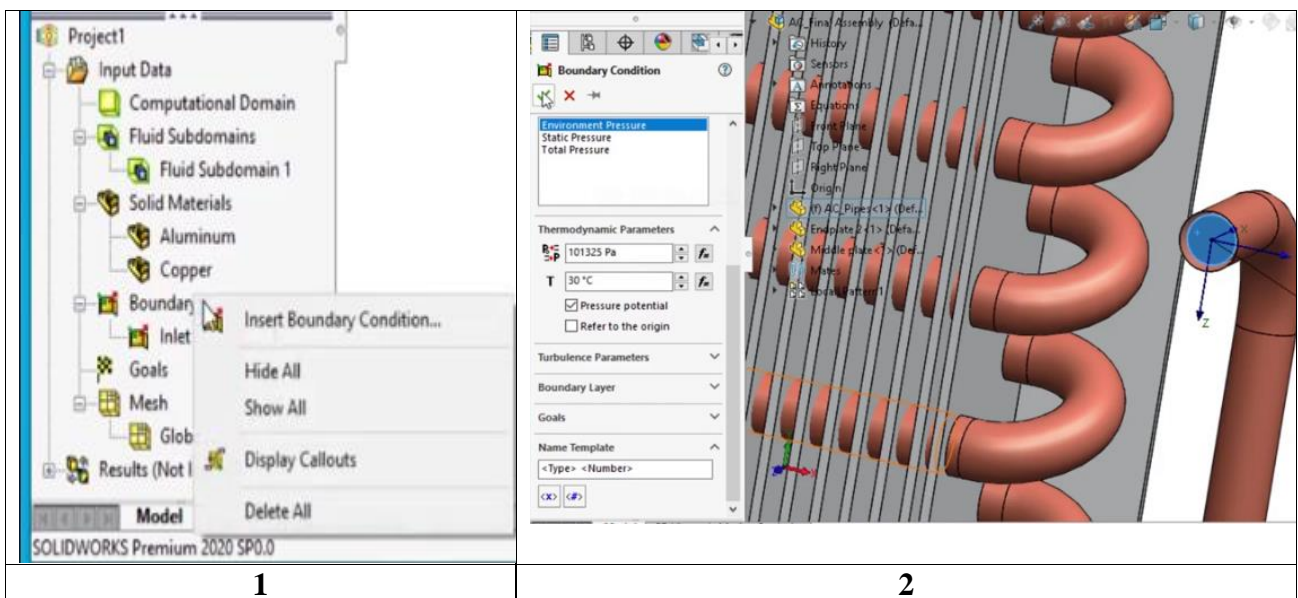


Figure II.35: Insérer Environment pressure

### 2.1.3. Mur réel (Real wall 3) :

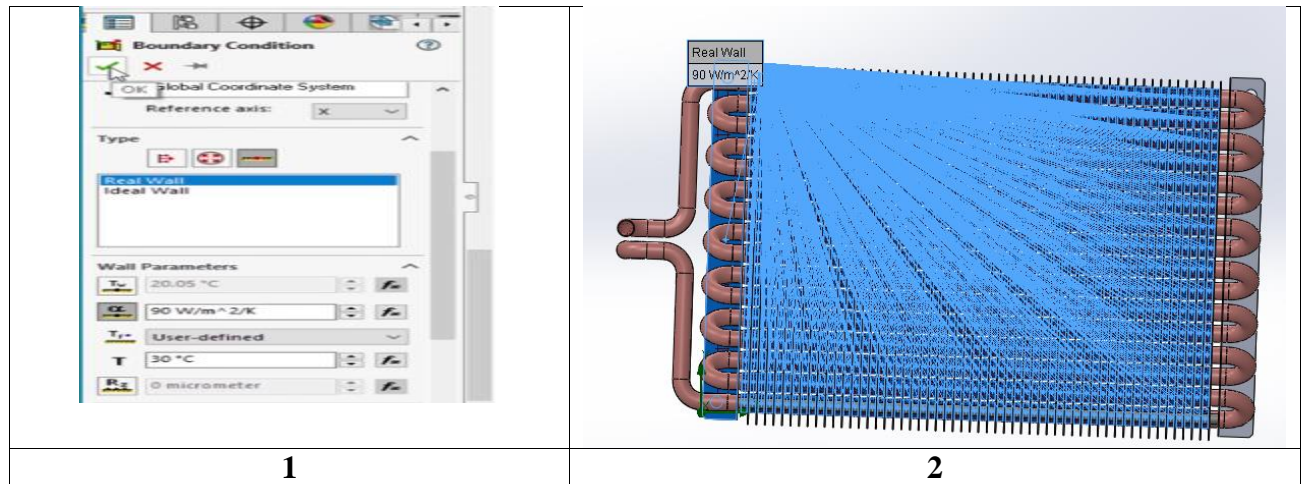


Figure II.36: Insérer Real wall 3

Les conditions aux limites appliquées correctement ont enfin quelque chose comme des objectifs

### 3. Les objectifs insèrent l'objectif global (Goals insert global goal) :

De nombreux objectifs peuvent être définis, mais il y en a bien sûr deux que vous souhaitez entrer dans un objectif global lorsque vous prenez le **maximum**.

Température d'alimentation et température maximale du solide en même temps quelle est la température maximale de la paroi.

Et un deck cool aussi ils veulent envisager d'inclure des cibles de surface Score de flux maximal prévu Chauffer et température maximale de recuit, et bien choisir la première plaque.

Maintenant, toutes les cibles ont été identifiées avec succès et elles peuvent maintenant être jouées.

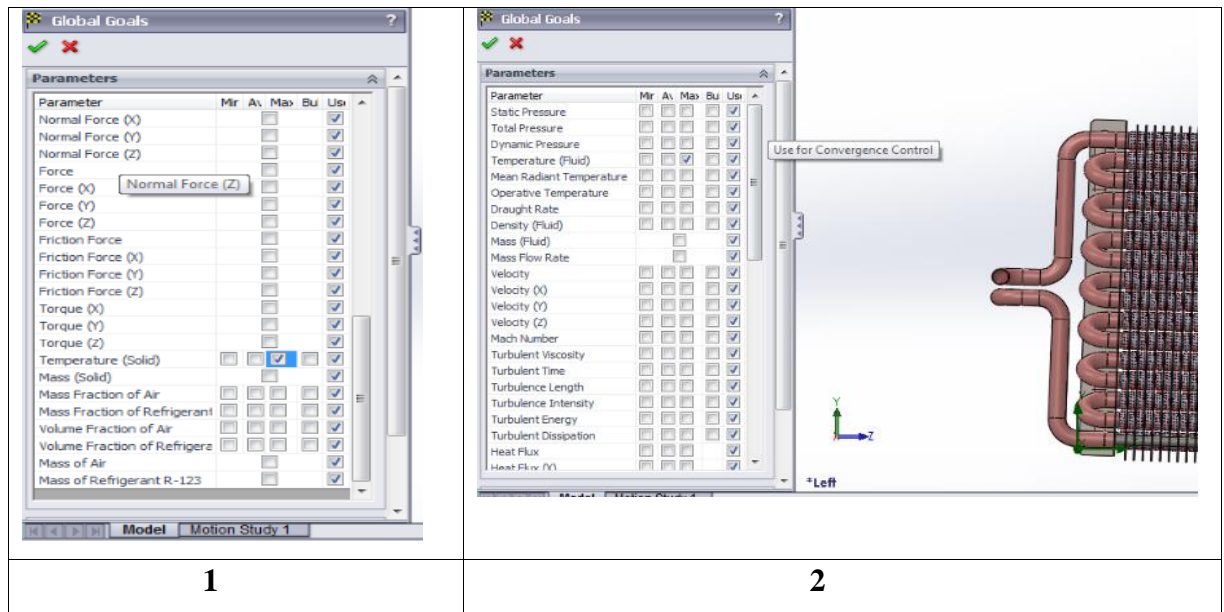


Figure II.37: Goals insert global goal

Commençons, cliquez sur **RUN**.... Déjà on voit la fenêtre solaire, et ça va prendre du temps Pour ces calculs et itérations lorsqu'ils sont terminés, voyons les résultats.

