

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE AbdERRAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

MEMOIRE

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE  
MASTER

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE

PAR :

BENSADI FAWZI

## Thème

---

**Conception et fabrication d'une à machine à café manuelle**

---

Soutenu le / /2023 devant le jury composé de :

M. YOUNES Rassim	Président
M. METHIA Mounir	Rapporteur
M. BENSLIMANE Abdelhakim	Co-Rapporteur
M. BELAMRI Abdelatif	Examineur
M. OUKACIMoustafa	Représentant du Centre de Développement de L'Entrepreneuriat
M. HAMMOU Mourad	Invité

---

ANNEE UNIVERSITAIRE 2022-2023

# **Dédicaces**

**Je dédie ce travail a :**

**Mes très chers parents.**

**Mon cher frère.**

**Ma très chère sœur.**

**Toute ma famille.**

**Tous mes amis**

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu qui nous a donné la santé, la volonté et le courage d'accomplir ce travail.

Mes vifs remerciements sont destinés à M. M. METHIA, mon promoteur, pour son aide, ces critiques constructives, ses explications et suggestions pertinentes et pour la qualité de ses orientations tout au long de ce travail et pour avoir apporté tant de soins à la réalisation de ce mémoire.

Je ne peux pas oublier de présenter ma gratitude à mes parents pour les efforts inlassables qu'ils ne cessent de déployer pour moi.

Je remercie également les membres du jury qui me font honneur en acceptant d'examiner et de juger mon travail.

Sans oublier l'équipe du hall de technologie de l'université de Bejaia,

Que tous ceux qui ont contribué à notre formation trouvent ici l'expression de nos sincères gratitude.

Enfin, un merci particulier à tous ceux qui nous ont apporté leur soutien.

# Table des matières

Dedicaces.....	2
Remerciements.....	3
tables des matières.....	4
lliste des figures.....	7
liste des tableau.....	9
introduction générale.....	10

## chapitre I Généralité sur les machine a café

I.1. Introduction.....	13
I.1.1 Contexte et justification du sujet.....	13
I.1.2 Objectifs du chapitre.....	13
I.2 L'histoire de la machine à café expresso : De l'invention à nos jours.....	14
I.2.1 L'origine du café.....	14
I.2.2 L'invention de la machine à café expresso.....	14
I.2.3 L'évolution technologique de la machine à café expresso.....	15
I.2.3.1 L'évolution du goût.....	15
I.2.3.2 L'essor de la production.....	15
I.2.3.3 La révolution du goût.....	16
I.2.3.4 Les avancées technologiques jusqu'à la seconde guerre mondiale.....	16
I.2.3.5 La machine à piston.....	17
I.2.3.6 L'ère hydraulique.....	17
I.2.3.7 La généralisation de la machine à expresso dans les bars et restaurants.....	18
I.2.3.8 L'ère moderne.....	18
I.3 Fonctionnement générale de la machine à expresso.....	19
I.3.1 Le principe de l'extraction manuelle.....	19
I.3.2 Les composants essentiels de la machine à café expresso. manuelle.....	19
I.3.2.1 Le corps de la machine.....	19
I.3.2.2 Le levier.....	20
I.3.2.3 Le groupe d'infusion.....	20
I.3.2.4 Le porte.filtre.....	20
I.3.2.5 Le réservoir d'eau.....	20
I.3.2.6 Les accessoires.....	20
I.3.3 L'extraction manuelle de l'expresso.....	20
I.3.3.1 Préparation du café.....	20

I.3.3.2	Chauffage de l'eau.....	20
I.3.3.3	Chargement du porte.filtre .....	21
I.3.3.4	Pré.infusion .....	21
I.3.3.5	Extraction.....	21
I.3.4	Avantages de la machine à café expresso. manuelle .....	21
I.3.4.1	Portabilité.....	21
I.3.4.2	Contrôle total.....	21
I.3.4.3	Économique.....	21
I.3.4.4	Durabilité .....	21
I.3.5	Impact social et économique de la machine à expresso .....	22
I.3.5.1	L'évolution de la consommation de café.....	22
I.3.5.2	Les conséquences sur l'industrie du café .....	22
I.3.5.3	Les impacts sur l'environnement et la durabilité .....	23
I.4	Les conditions optimales pour réaliser un expresso de qualité .....	23
I.4.1	Choix des grains et la torréfaction .....	25
I.4.2	La mouture parfaite.....	26
I.4.3	Le rapport café.eau idéal.....	27
I.4.4	La température de l'eau.....	27
I.4.5	La pression d'extraction optimale.....	27
I.4.6	Le temps d'extraction maîtrisé .....	28
I.4.7	le tassage.....	28
I.5	La bonne extraction du café.....	29
I5.1	comment se comporte l'eau avec le grain.....	29
I.6.1	l'extraction parfaite .....	30
I.6.2	La sous extraction.....	30
I.6.3	la sur extraction.....	30
I.6.4	reconnaitre et éviter les défauts d'extraction.....	30
I.6.5	comment remédier à un café sur.extrait .....	30
Conclusion	.....	31

## Chapitre II les composantes de la machine

II.1	Introduction .....	34
II.2	Description de la MOKA PRESS.....	34
II.2.1	Le chasis .....	35
II.2.1.1	Piece C.1 :partie triangulaire .....	36

II.2.1.2	Pièce C.2 : La table.....	37
II.2.1.3	Pièces C.3 : le tube .....	37
II.2.2	L'ensemble du bras de levier .....	38
II.2.2.1	Pièces BA.1 : bras de levier.....	39
II.2.2.2	Pièces BA.2 : la bielle .....	39
II.2.2.3	Pièces BA.3 : la poignée .....	40
II.2.2.4	Calcul de la force générée par l'ensemble du bras de levier.....	40
II.2.3	Le bloc d'extraction .....	42
II.2.3.1	Pièce BE.1 : L'enveloppe thermique .....	43
II.2.3.2	Pièce BE.3 : Le porte filtre .....	44
II.2.3.3	Pièces BE.4 : le piston.....	44
II.2.3.4	Pièces BE.5 : Chemise du cylindre.....	45
II.2.3.5	Pièces BE.6 : La valve.....	45
II.2.3.6	Pièces BE.7 : Porte manomètre.....	46
II.2.3.7	Système de mesure de la pression .....	46
II.2.3.8	Calcul de pression .....	47
II.2.4	Support et maintien des pièces .....	49
II.2.4.1	Pièce S.1 : Support.....	49
II.2.4.2	Pièces S.2 : Le pivot.....	50
II.2.4.3	Pièces S.3 : Le support du pivot.....	50
II.2.5	Pièces esthétiques .....	51
II.3	Les matériaux utilisés .....	52
	conclusion.....	54

### chapitre III: étude numérique et étapes de fabrication du moka presse

III.1	... introduction.....	54
III.1.1	Simulation statique.....	55
III.2	Châssis .....	55
III.2.1	Condition aux limites.....	55
III.2.2	La contrainte de Von mises .....	55
III.2.3	Facteur de sécurité .....	55
III.2.4	Amélioration .....	57
III.3	BRAS LEVIER.....	58
III.3.1	Condition aux limites.....	58
III.3.2	Analyse des résultats .....	59

III.3.3	Contrainte de Von mises.....	58
III.3.4	Facteur de sécurité .....	59
III.3.5	amélioration .....	58
	Remarque .....	59
III.4	Simulation	
	thermique.....	61
III.4.1	Blocc'd'extraction.....	61
	III.4.2 Condition aux limites .....	62
	Résultats .....	62
	III.4.3 Solutions apportés .....	63
III.5	Fabriqation du prototype.....	64
III.5.1	Phases de fabrication: moka presse .....	64
	Conclusion .....	67
	Conclusion générale.....	68

## Listes des Figures

<b>Fig I.1</b> le modèle d'Angelo Moriondo .....	14
<b>Fig I.2</b> le modèle de Luigi Bezzera.....	14
<b>Fig I.3</b> le modèle de DesiderioPavoni etPier TeresioArduino .....	10
<b>Fig I.4</b> AchilleGaggia.....	16
<b>Fig II.1</b> Présentation de la machine expresso.....	27
<b>Fig II.1</b> composants de la machine expresso.....	28
<b>Fig II.3</b> Le chasis .....	29
<b>Fig II.4</b> partie triangulaire .....	29
<b>Fig II.5</b> La table du chasis .....	30
<b>Fig II.6</b> Tube en acier.....	31
<b>Fig II.7</b> L'ensemble bras de levier.....	32
<b>Fig II.8</b> Bras de levier.....	32
<b>Fig II.9</b> Bielle.....	33
<b>Fig II.10</b> La poignée .....	33
<b>Fig II.11</b> Ensemble bras de levier... ..	34
<b>Fig II.12</b> Force générée par le bras de levier.....	36
<b>Fig II.13</b> Le bloc d'extraction.....	36
<b>Fig II.14</b> L'enveloppe thermique .....	37
<b>Fig II.15</b> La bague de fermeture .....	37
<b>Fig II.16</b> Porte filtre .....	38
<b>Fig II.17</b> Piston.....	38
<b>Fig II.18</b> Chemise cylindrique .....	39
<b>Fig II.19</b> Bielle valve.....	40
<b>Fig II.20</b> Porte manomètre .....	40
<b>Fig II.21</b> Système de mesure de la pression .....	41
<b>Fig II.22</b> Production de pression .....	43
<b>Fig II.23</b> Support intégrant la fermeture étanche.....	44
<b>Fig II.24</b> Pivot lié au brs de levier... ..	44
<b>Fig II.25</b> Support de pivot .....	45
<b>Fig II.26</b> couvre cylindre.....	45
<b>Fig II.27</b> couvre manomètre .....	45



<b>Fig II.28</b> bouchant de tube.....	45
<b>Fig III.1</b> résultat de simulation numérique du châssis .....	49
<b>Fig III.2</b> : résultat de simulation numérique du châssis.....	49
<b>Fig III.3</b> : contrainte de Von mises du chasis .....	50
<b>Fig III.4</b> : résultat de simulation numérique du bras de levier... ..	51
<b>Fig III.5</b> : contrainte de Von mises du bras de levier.....	52
<b>Fig III.6</b> : résultat de simulation sur la bielle .....	53
<b>Fig III.7</b> résultat de simulation numérique du bras levier .....	54
<b>Fig III.8</b> : résultat de la simulation thermique du bloc d'extraction .....	55

## Liste des tableaux

<b>Tableau II.3</b> Tableau des matériaux utilisés .....	51
<b>Tableau III.5.1</b> Phases de fabrication: moka presse .....	67

## **Introduction générale :**

L'expresso, véritable emblème de l'Italie, est une boisson qui suscite l'admiration à travers le monde depuis de nombreuses décennies. Depuis la fin du XIXe siècle, la fabrication d'expresso a évolué des pots à moka en aluminium aux machines électriques sophistiquées capables de préparer des boissons de qualité professionnelle en quelques secondes. Cependant, malgré les progrès technologiques, les méthodes de préparation manuelle jouent toujours un rôle important.

L'histoire de l'expresso remonte au début du XXe siècle, lorsque la machine à expresso a été inventée en Italie. La machine était initialement utilisée dans les cafés pour répondre à la demande croissante de boissons au café. Au fil du temps, la machine à expresso est devenue une partie intégrante de la culture italienne du café et sa popularité s'est rapidement propagée au-delà des frontières italiennes.

Pendant de nombreuses années, les machines à expresso ont parcouru un long chemin, en particulier avec l'introduction de l'électrotechnique dans les années 1950 et 1960. Cependant, malgré les avantages de la technologie électronique, de nombreuses personnes préfèrent encore la méthode de préparation manuelle, qui leur donne plus de liberté dans le choix du café et du moulin, et plus de satisfaction personnelle dans la préparation de leur café.

Un exemple est la presse à expresso manuelle, qui devient de plus en plus populaire parmi les amateurs de café qui souhaitent préparer leur propre expresso de qualité professionnelle. Cette méthode d'infusion utilise une machine manuelle pour créer une pression suffisante pour extraire le café moulu. Cette méthode présente de nombreux avantages.

Une plus grande flexibilité dans les réglages de température et de temps d'infusion, une plus grande liberté dans la sélection du café et du moulin et une plus grande satisfaction personnelle lors de la préparation du café, Mais l'un des plus gros inconvénients des presses à expresso manuelles est leur manque de portabilité. Il est encombrant et lourd, ce qui le rend difficile à transporter. L'objectif de ce travail est de concevoir et fabriquer des presses expresso manuelles de qualité professionnelle, faciles à transporter et accessibles au grand public. Nous examinerons les différentes étapes du processus de conception, de la modélisation CAO à la fabrication en passant par les tests de performance. Il est important de noter que les machines à expresso manuelles ne sont pas seulement un moyen de préparer un café de qualité, mais qu'elles présentent également des avantages économiques et environnementaux par rapport aux machines électriques traditionnelles. Les presses à expresso manuelles consomment moins

d'énergie et génèrent moins de déchets, ce qui en fait une option plus durable pour les consommateurs soucieux de l'environnement.

Pour conclure, nous examinerons comment une presse à expresso. manuelle portable peut être utilisée dans divers contextes, de la maison aux voyages et au camping. Cette analyse évaluera également son impact sur l'industrie du café dans son ensemble et met en lumière les avantages qu'elle offre tant aux producteurs qu'aux consommateurs de café.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres :

### **Chapitre I : Généralité sur la machine café :**

Le chapitre I de ce mémoire débute en mettant en évidence le rôle central de l'expresso dans la culture du café et explore les machines à expresso disponibles sur le marché. Il se penche sur les avantages et les inconvénients de chaque type de machine et présente les caractéristiques fondamentales des machines à expresso. Le chapitre se termine en exposant les objectifs de l'étude, qui consistent à examiner en détail les subtilités de la préparation de l'expresso de haute qualité, notamment en analysant les caractéristiques des machines à expresso, le choix des grains de café, la torréfaction, la taille de la mouture, le rapport café/eau, la teneur en humidité, la pression d'extraction et le temps d'extraction.

### **Chapitre II : les composantes de la machine :**

Le chapitre II du mémoire se penche sur l'exploration en profondeur des composants de la Moka Presse, tels que le châssis, le bloc d'extraction, le bras de levier, mettant en évidence leurs contributions à l'ensemble du fonctionnement de la machine, Il se termine par une présentation des matériaux utilisés pour fabriquer chaque composant, avec une discussion sur les avantages et inconvénients de ces matériaux, fournissant ainsi un aperçu des choix de matériaux pour la Moka Presse.

