

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE

Présenté par :

Elhadj Amar DJAAFAR

Thème

Conception Et Réalisation D'un Chaudière à Cire

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
SAIB CHERIF	MCA	Président
ROKBI Mansour	MCA	Encadreur
ZEGGANE HAOUARI	MCA	Examineur

Année Universitaire : 2021 / 2022

N° d'ordre : GM/...../2022

DÉDICACES

Je dédie ce travail à :

Ma Mère et mon Père,

pour leurs soutiens tout le long de mes études.

Mes Frères.

Ma Grande Famille.

Mes Amis chacun avec son nom.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les enseignants du département de génie mécanique surtout Dr. Mansour Rokbi, par ses connaissances et tout conseil et orientation, grâce à ses connaissances et tous les enseignants qui ont participé à notre formation et tous qui nous m'ont aidé pour la réalisation de ce travail de près ou de loin mes sincères remerciements.

Nous tenons à remercier également Dr. Mohamed Latrache qui nous a participé dans ce modeste travail avec ses conseils, surtout avec le logiciel utilisé dans notre travail (ANSYS 2021), alors merci docteur de son soutien durant ce mémoire.

ملخص :

شمع العسل هو أحد منتجات عش النمل الذي يرى استخدامه في مختلف قطاعات النشاط. يتطلب الأمر تقشفاً خاصاً في تربية النحل لأنه الدعم الذي تودع فيه النحلة حضنتها بالإضافة إلى العسل وغذاء ملكات النحل وحبوب اللقاح والعكبر.

العمل الذي قمنا به سمح لنا ، من ناحية ، بنقل بعض الإجابات عن الأسئلة التي يطرحها النحالون على أنفسهم ، وبالتالي تصنيعها ، وتكييفها مع إجراءات تحليل غلايات الشمع حتى تتمكن من استخدامها بفاعلية في المجال وفي الوقت المناسب ، من ناحية أخرى ، لتوعيةنا بأهمية وسائل شمع الغلايات.

Abstract :

Beeswax is one of the products of the anthill which sees its use in various sectors of activity. It takes a particular austerity in beekeeping because it is the support on which the bee deposits its brood as well as honey, royal jelly, pollen and propolis.

The work that we have carried out has allowed us, on the one hand, to transport some answers to the questions that beekeepers ask themselves, thus manufacturing them, adapting them with the analysis procedures of the wax boilers to be able to use them effectively in the field. and in due time, on the other hand, to make us aware of the importance of the means of boiler waxes.

Résumé :

La cire d'abeille est un des produits de la fourmilière qui aperçois son utilisation dans divers secteurs d'activité. Il prend une austérité particulière en apiculture car c'est le support sur lequel l'abeille dépose son couvain ainsi que miel, gelée royale, pollen et propolis.

Le travail que nous avons exécuté nous a permis, d'une part, de transporter quelques réponses aux questions que se posent les apiculteurs, leur fabriquant, ainsi, adapter avec les procédures d'analyse des chaudière cires pour pouvoir les utiliser efficacement sur le terrain et en temps voulu, d'autre part, de nous prendre conscience de l'importance du désigne des chaudière cires.

Listes des figures

Figure	Titre	Page
Chapitre I : Cire d'abeilles		
Chapitre II : Méthode d'extraction de cire d'abeille		
Figure II.1	Désoperculassions manuelle de la cire d'opercules d'une hausse à l'aide d'un couteau (©Alexa Brunet)	11
Figure II.2	La chaudière à vapeur (©Florent Guillaud et Agnès Schryve	14
Figure II.3	Cire d'opercules avant la fonte(©Florent Guillaud et AgnèsSchryve)	14
Figure II.4	Détritus emprisonnés dans le bas de nylon(©Florent Guillaud et Agnès Schryve	15
Figure II.5	Pains de cire d'opercules démoulés après le(©Florent Guillaud et Agnès Schryve)	15
Figure II.6	Certificateur solaire	16
Figure II.7	Certificateur solaire contenant un cadre de cire de corps(©rucher d'Escudié)	16
Chapitre III : Méthode d'extraction par chaudière		
Figure III.1	Exemple 1 : la chaudière à cire ronde.	21
Figure III.2	Exemple 2 : chaudière à cire rectangulaire.	
Figure III.3	Fourneaux de chaudière.	22
Figure III.4	Panneaux de cire	22
Figure III.5	Fermeture sur panneaux	23
Figure III.6	Sortie du liquide de cire fondu et filtré à travers le tube	23
Chapitre IV : Conception d'une chaudière a cire d'abeilles		
Figure IV.1	Cylindre intérieur	25
Figure IV.2	Cylindre intérieur.	26
Figure IV.3	Disque couvercle supérieur	26
Figure IV.4	Grille amovible	27
Figure IV.5	Tuyaux de sortie de cire et de déchets	27
Figure IV.6	Robinet	28
Figure IV.7	Capteur de température	28
Figure IV.8	Cylindre couvercle percé	29
Figure IV.9	Chaudière après soudage	30
Figure IV.11	Montage du capteur thermique	31
Figure IV.12	Montage de la table d'appuis	32
Figure IV.13	Montage des robinets	32
Figure IV.14	Chaudière de cire réalisée sous ANSYS Workbeench	33

Listes des Tableaux

Tableau	Titre	Page
Chapitre I : Cire d'abeilles		
Tableau 1.1	Composition détaillée de la cire d'abeille (Tulloch 1980)	6
Tableau 1.2	Caractéristiques sensorielles et physico-chimiques de la cire d'abeille (Bogdanov 2004 ; JECFA 2005 ; Pharmacopée Européenne 2005).	8



SOMMAIRE

SOMMAIRE

Dédicace	I
Remerciements	II
Résumé	III
Listes des figures	IV
Listes des tableaux	V
Sommaire	VI
Introduction générale	01
Chapitre I : Cire d'Abeilles	03
I.1.Définitions, caractéristiques de la cire	03
I.1.1 Cire, une production de l'abeille	03
I.1.2 caractéristiques de la cire	04
I.2.Revue historique sur la cire d'abeille	04
I.3 Composition de la cire et caractéristiques physico-chimiques	05
I.3.1 Composition de la cire	05
I.3.2 Caractéristiques sensorielles et physico-chimiques	07
I.4 collecte de la cire d'abeille	08
I.5 Différents domaines d'utilisation	09
Chapitre II. Méthodes d'extraction de la cire d'Abeilles	10
II.1 Introduction	10
II.2 Origine et fabrication de la feuille de cire	10
II.2.1 Récupération de la cire	11
II.2.2 Séparation du miel de la cire d'opercules	12
II.2.3 Séparation du miel de la cire d'opercules	12
I.2.Revue historique sur la cire d'abeille	13
II.3 Les méthodes d'extraction de la cire	13
II.3.1 L'extraction à la vapeur	13
II.3.2- L'extraction par la chaleur solaire	16
II.3.3 L'extraction à l'eau chaude avec immersion forcée	18
II.3.4 Extraction à l'eau chaude avec presse	18
II.3.5 Extraction à la presse et à la vapeur	19

SOMMAIRE

II.3.5 Extraction à la presse et à la vapeur	19
II.3.6 Extraction par centrifugation	19
II.3.7 Extraction par solvants chimiques	19
II.3.8 Extraction par chauffage électrique direct	20
Chapitre III. Méthode d'extraction par chaudière.....	21
III.1 Définition de chaudière a cire	22
III.2 Etapes du processus	23
III.3 Caractéristique de cette méthode.....	23
III.4 Simple principe de fonctionne de chaudière	24
Chapitre IV Conception d'une chaudière	25
IV.3Introduction	25
IV.2 Composantes de chaudière de cire concerté	25
IV.2.1 Cylindre intérieur	25
IV.2.2 Cylindre extérieur.....	26
IV.2.3 Disques couvercles	26
IV.2.4 Grille amovible	27
IV.2.5 Tuyaux.....	27
IV.2.6 Robinets d'arrêt	27
IV.2.7 Capteur.....	28
IV.3 Opérations de fabrication.....	28
IV.3.1 Perçage.....	28
IV.3.2 Soudage.....	29
IV.3.2.1 Le soudage MMA.....	30
IV.3.3 Montage des équipements	31
Conclusion.....	34
Références bibliographiques	35



INTRODUCTION

Introduction générale :

L'industrie de la cire d'abeille est connue depuis des temps immémoriaux et s'est développée au fil du temps en termes de qualité, de quantité et de rapidité de fabrication de sorte qu'elle a contribué à la diligence afin de développer la technologie de sa fabrication, ainsi à travers cette note nous allons vous expliquer le principe de l'industrie de la cire d'abeille et les étapes par lesquelles passe le processus d'extraction, ainsi que Nous expliquerons l'histoire et le patrimoine de la cire d'abeille et de sa fabrication.

La fabrication de la cire d'abeille dépend de plusieurs méthodes différentes, chacune avec ses propres caractéristiques, et il y a celles qui sont communes. La cire d'abeille est collectée à travers plusieurs formes qui sont réservées en fonction de la quantité et de la méthode qui sera fabriquée, comme nous l'avons mentionné. auparavant, où la cire d'abeille passe par plusieurs étapes (comme nous l'expliquerons dans les chapitres) Jusqu'à la fin du processus par lequel nous extrayons la cire d'abeille pure pour une utilisation dans plusieurs choses industrielles.

