



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

\*\*\*\*\*



Rina Jewels



ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE  
DEPARTEMENT GEOLOGIE

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Géologue

# TECHNIQUES DE TRANSFORMATION DE L'OR EN BIJOUX

Présenté par : RAKOTOBE Dina Harivola Nathalie

Date de soutenance : 03 Mai 2006

Promotion 2005



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

\*\*\*\*\* \* \*\*\*\*\*



Rina Jewels



ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE  
DEPARTEMENT GEOLOGIE

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Géologue

# TECHNIQUES DE TRANSFORMATION DE L'OR EN BIJOUX

*Présenté par : RAKOTOBE Dina Harivola Nathalie*

Le 03 Mai 2006 devant les jurys:

RASAMIZAFINDROSOA Dauphin  
TELESPHORE Rina  
RAHARIJAONA Léa  
RASAMIMANANA Georges

Président  
Rapporteur  
Examinateur  
Examinateur

## **REMERCIEMENTS**

Avant d'entrer dans le vif de ce sujet de mémoire qui est le fruit de nos acquis théoriques, des stages et d'entretien instructifs avec diverses personnes et organismes.

Nous tenons à remercier plus particulièrement Monsieur **Rina TELESPHORE** Bijoutier créateur, directeur de la société RINA JEWELS qui nous a accordé la possibilité d'effectuer un stage dans son établissement et a accepté de diriger cet ouvrage.

Nous exprimons toutes nos gratitude envers Monsieur **Dauphin RASAMIZAFINDROSOA** Chef de Département Géologie à l'Ecole Supérieure Polytechnique, Docteur de Spécialité en Métallogénie, enseignant dans cette école au sein du Département Géologie.

Nous adressons nos sincères remerciements à Madame le Professeur **Léa Jacqueline RAHARIJAONA**, Enseignant Chercheur Géologue, Maître de conférence à l'Ecole supérieure Polytechnique d'Antananarivo, qui a accepté d'être membre du jury de ce mémoire.

Et toutes nos reconnaissance à Monsieur **Georges RASAMIMANANA** Directeur du laboratoire des Mines, Enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, qui a accepté d'être membre de jury.

Ainsi qu'à tous (tes) les enseignants qui nous ont épargné des connaissances.

Enfin, nous ne pouvons oublier nos parents, et nos proches qui nous ont toujours soutenu moralement, matériellement et financièrement pour arriver à cette fin.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	1
Les bijoux à Madagascar.....	2
L'or : métal précieux.....	5
<b>PREMIERE PARTIE : TECHNIQUE DE BASE</b>	
A. Introduction.....	13
B. Procédure de la technique de base.....	13
<b>CHAPITRE I-TRAVAUX PREPARATOIRES</b>	
I.1. Elaboration du fiche.....	15
I.2. Préparation du matériel.....	15
I.2.1. Préparation de la pierre .....	15
a) Etude des propriétés spécifiques de la pierre .....	15
a-1. Généralité.....	15
a-2. Principe.....	15
b) Identification de la pierre .....	18
c) Classification de la pierre.....	18
I.2.2. Préparation du métal.....	19
a) Affinage du métal : .....	19
a-1 Méthode en bijouterie pour affiner les restes de limailles.....	19
a-2 Méthode chimique pour récupérer l'or dans les vieilles pièces et les restes de limailles.....	20
I.3.Vérification du titre (finesse).....	21
I.3.1. Définition.....	21
I.3.2. Matériels utilisés.....	21
I.3.3. Mode opératoire .....	22
I.4. Alliage.....	22
I.4.1. Définition.....	22
I.4.2. Types d'alliage utilisé en bijouterie.....	22
I.5. Préfilage du métal.....	23
I.5.1. But.....	23
I.5.2. Principe.....	23
I.6. Décapage.....	24
I.6.1. Définition.....	24
I.6.2. Principe.....	24
<b>Chapitre II- TECHNIQUE DE BASE</b>	
II.1. Laminage.....	25
II.1.1.Définition.....	25
II.1.2. Cas de la plaque.....	25
II.1.3. Cas du fil.....	25

II.2. Etirage.....	26
II.2.1. Définition.....	26
II.2.2. Matériels utilisés.....	26
II.2.3. Processus.....	27
II.3. Recuit.....	27
II.3.1. Définition.....	27
II.3.2. Principe.....	28
II.4. Découpage et ajustage.....	29
II.4.1. Découpage.....	29
a) Définition.....	29
b) Matériels utilisés.....	29
II.4.2. Ajustage.....	29
a) Définition.....	29
b) Matériels utilisés.....	30
II .5. Soudure et montage.....	31
II.5.1. Soudure.....	31
a) Définition.....	31
b) Matériels utilisés .....	31
c) Brasure ou paillon.....	32
d) Préparation du métal.....	32
e) Soudage.....	32
II.5.2. Montage.....	33
a) Rivetage .....	33
a-1 Définition .....	33
a-2 Principe .....	33
b) Collage.....	33
c) Vissage.....	34
c-1 Définition.....	34
c-2 Réalisation de l'écrou.....	34
c-3 Réalisation de la vis .....	34
d) Articulation .....	35
d-1 Définition .....	35
d-2 Articulation à fil .....	35
d-3 Articulation à l'anneau.....	35
d-4 Réalisation de l'anneau.....	35
II.6. Préfinition .....	36
II.6.1.Limage.....	36
II.6.2.Emerisage.....	37
a) Matériels utilisés .....	37
b) Mode opératoire.....	37
II.6.3. Ponçage des coins de les pièces et les surfaces internes.....	38
II.7. Sertissage.....	38
	38

II.7.1. Définition.....	38
II.7.2. Matériels utilisés.....	38
II.7.3. Serti clos ou serti rabattu : pour la pierre en cabochon.....	39
II.7.4. Serti à griffes .....	40
II.7.5. Serti à grains.....	40
II.8. Finition.....	41
II.8.1. Dégrossissage.....	42
II.8.2. Polissage.....	42
II.8.3. Avivage.....	42

## **DEUXIEME PARTIE : TECHNIQUE DE LA FONTE A CIRE PERDUE**

A. Introduction.....	45
B. Généralités.....	46

### **Chapitre I- PIECE FABRIQUEE A PARTIR DE LA CIRE MOULEE**

I. Généralité.....	47
I.1Principe.....	47
II. Processus de réalisation d'un bijou moulé.....	47
II.1Moulage en caoutchouc.....	49
II.1.1. Préparation du modèle.....	49
II.1.2. Matériels utilisés.....	49
II.1.3. Principe.....	49
II.1.4. Réalisation du moule en caoutchouc.....	49
a) Définition .....	49
b) Matériels.....	49
c) Mode opératoire.....	50
II.2. Tirage de modèle de cire.....	51
II.2.1.Definition.....	51
II.2.2.Procédures.....	51
II.3. Montage de la cire.....	52
II.3.1. Définition .....	52
II.3.2. Matériels.....	52
II.3.3 Processus.....	52
II.4. Enrobage de plâtre.....	53
II.4.1. Définition .....	53
II.4.2. Préparation du l'arbre.....	53
II.4.3. Préparation du revêtement.....	53
II.5. Cuisson.....	54
II.5.1. Définition.....	54
II.5.2. Mode opératoire.....	55
II.6. Fonte.....	55
II.6.1.Processus.....	55
II.6.2. Calcul de poids de métal nécessaire à la fonte .....	56
	56

II.7. Coulée.....	56
II.7.1. Définition .....	56
II.7.2. Mode opératoire.....	57
II.8. Démoulage.....	57
II.8.1. Processus.....	57
II.9. Montage de la pièce métallique.....	58
II.10. Préfinition .....	58
II.11. Sertissage.....	58
II.12. Finition.....	58

## **Chapitre II .PIECE DE BIJOU FABRIQUE À PARTIR DE LA CIRE FACONNÉE.**

I. Généralité.....	60
II. Réalisation .....	60
II.1. Processus de réalisation d'un bijou.....	60
II.2. Outils utilisés.....	61
II.3. Façonnage de sculpture en cire.....	62
II.3.1.Traçage.....	62
a) Report de la mesure.....	62
b) Report de motifs.....	62
II.3.2. Sculpture.....	63
II.4. Montage a l'arbre.....	64
II.5. Enrobage de plâtre .....	64
II.6. Cuisson.....	64
II.7. Coulée.....	64
II.8. Soudure et montage .....	65
II.9. Préfinition .....	65
II.10. Sertissage .....	65
II.11. Finition .....	65
III. Modelage de la pièce en cire.....	65
III.1. Processus.....	66

## **IV.TECHNOLOGIE EN COURS : production numérique de la pièce en cire.....**

V. Problèmes des bijoutiers à Madagascar.....	68
V.1. Approvisionnement.....	68
V.2. Equipements.....	68
V.3. Technique.....	68
V.4. Autres .....	69
VI. Leurs stratégies face aux difficultés.....	69
VII. Marché .....	69
VIII. Solutions proposées.....	70

## **CONCLUSION**

## **BIBLIOGRAPHIES**

## **ADRESSES UTILES**

## **ANNEXES**

### **LISTES DES ABREVIATIONS**

#### **-UNITES :**

45° : valeur d'angle  
m : Mètre  
°C : Degré Celsius  
mm : Millimètre  
l : Litre  
g : Gramme  
mn : Minute  
h : Heure  
tr : Tour  
\$ : Dollars américain  
PSI : Pound Per Square(0,0703 kg/cm x cm)

#### **-FORMULES :**

d : Densité  
M : Masse de l'arbre  
k : Constante à ajouter

#### **-SYMBOLES CHIMIQUES :**

H : Hydrogène  
Cl : Chlore  
N : Azote  
O : Oxygène  
Au : Or  
Ag : Argent  
Bi : Bismuth  
Cu : Cuivre  
Te : Tellure  
Sb : Antimoine

#### **-AUTRES:**

E : Echelle  
CAO : Conception Assistée par l'Ordinateur  
FAO : Fabrication Assistée par l'Ordinateur  
PAO : Production assistée par l'ordinateur

## LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Les régions aurifères de Madagascar.....	08
Figure 2 : Loupe .....	16
Figure 3 : Liquide réfractomètre, réfractomètre.....	16
Figure 4 : Polariscop.....	17
Figure 5 : Dichroscop.....	17
Figure 6 : Observation au spectroscop.....	17
Figure 7 : Balance de laboratoire.....	18
Figure 8 : Taille en cabochon.....	18
Figure 9 : Pierre taillée en facette.....	19
Figure 10 : Pied à coulisse.....	19
Figure 11 : Toucheau, pierre de touche, acides assortis .....	22
Figure 12 : Lingotière à plaques et lingotière à fil.....	23
Figure 13 : Brucelles pour le décapage.....	24
Figure 14 : Laminoir mixte .....	26
Figure 15 : Filière à étirer.....	26
Figure 16 : Banc à étirer et sa pince.....	27
Figure 17 : Chalumeau, soufflet, plaque à souder, support de chalumeau.....	28
Figure 18 : Pédalier.....	28
Figure 19 : Bocfil, Cisaille, pince coupante, Foret.....	29
Figure 20 : Les fraises.....	30
Figure 21 : Moteur suspendu.....	30
Figure 22 : Micromoteur ou pièce à main ou mandrin.....	30
Figure 23 : Outils à souder.....	31
Figure 24 : Marteau .....	33
Figure 25 : Colle araldite.....	33
Figure 26 : Taraud et Tourne -à- gauche .....	34
Figure 27 : Filière à tarauder et Porte filière.....	35
Figure 28 : Mandrin et Etau.....	36
Figure 29 : Limes.....	36
Figure 30 : Cabrons et Papier émeri.....	37
Figure 31 : Goupille.....	38
Figure 32 : Outils de sertisseur.....	39
Figure 33 : Serti rabattu.....	39
Figure 34 : Serti à griffes.....	40
Figure 35 : Serti à grains.....	40
Figure 36 : Outils à polir.....	41
Figure 37 : Accessoires de micromoteur pour le polissage.....	43

Figure 38 : Cône de coulée.....	49
Figure 39 : Vulcanisateur, cadre et plaques en acier, caoutchoucs, Bistouris.....	50
Figure 40 : Moule en caoutchouc, injecteur de cire, cire injecter.....	51
Figure 41 : Embase de caoutchouc, tronc de l'arbre, appareil à souder, les cires, scalpel.....	52
Figure 42 : Cylindre perforé, ruban, liquide pour polir les cires.....	53
Figure 43 : Outils usuels pour le revêtement .....	54
Figure 44 : Four de cuisson des cylindres, table de coulée.....	55
Figure 45 : Joints, Four a gaz et pince à tenir le cylindre .....	56
Figure 46 : Injection de métal en fusion à l'intérieur du cylindre.....	57
Figure 47 : Pince à couper l'arbre.....	57
Figure 48 :Outils à sculpter la cire.....	62
Figure 49 : Cire à modeler et lampe.....	65

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'homme est un être vivant toujours insatisfait de ce qu'il a et de ce qui l'entoure . Il cherche constamment les moyens pour assurer sa vie et pour améliorer son existence. Pour cela il a recours à la nature en utilisant les végétaux et animaux, terrestre, aquatique, et même les produits du sous-sol, les ressources minières. Ces ressources sont actuellement la base et les piliers des richesses et de l'économie des nations. Elles jouent des rôles prépondérants dans le développement et deviennent même des signes :

- du progrès scientifique
- de l'évolution de l'homme et des civilisations.

Madagascar est un pays riche en ressources minières. Des gisements existent presque dans toute l'île. Les ressources sont à l'origine du développement de la société, elles assurent la fabrication des outils agricoles depuis la bêche jusqu'aux engins les plus performants : charrue, tracteurs...

Madagascar devrait pour cela être riche économiquement. Or, le cas n'est pas ainsi : le pays est classé parmi les plus pauvres du monde. Les exploitants de ces ressources minières sont soient des étrangers, soient des autochtones qui sont parfois illettrés, inexpérimentés et même non qualifiés. Ils pratiquent des exploitations artisanales en se contentant de produire quantitativement avec des techniques ancestrales et des instruments rudimentaires. Ces exploitants artisiaux généralement n'y mettent pas une valeur ajoutée par ignorance.

Aussi il est leur indispensable d'apprendre des techniques nouvelles pour transformer et pour façonnier les produits miniers.

Le but de cette étude est de développer les techniques de transformation et de façonnage de l'or.

## LES BIJOUX A MADAGASCAR

Le bijoutier est une personne qui fait des objets de parure ou des ornements tels que les bracelets, broches, boucles.....Sa fabrication est l'un des arts les plus anciens du monde. Les bijoux sont portés dans toutes les cultures et procuraient un pouvoir surnaturel qui pouvait protéger et éloigner le mal à tous les hommes qui les arboraient. En effet l'histoire de la bijouterie répertorie l'histoire de l'humanité.

Ces parures sont réalisées au début par des matières premières plus courantes de l'homme telles que : plumes, écailles, os, coquillages, bois, pierres. Grâce à la découverte des métaux précieux au néolithique et à l'évolution de la technique du métal depuis l'antiquité, les métaux précieux ont gagné du terrain dans la fabrication des bijoux.

A l'instar du peuple du monde , les ancêtres des Malgaches « Ntaolo » se plaisaient à se parer des divers objets .Ils portaient des parures de la tête aux pieds : les « **drakadraka** » (ornement pour les cheveux) ;le kavina ou boucles d'oreilles ;des « **rojo** » ou colliers ,« **vakana** » ;des « **haba**» ou bracelets comme le « **vangovango** » ;des bagues ou « **peratra** » et des anneaux de toutes sortes aux jambes et aux chevilles ou «**fehin–tongotra** » puis des ceintures ,cordon autour des hanches, enfin des broches sur les vêtements ou « **tsetok’ankanjo** » .

Les matières ainsi utilisées sont très diverses : « **voahangy** »ou le corail rouge, le « **haranga** » ou cornaline, le « **felana** » ou les opercules de coquille marine. Puis les malagasy utilisaient les pierres, cornes, les perles, le cuivre, l'argent et les pièces de monnaie fondues. L'or commença à être façonné sous le règne de RADAMA I (1801-1828). Depuis, le bijou renforça son rôle dans la vie sociale des Malgaches :

La parure déterminait la classe ou le rang dans la société. **Exemple** : l'or était destiné au roi.

Le bijou permettait de localiser l'origine géographique d'une personne.

**Exemple**: en Imerina, seul le souverain et les princesses du sang royal avaient le droit de porter la parure en corail sur la tête ; à saint Augustin (Tuléar) par contre le principal bijou des habitants était le corail ; hommes et femmes en portaient sur la tête, au cou, et aux jambes.

Les bijoux marquaient l'amitié ou la réconciliation, signe d'harmonie sociale et de l'unicité du pays. Un proverbe dit : « **Izaho no vakam-panala miady sy rano fanala kenda** », soit disant je suis la perle qui enlève l'indifférence.

- Le bijou symbolisait aussi la Nation. Une pièce d'argent massive pratiquement sans motif ni ornement, tel est le sceau, emblème de la République de Madagascar. C'est le vangovango.
- Le bijou reflétait aussi la richesse, la fortune.
- La parure était signe de valeur et de supériorité et même souveraineté. Un proverbe dit : « **Na manana voahangy sampan-dRalambo aza ianao** », soit disant même si tu as le corail le plus fin et plus précieux.
- Le bijou avait une puissance délibérative. Une personne condamnée peut payer son amende avec ses parures pour retrouver la liberté et pour jouir ensuite de ses droits en tant que citoyen. Une allégorie malagasy dit : « **Nafoiko ny haba izay teny an-tanako,ny kavina izay teny an-tsifoko** »disant en substance j'ai remis les bracelets que j'avais aux mains et les boucles que j'avais aux oreilles .
- Entre autre, le bijou entrait dans la vie spirituelle des ancêtres malagasy. Il jouait le rôle de porte chance ou de

protectrice, comme amulettes. *Exemple* : la perle appelée « **vakamiarina** » (perle en verre, transparente) apportait la santé ; le « **tongarivo** » (perle verte)

apportait l'opulence ; « **malaikisaraka** » protégeait l'amour, le « **tsileondoza** » (perle rougeâtre) éloignait le mal ; le « **vakampotsy** » : (perle blanche) protégeait contre les maladies ; le « **vangovango** » imputait une vertu de pureté.