# **CHAPITRE III**

## **Résultats et Interprétation**

### III.1.Introduction :

Dans ce chapitre nous exprimons les résultats obtenus et analysons ces résultats que nous avons obtenus grâce au calcul de simulation effectué par le programme **SOLID WORKS**, à travers la propriété **Flow Simulation** nous interprétons la variation de température au niveau de chaque point du radiateur à partir du moment l'écoulement de liquide se produit jusqu'à Out.

De plus, en notant la chute de température, nous analysons les courbes, les cibles de la règle et les résultats obtenus.

### III.2. Exécution des calculs :

Nous avons déjà vu les multiples fenêtres du programme **SOLID WOKS**, et maintenant nous arrivons à la dernière étape, qui est l'étape d'atteindre les résultats nécessaires, et cela se fait à travers :

1. Choisissez **Tools>>Flow Simulation >>Run...** Cliquez sur le bouton **Run** dans la fenêtre qui apparaît.

Une fois que toutes les cibles sont définies correctement, cela peut maintenant fonctionner, commençons et il faudra beaucoup de temps pour obtenir des Nous verrons les résultats dans la fenêtre du programme comme le montre la figure (III.1)

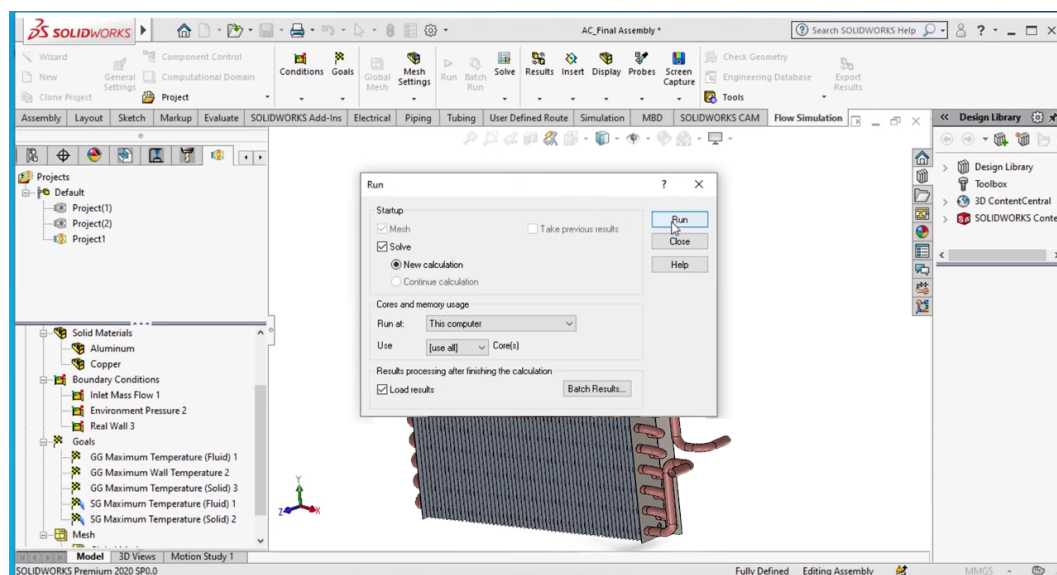


Figure III.1 : présentation de la fenêtre du 'Run' .

### III.3. Résultats, analyses et commentaires :

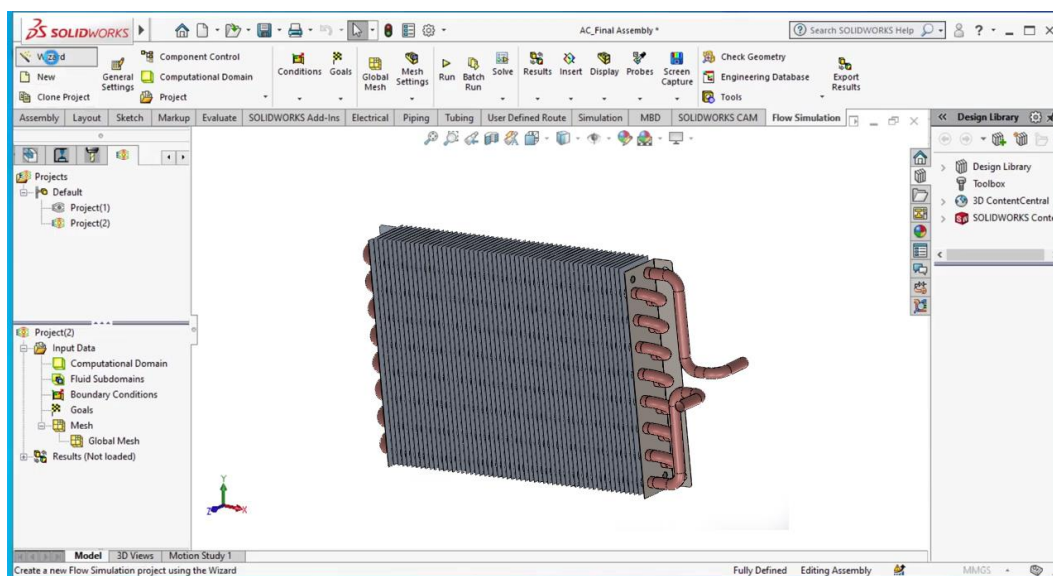
Les figures suivantes représentent la variation de la surface d'échange en fonction de la variation de la conductivité thermique du tube et de l'ailette.

Les résultats montrent que l'augmentation de la conductivité thermique entraîne une diminution de la surface d'échange et cela est expliqué par l'accroissement du coefficient d'échange global.

#### III.3.1. Influence de la conductivité thermique :

Le programme est exécuté pour trois matériaux différents (acier, cuivre et aluminium) les résultats obtenus sont regroupés, Comme le montre la figure (III.2)

On remarque que l'aluminium présente le meilleur choix (compacité, cout).



**Figure III.2 :** Les dimensions du condenseur pour des matériaux différents (cuivre, aluminium, acier).

#### III.3.2. Influence du débit d'eau :

La variation des températures de sortie et la variation de la surface d'échange en fonction du débit d'eau sont représentées sur les figures (III.3 et III.4) on constate une diminution de température de sortie de l'eau et de la surface d'échange de l'échangeur de chaleur lors de l'augmentation du débit d'eau.