La cire d'abeille est un composant complexe, comprenant plus de 300 substances différentes, définies par Coggshall (1949) comme un mélange d'esters d'acides gras, d'alcools à longue chaîne et d'hydrocarbures de haut poids moléculaire et d'esters d'alcools miracyl abondamment avec palmitique, cérotique et autres. esters d'acides. Tolloch (1980) a également expliqué qu'il se compose principalement d'esters d'acides gras et d'alcools, en plus de petites quantités d'hydrocarbures, d'acides et de certaines autres substances, en plus de la classification d'environ 50 composants aromatiques autres que la composition chimique des échantillons de cire d'abeille. , qui varie d'un échantillon à l'autre La chimie de la cire d'abeille est à l'étude avec le développement de méthodes analytiques, notamment l'utilisation d'appareils de chromatographie en phase gazeuse.

Il a été prouvé que la cire d'abeille est un matériau stable à température normale, et reste stable pendant longtemps ; Il résiste à l'oxydation naturelle et à l'hydrolyse, et il a été constaté que des échantillons conservés il y a des milliers d'années présentaient peu de changements. Les abeilles fabriquent de la cire d'abeille dans le but de stocker

Introduction générale

le miel qu'elles produisent, et il se présente sous la forme de rayons constitués d'un groupe de cellules hexagonales.

La cire d'abeille peut contenir plus que du miel brut, elle contient également du nectar et du miel royal dans ses cellules hexagonales, mais en très petites quantités.

La cire d'abeille présente de nombreux avantages, notamment sanitaires et industriels.

Mais le but de cette étude et des explications est la technologie et le mécanisme d'extraction de la cire d'abeille, donc l'explication ci-dessous expliquera tous ces détails que nous avons précédemment définis.

CHAPITRE 1

1.1- Définitions, caractéristiques de la cire :

1.1.1- Cire, une production de l'abeille :

La cire est une production de l'abeille. Elle est synthétisée par les ouvrières de la colonie et sert à la construction du nid. Pour élaborer les rayons de cire constituant la structure physique du nid, les ouvrières travaillent collectivement : elles s'accrochent les unes aux autres, formant ainsi une « chaîne cirière » et sécrètent de la cire.

La synthèse de cire se déroule au niveau des glandes cirières situées sur la face ventrale de l'abdomen. Elles sont au nombre de huit, réparties par paires sur les segments 4, 5, 6 et 7 de l'abdomen. La cire est excrétée par ces glandes au niveau de plaques cirières appelées également.

« Miroirs à cire ». Au contact de l'air, elle va se solidifier et former une écaille de cire. Cette écaille est très blanche, voire translucide et pèse environ 0,8 mg (Darchen 1968). Ensuite, la récolte des écailles va se dérouler en plusieurs étapes. D'abord, l'ouvrière prélève l'écaille de cire à l'aide d'une patte postérieure. L'écaille est alors fixée sur les poils de la patte et va être ensuite amenée jusqu'aux mandibules pour y être mastiquée pendant environ quatre minutes (Casteel 1912).

Les ouvrières sont capables de produire de la cire dès le premier jour de vie mais c'est entre le 12ème et 18ème jour que les glandes cirières atteignent leur développement maximal. La synthèse de cire diminue ensuite considérablement avec l'âge (Bogdanov 2009a).

La production de cire dépend de nombreux facteurs et est notamment favorisée par les facteurs suivants (Bogdanov 2009a) :

1.1.2- caractéristiques de la cire :

Lors d'une forte miellée : la production de miel augmente et les abeilles ont besoin de rayons de cire pour stocker le miel, la production de cire augmente alors, lors de l'augmentation du nombre d'œufs, si une reine est présente dans la colonie, lorsque la température extérieure est supérieure à 15°C, lorsque les abeilles ont accès à des protéines, notamment du pollen.

1.2- Revue historique sur la cire d'abeille :

Le caractère bénéfique de l'abeille, sa « sagesse » et les vertus de ses produits, ont été de multiples fois choisis pour illustrer les qualités humaines et spirituelles, elles sont le symbole de la pureté et de la chasteté dans toutes les cultures et religions.

On retrouve en Afrique du Sud les gravures rupestres décrivant la récolte du miel par des chasseurs/cueilleurs bien avant que l'homme ne domestique l'insecte. Les historiens ont prouvé avec certitude que la cire (Cers chez les grecs et Sera chez les latins) avait déjà une grande renommée dans l'antiquité, d'ailleurs la civilisation égyptienne nous donne les preuves de son utilisation par les embaumeurs comme agent conservateur.

Aristote (300 ans avant J.-C.) étudia les abeilles de manière plus objective et son œuvre considérable, marquera à jamais le monde apicole et au deuxième siècle de notre ère, le célèbre Galien mis au point la formule d'un cérat que nous retrouvons dans le codex aujourd'hui.

Chaque produit de la ruche a fait son chemin dans l'histoire, mais peu de matériaux eurent comme la cire d'abeille un usage aussi répandu et diversifié à travers le temps. Elle fut jusqu'à une époque récente la matière plastique par excellence, pure ou en mélange. Ses utilisations relevaient des domaines technologiques, religieux, artistiques et médicaux. L'éclairage, notamment, en absorba une quantité considérable dans l'antiquité où elle servait à lutter et à cacheter les urnes de vivres, à colmater les fissures des récipients, comme ciment pour la décoration intérieure des maisons,

comme vernis pour marbre ou enduit pour cordage ainsi à la fabrication des cierges liturgiques.

Au XI^{ème} siècle, le célèbre médecin iranien Avicenne utilisât la cire pour ses nombreuses vertus et écrit dans son répertoire « la cire ramollit les tumeurs squameuses et a même le pouvoir d'extirper les venins ».

Au XIV^{ème} siècle la cire entrait pour une très grande part dans les redevances en nature et subvenait essentiellement à l'éclairage des demeures princières, des monastères et des églises, ce luxe de l'éclairage s'accrut dans les palais aux XV^{ème} et XVI^{ème} siècles et la bourgeoisie de cette époque (la bourgeoisie de chambre) était désignée sous le nom de (bourgeoisie de cire).

Au début du XVI^{ème} siècle et en Afrique du Nord, la ville antique de Saldæ (Bejaia) a été surnommée Bougie à cause du commerce florissant de cire d'abeille qui s'y prêtait, où il y eu beaucoup d'exportations grâce aux espagnols.

Au XVIII^{ème} siècle la consommation de cire est devenue plus complexe puisque les axes d'utilisation se sont diversifiés (les arts, les industries...etc.).

Au XX^{ème} siècle la cire reprend son importance dans la médecine, des travaux réalisés aux états unis en 1946 consistant à incorporer certains médicaments injectables à base de cire pour obtenir l'effet retard, mais on l'utilisait aussi dans l'enrobage de certaines substances médicamenteuses.

1.3 Composition de la cire et caractéristiques physico-chimiques :

1.3.1 Composition de la cire :

La cire d'abeille est une matrice complexe de nature lipidique qui peut contenir plus de 300 substances (Tulloch, 1980). Une composition détaillée de la cire est présentée dans le tableau I.

Nombre de composés présents dans lafraction			
Composés	Fraction de chaque composé dans la composition totale(en %)	Composants dont la teneur est supérieure à 1%	Composants dont la teneur est inférieure à 1%
Hydrocarbonés	14	10	66
Mon esters	35	10	10
Diester	14	6	24
Triesters	3	5	20
Hydroxy monoesters	4	6	20
Hydroxy polyesters	8	5	20
Esters d'acide	1	7	20
Polyesters d'acide	2	5	20
Acide slibres	12	8	10
Alcool slibres	1	5	?
Composés non identifiés	6	7	?
TOTAL	100	74	> 210

Tableau 1.1 : Composition détaillée de la cire d'abeille (Tulloch 1980)

Les familles de composants dits « majeurs » sont ceux dont la teneur est supérieure à 5%. Il s'agit des hydrocarbures, des acides gras libres, des monoesters, des diesters, et des hydroxy- polyesters.

Les alcools, les esters d'acide et les hydroxy-monoesters sont présents en plus faible quantité. La cire d'abeille est également composée de protéines (Kurstjens, MC Clain, et Hepburn 1990) et quarante-huit composés aromatiques y ont été identifiés (Ferber et Nursten 1977). Sa nature lipidique et sa composition rendent son analyse complexe en laboratoire.

1.3.2 Caractéristiques sensorielles et physico-chimiques :

La cire d'abeille peut également être définie par ses caractéristiques sensorielles et physico- chimiques. Ces dernières sont publiées dans les pharmacopées et par le JECFA, Comité d'expert FAO/OMS (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture/ Organisation mondiale de la santé) sur les additifs alimentaires. Elles sont présentées dans le tableau II.

Paramètres	Propriétés Retenues
<u>Caractéristiques sensorielles</u>	
Couleur	Jaune clair àjaune brun
Odeur	Similaire à c elle dumiel
Consistance	Corpssolideàtempératureambiante,seramollità partirde35°C
<u>Caractéristiques physico-chimiques</u>	
Point de fusion	61-66°C
Densité	0,950-0,965
Solubilité	Insoluble dans l'eau, soluble à chaud dans l'éther, l'acétone, le chloroforme et benzène
Indicederéfraction(à75°C)	1,440-1,445
Indice d'acide	18-23
Indice d'ester	70-90
Ratio esters /acide	3,3-4,3 pour la cire européenne,8-9 pour la cire asiatique

Indice de saponification	87-104
Résidus d'acaricides	Absence
Adultération	Absence
Teneur en hydrocarbures (Estimé par gravimétrie)	Maximum 14,5% pour <i>Apis mellifera</i> , 13,8% pour les espèces africaines

Tableau 1.2 : Caractéristiques sensorielles et physico-chimiques de la cire d'abeille (Bogdanov 2004 ; JECFA 2005 ; Pharmacopée Européenne 2005).