- Les bijoux désignaient l'honneur : ils servaient d'offrandes aux idoles ou sampy et sikidy. Exemple : les **rojovola** (chaîne d'argent), **tongalika** (chaîne d'orfèvrerie) et les **volalahy** (chaîne d'argent) étaient destinées parfois au sikidy ou à des vœux faits aux idoles.
- Ils étaient employés pendant l'investiture des rois : le peuple payait le « **volatsivaky** » (piastre entière ou une pièce qu'on donnait comme « **hasina** » au souverain) pour marquer la soumission au roi et pour le sacrer. *Exemple* : chez le Sakalava lors de la soumission, la population payait 3 piastres par maison, le souverain donnait à ce qui se soumette une chaîne d'argent.
- Les bijoux tenaient aussi une place pour restituer le droit d'un condamné. Le mpanandro (astrologue) faisait baigner quelqu'un de « **very hasina** » (à qui on a retiré son droit) dans l'eau où on a mis un bijou ou une pièce d'argent.

Bref, les parures ou bijoux affectaient la vie des Malagasy dans tous les points de vue : social, économique et spirituelle. Nos ancêtres pensaient que le métal précieux qu'est l'or est sacré de dieu, ayant un pouvoir magique .Et ces temps là, le port de l'or était interdit .Actuellement il est admis à tous.

## L'OR : METAL PRECIEUX

L'homme primitif considérait l'or comme métal précieux par excellence. En effet toutes civilisations l'ont utilisé par la réalisation d'un bijou. Il symbolisait la richesse, voire de rang social dans la société. Actuellement l'or est devenu une valeur de référence, une base pour les transactions monétaires internationales (étalon-or) et recherché sous forme de bijou (presque 75% de la production mondiale de l'or sont destinés à la bijouterie). Alors est-t-il apprécié par l'être humain.

Voyons tout d'abord les caractéristiques spécifiques de l'or.

L'or est un métal qui ne ternit ni à l'eau ni à l'air dans toutes les conditions normales. Il est rare, d'avoir un Clarke faible (proportion d'un élément chimique dans la croûte terrestre) de 0,05g/t. Sa couleur est jaune mate quand il est pur c'est à dire à 24 carats (carats : unité de finesse). Mais elle varie selon la pureté.

La densité de l'or pur est de 19,3. En effet il est classé parmi les métaux lourds. L'or est le plus mou, et le plus malléable de tous les métaux avec une de dureté 2,5 à 3. Il peut être aplati jusqu'à 1/10000mm d'épaisseur et étiré à une grande étendue car avec 1g d'or on peut faire du fil de 3500m de long.

Son point de fusion est de 1063°C. Au delà de cette température il se consume. Il bout à 2807°C.

Les acides n'ont pas d'effet à l'or lorsqu'ils sont froids. Par contre le chlore et le brome l'affectent. L'eau régale (mélange de trois parts de HCl et une part de  $HNO_3$ ) le dissout rapidement. Le soufre n'attaque pas l'or.

L'or natif se cristallise en système cubique mais parfois en imprégnation (poussière d'or), en paillettes millimétriques, en pépites, en plumes. L'or natif est rare mais il est présent dans :

- l'électrum :  $AgAu$
- Amalgame :  $AuHg$
- Maldonite :  $Au_2Bi$
- Auricuprite:  $AuCu_3$
- Aurostibite :  $AuSb_2$
- Sylvanite :  $AuAgTe_4$
- Calverite :  $AuTe_4$
- Nagyagite :  $Au_2Pb_{14}Sb_3Te_{14}S_{17}$

L'or existe dans le gisement endogène c'est à dire la concentration se déroule à l'intérieur de la lithosphère dans la partie profondes telles que les roches plutoniques, formation métamorphique, formation volcanique. Puis dans le gisement exogène, où il se forme à la surface telles que les formations sédimentaires et latéritiques.

A Madagascar, l'or se trouve dans le gîte primaire formé au cours du processus magmatique et métamorphique puis dans le gîte secondaire qui est le résultat de l'altération de gîte primaire sous l'action des eaux des surfaces.

#### **Les principales régions aurifères de Madagascar :**

- Betsiaka Andavakoera : champ de filon à quartz barytine, galène, sphalerite à inclusion d'or encaissé dans les gneiss du socle et les grès du base Permien. Jusqu'à maintenant, Andavakoera a fourni 7 tonnes d'or.
- Tsaratanana dont le gisement d'Ambohimpiaonana et Masokoamena dans une série métamorphique calco ferromagnésienne d'Andriamena et de roche basique associée.

- Maevatanana appartenant à la série calco ferromagnésienne d'Andriamena et silico alumineuse de l'Ikopa-Betsiboka. Gisement d'Androjia, Tainangidina, alluvion Ikopa -Betsiboka
- Mandrivazo : Betsiriry gneiss migmatitique du groupe de Miandrivazo, gisement de Dabolava en Karongana et Antsaily.
- Région de l'Itasy : série gneissique silico alumineuse de l'Itasy, gisement Antsolobato.
- Axe Ambositra –Tananarivo : série gneissique silico alumineuse type Ambotolampy, gisement d'ITEA de la serie SQC (schiste quatzo calcaire) d' Ambatofinandrahana, Antsofibato,Andravoravo.
- Vohilava –Ampasary : région de Mananjary : gneissique silico alumineuse avec des lentilles ultra basique de groupe d'Archéen d'Ampasary et de Vohilava. Gisement Bibasy, Andrambo, Tsongolo,et Tsaramiadana, gîte alluvionnaire le long de rivière Ampasary, Sahandrambo.
- Beforona-Alaotra : calco ferromagnésienne de l'Alaotra et les roches basiques associées. Gisement Marovato
- Andrarona : contact granite antogalien de Masoala avec la série schiste et de quartzite d'age dévonien. Gisement Antsahiivo
- Vavatenina appartenant à la série métasilico alumineuse archéenne avec des filons pegmatite correspondant à un front de migmatisation. Gisement : gîte d'Anosibe.

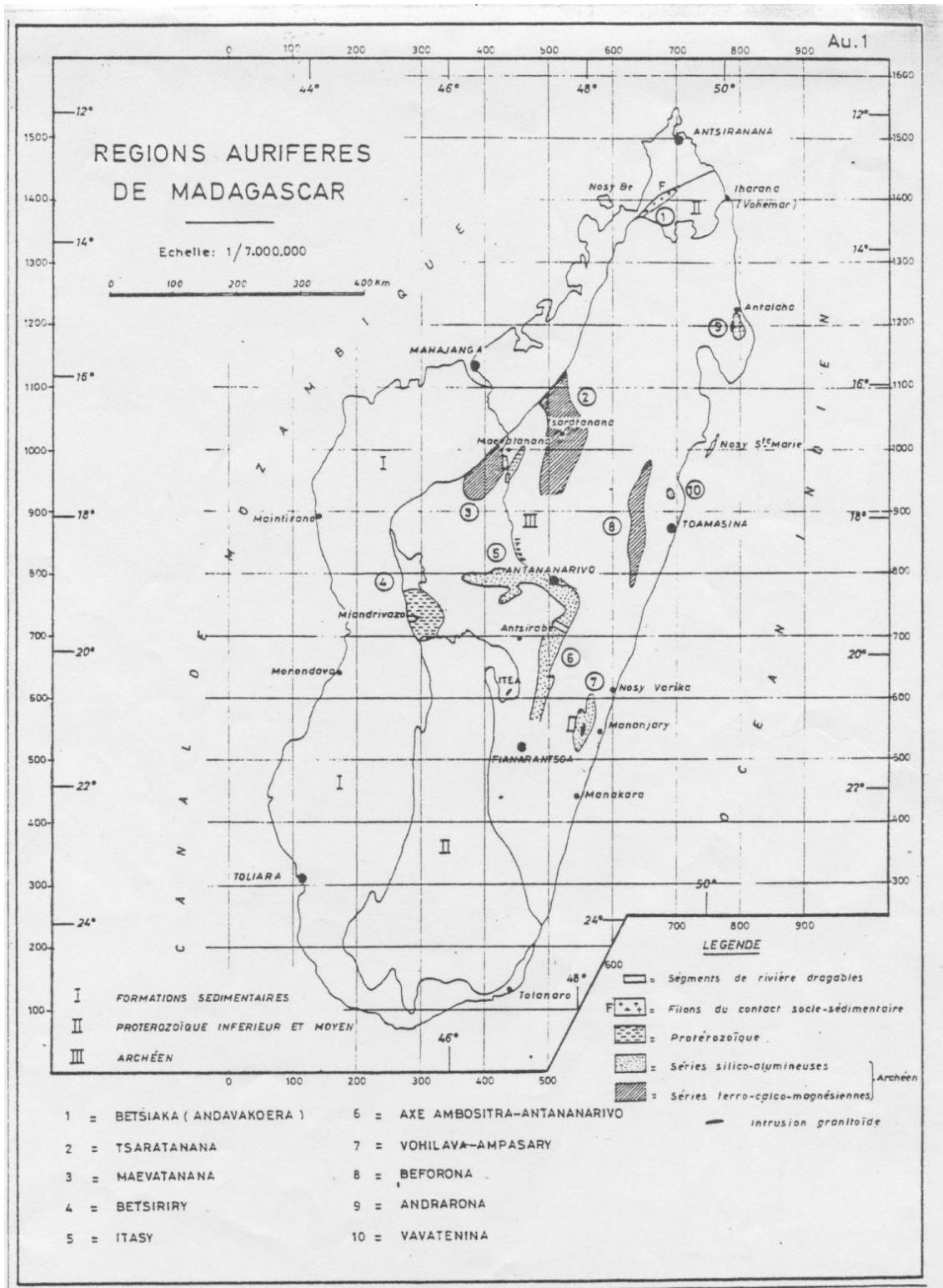


Figure 1 : Les régions aurifères de Madagascar (échelle : 1/7000000)

## **PRODUCTION DE L'OR**

En 1845, Jean LABORDE a trouvé l'or à Madagascar mais c'est en 1883 que commence la première exploitation. Depuis cette date et jusqu'à nos jours, l'orpailage artisanal a fourni la plus grande partie de la production.

### Production de l'or depuis 1897

<b>ANNEE</b>	<b>QUANTITE en KG</b>
1897	79,10
1898	124,60
1899	385,60
1900	
1901	1 114,10
1902	1 295,40
1903	1 910,70
1904	2 460,00
1905	2 370,00
1906	2 238,00
1907	2 940,00
1908	3 149,00
1909	3 696,30
1910	3 234,90
1911	
1912	2 119,50
1913	2 058,80
1914	1 782,50
1915	2 078,30
1916	1 515,30
1917	1 107,70
1918	844,20
1919	561,00
1920	518,70
1921	496,20
1922	577,60
1923	502,80
1924	349,90
1925	419,70
1926	306,60
1927	210,30
1928	195,10
1929	187,10
1930	824,80
1931	
1932	352,60
1933	449,70
1934	496,90
1935	480,00
1936	469,90
1937	418,70
1938	428,20

1939	348,90
1940	360,20
1941	341,90
1942	276,40
1943	285,60
1944	291,80
1945	200,00
1946	121,10
1947	47,20
1948	65,10
1949	51,70
1950	60,10
1951	60,60
1952	55,50
1953	51,50
1954	42,70
1955	33,40
1956	28,10
1957	26,80
1958	24,80
1959	13,50
1960	8,50
1961	10,80
1962	10,10
1963	28,10
1964	13,74
1965	18,62
1966	26,52
1967	23,49
1968	16,89
1969	20,14
1970	16,57
1971	12,84
1972	5,81
1973	2,16
1974	2,41
1975	4,93
1976	1,53
1977	2,35
1978	3,94
1979	1,37
1980	3,53
1981	1,01
1982	3,23
1983	2,60
1984	2,43
1985	0,87
1986	0,79
1987	0,35
1988	0,23
1989	0,06
1990	20,00
1991	0,03
1992	0,03

1993	7,46
1994	26,40
1995	37,76
1996	7,05
1997	7,93
1998	11,86
1999	7,13
2000	4,61
2001	0,29
2002	2,80
2003	-
2004	-
2005	13,00
<b>TOTAL</b>	<b>47 928,95</b>

Source : Direction des Mines et de la Géologie

## EXPORTATION DE L'OR

Madagascar exporte l'or transformé sous forme des bijoux, voici les statistiques

ANNEE Substances	2003		2004	
	Quantité (gr)	Valeur (Fmg)	Quantité (gr)	Valeur (Fmg)
Bijoux en or	291 ,94	36 893 150	100,44	12 709 861
Bijoux en or sertis de pierres	261 ,09	52 216 840	935 ,92	112 528 079
Bijoux en argent	842 ,40	20 886 640	2 507 ,42	40 458 705
Bijoux en argent sertis de pierres	2 814 ,10	40 309 000	10 ,20	225 342
Bijoux en or et argent	36 ,00	1 125 600	1 869 ,90	80 666 000
Bijoux en or et argent sertis de pierres	6 683 ,83	227 409 750		
<b>TOTAL</b>	<b>10 929 ,36</b>	<b>378 840 980</b>	<b>5 423 ,88</b>	<b>246 587 988</b>

**SOURCE :** Données Exportations DMG + données DIR parvenues à la DMG

**PREMIERE PARTIE**

# ***TECHNIQUE DE BASE***

# **TECHNIQUE DE BASE**

## **A-INTRODUCTION**

Le bijou signifie un objet précieux. Il désigne les pierres précieuses et les pierres fines (gemmae) ouvragées, ainsi que les objets réalisés à partir des métaux précieux à savoir l'argent, l'or, le platine.

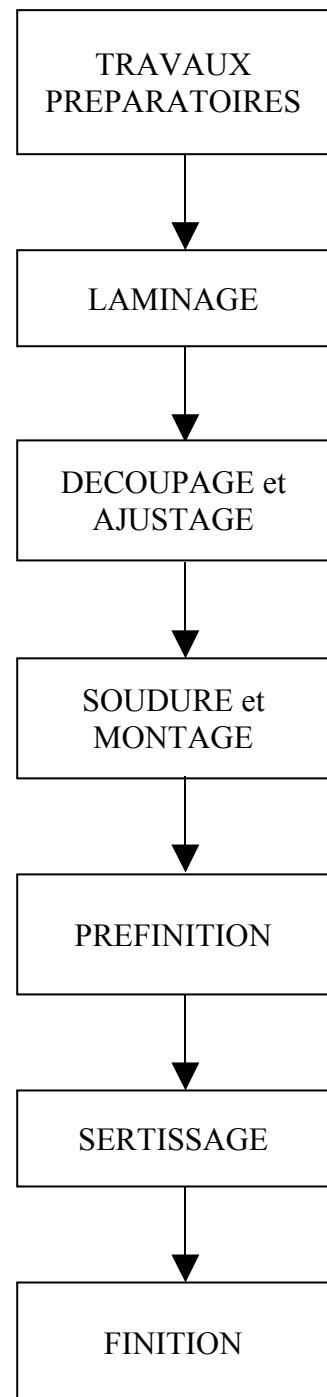
Sa fabrication véhicule des techniques ainsi que des modes de civilisation d'un peuple.

L'élaboration d'un bijou est un art. Elle est inspirée par les techniques de travail des métaux déjà connus : le cuivre. Malgré l'évolution rapide de la technologie, la plupart des travaux manuels appliqués autrefois est faite avec des outils appropriés.

Le bijoutier met en place les pierres taillées dans ses chatons mais leur emplacement et la réalisation de la pièce n'est pas une chose facile. Il nécessite un travail soigneux car tout faux geste peut provoquer une erreur grave qui engendre une perte. Pour l'éviter il faut bien maîtriser la technique de base.

## **B-PROCEDURE DE LA TECHNIQUE DE BASE**

Voici le diagramme qui représente le processus du travail :



# Chapitre I-TRAVAUX PREPARATOIRES

A l'instar de toute réalisation du projet, la création d'un bijou nécessite beaucoup d'étude allant de la forme jusqu'aux matières utilisées.

## I.1-ELABORATION DU FICHE

Cette fiche présente les instructions relatives à un travail à effectuer tel que :

- Le motif du produit fini
- La dimension exacte de chaque élément constituant
- Les matières utilisées : pierre, métal
- Les métaux à combiner
- Masse d'une pièce

## I.2- PREPARATION DU MATERIEL

### I.2.1- Préparation de la pierre :

La pierre qui constitue l'écorce terrestre, est faite des minéraux (corps inorganique). Elle est utilisée comme ornement, on trouve les pierres précieuses ou les gemmes. La pierre tient un rôle important dans l'édification d'une pièce (monture). Elle est souvent taillée. La forme de la pièce dépend des critères ou typiques de la pierre. Il faut donc l'examiner.

#### a) Etude des propriétés spécifiques de la pierre

##### *a-1- Généralité*

Une gemme ne peut pas toujours être identifiée à seule vue. Il est donc nécessaire de s'en remettre aux mesures des propriétés optiques qui peuvent être déterminées sans endommager la pierre. Parfois, la reconnaissance de la pierre se fait à l'expert en gemmologie car elle exige de l'outil performant et des expériences professionnelles à la matière. En effet la gemmologie fait parti de la bijouterie.

##### *a-2 -Principe:*

- Observer la pierre à l'œil nu en tenant compte la couleur et de la transparence. Puis à la loupe la pureté et la brillance.

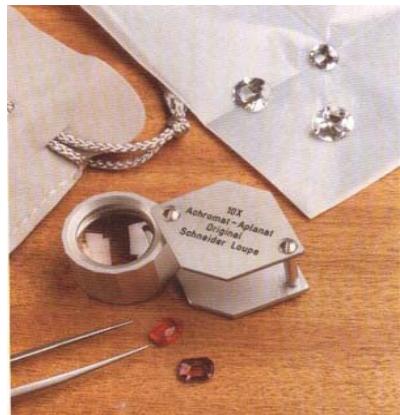


Figure 2: Loupe (E : 1/1)

- Utiliser un instrument appelé réfractomètre pour mesurer la propriété caractéristique de la pierre, l'indice de réfraction, qui est sa capacité relative à réfracter la lumière.