### **Chapitre III : étude numérique et étapes de fabrication du moka presse :**

Le chapitre III du mémoire, se concentre sur l'analyse numérique du comportement mécanique de la Moka Presse. Cette analyse comprend l'examen des contraintes de von Mises, des déplacements, et du coefficient de sécurité. Ce chapitre se clôture en décrivant en détail les étapes de fabrication de la Moka Presse, en mettant en avant les techniques et les outils utilisés pour la création de chaque composant, offrant ainsi un aperçu complet du processus de fabrication.

---

# **Chapitre I Généralité sur les machines à café**

---

## **I.1 Introduction :**

La machine à expresso est devenue un symbole incontournable de notre société, fournissant un expresso parfumé en un instant. Il a révolutionné la façon dont nous apprécions et apprécions le café. Dans ce chapitre, nous plongerons dans l'histoire fascinante des machines à expresso, explorerons leur fonctionnement général et explorerons les conditions optimales requises pour préparer un expresso de qualité.

### **I1.1 Contexte et justification du sujet :**

Le café est l'une des boissons les plus consommées au monde, apprécié pour sa saveur unique et ses propriétés stimulantes. Au fil des siècles, les amateurs de café ont cherché à découvrir de nouvelles façons d'extraire les saveurs riches et complexes des grains de café. C'est dans ce contexte qu'est née la machine à expresso, permettant à l'extraction sous pression de révéler la saveur et le caractère uniques du café.

L'objectif de ce travail est de concevoir et fabriquer une machine à expresso facilement transportable qui donne aux amateurs de café la possibilité de déguster un expresso de qualité où qu'ils se trouvent. En comprenant l'histoire des machines à expresso, leur fonctionnement et les conditions optimales pour réaliser l'expresso parfait, nous aurons la possibilité de développer une machine innovante qui répond aux besoins des consommateurs d'aujourd'hui.

### **I1.2 Objectifs du chapitre :**

L'objectif du chapitre 1 est de fournir les bases nécessaires à une compréhension complète de la machine à expresso et des éléments clés de la fabrication d'un expresso de haute qualité. Les objectifs spécifiques sont les suivants.

- Fournit un aperçu historique du développement de la machine à expresso, de sa naissance à sa prévalence aujourd'hui.
- Examinez le fonctionnement général d'une machine à expresso, les conditions d'extraction sous pression et les principaux composants d'une machine.
- Décrire les différentes options de machines à expresso disponibles sur le marché et énumérer les caractéristiques et avantages de chaque type.
- Se concentre sur des facteurs tels que la qualité du café, la mouture, le rapport café/eau, la température, la pression et le temps d'infusion pour présenter les conditions optimales requises pour infuser un expresso de qualité.

## I.2 L’histoire de la machine à café expresso : De l’invention à nos jours :

### I.2.1 L’origine du café :

Le café été cultivé la 1<sup>ère</sup> fois en Yémen en XVe siècle par les pèlerins musulmans, la graine est ensuite consommé afin d’avoir un esprit éveillé. L’introduction du café en Europe remonte à l’année 1600, après avoir été initialement interdit par certains conseillers. Cependant, après avoir goûté cette délicieuse boisson et l’avoir appréciée, le pape Clément VII décida de promouvoir sa consommation en Europe. En 1650, l’Angleterre importa pour la première fois du café, marquant ainsi le début de son voyage à travers le continent européen. En 1689, un Arménien établit le tout premier café à Boston, devenant ainsi la première ville américaine à ouvrir un établissement de ce genre.

En réponse à la demande croissante de café, la culture et la production de cette précieuse boisson se développèrent rapidement dans les régions tropicales telles que le Brésil et la Colombie. Aujourd’hui, le café se décline en une multitude de variétés et est devenu une habitude quotidienne pour de nombreuses personnes. [1]

### I.2.1 L’invention de la machine à café expresso :

Au XIXe siècle, l’inventeur italien Angelo Moriondo a marqué le début de l’histoire de la machine à expresso. Le premier brevet pour une machine à expresso a été déposé en 1884 à Turin, en Italie. Cette invention révolutionnaire utilise de la vapeur pour forcer l’eau chaude à travers le café moulu, ce qui permet d’infuser la boisson plus rapidement que les méthodes d’infusion traditionnelles. (Fig I.1) [2]

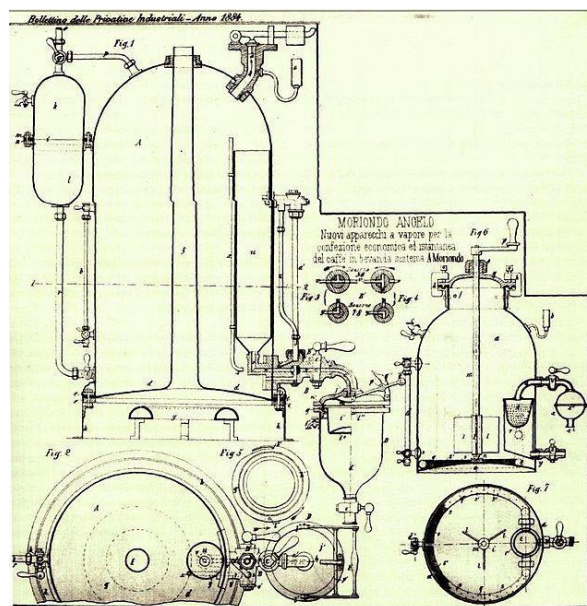
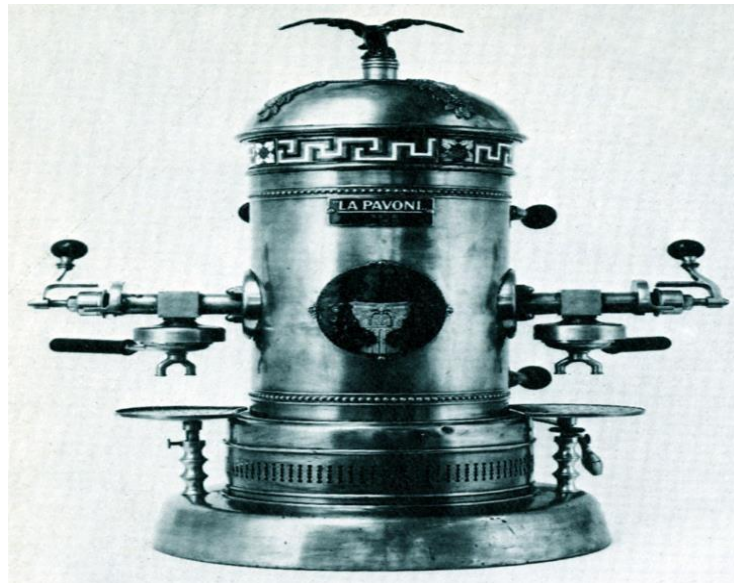


Fig I.1 le modèle d’Angelo Moriondo[2]

## **I.2.3 L'évolution technologique de la machine à café expresso :**

### **I.2.3.1 L'évolution du goût : Les améliorations de Luigi Bezzera :**

Au début du 20e siècle, Luigi Bezzera, également d'origine italienne, apporte des améliorations significatives à la machine à café expresso. En 1901, il ajoute une chambre de pré infusion à la machine de Moriondo, permettant d'extraire davantage de saveurs du café moulu. Cette innovation augmente la qualité et le goût de l'expresso., élevant ainsi l'expérience de dégustation à un niveau supérieur. (Fig I.2) [3]



**Fig I.2** le modèle de Luigi Bezzera.

### **I.2.3.2 L'essor de la production : Desiderio Pavoni et Pier Teresio Arduino :**

Desiderio Pavoni et Pier Teresio Arduino ont joué un rôle clé dans la vulgarisation de la machine à expresso. En 1905, ils achetèrent un brevet de Bezzera et commencèrent la production à grande échelle de la machine. Leur vision entrepreneuriale rend l'expresso accessible à tous. De plus, il possède des fonctionnalités innovantes telles qu'un régulateur de pression et un manomètre qui permettent de vérifier la qualité de l'expresso. (Fig I.3) [4]





**Fig I.3** le modèle de DesiderioPavoni et Pier TeresioArduino.

### **I.2.3.3 La révolution du goût : Achille Gaggia et l'introduction de la pression de l'eau chaud :**

Un autre inventeur italien, Achille Gaggia, est surtout connu pour avoir révolutionné la machine à espresso. En 1947, a introduit une technologie révolutionnaire qui utilise de l'eau chaude sous haute pression pour extraire les arômes du café moulu. Cette méthode crée la crème signature de l'espresso, une mousse crémeuse qui ajoute de la texture et de la saveur à la boisson. Grâce à cette innovation, l'espresso. Acquiert une nouvelle dimension gustative et est encore plus apprécié. [5]

### **I.2.3.4 Les avancées technologiques jusqu'à la seconde guerre mondiale :**

Dans les années qui ont précédé la seconde guerre mondiale, les machines à espresso ont fait de nombreuses avancées technologiques. Les inventeurs voulaient améliorer le contrôle de la température, la production de masse et la miniaturisation pour un usage domestique. Ces améliorations ont rendu l'espresso. plus accessible et ont jeté les bases des développements futurs de cette machine emblématique. (Fig I.4). [6]



**Fig I.4** le modèle d'AchilleGaggia.

#### **I.2.3.5 La machine à piston : Le groupe à levier d'Achille Gaggia et son impact sur la culture café :**

Après la guerre, les machines à espresso sont devenues partie intégrante de la culture européenne du café. Les machines à piston, en particulier les groupes à levier développés par Achille Gaggia, ont suscité beaucoup d'intérêt. Ces machines ont permis de produire un café de haute qualité avec une crème riche et une saveur exceptionnelle. Ils ont joué un rôle central dans l'établissement de l'espresso. en tant que boisson haut de gamme appréciée par les amateurs de café du monde entier. . [7]

#### **I.2.3.6 L'ère hydraulique : L'émergence des machines hydrauliques pour une production plus rapide :**

Dans les années 1960, les machines hydrauliques sont arrivées sur le marché de l'industrie du café. La capacité à produire une grande quantité de café en peu de temps a été hautement évaluée. Cependant, ils ont été progressivement remplacés par des machines plus modernes qui utilisent des pompes électriques pour extraire plus efficacement et plus précisément les arômes du café moulu (fig I.5) . [



**Fig I.5** le modèle de faemina expresso.

### **I.2.3.7 La généralisation de la machine à espresso dans les bars et restaurants :**

Les machines à espresso sont devenues un élément important de la culture du café dans les bars et les restaurants. Au cours des années 1970 et 1980, sa ténacité s'est accrue à mesure que la demande d'espresso. De haute qualité dans les magasins spécialisés augmentait. La machine à espresso est devenue un symbole de sophistication et de convivialité, offrant une expérience café exceptionnelle à tous ceux qui la goûtent. [9]

### **I.2.3.8 L'ère moderne :** Les avancées technologiques de la machine à espresso jusqu'à aujourd'hui

Aujourd'hui, les machines à espresso sont connues pour évoluer constamment en raison des progrès de la technologie. Les derniers modèles offrent de nombreuses fonctionnalités, des paramètres réglables et une précision accrue pour répondre aux goûts individuels des amateurs de café. L'introduction de machines automatiques avec broyeurs intégrés facilite la préparation d'espresso. De qualité professionnelle à la maison, offrant une expérience de café inégalée.

En résumé, l'histoire de la machine à espresso est un récit passionnant qui prouve l'évolution de la technologie et l'importance de la passion du café dans notre société. Depuis ses humbles débuts avec Angelo Moriondo jusqu'à s'imposer comme une boisson incontournable dans le monde entier, les machines à espresso ont changé et se sont adaptées pour offrir aux amateurs de café une expérience de dégustation exceptionnelle.

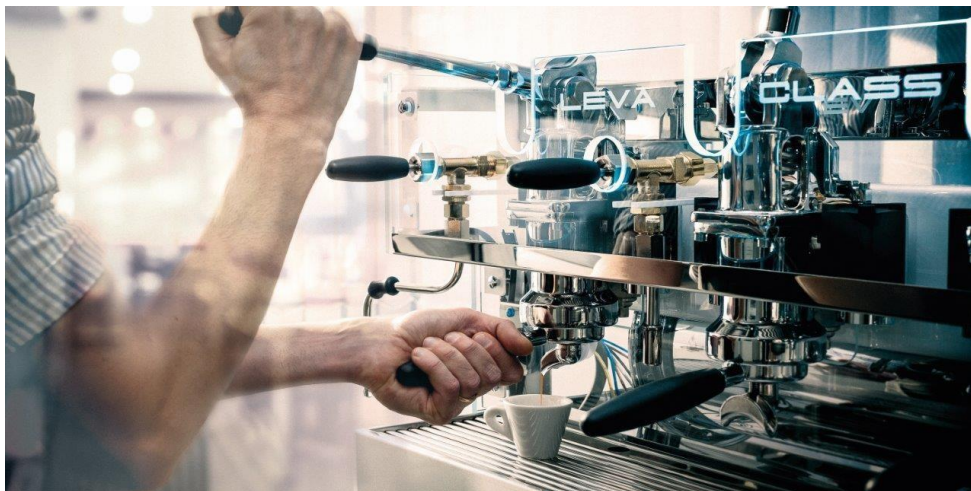
### **I.3 Fonctionnement générale de la machine à expresso**

Une machine à expresso. Manuelle est une alternative qui permet de préparer de délicieux expressos. Sans utiliser d'électricité. Dans cette section, nous examinons les caractéristiques communes d'une machine à expresso manuelle, nous nous concentrons sur les grands principes de son utilisation et examinons les éléments clés qui la composent

#### **1.3.1 Le principe de l'extraction manuelle**

Contrairement aux machines à expresso électriques qui utilisent une pompe pour créer de la pression, les machines à expresso manuelles utilisent la force physique pour créer la pression nécessaire à l'infusion. Le principe est basé sur l'application d'une pression à l'eau chaude à travers le café à l'aide d'un levier ou d'une poignée à commande manuelle.

Les utilisateurs peuvent donc contrôler directement la pression appliquée lors de l'extraction, personnaliser le processus en fonction de leurs préférences personnelles. Il faut une certaine compétence et expérience pour extraire le meilleur expresso de qualité avec cette méthode. (FigI.6) [10]



**Fig I.6** le modèle d'expresso. a extraction manuelle.

#### **I.3.2 Les composants essentiels de la machine à café expresso. Manuelle [11]**

Une machine à expresso manuelle se compose de plusieurs éléments clés qui jouent un rôle clé dans le processus de brassage. Les composants principaux sont :

##### **I.3.2.1 Le corps de la machine :**

Le corps de la machine est généralement en acier inoxydable ou en aluminium, offrant une structure solide et durable pour supporter les leviers et autres composants.