1.4 Collectes de la cire d'abeille :

La cire d'abeille est collectée à partir des cadres bâtis des ruches d'apiculteurs, lors de la centrifugation du miel (extraction), cette cire est de très haute qualité, très claire. Les vieux cadres donnent une plus petite proportion de cire et de moindre qualité. Les parties cireuses sur les parois de la ruche ainsi que sur le fond sont très riches en propolis et c'est pour cela qu'il ne faut pas les mélanger avec la cire de haute qualité.

Toutes les pièces de cire sont lavées pour éliminer le miel et les débris, en les plongeant dans de l'eau pendant plusieurs heures. Le premier lavage se fait par une petite quantité d'eau qui sera destinée, plus tard, pour l'industrie de la bière ou pour l'alimentation des abeilles elles-mêmes (quand il n'y a pas de maladies infectieuses).

Il existe différentes méthodes de raffinage de la cire telles que :

- La fusion par le soleil,
- La fusion dans l'eau,
- La fusion par la vapeur et des presses spéciales.

La cire d'abeille ne doit jamais être chauffée au-delà de 85°C, sinon elle se décolore, surtout au contact de récipients en cuivre ou en acier. Les résidus du raffinage de la cire sont assez riches en protéines (22%) et seront utilisés pour une partie dans l'alimentation animal.

1.5 Différents domaines d'utilisation

Les domaines d'utilisation de la cire d'abeille sont très nombreux avec plus de 300 utilisations industrielles recensées. Les industries cosmétiques et pharmaceutiques sont les principaux utilisateurs, à raison de 70% du commerce mondial (FAO 2005). Dans l'industrie cosmétique, son pouvoir filmogène est mis à profit dans les rouges à lèvres et les sticks déodorants, son pouvoir texturant dans les gloss, son pouvoir durcisseur dans les savons et ses arômes dans les parfums. En industrie pharmaceutique, elle est utilisée pour la fabrication de médicaments et de capsules. Dans l'industrie alimentaire, elle sert d'agent d'enrobage et c'est un additif alimentaire classé sous le code E901. Elle peut servir également à confectionner des bougies, des sculptures et certains instruments de musique. Elle fait partie de la composition de certains encaustiques, produits destinés à lustrer le bois (Bogdanov 2009b).

Enfin, la cire d'abeille constitue un intrant majeur en apiculture. Elle est alors utilisée sous forme de feuilles et a pour fonction d'accueillir le couvain ou le miel. Les domaines d'utilisation de la cire d'abeille sont multiples et pourrait faire chacun l'objet d'une étude. Cette étude se limite à la cire destinée à l'usage apicole.

Pour aborder la suite de l'étude, des informations d'ordre général concernant l'apiculture sont nécessaires et font l'objet de la fiche explicative présentée ci-après.



CHAPITRE 2

II.1-Introduction :

Plusieurs méthodes existent. La bougie en cire d'abeille reste d'ailleurs la seule source de lumière totalement neutre pour l'environnement puisque le peu de CO₂ qu'elle rejette est absorbé par les plantes que les abeilles butinent.

Pendant la saison, il est possible de récupérer des cires en construction sauvage entre et sur les cadres, et sur les couvercles de ruche. Lors de l'extraction du miel il est également possible de récupérer les gouttes restantes sur les opercules et les rayons en les entourant de mousseline qu'on égoutte. Il suffit alors de les plonger dans l'eau bouillie puis refroidie pour dissoudre les miels, puis de laisser sécher la cire. Le miel récupéré pourra servir à la fabrication de l'hydromel.

Il faut ensuite la préparer. Plusieurs méthodes existent. On peut la placer dans un sac de mousseline, la placer dans l'eau et porter à 62°C. La cire fond et remonte alors à la surface.

De plus en plus d'amateurs optent maintenant pour l'extracteur solaire. Il s'agit d'un cadre de verre orienté vers le soleil qui atteint une température de 60°C. Il suffit de placer la cire sur une assiette ou du métal en formant un angle à 45 ° sous une fenêtre où entre les rayons du soleil.

La cire fond et s'écoule sur une plaque de récupération ne laissant que les impuretés, morceaux de bois, propolis, divers débris sur la partie supérieure. Votre bloc de cire est alors prêt.

II.2-Origine et fabrication de la feuille de cire :

<w. Les trois premières étapes sont réalisées par l'apiculteur et permettent l'obtention d'un pain de cire. La dernière étape (le gaufrage) peut être effectuée par les ciriers

mais aussi les apiculteurs. Ces étapes sont présentées succinctement ci-dessous (Jéanne 2003 ; Centre de Formation Professionnelle et de Promotion agricoles, s.d.).

II.2.1-Récupération de la cire :

Il faut distinguer la cire d'opercule de la cire de cadre. Pour la cire d'opercule, il existe une étape de désoperculassions. Celle-ci consiste à retirer les opercules des cadres des hausses lors de l'extraction du miel.

Elle peut être réalisée à la main avec un couteau à désoperculer (figure 5) ou grâce à une machine à désoperculer automatisée. Pour 100 kg de miel operculé produit, on récupère, selon les auteurs, 1,5 à 1,6 kg de cire d'opercules (Bruneau 2004 ; Conseil des productions végétales du Québec 1980). Pour la cire de cadre, les feuilles peuvent être découpées et retirées des cadres avant d'être fondues ou laissées sur le cadre. Cela dépend du procédé utilisé pour faire fondre la cire.



Figure II.1 : Désoperculation manuelle de la cire d'opercules d'une hausse à l'aide d'un couteau (©Alexa Brunet)

II.2.2-Séparation du miel de la cire d'opercules :

La cire d'opercules est au contact direct du miel. Lors de la désoperculation, une petite quantité de miel reste collée à la cire d'opercules et est entraînée avec celle-ci. Cette étape permet donc d'extraire le miel résiduel de la cire d'opercules. Différentes techniques sont utilisées :

L'égouttage : sur un tamis ou sur un bac à désoperculer équipé d'une grille filtrante : le tamis ou la grille retient les opercules et laisse passer le miel. Cependant, les opercules retiennent toujours une quantité de miel qui ne pourra être extraite que par centrifugation, pressage, lavage ou pillage.

Le pressage : cette technique peut être utilisée en ayant recours à un presseur à fruits. Elle a l'avantage de pouvoir récupérer le miel encore retenu par les opercules. Le pressage des opercules doit s'effectuer durant 24 heures minimum mais peut durer plus longtemps. Une fois le pressage terminé, une galette d'opercules pressés est récupérée puis lavée à l'eau tiède pour enlever le miel résiduel.

D'autres techniques de pressage utilisant des machines spécialement conçues à cet effet sont utilisées : le produit de désoperculation est mis sous pression par une vis sans fin séparant ainsi le miel et la cire. Le miel passe au travers d'une grille et la cire est récupérée sous forme d'écailles sèches en bout de l'appareil.

La centrifugation : le produit de désoperculation est placé dans un sac en toile de nylon puis déposé dans la cage rotative de la centrifugeuse. Lors de la centrifugation, la cire est retenue par la toile tandis que le miel est projeté sur la paroi de la cuve. Contrairement aux trois techniques présentées ci-dessus, les deux techniques suivantes ne permettent pas de récupérer le miel résiduel à des fins de consommation humaine :
Le lavage : les opercules sont mis à tremper dans de l'eau tiède (entre 40 et 45°C) puis passés dans une passoire. Ils sont ensuite mis à sécher sur une toile.

Le pillage : dans ce dernier cas, les opercules sont placés à proximité de la ruche et la cire est nettoyée par les abeilles qui viennent lécher le miel présent sur les opercules. Néanmoins, ce procédé doit être utilisé avec prudence car il peut constituer un risque de diffusion d'agents pathogènes et peut rendre les abeilles agressives.

II.3 Les méthodes d'extraction de la cire

Cette étape concerne la cire de cadres et d'opercules. La fonte permet l'extraction de la cire et l'élimination de certaines impuretés telles que les restes de cocons, d'abeilles, ... qui peuvent être présents. Différentes techniques peuvent être utilisées

II.3.1 L'extraction à la vapeur :

Réalisée grâce à une chaudière à cire. La chaudière est constituée de deux cuves superposées.

La cuve du dessus reçoit les cadres de cire à fondre et/ou les cires d'opercules. Ils sont déposés au fond de la cuve sur une grille métallique.

La cuve du dessous contient de l'eau qui est portée à ébullition. La chaudière étant fermée par un couvercle, la vapeur d'eau va permettre de fondre la cire qui va s'écouler vers l'extérieur par un tuyau.

Un deuxième filtre peut être placé au niveau du tuyau de sortie de la cire. A titre d'exemple, un bas en nylon peut être utilisé. Les différentes étapes sont illustrées dans les figures ci-dessous.



