

Étude sur les effets dorés en céramique

Plan

I – Les lustres et les ors

- Historique
- Définition
- Qu'est ce qu'un or ?
- Utilisation
 - Support
 - Application
 - Nettoyage
 - Cuisson

- Fabrication
 - Du Lustre
 - De l'or
 - Échantillonnage

II – Emaux

- Formule de base
- Soustraction d'un élément
- Substitution d'un élément
- Changement de proportions
- Ajout d'un élément
- Autres formules
- Conclusions

III – Recherche sur d'autres matériaux dorés

- Le mica phlogopite
 - Echantillonnage
 - Conclusions
- Le laiton
 - Echantillonnage
 - Conclusions
- Le bronze
 - Echantillonnage
 - Conclusions

I - Les lustres et les ors

- ***Historique***

Le lustre est une technique de décoration de la céramique et du verre qui apparaît en Proche-Orient au IX^{ème} siècle. Son apparition tardive (par rapport à la découverte du verre et de la céramique) s'explique par différentes raisons : tout d'abord sa fabrication nécessite des notions de chimie que le Proche-Orient ignorait avant lors. La technique du lustre est même reconnue comme l'une des premières formes de nanotechnologie (l'ensemble des études et des procédés de fabrication et de manipulation de structures à l'échelle du nanomètre (10^{-9} mètre)).

Ensuite, il est vraisemblable que sa découverte ait été associée à la décoration du verre. Alors qu'on aurait pu penser que les Chinois avaient, au IX^{ème} siècle, une avancée technologique nécessaire à l'élaboration du lustre, le peu d'intérêt qu'ils portaient au verre les a détournés de cette voie au profit de découverte d'autres techniques exclusivement céramiques.

Le lustre est donc bien une invention du Proche-Orient qui arrivera en Europe au XIII^{ème} siècle via l'occupation Maure en Espagne (711-1492 après J.C) où il atteint son apogée sur les faïences hispano-mauresques, puis qui touchera l'Italie durant la Renaissance, en enfin le reste de l'Europe. Durant son voyage, la technique du lustre changera, se perfectionnera et se diversifiera.

- ***Définition***

Les lustres sont des solutions de combinaisons métalliques permettant d'obtenir des décors très brillants sur des supports lisses (verre, émail, cristal...). Les pigments sont soit des métaux précieux, soit des oxydes colorants de certains métaux, et les solvants sont principalement des huiles essentielles. Une préparation de lustre prête à l'emploi se présente sous la forme d'une solution homogène qui ne renferme pas de pigments non dissous en suspension. Les lustres peuvent être employés soit directement, soit dilués; dépendant de la viscosité. Il ne faut utiliser comme diluants que des huiles et essences de la plus haute qualité.

Une fois cuit, le lustre présente une surface lisse et brillante de nanoparticules métalliques dispersées dans la matrice vitreuse d'une glaçure (les particules métalliques adhèrent à la silice et se fondent dans l'émail.) ou de verre.

Les lustres que l'on trouve aujourd'hui dans le commerce renferment, le plus souvent, des solutions de sels métalliques, du bismuth, des résines et des huiles. Les compositions varient d'un fabricant à l'autre.

- **Qu'est ce qu'un or ?**

Ce que l'on appelle « or » en céramique est un lustre métallique fabriqué avec de l'or et d'autres métaux chargés d'assurer la bonne adhérence de l'or sur l'émail. Ces métaux sont importants car, l'or étant un métal quasi inaltérable, l'utiliser seul ne suffirait pas à le faire adhérer au support vitrifié. C'est notamment le rôle du bismuth, grâce auquel une fine couche d'or pénètre dans l'émail.

La différence principal entre un lustre et un or est que le pourcentage de métal est plus élevé dans un or que dans un lustre.

On trouve dans le commerce différents pourcentages d'or : entre 6 et 15% on parle d'ors brillants; entre 18 et 60% on parle d'ors mats.

(Dans les platines, c'est l'or qui est présent en plus grande quantité, mais associé à des métaux comme le platine, le rhodium et le palladium qui sont eux-mêmes plus onéreux que l'or.)