Et Par contre les figures (III.3 et III.4) montrent que les pertes de charges augmentent avec l'accroissement des débits d'air et d'eau

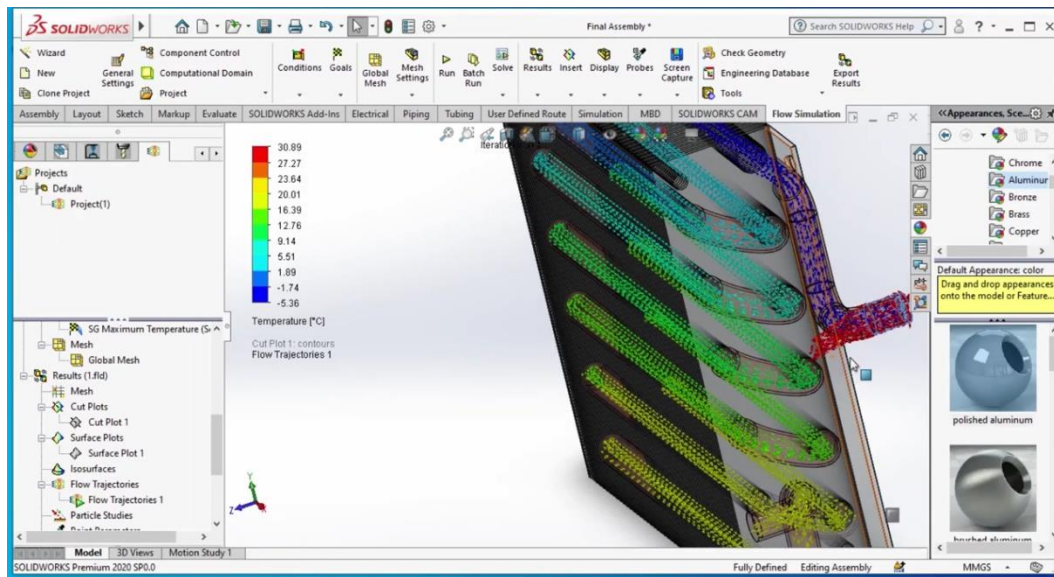


Figure III.3 : Effet du débit d'eau sur le radiateur .

### III.3.3. Influence de la température d'entrée d'eau

Sur les figures (III.3 et III.4) on remarque que l'augmentation de la température d'entrée de l'eau induit une augmentation de la surface d'échange, et une diminution des coefficients d'échange extérieur et global de l'échangeur.

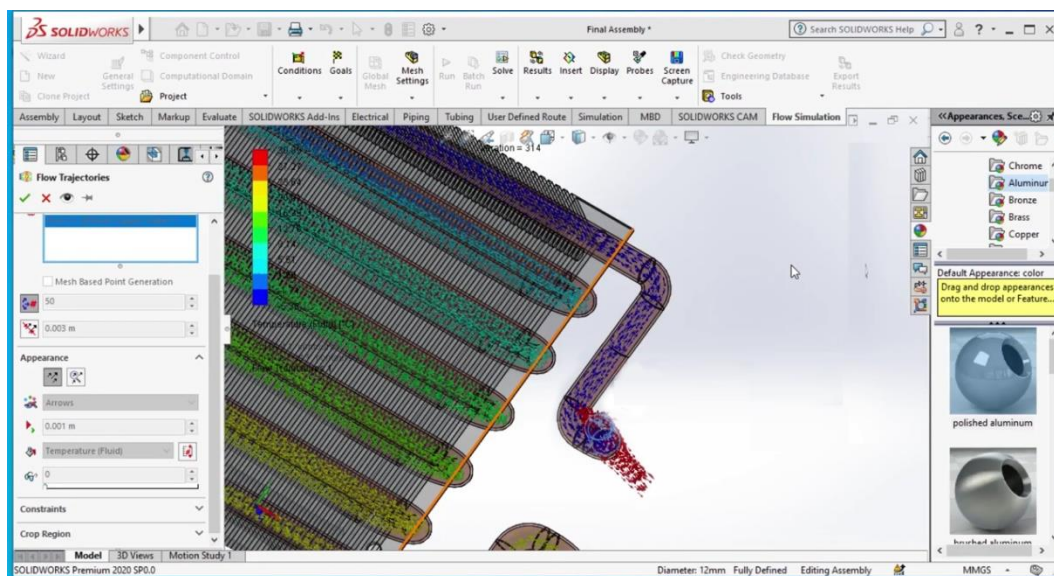


Figure III.4 : Effet de la température d'entrée d'eau sur le radiateur.

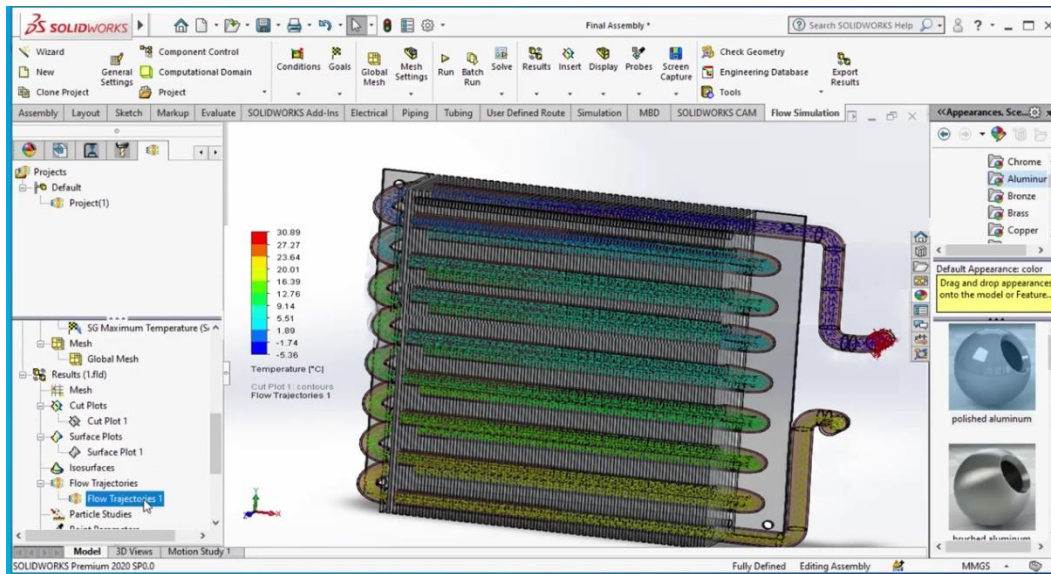


Figure III.5 : Effet de la température d'eau sur le radiateur.

### III.3.4. Influence de l'écartement des ailettes

Les figures (III.6, III.7) illustrent la variation du coefficient d'échange extérieur et la surface d'échange en fonction de l'écartement des ailettes, on remarque une valeur spécifique de l'écartement des ailettes (2.4mm) qui offre une surface d'échange minimale.

Selon la figure (III.6) il paraît clairement que les pertes de charge côté air diminuent en fonction de l'écartement des ailettes, cela est dû à la diminution de la vitesse d'écoulement de l'air.