Figure II.2 : La chaudière à vapeur (©Florent Guillaud et Agnès Schryve)



Figure II.3: Cire d'opercules avant la fonte(©Florent Guillaud et AgnèsSchryve)

Etape 1 : la chaudière à vapeur est constituée de deux cuves, en inox imbriquée l'une dans l'autre.

Etape 2 : la cire d'opercules (en réalité il s'agit plutôt d'un mélange de miel et de cire d'opercules) est placée dans la cuve intérieure.

La cuve extérieure contient de l'eau portée à ébullition.



Figure III.4 : Détritus emprisonnés dans le bas de nylon(©Florent Guillaud et Agnès Schryve)



Figure II.5 : Pains de cire d'opercules démoulés après le(©Florent Guillaud et Agnès Schryve)

Etape 5 : le bas de nylon est enlevé du tuyau. Celui-ci a été ouvert pour visualiser l'aspect des détritits.

Etape 6 : une fois les pains refroidis, ils sont démoulés puis pesés.

II.3.2 L'extraction par la chaleur solaire :

Grâce à un certificateur solaire (figure 12). La cire est placée dans le certificateur qui est fermé par une plaque en verre. Celle-ci va chauffer l'air de l'intérieur en laissant passer les rayons du soleil. Au-dessus de 68 à 70°C, la cire fond et s'écoule vers le bas. La fonte par la chaleur solaire permet d'éclaircir la cire (Bogdanov 2009a).

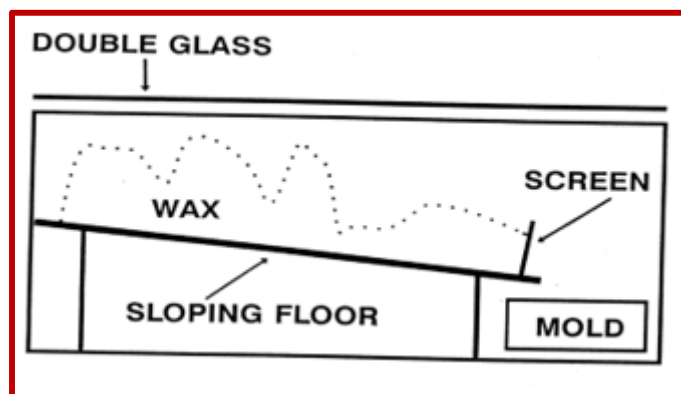


Figure II.6 : Certificateur solaire



Figure II.7 : Certificateur solaire contenant un cadre de cire de corps

(©rucher d'Escudié)

3.3.3 L'extraction à l'eau chaude avec immersion forcée :

La cire est placée dans un sac de toile de jute fermé. Ce sac est lesté avec des poids et placé dans une marmite remplie d'eau. L'eau est portée à ébullition. Une fois la cire

fondue, elle passe à travers le sac et remonte à la surface car la densité de la cire est plus faible que celle de l'eau. En laissant refroidir, la cire se solidifie et est récupérée. Le sac retient les débris initialement présents dans la cire.

Des méthodes de pressage et de centrifugation de la cire associées à sa fonte dans de l'eau bouillante peuvent également être employées.

Le rendement est différent selon la cire utilisée. Pour une cire de cadre, il est faible car elle contient beaucoup d'impuretés. Selon les auteurs, le rendement d'une cire de cadre varie entre 10 et 50 % (Bogdanov 2009a; Bruneau 2012). Celui-ci dépend de l'âge et de l'état des cadres ainsi que de la méthode d'extraction utilisée (Bogdanov 2009a). La cire d'opercules a un rendement beaucoup plus élevé. Le matériel utilisé pour la fonte de la cire ne doit pas être en fer, zinc, cuivre ou laiton sous peine de noircir la cire lors de sa transformation. L'utilisation de matériel en plomb est également à proscrire pour éviter la contamination de la cire. L'acier inoxydable, l'aluminium ou encore le bois peuvent être utilisés (Bogdanov 2009a).

La cire fondue est ensuite refroidie très lentement pour permettre une bonne décantation des impuretés et une « purification » de la cire. La différence de densité entre la cire et les impuretés entraîne celles-ci vers le fond. La cire, en se refroidissant, se solidifie et les impuretés se retrouvent fixées sous celle-ci. Elles sont alors enlevées par la suite en grattant la cire après son démoulage. Le produit récupéré après le refroidissement est appelé pain de cire.

Si la cire a emprisonné trop d'impuretés en refroidissant trop rapidement, une refonte des pains est réalisée et permet alors d'éliminer le maximum d'impuretés restantes.

NB : Dans le langage apicole courant, la cire constituant le pain est qualifiée de « brute ». Cependant, l'OIE donne une définition différente de la cire brute : « la cire soumise à un traitement thermique à 60°C puis refroidie jusqu'à sa solidification est qualifiée de transformée. Toute cire d'abeille n'ayant pas subi ce traitement est brute » (OIE 2016a).

Pour la suite de l'étude, la définition utilisée dans le langage courant est retenue. Certaines installations permettent de réaliser toutes les étapes de la désoperculation et la récupération du miel jusqu'à la fonte de la cire : il s'agit des chaînes d'extraction du miel. Ce matériel, coûteux, est utilisé dans de grandes exploitations apicoles.

II.3.3 Gaufrage de la cire

Dans de rares cas, des apiculteurs réalisent eux-mêmes le gaufrage à l'aide d'un gaufrier manuel. Les pains de cire sont fondus, puis la cire est versée sur le gaufrier qui va l'aplatir et lui donner l'empreinte des alvéoles. La plaque obtenue est ensuite découpée aux dimensions souhaitées. Dans la majorité des cas, les apiculteurs font appel à une prestation par un artisan équipé du matériel nécessaire : le cirier. La cire est fondue, parfois laminée puis gaufrée. La cire liquide est maintenue aux alentours de 75°C pour sa transformation en feuilles mais certains ciriers réalisent des traitements préalables à des températures plus élevées (120°C).

II.3.4 Extraction à l'eau chaude avec presse :

Dans ce procédé, les brèches sont placées directement dans un récipient de 120 litres, dans de l'eau bouillante (20 à 30 l) et on les laisse fondre. Lorsqu'on estime que toute la cire est fondue et après avoir enlevé les fils d'armature, on verse le tout dans un presseur garni d'une toile de jute, puis on presse. Cire et eau s'écoulent par la pression. Après une première et forte pression (20 Tonnes), on remélanger les brèches dans le sac et on remettra la pression. Cette opération sera recommencée une 3ème fois. Il faudra compter 1h30 par presse. Le liquide est recueilli dans un récipient où la cire remontera par différence de densité, elle se solidifiera à la partie supérieure où elle sera ensuite récupérée.

II.3.5 Extraction à la presse et à la vapeur :

Le panier de brèches est plongé dans l'eau bouillante contenue dans une cuve, un couvercle étanche recouvre celle-ci, puis un piston pouvant exercer une force de plusieurs tonnes (15 T) presse les brèches. Le tout est porté à ébullition pendant une heure. La cire s'écoule par un robinet situé dans la partie supérieure de la cuve.

Ce type de fondeuse à cire peut contenir 60 kg de brèches et même davantage, son rendement est excellent; il atteint 90%.

II.3.6 Extraction par centrifugation :

Il est également possible d'extraire la cire par centrifugation. Les vieux rayons sont fondus au préalable dans de l'eau bouillante et la mixture ainsi obtenue est versée bouillante dans les paniers d'un extracteur spécialement conçu à cet effet. L'ensemble doit être maintenu à une température supérieure à 65°C afin d'éviter la solidification de la cire. Il n'est pas possible de traiter de la sorte de petites quantités de brèches ou d'opercules car les installations de ce type sont onéreuses à cause des circuits de vapeur qu'elles nécessitent.

II.3.7 Extraction par solvants chimiques :

Il existe des procédés chimiques d'extraction de la cire. A cet effet, les brèches à traiter sont mises en présence des solvants des corps gras tels que le benzène, l'acétone, le toluène ou le trichloroéthylène.

Si cette méthode est utilisée en laboratoire, elle est aussi un procédé couramment employé dans l'industrie ciroière ; Elle permet notamment le traitement des marcs de presses classiques et l'extraction à peu près totale de la cire qu'ils contiennent. Les cires ainsi obtenues ne peuvent être utilisées dans les ruches à cause des traces de solvants qu'elles contiennent.

II.3.8 Extraction par chauffage électrique direct :

Grâce à cette méthode, il n'est plus nécessaire de découper la cire de son cadre avant de la traiter. Le cadre et la cire sont placés tels quels entre deux plaques métalliques verticales parcourues par une résistance électrique et maintenues serrées l'une contre l'autre par un levier.

La cire fondue s'écoule entre ces deux plaques et est recueillie dans un récipient. Les brèches tombent dans un autre bac après avoir écarté les deux plaques. Selon les modèles, 30 à 80 cadres peuvent ainsi être traités en une heure.



CHAPITRE 3

III.1- Définition de chaudière a cire :

La chaudière est un pot en acier inoxydable, avec des filtres à l'intérieur afin de collecter les résidus, après le processus de fusion de la cire, le liquide de cire fondue passe à travers un tube pour être collecté.

Voici quelques modèles sur les chaudières :



Figure III.1 : Exemple 1 : la chaudière à cire ronde.