- **Utilisation**

- **Support**

Le lustre s'utilise sur un support siliceux vitrifié, comme du verre, du cristal ou toute surface émaillée.

Le lustre reste fragile après cuisson et se raye facilement, il est donc préférable de l'employer uniquement pour sur des pièces décoratives.

- **Application**

- Tous les lustres et ors sont de couleur brunâtre avant la cuisson.

- Le lustre s'applique sur une surface totalement dépoussiérée et dégraissée (à nettoyer avec de l'acétone et pas de l'alcool). Il peut s'appliquer au pinceau, à la mousse pour un putoisage, à la plume pour des décors fins, etc.

- Travailler en fine couche. Si la couche est trop épaisse, le lustre cloquera à la cuisson et se réduira en poudre. Le lustre supporte très bien la re-cuisson, et on peut toujours rajouter une couche supplémentaire après une cuisson et recuire si c'est nécessaire.

- Ne pas rajouter de lustre sur une couche sèche.

- Ne pas utiliser de white-spirit, alcool ou térébenthine comme diluants, mais uniquement de l'essence de lavande ou le diluant du fournisseur.

- Attendre 24h avant de l'enfourner.

- Il est possible d'enlever un lustre, même après cuisson, avec de l'acide fluorhydrique comme de la rubigine (détachant pour rouille).

- **Nettoyage**

Pour les lustres, les pinceaux se nettoie à l'alcool à brûler, puis à l'essence d'agrumes, ou bien dans le diluant pour lustre.

Pour l'or, nettoyer les pinceaux dans de l'essence de térébenthine ou dans le diluant pour or.

Il existe une méthode efficace qui permet de ne pas nettoyer les pinceaux qui servent à l'or (et ainsi d'économiser l'or) : utiliser un pinceau synthétique par or ; mettre de l'essence de lavande dans un petit pot hermétique, percer le couvercle d'un trou et planter le pinceau dedans sans le faire toucher l'essence de lavande. Réutiliser ensuite les pinceaux telle quelle, ils n'auront pas sécher.

○ **Cuisson**

Les cuissons des lustres et ors sont plus ou moins les mêmes, mais peuvent changer selon les fournisseurs. Mieux vaut donc lire la documentation du fournisseur. La cuisson peut se faire assez rapidement : 350°/h jusqu'à 500°, 55°/h jusqu'à 620°, puis vitesse maximum jusqu'à la température désirée. Ne pas enfourner un lustre ou un or dans un four à plus de 50°.

Lors de la cuisson, on distingue deux moments : le **fumage** (jusqu'à 450°) et la **cuisson** à proprement parler. Lors du fumage, les composants organiques sont consommés et ne laissent pas de résidus.

C'est pendant cette étape que la couche de métal se développe.

Pendant la cuisson, le métal réagit avec la silice de la glaçure et se durcit.

Support	Température de cuisson
crystal	480-520°
verre	520-620°
faïence	620-720°
Porcelaine (émaillée à haute température)	740-850°

- **Fabrication**

- **Fabrication du lustre**

Il est difficile de savoir comment étaient fabriqués les tous premiers lustres de Proche-Orient. On sait cependant que pendant son âge d'or au XVème siècle, les lustres sur les faïences hispano-mauresques sont vraisemblablement faits à partir d'un mélange d'oxyde métallique, de faïence et de vinaigre, cuit en deuxième cuisson réductrice. Depuis, les techniques de fabrication du lustre ont beaucoup évolué.

Recette de préparation d'un lustre :

1) Préparation d'un résinate de Sodium :

Dans une solution bouillante de soude caustique, on ajoute peu à peu de la résine de bonne qualité (Colophane) pulvérisée. La résine se combine à la soude en donnant un *savon de résine soluble*, ou résinate de sodium. On filtre. On obtient une solution de ce résinate si on a eu le soin de saturer l'alcali.

