

# **Émaux “traditionnels” et émaux cristallins**

Par Fichot Alain

## **Module1/2**

<b>Histoire des émaux cristallins et quelques créations contemporaines</b>	<b>Page 1 à 6</b>
<b>Verre et émail</b>	<b>7</b>
<b>Structure cristalline et réseaux</b>	<b>8 à 10</b>
<b>Fusion d'un mélange de minéraux diagrammes</b>	<b>11 à 14</b>
<b>De l'émail cru à l'émail fondu</b>	<b>15</b>
<b>Essais d'émaux cristallisants, frites</b>	<b>16 à 20</b>
<b>Emaillage</b>	<b>21, 22</b>
<b>Cuisson</b>	<b>23 à 28</b>

De tout temps les céramistes ont cherché à recouvrir leur poterie d'une glaçure le plus simplement possible de façon à obtenir un résultat constant, fiable, prévisible etc. on obtient alors un émail dont la couleur ; la brillance sont uniformes sur toute la surface. Au contraire pour les émaux cristallins on cherche à obtenir une couleur hétérogène, des différences de brillance et de ce fait on accepte différentes contraintes comme celle d'une cuisson plus complexe, la contrainte due à la fluidité de l'émail et surtout une certaine instabilité dans le résultat. Mais cette instabilité doit être minimisée et c'est le but de ce stage.

Aborder le phénomène de la cristallisation demande quelques notions élémentaires de chimie sur la formation d'une glaçure céramique La composition d'une glaçure céramique est généralement plus complexe que la composition d'un verre, genre verre à bouteille, de par le fait qu'elle doit être en accord avec le tesson sur laquelle elle est posée.

## Un peu d'histoire

Cristallisations et cristallisations ! Quand on parle de cristallisations de quoi parle-t-on ? Si on prend un émail classique blanc mat magnésien sa blancheur et sa matité sont dues à des micro-cristallisations de silicate de magnésie. De la même façon les émaux appelés tenmoku fourrure de lièvre, aventurines etc sont obtenus grâce à des cristallines dans l'émail. Ici on ne s'occupera que de macro-cristaux, c'est-à-dire de cristaux dont la taille est dans le domaine du visible. L'histoire de ces glaçures cristallines débute à la Manufacture de Sèvres vers 1850 avec son directeur Alexandre Brogniart qui trouve qu'avec 25% d'oxyde de zinc ajouté à une glaçure alcaline on obtient des cristaux dans la phase vitreuse. On considère alors que c'est un défaut.

La recherche reprend à Sèvres en 1885 avec Clément. Ce dernier quitte Sèvres pour la Manufacture Royale de Copenhague et une production de sculpture animalière avec émaux cristallisants commence

Plus tard Clément retourne à Sèvres où il continue son travail sur les cristallisations avec une publication au congrès de Chimie en 1898 et surtout l'exposition universelle de Paris en 1900 où de très grands pots avec cette nouvelle glaçure font sensation. Puis c'est la manufacture de Meissen et Mettlach en Allemagne, Pierrefonds en France qui en produisent. Le première grande vague de l'émail cristallin se termine avec la fin de l'Art Nouveau.

## Pichet de Pierrefonds

Dans les années 20 une mutation s'opère et apparait des céramistes créateurs indépendants à la fois de l'industrie céramique et de la poterie traditionnelle. On peut citer pour le renouveau de la céramique anglaise Leach aidé du japonais Hamada et pour les émaux cristallisés Wendelin Stahl , Herbert Sanders et plus récemment d'autres potiers contemporains publient des livres sur le sujet comme celui de Peter Ilesley et celui de Diane Creber . Des forums spécialisés comme celui de William Melstrom : Crystalline Glaze Forum naissent sur la grande toile.

Parmi les potiers contemporains on peut citer

Peter Ilesley, Bill Boyd, Yves Lambeau, Denis Caraty, Heins Severinjs, Jese Wiseman Hull, Werner Gnegel, Edmund Deinböck, Peter Fröhlich, Angelika et Gerd Panten , Diane Creber, Marc Uzan, Denyse Symair, William Melstrom, Jose Mariscal, Rosaria Badici ....Chacun ayant développé des émaux bien particuliers correspondant chacun à son esthétisme. Un émail à Tilton n'aura rien avoir à un émail à Caraty ou Uzan. Certains chercheront une douceur de

ton dans les pastels, d'autres des couleurs plus vives, certains des cristaux mats bref chacun cherche, à travers son émail, une écriture qui lui est propre. Voici trois exemples



