

les fabriquaient et cet art fut reconnu en tant que tel. D'autres matières furent utilisées : la pyrite , la marcassite (qui sont des minerais de fer) et des fragments de cristal de roche.

Autour de 1800, Christopher Pinchbeck créa un alliage qui porta son nom ; il était composé de 17% de zinc et de 83 % de cuivre. Il s'agissait essentiellement de bijoux d'imitation.

En Angleterre, Woodstock fut célèbre dans toute l'Europe pour ses bijoux en *acier*. Cet alliage, connu déjà dans l'Antiquité, put trouver son essor avec l'érection des hauts fourneaux. Il pouvait remplacer non seulement le métal, mais aussi les pierres car il pouvait même être taillé. L'Angleterre parvint à maintenir cette industrie jusqu'au début du XX^{ème} siècle, en développant ses propres modes et sa propre culture.

A Berlin, en Allemagne, le coût des guerres Napoléoniennes favorisa l'essor de la bijouterie en *fer*. Les bijoux précieux furent échangés contre d'autres en fer sur lesquels il était gravé *Gold gab ich für Eisen* (j'ai donné de l'or en échange de fer) ou *Ein Gest auscht zum wohl des Vaterlands* (donné pour le salut de la mère patrie). La mode de ce matériau dépassa l'Allemagne, envahit l'Europe et survécut à la défaite napoléonienne.

Au XIX^{ème} siècle, l'Angleterre Victorienne, développa le *plaqué*, procédé inventé par Luigi Valentino Brognatelli, au début du siècle qui permet une *électrodéposition* d'un film métallique sur un matériau moins noble par électrolyse. La conséquence était une consommation d'or ou d'argent infime par rapport à la grosseur du bijou et une apparence strictement équivalente. En outre, les techniques d'estampage s'améliorèrent, permettant des gains de productivité.



Figure 6 : Bijoux en acier, bracelet et boucle d'oreilles à facettes; fin XVIII^{ème} siècle [1]

2. Procédés actuels et mode d'exercice

2.1. La bijouterie en chiffres

2.1.1. Les métaux précieux [5,2]

2.1.1.1. L'or

C'est le métal contenu dans le minerai qui est comptabilisé. En 1996, la production mondiale était de 2 041 tonnes, extraite principalement dans les pays suivants (par ordre dégressif) : l'Afrique du Sud , les Etats Unis , l'Australie , le Canada .

L'or est exploitable sous deux formes :

- l'une visible, à l'état natif, où il se présente sous forme de poudre, de paillettes et de pépites dans des gisements alluvionnaires de surface,
- l'autre invisible, dans des filons souterrains, où il est mélangé à d'autres composants. Il est ensuite broyé, transformé en concentré aurifère par flottation ou par cyanuration, puis filtré ou précipité et enfin fondu en lingot d'or pur ou allié. La température de fusion de l'or, qui varie selon ses impuretés, est de 880 à 1000°C(1064°C).

Sa malléabilité ne lui permet pas de rester pur mais nécessite qu'il soit allié à d'autres métaux [6,7]

- l'or rose contient 20% d'argent et 5% de cuivre
- l'or gris ou blanc contient 20%de nickel et 5% d'argent, avec présence de palladium

Le carat correspond à 0.041g d'alliage d'or. Il correspond à la quantité d'or fin contenu dans un alliage, exprimée en vingt-quatrièmes de la masse totale [4]. En France, l'or pur contenait 24 *carats*, soient 1000 g pour 1000 g d'alliage. *L'or à vingt-quatre carats est de l'or pur.*

Depuis peu, il peut contenir 18 carats (75%d'or et 12 à 20% d'argent, 1 à 12% de cuivre) [7].

A l'étranger, il existe de l'or à 14, voire 9 carats. [3]. Un poinçon garantit le titre. [8]

Tableau I : Pourcentage de poids suivant le carat

% by weight	or	cuivre	nickel	zinc
10 carats	41.7	32.8	17.1	8.4
14 carats	58.3	23.5	12.2	6
18 carats	75	2.23	17.3	5.4

2.1.1.2. L'argent :

La production mondiale était de 14 462 tonnes en 1996, extraite principalement dans les pays suivants (par ordre dégressif) : le Mexique, le Pérou, les Etats Unis, le Canada, le Chili. L'argent se trouve à l'état natif (sous forme de fils ou dendrites) ou de sulfure d'argent. Les dendrites sont en géologie des figures arborescentes ramifiées formées de petits cristaux, à la surface de diverses roches.

Il peut aussi être mélangé à du sulfure de plomb, à l'or, au cuivre ou au mercure. Il est le métal le plus ductile [3]. Après broyage, dissolution, il y a création d'amalgame. L'affinage est réalisé par coupellation ou électrolyse. La température de fusion de l'argent est de 960 à 1000°C.