Recette d'essai :

Faire chauffer 300 g d'eau additionnés de 4 g de soude caustique en paillettes ou en perles (cela correspond à de l'hydroxyde de sodium pur, NaOH, à 95-97%). Lorsque la solution arrive à ébullition, ajouter progressivement en remuant 30 grammes de colophane finement broyée. Laisser refroidir et filtrer. Cette solution de résinate de sodium s'obtient très facilement et se conserve parfaitement bien.

2) Préparation de résinates métalliques :

Dans une solution assez étendue et un peu acide contenant un sel métallique dissous, on ajoute peu à peu, en remuant, de la solution de résinate de sodium; il se précipite un résinate métallique insoluble.

exemple :

solution de nitrate de plomb + solution de résinate de sodium
=
solution de nitrate de sodium + résinate de plomb précipité (insoluble)

Le précipité est lavé à l'eau froide puis à l'alcool. Le laisser ensuite sécher à l'air.

On peut réaliser ainsi des résinates de plomb, bismuth, argent, fer, or, cuivre, vanadium, etc... (le nitrate d'uranium, totalement interdit aujourd'hui pour sa haute toxicité, a longtemps été utilisé dans ce domaine)

3) Lustres métalliques :

Les résinates de plomb et de bismuth sont considérés comme "fondants".

Utilisé seul le résinate de bismuth donne des irisations nacrées.

L'addition de résinates colorants au résinate de bismuth (fondant et irisant) donne des nuances variées aux irisations.

Exemples :

Lustre irisé jaune verdâtre réalisé à base de résinate de bismuth mélangé de résinate de vanadium.

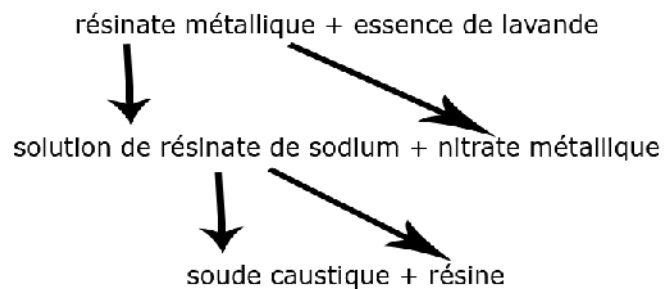
Lustre irisé rose réalisé à base de résinate d'or et de résinate d'argent mélangés au résinate de bismuth.

4) Lustres liquides :

Dans un mortier on triture les résinates à assembler avec de l'essence de lavande, puis on ajoute encore de cette essence, et on chauffe le mélange progressivement. Lorsque les résinates entrent en combinaison et en solution avec l'essence de lavande, la teinte du liquide se fonce. On cesse alors la chauffe et on laisse la réaction se poursuivre d'elle même.

Après refroidissement, on ajoute s'il y a lieu de l'essence de lavande pour réaliser la fluidité désirée. Laisser reposer quelques jours puis décanter.

Résumé théorique : Un lustre métallique peut être obtenu à partir d'association d'essence de lavande et d'un résinate métallique, lui même obtenu à partir d'une solution de sel métallique (par exemple un nitrate) et de résinate de sodium. Un résinate de sodium peut s'obtenir à partir de soude caustique et d'une résine (comme la colophane).



Le procédé semble assez simple en théorie mais peut se révéler dangereux. Aussi nécessite-t-il un matériel approprié.

○ **Fabrication de l'or**

Comme l'or est un métal inerte (c'est à dire inaltérable, inoxydable), on ne le trouve pas sous forme de sel et la recette ci-dessus ne convient pas pour la fabrication des ors. Pour fabriquer celui-ci, la seule solution est de dissoudre et d'associer l'or à d'autres matériaux.

Recette de préparation d'un or brillant :

1) On dissout dans de l'eau régale (acide chlorhydrique + acide nitrique : $1\text{HNO}_3 + 3\text{HCl}$) avec 128g d'acide nitrique : 32g d'or fin, 0.12g d'étain, 0.12g de chlorure d'antimoine.

Quand tout est dissous, on dilue la solution avec 500ml d'eau distillée : on obtient la solution 1.

2) On dissout 16g de soufre sous échauffement dans 16g de térébenthine vénitienne et 80g d'essence de térébenthine. Puis on ajoute 50g d'huile de lavande : on obtient la solution 2.