Figure 3: Liquide de contact, Réfractomètre (E : 1 /2)

- De plus, un instrument, nommé polariscope, est utilisé afin d'observer la variation de la lumière . Si une gemme présente toujours la position d'extinction, on dit qu'elle a une réfraction simple d'où gemme monoréfringente ou isotrope. Si elle s'éclaire et s'éteint, alors la pierre a une réfraction double : gemme biréfringente ou anisotrope.

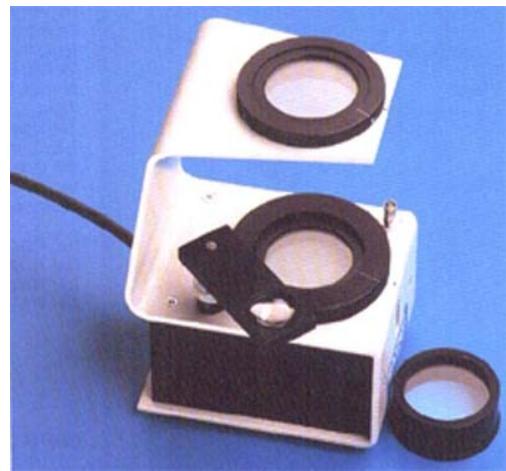


Figure 4: Polariscope (E : 1/2)

Parfois, d'autres instruments sont nécessaires, comme le dichroscope, qui mesure le dichroïsme ou le pléochroisme .Observer une gemme au dichroscope signifie voir la couleur de deux petites fenêtres. Si elles ont de couleur semblable, pléochroisme nul .Sinon, pléochroisme fort (couleur distincte).

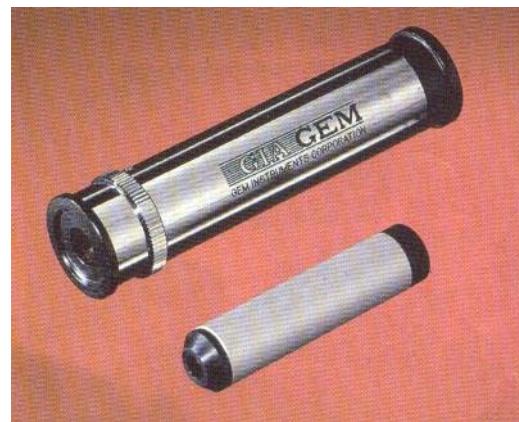


Figure 5 : Dichroscope (E : 1 /2)

- Le spectroscope qui détermine le spectre d'absorption caractéristique.
-

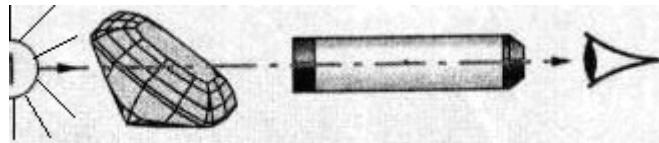


Figure 6 : Observation au spectroscope

- Un autre test physique qui peut être effectué sur une pierre inconnue est l'évaluation<sup>17</sup> de sa densité. Pour des déterminations exactes, plusieurs appareils de pesage sont employés tels que la balance de laboratoire et/ou balance hydrostatique.



Figure 7: Balance de laboratoire et accessoires de balance hydrostatique (E : 1/2)

### b) Identification de la pierre

Une fois l'analyse terminée, nommer la pierre et donner sa dureté en se référant à un tableau. (Voir annexe I)

### c) Types de la pierre la plus utilisée

Les bijoutiers emploient souvent les pierres taillées : soit en cabochon soit en facette ; parfois ils utilisent les gemmes fossiles et la tourmaline naturelle.

- Pierre taillée en cabochon ce qui signifie qu'elle a un revers plat, la surface opposée est convexe.

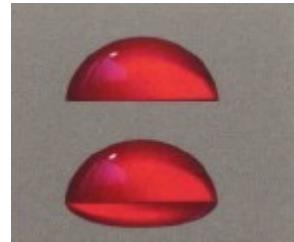


Figure 8 : Taille en cabochon (E : 1/1)

- Pierre taillée en facette : elle présente des polyèdres réguliers sur toute la surface du gemme.



Figure 9 : Pierre taillée en facette (E : 1/1)

**Remarque :** Vérifier les dimensions de la pierre comme les culasses, rondiste, contours de la base plate.



Figure 10 : Pied à coulisse (E : 1/1)

### I.2.2-Préparation du métal

Les bijoutiers tirent parti de l'or provenant de la carrière ou reste de limaille ou de vieux bijoux. Pour être indispensable au travail, il faut le transformer en masse du métal appelé lingot .Il est obtenu en solidifiant la coulée après fusion.

#### a) Affinage du métal :

Cette opération permet d'obtenir l'or pur 24 carats qui est prêt à la fonte. Voici deux méthodes pour affiner l'or venant de reste de limaille, de vieux bijoux.

*a-1-Méthode en bijouterie pour affiner les restes de limailles*

Mode opératoire

- Eliminer les matières organiques en chauffant dans le récipient.
- Extraire le fer en passant l'aimant dans la poudre
- Fonder une part d'or avec deux parts de cuivre.
- Aplatir le lingot jusqu'à avoir l'épaisseur de 0,3 mm puis le trancher en section de 1cm.
- Mettre ces tranches de métal dans la solution d'acide nitrique aqueuse. Verser encore de l'acide nitrique ; si l'acide n'affecte plus la réaction est stable.
- Les rincer ensuite les essuyer.

*a-2-Méthode chimique pour récupérer l'or dans les vieilles pièces de bijou et reste de limailles.*

Mode opératoire

- Dissoudre la pièce métallique, exemple : bague.
- La plonger dans la solution d'acide nitrique diluée (une partie acide nitrique pour quatre parties d'eau). Mettre l'ensemble au feu jusqu'à ce que le métal ne bouille plus.
- Placer la pièce insoluble dans l'acide nitrique concentrée (pour 450g du métal utilise 1,350 l de l'acide) ; la chauffer. Dès que la dissolution n'a pas d'effet, la rincer trois fois.
- Mettre le résidu (pièce) dans l'eau régale diluée (une partie eau régale, cinq parties eau), puis chauffer pendant quelques

temps. L'or dissout mais le platine et argent se trouvent encore.

- Prendre la solution résultante de la dissolution de l'or, en exemptant l'acide nitrique par le bain marie.
- Verser de sulfate ferreux égale à cinq fois le poids de l'or présent dans la solution. Puis chauffer cet ensemble sur un bain de sable. En effet, l'or se précipite.
- Rincer l'or à l'eau courante.
- Si l'or existe encore dans la solution, rajouter de sulfate ferreux puis chauffer. L'or se précipite.

**Remarques** : Récupération des autres métaux précieux

- ❖ Argent : ajouter du chlore (Cl) dans la solution résultante de dissolution de l'acide nitrique. En effet, l'argent se précipite sous forme de chlorure d'argent. Puis verser de bicarbonate de soude à quantité égale que celui du chlorure ; l'argent métallique se solidifie.
- ❖ Pour le platine : rajouter du sel d'ammoniac (chlorure d'ammonium) concentré dans la solution résultante de l'eau régale ; il y a précipitation du chloroplatine d'ammonium sous forme de poudre d'un beau jaune d'or. Laisser précipiter ce poudre pendant 10 à 12 heures ; puis le brûler dans le porcelaine, enfin le fondre afin d'obtenir le platine métallique.

## I.3 VERIFICATION DU TITRE (FINESSE)

### I.3. 1 Définition

Cette opération consiste à rectifier le titre de l'or déjà affiné ou non en utilisant la pierre de touche.

### I.3.2 Matériels utilisés

- Pierre de touche

- Toucheau
- Acides assortis

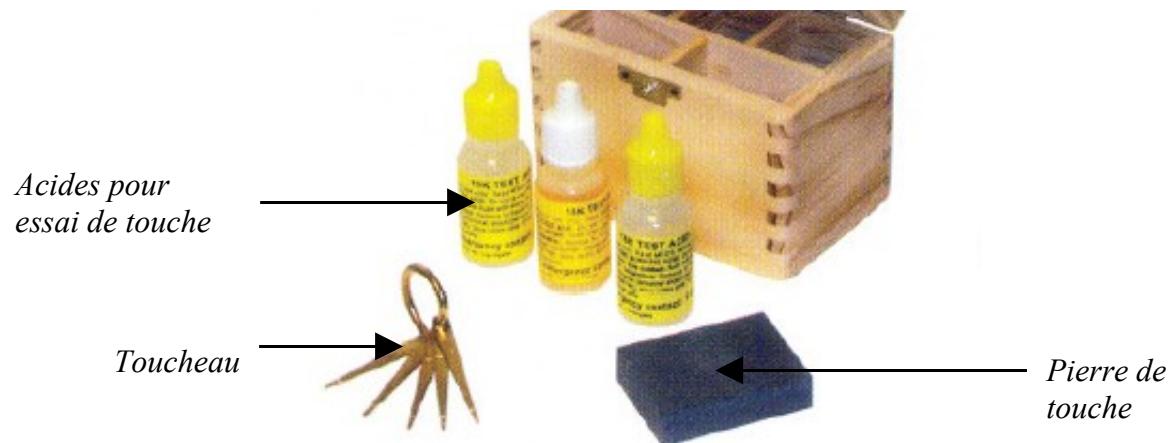


Figure 11 : Toucheau, pierre de touche, acides assortis (E : 1 /2)

### I.3.3 - Mode opératoire

- Tracer un trait sur la pierre de touche avec le métal que l'on désire à connaître la finesse ; et un autre trait avec l'alliage dont on sait le titre à l'usage de branche du toucheau.
- Mettre une goutte d'acide convenue à ce titre, sur chaque trait. Comparer leurs couleurs. S'ils sont semblables ce qui implique que les deux objets paraissent sur le même titre. Sinon refaire cette opération en appliquant les autres branches du toucheau avec les acides appropriés.

## I.4.ALLIAGE

### I.4.1-Definition

L'or pur a la dureté faible environ 2,5 à 3 par conséquent on ne peut pas le façonnner directement .En effet il doit être combiner avec l'argent, le cuivre, platine ou d'autres métaux afin qu'il trouve les propriétés qui lui font faute : brillance, couleur, dureté. Ce processus s'appelle l'alliage.

### I.4.2 Types d'alliage utilisé en bijouterie

L'alliage le plus employé en bijouterie fine est l'alliage à 18 carats qui signifie que la quantité d'or pur contenu dans leur alliage est de 75%.

Voici quelque types d'alliage utilisé en bijouterie.

Couleur de l'alliage	Quantité du métal en pourcentage		
	Or pur	argent	cuivre
verte	75	25	
jaune	75	12,5	12,5
rose	75	6	19
rouge	75		25

**Remarque :** calcul de masse de métaux à ajouter (masse de cuivre et argent)

Masse ajoutée : masse d'or pur utilisé x 0, 33

## I.5. PREFILAGE DU METAL

### I.5.1 But

Le but consiste à donner la forme du métal pour être propre facilement utilisable.

### I.5.2 Principe :

Fondre les métaux (or pur et autres métaux) en ajoutant de fondant, puis verser la coulée dans une lingotière chaude en plaque si l'on souhaite avoir une plaque ou à canaux pour les fils.



Figure 12 : Lingotière à plaques et lingotière à fil (E : 1/1)

## I.6. DECAPAGE

### I.6.1. Definition

Le décapage ou dérochage est une technique qui se fait habituellement après la solidification du métal fondu, ou son réchauffement et même après la soudure.

Il consiste à enlever l'oxyde métallique restant sur la surface du lingot lors de la fonte ou du réchauffement.

### I.6.2. Principe :

- Immerger le lingot ou le métal recuit dans une solution aqueuse de l'acide sulfurique à 20% jusqu'à ce que le borax et les oxydes disparaissent.
- Ensuite faire le passer à l'eau courante et l'essuyer.

**Remarque :** Tenir le métal avec les brucelles en plastique.



Figure 13 : Brucelles pour le décapage (E : 1/2)

## **Chapitre II- TECHNIQUE DE BASE**

### **II .1. LAMINAGE**

#### **II.1.1 Définition**

La fabrication de la pièce en bijouterie commence par le laminage qui a pour but d'amenuiser ou tréfiler le lingot déjà préformé en le compressant à l'aide du laminoir.

#### **II.1.2 Cas de la plaque**

Principe :

- Disposer le lingot à plaque entre les deux cylindres
- Serrer la roue de réglage
- Tourner la manivelle afin que les deux cylindres fassent un mouvement de rotation qui entraîne la réduction de l'épaisseur du
- Refaire cette étape jusqu'à obtenir les dimensions voulues en relevant au pied à coulisse.

#### **II.1.3 Cas du fil**

Principe

- Mettre le lingot à fil dans l'une des surfaces cannelées convenues dans le laminoir à fil.
- Régler l'écartement des rouleaux.
- Serrer la manivelle jusqu'à ce qu'on ne puisse plus serrer davantage.
- Répéter cette procédure en employant la série de surfaces cannelées de façon dégressive jusqu'à atteindre les dimensions appropriées à l'entrée dans l'orifice de la filière.



Figure 14: Laminoir mixte (E : 1/1)

## II.2.ETIRAGE

### **II.2.1.Définition**

L'étirage s'emploie pour glisser le fil du métal à travers la filière afin de le rendre plus fin, subtil et trait.

### **II.2.2.Materiels utilisés**

- Banc à étirer
- Filières
- Pince à étirer

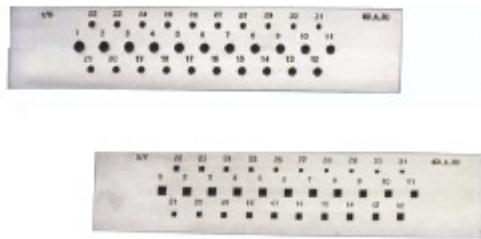


Figure 15: Filières à étirer (E : 1/2)

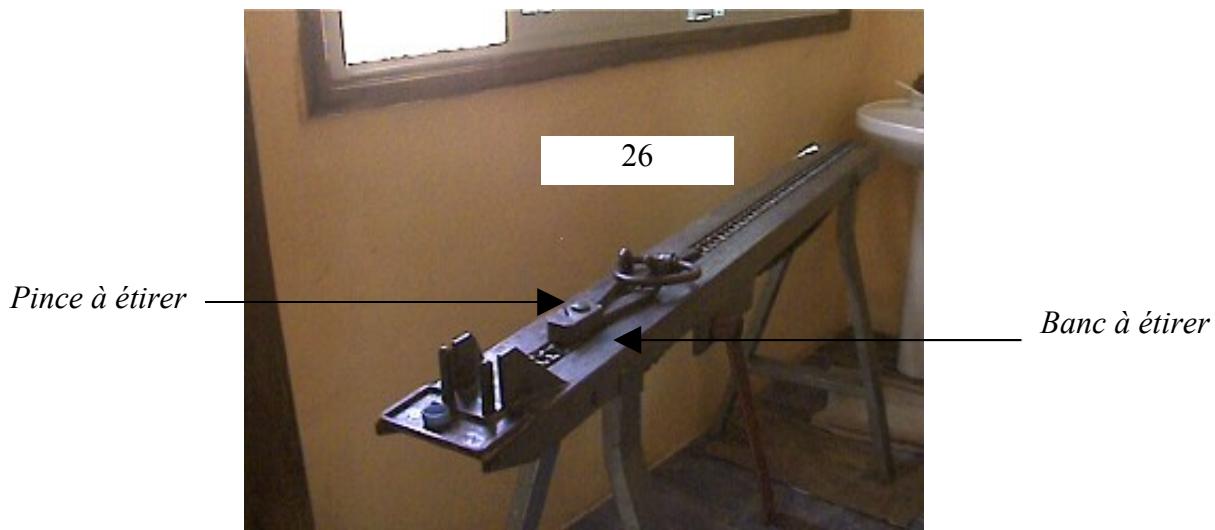


Figure 16 : Banc à étirer et sa pince (E : 1/1)

### II.2.3.Processus

- Insérer la filière dans le banc à étirer, puis effiler l'extrémité du fil à la lime afin qu'il pénètre mieux dans le trou de la filière.
- Enfiler le fil à travers le trou en fixant sa pointe avec la pince à étirer.
- Mettre en mouvement la manivelle latérale dont est pourvu le banc à étirer. Tirer le fil.
- Refaire ce processus jusqu'à obtenir la mesure souhaitée en décroissant le trou de la filière.

**Remarque :** le premier trou doit être légèrement plus étroit que le fil

## II.3. RECUIT

### II.3.1 Définition

Au cours de cet travail de laminage et étirage, quand le métal durcit, il faut le remettre au feu pour reprendre de nouveau sa ductilité. Ce processus s'appelle le recuit.

### II.3.2 Principe

- Placer le métal sur la plaque à souder ou charbon végétal
- A l'aide de chalumeau, chauffer toute sa surface jusqu'à ce qu'il ait la couleur rouge.
- Le laisser refroidir.
- Le décapter puis le laver à l'eau courante.