### **I.3.2.2 Le levier :**

Le levier est l'élément central de toute machine expresso manuelle. Utilisé pour appliquer une pression d'eau chaude sur le café moulu. En actionnant un levier, l'utilisateur contrôle le débit et la force de l'eau circulant dans le bloc d'extraction. (Vérifie si c'est juste

### **I.3.2.3 Le groupe d'extraction :**

Le groupe d'extraction est la partie de la machine où le café moulu est versé et l'infusion à lieu. Peut inclure une tête de distribution et un porte filtre pour maintenir le café en place.

### **I.3.2.4 Le porte filtre :**

Le porte filtre est l'élément qui retient le café pendant l'infusion. Il est généralement équipé d'un filtre métallique fin qui retient les particules indésirables tout en laissant passer l'eau.

### **I.3.2.5 Le réservoir d'eau :**

Le réservoir d'eau est l'endroit où l'eau chaude est stockée avant d'être utilisée pour l'extraction. Dans le cas d'une machine à café expresso manuelle, le réservoir peut être amovible ou intégré à la structure de la machine

### **I.3.2.6 Les accessoires :**

Certaines machines à expresso manuelles peuvent être livrées avec des accessoires supplémentaires tels que des mousseuses à lait manuels et des tasses préchauffées pour compléter l'expérience gustative.

## **I.3.3 L'extraction manuelle de l'expresso [12] :**

L'extraction de l'expresso. Avec une machine manuelle nécessite une séquence et d'étapes précises.

### **I.3.3.1 Préparation du café :**

Tout d'abord, moulin le café juste avant de l'infuser. Pour une extraction optimale, utilisez une mouture fine et régulière.

### **I.3.3.2 Chauffage de l'eau :**

Chauffer l'eau à la température recommandée (généralement 90°C à 95°C).

Une bouilloire ou un autre appareil de chauffage approprié peut être utilisé.

### **I.3.3.3 Chargement du porte filtre :**

Ajouter la bonne quantité de café moulu dans le porte filtre. Tapotez doucement la pierre à aiguiser jusqu'à ce que la surface soit plane et uniforme.

### **I.3.3.4 Pré infusion :**

Actionner le levier pour démarrer la pré injection. Versez une petite quantité d'eau chaude sur le marc de café pendant quelques secondes. Cette étape pré mouille le grain et aide à préparer une infusion plus uniforme.

### **I.3.3.5 Extraction :**

Après la pré torréfaction, appliquer uniformément de l'eau chaude sur le foie. Il faut environ 25 à 30 secondes pour préparer un espresso équilibré.

## **I.3.4 Avantages de la machine à café espresso manuelle :**

La machine à café espresso manuelle présente plusieurs avantages différents :

### **I.3.4.1 Portabilité :**

Les machines à espresso manuelles qui ne nécessitent pas d'électricité sont faciles à transporter et sont idéales pour les voyages, le camping ou les environnements où l'électricité n'est pas disponible.

### **I.3.4.2 Contrôle total :**

Une machine à espresso manuelle vous donne un contrôle total sur le processus de brassage. il est possible de régler la pression et le temps d'infusion et expérimenter différents réglages pour obtenir l'espresso un goût parfait.

### **I.3.4.3 Économique :**

Les machines à espresso manuelles sont souvent moins chères que les machines à espresso électriques. Aucun entretien électrique ou consommation d'énergie nécessaire, ce qui entraîne des économies à long terme.

### **I.3.4.4 Durabilité :**

Les machines à expresso manuelles sont généralement fabriquées à partir de matériaux solides et durables, ce qui les rend durables et fiables à long terme. Avec des soins appropriés, il peut durer plusieurs années.

### I.3.5 Impact social et économique de la machine à expresso :

#### I.3.5.1 L'évolution de la consommation de café :

Les machines à expresso ont un impact énorme non seulement sur l'environnement et la durabilité, mais aussi sur la consommation de café et l'industrie du café en général.

L'invention de la machine à expresso a révolutionné la façon dont nous consommons le café, le transformant d'une boisson à siroter lentement en une boisson rapide et pratique. Elle a également popularisé les boissons au café telles que les cappuccinos et les lattes, qui sont désormais des boissons courantes dans les cafés du monde entier. Les machines à expresso ont également promu une culture du café sur le pouce, augmentant la demande de café haut de gamme. (Fig I.7) [13]

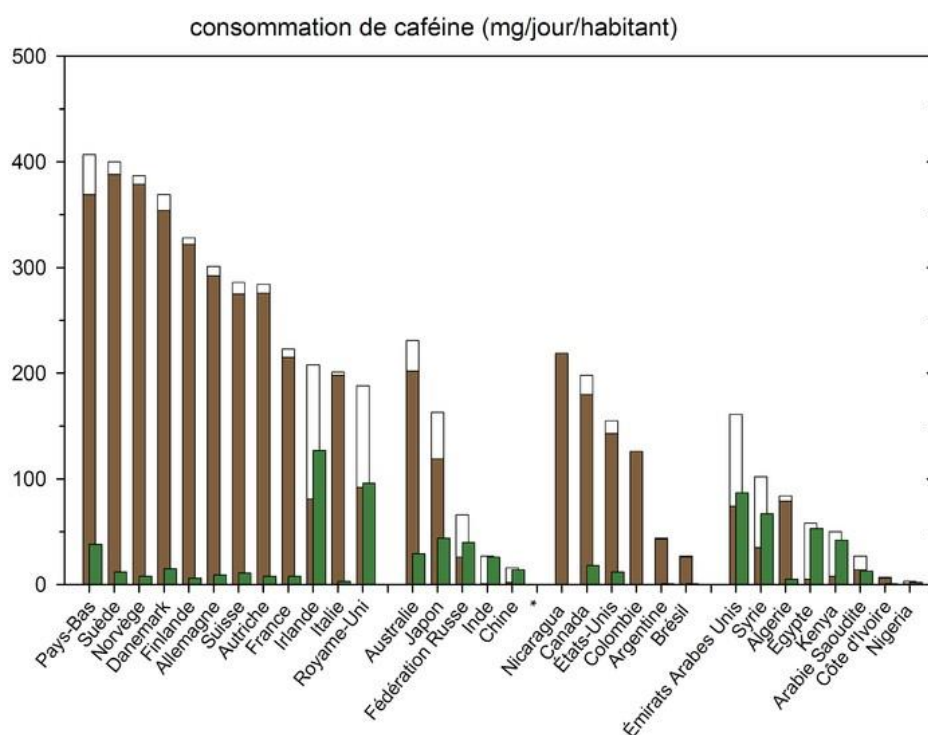


Fig I.7 Diagramme de la quantité de caféine consommée par jour et par habitant.

#### I.3.5.2 Les conséquences sur l'industrie du café :

La machine à expresso a également eu un impact important sur l'industrie du café. Les machines à expresso ont permis aux cafés d'offrir un café constant et de qualité supérieure,

augmentant ainsi la demande de grains de café de qualité supérieure. Les torréfacteurs ont commencé à proposer des mélanges spécialement conçus pour les machines à espresso, faisant grimper le prix de ces grains de café haut de gamme. De plus, les machines à espresso ont créé un marché pour les accessoires de café tels que les doubleurs de café, les porte-filtres et les tasses, créant de nouvelles sources de revenus pour les entreprises. (Fig I.8) [14]



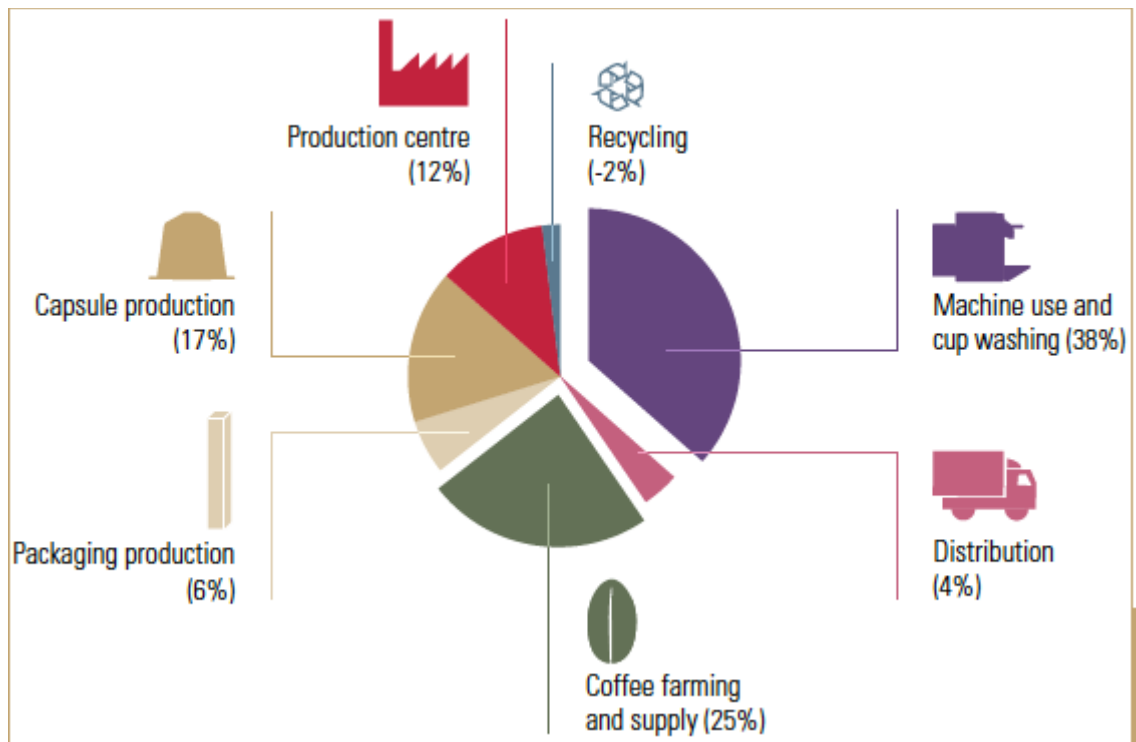
**Fig I.8** les différents accessoires de machine à café.

### **I.3.5.3 Les impacts sur l'environnement et la durabilité :**

La popularité croissante des machines à espresso a des impacts négatifs sur l'environnement et la durabilité. Les dosettes de café jetables ont été critiquées pour leur impact environnemental négatif, car elles ne sont souvent pas recyclées et finissent dans des décharges. De plus, la production de machines à espresso et de leurs accessoires peut avoir des impacts environnementaux, tels que la pollution de l'eau par les produits chimiques utilisés lors de la production. La durabilité est donc devenue un enjeu clé pour l'industrie du café et des machines à espresso, dans le but de minimiser l'empreinte environnementale et de promouvoir des pratiques plus durables.

Plus de 10 milliards de capsules Espresso sont produites chaque année dans le monde. Seulement moins de 2% d'entre elles sont recyclées. Plus de 7 milliards de dosettes Espresso, sans compter les milliers d'autres marques, valent donc à la poubelle, sont incinérées ou partent en décharge. (Fig I.9) [15] [16]





**Fig I.9** impact carbone du café.

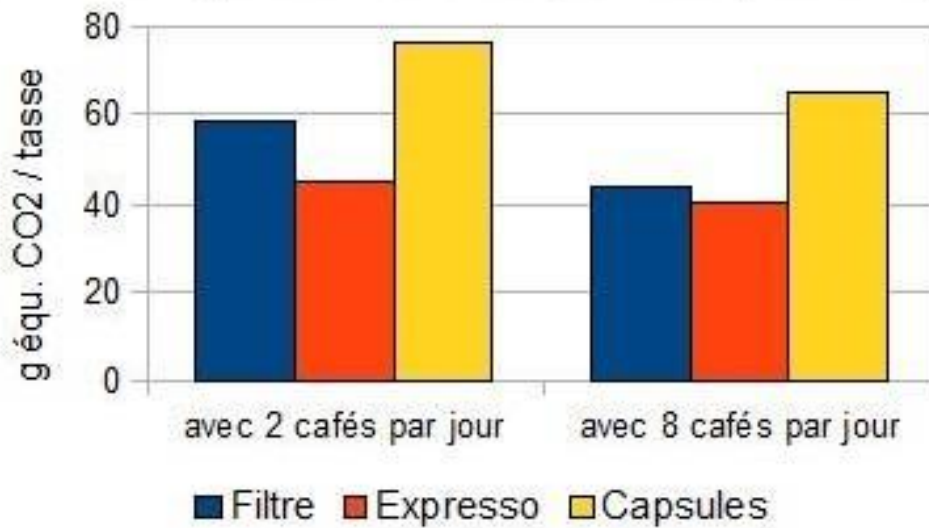
#### **I.3.5.4 Bilan Carbone et Empreinte Hydrique d'une tasse de café :**

Ci-contre le diagramme synthétique de toutes les émissions de gaz à effet de serre, ramenées à l'élaboration d'une tasse de café (en gramme équivalent CO<sub>2</sub> par tasse) :

En ordre de grandeur, on peut constater que le moyen le moins émissif de GES est la cafetière expresso à percolateur ; le plus émissif est le système à capsules individuelles, avec un surplus d'émissions de l'ordre de + 65 %. La cafetière à filtre a une position intermédiaire et est surtout performante lors de l'élaboration simultanée de nombreuses tasses.

L'empreinte hydrique, de l'ordre de 110 à 140 litres d'eau par tasse, dépend en premier lieu de la quantité de café moulu, variant dans nos hypothèses de 5 à 7 grammes par tasse. Sa part concernant les bassins hydrographiques proches (c'est à dire français, à peu de choses près) est de l'ordre de 5 à 15 litres d'eau par tasse, avec une variabilité dépendant en premier lieu de la quantité d'emballages mobilisés. (FigI.10) [16]

### Emissions globales de GES par tasse (BCO2 Ing.)



**Fig I.10** diagramme synthétique de toutes émissions de gaz à effet de serre du café.

#### **I.4 Les conditions optimales pour réaliser un espresso de qualité [17] :**

Le café est l'une des boissons les plus populaires au monde et l'espresso est considéré comme la forme la plus pure et la plus délicieuse de cette boisson. Pour préparer un espresso de qualité, plusieurs facteurs doivent être pris en compte, notamment la sélection des grains, le niveau de mouture, le rapport café/eau, la température de l'eau, la pression d'infusion et le temps d'infusion.