2.1.1.3. Le platine :

La production mondiale est de 133 tonnes en 1996, extraite dans les pays suivants (par ordre dégressif) : l'Afrique du Sud, la Russie, le Canada, les Etats Unis, la Colombie.

Sa température de fusion est de 2000°C(1755°C) [6].

Il est très résistant, tout en étant malléable et ductile. Il est habituellement utilisé allié à un autre métal, en particulier *le palladium*, qui l'éclaircit [3].

2.1.1.4. Les impuretés du métal

Tous ces métaux peuvent contenir, à l'état de traces du *cadmium*, du *cuivre*, du *nickel*, du *zinc* ou du *palladium*.

2.1.2. Les pierres précieuses et les matériaux organiques [3]

Les pierres précieuses sont des minéraux dont les spécificités sont la dureté, la résistance, l'éclat, la transparence et la couleur.

Les pierres transparentes sont les diamants, (dont la dureté est la plus importante), les émeraudes, les rubis, les saphirs.

Les pierres semi-précieuses sont opaques, plus jeunes, moins dures. Elles ont pour nom : agate, aigue-marine, grenat, lapis-lazuli, onyx, topaze, turquoise...

Les matériaux organiques sont depuis longtemps utilisés aussi, comme l'ambre, la perle, l'ivoire. Pour la nacre et les coraux, des poussières très fines contenant de la conchyoline, s'en dégagent et sont responsables d'irritations respiratoires.

2.1.3. Le marché de la bijouterie en France [9,10]

Le monde de la bijouterie est en pleine mutation, depuis 1986, date de l'arrivée des grandes surfaces sur le marché de l'article précieux. Aujourd'hui elles représentent 30% du marché, en volume pour les bijoux et 20% en valeur. Elles ont dynamisé les ventes, les faisant passer de 12 à 15 milliards de francs (hors horlogers et établissements de la place Vendôme) en six ans. Le nombre de bijoux vendus est passé de 10 à 16 millions d'unités.

Le marché paraît encore prometteur, si l'on considère que seulement 18 % des françaises possèdent cinq bijoux en or, contre 48% en Italie. Un tel marché intéresse aussi les étrangers, en particulier les Thaïlandais et les Italiens, qui représente déjà 50 % du marché avec un doublement de leurs exportations en six ans. L'Italie est le premier fabricant mondial de bijoux en or. Quant à la Thaïlande, ses coûts de production sont dix fois inférieurs à ceux constatés en France.

L'objectif aujourd'hui, c'est le *bijou d'appel à 500 francs*, sachant qu'un achat moyen dans ces grandes surfaces est de 468 francs actuellement. De ce fait, les marges s'amenuisent et les entreprises se modernisent, se regroupent dans leur organisation et dans leurs achats. Certains industriels ont investi dans une fonderie. Les délais de livraison chutent, les entreprises travaillent en *juste à temps*.

Face à ces grosses sociétés, les entreprises artisanales, dont les prix de revient sont plus importants, ne peuvent trouver leur salut que dans la création. Ils ont la nécessité de proposer un autre service, comme la réparation ou la transformation tout en améliorant leur technique de vente.

2.1.4. Les effectifs de la bijouterie en France

En 1985, le secteur de la bijouterie française comptait 5088 personnes, à répartition égale entre les sexes. Le secteur se répartissait, pour ses 2/3, en entreprises de moins de 10 salariés (soient 209 /330) [6]

En 1990, en France, il existait 3380 entreprises artisanales (de moins de dix salariés) dont le chiffre d'affaires cumulé était de 2.5 milliards de francs ; leur effectif global était de 7532 personnes.

Il existait 299 entreprises de plus de dix salariés, dont le chiffre d'affaires était de plus de 7.3 milliard de francs pour un effectif global de 13 370 personnes. [9]

En 1990, la Commission d'Etudes Générales d'Organisation Scientifique (le CEGOS) déplorait qu'en France, les sertisseurs, les tailleurs et les émailleurs aient presque disparu. Les points de vente traditionnels diminuent (8000 en 1990 pour 10 000 en 1982) ; en revanche les succursalistes se multiplient (Marc Orian est passé de 23 à 256 magasins entre 1994 et 1998.

La Fédération National Artisanale des Métiers d'Art de Création de bijoux(la FNAMAC) déplorait qu'il n'y ait que 125 CAP de bijoutiers en 1990.

2.2. Analyse de la fabrication des bijoux

2.2.1. Conception du bijou [2,6]

Depuis 5000 ans, malgré les progrès réalisés, l'atelier d'orfèvre actuel est peu différent de celui de l'époque sumérienne (IV^{ème} millénaire av JC).