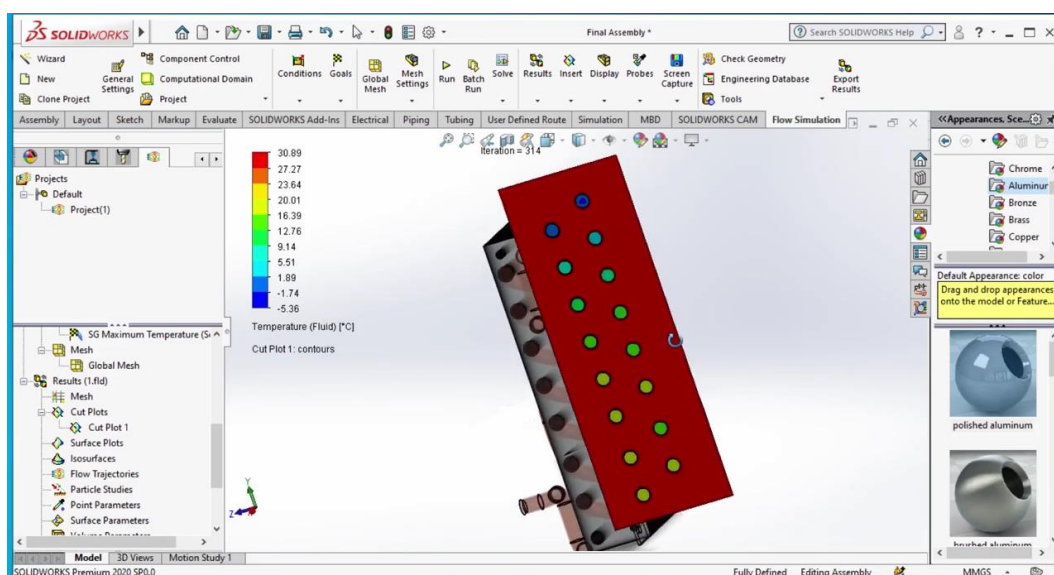


Figure III.6 : Effet de convection de l'espacement des ailettes du radiateur

### III.3.5. Influence de l'épaisseur de l'ailette

Les figures (III.7) sont une représentation de la variation des coefficients d'échange intérieur et extérieur, la surface d'échange et le volume des tubes en fonction de l'épaisseur de l'ailette. On constate que la surface d'échange décroît avec l'augmentation de l'épaisseur de l'ailette mais cette augmentation entraîne un accroissement du volume des

tubes et ceci représente un inconvénient qu'il faut éviter par un choix adéquat d'une épaisseur optimale de 0.4mm. En effet cette valeur est la plus utilisée dans ce type d'échangeur de chaleur .

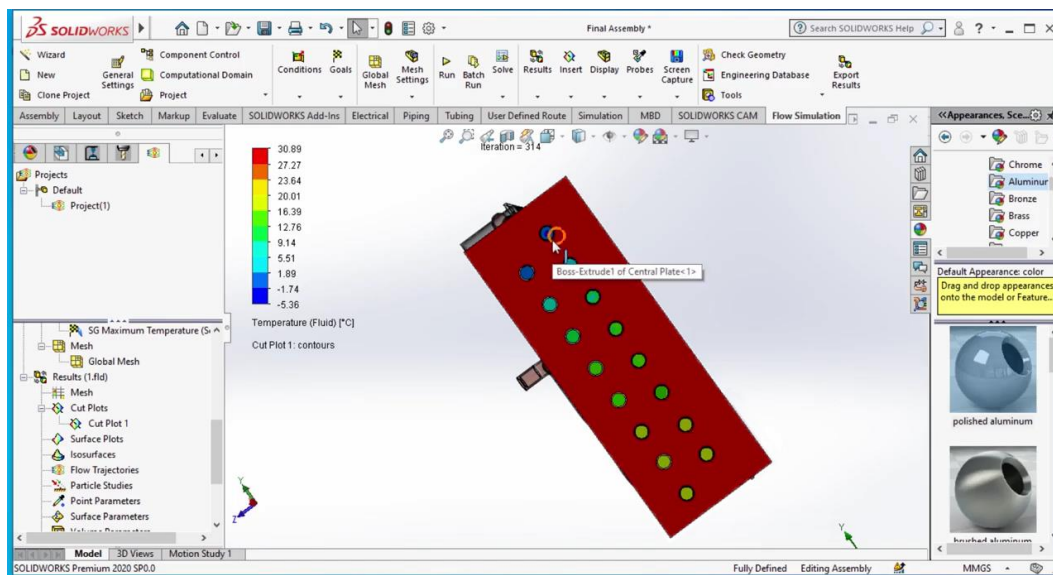


Figure III.7 : L'effet de la température sur les ailettes du radiateur

### III.3.6. Influence du nombre de rangées

Si le nombre de rangées augmente, la surface d'échange diminue du fait de l'augmentation du coefficient d'échange global comme dans la mise à l'échelle de notre modèle 55 ailettes dans le radiateur

Au fur et à mesure, la perte de charge augmente avec le nombre de rangées mais cette augmentation n'est pas significative..

### III.3.7.Profils de température des deux fluides (air, eau)

#### Observation :

Afin d'obtenir un fort effet de l'air et de l'eau ensemble pour notre radiateur, nous apportons temporairement de légères modifications aux réglages :

- ❖ Modification de la valeur de température maximale de **30°C à 100°C**.
- ❖ Dans les paramètres **Boundary Conditions**, nous mettons la vitesse d'entrée1(**inlet velocity1**).
- ❖ dans les paramètres d'objectif, nous mettons le **temperature moyen de r134 a**.

La figure (III.8, III.9) montre la variation de température du fluide le long de la batterie à ailettes de la surface d'échange, où l'on voit les caractéristiques de l'effet de la température à travers l'écoulement de l'eau dans les tubes et le passage de l'air entre les ailettes

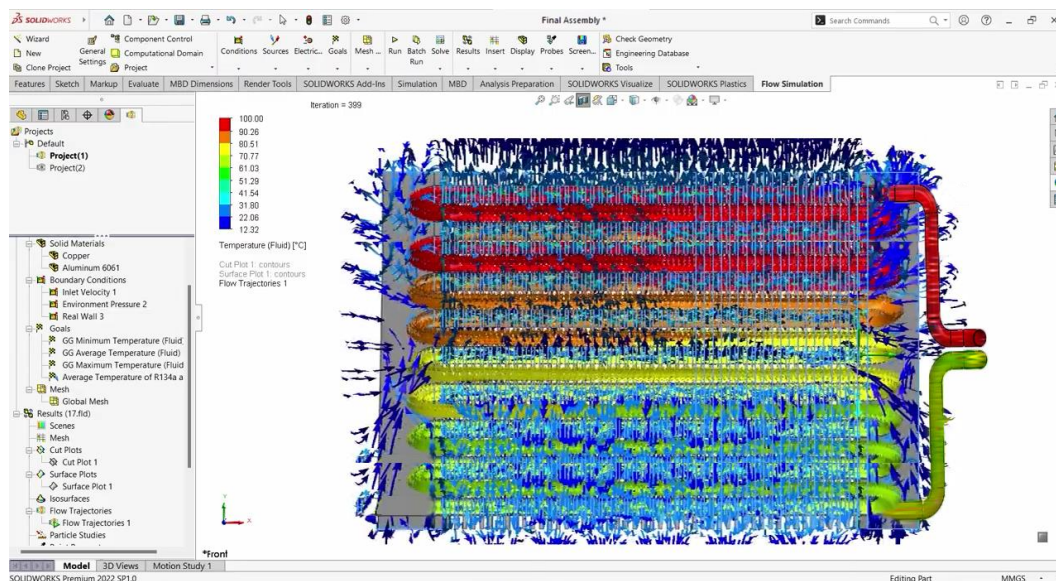


Figure III.8 : Effet contrasté de la température en présence d'eau et d'air.