##### **I.4.1 Choix des grains et la torréfaction :**

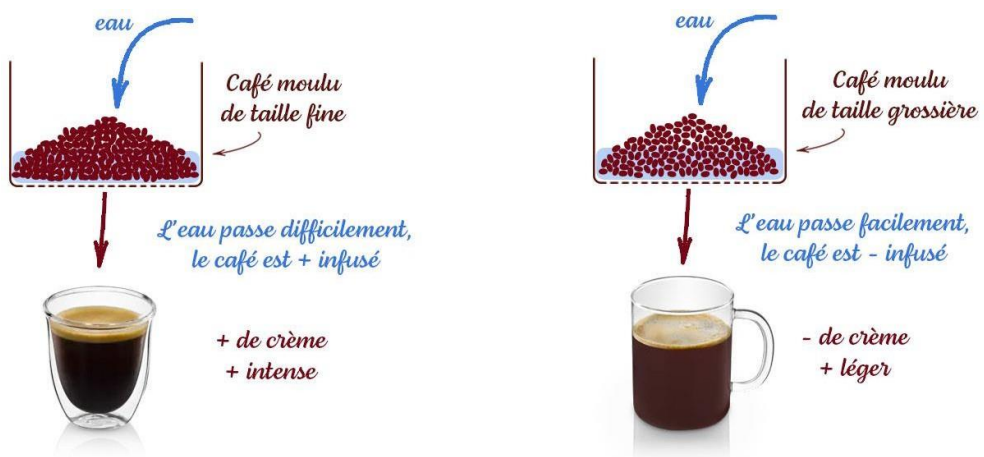
Le premier facteur important dans l'espresso de haute qualité est la sélection des grains de café. Choisissez des grains de café frais et de haute qualité, nouvellement décrits et traités avec soin. Les grains de café de spécialité sont considérés comme les meilleurs car ils sont cultivés dans des conditions idéales et ont des saveurs complexes et riches. La torréfaction joue également un rôle important. Chaque type de café nécessite une torréfaction spécifique pour faire ressortir son arôme et sa saveur uniques (Fig I.11).



**Fig I.11** le Choix des grains.

#### **I.4.1 La mouture parfaite :**

Le marc de café est un facteur important dans l'extraction de l'expresso. La finesse de mouture affecte directement le processus d'infusion et détermine la qualité finale du café. Pour faire un expresso équilibré, la mouture doit être fine, mais pas trop fine. Une mouture trop fine peut entraîner une sur extraction qui laisse longtemps l'eau en contact avec le café, créant un goût amer et désagréable. En revanche, si la mouture est trop grossière, l'extraction sera incomplète et l'eau traversera le café trop rapidement, ce qui peut entraîner une saveur faible. (Fig I.12)



**Fig I.12** la différence entre les moutures de café.

### I.4.3 Le rapport café.Eau idéal :

Le rapport entre la quantité de café et la quantité d'eau est le facteur déterminant pour un espresso équilibré. Une norme couramment utilisée est d'environ 18.20ml. (Fig I.13)



Fig I.13 la quantité d'eau ajoutée au café.

### I.4.4 La température de l'eau :

La température de l'eau utilisée pour l'extraction est également un facteur important affectant le goût et l'arôme du café. La température idéale est généralement de 90°C à 95°C. Si la température est trop basse, l'extraction sera incomplète et les composés aromatiques ne seront pas correctement extraits du café, ce qui donnera un goût faible et insatisfaisant. En revanche, si la température est trop élevée, les grains de café vont brûler et peuvent développer un goût amer et désagréable. Pour de meilleurs résultats, nous vous recommandons de préchauffer votre machine à espresso à la température idéale et d'utiliser de l'eau froide et filtrée.

### I.4.5 La pression d'extraction optimale :

La pression est la clé d'une extraction d'espresso réussie. La plupart des machines à espresso utilisent une pression de 9 bars pour extraire le café. Cette pression permet à l'eau de pénétrer uniformément dans le marc de café, favorisant l'extraction complète des arômes et des saveurs. Cependant, il est important de noter que la pression n'est pas le seul facteur à considérer. C'est

pourquoi il est important d'expérimenter différents réglages pour trouver le bon équilibre entre pression, abrasion et massage.

#### **I.4.6 Le temps d'extraction maîtrisé :**

Le temps d'extraction que met l'eau à s'écouler à travers le café, est également un paramètre important pour obtenir un espresso de haute qualité. Un temps d'extraction de 25 à 30 secondes est généralement considéré comme idéal. Cependant, il est important de noter que ce temps peut varier en fonction de divers facteurs tels que la taille de la mouture, le dosage et la saveur préférée. Il faudra donc surveiller attentivement le temps d'infusion avec une minuterie pour assurer une saveur optimale. Une infusion trop rapide peut entraîner un café sous extrait et moins aromatisé. A l'inverse, s'il est trop long à extraire, le café peut être sûr extrait et devenir amer.

#### **I.4.7 Le tassage :**

Tasser correctement est crucial, car un tassage inadéquat affectera l'extraction. L'objectif est de répartir uniformément le café dans le filtre en utilisant vos doigts avant de tasser. Assurez-vous que le porte filtre est horizontal, que le Tampere est parallèle à la surface du café, et appliquez une pression

de 15 kg. La surface du café doit être lisse après le tassage. (FigI.14)



**Fig I.14** les étapes de tassage.

#### **I.5 La bonne extraction du café :**

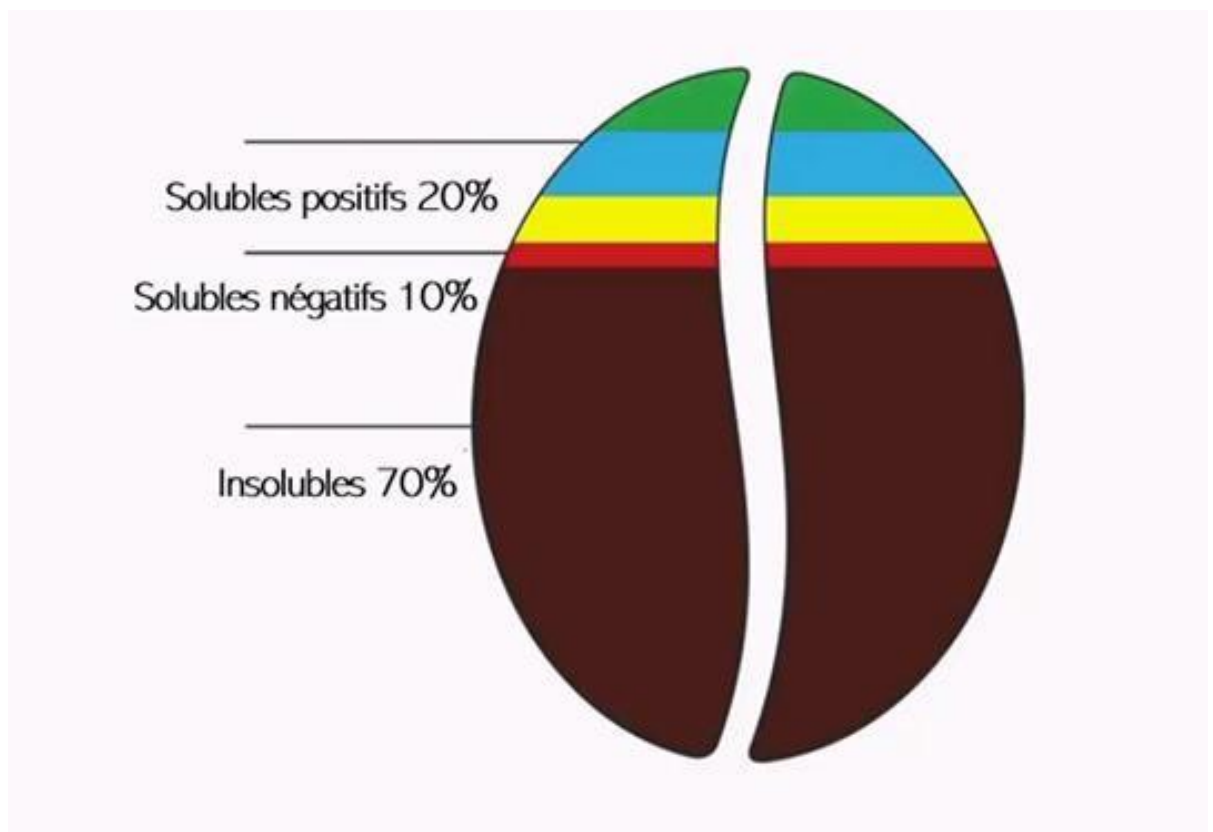
On parle souvent de l'extraction du café. Un barista digne de ce nom fait un café qui ne doit pas être « sur extrait », ni « sous extrait ». Que se cache-t-il derrière ces termes, et comment remédier à un café expresso ou filtre qui n'est pas bien extrait ?

### I.5.1 Comment se comporte l'eau avec le grain ?

Il est intéressant de savoir qu'un grain de café ne se dissout pas entièrement dans l'eau.

En effet, seulement 30% du grain de café torréfié. Parmi ces 30%, on estime que 20% sont des solubles positifs, apportant donc tous les arômes positifs au café, et 10% sont des solubles négatifs, qui vont eux pénaliser le café que l'on boit.

Toute la subtilité réside donc dans le fait de ne capter tous les solubles positifs dans son café et ne pas retrouver les solubles négatifs. (Fig I.15). [18]



**Fig I.15** représentation de la solubilité du grain de café.

### I.6 Qu'est-ce qu'une extraction parfaite ?

#### I.6.1 L'extraction parfaite :

On parle d'extraction parfaite lorsqu'on extrait entre 18% et 22% du grain de café. On obtient alors un café riche, équilibré, aromatique et doux. Cette extraction parfaite correspond donc au fait de retrouver l'ensemble des solubles positifs dans sa tasse et d'éviter les solubles négatifs.

### **I.6.2 La sous extraction :**

Lorsque le café est sous extrait, donc que l'on extrait moins de 18% du grain de café, cela veut dire que l'on ne retrouve pas la totalité des solubles positifs dans notre tasse. Donc on obtient un café acide, qui manque de rondeur et de douceur.

### **I.6.3 La sur extraction :**

Lorsque le café est sûr extrait, c'est que l'on a poussé l'extraction trop loin, à plus de 22% du grain de café. On retrouve alors dans notre tasse l'ensemble des solubles positifs, mais aussi des solubles négatifs. C'est pour cela qu'on a un café au goût amer, astringent et un peu trop agressif. (Fig I.16)



**Fig I.16**extraction de café parfaite

### **I.6.4 Reconnaître et éviter les défauts d'extraction :**

Plusieurs éléments révèlent la qualité de l'extraction de votre café : le goût bien sûr, mais aussi l'aspect pour un espresso !

### **I.6.5 Comment remédier à un café sur extrait ?**

Si votre café est trop amer, presque brûlé au goût, il est peut-être sur extrait. S'il s'agit d'un espresso et qu'il a une crème très foncée, avec une auréole au milieu, alors cela confirme la supposition.

. Vérifier que la mouture n'est pas trop fine, afin que l'eau puisse traverser le café sans peine et coule correctement.

. L'eau de la machine ne doit pas être trop chaude : elle ne doit pas dépasser les 92°C sinon elle risque de brûler le café

. Il est aussi possible que le café coulé trop lentement (Fig I.17)



**Fig I.17** comparaison entre les différentes extractions

### **I.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue les caractéristiques générales des machines à espresso et nous nous sommes concentrés sur les différentes caractéristiques et processus qui contribuent à la préparation d'un espresso de haute qualité. Nous avons également examiné le fonctionnement des machines à espresso électriques et des machines manuelles (non électriques) et décrit les options disponibles pour les amateurs de café.

Nous avons également recherché les conditions optimales requises pour faire un espresso de haute qualité. De la façon de trouver le café parfait, à la sélection des grains et des torréfactions, en passant par l'importance de la taille de la mouture pour une extraction correcte,



en perfectionnant l'importance de chaque facteur dans l'obtention d'une saveur et d'un arôme équilibrés d'expresso.

Le rapport café/eau, la teneur en humidité, la pression d'extraction et le temps d'extraction sont considérés comme des facteurs clés pour déterminer la température requise pour préparer un expresso de qualité. Chacun de ces éléments contribue de manière significative à l'expérience sensorielle de l'expresso, et leur maîtrise donnera des résultats optimaux.

Il est important de comprendre que l'art de préparer l'expresso. parfait est un processus continu d'expérimentation, d'ajustement et de raffinement. Les connaissances acquises dans ce chapitre serviront de base solide pour la conception et la fabrication d'une machine à café manuelle optimale.

Enfin, le chapitre 1 nous aidera à comprendre les caractéristiques générales d'une machine à expresso. et les conditions optimales requises pour produire un expresso. de qualité. Cette connaissance nous guiderons dans l'exploration plus approfondie du monde de l'expresso., dans le but de préparer des cafés d'exception qui raviront les papilles des connaisseurs de café les plus exigeants.

---

# **Chapitre II : les composantes de la machine à café**

---

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes composantes de la machine à café (Fig II.1). Une attention particulière sera portée au calcul du bras de levier nécessaire pour développer une pression de 9 bars. Cette pression est en effet indispensable pour obtenir un espresso de qualité, avec une belle crema et un goût riche.



Fig II.1 Présentation de la machine espresso.

## II.2 Description de la MOKA PRESS

La (Fig II.2) représente les différents sous-ensembles existants dans la machine illustrée comme suit :

- En jaune, le châssis regroupe quatre composants de tôlerie. Il s'agit d'un pliage de tôle destiné à assurer le maintien en place des autres composantes et à résister aux efforts appliqués.
- En rouge, le bloc d'extraction s'occupe de l'extraction du café en développant une pression de 9 bars. Il est considéré comme le cœur de la machine à espresso et son rôle est d'appliquer une pression d'eau constante, ce qui permet d'extraire les arômes, les huiles et les composés solubles du café pour créer une boisson espresso de qualité.
- En bleu : L'ensemble du bras de levier est un sous-ensemble composé de trois pièces distinctes. Ce sous-ensemble est conçu pour jouer un rôle essentiel dans le mécanisme de la machine.

- En noir, on trouve les différents supports qui maintiennent en place le bloc d'extraction ainsi que le pivot.
- En blanc, ces des pièces fabriquées en plastique dans un but esthétique.