Un bijou débute par un dessin que réalise le créateur (bijoutier ou non), au crayon, puis à l'encre de chine ou la gouache. Une première maquette est parfois réalisée.

2.2.2. Réalisation traditionnelle

2.2.2.1. La flamme

La flamme intervient lors de très nombreuses étapes de la chaîne, dont :

- le coulage du métal en lingot,
- l'élaboration d'alliages
- le recuit qui permet à l'or de conserver ses qualités initiales de malléabilité.

o La technique de la cire perdue : la fonte du métal

La majorité des bijoux est actuellement réalisée par la *technique de la cire perdue* qui nécessite l'intervention de la flamme.

La maquette en cire : après le dessin proposé par le concepteur, une maquette peut être réalisée directement en cire ou en résine acrylique pour une pièce unique, ou bien en cuivre, en laiton ou en maillechort, si elle est destinée à être reproduite. Dans ce cas, elle est imprimée par pression dans un bloc de caoutchouc, qui est vulcanisé, à 145°C. Ainsi il y a constitution d'un moule en caoutchouc dans lequel il sera possible de recouler de la cire pour obtenir autant de maquettes qu'il est nécessaire.

Dans les deux cas, les étapes suivantes de la *cire perdue* sont employées.

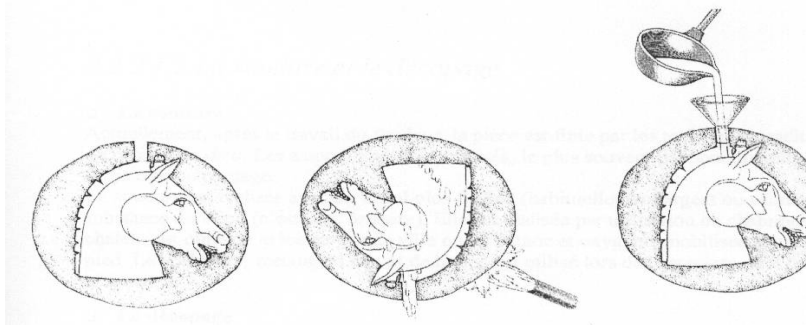


Figure 7 : Technique de la cire perdue [2]

Le grappage : habituellement les objets en cire sont traités ensemble. Ils sont rassemblés en grappage. Cela désigne le soudage sur une tige centrale de cire, de tous les modèles destinés à être fondus. [3]

Le moule en plâtre : les pièces de cire sont placées dans un moule en fonte rempli de plâtre réfractaire (contenant parfois de la silice cristalline sous forme de quartz et cristobalite [7]). Cette étape permet de constituer un moule en plâtre, sur lequel est réalisé un pertuis qui permettra, à l'épreuve de la flamme (650°C au moins 12 heures), de laisser la cire fondue s'évacuer.

L'introduction du métal précieux : l'alliage du métal précieux choisi a été préalablement placé dans un creuset en terre réfractaire (enduit de borate (borax)), puis chauffé au chalumeau, ce qui lui permet d'être coulé dans le moule de plâtre à la place de la cire par le pertuis, puis centrifugé. Le borax est secondairement, éliminé par de l'acide nitrique à 10% [3].

La finition [3] : après le bris du moule en plâtre (habituellement par immersion dans l'eau), la pièce définitive est libérée, meulée, éventuellement sablée, voire trempée dans de l'acide fluorhydrique.

Le *sablage* est habituellement réalisé par pulvérisation de microbilles de verre, dont la taille varie de 20 à 45µ (au-dessous de 20µ, elles n'ont pas d'efficacité pour cette activité). Les machines sont équipées d'une cellule filtrante en mousse avec système de rinçage, afin de retenir les plus petites.

Des *soufflettes* sont parfois utilisées (100dB A)

L'arbre de métal est découpé à la *pince*.

Le jet de coulée de métal est éliminé à la fraise recouverte de papier *émeri* (silicogène).

o **La soudure et le décapage**

□ La soudure

Actuellement, après le travail du fondeur, la pièce est finie par les techniques traditionnelles de *choc* et de *dent*. Les assemblages sont réalisés, le plus souvent par soudure, plutôt que par sertissage ou perçage.

La soudure est réalisée avec un métal plus fusible (habituellement argent ou cadmium) que la substance du bijou (c'est une *brasure*). Elle est réalisée par utilisation du chalumeau dont la chaleur est obtenue grâce au gaz de ville ou au butane et oxygène, mobilisée par une pompe à pied. Le *collobore*, mélange d'eau et de borax, est utilisé lors de la soudure, afin de favoriser la fonte.[3]

□ Le décapage

Puis les pièces à souder sont nettoyées, décapées au *déroché*, qui est composé d'acide sulfurique à 15%, puis elles sont rincées et séchées dans de la sciure.