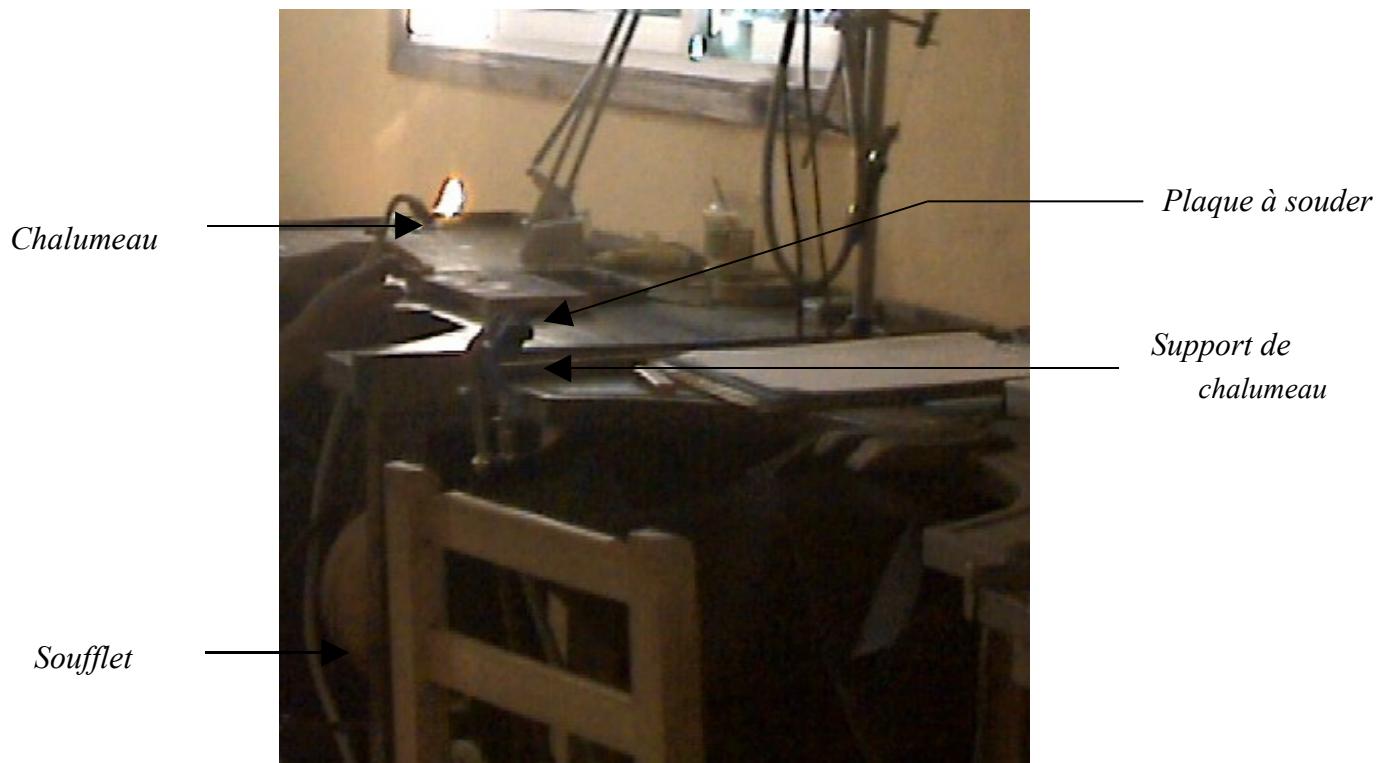


Figure 17 : Chalumeau, soufflet, plaque à souder, support de chalumeau (E : 1/1)

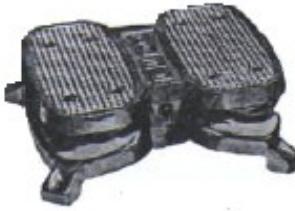


Figure 18: Pédalier (E : 1/1)

## II.4 DECOUPAGE ET AJUSTAGE

### II.4.1 Découpage

#### a) Définition

Le découpage consiste à couper, à morceler le métal ou à le tailler en suivant les contours de ses motifs.

#### b) Matériels utilisés

Il s'effectue avec la pince coupante pour les fils gros, fins, et la chaîne ; la cisaille pour la plaque fine ; et bocfil. Ce dernier est une sorte de scie à archet, plus utilisé dans la réalisation de la parure. En effet par lui on peut travailler avec précision, en faisant la décoration à jour, la découpe de métal.

Souvent avant d'entreprendre le sciage de métaux, faire percer un petit trou, à l'aide d'un foret fixé sur la pièce à main, qui permet l'entrée de la lame de scie.



Bocfil



Cisailles



Pince coupante



Foret (outil à percer)

Figure 19 : Bocfil, Cisailles, Pince coupante, Foret (E : 1/2)

## II.4.2 Ajustage

### a) Définition

L'ajustage est une opération qui consiste à donner à une pièce la forme avec une dimension exacte nécessaire. Il s'effectue avec les fraises et les limes.

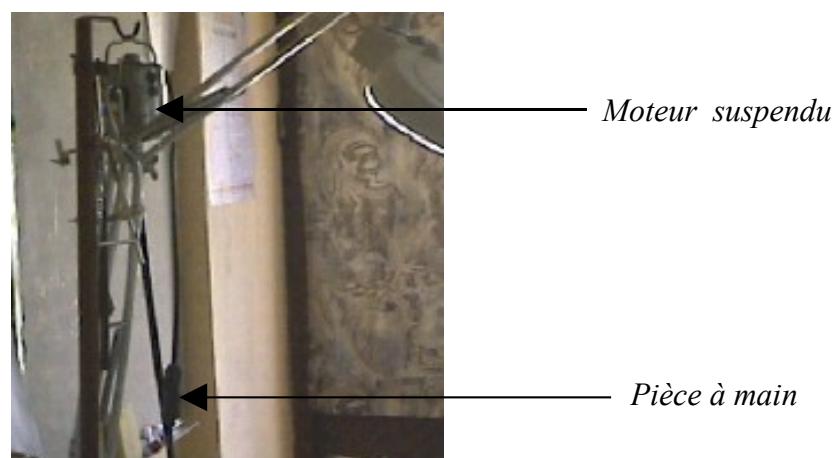
### b) Matériels utilisés

- Les différents types de fraises
- Les différents limes
- Pièce à main porte les fraises, foret
- Moteurs suspendus

29



Figure20 : Les différentes types de fraises (E : 1/4)



Figure

21: Moteur suspendu (E : 1/2)



Figure 22: Pièce à main et ses accessoires (E : 1 /2)

**Remarque :** fraise s'emploie pour creuser ou entailler le métal tandis que la lime sert à détacher par frottement des parcelles de matière.

## II .5 SOUDURE ET MONTAGE

### II.5.1 Soudure

#### a) Définition

La soudure est le procédé le plus courant utilisé en bijouterie, quand on assemble ou quand on attache les deux pièces de métal entre elles sans joint, sous l'action de la chaleur et au moyen d'un alliage à faible point de fusion appelée la brasure.

#### b) Matériels utilisés :

- Brasure
- Flux, fondant : borax
- Support du soudure : brique à charbon de bois
- Chalumeau à gaz
- Brucelles



Figure 23 : Outils à souder (E : 1/2)

### c) Brasure ou paillon

- La brasure ou paillon qui est confectionnée par les bijoutiers en amenuisant une feuille de métal très fine dans le laminoir, en la décapant, puis la rincer à l'eau courante.
- La morceler en petits morceaux à l'aide d'une cisaille. Ces petits morceaux s'appellent paillon ou brasure.

### d) Préparation du métal

- Décaper les deux pièces à assembler. Les rincer.
- Dissoudre le borax (fondant) dans l'eau. Enduire le mélange au point d'assemblage. Le borax sert à dissoudre la couche d'oxyde métallique laissée sur une surface métallique propre et facilite la fusion du paillon.

### e) Soudage

- Sur la brique à charbon de bois, chauffer les pièces à assembler à la même température par le chalumeau à gaz butane ; tenir les éléments à souder par la pince.
- A l'aide de brucelles placer le paillon sur la zone à souder puis chauffer toute la pièce jusqu'à ce que leur teinte devienne sombre.
- Concentrer la flamme sur la jointure à souder jusqu'à ce qu'elle soit rouge vif. En effet la brasure fond le long de la jonction.
- Ecartez le chalumeau, laisser refroidir la pièce. Puis décaper et rincer à l'eau courante.

**Remarque :** Pour braser les pièces complexes (plusieurs éléments), appliquer plusieurs brasures dont la température de fusion soit distincte. Celle qui en a la plus élevée se passe au premier et ainsi de suite.

## II.5.2 Montage

Son but est de constituer une pièce en assemblant les éléments entre eux. Autre que la soudure, il y a plusieurs types d'assemblage comme le rivetage, collage, vissage et articulation.

### a) Rivetage :

#### *a-1- Définition*

Le rivetage est réalisé à assembler à froid les deux pièces. Il permet la fixation de divers éléments de façon inamovible.

#### *a-2- Principe*

- Prendre une tige traitée dont le diamètre correspond aux orifices.
- Enrober de borax à l'une des extrémités du fil.
- Le mettre au feu jusqu'à ce qu'elle soit fondu et rendue en boule.
- Placer la tige au travers de l'orifice des pièces à assembler, puis écraser les deux extrémités jusqu'à ce qu'elles soient plates.



Figure 24 : Marteau (E : 1/2)

#### b) Collage:

Les bijoutiers peuvent grouper les pièces par les colles. Les plus utilisées sont l'araldite et la super glue (colle spéciale).



Figure 25 : Colle araldite

#### c) Vissage :

##### *c-1 Définition*

Le vissage consiste à assembler les deux pièces par vis.

##### *c-2 Réalisation de l'écrou*

Le taraud s'emploie pour fileter (creuser en hélice) la paroi de tube à faible diamètre afin que le vis s'y loge. Les jeux de taraud à fileter sont au nombre de trois.

Principe :

- Fixer la pièce à fileter à l'intérieur de tourne - à - gauche.
- Introduire le taraud l'un après l'autre dans le tourne -à -gauche en effectuant un mouvement de rotation continu pour fileter le tube.

**Remarque** : le taraud dont le diamètre est grand passe au premier puis le moyen, et enfin celui qui est petit.



Taraud



Tourne - à -

gauche

Figure 26 : Taraud (E : 3/4) et Tourne - à – gauche (E :1/4)

#### c-3 Réalisation de la vis

- Insérer l'une des extrémités de la tige recuite à la filière munie de porte filière, et l'autre extrémité à l'étau.
- Soumettre la filière à un mouvement de rotation autour de la tige dans le sens des aiguilles d'une montre. En effet la tige dont la surface saillie en spirale permet son entrée dans son logement.



Filière



Porte filière

Figure 27 : Filière à tarauder et Porte filière (E : 1/2)

**Remarque :** Il faut que les deux pièces (écrou, vis) soient ajustées parfaitement.

d) Articulation :

*d-1 Définition*

C'est un type d'assemblage dont les pièces se sont mues les unes sur les autres. Souvent le bijoutier utilise l'articulation à fil ou l'articulation à l'anneau.

*d-2 Articulation à fil*

Principe :

Insérer un fil à travers l'orifice de deux plaques principales puis souder chacune de ses extrémités à l'intérieur des plaques.

*d-3 Articulation à l'anneau*

Processus :

Introduire les deux pièces à assembler à l'anneau. Pour la fermeture, braser les extrémités.

*d-4 Réalisation de l'anneau*

Principe :

- Enrouler le fil de métal autour du mandrin fixé à l'étau, pour former une bobine serrée.
- Glisser le mandrin puis scier la bobine suivant la longueur. En effet on a plusieurs anneaux.



Mandrin



Etau

Figure 28 : Mandrin et Etau (E : 1/2)

## II.6. PREFINITION

Comme son nom l'indique, elle est un procédé qui se passe avant la finition. Elle s'emploie pour effacer les traces d'outils et les rayures afin d'obtenir une surface lisse et régulière. Elle se fait en deux opérations : limage et émerisage.

### II.6.1 Limage

Le limage fait disparaître les traces d'outils laissées lors du découpage à la scie et enlève l'usure excédent du métal afin d'obtenir une surface lisse et régulière.

Principe :

Tenir bien la pièce, puis la frotter avec la lime de façon qu'elle soit poussée vers l'avant.

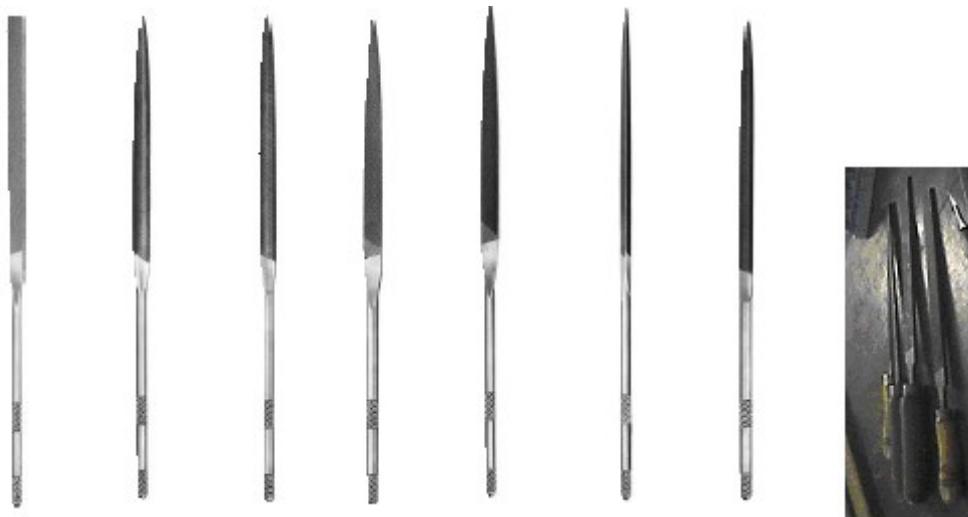


Figure 29: Limes (E : 3/4)

### II.6.2 Emerisage

Cette opération est la dernière étape de la préfinition. Elle se fait à l'aide d'un papier émeri. Ce sont des papiers à base de poudre de corindon utilisés comme abrasifs de plus en plus fins. Son but est d'enlever les traces d'outils en rendant la surface plus lisse.

#### a) Matériels utilisés :

- Baguettes en bois de toutes les sections : ronde, rectangulaire, triangulaire. On l'appelle cabrons.

- Papiers à émeri à diverses numérotations telles que leurs grains est de 350-400micron,puis 650-700 micron,enfin 1000-1200 micron .
- Masque
- Lunettes de protection

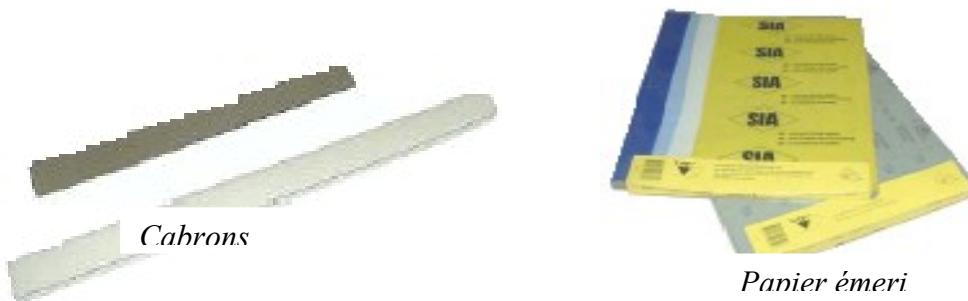


Figure 30 : Cabrons et Papier émeri (E : 3/4)

### b) Mode opératoire

- Prendre le papier émeri de 350-400, le diviser en 4, puis couvrir le cabrons par le ¼ du papier.
- Frotter toute la surface de la pièce avec l'émeri. Il est nécessaire de croiser les traits.
- Répéter cette méthode en utilisant le numéro 650-700. Pour finir, refaire cette démarche avec le 1000-1200.
- 

### **II.6.3 Ponçage des coins des pièces et les surfaces internes**

Pour l'émerisage aux coins et aux surfaces internes, on effectue au micromoteur.

#### Processus

- Enrouler le papier à émeri 350-400 d'environ 10cm autour de la goupille (série d'outils) fixée sur le mandrin (pièce à main) du micromoteur.

- Passer le papier dans tous les coins et dans toutes les surfaces internes de la pièce en faisant le mouvement de rotation.
- Refaire cette opération avec les autres papiers de 650-700, enfin 1000-1200.



Figure 31: Goupille (E : 1/2)

## II .7. SERTISSAGE

### **II.7.1 Définition**

C'est la technique la plus ancienne utilisée quand on décore une pièce. Elle consiste à enchâsser une pierre dans un métal qui la maintient en place à l'aide des griffes ou chaton. Son but est de valoriser les pierres. Il y a plusieurs façons de sertir la pierre : serti clos ou serti rabattu, serti à griffes, serti à grains.

### **II.7.2 Matériels utilisés**

- Différentes échoppes
- Outil pour rabattre le métal
- Bougie ou porte pierre
- Support en bois
- Ciment de sertisseur
- Fraise boule ou conique
- Moteur suspendu



*Masse*



*Bougie*



*Échoppes*



*Ciment de sertisseur*

Figure 32 : Outils de sertisseur (E : 1/2)

### **II.7.3 Serti clos ou serti rabattu : pour la pierre en cabochon**

Processus :

- Vérifier que la pierre est adéquate à la monture. Sinon il faut l'ajuster à l'aide d'une échoppe.
- Ramollir le ciment à l'aide d'une lampe.
- Le mettre sur le support en bois.
- Enrober la pièce avec un peu d'huile et la fixer sur le ciment.
- Porter la pierre à cette monture à l'aide d'une bougie.
- Rabattre le métal avec la masse en un point, puis sur le point diamétralement opposé et ainsi de suite.



Figure 33 : Serti rabattu (E : 1/1)

#### **II.7.4 Serti à griffes :**

Le serti à griffes s'emploie pour la pierre de taille brillante ou en facette

Principe :

Mettre la monture sur une pâte et rabattre ces griffes sur la pierre.



Figure 34 : Serti à griffes (E : 1/1)

**Remarque :** Ces montures sont constituées par l'assemblage de fil appelé griffe.

Si on veut arrondir les griffes, employer le micromoteur.

#### **II.7.5 Serti à grains :**

Le sertissage à grains consiste à enfoncer la pierre dans le métal.