**FigII.2** Composants de la machine expresso.

### II.2.1 Le chassis

Le châssis est une structure composée de différentes pièces pliées qui agissent comme un support rigide pour les éléments de la machine à café. Il est conçu pour résister efficacement aux forces subies pendant le processus d'extraction du café et peut supporter facilement les charges qui lui sont appliquées.(figII.3)



**Fig II.3** Le chasis.

Cette partie est composée des pièces suivantes :

#### **II.2.1.1** Pièce C.1 : partie triangulaire

La pièce suivante a pour principale fonction de renforcer la structure en résistant aux forces de flexion. De plus, elle a été conçue avec un design élégant, ajoutant ainsi une touche esthétique à l'ensemble de la structure.(Fig II.4)



**Fig II.4** partie triangulaire .

### II.2.1.2 Piece C.2 : La table

La table est composée de deux pièces distinctes. La première est la partie ovale qui fait office de support pour la machine, fournissant ainsi une base solide avec quatre points d'appui pour la stabilité. La deuxième pièce est en acier inoxydable et sert de sous-tasse lors de l'utilisation de la machine, offrant un espace propre et pratique pour placer les tasses à café.(FigII.5)



**Fig II.5** La table du chasis.

### II.2.1.3 Pieces C.3 : le tube

Le tube est un composant essentiel qui relie la table au pivot et sert également de support pour le bloc d'extraction. Il est conçu de manière à pouvoir résister aux charges appliquées lors de l'utilisation de la machine. Ce tube joue un rôle crucial en maintenant la stabilité de l'ensemble et en assurant que le bloc d'extraction reste solidement en place pendant l'extraction du café. Sa conception robuste lui permet de supporter les contraintes mécaniques et de garantir un fonctionnement fiable de la machine à café.(FigII.6)



**Fig II.6** Tube en acier.

### **II.2.2 L'ensemble du bras de levier**

Un bras de levier est une barre rigide pivotante autour d'un point fixe appelé pivot. Son rôle est d'amplifier la force appliquée pour exercer une pression importante. Le bras de levier permet donc d'augmenter la force mécanique et de rendre le travail plus facile en réduisant l'effort nécessaire. L'ensemble du bras de levier est un sous assemblage composé de trois pièces distinctes (Fig II.7)



**Fig II.7** L'ensemble bras de levier.

### II.2.2.1 Pièces BA.1 : bras de levier

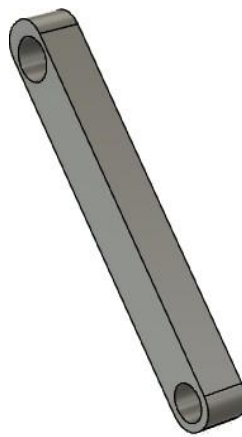
. Cette composante est essentielle pour fournir la puissance requise pour extraire le café de manière efficace et produire un espresso de qualité. (Fig II.8)



**Fig II.8** Bras de levier.

### II.2.2.2 Pièces BA.2 : la bielle

La bielle dans notre système joue un rôle crucial en transmettant la force générée par le bras de levier pour déplacer le piston. Elle est dotée de deux liaisons pivotantes et a été spécialement conçue pour résister à des forces allant jusqu'à plus de 4500 N. Cette composante est essentielle pour assurer le bon fonctionnement de notre machine, garantissant ainsi la transmission efficace de la force nécessaire pour le déplacement du piston lors de la préparation du café. (FigII.9)



**Fig II.9** Bielle.



### II.2.2.3 Pièces BA.3 : la poignée

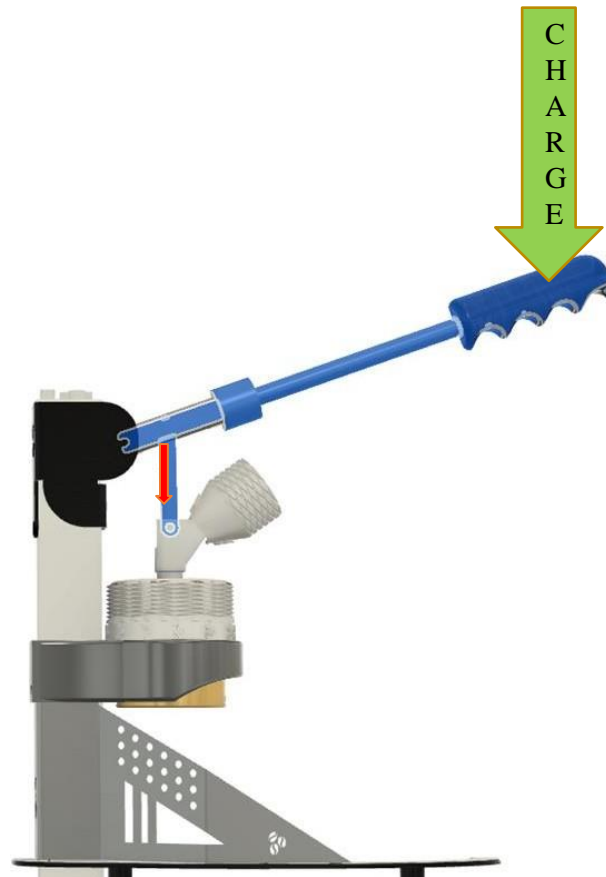
La poignée en bois est un élément important de l'ensemble du bras de levier. Elle est spécialement conçue pour offrir une prise facile et confortable du levier lors de son utilisation. Le bois est un matériau agréable au toucher, offrant une sensation chaleureuse et naturelle tout en permettant une manipulation ergonomique du levier. Cette conception vise à améliorer l'expérience de l'utilisateur en garantissant un confort optimal lors de l'extraction du café. (FigII.10)



**Fig II.10** La poignée.

### II.2.2.4 Calcul de la force générée par l'ensemble du bras de levier :

Dans la (Fig II.11), la couleur bleu montre l'ensemble du bras de levier, conçu pour amplifier le mouvement.



**Fig II.11** Ensemble bras de levier.

Pour calculer la force générée par ce bras de levier, nous pouvons utiliser la formule suivante :

**Force générée = Force appliquée × Longueur du bras de levier / Longueur entre le point de rotation et la charge**

**Dans notre cas, les valeurs sont comme suit :**

. Force appliquée (F) = 187 N (force moyenne d'un humain adulte)

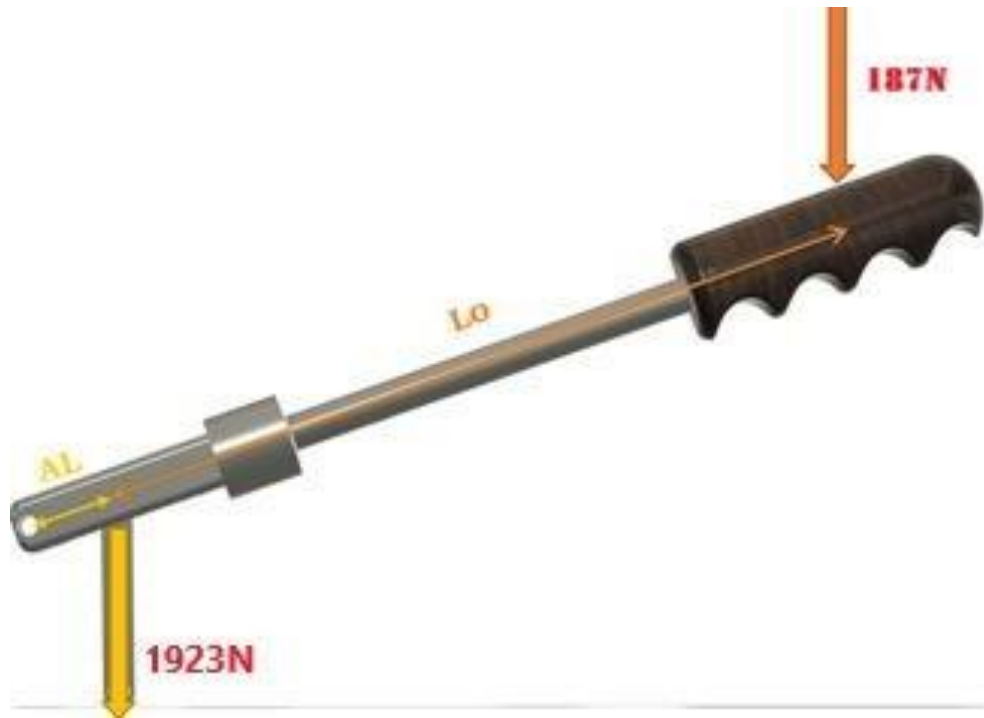
. Longueur du bras de levier (Lo+AL) = 30,8 cm = 0,308 mètres (voir la Fig. 2.12)

. Longueur entre le point de rotation et la charge (AL) = 3 cm = 0,03 mètres

**Application de la formule :**

Force générée =  $187 \text{ N} \times 0,308 \text{ m} / 0,03 \text{ m} \approx 1923,0679 \text{ N}$

Ce calcul montre que lorsqu'une force de 187 N est appliquée à la poignée, une force résultante de 1923 N (Fig. II.12) est exercée sur l'ensemble par la bielle, démontrant ainsi une amplification significative du mouvement grâce à ce système. (Fig II.12)



**Fig II.12** Force générée par le bras de levier.

### II.2.3 Le bloc d'extraction :



**Fig II.13** Le bloc d'extraction.

Le bloc d'extraction se compose des pièces suivantes :

### II.2.3.1 Pièce BE.1 : L'enveloppe thermique

L'enveloppe thermique (Fig II.14) est une pièce permettant de garantir l'étanchéité thermique entre la chemise en bronze et la pièce esthétique en polymère. Elle garantit aussi l'ajustage entre ces deux pièces.



**Fig II.14** L'enveloppe thermique.

### II.2.3.2 Pièce BE.2 : La bague de fermeture

La bague de fermeture joue un rôle essentiel dans le processus de verrouillage sécurisé du bloc d'extraction, sur le support incluant la fermeture étanche. Elle assure une étanchéité fiable en serrant les deux faces du bloc d'extraction ensemble. En d'autres termes, elle maintient le bloc d'extraction solidement en place en appuyant sur ses deux côtés l'un contre l'autre, ce qui empêche les fuites ou les éventuelles perturbations dans le système. (Fig II.15)



**Fig II.15** La bague de fermeture.

### **II.23.2 Pièce BE.3 : Le porte filtre**

Les portes filtres formé d'un corps en bronze, équipé d'une poignée ergonomique pour une prise en main aisée. À l'intérieur de ce dispositif, un filtre remplit une fonction cruciale en capturant le café moulu tout au long du processus d'infusion. De plus, il est doté de rainures pour une meilleure adhérence et de joints d'étanchéité pour éviter toute fuite. (Fig. II.16)



**Fig II.16** Porte filtre.

### **II.2.3.3 Pièces BE.4 : le piston**

Le piston au sein de notre machine à café joue un rôle fondamental en se déplaçant verticalement, pour appliquer une force de 1923 N grâce à un levier, générant ainsi une pression sur le café moulu contenu dans le porte filtre. Cette pression permet d'extraire l'eau chaude à travers le café, donnant naissance à un délicieux espresso. Après chaque extraction, le piston revient à sa position de départ. Il s'agit d'un composant indispensable du mécanisme de notre machine à espresso. (Fig. II.17)



**Fig II.17** Piston.

#### **II.2.3.4 Pièces BE.5 : Chemise du cylindre**

La chemise de cylindre est une pièce qui permet de fournir une surface de contact lisse et résistante à l'usure pour le piston, garantissant une chambre de pression étanche résistante à la pression cible

Elle dispose d'un épaulement extérieur qui garantit l'alignement lors de l'insertion dans l'enveloppe thermique. (Fig II.18)



**Fig II.18** Chemise cylindrique.

#### **II.3.5 Pièces BE.6 : La valve**

La valve de remplissage dans notre machine remplit une fonction cruciale en facilitant l'écoulement de l'eau après le remplissage, depuis le haut du piston vers le bas, suite à l'application de pression vers le haut sur la poignée du bras de levier. Cette pièce est équipée

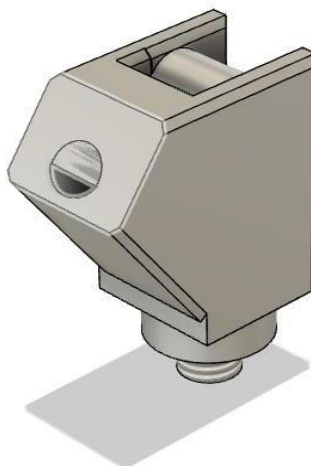
d'un joint d'étanchéité pour assurer une parfaite étanchéité lors de l'extraction du café. De plus, elle permet de diriger l'eau de la chemise vers le porte filtre, ce qui permet de mesurer sa pression. Elle constitue donc un élément essentiel du processus d'infusion de notre machine à café. (Fig II.19)



**Fig II.19** Bielle valve.

#### **II.2.3.6 Pièces BE.7 : Porte manomètre**

Le porte manomètre remplit deux fonctions principales : (1) il permet la mesure précise de la pression d'un fluide en fournissant un passage fluide pour l'eau, essentiel pour le contrôle de la pression dans diverses machines ; (2) il offre une liaison pivot pour le bras de bielle, assurant une connexion solide et stable entre le manomètre et le système pour des lectures précises de la pression. (Fig II.20)



**Fig II.20** Porte manomètre.

#### **II.2.3.7 Système de mesure de la pression :**

La mesure de la pression joue un rôle crucial dans l'extraction idéale du café. Lors de son utilisation, l'utilisateur peut ajuster la force qu'il applique sur le bras de levier afin de maintenir la pression autour de la valeur cible, qui est de 9 bars.

La (FigII.21) illustre le système de mesure de la pression où l'eau atteint le manomètre situé en haut grâce à une conduite qui débute par un perçage dans le piston, puis se poursuit à travers la bielle, la valve, et enfin le porte manomètre pour acheminer l'eau jusqu'au manomètre, permettant ainsi de mesurer la pression.