D'autres produits sont aussi utilisés pour les nettoyer, comme la soude caustique, l'ammoniac(*alkali*), parfois du trichloréthylène et différentes lessives du commerce.

Actuellement d'autres produits différents de l'acide sulfurique sont proposés, en particulier à base de sulfamates.

2.2.2.2. *Le polissage* :

Après la découpe, le bijoutier utilise le *grattoir* et la lime afin de débarrasser la pièce de ses scories. Le *brunisseur* permet de mater et brunir le métal.

Mais la technique la plus utilisée est réalisée au tour électrique. Le polissage est une longue étape méticuleuse, réalisée souvent par des femmes. Elle intervient après la soudure et le dérochage. Elle est réalisée en deux temps : dégrossissage et avivage, à l'aide de disques en feutre, contenant du crin de cheval, actionnés sur des tours électriques (2000 tours/minute) [3]. Ils sont enduits d'une pâte abrasive, dont la composition peut varier : [6]

- émeri : 3% de silice cristalline
- tripoli : le *barbarie* contient 90% de silice cristalline
- potée rouge d'Angleterre : trioxyde de fer (ex. DIALUX ROUGE®)
- potée étain : étain + antimoine ou cuivre, parfois plomb
- pierre ponce+ huile
- DIALUX BLANC® : alliage contenant de l'alumine (cf.compositions des différents dialux chap 8.2.)

- corindon : alumine. Ce sont les pierres les plus dures après le diamant grâce à leur constitution à base d'alumine. Beaucoup sont précieuses, comme le rubis ou le saphir et qu'on utilise comme abrasif. [4]
- vert de chrome[11] : suif + oxyde de chrome (ex.DIALUX VERT®)

2.2.2.3. Mise en forme de la pièce brute

□ Le choc :

Il est le plus ancien des procédés, comprenant le martelage, le laminage, l'emboutissage, le repoussé et le ciselage.

□ La dent :

Elle concerne toutes les étapes de découpe. Elle peut se faire avec plusieurs outils différents, comme la scie ou *bocfil* (: lame de scie tendue). Le perçage était réalisé par la *drille*, mais elle est aujourd'hui remplacée par une perceuse électrique à flexible munie d'un mandrin ou d'un porte-foret sur lequel se fixent des fraises. De nombreuses techniques d'assemblage par perçage ou rivetage ont été remplacées par la soudure.

Initialement, à partir du dessin, le bijoutier découpait la forme dans une plaque de métal, en la martelant ou en la laminant. Le volume était obtenu par *repoussage*, *estampage*, *emboutissage*. Ce travail mécanique intervient actuellement après le démoulage de la pièce. Elle peut être ajourée (: *opus interassile*), puis les différentes parties seront assemblées et soudées.

Il existe actuellement des machines à découper, à estamer, à guillocher.

□ La gravure :

Elle est réalisée avec des burins, des *échoppes*, des onglottes, des gouges. Ils sont poussés par la paume et guidés par le pouce.

Nous ne ferons que citer d'autres techniques de sculpture du métal, comme *le ramolayé*, de gravure comme le *champlevé* ou le *guillochage*.

□ Le planage et le laminage :

A partir de tire fils et des laminoirs, dans le cadre de son travail, le bijoutier crée :
du *plané*, ruban de métal précieux avec un laminoir,
du fil d'or, avec un tire fil.

2.2.2.4. L'électrodéposition [6]

Elle peut se faire chez le bijoutier ou le polisseur. Elle se réalise après un dégraissage préalable.

□ Le dégraissage : 3 techniques

Les Tensioactifs : Le bijou est chauffé dans un bain de lessive plus ou moins alcalins (hydroxyde de soude, méta silicate, carbonate, tripolyphosphate de sodium)

- *Les ultrasons* : dans des bains d'ammoniaque ou de soude
- *Les bains* : de soude ou cyanure de sodium ou de potassium.

□ L'électrolyse :

Elle se fait sous 1 à 6 Volts, avec une intensité de 10 à 50 Ampères dans des petits bains (habituellement prêts à l'emploi[7]), mais elle peut atteindre 2000 A dans les grandes cuves de l'industrie [6 ,12].

- *Les bains de dorure* : Ils sont constitués par les associations suivantes :
cyanure d'or + acide éthylène diamine tétracétique (EDTA)
chlorure d'or + acide acétique + acétate de sodium (pH à 4 à 5).
- *Les bains d'argenture* : cyanure de potassium + cyanure d'argent
- *Les bains de rhodiage* : ils sont utilisés pour le blanchiment des pièces par dépôt d'un film de rhodium : sulfate de rhodium + acide sulfurique (ou phosphorique)
- *Le déverdi* : Cette électrolyse permet de faire disparaître la couleur verdâtre de l'or qui a été chauffé : cyanure de potassium + cyanure de fer ou d'acide chlorhydrique et de glycérine + eau bouillante. A cette étape, les mesures de prévention sont fondamentales, compte tenu du danger des produits utilisés.