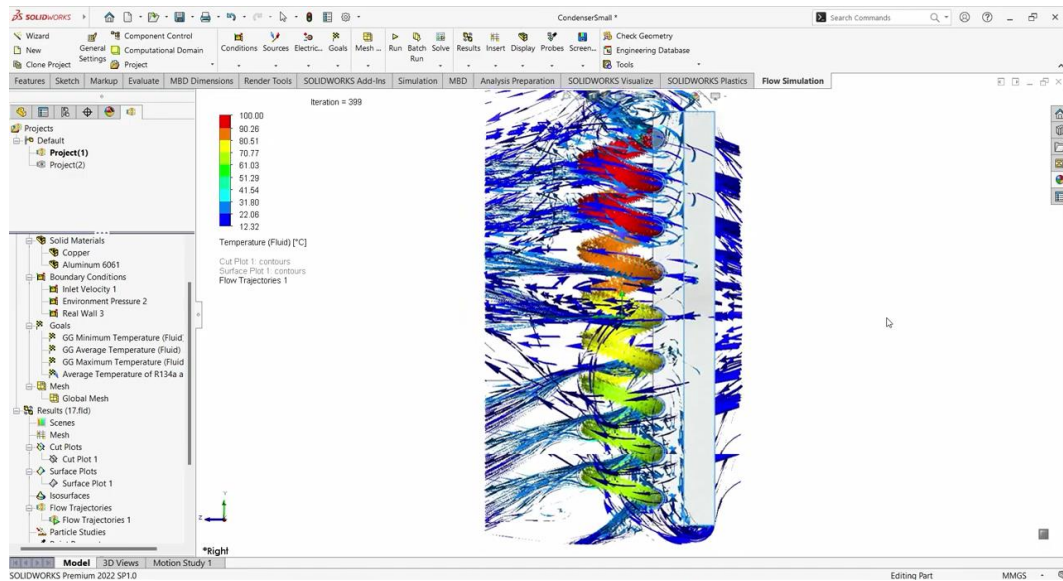


Figure III.9 : Main 2 Effet de contraste de température en présence d'eau et d'air.

### III.3.8. Interpretatin des graphes :

Le programme **Solid Works**, grâce à la fonction **GOAL**, a converti les résultats en courbes faciles à comprendre, car il a donné cinq courbes et la courbe totale ajoutée aux résultats les unes avec les autres.

#### a) L'effet du débit d'eau sur la température du liquide de refroidissement :

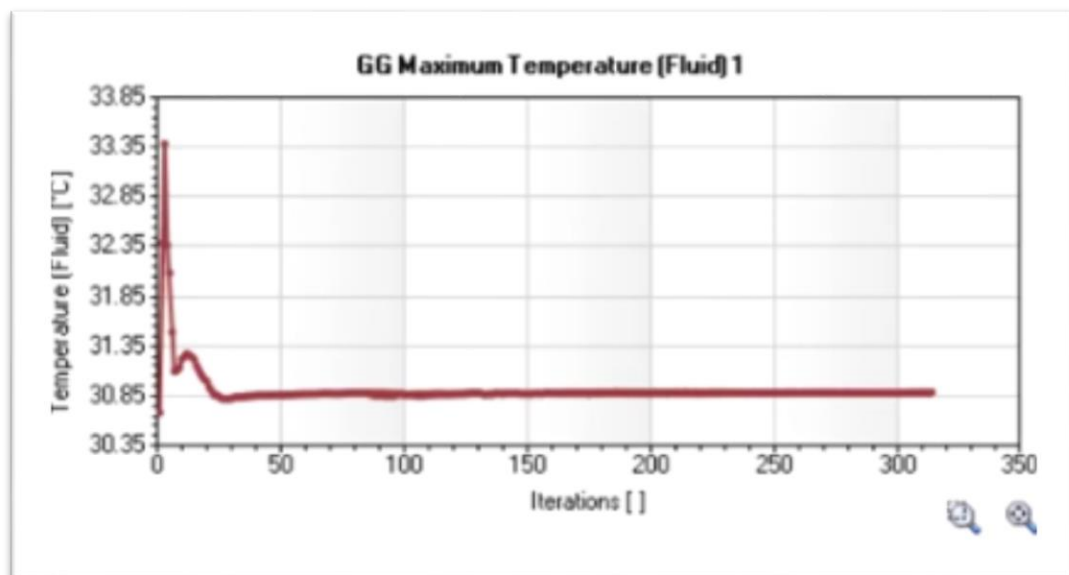


Figure III.10 : Global Goal Maximum (Fluid)1.

#### Influence :

Selon cette courbe, vous pouvez voir les résultats indiquant que la température initiale du liquide était la température maximale du liquide, où la température maximale du ailettes commence

à 30°C, elle est montée à 33,35°C et enfin elle a diminué à 30,85° C aussi.

b) L'effet du débit d'eau sur la température du liquide de refroidissement :

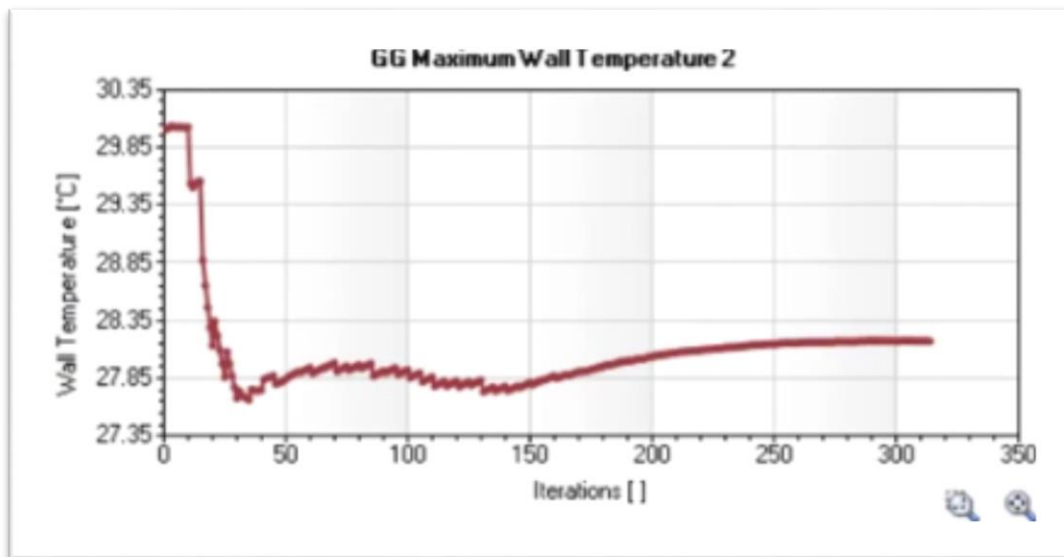


Figure III.11 : Global Goal Maximum Wall Temperature 2.