3) Les solutions 1 et 2 sont mélangées et chauffées au bain-marie sous agitation jusqu'à ce que la totalité de l'or soit passé dans la phase organique. On élimine la solution aqueuse acide et on lave plusieurs fois la phase organique à l'eau chaude. Puis on la sèche.

4) Au mélange sec, on ajoute 5g de nitrate basique de bismuth et 100g d'essence de térébenthine concentrés ; on mélange et on dilue le mélange avec 85g d'huile de lavande.

○ **Échantillonnage**

Lustre céradel bronze LC283

Cuisson à 800°

Remarque : le lustre a disparu sur les bord de la forme. Cela correspond à une zone où le lustre n'était pas sec au moment de la cuisson.



Or OCB 12%

Cuisson à 800°



Or OCB 12%

Cuisson à 800°

Remarque : par endroit, l'or s'est détaché pour laissé une marque rose. Cela correspond à une trop couche trop épaisse.







Or OCB 12%

Cuisson à 800°

Remarque : cuit sur biscuit. L'or n'est pas resté en surface mais a pénétré dans le tesson pour prendre une couleur rosâtre. La partie dorée correspond à une couche plus épaisse.




<p>Or OCB 12% Cuisson à 980° Remarque : l'or est toujours là, mais terne détaché par endroit.</p>	
<p>Or OCB 12% Cuisson à 800° Remarque : cuit sur porcelaine monocuite. L'or adhère en présentant quand même quelques défauts. Il prend parfaitement la texture de la surface du tesson.</p>	
<p>Or OCB 12% Cuisson à 1250° Remarque : l'or est toujours là, mais terne détaché par endroit. Le tesson n'est pas vraiment doré.</p>	
<p>Feuille d'or & médium MX54 Cuisson à 800° Remarque : le tesson est doré mais l'or part au moindre contact.</p>	

Sources : « Une nanotechnologie de précurseur : le lustre sur céramique » étude de post-doctorat de Delhia Chabanne ; « Peindre la porcelaine : lustres, ors & reliefs » par Odile Menotti, éditions Charles Massin ; « le lustre » par Véronique Habègre, Ulisse Editions ; Smart.conseil ; Wikipedia.org

II - Emaux

- **Formule de base (trouvée dans « l'art des glaçures » de Stephen Murfitt, éditions Fleurus, p.187)**


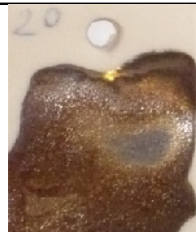

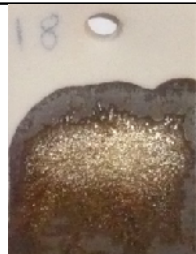


Données :

	Poids	Unité	
Kaolin	23	0,08	
MnO2	61	0,7	
Co3O4	8	0,03	
CuO	8	0,1	




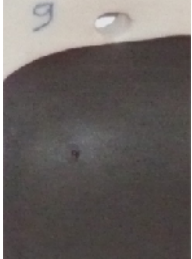

	formule	Masse molaire (g)
Oxyde de manganèse	MnO2	87
Oxyde de cobalt	Co3O4	75
Oxyde de cuivre	CuO	63,5
Fer noir	Fe3O4 + Fe2O3	56
Fer jaune	FeH2O	74
Silice	SiO2	60
Alumine calcinée	Al2O3	102
Alumine hydratée	Al(OH)3	156
Kaolin	1Al2O3+2SiO2	258
Feldspath	0,96KnaO + 0,04CaO + 0,96Al2O3 + 6SiO2	543
Néphéline Syénite	0,23K2O + 0,73Na2O + 0,03CaO + 0,01MgO + 0,94Al2O3 + 3,84SiO2	436
Carbonate de sodium	Na2CO3	106
craie	CaCO3	100
Carbonate de barym	BaCO3	197
oxyde de zinc	ZnO	81
Oxyde de titane	TiO2	80
Nitrate d'argent	AgNO3	170

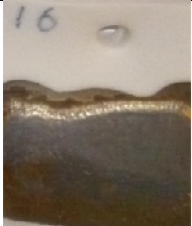
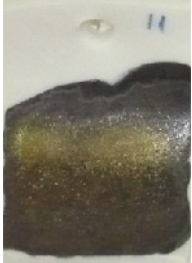

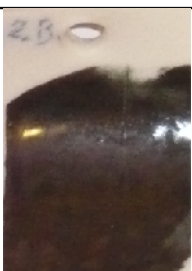


Tous les émaux suivant ont été cuits à 1250°C en oxydation, sauf indication contraire.