2.2.2.5. Finition, réparation

□ Le décapage :

Le but est d'éliminer la couche d'oxyde. L'opération s'appelle le *dérochage*, et consiste à tremper le bijou, dans un mélange d'eau et d'acide sulfurique à 10% chauffé ; ce qui nécessite l'utilisation d'une aspiration. Cette étape peut aussi être réalisée avec une base (soude, ammoniacale) ou des solvants (trichloréthylène.). L'utilisation des Ultrasons est possible pour cette étape.

□ La réparation

Ce travail reprend chacune des étapes de la création d'un bijou avec le nettoyage, le rhodiage, le polissage, les soudage.

Dans certains procédés de réparation, voire d'élaboration, des colles *cyanoacryliques* et *époxydiques* peuvent être utilisées. [16]. Les cyanoacrylates sont utilisés pour la préparation, en raison de leur destruction sous l'effet de la chaleur, alors que le montage définitif est réalisé avec une colle époxydique[3]

2.2.3. La bijouterie fantaisie et la bijouterie industrielle

2.2.3.1. Les matériaux de la bijouterie de fantaisie

Les matériaux traditionnels :

Comme à l'époque de *l'Art Nouveau*, de très nombreux supports sont utilisés, comme le bois, le verre, le cuir, les matières plastiques, le laiton, le zamak, avec de nombreuses techniques comme les alliages plomb étain, les colles acryliques. [7]

Les nouveaux alliages :

Le but est de trouver un alliage le moins cher possible, avec des propriétés de dureté, de brillance, de résistance à la torsion, à la corrosion et une facilité à le travailler. [8, 13]

En 1988, Romaguera résumait la composition des alliages et métaux utilisés dans la bijouterie fantaisie par le tableau suivant : [14]

Tableau II : Constitution des alliages les plus habituels

Noms	Compositions
Paladex	75% palladium + 25% nickel
Laiton	70%cuivre + 30% zinc
Acier I(Low fusion steel I)	89% plomb + 3% étain+ 8% antimoine
Acier II(Low fusion steel II)	33% plomb + 33% étain+ 33% bismuth
Cuivre	100% cuivre
Fer	99.98 % fer + 0.02 % carbone
Bronze	80 % cuivre + 20 % étain
Acier inoxydable	72% fer + 18 % nickel + 8% chrome + 2 %manganèse
Alpaca	60-65 % cuivre + 12-22 % nickel + 18-23 % zinc
Monel	67% nickel + 20% cuivre + 11.5 % fer + 1 % manganèse + 0.5% carbone
Aluminium	100% aluminium
Aluminium silicone	90% aluminium + 10% silicone
Bronze phosphore	87.75% cuivre + 12% étain + 0.25% phosphore
Or	99% or fin (23-24 carats) + 1 % cobalt

Depuis les années 80, de très nombreux brevets d'alliages sont déposés.

L'un, composé de nitrite de titane (TiN), carbure de chrome(Cr_2C_2) et de nickel, a été découvert en 1986.

Un autre vit le jour en 1983. Il était composé de niobium(Nb) ou de columbium (Cb),pour leur propriété antimagnétique, associé au TiN et au nickel , auquel est ajouté le molybdène(Mo) lorsque l'on désire la couleur or rouge(*gold red*).

Citons le *CuNiStan*, composé de cuivre, nickel et d'étain ;

le *peltre*, composé d'étain et de cuivre ou d'antimoine(Sb) ,mais pour lequel une couche de nickel est toujours ajouté afin d'améliorer sa brillance, sa dureté et sa stabilité.

Il existe aussi des associations nickel-chrome-beryllium.

Les propriétés physiques sont améliorées avec l'inclusion de tantalum (Ta), de cuivre, d'étain et de vanadium (Va) dans l'industrie de la bijouterie d'imitation[8].