Figure III.2 : Exemple 2 : chaudière à cire rectangulaire

III.2- Etapes du processus :

Au cours de ce processus, la chaudière à cire est allumée afin de la préparer à fondre en allumant le brûleur chauffant.



Figure III.3 :Fourneaux de chaudière.

Après avoir collecté et disposé les panneaux de cire, les panneaux de cire sont placés dans le bassin du filtre, comme indiqué dans les images suivantes :



Figure III.4 : Panneaux de cire

Après avoir scellé les plaques hermétiquement, le processus de fusion commence. À travers lequel la cire fondue commence à s'égoutter des filtres qui isolent les communs sur la cire, puis le liquide de cire sort, qui à son tour s'accumule dans un bassin spécial à travers un tube, comme nous l'expliquerons ci-dessous ce processus : au final, toute la cire fondue s'accumule en fonction de la quantité appliquée :



Figure III.5 : Fermeture sur panneaux



Figure III.6 : Sortie du liquide de cire fondu et filtré à travers le tube

III.3- Caractéristique de cette méthode :

C'est l'une des méthodes les plus populaires utilisées par les fabricants de cire d'abeille.

En revanche, il est économique et donne de bons résultats en termes de quantité et de qualité dans un bon délai.

De plus, en termes d'entretien, il n'est pas cher et est plutôt facile à entretenir, sans parler du métal dont il est fait, qui résiste à la rouille.

III.4- Simple principe de fonctionne de chaudière :

Le réservoir principal dans lequel sont placés la cire ou les panneaux de cire, et son système est une double paroi remplie d'eau, Avec de l'eau qui va bouillir jusqu'à ébullition pour une évaporation qui fera fondre la cire donc une fois que la cire devient chaude elle voyage à travers le tube et est récupérée dans les récipients en dessous.



CHAPITRE 4

IV.1 Introduction

Ce cinquième chapitre se propose de présenter la conception d'une chaudière de cire en acier inoxydable, pour cela nous proposons la description des composants de chaudière et leurs dimensionnements.

On appelle « aciers inoxydables » les aciers alliés et non alliés avec un degré de pureté particulièrement élevé. Leur teneur en soufre et en phosphore, qui sont des impuretés présentes dans le minerai de fer, est inférieure à 0,025 %. Ces types d'acier ne sont pas forcément inoxydables, même si dans le langage courant, ce terme ne s'applique généralement qu'aux aciers.

IV.2 Conception des composants de chaudière de cire

IV.2.1 Cylindre intérieur

La figure IV.1 présente le cylindre intérieur en acier inoxydable de rayon 400 mm et d'hauteur 800 mm.

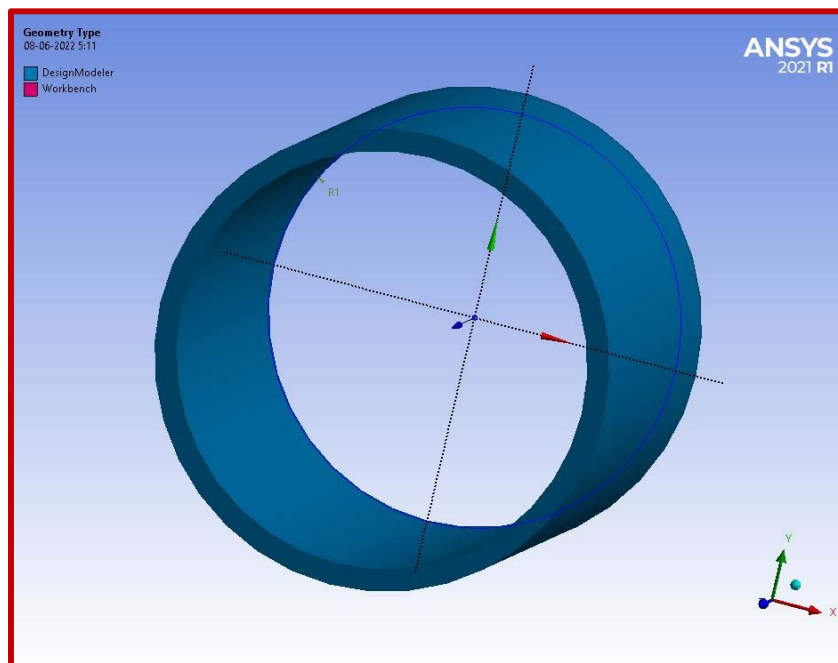


Figure IV.1 Cylindre intérieur

IV.2.2 Cylindre extérieur

Le couvercle (cylindre extérieur) en acier inoxydable de rayon 40IV mm et d'hauteur 1000 est montré dans la figure IV.2.

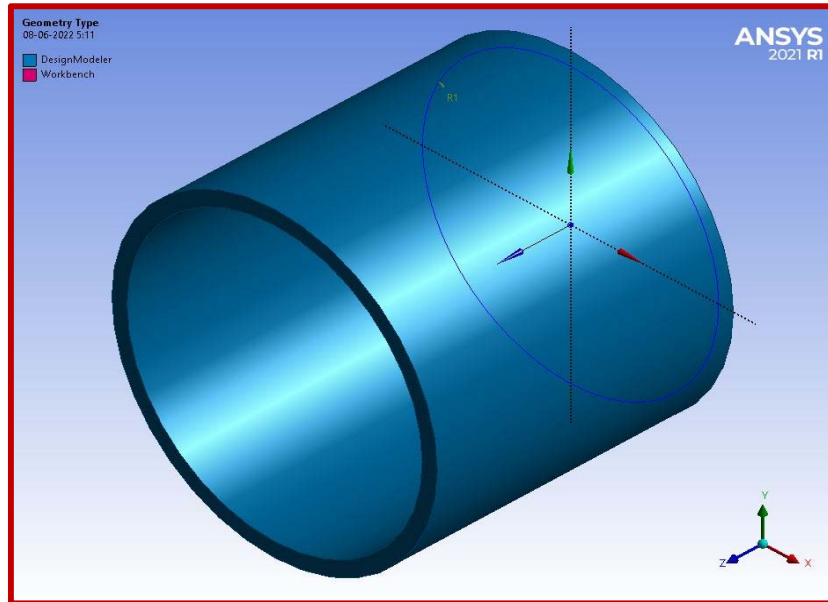


Figure IV.2 Cylindre intérieur.

IV.2.3 Disques couvercles

Les deux disques couvercles inférieur et supérieur en acier inoxydable, de rayon 40IV mm. La figure IV.3 montre le disque couvercle supérieur de chaudière de cire.

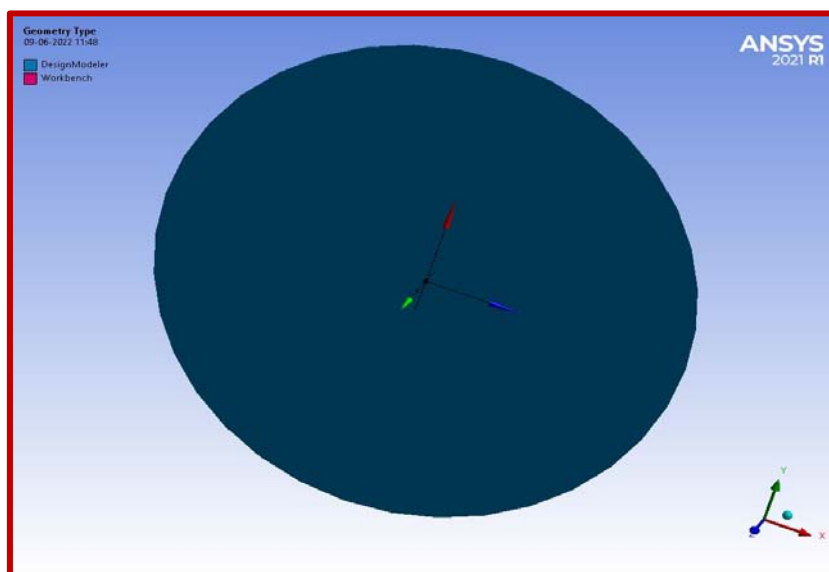


Figure IV.3 : Disque couvercle supérieur

IV.2.4 Grille amovible

La figure IV.4 présente la grille amovible de diamètre 800 mm en matériaux composite (fibre de jute) fabriquée dans le labo de recherche des matériaux composite renforcé par des matériaux vigilâtes (Département de génie mécanique).

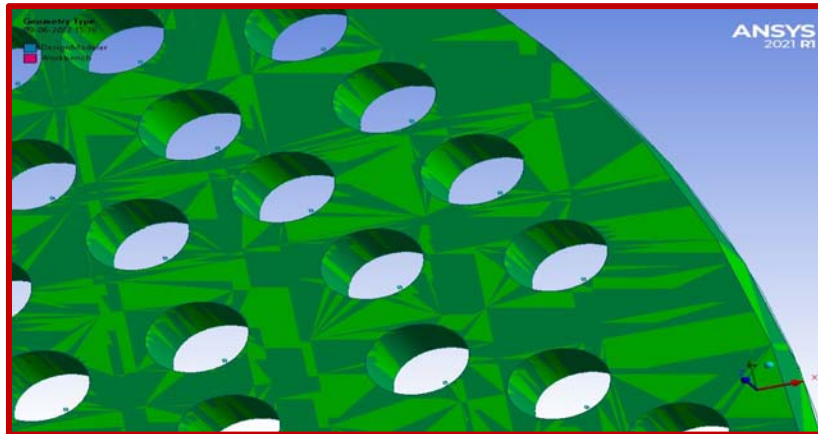


Figure IV.4 : Grille amovible

IV.2.IV Tuyaux

Les tuyaux de sortie de cire et de déchets en acier inoxydable de diamètres 20 mm, la figurée IV.IV montre les utilisées.