• **Soustraction d'un élément**

kaolin	23		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bleu noir
Co3O4	8		
CuO	8		
MnO2	61		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Doré identique à la recette originale
Co3O4	8		
CuO	8		
kaolin	23		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Noir métallisé
MnO2	61		
Co3O4	8		
kaolin	23		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Retirement doré entouré de gris/brun
MnO2	61		
CuO	8		
MnO2	61		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Première couche brune, seconde couche dorée par endroit avec effets argentés et taches brunes
kaolin	23		
CuO	16		
MnO2	60		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gris métallisé avec taches brunes
kaolin	40		




• **Substitution d'un élément**

Rutile	61		Remarques : ▪ Gris métallisé
kaolin	23		
CuO	8		
Co3O4	8		
Fer jaune	61		Remarques : ▪ Première couche noire/miroir ▪ Seconde couche noire craquelée
kaolin	23		
CuO	8		
Co3O4	8		
Kaolin	23		Remarques : ▪ Gris métallisé
rutile	56		
Co3O4	8		
CuO	8		
Kaolin	23		Remarques : ▪ Gris métallisé
Fer jaune	51,7		
Co3O4	8		
CuO	8		
Kaolin	23		Remarques : ▪ Gris métallisé
Fer noir	162		
Co3O4	8		
CuO	8		

kaolin	23		Remarques : ▪ Doré, identique à la recette originale
MnCo3	80,5		
Co3O4	8		
CuO	8		
SiO2	4,8		Remarques : ▪ Doré , identique à l'original, mais retraitement de la seconde couche
MnO2	61		
Co3O4	8		
CuO	8		
Al2O3 hydraté	8,2		Remarques : ▪ Première couche noire/miroir ▪ Seconde avec quelques taches dorées en épaisseur
MnO2	61		
Co3O4	8		
CuO	8		
Al2O3 hydratée	12,5		Remarques : ▪ Première couche noire/miroir ▪ Seconde couche noire métallisée
MnO2	61		
Co3O4	8		
CuO	8		
feldspath	22,3		Remarques : ▪ Première couche noire/miroir ▪ Seconde couche dorée par tâches
MnO2	61		
Co3O4	8		
CuO	8		
SiO2	2,4 (0,04)		Remarques : ▪ Doré identique à l'original
Al2O3 hydraté	4 (0,04)		
MnO2	61 (0,7)		
Co3O4	8 (0,03)		
CuO	8 (0,1)		

SiO ₂	2,4		Remarques : ▪ doré , identique à la recette originale
Al ₂ O ₃ hydratée	6,24		
MnO ₂	61		
Co ₃ O ₄	8		
CuO	8		
kaolin	23		Remarques : ▪ noir métallisé, doré par endroit (en épaisseur)
MnO ₂	61		
Fer noir	7		
CuO	8		
kaolin	23		Remarques : ▪ noir pailleté argenté
MnO ₂	61		
Co ₃ O ₄	8		
Fer noir	23,1		
Al ₂ O ₃ hydratée	12,5 (0.08)		Remarques : ▪ première couche noir/miroir, retraitement de la seconde couche noir et dorée par endroit
SiO ₂	9,6 (0.16)		
MnO ₂	61 (0.7)		
Fer noir	7 (0.03)		
CuO	8 (0.1)		