Tableau III.1 : Résumé des nouveaux alliages et des nouvelles inclusions

Nom ou année de naissance	Composition	Propriétés
1986	TiN +Cr ₂ C ₂ +Ni	
1983	(Nb +Cb)+ (TiN + Ni) +Mo	Nb et Cb :antimagnétique Mo : couleur rouge
CuNiStan	Cu +NI + Sn	
Peltre	(Sn +Cu+ Sb) + plaqué en nickel	Placage nickel : brillance, dureté, stabilité
?	Ni + Cr + Be	
Nouvelles inclusions au sein de différents alliages	Ta, Cu, Sn, Va	Amélioration des propriétés physiques

Ce qui ressort de cette énumération, c'est l'omniprésence du nickel avec ses effets cutanés bien connus.[8]. En mars 1998, Vilaplana reprend son travail d'analyse des nouveaux alliages[13], note la prise de conscience de l'industrie des problèmes d'allergie, utilisant même cette notion, comme argument commercial (: *antiallergique, hypoallergique, non allergique, etc.*)

De nombreux alliages sont étudiés. L'un utilise le titane, l'aluminium et se singularise par sa dureté et sa capacité hypoallergénique. Un autre utilise un métal noble tel que le palladium, le platine, associé à un placage au titane, couche antiallergique. D'autres présentent un placage hypoallergique formé de résine acrylique ou silicone pour le premier et de sélénium pour le second.

De nombreux nouveaux alliages non allergéniques sont proposés, constitués :

- de chrome, molybdène, titane, niobium, vanadium, zirconium et fer
- ou d'aluminium, magnésium, fer et cuivre.

Un autre alliage *antiallergique* associe l'or (94%), le fer (3 %) et le palladium (3 %).

Des alliages à l'aspect du nickel, mais n'en contenant pas, ne renferment plus que du zinc recouvert de cuivre ou du zinc et du chrome électrodéposés ou bien ils peuvent être réalisés à partir d'un alliage constitué d'or, de manganèse, de cuivre avec adjonction de zinc, gallium et indium.

Enfin, outre la tendance à l'élimination du nickel, la recherche essaie de remplacer l'étape du bain de chrome par un placage réalisé par un traitement avec passage dans 10% d'hydroxyde de sodium à 55°C pendant 15 minutes, puis dans de l'acide nitrique et enfin dans l'acide sulfurique. [13].

Tableau III.2 : Suite du résumé des nouveaux alliages et nouvelles inclusions

Compositions et procédés	Propriétés
Ti +Al	Hypoallergénique
Pa + Pt + placage en Ti	Placage en Ti : Hypoallergénique
Placage en résine acrylique	Hypoallergénique
Placage en silicone	
Placage en sélénium	
Cr + Mo + Va + Ti + Nb + Zi +fer	
Al + Mg + Fe + Cu	
94%Au + 3% Fe + 3% Pa	
Zn + placage Cu	Alliage d'aspect nickel sans nickel
Placage Zn et Cr	
Au + Mn +Cu + (Zn + Ga + Id)	
Bain NaOH à 55°C 15' puis HNO ₃ puis H ₂ SO ₄	Suppression du bain de chrome

2.2.3.2. Le monde de l'industrie

C'est un monde nouveau en plein essor. Les techniques les plus modernes sont envisagées si elles permettent des gains de productivité. L'industrie a débuté avec les bijoux fantaisie, mais depuis 1986, elle s'attaque à la bijouterie joaillerie.

Le plus gros fabricant français vient d'inventer un procédé qui permet de fabriquer des pièces en or creux [10]. Un autre industriel utilise des machines à commandes numériques pour la gravure des médailles.

D'autre part, compte tenu de l'exigence de leurs gros clients, comme les grandes surfaces, ces industries essaient de limiter les rebus et utilisent les lasers « qui corrigent un défaut à 5000°C, sans dégager de chaleur »[10]

La Conception Assistée par Ordinateur arrive aussi dans cette profession et elle sera couplée à une machine-outil.

Enfin l'électroformage, procédé utilisé pour produire ou reproduire un objet métallique par électrodéposition, arrive progressivement [10, 15]

2.2.3.3. Les techniques de la bijouterie fantaisie

La fabrication : les techniques sont les mêmes, avec dessin, fonte à cire perdue, travail du verre avec ou sans plomb, par chauffage à partir de baguettes colorées. Le travail des pièces brutes retrouve les meulage, polissage, sciage, soudage ou soudobrasage(avec brasures à l'argent ou cadmium).

Les pièces sont souvent maintenues par un support en amiante ou en vermiculite.

La phase *d'électrodéposition* : l'électrodéposition par dépôt de nickel ou de cuivre est équivalente.

Les bains de nickelage sont très variables, mais retrouvent souvent l'association du sulfate et du chlorure de nickel et d'acide borique. *Le cuivrage* : est souvent réalisé dans des bains de cyanure ou de pyrophosphate [12]

Le polissage : il est similaire, mais l'opération est d'autant plus délicate que le couche de métal précieux est fine. De ce fait, on a souvent recours à l'utilisation de *brillanteurs* qui, dans des bains de galvanoplastie, suppriment cette étape.