**Influence :**

Dans cette courbe on note la température de paroi (ailettes de radiateur) de ces cadres commençant à 30 degrés Celsius et allant jusqu'à 300 chiffres après la virgule, puis s'arrêtant à 85,27 degrés pour envoyer au mur la température maximale.

c) influence de la température d'entrée eau sur la température de pipe cuivre :

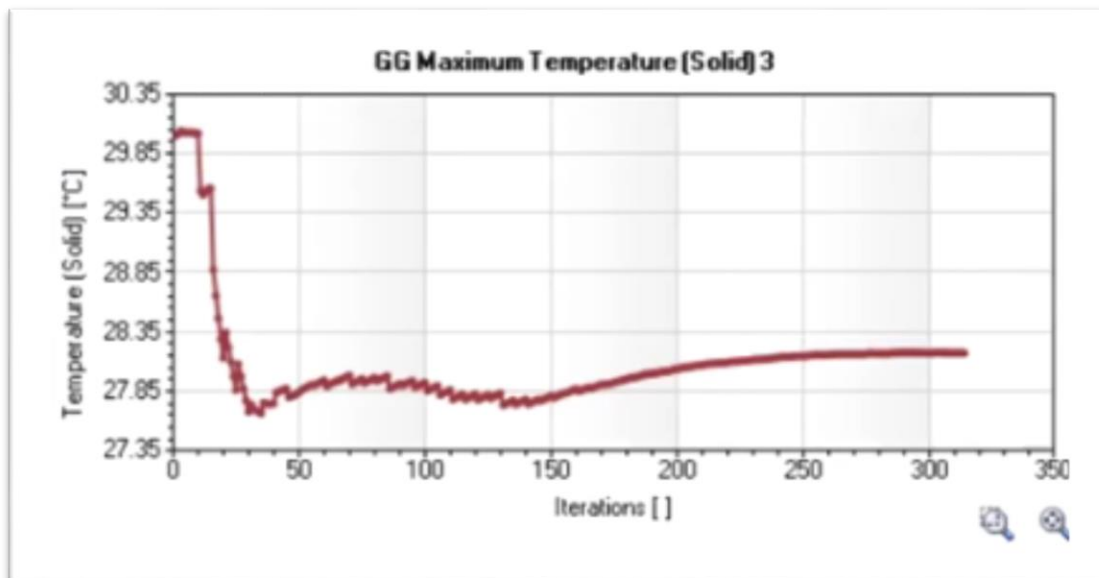


Figure III.12 : Global Goal Maximum Temperature (Solid)3.

**Influence :**

Eh bien encore la courbe que nous avons en main, la température est initialement une température maximale solide.C'est la température de ces tubes de cuivre, elle a commencé à 30

degrés Celsius et est descendue à 27,85 degrés Celsius.

d) influence de la température d'entrée air sur la température de sortie eau et air :

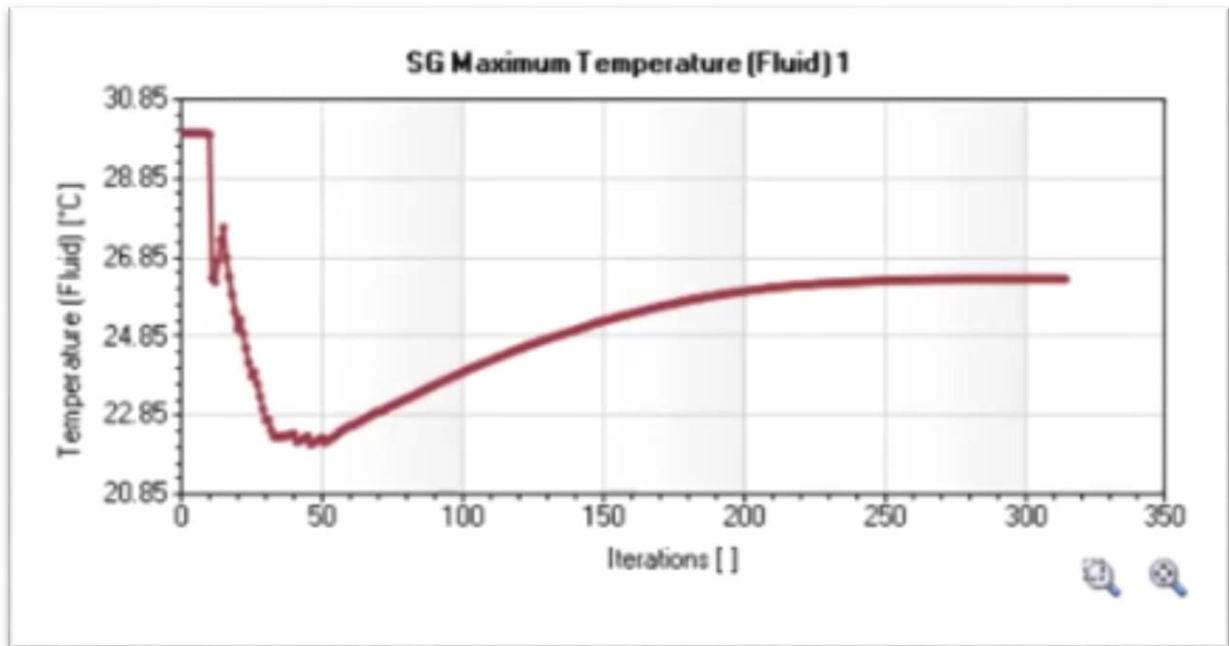


Figure III.13 : Sureface Goal Maximum Temperature (Fluid)1.

Influence :

Enfin, il s'est agi de cette courbe pour savoir pourquoi six degrés Celsius est presque correct et le dernier est la température de surface des ailettes.

e) influence de la température d'entrée radiateur sur la température de sortie eau et air :