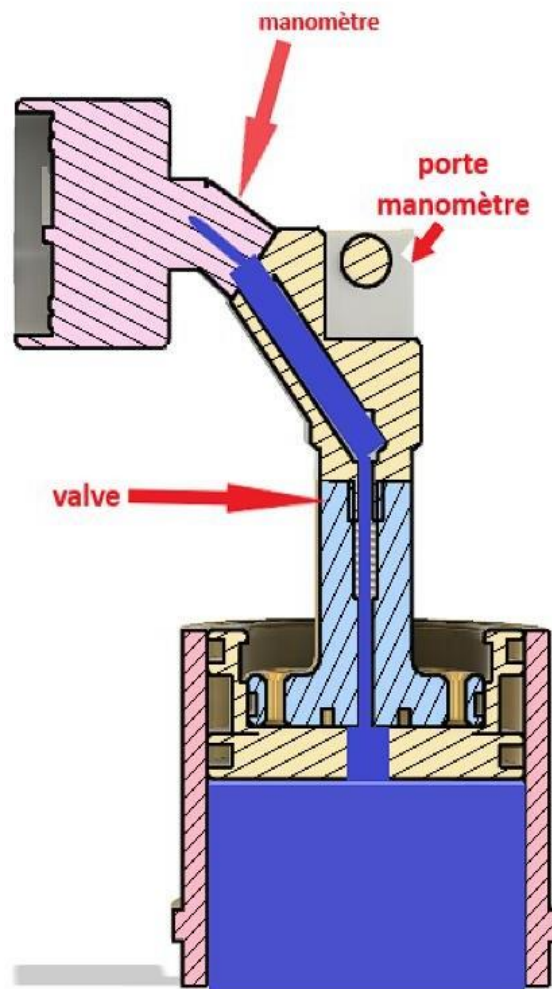


Fig II.21 Système de mesure de la pression

### II.2.3.8 Calcul de pression :

Pour calculer la pression, nous pouvons utiliser la formule suivante :

$$\text{Pression (P)} = \text{Force (F)} / \text{Surface (A)}$$

Où :



. Force (F) est la force appliquée en newtons (N).

. Surface (A) est la surface sur laquelle la force est appliquée en mètres carrés (m<sup>2</sup>).

Tout d'abord, nous devons convertir la surface du piston en mètres carrés, car elle est donnée en cm<sup>2</sup>. 1 cm<sup>2</sup> équivaut à 0,0001 m<sup>2</sup>. (Fig II.22)

$$\text{Surface (A)} = 21.24 \text{ cm}^2 \times 0,0001 \text{ m}^2/\text{cm}^2 = 0,002124 \text{ m}^2$$

**Application de la formule :**

$$\text{Pression (P)} = 1923 \text{ N} / 0,002124 \text{ m}^2 \approx 905367,23 \text{ Pascals (Pa)}$$

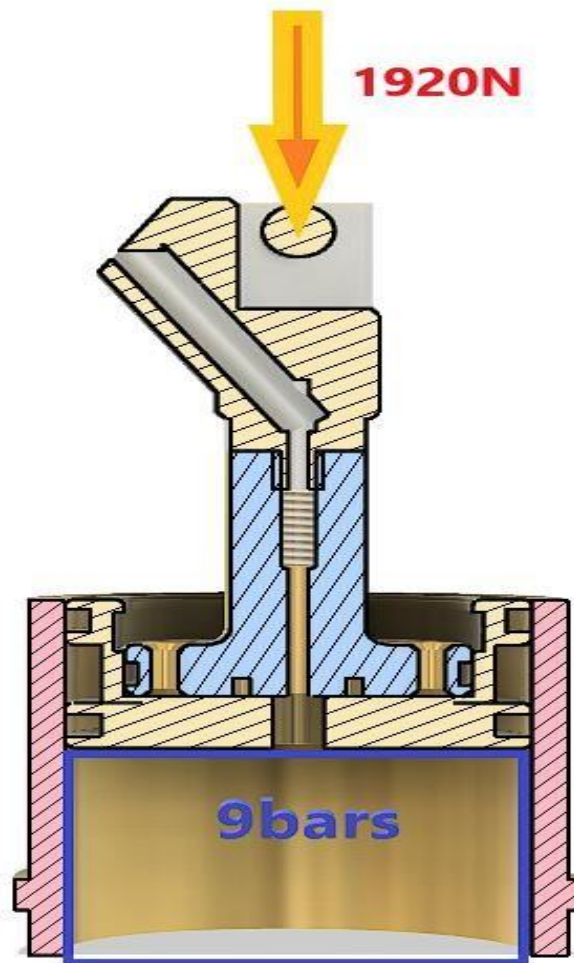
**Pour convertir cette pression en bars, nous utilisons la conversion suivante :**

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

Donc, la pression est d'environ :

$$904046.24 \text{ Pa} / 100\,000 \text{ Pa/bar} \approx 9,05 \text{ bar}$$

**La pression générée par le bloc de pression est d'environ 9,05 bars.**



**Fig II.22** Production de pression.

## **II.2.4 Support et maintien des pieces :**

### **II.2.4.1 Pièce S.1 : Support :**

Le support (Fig. II.23) joue un rôle clé au sein du système. Tout d'abord, il assure le maintien solide de l'ensemble du bloc d'extraction. Grâce à la bague de fixation montée sur le bloc, il permet un serrage précis des deux faces, assurant ainsi une étanchéité parfaite entre la chemise cylindre et le porte café. Cette composante est essentielle pour prévenir les fuites des fluides et garantir le bon fonctionnement du système dans des conditions optimales.



**Fig II.23** Support intégrant la fermeture étanche.

#### II.2.4.2 Pièces S.2 : Le pivot

Le pivot (Fig II.24) est un composant essentiel qui fournit une liaison pivotante, comme son nom l'indique, au bras de levier de la machine. Il permet au bras de levier de bouger autour d'un axe central.



**Fig II.24** Pivot lié au bras de levier.

#### II.2.4.3 Pièces S.3 : Le support du pivot



**Fig II.25** Support de pivot.

### **II.2.5 Pièces esthétique :**

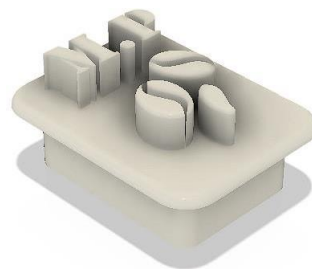
Ces pièces illustré à la (FigII.26)sont fabriquées en plastique en utilisant une imprimante 3d dans un but esthétique, contribuant ainsi à l'embellissement de la machine.(FigII.27) et (Fig II.28)



**Fig II.26** couvre cylindre.



**Fig II .27** couvre manomètre



**Fig II.28** bouchant de tube

### II.3 Les matériaux utilisés :

Le tableau ci-dessous mis en évidence les différents matériaux utilisés dans la fabrication de la machine à café :

<b>Pièces</b>	<b>matériaux</b>	<b>nuance</b>
<b>Pièce C.1</b>	Tôle acier	S 235 JR G2
<b>Pièce C.2</b>	Tôle acier	S 235 JR G2
<b>Pièces C.3</b>	Tôle acier	S 235 JR G2
<b>Pièces BA.1</b>	Acier inoxydable	Aisi 316l
<b>Pièces BA.2</b>	Acier inoxydable	Aisi 316l
<b>Pièces BA.3</b>	bois	
<b>Pièce BE.1</b>	Résine acétal	Fm090
<b>Pièce BE.2</b>	Aluminium	7075
<b>Pièce BE.3</b>	bronze	UE12P
<b>Pièces BE.4</b>	bronze	UE12P
<b>Pièces BE.5</b>	bronze	UE12P
<b>Pièces BE.6</b>	bronze	UE12P
<b>Pièces BE.7</b>	Aluminium	7075
<b>Pièce S.1</b>	Tôle acier	S 235 JR G2
<b>Pièces S.2</b>	Aluminium 7075	7075

<b>Pièces S.3</b>	Tôle acier	S 235 JR G2
<b>Pièces esthétique</b>	Filament abs	RAL 9002

**Tableau II.3** Tableau des matériaux utilisés

Les choix des matériaux pour la Moka Presse sont essentiels pour assurer sa qualité, sa durabilité et ses performances. Chaque composant de la machine est méticuleusement sélectionné en fonction de ses caractéristiques et de son adéquation à son rôle dans le processus de préparation du café. Voici un aperçu des matériaux choisis pour chaque pièce.

### **II.3 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons entrepris une exploration complète des différents éléments qui composent la Moka Presse. Notre objectif était de fournir une vue détaillée de chaque composant, en mettant en lumière leurs rôles essentiels dans le fonctionnement global de cette machine. Nous avons également plongé dans les principes fondamentaux qui sous-tendent le mécanisme de la Moka Presse, en décryptant les calculs et les considérations techniques qui garantissent son bon fonctionnement. Ce chapitre est une pierre angulaire de notre compréhension de la Moka Presse, car il nous a permis de décortiquer son anatomie et de saisir pleinement les mécanismes qui lui permettent de produire cet espresso. exquis que tant de personnes apprécient.

---

**Chapitre III : Etude  
numérique et étape de  
fabrication du moka  
presse**

---

### **III.1 Introduction :**

Cette section se consacre à l'analyse numérique du comportement mécanique de la Moka Presse en se penchant sur des aspects cruciaux tels que les contraintes de von Mises, les déplacements et le coefficient de sécurité. Notre démarche commence par une simulation statique du châssis de la Moka Presse, ce qui nous permet d'évaluer les contraintes et les déplacements subis lorsqu'il est soumis aux charges de fonctionnement typiques. Nous approfondissons ensuite notre analyse en effectuant une étude thermique pour examiner la dissipation de chaleur au sein du bloc d'extraction. Pour mener à bien ces investigations, nous avons eu recours au logiciel Auto desk Fusion 360, qui nous a permis de modéliser et simuler efficacement la Moka Presse.

#### **III.1.1 Simulation statique :**

Cette section se concentre sur l'analyse numérique du comportement mécanique de la Moka Presse. L'objectif est d'évaluer les contraintes de Von Mises, et le coefficient de sécurité par le biais d'une analyse statique. Cette analyse nous permet de comprendre comment les sous-Assemblages de la Moka Presse réagissent aux charges lors de leur utilisation. Pour atteindre cet objectif, nous avons conçu et simulé la structure à l'aide du logiciel Auto desk Fusion 360. Cette démarche nous permet d'obtenir des données cruciales sur la performance mécanique de la machine.

Le maillage est une étape cruciale de la simulation, comparable à la découpe d'un puzzle en pièces plus petites pour une analyse plus précise. Dans notre cas, nous avons subdivisé le modèle de la Moka Presse en de petits éléments de formes prédéfinies, tels que des triangles ou des quadrilatères. Chacun de ces éléments forme une partie du maillage.

### **III.2 Châssis**

#### **III.2.1 Condition aux limites :**

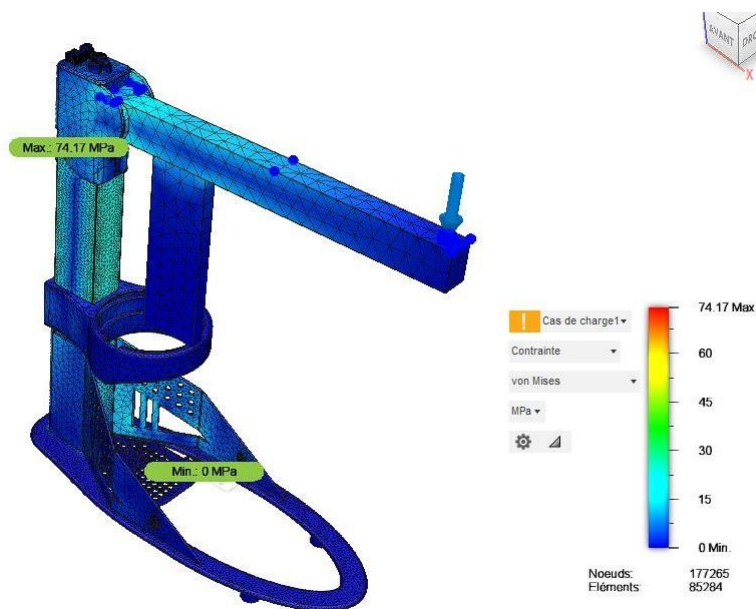
Une force de 200N (représentée par la flèche bleue) est appliquée à l'extrémité de la poutre. Afin de réduire le temps de calcul du logiciel numérique, sous assemblage du bras de levier a été simplifié en utilisant une poutre en forme de "T" Comme illustré dans la (fig. III.1). Cette configuration permet une répartition uniforme de la charge.

#### **III.2.2 La contrainte de Von mises :**

Les contraintes de Von Mises sont une mesure de la contrainte appliquée à un matériau. Soumis à une charge, largement utilisée en mécanique des solides pour évaluer sa résistance à la



déformation plastique. Elles sont exprimées en unités de pression telles que le pascal (Pa) où Le méga pascal (Mpa). Les contraintes de Von Mises sont couramment employées dans la conception de structures et de machines pour garantir que les matériaux utilisés présentent une résistance suffisante pour supporter les charges auxquelles ils seront soumis. (Fig III.1)



**Fig III.1** : contrainte de Von mises du châssis.

Après l'analyse des résultats, il a été établi que le châssis affiche une résistance maximale (contrainte de Von Mises) de 74,17 Mpa. Cette valeur a été observée au sein de la pièce (support de pivot), fabriquée en acier et ayant une limite élastique inférieure à cette contrainte, c.à.d.  $74.17 \text{ Mpa} < 210 \text{ Mpa}$ . Ces résultats nous permettent de conclure que le châssis est capable de résister aux charges allant jusqu'à 200N.

### III.2.3 Facteur de sécurité :

Un coefficient de sécurité est un paramètre permettant de dimensionner des dispositifs. Lorsque l'on conçoit un dispositif, il faut s'assurer qu'il remplisse ses fonctions en toute sécurité pour l'utilisateur.

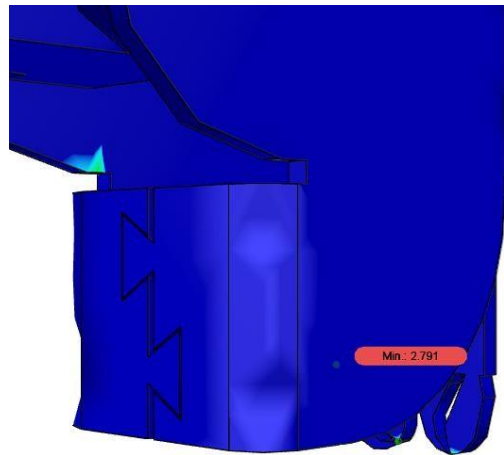
Comme on peut le voir sur la (Fig III.2) le facteur de sécurité est minimale est de 2,92, ce qui est considéré comme plus que satisfaisant. Cependant, à partir de la (Fig III.1), on peut constater que, la majeure partie du châssis présente un facteur de sécurité supérieur à 5. Nous avons donc entrepris une étude approfondie pour comprendre les raisons de cette différence. (Fig III.2)



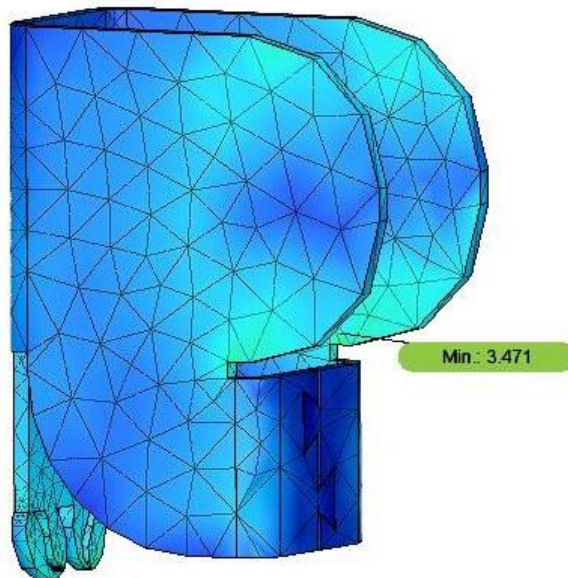
**Fig III.2** résultat de simulation numérique du châssis.