2.2.4. La Joaillerie

Le *joaillier* met en valeur la pierre, taillée et polie par le *lapidaire*. Le *sertisseur* la fixe sur l'objet métallique préparé par le *bijoutier*. Cette explication est plus didactique que réelle, chacun dans cette profession, étant polyvalent.

2.2.4.1. Le lapidaire

C'est un travail de taille et de polissage, après un tri, des pierres.

C'est une profession à part dans le métier de la joaillerie.

L'art du lapidaire consiste à obtenir avec une pierre, le maximum de facettes afin que son scintillement soit optimisé. Nous ne reviendrons pas sur les spécificités de chaque possibilité de taille (cf. 1.4.3).

La taille à facettes s'effectue sur un diamant serti dans un moule en métal, fixé sur un tour électrique ; L'ensemble est habituellement posé sur un socle en caoutchouc afin de limiter le bruit et les vibrations.

Les diamants peuvent être polis, nécessitant l'utilisation de meules très dures, en particulier en cobalt [11].

L'emploi de loupes aplanétiques, qui permet d'avoir une image nette d'un objet, même s'il est très prêt de l'œil [3]] est souvent nécessaire, en particulier lors du travail sur des pierres transparentes

2.2.4.2. Le joaillier

L'art de la joaillerie consiste à mettre en valeur le travail du lapidaire. Sur un lit de cire, reprenant la forme du futur joyau, les différentes pierres sont agencées comme le désire le créateur du bijou. Puis sur la feuille de métal, le logement de chaque pierre est dessiné, puis gravé et enfin percé à sa dimension.

2.2.4.3. Le sertisseur

Le sertisseur réalise un travail de finition, où les deux objets précieux (la pierre et le bijou) sont unis. Pour cela, il fixe le bijou sur un panneau de bois avec du *ciment à sertir*, après l'avoir talqué,

afin de ne pas être gêné par ses reflets. Ce ciment est ensuite enlevé par trempage dans l'alcool à brûler, voire le trichloréthylène.

Le sertisseur utilise deux instruments spécifiques:

- les *échoppes* permettent de réaliser des dessins dans le métal. Un affûtage régulier, sur pierre ou meule, est nécessaire.
- La *fraise* est un appareil électrique qui permet de percer le métal [3].

Le travail exige une vision parfaite de l'objet. Cela se fait le plus souvent au détriment de la posture, le sertisseur adoptant une position en cyphose.

2.2.5. Le poste de travail du bijoutier

2.2.5.1. Le local et la récupération des poussières

Il se trouve souvent en étage. Le sol des ateliers est habituellement recouvert d'un caillebotis qui permet de récupérer les poussières d'or, appelées : *broutilles*. Les ouvriers travaillent, une peau de mouton posée sur leurs genoux. Ainsi les cendres, les poussières du sol et les filtres des aspirations des bancs de polissage sont récupérés afin de les refondre dans des lingotières. Afin de séparer l'or et les impuretés et de favoriser sa fonte, certains ajoutent du plomb ou de l'*eau régale* (constituée d'acides nitrique et chlorhydrique). [6 ? ?]

2.2.5.2. Le poste traditionnel de travail du bijoutier

Il est très spécifique. Les ouvriers sont regroupés autour de l'établi traditionnel à hauteur fixe, assis sur des tabourets bas, les jambes fléchies, si bien que la table se retrouve au niveau du haut du thorax. Les bras sont horizontaux, les coudes surélevés, posés sur la table.

Une telle position semble privilégier la vision de l'objet, d'autant que l'ouvrier utilise habituellement une loupe et peut bénéficier d'une lampe d'appoint.

Traditionnellement la pièce est fixée sur la *cheville* : avancée de bois de l'établi qui est spécifique à la profession. Cependant il arrive que la pièce soit maintenue par une plaque contenant de l'amiante[7]. Celle-ci est aujourd'hui remplacée par des plaques en charbon de bois, par des cartoplastes, des briques réfractaires ou des perruques en fil de fer [3]

Les tâches sont peu spécialisées, chaque ouvrier confectionnant sa pièce.

Une aspiration est habituellement placée, au-dessus du poste du dérochage.