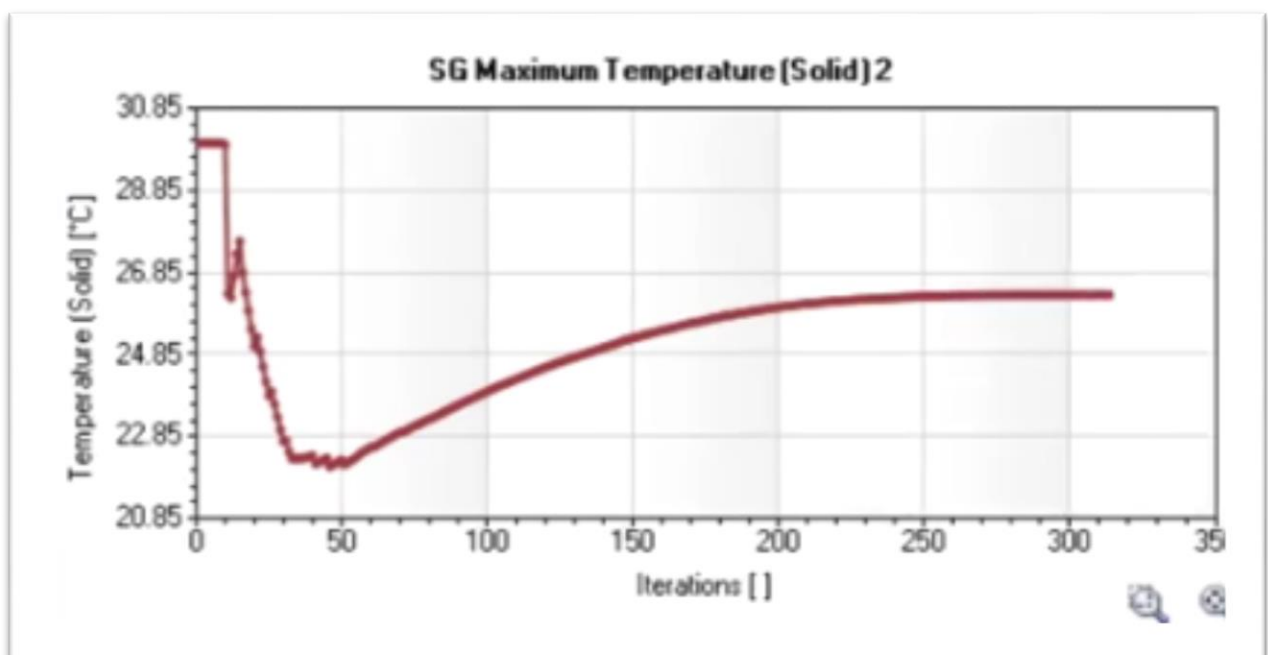


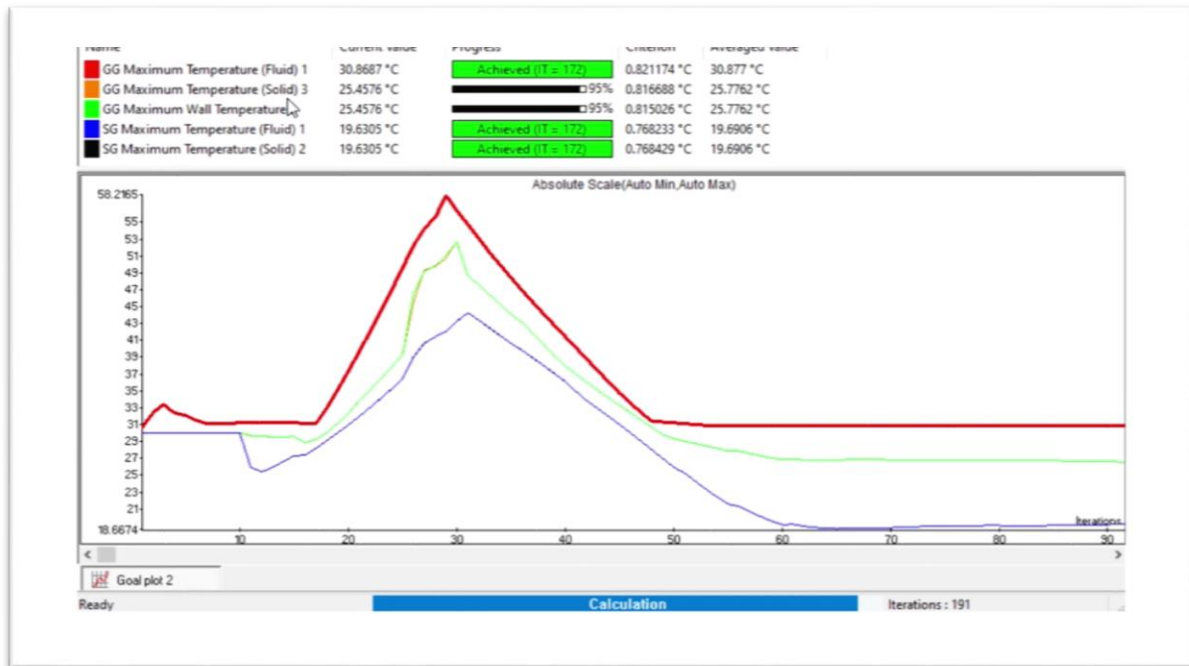
Figure III.14 : Sureface Goal Maximum Temperature (Solid)2.

**Influence :**

Dans ce graphique, la température maximale de recuit est la température de la plaque modèle à partir de 30 °C .

Puis il a finalement atteint environ 25 degrés Celsius .

**F) Compilation de l'effet du débit d'air et de la température sur toutes les parties du radiateur**



**Figure III.15:** Graphique tous les résultats .

**Influence :**

Le travail est déjà terminé et depuis la fenêtre solaire, nous pouvons voir les résultats que nous avons obtenus à partir de cinq ensembles de cibles. Dans la première courbe, nous pouvons voir que la température maximale du liquide est de **30,8687** degrés et la température maximale de l'acier , ce qui signifie que la température de ces tubes de cuivre est **25,4576** degrés.

La température de la paroi est de **25 °C** et vous pouvez voir que la température maximale du liquide à la surface est de **19,6305 °C** et que la température maximale de l'acier à la surface est de **19,6305 °C**. Les deux sont côté entrée et sortie du condenseur.

Et nous avons obtenu une température de paroi de **25** degrés Celsius avec une masse ponctuelle de 0.01 kg. donc j'ai atteint notre objectif avec cette optimisation .

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Maximum Temperature (Fluid) 1	[°C]	30.89	30.88	30.88	30.89	100	Yes	2.03e-03	0.08
GG Maximum Wall Temperature 2	[°C]	28.17	28.16	28.11	28.18	100	Yes	0.07	0.07
GG Maximum Temperature (Solid) 3	[°C]	28.17	28.16	28.11	28.18	100	Yes	0.07	0.07
SG Maximum Temperature (Fluid) 1	[°C]	26.30	26.28	26.20	26.31	100	Yes	0.11	0.24
SG Maximum Temperature (Solid) 2	[°C]	26.30	26.28	26.20	26.31	100	Yes	0.11	0.24

**Tableau III.1 :** des toutes les courbes de résultats au format de données.

#### III.4.Conclusion :

Les résultats de cette étude constituent une contribution importante à l'enrichissement des connaissances et des travaux de recherche sur les échangeurs de chaleur compacts et la réfrigération automobile.

Le dimensionnement de ce modèle d'échangeur dépend des données d'ingénierie, des débits de fluide caloporteur, des températures d'entrée et des conditions de fonctionnement du système auquel il appartient.

Les températures de sortie des fluides varient en fonction de leurs débits à l'entrée de l'échangeur de sorte que ces températures augmentent avec l'augmentation du débit d'eau à l'entrée et sont inversement proportionnelles au débit d'air traversant l'échangeur.

L'échauffement du moteur fait monter la température de l'eau de refroidissement, augmentant ainsi la température du fluide chaud à l'entrée du radiateur et à débits d'eau et d'air constants, la température de sortie de l'eau dans le radiateur augmente avec l'augmentation de l'entrée .

De même pour la température de l'air à l'entrée de l'échangeur, la température de l'air d'été augmente donc moins de refroidissement et donc les températures de sortie augmentent.