• **Changement de proportions**

kaolin	40		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ doré identique à la recette originale, mais avec plu de retirement de la seconde couche
MnO2	61		
Co3O4	8		
CuO	8		
MnO2	61		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ doré sur les bords, gris métallique au milieu
kaolin	25		
CuO	8		
Co3O4	8		
MnO2	61		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ doré sur les bords, gris métallique au milieu
kaolin	30		
CuO	8		
Co3O4	8		

• **Ajout d'un élément**

kaolin	23		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ mélange de gris métallique et de doré
MnO2	61		
Co3O4	8		
CuO	8		
Colorant jaune	61		

• **Autres formules**

Néphéline syénite	18,4g		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ supposé être une base pour cristallisations, mais n'en présente pas ▪ !! Erreur dans la masse molaire de la néphéline syénite utilisée. A refaire !!
Carbonate de sodium	16,3g		
kaolin	4,9g		
Carbonate de baryum	13g		
craie	4,3g		
Oxyde de zinc	33,8g		
Oxyde de titane	9,3g		
<hr/>			
Base cristallisation	100		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ brun moucheté
MnO2	1,98		
Co3O4	0,26		
CuO	0,26		
<hr/>			
ocre	52		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ noir pailleté argenté
Ball clay	4		
silice	4		
MnO2	39		
CuO	4		
Co3O4	2,5		
<hr/>			
fritte alcaline	100		Remarques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ cuisson raku 900° ▪ doré avec effets « pétrole » là où la glaçure a été en contact avec la sciure
Nitrate d'argent	1		
Carbonate de sodium	1		

• **Conclusions**

On distingue sur l'échantillon de la recette de base : une première couche noire/miroir et une seconde dorée.

D'après les échantillons, l'oxyde de cobalt est responsable de la couche noir/miroir, et le doré est causé par le mélange oxyde de manganèse + oxyde de cuivre. Le fondant est responsable de la façon dont les deux couches se comportent entre elles (si trop de silice, la couche dorée se retire trop).

Le fait que les deux couches se disposent uniformément l'une sur l'autre est le fait de proportions judicieuses des composants de l'émail.

III – Essais avec d'autres matériaux dorés

- **Mica phlogopite** : $KMg_3Si_3AlO_{10}(OH)_2$

Le **mica**, dont le nom dérive du latin *micare* (scintiller), est un minéral formé principalement de silicate d'aluminium et de potassium. **Avec le quartz et le feldspath**, il est l'un des constituants du granite.

La phlogopite est une sorte de mica riche en magnésium. Le mica que l'on trouve dans le commerce sous forme de poudre blanche est du mica muscovite.



Le mica est réfractaire et est utilisé pour ses propriétés de résistance au feu, son **inertie chimique** (il ne s'oxyde pas, tout comme l'or), son pouvoir couvrant, sa capacité d'isolation acoustique. Le mica a même remplacé l'amiante dans un certain nombre d'applications à haute température ou de protection contre l'incendie, car il ne présente pas du tout de risques analogues (matériau inerte, non toxique, se présentant sous forme de paillettes et non de fibres).

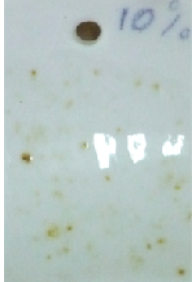

Sous forme de poudre, il est utilisé comme charge dans des peintures, des enduits, des matières plastiques.





Il est aussi incorporé à d'autres matériaux comme isolant acoustique (voitures automobiles) ou anti-feu (portes coupe-feu).

On l'utilise également pour son aspect esthétique et décoratif (cosmétiques, restauration de dorures, etc).

- **Echantillonnage**

Cuisson à 1250°	
<ul style="list-style-type: none">• Jus de mica	
<ul style="list-style-type: none">• Mica sur couverte haute température	

<ul style="list-style-type: none"> Mica mélangé à une couverte haute température 	
<ul style="list-style-type: none"> Mica mélangé à du médium MX54 sur émail Troisième cuisson 	

Cuisson à 980°	
<ul style="list-style-type: none"> Mica mélangé à une couverte basse température sur porcelaine biscuitée 	
<ul style="list-style-type: none"> Mica sur couverte basse température sur porcelaine biscuitée 	
<ul style="list-style-type: none"> Mica mélangé à un couverte basse température et colle CMC sur porcelaine émaillée à haute température Troisième cuisson 	
<ul style="list-style-type: none"> Mica sur couverte mélangée à de la colle CMC sur porcelaine émaillée Troisième cuisson 	