Principe

- Percer le métal avec le foret
- Elargir le trou jusqu'à ce que la pierre s'ajuste
- Eliminer une partie de métal à chaque extrémité avec une échoppe en levant la seconde au coté diamétralement opposé et ainsi de suite jusqu'à ce que la pierre s'enfonce dans le métal.  
Une partie de métal appelée copeau soulevé entoure la pierre.
- Rabattre le métal soulevé situé aux quatre coins sur la pierre et enlever les autres en effectuant une recoupe autour de la pierre.



Figure 35 : Serti à grains (E : 1/1)

## II-8 FINITION

Pour la finition de la fabrication d'une pièce on applique la technique de polissage. Son but est d'avoir une pièce brillante comme de miroir. Le polissage s'effectue en trois étapes : dégrossissage, polissage et avivage.

### Matériels

- Une polisseuse est constituée d'un moteur et de deux mandrins coniques dont la vitesse est de 2800tr/mn.
- Brosse circulaire en coton ou en soie noire
- Disque en feutre (pour les pièces polyédrique) ou en toile
- Cône en feutre
- Pâtes abrasives
- Eau chaude, savon
- Appareil ultrason
- Disques adaptables sur le micromoteur
- Fils de coton



Brosse circulaire en soie noire



Brosse circulaire en coton



Brosse circulaire en toile



Disque en feutre



Cône en feutre



Fils de coton



Pâtes abrasives



Polisseuse



Ultrason

Figure 36 : Outils à polir (E : 1/2)

### **II.8.1 Dégrossissage**

Le dégrossissage consiste à effacer toutes les rayures laissées par le papier émeri

Principe :

- Fixer le disque en feutre sur le mandrin.
- Appliquer de la pâte pour le dégrossissage sur le disque.
- Polir la surface externe de bijoux c'est à dire frotter la pièce en approchant du disque. Maintenir la pièce légèrement vers le haut en restant dans le quart inférieur du disque.
- La faire bouger, en faisant se chevaucher les zones de contact avec le disque.
- Polir l'intérieur de la pièce en appliquant la pâte sur le cône, puis la frotter en se déplaçant de gauche à droite et d'avant en arrière.
- Laver la pièce en immergant dans l'eau chaude avec du savon dans l'ultrason, brosser jusqu'à ce qu'elle soit nette. La sécher.

### **II.8.2 Polissage**

Le polissage utilise la brosse en coton et des abrasifs plus doux. Il a pour but de lisser toute la surface de la pièce.

Mode opératoire :

- Mettre la brosse en coton sur le mandrin
- Appliquer sur le disque le rouge à polir (pâte spécifique au polissage).
- Frotter l'intérieur et l'extérieur.

### **II.8.3 Avivage**

L'avivage donne à la pièce son éclat final en utilisant une brosse en coton mais sans pâte.

Même procédure (dégrossissage).

Rincer la pièce à l'eau courante et l'essuyer.

### Remarques

- ❖ Pour les recoins et les trous, appliquer du fil de coton pour remplacer le disque ou la brosse.
- ❖ Pour les montures complexes, employer le micromoteur et le moteur suspendu, avec le disque adéquat.



Figure 37 : Accessoires de micromoteur pour le polissage (E : 1/2)

DEUXIEME PARTIE

## ***TECHNIQUE DE LA FONTE A CIRE PERDUE***

# **TECHNIQUE DE LA FONTE A CIRE PERDUE**

## A.INTRODUCTION

L'homme façonnait les métaux depuis la préhistoire. Leur caractéristique, leur aptitude à être travaillé (alliage, moulage...) avaient répondu aux besoins multiples de l'homme, à ses activités quotidiennes, à l'aménagement de son environnement.

Il inventait des techniques pour adapter ces matières (métaux). Ainsi, les techniques sont solidaires les unes des autres. Chaque avancée de l'une permet le progrès des autres. Cela signifie qu'il y a un lien ou un cercle vicieux entre les différentes techniques.

*Par exemple* : l'homme primitif tentait à fabriquer la poterie qui nécessitait une chaleur intense pour la cuisson. De lors, il créait la four fermée au quatrième millénaire avant Jésus Christ. Grâce à cette découverte, on arrivait à faire extraire un métal de ses minerais sous l'action de la chaleur et le faire fondre. Puis le mettre dans la moule pour prendre la forme.

La maîtrise de la fonte menait à l'invention de la technique de l'alliage appliquée à divers métaux : or, argent, cuivre,...

Nous allons voir la technique de fonte à cire perdue qui consiste à mouler un plâtre sur un modèle de cire que l'on fait ensuite fondre pour remplacer par du métal en fusion.

## B.GENERALITES

La fonte à cire perdue est une technique ancienne utilisée quand on imite ou on réalise un bijou en employant la cire.

Elle permet d'obtenir un petit nombre d'objet et de produire les pièces en grandes séries.

Elle consiste à mouler un plâtre sur un modèle de cire que l'on fait ensuite fondre pour remplacer par du métal en fusion. Cela signifie qu'on prend l'empreinte d'une pièce souhaitée à reproduire par une substance molle (exemple : cire) qui est tirée à partir de moule en caoutchouc ou élaborée manuellement c'est à dire sculptée afin que toutes les formes les plus détaillées sont mises en relief et nettes. Ce modèle est similaire au modèle original. On l'appelle modèle en cire ou matrice, qui sert à reproduire des objets semblables à la pièce initiale.

Par contre, cette matrice est malléable, fragile, et même se volatilise sous l'effet de la chaleur .Par conséquent il faut l'envelopper avec la pâte en enduisant toute sa surface. Puis mettre cet ensemble au four ; en effet, la pâte s'endurcit, cuit et prend la forme de l'objet, d'où un moule.

Le moule prêt à recevoir le métal fondu lors de la coulée .Le métal fondu remplace la cire. Après solidification, le métal devient dur. En effet, le plâtre se brise, la pièce en métal s'est délivrée.

# **Chapitre I- PIECE FABRIQUEE A PARTIR DE LA CIRE MOULEE**

## **I. GENERALITE**

Il existe d'autre méthode pour réaliser les bijoux en utilisant les modèles en cire qui servent de matrice. Ces modèles sont obtenus en injectant la cire à l'intérieur du moule en caoutchouc.

Son but est de fabriquer des pièces en série facilement et rapidement, en négligeant les grandes taches en bijouterie à savoir le laminage, le tréfilage, découpage et la création de la forme de la pièce : forgeage, martelage.

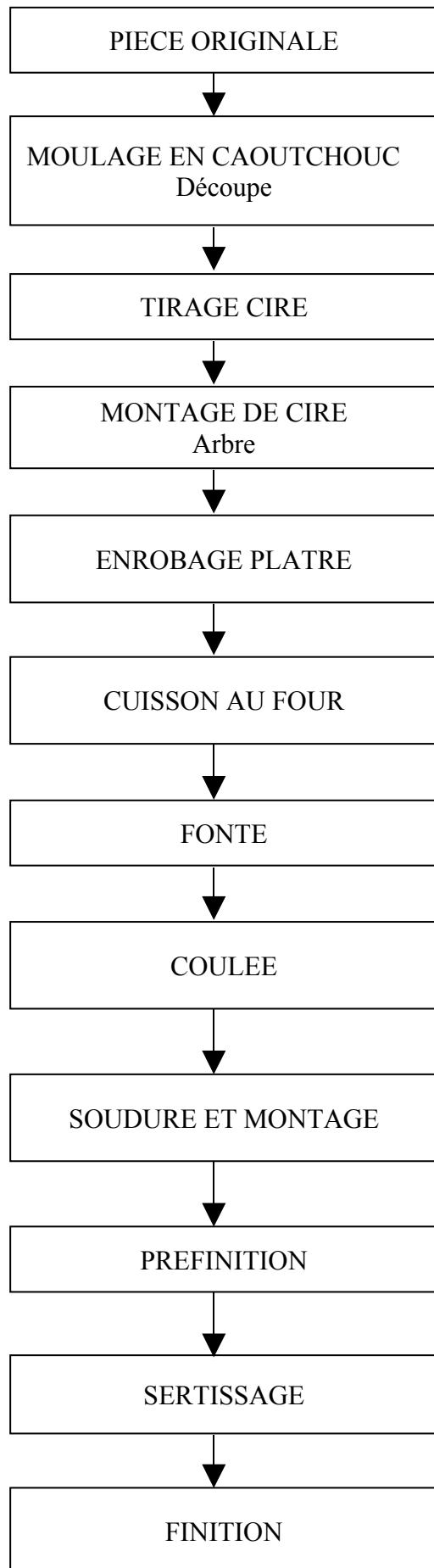
### **I .1. PRINCIPE :**

Il s'agit de prendre l'empreinte de la pièce originale (la pièce que l'on veut imiter: modèle) sur des plaques en caoutchouc molles à l'usage de vulcanisateur. Puis les presser en serrant la manivelle du vulcanisateur afin que les parties saillantes soient tirées précisément. Sortir le modèle initial en découplant la série de plaque à moitié. Mettre le moule en caoutchouc contre la valve de l'injecteur, la cire fondu est introduite à son intérieur. On a le modèle en cire similaire au précédent.

Encastrer le modèle dans le plâtre ; ensuite porter au four la cire fond et s'écoule ; le plâtre s'endurcit et joue le rôle de moule qui sert à mouler la pièce. Le métal en fusion y fait couler en prenant la place de la cire. En refroidissant la moule se casse en libérant la pièce en métal.

## **II. PROCESSUS DE REALISATION D'UN BIJOU MOULE**

Voici le processus de réalisation :



## II-1 MOULAGE EN CAOUTCHOUC

### II.1.1 Préparation du modèle

Le modèle est un objet soit organique, soit en bois, soit métallique qui sert à l'imiter pour faire une pièce de la bijouterie. Le métal est le plus utilisé.

### II.1.2 Matériels utilisés

- Modèle métallique que l'on veut imiter
- Tige de coulée ou cône de coulée : pièce métallique en forme de tige vendue dans les bijouteries
- Papier émeri à grains 1200 microns



Figure 38: Cône de coulée (E : 3/4)

### II.1.3 Principe

- Frotter les surfaces planes de la pièce avec le papier émeri numéro 1200 seulement.
- La polir à l'ultrason, puis la rincer à l'eau courante.
- Souder la tige (tige qui assure l'insertion de cire à l'intérieure du moule) à la pièce modèle originale.

### II.1.4 Réalisation du moule en caoutchouc

#### a) Définition

Le moule est un objet qui représente en creux la forme d'un objet que l'on veut reproduire.

#### b) Matériels

- Caoutchoucs
- Cadre aluminium
- Vulcanisateur
- Plaque en acier

- Modèle muni de la tige coulée
- Bistouris servant à faire le démoulage



*Cadre en aluminium et plaque en acier*

*Caoutchouc*

*Bistouris*

*Vulcanisateur*

Figure 39 : Vulcanisateur (E : 1/2), cadre et plaques en acier, caoutchoucs, bistouris (E : 1 /1)

### c) Mode opératoire

- Faire le caoutchouc en forme de plaque adéquate à la dimension intérieure du cadre d'aluminium.
- Rendre molles les deux plaques qui servent à envelopper directement le modèle original dans le vulcanisateur à 100°C.
- Placer la pile de plaques à l'intérieur du cadre en aluminium jusqu'à atteindre la moitié de son épaisseur, puis l'une de plaque déjà molle.
- Disposer le modèle métal (original), en vérifiant que la tige de coulée et le trou de cadre soient ajustés parfaitement.
- Recouvrir cet ensemble avec l'autre plaque traitée .Ensuite poser le restant de la plaque les unes sur les autres de façon que la dernière saillie le cadre d'aluminium.
- Recouvrir le cadre par la plaque en acier
- Placer dans le vulcanisateur programmé à 155°C pendant 2 h (varie en fonction du nombre des plaques en caoutchouc).

- Serrer la manivelle du vulcanisateur jusqu'à ce que le cadre soit pressé ; répéter ce processus plusieurs fois pendant 15 minutes afin que le caoutchouc prenne finement la forme du modèle original.
- Quand la température baisse de 100°C ; denteler avec le bistouri le moule à moitié suivant l'entrée de la tige de coulée jusqu'à ce que le modèle soit sorti.

## II.2 TIRAGE DE MODELE DE CIRE

### **II.2.1 Définition**

C'est la reproduction de la pièce en cire en injectant la cire fondue dans le caoutchouc à moule

### **II.2.2 Procédure**

- Mettre les cires à injecter dans l'injecteur.
- Régler la température (30°C) et la pression de l'injecteur (15PSI).
- Mettre le moule entre les deux plaques en verre, l'appliquer contre la valve de l'injecteur, la cire est introduite à l'intérieur du moule.
- Le laisser refroidir, puis retirer le modèle en cire avec soin.
- Trier ceux qui sont similaires au modèle original.



*Moule en caoutchouc*

*Injecteur de cire*

*Cire à injecter*

Figure 40: Moule en caoutchouc, injecteur de cire, cire à injecter (E : 1/1)

## II-3 MONTAGE DE LA CIRE.

### II.3.1 Définition

Le montage en cire consiste à assembler toutes les pièces en cire sur un tronc de l'arbre (baguette en cire) à l'aide d'un appareil à souder.

### II.3.2 Matériels :

- Socle en caoutchouc ou embase de caoutchouc
- Scalpel : outil tranchant
- Grappeur de cire



*Embase de caoutchouc*



*Tronc de l'arbre*



*Grappeur de cire*



*Scalpel*

Figure 41: Embase de caoutchouc, tronc de l'arbre,  
grappeur de cire, scalpel (E : 1/1)

### II.3.3 Processus

- Tirer le modèle de tronc de l'arbre en appuyant le tuyau à gaz contre la valve de l'injecteur
- Le laisser refroidir puis démouler.
- Mettre l'arbre dans la partie creuse au centre de l'embase en caoutchouc.
- Brancher la tige de coulée munie du moule en cire sur le tronc de l'arbre, en faisant un angle supérieur ou égal à 45°, à l'aide du

grappeur de cire. Il faut que la tige soit courte. Puis peser cet ensemble.

## II.4 ENROBAGE DE PLATRE

### II.4.1 Définition

Apres le montage de l'arbre, la recouvrir d'une enveloppe d'une couche appelé revêtement qui la protége.

Ce revêtement est un mélange de plâtre, de silice, et de produit réfractaire avec de l'eau distillée à 40% de la masse totale du mélange.

### II.4.2 Préparation du l'arbre

- Frotter la surface de la cire avec un chiffon imbibée de liquide spécial
- Poser le cylindre perforé (exemple : P5) sur l'embase en fermant l'arbre à l'intérieur.
- Mettre un ruban autour du cylindre pour éviter le débordement du revêtement .



*Cylindre perforé      Ruban      Liquide pour polir les cires*

Figure 42 : Cylindre perforé, ruban, liquide pour polir les cires (E : 1/2)

### II.4.3 Préparation du revêtement

- Mettre la composition : plâtre, silice, produit réfractaire, eau à 20°C dans un bol à caoutchouc.
- Le remuer au mixeur jusqu'à ce qu'il soit homogène.

- Enlever l'air en plaçant le récipient sur la pompe à vide, puis le recouvrir de la cloche sous vide (verre cylindrique). Programmer la pression au 25 PSI pendant 3 mn.
- Dégager l'air en ouvrant le robinet.
- Verser le mélange sans toucher directement l'arbre dans le cylindre en une minute.
- Eliminer l'air en enveloppant le cylindre dans la cloche. Le placer à la pompe à vide avec la pression de 25 PSI en 3mn.
- Le maintenir en deux minutes.
- Evacuation de l'air en ouvrant le robinet.
- Le laisser reposer pendant 4 heures.



*Bol en caoutchouc*



*Plâtre*



*Mixeur*



*Balance ordinaire*

Figure 43 : Outils usuels pour le revêtement (E : 1/2)

## II.5 CUISSON

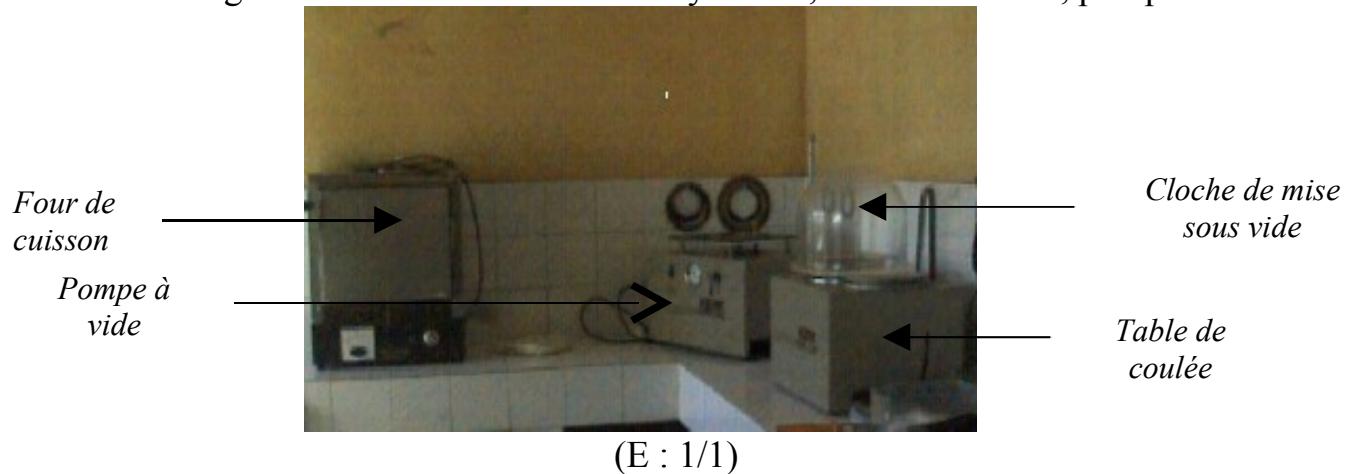
### II.5.1 Définition

La cuisson consiste à placer le cylindre dans un four programmable afin que le revêtement prenne la forme de l'arbre en cire qui disparaît.