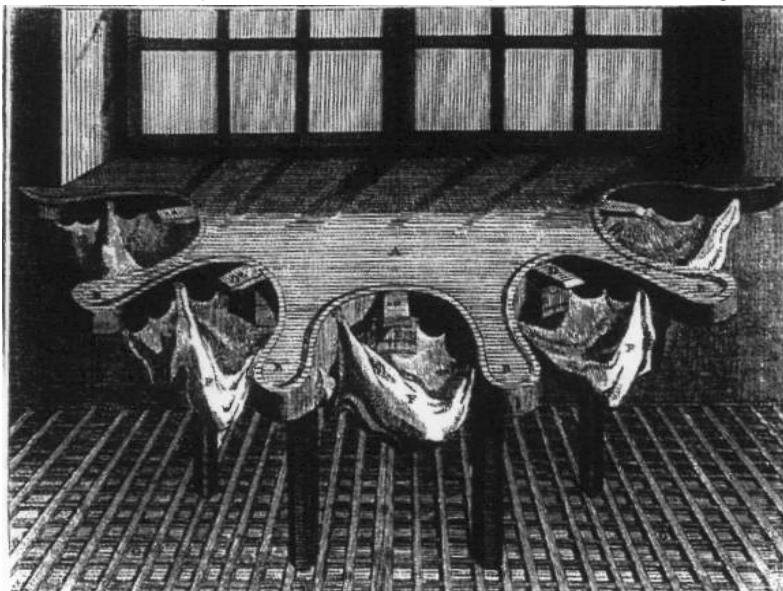


Figure 7 : l'établi du bijoutier au XVIII^{ème} siècle [2]

"en hêtre ou en chêne , l'établi reçoit plusieurs ouvriers devant la fenêtre. Chaque place est marquée par une échancrure en demi-cercle, au centre de laquelle une cheville amovible en bois sert d'appui au bijoutier pour la confection de petites pièces. Un ou deux tiroirs se glissent sous la cheville, pour le rangement des bijoux en cours de finition. Sur les genoux de l'ouvrier, la peau d'établi , pièce de cuir attachée sous l'établi par une cordelette ou des anneaux. " Encyclopédie de Diderot

2.2.5.3. Le poste traditionnel de travail du polisseur

L'aspiration se trouve sous la meule avec un filtre intégré et une grille interne. Les brosses verticales sont protégées par un capot en acier en arrière et en plastique ou en plexiglas® en avant, avec juste un espace pour introduire le bijou.

Ici les tables et les sièges sont à hauteur variable, avec habituellement un tabouret sans dossier.

Les avant-bras reposent sur l'avant de la polisseuse, le bijou étant tenu à la main.

3. Les risques professionnels

3.1. Risques généraux

3.1.1. Les risques physiques

3.1.1.1. Les contraintes musculo-squelettiques

La position traditionnelle de l'ouvrier (bijoutier, sertisseur) semble privilégier la vision de l'objet, au détriment d'une bonne posture.

Le travail s'exécute avec les bras horizontaux, ce qui engendre des tendinopathies des membres supérieurs, des scapulalgies, des cervicalgies et des lombalgies. [3, 16, 17*, 6]

La taille des pierres favorise ces pathologies, en raison des cadences soutenues, la monotonie [18*]. Des névralgies du nerf cubital et des syndromes du canal carpien ont été signalés pour ce type d'activité. [19*]

3.1.1.2. Le bruit

De nombreux postes peuvent être à l'origine de troubles auditifs. Toute opération de choc (estampage, emboutissage), de séchage (lorsqu'il se fait par ultrasons), peuvent engendrer des traumatismes sonores. [16]. L'étape de la cire perdue et la taille des diamants sont aussi d'éventuelles sources de nuisances. [3]

3.1.1.3. L'éclairage et les troubles visuels

Les bijoutiers ont toujours dû accommoder pendant une grande partie de leur temps de travail. Cela pose un réel problème chez les travailleurs âgés. L'éclairage est habituellement de 2000 à 3000 Lux [3, 20].

3.1.1.4. Les risques mécaniques de blessures

□ Les blessures

L'usage de meules, de laminoirs, de tours, de bancs à étirer, de machines à estamper, ... les cadences qui peuvent être soutenues, peuvent les favoriser ; des cas d'amputation ont été rapportés [21].

Les plaies des doigts sont fréquentes, avec possible inclusion de fragments de scie, de métal [Lefèbvre].

Les risques de projection : les projections oculaires (colle, métal en fusion, ...) sont aussi à envisager. [3]

□ Les troubles angioneurotiques

Le polisseur subit des vibrations, qui peuvent être responsables de troubles angioneurotiques, quoique peu décrits. [6][16]

3.1.2. Les risques psychiques et les contraintes de sécurité

L'utilisation de matériaux précieux est une contrainte, qui freine les bijoutiers à prendre des apprentis [10] et qui peut être plus ou moins bien vécue. Le risque du hold-up existe [6, 17]

3.1.3. Les risques chimiques et thermiques

3.1.3.1. Les effets loco-régionaux

□ Les irritations cutanéomuqueuses et les brûlures

- Les irritations aiguës :

Les possibilités de brûlures thermiques existent lors de la fonte et lors des soudures des grosses pièces. Elles peuvent être d'origine chimique, causées par des liquides ou des gaz (acide fluorhydrique, acide sulfurique, acide nitrique, soude) [6].