○ **Conclusions**

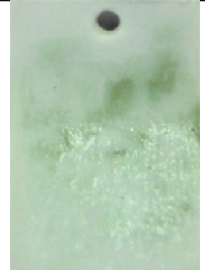

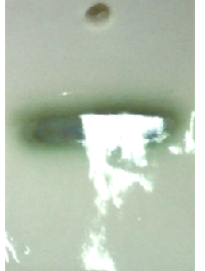

Le mica est de couleur doré gris. Plus il est porté à haute température, plus il tire vers le doré jaune. A haute température, il prend une couleur rouille. Il n'adhère par au tesson par lui-même, ni avec un médium, il faut donc l'associer à une couverte.



- **Laiton** : $Zn + Cu (+ Pb + Fe + Ni + Sn + Mg + \dots)$




Le **laiton** est un alliage de cuivre et de zinc, aux proportions variables. Il contient souvent également d'autres métaux tels que le plomb, l'étain, le nickel, le chrome et le magnésium.

Le laiton est connu depuis la préhistoire, les Grecs le connaissaient aussi dans l'Antiquité.

○ **Echantillonnage**

Cuisson à 1250°	
<ul style="list-style-type: none"> • Jus de laiton 	
<ul style="list-style-type: none"> • Laiton mélangé à une couverte haute température 	
<ul style="list-style-type: none"> • Laiton mélangé au médium MX54 sur porcelaine émaillée à haute température • Troisième cuisson 	
Cuisson à 980°	
<ul style="list-style-type: none"> • Jus de laiton 	

<ul style="list-style-type: none"> Laiton mélangé au médium MX54 sur porcelaine biscuitée 	
<ul style="list-style-type: none"> Laiton mélangée au médium MX54 sur porcelaine émaillée à haute température Troisième cuisson 	

Cuisson à 800°	
<ul style="list-style-type: none"> Jus de laiton 	
<ul style="list-style-type: none"> Laiton mélangé au médium MX54 sur porcelaine biscuitée 	
<ul style="list-style-type: none"> Laiton mélangé au médium MX54 sur porcelaine émaillée à haute température 	




○ **Conclusions**



Le laiton prend une couleur verte et vitrifiable à haute température. Il est noir à moindre température, mais adhère cependant au tesson. Son aspect après cuisson est comparable au cuivre qui est son principal constituant.


- **Bronze** : $Cu + Sn (+ Al + Pb + Mg + \dots)$


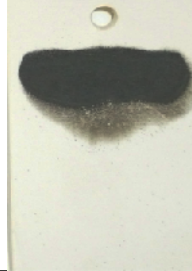
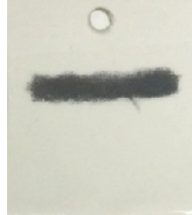
Les bronzes sont normalement composés de plus de 60 % de cuivre et d'une proportion variable d'étain, et ils contiennent en outre des proportions variables d'aluminium, plomb, béryllium, manganèse et tungstène, accessoirement du silicium et du phosphore, mais pas de zinc en quantité notable.

- **Echantillonnage**

Cuisson à 1250°	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bronze mélangé à une couverte haute température 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jus de bronze 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bronze mélangé au médium MX54 sur porcelaine émaillée à haute température 	

Cuisson à 980°	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bronze mélangé au médium MX54 sur porcelaine biscuitée 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bronze mélangé au médium MX54 sur porcelaine émaillée 	

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jus de bronze 	
---	--

Cuisson à 800°	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jus de bronze 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bronze mélangé au médium MX54 sur biscuit 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bronze mélangé au médium MX54 sur porcelaine émaillée 	

○ **Conclusions**

Le bronze prend une couleur verte et/ou argent à haute température. Il est noir à moindre température, mais adhère cependant au tesson. Son aspect après cuisson est comparable au cuivre qui est son principal constituant.