# Conclusion Générale

# Conclusion Générale

Généralement, les moteurs de voiture, qu'ils soient diesel ou essence, ont besoin d'une température élevée pour donner les performances nécessaires, mais l'augmentation de la température se répercute négativement sur le moteur et ses composants, et c'est ici le rôle du cycle de refroidissement qui aide le moteur de la voiture à maintenir la température nécessaire selon des mécanismes bien organisés. Le cycle de refroidissement se compose de plusieurs éléments. Les plus importants sont le refroidisseur d'air (échangeur de chaleur), qui intervient au niveau du processus de refroidissement,

Notre activité est centrée sur le dimensionnement d'aéroréfrigérants type batterie en ailettes. Le but de ce travail est de produire un code numérique en **SOLID WORKS** utilisé dans les dimensions de cet échangeur de chaleur.

De la création des éléments du refroidisseur d'air (radiateur) séparément et de leur installation à l'aide du programme **SOLID WORKS** au processus de simulation et à la création des conditions et des caractéristiques au niveau du radiateur à l'aide de la fonctionnalité **Flow Simulation**, nous avons constaté que la variation de la température de l'eau au sortie échangeur

Elle est proportionnelle au contraste du débit d'eau, et sa température est la température de l'air à l'entrée du radiateur.

Il a également été observé que la variation de température du fluide caloporteur en sortie est inversement proportionnelle au débit d'air en entrée. Ceci n'est possible qu'au travers des thermomètres des éléments de l'échangeur et des températures de l'eau en sortie du fluide caloporteur.

Les résultats obtenus mettent en évidence l'évolution de la température de l'eau de sortie, ainsi que l'influence des paramètres d'entrée (débit d'eau, débit d'air, température de l'eau et de l'air d'entrée) sur le refroidissement du fluide caloporteur.

Et nous avons également obtenu des résultats montrant un net gradient de température dans le liquide de refroidissement, qui montre le déroulement du processus de refroidissement sous deux formes, en utilisant deux réfrigérants, l'eau et l'éthylène glycol, car chacun d'eux a des propriétés qui interfèrent avec la qualité de la réfrigération.

Températures de l'eau à la sortie du refroidisseur.

A partir de ces résultats nous avons pu distinguer notre échangeur.

# Bibliographie

### *Bibliographie*

- [1] A. MIRA and A. REDOUANE, “Dimensionnement du système de refroidissement dumoteur Diesel Perkins 4006,” p. 8, 2017.
- [2] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)\hstorique du moteur.”
- [3] GARCU MIHAI DORIT, 'Réparation du circuit de refroidissement du moteur'2005 page12 \OFPPT [Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail.
- [4] “ Bergerat MONNOYEUR, [Circuit de refroidissement], (Centre de perfectionnement FRANCIS MONNOYEUR) 2006.
- [5] Belmehdi Abdellatif, (Étude numérique de la convection thermique dans un échangeur derefroidissement de véhicule diesel 1.6 l),page 5 \2020.
- [6] T. Leda, AYRRES TAILA, “Etude problème de corrosion d’un moteur diesel, ” 3512Caterpillar Ouargla, 2016.
- [7] A. MIRA and A. REDOUANE, “Dimensionnement du système de refroidissement dumoteur Diesel Perkins 4006,” p. 7, 2017.
- [8] “<https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/circuit-refroidissement-p39.htm>.” .
- [9] A. Salah, L. Bilal, and G. T. Mouhammed, “Étude et maintenance d’un moteur diesel de station pétrolière Caterpillar 3512,” 2007.
- [10] “Le circuit de refroidissement moteur.” [Online]. Available: <https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/circuit-refroidissement-p39.html>. [Accessed: 20-Mar-2020].
- [11] P. JEAN-LUC, GUIDE PRATIQUE D’ENTRETIEN ET DE RÉPARATION DES MOTEURS DIESEL, Loisires N. .
- [12] “Document Caterpillar, Société de montage et démontage et maintenance BERGERA model view N°=18 SMCS,” France, 2012.
- [13] <https://www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-d-une-auto/s-2745-les-differents-types-d-echangeurs-d-un-moteur.php>.
- [14] F [https://www.solidworks.com/sw/docs/flow\\_sim\\_instructorwb\\_2011\\_fra](https://www.solidworks.com/sw/docs/flow_sim_instructorwb_2011_fra).
- [15] [https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS\\_Introduction\\_EN](https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_EN).

## Résumé

---

### Résumé :

Cette thèse est le résultat de travaux menés dans le cadre du projet de fin d'études portant sur l'étude du système de refroidissement des moteurs automobiles.

Le but de ce travail est de déterminer les dimensions du système de refroidissement de l'air (refroidisseur).

Comme les moteurs de voiture, qu'ils soient diesel ou essence, sont parmi les moteurs les plus importants et les plus célèbres au monde, nous étudions donc dans ce cas les circuits les plus importants, qui sont les systèmes de refroidissement, qui dépendent de plusieurs éléments de base, dont le plus important est le refroidisseur d'air (refroidisseur).

En effet, cet aspect fait l'objet de notre étude, car il s'agit de déterminer les dimensions du système refroidi par air (le refroidisseur), où l'on traite des types de transfert de chaleur, notamment l'entartrage et le transfert de chaleur qui se produisent au niveau refroidi par air, puis nous effectuons des simulations numériques à l'aide de programmes de simulation spécialisés, en commençant par des dimensions établies et bien étudiées des propriétés thermiques.

**Mots clés :** Dimensionnement, radiateur, échangeur de chaleur Refroidissement, convection thermique, simulation.

### ملخص:

هذه الأطروحة هي نتيجة عمل تم تنفيذه كجزء مشروع من نهاية الدراسات نظام التبريد لمحركات السيارات . الغرض من هذا العمل وهو تحديد أبعاد نظام التبريد الهواء (المبرد). حيث أن محركات السيارات ديزل أو بنزين من أهم وأشهر المحركات في العالم لذلك في هذه الحالة ندرس أهم الدوائر وهي أنظمة التبريد والتي تعتمد على عدة عناصر أساسية من أهمها مبرد الهواء (المبرد) . وبالفعل فإن هذا الجانب هو موضوع دراستنا فهو مسألة تحديد أبعاد نظام تبريد الهواء (المبرد) حيث نتعامل مع أنواع نقل الحرارة ولا سيما التبريد والتحويل الحراري الذي يحدث عند المستوى المبرد بالهواء ثم نقوم بأجراء عمليات المحاكاة العددية باستخدام برامج المحاكاة المتخصصة بدءاً من الأبعاد المعمول بها و المدروسة جيداً للخصائص الحرارية .  
**الكلمات المفتاحية:**تبريد مبرد مبادل حراري تبريد حمل حراري محاكاة .

### Abstract :

This thesis is the result of work carried out as part of the End of Studies project on the study of the cooling system of automobile engines.

The purpose of this work is to determine the dimensions of the air cooling system (cooler).

As car engines, whether diesel or gasoline, are among the most important and famous engines in the world, so in this case we study the most important circuits, which are the cooling systems, which depend on several basic elements, the most important of which is the air cooler (cooler).

Indeed, this aspect is the subject of our study, as it is a matter of determining the dimensions of the air-cooled system (the chiller), where we deal with the types of heat transfer, especially scaling and heat transfer that occur at the air-cooled level, and then we perform numerical simulations using specialized simulation programs, starting with of established and well-studied dimensions of thermal properties.

**Keywords:** Sizing, radiator, heat exchanger Cooling, thermal convection, simulation.