### III.2.4 Amélioration :

La pièce la moins résistante est le support de maintien du pivot (Fig III.3), qui a un facteur de sécurité minimum de 2,791. Pour améliorer la résistance de cette pièce, nous avons augmenté l'épaisseur de la tôle de cette pièce de passant de 1,5 mm à 2 mm. Cette modification a permis d'augmenter le facteur de sécurité de 2,791 à 3,47 comme le montre la (Fig III.4), ce qui est une amélioration significative pour assurer une meilleure fiabilité de la pièce.



**Fig III.3** : résultat de simulation sur le support pivot.



**Fig III.4** : résultat de simulation sur le support pivot améliorée.

### III.3 bras de levier:

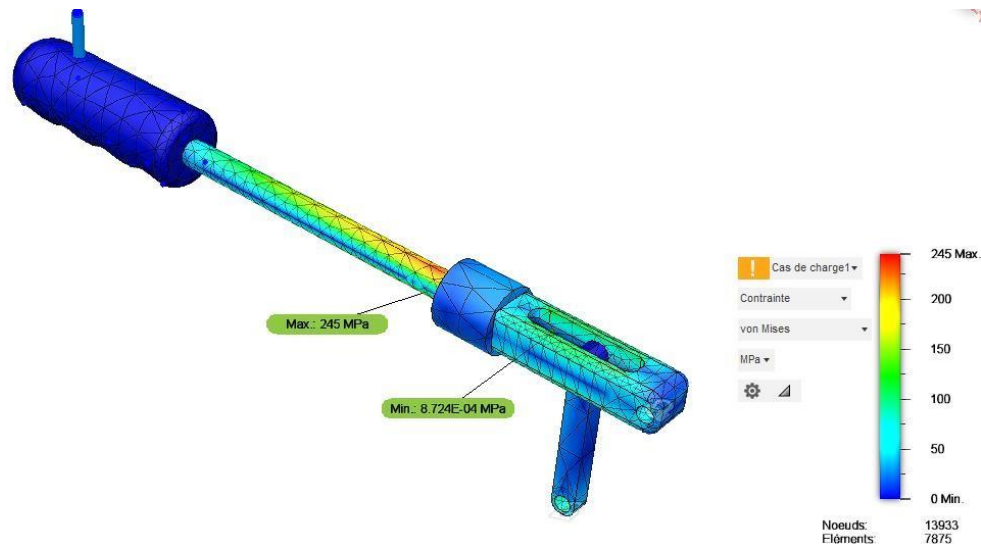
#### III.3.1 Condition aux limites :

La poutre en T présentée dans la (Fig III.1) a été introduite en remplacement du bras de levier bielle illustré dans la (Fig III.5). En conséquence, les mêmes conditions aux limites s'applique nt à la nouvelle configuration.

### III.3.2 Analyse des résultats :

Les (Fig III.5), (Fig III.6) et (Fig III.7) représente les résultats de simulation de l'assemblage du bras de levier bielle, une composante clé de la Moka Presse.

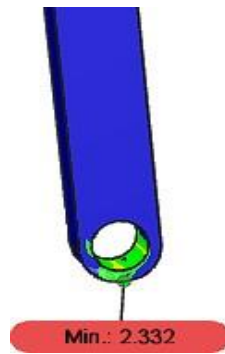
### III.3.3 Contrainte de Von mises



**Fig III.5 : contrainte de Von mises du bras de levier**

Après avoir analysé les résultats, il a été déterminé que le châssis présente une résistance maximale (contrainte de Von Mises) de 245MPa. Cette valeur a été observée dans la pièce désignée sous le nom de (bras de levier), qui est fabriquée en Acier inoxydable et dont la limite élastique est inférieure à cette contrainte, c.à.d.  $245 \text{ Mpa} < 320 \text{ Mpa}$ . Ces résultats nous conduisent à la conclusion que le châssis est capable de résister efficacement à des charges allant jusqu'à 200 N.

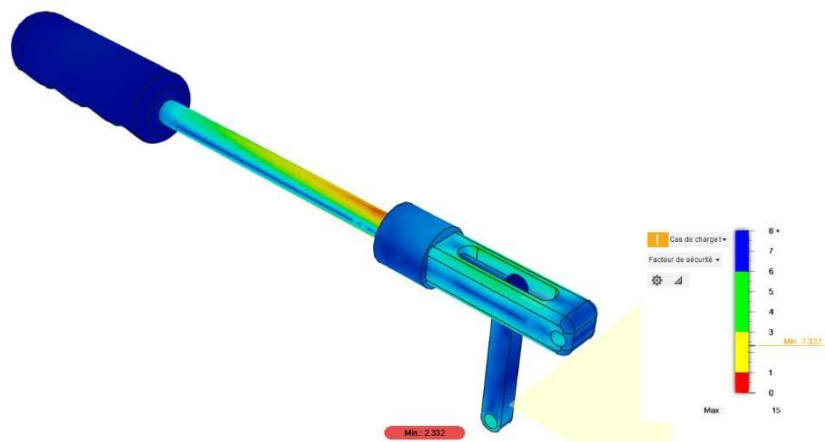
**Remarque :** Cependant, il est important de noter que certaines zones de l'assemblage sont plus sollicitées que d'autres. En l'occurrence, les zones les plus contraintes se situent au niveau du pied de la bielle, où la charge est transmise et concentrée, ainsi que dans la zone de transition entre les deux diamètres (Fig III.6) du bras en acier inoxydable.



**Fig III.6** résultat de simulation sur la bielle

### III.3.4 Facteur de sécurité :

Le facteur de sécurité, qui est de 2,32, est un indicateur important de la robustesse de l'assemblage. Il mesure la marge de sécurité entre la capacité de charge maximale que peut supporter la structure et la charge réelle qui lui est appliquée. Un facteur de sécurité de 2,32 signifie que la structure est capable de supporter 2,32 fois la charge maximale prévue sans risque de défaillance.



**Fig III.7** résultat de simulation numérique du bras de levier

### III.3.5 Amélioration :

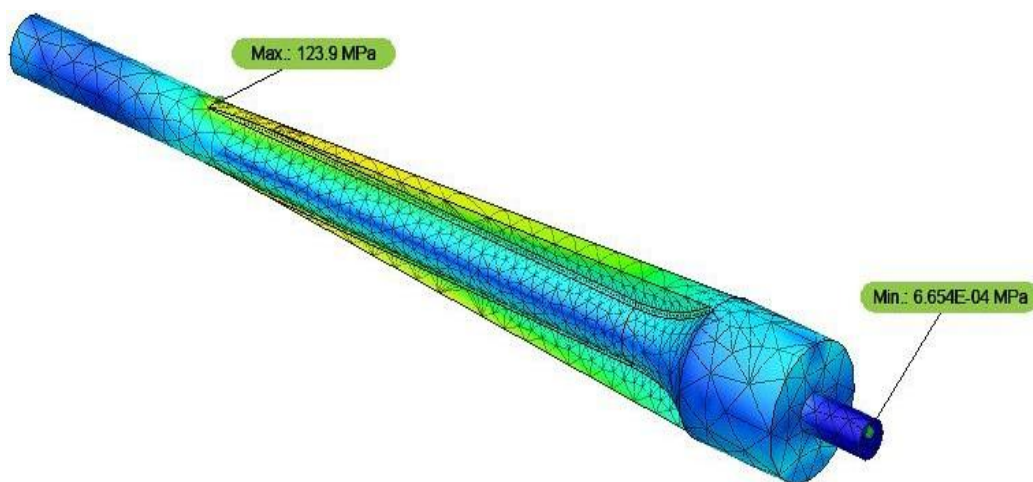
La (Fig III.8) représente une amélioration significative apportée au bras de levier dans le but de réduire les contraintes de Von Mises.

Les simulations du modèle de prototype ont clairement indiqué que la zone la plus sollicitée du châssis était le bras de levier, en particulier la zone de transition entre les deux diamètres. Bien que cette contrainte puisse être tolérée à l'échelle du prototype, elle pourrait

entraîner une défaillance prématurée de la pièce en cas d'utilisation intensive en raison de la fatigue des matériaux.

Cette amélioration consiste à ajouter des nervures le long du diamètre du bras de levier, ainsi qu'à adoucir la transition entre le premier et le deuxième diamètre.

L'amélioration apportée à la pièce vise à réduire la contrainte maximale à 123.9 Mpa, une valeur bien en dessous de la limite élastique du matériau utilisé, qui est de 317 Mpa. Cette modification garantit une robustesse accrue et une durabilité prolongée de la pièce, assurant ainsi la fiabilité de la Moka Presse dans des conditions d'utilisation variées.



**Fig III.8** Résultat de simulation numérique du bras de levier model amélioré

### **III.4 Simulation thermique :**

#### **III.4.1 Bloc d'extraction :**

Les (Fig III.9) et (Fig III.10) ci-dessous présente une simulation thermique du bloc d'extraction de la Moka Presse. Cette simulation a été réalisée en utilisant le logiciel Autodesk Fusion 360.

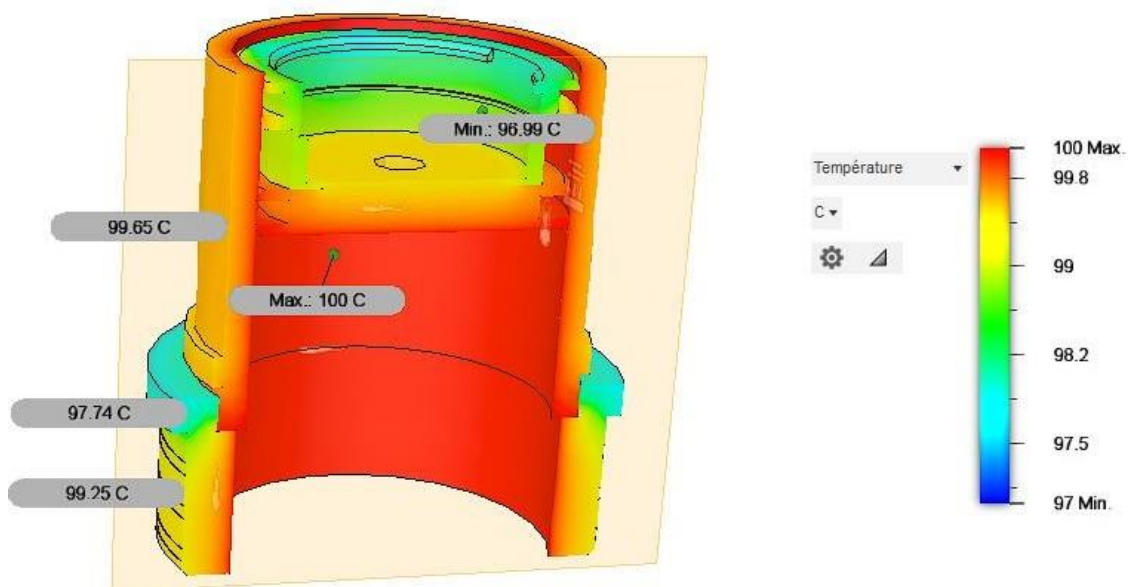
L'objectif principal de cette simulation est d'étudier la manière dont la chaleur est dissipée au sein de cet assemblage, en mettant l'accent sur les effets des charges qui se produisent lorsque la machine est en fonctionnement.

### III.4.2 Condition aux limites :

Nous avons introduit une source de chaleur sur les surfaces internes du bloc d'extraction, en particulier sur toutes les surfaces en contact avec l'eau chaude pendant le processus d'extraction. La température de l'eau a été fixée à une valeur constante de 100 degrés Celsius.

En outre, nous avons appliqué une charge de convection thermique aux parois extérieures de l'assemblage, affectant toutes les surfaces en contact avec l'air ambiant. La valeur de la convection de l'air a été modélisée en utilisant une convection naturelle, avec une plage de 5 à 10 W/m<sup>2</sup>.K, reflétant les conditions de transfert de chaleur à travers l'interface entre le bloc d'extraction et l'environnement environnant.

**Résultats :** Dans la (Fig III.9), plusieurs repères ont été placés pour évaluer la conductivité thermique de l'assemblage. Observe que sur les surfaces externes de l'assemblage, la température moyenne dépasse les 96 degrés Celsius. Cela indique que le matériau choisi pour la conception de la pièce chemise en bronze, présente une conductivité thermique très élevée, ce qui permet à la chaleur de se propager rapidement à travers le matériau.



**Fig III.9 :** résultat de la simulation thermique du bloc d'extraction sans isolation

En effet, en raison de cette efficacité de transfert de chaleur, le bloc ne retient pas la chaleur interne aussi bien qu'on le souhaiterait. Cela est principalement dû à la convection naturelle avec l'air ambiant, qui entraîne un refroidissement rapide de l'eau à l'intérieur de l'assemblage. En d'autres termes, bien que le matériau ait une excellente conductivité thermique, il ne parvient pas à maintenir la chaleur interne, car elle est rapidement dissipée vers l'environnement extérieur par le phénomène de convection thermique.

Un autre problème qui a été observé concerne la phase de remplissage en eau du bloc d'extraction. Étant donné que le bloc d'extraction est à la température ambiante au début de cette phase, il y aura une baisse de la température de l'eau à l'intérieur du bloc en raison du phénomène de conduction thermique.