## II.5.2 Mode opératoire

- Enlever le ruban et l'embase de caoutchouc
- Mettre le cylindre au four programmable de façon à l'envers.
- Varier la température du four en fonction du temps comme suit
  - ❖ Préchauffer le four à 150°C.
  - ❖ Maintenir le cylindre en 2 heures à 150°C
  - ❖ Augmenter de 150°C à 315°C en 2 heures.
  - ❖ Elévation de 315 à 480 en 2 heures.
  - ❖ Température montante de 480°C à 730°C en 4 heures.
  - ❖ Baisse de la température jusqu'à ce qu'elle soit comprise entre 370°C à 480°C pour les pièces lourdes ; 535°C à 600°C pour les pièces fines ,en 2 heures .

Figure 44 : Four de cuisson des cylindres, table de coulée, pompe à vide



## II.6 FONTE

### II.6.1 Processus

Fondre les métaux à allier avec ses proportions exactes dans le creuset jusqu'à ce qu'ils soient complètement liquide (coulée).

### II.6.2 Calcul de poids de métal nécessaire à la fonte.

On utilise la formule suivante

## **Poids de métal : $(M \times d) + k$**

Où  $M$  égale la masse de l'arbre en cire

$d$  est la densité de l'alliage du métal ; pour l'or 18 carats  $d=15$

$k$  est la constante à ajouter=15 ou 20g



*Creuset*



*Pince à tenir le cylindre*



*Bouteille à gaz avec ses accessoires*



*Joints*

Figure 45 : Joints, Four a gaz et pince  
à tenir le cylindre (E : 1/2)

## II.7 COULEE

### **II.7.1 Définition**

La coulée est un processus qui consiste à faire jeter en moule le métal en fusion pour obtenir la pièce souhaitée à reproduire.

### **II.7.2 Mode opératoire**

- Placer les joints dans la table de coulée <sup>56</sup>
- Mettre le cylindre dans la table de coulée.

- Verser le métal en fusion dans la moule en plâtre .Puis le laisser refroidir.

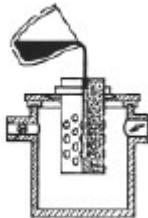


Figure 46 : Injection de métal en fusion à l'intérieur du cylindre  
(E : 1/1)

## II.8 DEMOULAGE :

Le démoulage consistant à enlever le moule pour sortir les pièces.

### II.8.1 Processus

- Laisser reposer le cylindre quelques instants puis plonger dans un bain d'eau froide. En effet le revêtement se fend, on sort l'arbre de sa coquille.
- La décaper en trempant dans un bain d'acide pour éliminer l'oxyde métallique et le reste du fondant.
- La rincer à l'eau courante.
- Démonter les pièces à l'aide de cisaille en retirant la tige de coulée avec les limes.



Figure 47 : Pince à couper l'arbre (E : 3/4)

## II.9 MONTAGE DE LA PIECE METALLIQUE

Une fois cette pièce polie après le limage, on assemble avec les autres pièces pour former un bijou. C'est le processus de montage.

Appliquer la soudure c'est à dire assemblage à chaud en utilisant le chalumeau et la brasure.

Si les deux pièces soient mobiles, effectuer l'articulation à anneau ou fil.

Enfin pour l'assemblage de deux pièces de façon inamovible, faire le rivetage ou le vissage.

## II.10 PREFINITION

La préfinition à savoir le limage qui enlève l'excès du métal et rend la surface lisse en douceur ; gommer les traces d'outil. Puis l'émerisage élimine le trace d'outil laissée lors de limage afin d'obtenir une surface plus fine.

Le bijoutier fait l'émerisage en utilisant les trois papiers à émeri dont les numérotations sont entre 350-400, entre 650-700, entre 1000-1200.

Pour tous les recoins et les surfaces irréguliers, faire la préfinition à l'aide du micromoteur (conférer la technique précédente).

## II.11 SERTISSAGE

Le mode d'emplacement de pierre sur la monture se fait de trois façons selon la taille (cabochon, facette) de la pierre. Il existe le serti clos pour les pierres à dos plat ; serti à griffes pour les pierres à taille en facette, enfin serti à grains.

## II.12 FINITION

Pour terminer le travail du bijoutier réalise le polissage qui consiste à effacer toute trace de l'émeri avec un produit appelé tripoli ; la dernière touche se fait au rouge. Puis aviver pour obtenir une pièce à un fini miroir sans défaut.

Utiliser le fil de coton pour les recoins et les trous de la pièce en appliquant le produit tel que le tripoli et cire rouge.

## **Chapitre II .PIECE DE BIJOU FABRIQUE À PARTIR DE LA CIRE FACONNÉE.**

### **I. GÉNÉRALITÉ**

La sculpture est une technique d'art très ancienne, existant vers trente milles ans avant Jésus Christ. En effet c'est la première méthode que l'homme sert quand on réalise des objets de forme complexe (dans l'espace réel).

La sculpture repose sur les trois techniques fondamentales : taille, modelage, assemblage. Elle est adaptée aux différents matériaux comme la pierre, bois, matériaux ductiles tel que l'argile, terre glaise, plâtre, ainsi que la cire.

La sculpture en cire consiste à élaborer un modèle original en taillant directement la cire, le produit fini s'appelle prototype. Le sculpteur applique les spatules, le scalpel pour ajouter ou retrancher la cire .Lors de ses travaux, les mains tiennent une place principale.

La sculpture en cire ou le modelage est l'une de phase préparatoire au moulage, utile à la fonte du métal et la coulée. Le modèle en cire joue le rôle de matrice dont le plâtre l'enveloppe. Ainsi, porter le plâtre en séchant au four. Le plâtre se cuit en prenant la forme de la matrice en cire. Cette dernière se fond et se brûle. D'où on a la moule en plâtre prête à recevoir le métal fondu en remplacement du modèle en cire. On laisse refroidir, le moule se casse en libérant la pièce métallique identique à celui de l'original.

Le modeleur emploie la cire à modeler ou la cire à sculpter quand on édifie le prototype.

## **II. REALISATION**

### **II.1 PROCESSUS DE REALISATION D'UN BIJOU**

- Sculpture de la cire : prototype
- Montage à l'arbre
- Moulage du plâtre
- Coulée
- Préfinition
- Sertissage
- Finition

### **II.2 OUTILS UTILISES**

- Bocfil
- Lame spirale
- Spatules
- Scalpel à lame triangulaire
- Cire à retoucher
- Appareil à souder ou grappeur de cire
- Lampe
- Cire à sculpter
- Lime spécifiques ou limes usagées
- Papiers abrasifs
- Fraises à sculpter
- Liquide pour polir les cires
- Chiffon de coton

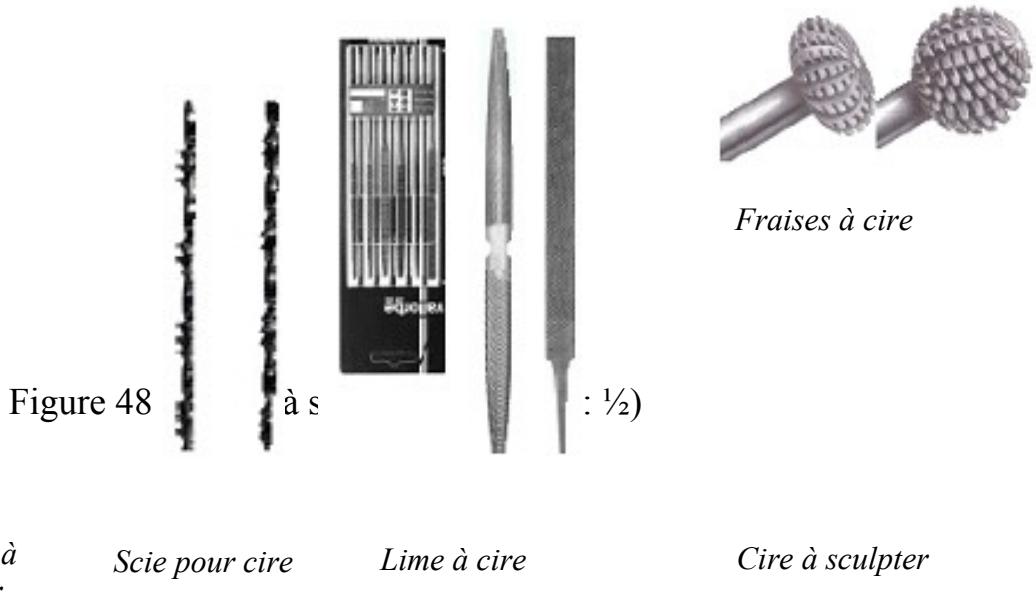


Figure 48

## II.3 TECHNIQUE DE SCULPTURE DE LA CIRE

Cette technique emploie la cire à sculpter dont elle se présente sous forme de bloc, mais elle est dure. Son façonnage applique diverses techniques.

### II.3.1 Traçage

La première étape du travail est le traçage. Il consiste à tracer le motif ou patron sur le bloc de cire en reportant les mesures ou en calquant le dessin à l'aide de papier calque.

#### a) Report des mesures

Il se réalise à partir de traçage des lignes : perpendiculaire, droites, obliques, verticales, horizontales; des cercles, des courbes différentes, et les arcs.

#### b) Report de motifs

Souvent utilisé en dessinant soigneusement le motif, puis porter à la cire à l'aide de papier carbone.

Mode opératoire :

- Rendre la surface de la cire lisse en appliquant le papier abrasif de plus en plus fin.
- Enduire la surface avec la peinture.
- Dessiner le motif ou poser une feuille de carbone sur la cire en plaçant le motif au dessus.
- Tracer les contours du motif avec un crayon pointu afin que le modèle soit reporté à la surface de la cire.
- Repasser les contours du motif à l'aide d'un poinçon qui raye profondément la cire.

### **II.3.2 Sculpture**

Processus :

- Découper la cire en suivant les contours du motif avec le Bocfil ou scie à métaux
- L'entailleur afin que le motifs soit sailli ou mis en relief à l'aide de scalpel à lame triangulaire et on l'incise par les spatules.
- Pour évider l'intérieure de la cire ou évaser son orifice, ou ajuster la forme, appliquer les gammes de fraises à sculpter surtout les fraises boules.
- La limer pour enlever l'excès de la cire, et pour lisser la surface.
- Ensuite enlever les traces de la lime, les traces d'outils en la frottant avec le papier émeri. Ce dernier la rend lisse et élimine les défauts.
- Pour les recoins et toutes les surfaces irrégulières effectuer à l'aide de micromoteurs.

- Terminer la sculpture en frottant la surface avec le chiffon coton imbibée d'essence à briquet. Le modèle est prêt à la fonte.

## II.4 MONTAGE A L'ARBRE

L'arbre sert à maintenir la pièce en cire en liant avec la tige de coulée .Le tronc d'arbre est confectionné en injectant la cire dans le tuyau à gaz et la tige de coulée (cire) dans la moule à caoutchouc.

### Principe

- Réunir tous les modèles en attachant sur l'arbre avec l'appareil à souder (grappeur de cire).
- Assujettir cet ensemble sur le socle en caoutchouc.
- Puis le renfermer de cylindre d'acier.

## II.5 ENROBAGE DE PLATRE

L'enrobage consiste à enrober de l'enduit le prototype. L'enduit est un mélange de plâtre, de la silice et des produits réfractaires avec de l'eau distillée à 20°C, dont le volume est de 40%.

Processus :

- Verser l'enduit dans le cylindre, sans couler directement sur le modèle.
- Le reposer dans la cloche de mise sous vide en réglant la pression au maximum. bars en une minute. (voir chapitre précédent : enrobage de plâtre)

## II.6 CUISSON (voir Partie II chapitre I)

Mettre le cylindre dans le four programmable dont l'embase est en haut.

## II.7 COULEE (voir Partie II chapitre I)

Processus :

- Lors de la mise au four, qui sèche l'enduit, le modèle en cire fond et disparaît. Par contre fondre l'alliage (métaux à allier) dans le creuset à l'aide de chalumeau à gaz. Ces métaux en fusion vont couler au moule en plâtre en remplaçant le prototype.
- Laisser le reposer, puis plonger dans l'eau, l'enduit se brise, le métal que l'on souhaite à reproduire sort.
- Détacher les pièces à l'aide de cisaille et les limes.

## II.8 SOUDURE ET MONTAGE (voir partie I)

## II.9 PREFINITION (voir partie I)

## II.10 SERTISSAGE (voir partie I)

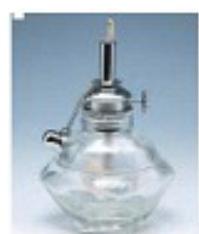
## II.11 FINITION (voir partie I)

## III MODELAGE DE LA PIECE EN CIRE

La cire à modeler se présente sous diverses formes : feuille, fil, bloc. Elle a le caractère semblable à la pâte à modeler quand on la met au contact de lampe. La cire s'emploie pour faire le prototype en modelant à la main ou spatule.



Cire à modeler



Lampe

Figure 49: Cire à modeler (E : 1/1) et lampe (E : 1 /3)

### **III. 1 PROCESSUS :**

- Créer le modèle selon la forme souhaitée en faisant pétrir la cire avec les mains ou à l'aide de la spatule ou l'étirer, l'évaser, la graver, et l'amincir.
- S'il y a une erreur, on peut rajouter ou retrancher la cire jusqu'à ce qu'on atteigne son esquisse finale avec la spatule en pointe chauffée sur la lampe. En effet les pièces peuvent être soudées.
- Une fois le modèle est achevé, on effectue toutes les disciplines nécessaires à la fabrication de bijou allant de revêtement de l'enduit du modèle en cire jusqu'à la finition.

### **IV-TECHNOLOGIE EN COURS : production numérique de la pièce en cire.**

A l'instar de l'évolution rapide de la technologie, les métallurgies s'avancent progressivement. Par conséquent, toutes l'industries modernes façonnent les métaux par des machines à commande numérique. Elles créent le modèle géométrique de la pièce souhaitée à usiner par l'ordinateur en appliquant la conception assistée par l'ordinateur : C.A.O. Les employeurs donnent la commande à la machine à l'aide de F.A.O : fabrication assistée par l'ordinateur afin qu'elle l'accomplisse. D'où la P.A.O ou la production assistée par l'ordinateur.

En effet, toutes techniques utilisées aux travaux des métaux simples sont appliquées aussi aux métaux précieux.

Aujourd'hui certains techniciens inventent des machines qui peuvent produire de modèle en cire selon le choix .Elles s'appellent CAD /CAM, PROTOTYPE, SOLIDSCAPE en effectuant la tache par fraisage, jet de cire, thermo fraisage. Son fonctionnement se fait par commande numérique en

utilisant un logiciel appelé JEWELCAD. Par elle, le moulage en cire, la sculpture de la cire n'existent pas. Il suffit de faire la conception à l'ordinateur puis lancer le programme et le modèle en cire sortira.

Actuellement cette technologie existe à Madagascar.

## **V. PROBLEMES DES BIJOUTIERS A MADAGASCAR**

Comme tous les secteurs artisanaux, les bijoutiers malgaches affrontent beaucoup des difficultés.

### **V.1 APPROVISIONNEMENT**

- Les artisans malgaches n'ont pas de crédits destinés au stockage de matière première, des accessoires.
- L'insécurité (voleur, cambrioleur, dahalo) incite les fabricants de ne pas épargner l'or à l'atelier.
- Des étrangers résident voire les touristes, les business man locaux achètent directement l'or les pierres précieuses auprès des exploitants.

### **V.2 EQUIPEMENTS**

- Les bijoutiers malgaches utilisent jusqu'à maintenant les équipements rudimentaires et traditionnels.
- Les outils modernes n'existent pas à Madagascar même chez les fournisseurs. Si on veut les acquérir, on doit les importer des pays étrangers.

### **V.3 TECHNIQUE**

- Le secteur de la bijouterie est l'un de secteur peu développé, les malgaches appliquent la technique ancienne.

- Manque d'information concernant l'évolution de la technique.
- A Madagascar, absence d'école qui peut être indispensable à la formation en bijouterie.

#### V. 4 AUTRES :

- Flottement de l'Ariary entraîne l'augmentation des intrants.
- Les bijoutiers malgaches ne vendent pas leurs produits, ils ne font que les commandes de leurs clients.
- Les artisans ont difficilement accès aux crédits (crédits bancaires)
- Ils sont quelques fois obligés de refuser de commande compte tenu des états de leurs matériels et de leur capacité mais les bijoutiers s'entraident.
- Le secteur informel se développe rapidement.

### **VI. LEURS STRATEGIES FACE AUX DIFFICULTES**

Voici deux stratégies :

D'une part création de l'association des bijoutiers, des lapidaires et des exploitants de Madagascar : A.B.L.E.M.

D'autre part établissement de comptoir de l'or c'est à dire agence agréée où on collecte l'or venant des orpailleurs (exploitants). En revanche, les bijoutiers, les joailleries et les personnes privés y achètent l'or. Par conséquent les prix sont fixés et le marché noir n'existe plus.

## VII. MARCHE

- Les bijoutiers ne font que les commandes de leurs clients, le frais de façonnage de l'or soit varie de 4000Ariary à 5000Ariary le gramme
- Le marché varie en fonction des commandes. Mais ils sont nombreux au moment où la fête approche telle que : paques ; saint Valentin ; fin d'année.

## VIII SOLUTIONS PROPOSEES

- Il faut améliorer la technique d'exploitation de l'or en utilisant la technique moderne.
- Moderniser la technique de façonnage de l'or.
- A l'instar de gemmologie, il faut informer les bijoutiers en créant de l'institut de bijouterie où ils seront épargnés les connaissances nécessaires à la réalisation des bijoux.
- Améliorer la gestion de l'or en édifiant le comptoir de l'or dans la région productrice de l'or.

## **CONCLUSION**

Les bijoux qui servaient à arborer les hommes depuis la nuit de temps en tenant un rôle important dans la vie quotidienne. De lors ils existent pendant toutes les civilisations. Souvent ils désignent un objet précieux, fabriqués à partir des métaux précieux : platine, argent surtout l'or.