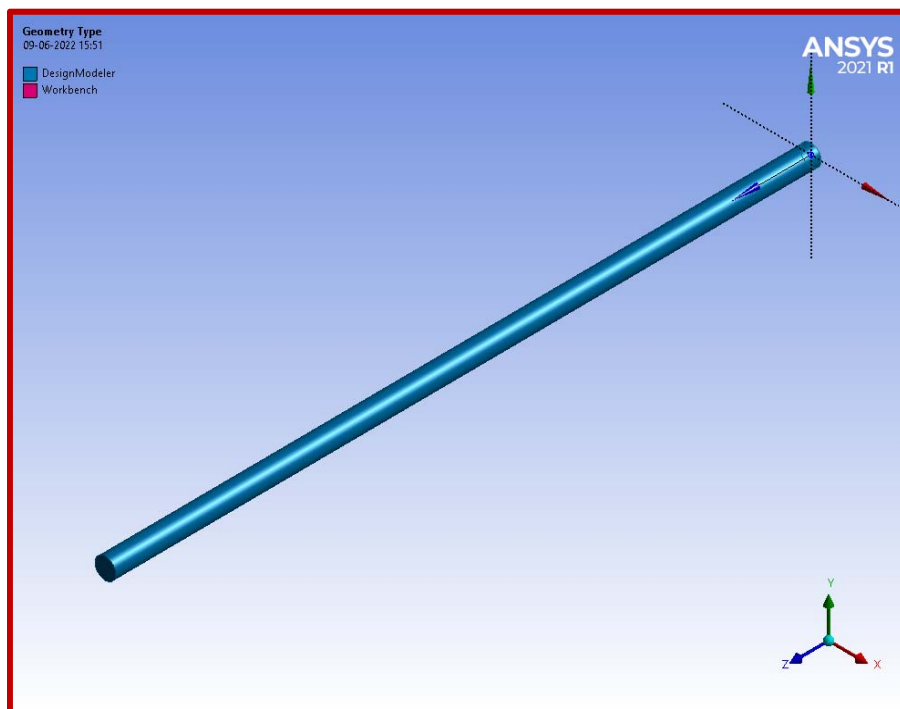


Figure IV.5 : Tuyaux de sortie de cire et de déchets

IV.2.6 Robinets d'arrêt

La figure IV.6 présente les deux robinets de sortie de cire et de déchets.



Figure IV.6 : Robinet

IV.2.7 Capteur

La figure IV.7 montre le capteur de température, le capteur règle la température ambiante de fusion de cire.

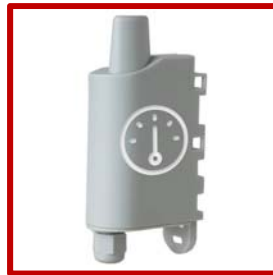


Figure IV.7 : Capteur de température

IV.3 Opérations de fabrication

IV.3.1 Perçage

Les techniques pour percer l'acier inoxydable sont :

- Percez à vitesse lente et laissez le foret faire son travail
- Appliquez un peu de pression, mais pas trop

L'application d'un peu de pression vous assurera que votre foret ne glisse pas sur la surface du métal. Trop de pression et vous risquez de surchauffer le bout de votre foret et de l'abîmer de façon permanente, ou de durcir l'acier inoxydable et de le rendre très difficile à percer.

- Marquez le centre de votre trou avec un pointeau à centrer
Cela empêchera le « patinage » de la pointe de votre foret sur la surface de l'acier inoxydable ainsi que sa éraflure, tout en assurant la bonne position de votre trou.
- Avant d'appuyer sur la détente
Avant d'appuyer sur la détente de la perceuse, faites contact avec la surface de l'acier inoxydable et appliquez une légère pression. Cela améliorera sensiblement la performance du foret.
- Arrêter le perçage
Pour arrêter le perçage, gardez la vitesse de la perceuse constante et vite enlever le foret de la surface que vous percez.
- Ne vous surchauffez pas
L'application de quantités abondantes d'huile de coupe à l'endroit où le bout du foret fait contact avec l'acier inoxydable aidera à prévenir le surchauffement et l'émoussement du foret.

La figure IV.8 présente les deux cylindres (intérieur et extérieur) après le perçage, les deux trous des diamètres 10 mm, et des hauteurs 2 mm et 10 mm par apport au plan (xy) respectivement.

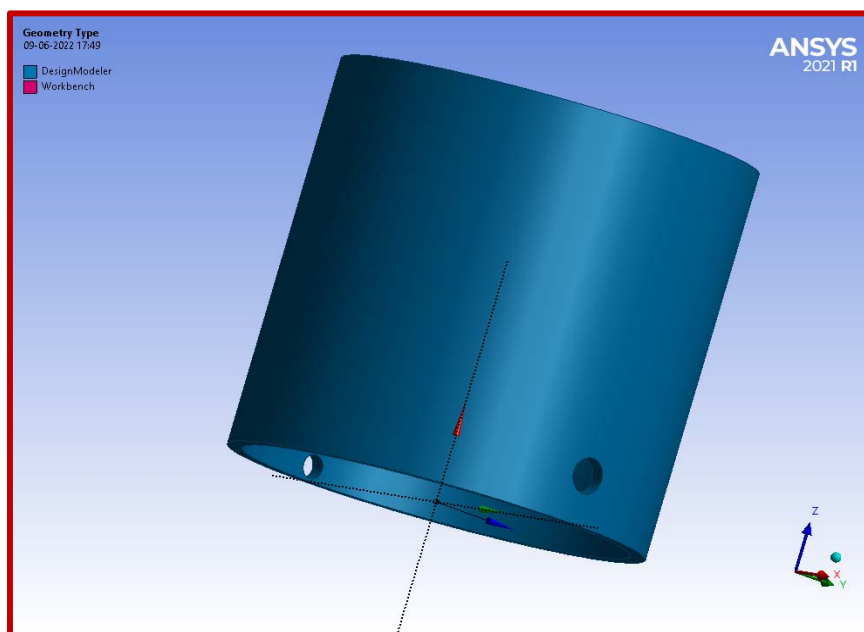


Figure IV.8 : Cylindre couvercle percé

IV.3.2 Soudage

Faire une soudure sur l'inox demande technicité et savoir-faire. Il est possible de souder l'inox au poste MMA, au MIG ou au TIG. Soudage à l'arc pour les fortes épaisseurs d'inox, au poste TIG pour éviter la corrosion, la soudure orbitale pour une pénétration arrasée, le soudage MIG pour réaliser un cordon régulier.

IV.3.2.1 Soudage MMA

Le procédé de soudage est très répandu surtout si on est en présence de fortes épaisseurs à assembler. L'électrode enrobée spéciale inox se distingue suivant sa composition et sa norme.

La technique de soudage à l'arc est identique que celle de l'acier carbone à la différence qu'on place la pince porte-électrode au pôle positif. Toutefois certains soudeurs expérimentés exécutent la première passe de soudure au pôle négatif puis les suivantes au moins. Si vous avez un doute, référez-vous aux indications fournies sur l'étui des électrodes. Ce type de soudage est facile à réaliser avec les bons réglages d'intensité.

Le métal d'apport inox est très intéressant puisqu'il permet beaucoup de soudures mixtes comme acier doux/acier dur ou inox/acier.

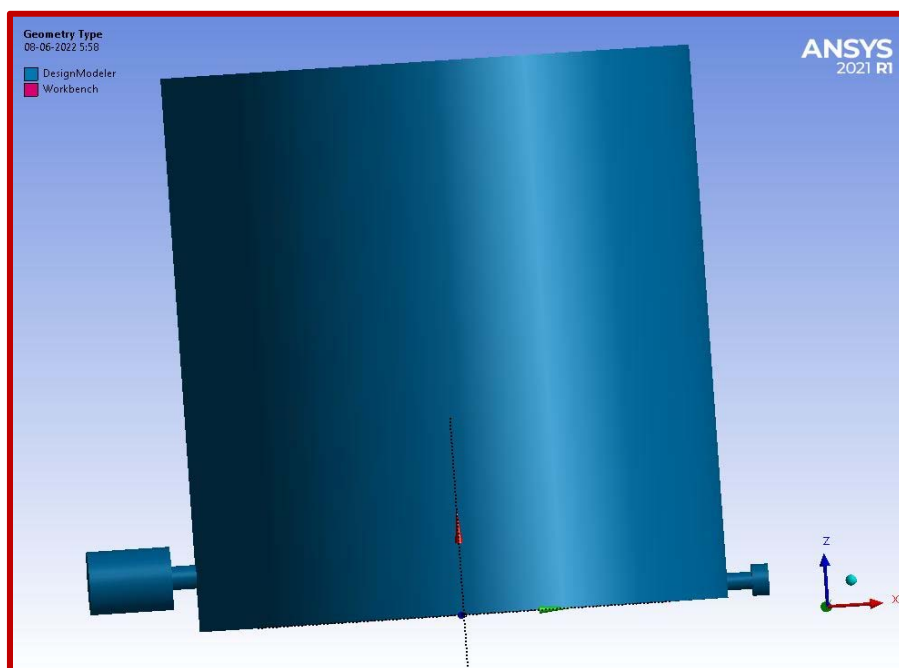


Figure IV.10 Chaudière après soudage

La fonte est également soudable à l'inox mais il faut respecter les phases de préchauffage à 210°C et la phase de refroidissement progressive.