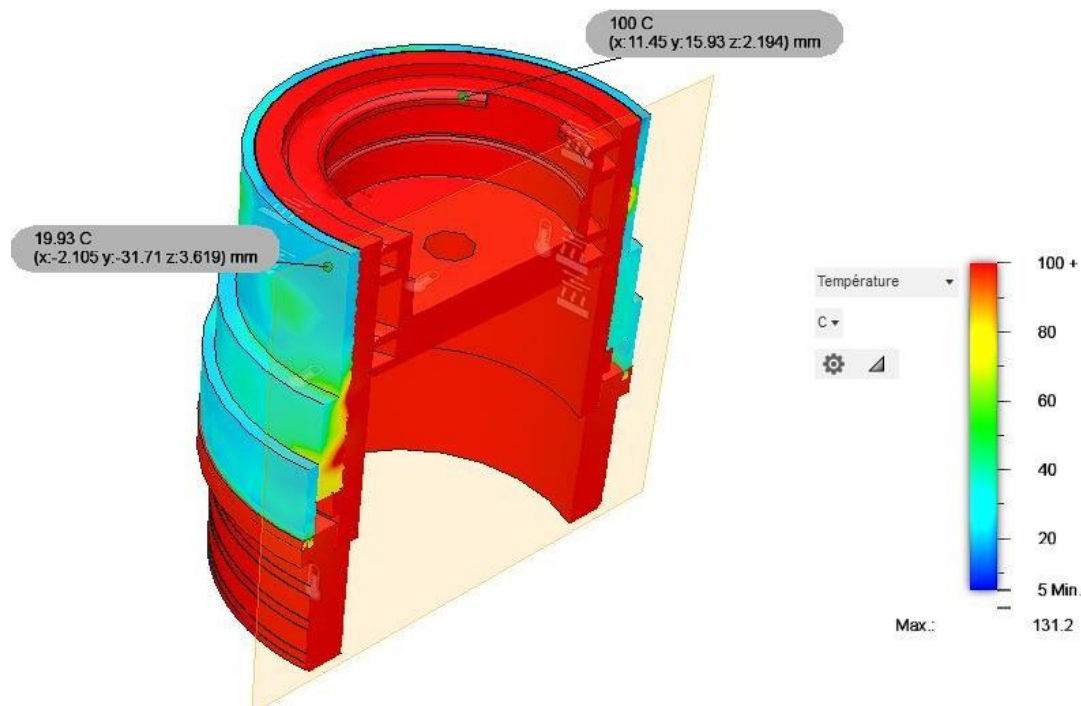
En d'autres termes, lorsque de l'eau chaude est introduite dans le bloc d'extraction à partir de l'extérieur, la différence de température entre l'eau chaude et le bloc plus froid entraîne un transfert de chaleur du bloc vers l'eau. Cela provoque une baisse de la température de l'eau à l'intérieur du bloc, ce qui peut affecter la qualité de l'extraction du café, car la température de l'eau joue un rôle essentiel dans ce processus.

#### **III.4.3 Solutions apportés**

- Pour résoudre le problème de perte de chaleur du bloc d'extraction en raison de la convection avec l'air, une solution a été mise en place. Cette solution consiste à incorporer une entretoise thermique en acétal afin d'assurer une isolation thermique adéquate.
- Pour résoudre le deuxième problème lié à la différence de température entre l'eau chaude et le bloc d'extraction, une solution a été mise en place. Cette solution implique le préchauffage du bloc d'extraction avant la première extraction, de manière à réduire l'impact de ce phénomène. Il est important de noter que ce problème ne se pose que lors de la première extraction.

Comme le montre la (Fig III.10), la température extérieure de l'entretoise est maintenue à la température ambiante. Cela résout efficacement le problème de perte de chaleur, tout en évitant le risque de brûlures lors de l'utilisation, car la surface externe du bloc d'extraction reste à une température sécuritaire pour l'utilisateur.





**Fig III.10 : résultat de la simulation thermique du bloc d'extraction avec isolation**

### III.5 Fabrication du prototype

Le tableau 3... présente en détail les phases de fabrication utilisées pour produire les différentes pièces qui composent le prototype de la Moka Presse. Notre processus de fabrication n a fait appel à une variété de techniques pour garantir la qualité et la précision requises. Voici un aperçu des procédés de fabrication que nous avons utilisés :

- Usinage Conventionnel : Nous avons réalisé des opérations de tournage et de fraisage conventionnels pour obtenir des pièces précises et finies.
- Usinage Numérique : Le fraisage CNC et le tournage CNC ont été employés pour la fabrication de pièces complexes, assurant ainsi une grande précision.
- Découpe au Laser et Découpe au Plasma : Ces méthodes ont été utilisées pour découper des pièces métalliques avec une grande précision.
- Soudage MIG/MAG : Nous avons assemblé des composants en utilisant des techniques de soudage MIG/MAG pour garantir une solidité optimale.
- Pliage Conventionnel : Les procédés de pliage conventionnel ont été employés pour créer des composants avec des angles et des formes spécifiques.
- Impression 3D : L'impression 3D a été utilisée pour la fabrication de pièces personnalisées avec des géométries complexes.

- Procédés de Finition : Nous avons appliqué une couche de thermo laquage au four et de peinture par pulvérisation pour assurer une finition esthétique et une protection contre la corrosion.

Ces différentes étapes de fabrication garantissent que chaque pièce de la Moka Presse est fabriquée avec soin et précision, ce qui contribue à sa qualité globale et à sa performance

Voici un tableau qui montre les procédés de fabrication utilisé pour chaque pièce de la moka presse :

<b>Phases de fabrication: moka presse</b>				
Réalisation :  • <b>Bensadi Fawzi</b>		Dans le cadre de l'obtention du diplôme 1275		
		<b>Lieux : HALL TECHNOLOGIE</b>		
		Date : 19/05/2023		
<b>Pièces</b>	<b>Matériaux</b>	<b>Phases</b>	<b>Unité</b>	<b>quantité</b>
Pièce C.1	S 235 JR G2	Découpe laser	Découpage	1
		Peinture	Thermo laquage	
Pièce C.2	S 235 JR G2	Découpe laser	Découpage	1
		Peinture	Thermo laquage	
Pièce C.3	S 235 JR G2	Découpe laser	Découpage	1
		Peinture	Thermo laquage	
Pièces BA.1	Aisi 316l	Débitage	Usinage	1
		Tournage		
		Fraisage		
		Peinture	Thermo laquage	
Pièces BA.2	Aluminium 7075	Débitage	Usinage	1
		Fraisage		
		Peinture	Thermo laquage	

Pièces BA.3	bois	Débitage	Usinage	1
		Fraisagecnc		
		Peinture	Vernissage	
Pièces BE.1	Résine acétal	Impression 3d	Impression 3d	1
Pièces BE.2	Aluminium 7075	Débitage	Usinage	1
		Fraisagecnc		
		Peinture	Vernissage	
Pièces BE.3	Bronze UE12P	Débitage	Usinage	1
		Tournage		
		Peinture	Vernissage	
Pièces BE.4	Bronze UE12P	Débitage	Usinage	1
		Tournage		
		Fraisage		
		Peinture	Vernissage	
Pièces BE.5	Bronze UE12P	Débitage	Usinage	1
		Tournage		
Pièces BE.6	Bronze UE12P	Débitage	Vernissage	1
		Tournage		
		Fraisage		
		Peinture		
Pièces BE.7	Aluminium 7075	Débitage	Usinage	1

		Fraisagecnc		
		Peinture	Vernissage	
Pièce S.1	Aluminium 7075	Débitage	Usinage	1
		Fraisagecnc		
		Peinture	Thermo laquage	
Pièce S.2	Aluminium 7075	Débitage	Usinage	1
		Fraisagecnc		
		Peinture	Thermo laquage	
Pièce S.3	S 235 JR G2	Découpe laser	Découpage	1
		Peinture	Thermo laquage	
Pièces esthétique	Filament abs	Impression 3d	Impression 3d	1

**Tableau III.5.1** : Phases de fabrication moka presse

### III.6 Conclusion :

En conclusion, notre étude numérique du comportement mécanique de la Moka Presse, avec une analyse approfondie des contraintes de Von Mises, des déplacements, et du coefficient de sécurité, ainsi qu'une évaluation de la dissipation thermique du bloc d'extraction, nous a fourni des informations essentielles pour améliorer la conception et la performance de cette machine à café. Grâce à l'utilisation du logiciel Auto desk Fusion 360, nous avons pu visualiser et comprendre comment la Moka Presse réagit aux charges et aux variations de température.

Ces analyses nous ont permis d'identifier des zones critiques de la Moka Presse qui nécessitent des améliorations pour assurer une durabilité et une fiabilité optimales. En prenant en compte ces résultats, nous avons pu apporter des modifications judicieuses pour renforcer la structure de la machine et améliorer sa résistance thermique.

En somme, cette étude numérique renforce notre confiance dans la qualité et la performance de la Moka Presse, tout en ouvrant la voie à des améliorations futures pour satisfaire encore davantage nos clients et répondre à leurs attentes en matière de café de qualité.

## Conclusion générale

Au cours de ce mémoire, nous avons parcouru un voyage à travers le monde du café, en explorant les subtilités de la préparation de l'expresso de haute qualité. Nous avons plongé dans les arcanes de la Moka Presse, une machine à expresso manuelle conçue pour offrir une expérience sensorielle exceptionnelle.

Dans les premiers chapitres, nous avons posé les bases en examinant les caractéristiques générales des machines à expresso et en identifiant les conditions optimales pour obtenir un expresso de qualité supérieure. Nous avons exploré les nuances du choix des grains de café, des torréfactions et de la taille de la mouture, tout en mettant en lumière l'importance du rapport café/eau, de la teneur en humidité, de la pression d'extraction et du temps d'extraction.

Ce voyage de découverte s'est ensuite poursuivi avec une plongée profonde dans la Moka Presse elle-même. Nous avons disséqué chaque composant de cette machine, révélant leurs rôles critiques dans la préparation de l'expresso. Les principes mécaniques sous-jacents à son fonctionnement ont été décryptés, avec des calculs et des considérations techniques pour garantir son efficacité.

Une étape importante a été notre étude numérique du comportement mécanique de la Moka Presse. Grâce à des simulations détaillées réalisées avec le logiciel Auto desk Fusion 360, nous avons pu évaluer les contraintes, les déplacements et la résistance thermique de cette machine. Cela nous a permis d'identifier des zones clés nécessitant des améliorations pour une durabilité et une performance accrues.

Cette recherche nous a donné un aperçu complet de la Moka Presse, de sa conception aux aspects mécaniques et thermiques. Elle nous a fourni les connaissances nécessaires pour produire une machine à expresso manuelle de haute qualité, tout en ouvrant la porte à des améliorations futures. La Moka Presse incarne notre engagement envers la qualité, la durabilité et l'art de préparer un expresso parfait, et nous sommes impatients de la partager avec les connaisseurs de café du monde entier.

## Références bibliographiques

- [1] Moriondo, Angelo. Brevet d'invention pour une machine à café expresso. Turin, Italie, 1884.
- [2] Bezzera, Luigi. Brevet d'invention pour une machine à café expresso. Milan, Italie, 1901.
- [3] Pavoni, Desiderio. Brevet d'invention pour une machine à café expresso. Milan, Italie, 1905.
- [4] Gaggia, Achille. Brevet d'invention pour une machine à café expresso. Milan, Italie, 1947.
- [5] Les avancées technologiques jusqu'à la seconde guerre mondiale Darmon, J.-P.(2015). Histoire de la machine à café. Revue d'histoire moderne et contemporaine, 62(4), 7-32.
- [6] La machine à piston : Le groupe à levier d'Achille Gaggia et son impact sur la culture café Leguay, J.-P. (1984). La machine à café expresso : une histoire italienne. Annales. Histoire, Sciences Sociales, 39(2), 319-336.
- [7] L'ère hydraulique : L'émergence des machines hydrauliques pour une production plus rapide | International Coffee Organization. (2023). Histoire de la machine à café.
- [8] La généralisation de la machine à expresso dans les bars et restaurants | Maison du Café. (2023). Histoire du café.
- [9] "Comment fonctionne une machine à expresso manuelle ?". (2023). Barista Hustle.
- [10] Frédéric Rapin. (2023). Machines à expresso : histoire, fonctionnement et entretien. (p. 23-24)
- [11] "Guide d'extraction de l'expresso manuel". (2023). Barista Hustle.
- [12] Les avantages des machines à expresso manuelles". (2023). Perfect
- [12] "L'impact environnemental du café". (2023). Greenpeace.
- [13] "Les capsules de café jetables : un impact environnemental majeur". (2023). Le Monde.
- [14] "Le café et son impact environnemental". (2023). Fondation Nationale du Café.
- [15] "La science du café expresso". (2023). Barista Hustle.
- [16] "La science du café expresso". (2023). Barista Hustle.
- [17] Frédéric Rapin. (2023). Machines à expresso : histoire, fonctionnement et entretien. (p. 33)

## Résumé :

Mon projet consiste en la conception d'une machine à café manuelle autonome, sans besoin d'électricité, adaptée à différents environnements. J'ai mené une étude approfondie de l'histoire des machines à café, suivie d'une conception numérique utilisant le logiciel Fusion 360 pour créer la Moka Presse. J'ai ensuite effectué une simulation pour évaluer son comportement et mis en œuvre différentes techniques de fabrication pour produire un prototype fonctionnel. Ce projet a consolidé mes compétences en conception, simulation et fabrication, tout en créant un produit répondant aux besoins de café sans électricité.

## Abstract:

My project is the design of a self-contained, manual coffee machine that does not require electricity and is adapted to different environments. I conducted an in-depth study of the history of coffee machines, followed by a digital design using Fusion 360 software to create the Moka Presse. I then performed a simulation to evaluate its behavior and implemented different manufacturing techniques to produce a functional prototype. This project has consolidated my skills in design, simulation, and manufacturing, while creating a product that meets the needs of coffee without electricity.

## ملخص

المشروع هو تصميم آلة قهوة يدوية قائمة بذاتها والاحتياج إلى كهرباء ومزاجية لمختلف البيئات. لُذ أُجريت دراسة شاملة ثم نُجيت بإجراء محاكاة Moka Presse لإنشاء Fusion 360 لتاريخ آلات القهوة ، تلويها تصميم رقمي باستخدام برنامج لتقييم سلوكها وتنبؤ توتيات تصنيع مختلف الإنتاج نموذج أولي قابل للتطبيق. عزز هذا المشروع مهاراتي في التصميم والمحاكاة والتصنيع ، بيزمأ أشراً منتجاً يلبي احتياجات القهوة بدون كهرباء.