La réalisation d'un bijou exige la maîtrise des nombreuses techniques à savoir la technique de base qui est le fondement total du métier. Elle fait l'usage à tous les projets de la bijouterie. Ensuite la technique de cire à perdue appliquée quand on souhaite à reproduire des objets en série ou à formes complexes (prototype). Sa fabrication se fait soit artisanale, soit industrielle. La bijouterie est un art des métaux précieux, en effet toute l'évolution de métallurgie y est appliquée.

A Madagascar, la bijouterie est un secteur peu développé ; leurs équipements sont rudimentaires et la technique appliquée est très ancienne d'où leur production est faible. Alors il ne fait que l'économie de subsistance. Leur production est faible, il n'exécute seulement que leurs commandes de leur achalandage.

## BIBLIOGRAPHIES

- « **LES BIJOUX : Comment les concevoir et les réaliser** » C.CODINA  
*-Gründ Paris 2003*
- « **Bijouterie deux livres en un** » M .COLES - *Eyrolles Paris 2000*
- « **Orfèvreries** » Luc LANEL -1944
- « **Antananarivo fahizay** » RAINITOVO – *Ambositra 1928*
- « **Histoire physique naturelle et politique de Madagascar** » A.et G. GRANDIDIER - MDCCCCXVII
- « **Histoire des Rois** » Tome 1 -Révérend Père CALLET- 1953
- « **Histoire des Rois** » Tome 4 -Révérend Père CALLET- 1958
- « **Technologie des métaux précieux** » M .FARGEON - *Masson 1992*
- « **Cours de Métallogénie exogène 4<sup>eme</sup> Année Géologie (ESPA)** » S. RABENANDRASANA -2004
- « **Cours de Métallogénie endogène 4<sup>eme</sup> Année Géologie (ESPA)** » D. RASAMIZAFINDROSOA -2004
- « **Cours de Gemmologie 5<sup>eme</sup> Année Géologie (ESPA)** » G. RASAMIMANANA (2005)
- **Article « OR »** S. FANJANARIVO - in Revue : Dans les Medias de Demain- Page 16 - N° 450 du 24 novembre 1995
- **Article « OR »** S. FANJANARIVO – in Revue : Dans les Medias de Demain –Page 22 -N°515du 27 février 1997
- « **Dictionnaire Le Petit Larousse** » Larousse 2003
- « **Dictionnaire Malgache- Française** » ABINAL et Révérend Père MALZAC -*Fianarantsoa 1993*

## **ADRESSES UTILES**

- **BIBLIOTHEQUE NATIONALE**
  - AMPEFILOHA ANTANANARIVO (101)
- **ACADEMIE MALAGASY**
  - TSIMBAZAZA TANA (101)
- **Centre d'Information Technique et Economique (CITE)**
  - AMBATONAKANGA TANA (101)
- **Centre d'Information Professionnel et Entreprise**
  - ANALAKELY TANA (101)
- **Ecole Supérieure Polytechnique (ESPA) – Département GEOLOGIE**
  - VONTOVORONA TANA (102)
- **RINA JEWELS**
  - ITAOSY TANA (102)

# *ANNEXES*

### ANNEXE I : IDENTIFICATION DES GEMMES

PIERRES	FORMULES CHIMIQUES	COULEURS	DURETE	DENSITE	INDICES DE RFRACRITION	BIREFRINGENCE	PLEOCHROISM	SYSTEME CRISTALLIN	FIGURES
Aigue-marine	$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$	Bl -Vr	7.5 à 8	2.68 à 2.87	1.563-1.582	0.004 à 0.010	net à faible	Hexag.	
Améthyste	$\text{SiO}_2$	Vi .	7	2.65	1.544-1.553	0.009	faible à nul	Rhombo	
Andalousite	$\text{Al}_2\text{SiO}_5$	Vr./vr.-Ja./Br.-Rg./Br.	7.5	3.05 à 3.39	1.634-1.643	0.002 à 0.006	très fort	Ortho.	
Béryl (goshénite)	$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$	Inc	7.5 à 8	2.73 à 2.77	1.562-1.602	0.004 à 0.010	net à faible	Hexag.	
Chrysobéryl	$\text{BeAl}_2\text{O}_4$	Ja. /Vr . ./Br .	8.5	3.71 à 3.74	1546-1.760	0.007 à 0.011	très faible	Ortho.	
Citrine	$\text{SiO}_2$	Ja.	7	2.65	1.544-1.553	0.009	faible à nul	Rhombo	

PIERRES	FORMULES CHIMIQUES	COULEURS	DURETE	DENSITE	INDICE DE REFRACTION	BIREFRINGENCE	PLEO-CHROÏSME	SYST. CRIST	ECHANTILLONS
<b>Cyanite (disthène)</b>	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>	Vr./Bl./ Gr .	4 à 5 et 6 à 7	3.56 à 3.72	1.716- 1.731	0.015 à 0.017	fort	Tricli.	
<b>Danburite</b>	CaB <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Inc./Rs./Ja./Br	7	2.99 à 3.01	1.630-1.636	0.006	faible	Ortho.	
<b>Emeraude</b>	Be <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	Vr./Vr.-Bl. /Vr.-Ja.	7.5 à 8	2.68 à 2.87	1.565-1.597	0.006	net	Hexag.	
<b>Euclase</b>	Be(Al,OH)SiO <sub>4</sub>	Inc./Bl./Vr.	7.5	3.09 à 3.11	1.654-1.673	0.019 à 0.025	Très faible	Monocli.	
<b>Almandin</b>	Fe <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub>	Rg./Rg.-Vi. /Rg.-Br.	7.5	3.93 à 4.17	1.770-1.820	nulle	nul	Cubique	
<b>Démantoïde</b>	Ca <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub>	Vr./Vr.-Ja.	6.5 à 7	3.81 à 3.87	1.855-1.895	nulle	nul	Cubique	

PIERRES	FORMULES CHIMIQUES	COULEURS	DURETE	DENSITE	INDICE DE REFRACTION	BIREFRINGENCE	PLEO-CHROISMЕ	SYST. CRIST	ECHANTILLONS
<b>Hessonite</b>	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Ja./Or.	7 à 7.5	3.57 à 3.73	1.730-1.757	nulle	nul	Cubique	
<b>Grossulaire</b>	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Inc./Vr. /Ja./Or./Rs.	+/-7.5	3.57 à 3.73	1.734-1.759	nulle	nul	Cubique	
<b>Pyrope</b>	$\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Rg./Rg.-Nr.	7 à 7.5	3.62 à 3.87	1.720-1.756	nulle	nul	Cubique	
<b>Rhodolite</b>		Rg./Rg.-Vi.	7 à 7.5	3.74 à 3.94	1.740-1.770	nulle	nul	Cubique	
<b>Spessartite</b>	$\text{Mn}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Ja./Or. /Rg.-Or.	7 à 7.5	4.12 à 4.18	1.790-1.820	nulle	nul	Cubique	
<b>Tsavorite</b>	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Vr.	7.5	3.66 à 3.70	1.739-1.744	nulle	nul	Cubique	

PIERRES	FORMULES CHIMIQUES	COULEURS	DURETE	DENSITE	INDICE DE REFRACTION	BIREFRINGENCE	PLEOCHROISMЕ	SYST. CRIST	ECHANTILLONS
Iolite (cordiérite)	Mg <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>18</sub>	Bl.	7 à 7.5	2.56 à 2.66	1.542-1.551	0.008 à 0.009	très fort	Ortho.	
Opale	SiO <sub>2</sub> .nH <sub>2</sub> O	Toutes	5 à 6	1.98 à 2.50	1.370-1.520	nulle	nul	Amorphe	
Péridot	(Fe,Mg)SiO <sub>4</sub>	Vr. /Vr.-Ja. /Br.	6.5 à 7	3.28 à 3.48	1.654-1.690	0.036 à 0.038	très faible	Ortho.	
Phénacite	BeSiO <sub>4</sub>	Inc./Rs. /Ja.	7.5 à 8	2.94 à 2.95	1.654-1.670	0.016	net	Rhombo.	
Pierre de lune	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Inc./Bl. /Ja./Or. /Vr.	6 à 6.5	2.55 à 2.57	1.518-1.526	0.008	aucun	Monocli.	
Rubis	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rg./Rg.-Rs. /Rg.-Or.	9	3.97 à 4.03	1.762-1.770	0.008	net	Rhombo.(triangular)	

PIERRES	FORMULES CHIMIQUES	COULEURS	DURETE	DENSITE	INDICE DE REFRACTION	BIREFRINGENCE	PLEO-CHROISMЕ	SYST. CRIST	ECHANTILLONS
<b>Saphir</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Bl.	9	3.95 à 4.03	1.762-1.770	0.008	net	Rhombo. (trigonal)	
<b>Saphir rose</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rs.	9		1.762-1.770	0.008	net	Rhombo. (trigonal)	
<b>Saphir vert</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Vr.	9		1.762-1.770	0.008	net	Rhombo. (trigonal)	
<b>Saphir incolore (leucosaphir)</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Inc.	9		1.762-1.770	0.008	net	Rhombo. (trigonal)	
<b>Saphir violet</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Vi.	9		1.762-1.770	0.008	net	Rhombo. (trigonal)	
<b>Saphir orange</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Or.	9		1.762-1.770	0.008	net	Rhombo. (trigonal)	

PIERRES	FORMULES CHIMIQUES	COULEURS	DURETE	DENSITE	INDICE DE REFRACTION	BIREFRINGENCE	PLEO-CHROISMЕ	SYST. CRIST	ECHANTILLONS
<b>Scapolite</b>	$\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}\text{ClCa}_4\text{-Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{Co}_3, \text{SO}_4)$	Inc./Gr. /Vi./Rs./Ja.	5.5 à 6.5	2.60 à 2.74	1.540-1.580	0.006 à 0.037	net à faible	Quadra.	
<b>Sphène</b>	$\text{CaTiSiO}_5$	Vr./Ja./Br.	5 à 5.5	3.50 à 3.54	1.900-2.034	0.010 à 0.018	fort	Monocli.	
<b>Spodumène</b>	$\text{LiAl}_2(\text{SiO}_3)_2$	Inc./Vr. /Ja./Rs.	6 à 7	3.15 à 3.21	1.660-1.676	0.014 à 0.016	net	Monocli.	
<b>Spinelle</b>	$\text{MgAl}_2\text{O}_4$	Toutes	8	3.60 à 3.62	1.712-1.762	nulle	nul	Cubique	
<b>Verdélite</b>		Vr.	7 à 7.5	3.01 à 3.21	1.624-1.644	0.014 à 0.032	très faible	Rhombo.	
<b>Rubellite</b>	$\text{Na}(\text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{-Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$	Rg.	7 à 7.5	3.01 à 3.21	1.624-1.644	0.014 à 0.032	très faible	Rhombo.	

PIERRES	FORMULES CHIMIQUES	COULEURS	DURETE	DENSITE	INDICE DE REFRACTION	BIREFRINGENCE	PLEO-CHROÏSME	SYST. CRIST	ECHANTILLONS
<b>Tourmaline bicolore</b>		Bicolore	7 à 7.5	3.01 à 3.21	1.624-1.644	0.014 à 0.032	très faible	Rhombo.	
<b>Topaze</b>	$\text{Al}_2 (\text{F}, \text{OH})_2\text{SiO}_4$	Inc./Ja. /Bl./Vr. /Rs./Br.	8	3.48 à 3.57	1.619-1.627	0.008 à 0.010	net à fort	Ortho.	
<b>Turquoise</b>	$\text{CuAl}_6 (\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Bl./Bl.-Vr. /Vr.-Bl./Vr.	5 à 6	2.31 à 2.84	1.610-1.650	0.040	non visible	Tricli.	
<b>Zircon</b>	$\text{ZrSiO}_4$	Br./Vr. /Or./Ja./Rg.	6.5 à 7.5	4.67 à 4.73	1.925-1.984	0.045 à 0.055	faible à net	Quadra.	

Pierres	Formules chimiques	Couleurs	Syst. crist.	IR	Biréfringence	Pléo.	Clivage	Dureté	Densité	Remarques
<b>Agate</b>	SiO <sub>2</sub>	diverses	crypto.	1.530-1.540	0.004 à 0.006	aucun	nul	6.5 à 7	2.59 à 2.64	variété de quartz crypto cristallin, est toujours en position éclairée sur le polariscope.
<b>Alexandrite</b>	BeAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Vr.	otho.	1.746-1.760	0.007 à 0.011	fort	imparfait	8.5	3.71 à 3.75	vert à la lumière naturelle, il devient rouge à la lumière à incandescence.
<b>Amblygonite</b>	LiAl(F,OH)PO <sub>4</sub>	Inc./Ja.	tricli.	1.612-1.636	0.024 à 0.030	faible	parfait	6	3.00 à 3.10	parfois verdâtre aux U.V.long.
<b>Apatite</b>	Ca(F,Cl)Ca <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Inc./Ja. Vi./Bl./Rs.	hexag.	1.642-1.646	0.003 à 0.005	faible	imparfait	5	3.16 à 3.23	peut être chatoyante.
<b>Aventurine</b>	SiO <sub>2</sub>	Vr./Bl./Br.	rhombo.	1.532-1.542	0.010	aucun	nul	7	2.63 à 2.67	famille du quartz, la couleur verte est due à la fuschite ; rougeâtre à l'hématite ; bleue à la duomortiérite.
<b>Axinite</b>	CaFeMgBaAl <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>15</sub> (OH)	Br.- Vi./ Br.-Ja./Vi.	tricli.	1.678-1.688	0.010 à 0.012	fort	parfait	6.5 à 7	3.27 à 3.38	Trichroïsme typique : violacé brun rougeâtre brun, jaunâtre pour les variétés brun violet.
<b>Azurite</b>	Cu(OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Bl.	monocli.	1.730-1.838	0.108 à 0.110	net	parfait	3.5 à 4	3.70 à 3.90	rare en cristaux gemmes.
<b>Baryte</b>	BaSO <sub>4</sub>	Inc./Ja./ Rg./Br./Vr.	ortho.	1.636-1.648	0.012	aucun	parfait	3 à 3.5	4.40 à 4.60	rare en pierre bleue de plus du demi carat.
<b>Bénitoïde</b>	BaTiSi <sub>3</sub> O <sub>9</sub>	Inc./ Bl.	hexag.	1.757-1.804	0.047	très fort	imparfait	6 à 6.5	3.63 à 3.67	fluorescence bleue aux U.V.courts.
<b>Béryllonite</b>	NaBePO <sub>4</sub>	Inc./Ja.	monocli.	1.552-1.562	0.009 à 0.010	aucun	Parfait	5.5 à 6	2.68 à 2.73	se différencie du quartz par ses caractéristiques physiques.
<b>Blende</b>	(Zn,Fe)S	Ja./Or./Vr./Rg./Br.	cubique	2.370	nulle	nul	parfait	3.5 à 4	4.05 à 4.10	synonyme : sphalérite, forte dispersion, fragile.
<b>Brazilianite</b>	Al <sub>3</sub> Na(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub>	Ja./Ja.-Vr.	monocli.	1.602-1.621	0.019 à 0.021	très faible	parfait	5.5	2.91 à 2.97	risque de confusion avec l'amblygonite.
<b>Calcédoine</b>	SiO <sub>2</sub>	diverses	crypto.	1.530-1.540	0.004 à 0.009	nul	nul	6.5 à 7		variété de quartz crypto cristallin, est toujours en position éclairée sur le polariscope.

## **ANNEXE II : OR** le régime est défini, un comptoir est crée.

Le décret fixant le régime de l'or à Madagascar est maintenant sorti. Un autre décret publié dans la dernière livraison du journal officiel porte création du comptoir de l'or.

Les collecteurs agréés sont obligés d'acheter l'or auprès des orpailleurs dûment autorisés par les titulaires des permis miniers délivrés conformément aux dispositions du code minier et de ses textes d'application.

Les collecteurs agréés sont obligés d'acheter l'or auprès des orpailleurs et ou permissionnaires or. Les bijoutiers, orfèvres, joailliers et les privés de profession libérales utilisant l'or ne peuvent acheter de l'or qu'auprès du comptoir de l'or, des agences ou des permissionnaires or.

Le titulaire de permis minier valable pour or peut vendre sa production soit au comptoir de l'or ou aux agences, soit au collecteur agréé de son choix. Il peut par ailleurs sur décision du Ministère de Mines, exporter de l'or qu'il a produit. La vente de l'or ne peut être effectuée qu'auprès des collecteurs agréés par les orpailleurs, qu'auprès du comptoir de l'or et des agences pour les collecteurs agréés. Les prix de vente et d'achat sont fixés en fonction de la politique de la libéralisation et au cours mondial de l'or.

Le décret stipule en outre que quiconque ne peut importer de l'or sauf le comptoir de l'or. Le comptoir de l'or ou le agence peut exporter l'or sous toutes ses formes par décision du Ministre chargés des mines.

A l'état brut (poudre, pépite, lingot, barre...), l'or doit être poinçonné par les cadres assermentés du laboratoire Nationale des Mines.

Leur responsabilité civile individuelle peut être mise en cause par tout intéressé en cas des fraudes dûment constatées .Ce poinçonnage est obligatoire pour tous les bijoux en magasins ou mis en vente. Une des parties au contrat peut exiger, en plus de la marque matérielle, une attestation de poinçonnage par cet organisme. (Extrait d'un article écrit par S. FANJANARIIVO in Dans les Medias de Demain)

### **ANNEXE III : COMPTOIR DE L'OR**

Créer en 1995, comptoir de l'or basé à Antananarivo sera enfin opérationnel en 1997. Il a mis en place une agence à Ejeda dans le Sud et compte en créer d'autre dans la zone aurifère . L'achat d'or auprès de permissionnaire or pour la première fois. Cette année marquera le démarrage effectif du comptoir de l'or.

Les activités du comptoir démarrent cet année effectivement avec l'achat d'or auprès des permissionnaire or. Selon le directeur technique Jeannot RASOANAIVO, l'achat sera fixé en fonction de la politique de libéralisation et du cours mondial du minerai d'or qui tourne autour de 65 000 Francs par gramme.