Protégez-vous les yeux car, en refroidissant, le laitier d'un cordon de soudure inox éclate et se projette un peu partout.

La figure IV.9 montre la chaudière de cire après le soudage des différentes composantes :

IV.3.3 Montage des équipements

Les figures IV.11, IV.12, IV.13, présente le montage du capteur, table d'appuis et robinets respectivement.

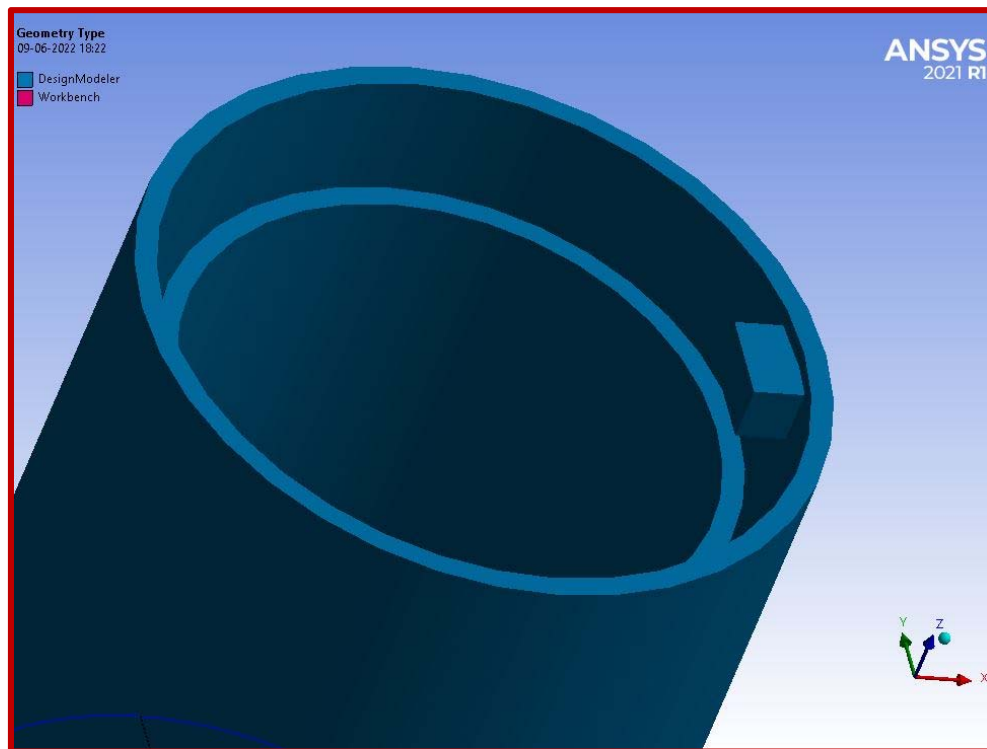


Figure IV.11 : Montage du capteur thermique

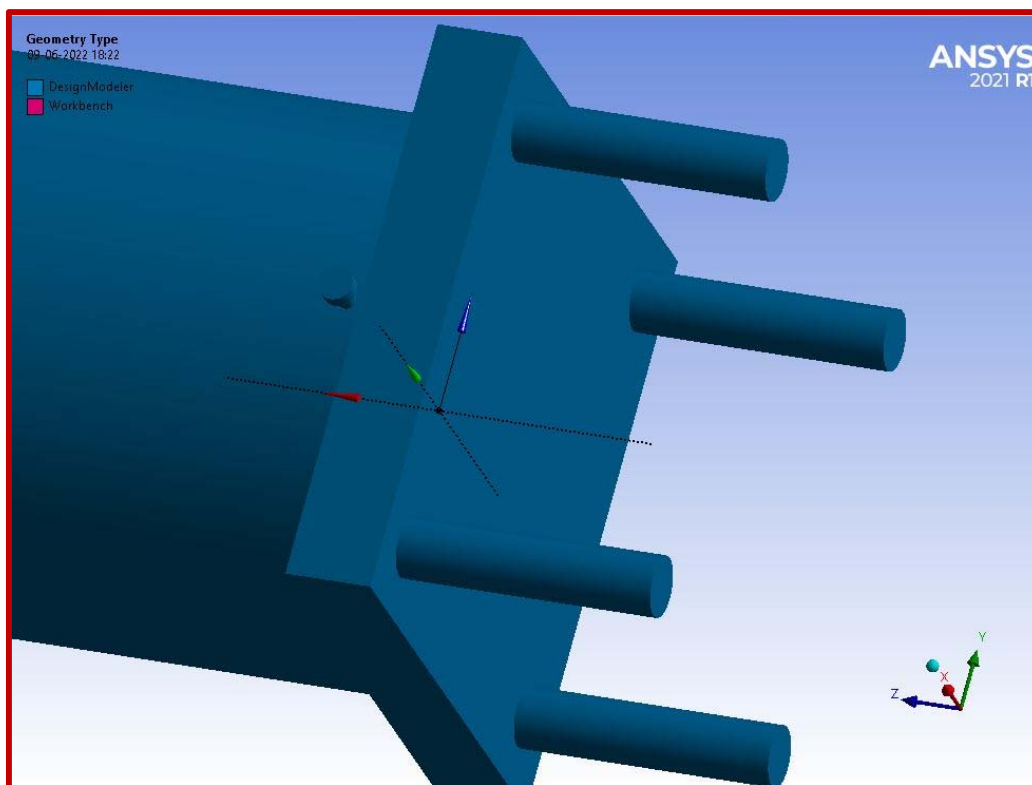


Figure IV.12 : Montage de la table d'appuis

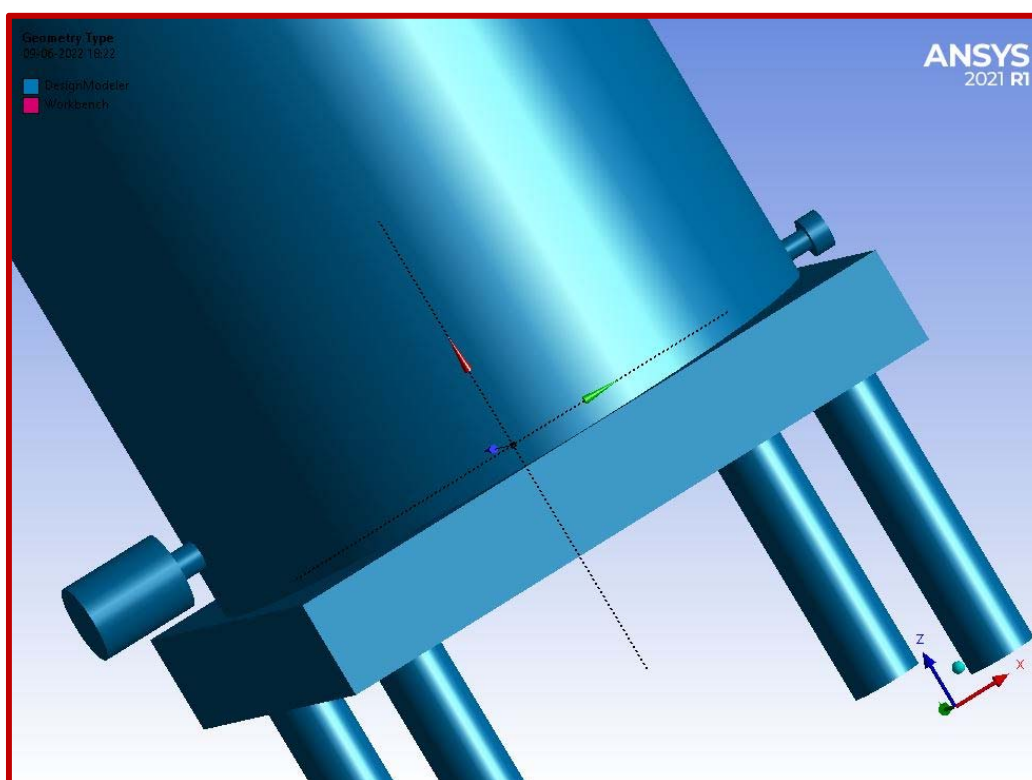


Figure IV.13 : Montage des robinets

La figure IV.14 présente la conception de chaudière de cire réalisée avec ANSYS Workbeench.

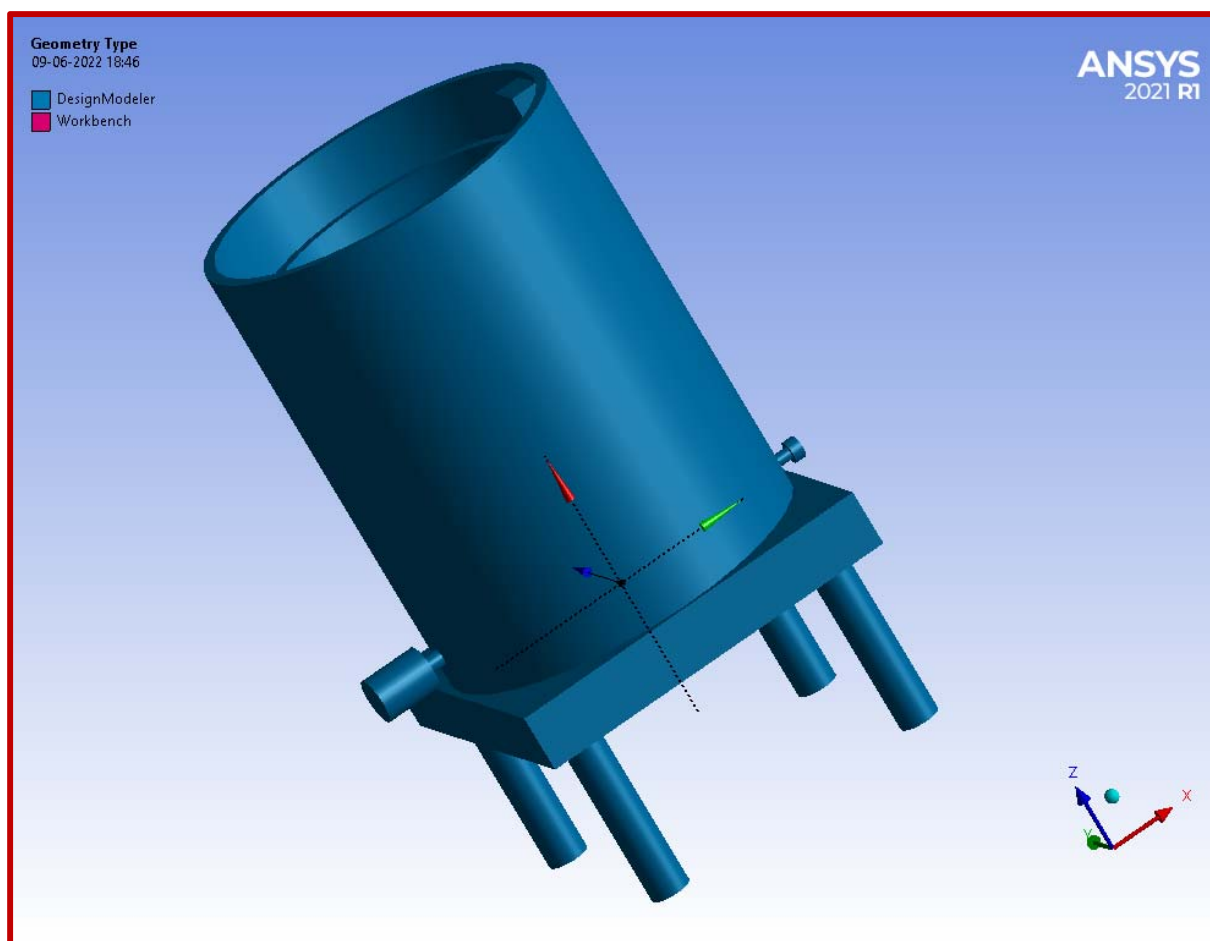


Figure IV.14 : Chaudière de cire réalisée sous ANSYS Workbeench



Conclusions

Conclusions:

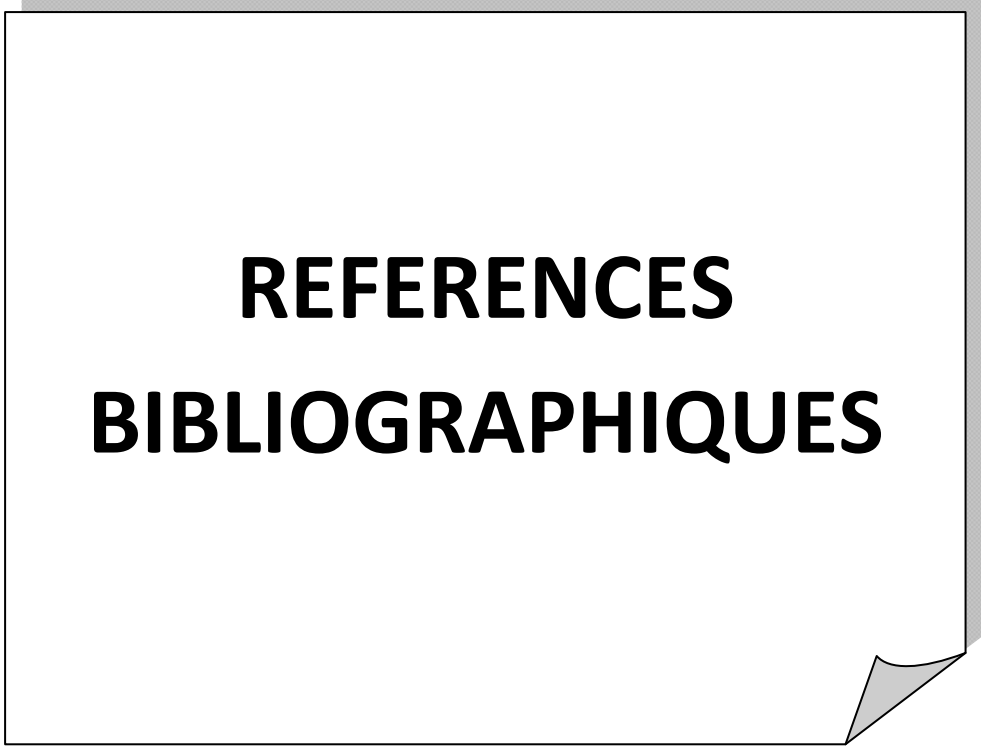
Dans ce travail, nous avons étudié le mécanisme de fabrication de cire d'abeille dans ses différentes voies courantes, et nous avons séparé la méthode d'extraction à la vapeur et la chaudière à cire.

Comme nous avons expliqué le principe de fonctionnement des deux méthodes, nous avons conçu une chaudière à cire qui montre un mécanisme détaillé dans le processus d'extraction de la cire d'abeille. Après étude, l'extraction à la vapeur et la chaudière à cire sont les meilleurs moyens de travailler avec eux.

Au cours d'une des étapes, nous avons montré comment collecter et extraire la cire d'abeille, et nous connaissons le domaine d'utilisation de la cire d'abeille en général,

C'est en termes de vitesse d'extraction, de quantité et de facteur budgétaire ainsi que ce qui facilite la tâche de nombreux fabricants de cire d'abeille.

La conception de la chaudière à cire en acier inoxydable a également été clarifiée, nous avons donc proposé de décrire les composants de la chaudière et sa taille.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références

- [1] HEPBURN HR., 1991, Synthèse et sécrétion de la cire par les abeilles, *Apidologie*, pp 21-36.
- [2] MARCHENAY PH., 1984, L'homme et l'abeille, Edition Berger- Levrauet, pp 220-230.
- [3] DONADIEU Y., MARCHISET. C., 1984, La cire dans les thérapeutiques naturelles, Edition Maloine.
- [4] Value added products from beekeeping, Chapitre 4: WAX, www.fao.org/docrep/W0076e/W0076e12.htm et [www. Fao.org/docrep/W0076e/W0076e13.htm](http://www.Fao.org/docrep/W0076e/W0076e13.htm).
- [5] Document des Douanes, 2000, Statistiques sur l'importation du miel et de la cire, Direction générale des Douanes CNIS.
- [6] WHIFFER L.A., HEPBURN. HR., 1991, Le rôle de la reine dans la sécrétion de la cire, *J. Comp. Physiol. A.*, 169, pp 209-214.
- [7] La cire, WWW.beekeeping.com/info/produits/index-fr.htm.htm.
- [8] KEITH S., DELAPLANE, 1994, Solar wax melters, *American bee journal*, Aug 1994, V 134(8), p 530.
- [9] BERTHOLD B., 1993, Building your own wax processor, *American bee journal*, December 1993, V 133, pp 856-857.
- [10] BIRI M., 1986, L'élevage moderne des abeilles, Manuel pratique, Edition de VECCHI, pp 221-224.
- [11] WINSTON M. L., 1993, La biologie de l'abeille, Edition Frison-Roche.
- [12] GRAILLE J., PINA M., PIOCH D., 1986, Acides et alcools gras de la cire de jojoba, *Revue française des corps gras*, 33ème année, N° 8-9, Aout-Septembre p 251.
- [13] GRAILLE J., PINA M., PIOCH D., 1986, Routine analysis of jojoba wax fatty acids and alcohols by single column capillary GC, *J.A.O.C.S.*, 63, p 111.

Références

- [14] PETINELLI J.C., 1983, Les paraffines et les cires microcristallines de pétrole, Parfum, Cosmétiques, Arômes, N° 49, février-mars 1983, pp 43-49.
- [15] LAVIE P., 1960, Les substances antibactériennes dans la colonie d'abeille *Apis mellifica* L., thèse de docteur de l'université, INRA.
- [16] WALLNER K., PECHHACKER H., 1994, problèmes de résidus liés aux traitements varroacides, German beeresearch institut seminar, Apidologie, 1994, vol 25, N° 5, pp 505-506.
- [17] WALLNER K., 1999, varroacides and their residues in bee products, Apidologie, 1999, Vol 30, pp 235-248.
- [18] VANBURN N.W.M., MARIËN J., VELTHUIS H.H.W., OUDEJANS R. C.H.M., 1992, les résidus de Perizin dans la cire et le miel, Environmental Entomology, Vol 21, N°4, pp 860-865.