La direction technique mise en place en octobre 1996 travaille notamment à élaborer les règles d'achats à travers les agences de comptoir. Une agence a été créée à Ejeda dans le Sud. Elle a été dotée quatre matériels (balances, véhicules, 4x4, coffres ...) de ressources humaines et des moyens financiers nécessaires à l'achat de l'or.

Le comptoir dispose aussi de laboratoire de purification et de lingotage car d'après le directeur technique il faut produire de l'or pur à 24 carats. L'once d'or pur tourne autour de 380US\$ . Le laboratoire du comptoir peut purifier de l'or de cette qualité. Pour 1997, le comptoir a un budget de 2 milliards Fmg. Il réservera une partie de cette enveloppe pour acheter de l'or. Les exportations lui permettront de percevoir 40% des bénéfices contre 60% de budget générale de l'Etat. Le comptoir veut mettre l'agence d'Ejeda sur les rails avant de mettre d'autre agence sur pied. « La mise en place d'une agence est un investissement lourd. Il faut donc voir comme fonction celle d'Ejeda pour en tirer des leçons ou envisager des amélioration », souligne Tsiambakaina, juriste auprès de comptoir de l'or. L'objectif est de créer des agences là où il y a de l'or. Mais Mananjary, Ambilobe, Vohemar, Daraina, Maevatanana sont prioritaires en raison de la richesse aurifère de leur sous sol.

Les agences du comptoir mises à part les agences agréées peuvent aussi acheter et exporter de l'or. Pour le moment, il n'en existe pas encore. Les bijoutiers, les orfèvres, joailliers et de privés de profession libérale utilisant de l'or qu'à l'état travaillé selon une décision du Ministère de l'Energie et de Mines.

Selon Jeannot RASOANAIVO, le comptoir de l'or est une structure provisoire qui peut aboutir à la création d'une société anonyme. Certains pensent que la mise en place de comptoir est contraire à la politique de libéralisation. TSIAMBAKAINA défend la raison d'être du comptoir : «Il est difficile de libéraliser un secteur sans l'esquisse d'une structure qui organisera le marché et encouragera l'informel à entrer dans le circuit normal. L'informel pullule dans le secteur or et Etat est le grand perdant. Sa caisse ne perçoit rien de l'exploitation aurifère.

Une fois le marché bien organisé, le comité de gestion, organe d'audit interne au comptoir, décidera de la suppression du comptoir en tant qu'organisme d'Etat. Il faudra alors donner le marché aux privés souligne TSIAMBAKAINA. Mais le comptoir pourra alors devenir un office de réglementation du marché. L'heure actuelle, le marché de l'or évolue dans l'anarchie totale. Le marché parallèle n'achète pas d'or en fonction de cours mondiale.

Les techniciens de secteur ne comprennent pas pourquoi les opérateurs de ce marché n'enregistrent pas des pertes. En effet ils achètent le gramme de mineraï d'or à 70 000 Francs alors que l'or pur coûte 60 000 Francs par gramme sur le circuit normal. Ces opérateurs ne versent aucun impôt direct.

« L'organisation de la filière par le biais du comptoir de l'or peut changer la situation. Les richesses minières sont des ressources non renouvelables contrairement aux produits de rente et halieutiques. Il faut donc réagir pour que l'Etat et le pays en tirent le maximum des bénéfices possibles »explique le juriste de comptoir de l'or. Pour ce faire, le personne du comptoir s'efforce de

sensibiliser les opérateurs du secteurs pour qu'ils entrent dans le circuit normal. Avec l'aide des autres ministres, ils descendant sur le terrain et essai de vulgariser les lois existantes.

Mais le comptoir de l'or court le risque d'entrer dans l'informel si les responsables ne font pas attention. Le marché parallèle est déjà bien installé. Les exploitants sont toujours tentés d'y vendre leurs produits vu que ce marché propose des produits plus élevés que ceux de comptoir. Ce dernier peut suivre le jeu du marché parallèle et acheter de l'or sans se référer au cours mondial. « Il faut être vigilant et fournir des efforts pour faire basculer le parallèle dans le formel »estime Jeannot RASOANAIIVO. (Extrait d'un article écrit par S. FANJANARIVO in Dans les Medias de Demain)

## ANNEXE IV : CODE MINIER DE L'OR

LOI N°99-022 DU 19 AOÛT 1999	PROJET DE LOI
	TITRE III DU REGIME DE L'ORPAILLAGE
	Chapitre premier DE L'AUTORISATION DE L'ORPAILLAGE
<i>Article 68 - L'orpailleur est effectué en vertu d'une autorisation d'orpailleur délivrée par les autorités des Communes du ressort suivant les modalités définies au présent Code.</i>	<u>Article 68.-</u> <i>Modifier respectivement comme suit les dispositions des alinéas 1 et 3 de cet article :</i>  (alinéa premier) <b>« L'activité d'orpailleur est réservée au titulaire d'autorisation d'orpailleur délivrée par les autorités des Communes concernées suivant les modalités définies au présent Code. Elle est ouverte à tout titulaire d'autorisation sans qu'aucun ne puisse prétendre à une exclusivité quelconque dans un couloir d'orpailleur. »</b> <b>« Couloir d'orpailleur : les lits actifs des rivières et les alluvions récentes ; il constitue une servitude d'orpailleur légale et permanente qui s'applique de plein droit à l'égard de tout périmètre minier ; »</b>
La carte d'orpailleur, dont le modèle est défini dans les textes d'application du présent Code, constitue la matérialisation de l'autorisation d'orpailleur.	
<i>L'autorisation d'orpailleur est valable à l'intérieur de la circonscription de la Commune qui l'a délivrée, et en dehors des périmètres couverts par des permis miniers sauf accord des titulaires desdits permis.</i>	(alinéa 3) <b>« L'autorisation d'orpailleur est valable sur tous les couloirs d'orpailleur situés à l'intérieur de la circonscription de la Commune qui l'a délivrée. »</b>
Article 69 - L'orpailleur s'acquitte d'un droit, au profit de la Commune concernée, pour l'octroi de l'autorisation d'orpailleur et l'obtention de la carte d'orpailleur.	
Le montant dudit droit est fixé par voie réglementaire.	

*En outre, l'orpailleur est tenu au versement périodique d'une cotisation destinée à constituer la provision de réhabilitation environnementale afférente à son activité. Le montant, la période et les modalités de versement de cette cotisation sont fixés par voie réglementaire.*

*Modifier comme suit les dispositions de l'alinéa 3 de cet article :*

**« Les bénéficiaires d'autorisation d'orpaillage sont tenus au respect des obligations environnementales fixées par les autorités de la Commune de délivrance conformément aux dispositions réglementaires. »**

Article 70 - Les autorisations d'orpaillage sont enregistrées sur un registre spécial tenu à jour par chaque Commune qui les délivre.

L'autorité chargée de l'octroi de l'autorisation d'orpaillage adresse, chaque trimestre, une liste des orpailleurs en activité dans sa circonscription au bureau local de l'Agence de l'Or ou, à défaut, au bureau du Cadastre Minier. Le cas échéant, ce dernier transmet ladite liste au bureau central de l'Agence de l'Or.

Article 71 - L'autorisation d'orpaillage est valable pour une durée de douze (12) mois. Elle est renouvelable une ou plusieurs fois pour la même durée, sous réserve du paiement du droit y afférent.

Article 72 - L'autorisation d'orpaillage ne constitue pas un permis minier. Elle est personnelle et ne peut être ni cédée ni mutée ni amodiée sous quelque forme que ce soit

L'autorisation d'orpaillage est subordonnée à l'accord du titulaire de permis minier. Elle n'ouvre droit à aucune indemnisation en cas d'éviction de l'orpailleur si l'accord du titulaire de permis minier n'est pas acquis. L'orpailleur a l'obligation d'exercer effectivement et personnellement l'activité d'orpaillage.

Article 73 - La procédure d'octroi et de délivrance des autorisations d'orpaillage est fixée par voie réglementaire.

Cette procédure doit permettre la mise en oeuvre du suivi administratif de l'activité et doit aboutir à rendre possible le contrôle de proximité nécessaire.

Article 74 - Tout orpailleur ou groupement d'orpailleurs régulièrement constitué peut accéder à un permis minier si le périmètre est libre de tout droit, à condition de se soumettre aux procédures et aux obligations y afférentes prévues par le présent Code.

## Chapitre II DE LA COLLECTE DES PRODUITS DE L'ORPAILLAGE

Article 75 - *Les collecteurs agréés sont* Article 75.-

*seuls autorisés à acheter l'or auprès des orpailleurs ou des groupements locaux d'orpailleurs.*

*Toutefois, le titulaire d'un permis d'exploitation valable pour l'or, qui a accepté l'exercice de l'activité d'orpaillage à l'intérieur du périmètre objet de son permis, peut également acheter leurs produits aux orpailleurs concernés.*

*Article 76 - Le collecteur agréé est une personne physique munie d'une carte de collecteur délivrée par le Directeur provincial du Ministère chargé des Mines concerné.*

*La carte de collecteur dont le modèle est défini par voie réglementaire, est accordée individuellement aux personnes physiques de nationalité Malagasy ou étrangère résidant à Madagascar et titulaires de cartes professionnelles en cours de validité, sous réserve des dispositions de l'article 9 du présent Code.*

*Toutefois, la personne désirant obtenir la carte de collecteur, devra au préalable se faire inscrire au bureau local de l'agence de l'Or ou, à défaut, au bureau du Cadastre Minier, qui lui en délivre une attestation. Le cas échéant, le bureau du Cadastre Minier communique au bureau central de l'Agence de l'Or les renseignements sur la personne qui s'est faite inscrire.*

*La carte de collecteur, dont la durée de validité de un an (1) coïncide avec l'année civile, est valable à l'intérieur de la Commune concernée. Elle est renouvelable une ou plusieurs fois pour la même durée.*

*Modifier comme suit les dispositions de l'alinéa premier de cet article :*

« Les collecteurs agréés sont autorisés à acheter l'or auprès des orpailleurs ou des groupements locaux d'orpailleurs. »

***Les dispositions de l'alinéa 2 de cet article sont abrogées.***

**Article 76.-**

*Modifier comme suit les dispositions de cet article :*

« Le collecteur agréé est une personne physique munie d'une carte de collecteur délivrée **par la Commune**.

La carte de collecteur dont le modèle est défini par voie réglementaire, est accordée individuellement aux personnes physiques de nationalité Malagasy ou étrangère résidant à Madagascar et titulaires de cartes professionnelles **ou de cartes d'affiliation à un comptoir de l'or agréé** en cours de validité, sous réserve des dispositions de l'article 9 du présent Code.

Toutefois, la personne désirant obtenir la carte de collecteur, devra au préalable se faire inscrire au bureau local de l'Agence de l'Or ou, à défaut, **à la Direction Interrégionale chargée des Mines concernée**, qui lui en délivre une attestation. Le cas échéant, **la Direction Interrégionale chargée des Mines** communique au bureau central de l'Agence de l'Or les renseignements sur la personne qui s'est faite inscrire.

La carte de collecteur, dont la durée de validité de un (1) an coïncide avec l'année civile, est valable à l'intérieur de la Commune **de délivrance**. Elle est

renouvelable une ou plusieurs fois pour la même durée, sans nouvelle instruction et moyennant paiement du même droit payé lors de l'octroi initial auprès de la Commune concernée dans les délais fixés dans le Décret d'application du présent Code, et sous réserve de l'acquittement des impôts et taxes professionnelles y afférents auprès des services fiscaux compétents. »

Article 77 - L'octroi de la carte de collecteur est conditionné par le paiement d'un droit défini et fixé par voie réglementaire.

*Le produit du droit prévu à l'alinéa précédent est réparti entre la Province Autonome concernée et le Budget Général pour le compte de la Direction Provinciale du Ministère chargé des Mines concernée.*

Les modalités de cette répartition sont précisées dans le décret d'application du présent Code.

*Article 78 - La demande d'octroi de carte de collecteur d'or est déposée auprès du bureau de la Direction Provinciale du Ministère chargée des Mines concernée.*

*Le Directeur Provincial du Ministère chargée des Mines transmette le dossier de demande, accompagnée de la carte de collecteur dûment remplie à l'Autorité compétente de la Province Autonome concernée, pour agrément et signature.*

*La demande d'octroi de carte de collecteur d'or n'est pas recevable si elle n'est pas appuyée par une carte professionnelle délivrée par l'Autorité fiscale compétente.*

*Après signature par l'Autorité compétente de la Province Autonome concernée, la carte de collecteur d'or est délivrée par le Directeur Provincial du*

*Modifier comme suit les dispositions de l'alinéa 2 de cet article :*

« Le produit du droit prévu à l'alinéa précédent est réparti entre la Région et la Commune concernées ainsi que l'Agence de l'Or. »

Article 78.-

*Les dispositions de cet article sont modifiées comme suit :*

« La demande d'octroi de la carte de collecteur d'or est déposée auprès du bureau de la Commune concernée qui dresse un registre spécial tenu à jour et dont communication périodique doit être faite à l'autorité compétente de la Région et à l'Agence de l'Or. La périodicité de cette communication des changements inscrits dans le registre spécial sera fixée par voie réglementaire. »

*Ministère Chargé des Mines.*

*La carte de Collecteur est valable à partir de l'exercice en cours au moment de sa délivrance, sous réserve de l'acquittement des droits et taxes professionnels y afférents auprès des services fiscaux compétents.*

Article 79 - Les collecteurs agréés sont enregistrés sur un registre spécial tenu à jour par chaque Commune qui en dresse un état.

*Le Directeur provincial du Ministère chargé des Mines concerné communique à chaque fois les renseignements sur la personne, qui a bénéficié de l'octroi, au bureau local de l'Agence de l'Or ou, à défaut, au bureau central de la même Agence.*

Article 80 - La carte de collecteur est rigoureusement personnelle. Elle ne peut être ni cédée ni mutée ni amodiée sous quelque forme que ce soit.

Elle ne peut servir qu'à ceux qui exercent effectivement l'activité de collecte.

Article 81 - Une personne physique peut se faire délivrer une ou plusieurs cartes de collecteurs valables pour d'autres Communes, dans les conditions définies au présent chapitre.

*Article 82 - Les collecteurs ont l'obligation de tenir un registre des produits collectés, lequel devra être présenté à toute réquisition des autorités habilitées à exercer le contrôle.*

Article 82.-  
*Modifier comme suit les dispositions de l'alinéa premier de cet article :*  
**« Les collecteurs adressent à l'Agence de l'Or un rapport semestriel d'activités, dont le contenu est précisé par voie réglementaire. »**

Ils adressent, en outre, un rapport semestriel d'activités, dont le contenu est précisé par voie réglementaire, au Directeur Provincial du Ministère chargé des Mines concerné ainsi qu'à l'agence de l'Or.

En outre les collecteurs sont redevables de la redevance minière sur les quantités d'or collectées.

*Article 83 - Les comptoirs agréés par l'Agence de l'Or, qui sont des sociétés privées de droit malagasy spécialisées dans le commerce de l'or, peuvent acheter l'or auprès des titulaires de*

Article 83.-  
*Les dispositions du premier alinéa de cet article sont modifiées comme suit :*  
**« Les comptoirs de l'or agréés, qui sont**

*permis miniers exploitant ce métal ainsi qu'auprès des Collecteurs agréés à l'intérieur du Territoire National.*

des **personnes morales** privées de droit malagasy spécialisées dans le commerce de l'or, peuvent acheter l'or auprès des **orpailleurs, des collecteurs et des titulaires de permis minier** **sur toute l'étendue** du territoire national. »

Les critères requis pour l'octroi de cet agrément du comptoir, sont précisés dans le décret d'application du présent Code .

Article 84 - Après la collecte, la circulation et le commerce des produits de l'orpaillage suivent les règles du droit commun des produits des mines.

### CHAPITRE III DE LA SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE DE L'ORPAILLAGE

Article 85 - La Commune qui délivre des autorisations d'orpaillage, veille à faire respecter par les orpailleurs concernés, les mesures de sécurité, d'hygiène et de protection de l'environnement qui sont définies par voie réglementaire.

Article 86 - L'Agence de l'Or, qui est un organisme institué par décret, est chargée de fournir l'assistance technique ainsi que la formation, aux orpailleurs et aux Collectivités Territoriales Décentralisées, en matière de recherche et d'exploitation de l'or alluvionnaire et éluvionnaire, en matière de mesures de sécurité et d'hygiène dans les mines, en matière de protection environnementale ainsi que sur les procédures à suivre en vue de l'obtention des permis ou autorisations miniers.

L'Agence de l'Or est habilitée à effectuer toute opération visant à la collecte des informations nécessaires pour une maîtrise de l'activité aurifère

Article 87 - A la demande du Directeur de l'Agence de l'Or et après avis des autorités des Collectivités Territoriales Décentralisées concernées, le Ministre chargé des Mines peut classer en réserve temporaire un ou plusieurs carrés, dans les conditions prévues à l'article 18 du présent Code.

Source : Reforme de loi n°99-022 du 19 Août 1999

# **TECHNIQUES DE TRANSFORMATION DE L'OR EN BIJOUX**

**Nombre des pages : 71**

**Nombre des figures : 49**

## **RESUME**

**Le présent mémoire peut renseigner les diverses techniques appliquées aux travaux de métaux précieux à l'exemple de métal jaune : or. D'une part, techniques de base qui nous font connaître les différentes étapes indispensables aux bijouteries. D'autre part la technique de fonte à cire perdue qui permet de fabriquer les pièces en série ou en prototype.**

**Cet ouvrage assistera les artisans qui s'intéressent aux bijouteries et à l'art des métaux précieux.**

**Adresse de l'auteur : RAKOTOBE Nathalie**

**Tél : 033 14 616 97**

**Rapporteur : M.RINA TELESPHORE**

**Bijoutier Créeur**

**MOTS CLES : bijoux, joaillerie, gemmologie, or**