**Denis Caraty**



**Hideaki Miyamura**



**Moi même**

# Verre et émail

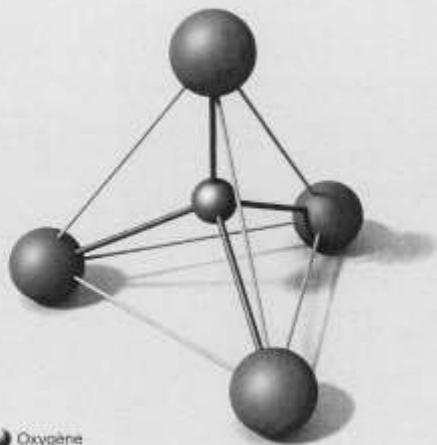
Pour un verre on cherche à obtenir une fusion de matière très liquide à base essentiellement de silice de façon à fabriquer des bouteilles, vitres etc... L'émail lui aussi est à base essentiellement de silice mais il doit recouvrir un support, pour ce qui nous intéresse en céramique. Il doit donc s'accorder avec son support à différents point de vue : dilatation, température de cuisson, rester à peu près en place au cours de la cuisson etc

Dans la nature la matière peut se présenter suivant plusieurs états, solide, liquide, gazeux. (glace, eau, vapeur) Un solide peut se présenter avec deux structures possibles ordonnées ou désordonnée. Quand un liquide se solidifie, il prend souvent une structure cristalline sinon il reste avec une structure désordonnée. Dans un émail cristallin il y a une cohabitation de la structure cristalline et de la structure désordonnée.

Un cristal est un solide dont les constituants (atomes ou molécules) sont assemblés de manière régulière, par opposition au solide amorphe. Par « régulier » on veut dire qu'un même motif est répété à l'identique un grand nombre de fois selon un réseau régulier, la plus petite partie du réseau permettant de recomposer l'empilement étant appelée une maille. Autrement dit dans un cristal les atomes sont rangés comme pour un défilé militaire en Corée du nord et dans une structure amorphe c'est plutôt l'armée gauloise dans Astérix.

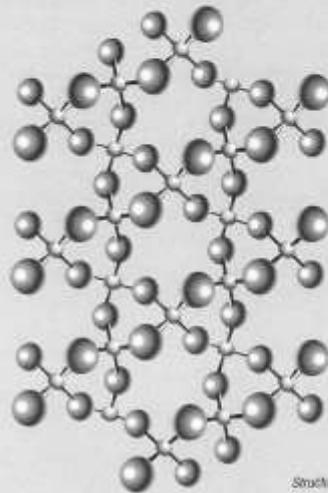
La silice est un élément très important dans la croute terrestre, dans les roches sédimentaires dans les roches volcaniques etc L'atome de silicium Si se lie avec deux atomes d'oxygène pour donner de la silice ( il lui faut deux atomes d'oxygène pour une histoire d'électrons sur la dernière couche ( Si ++++ et O - - ) )

La silice se présente dans la nature sous forme de tétraèdre, un Si groupé avec 4 Oxygènes et les tétraèdres se lient entre eux par leur sommet pour avoir des atomes d'oxygène en partage et qu'en moyenne finalement on se retrouve avec du Si O<sub>2</sub> Une représentation de ce tétraèdre SiO<sub>4</sub> est donnée page suivante. Quand les tétraèdres sont bien rangés on a une structure ordonnée donc cristallisée comme dans le quartz voir page suivante, quand les tétraèdres ne sont pas rangés on a alors un verre de silice.



● Oxygène  
● Silicium

Tétraèdre  $(SiO_4)^-$



Structure du quartz.

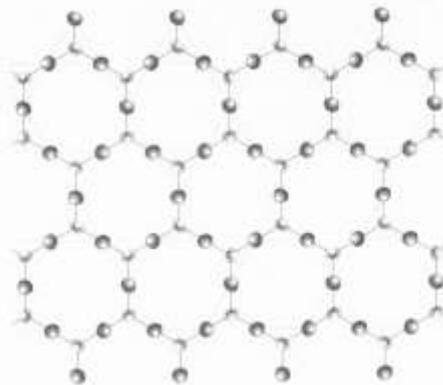
## 2 Les silicates

Les argiles, les feldspaths, les micas et le quartz contiennent tous des atomes de silicium liés à des atomes d'oxygène arrangés en tétraèdres de  $(SiO_4)^-$ . Chaque atome de silicium est au centre du tétraèdre dont chacun des 4 sommets est occupé par un atome d'oxygène. Les minéraux constitués de ces tétraèdres de silice forment la famille des silicates. L'agencement de ces tétraèdres diffère d'un minéral à l'autre :

- **Le quartz** ( $SiO_2$ ) est formé uniquement de tétraèdres  $SiO_4$  qui mettent en commun leurs oxygènes et s'enroulent en hélices compactes hexagonales (Quartz B) ou légèrement distordues (Quartz A).

- **Les feldspaths** sont aussi des silicates dont la charpente est tridimensionnelle, les tectosilicates, un peu comme le quartz mais dans un tétraèdre sur quatre, un atome d'aluminium prend la place du silicium. Ce changement de  $Si^{4+}$  par  $Al^{3+}$  est neutralisé par la fixation d'un cation ( $K^+$ ,  $Na^+$  ou  $Ca^{2+}$ ) dans la structure (exemple du feldspath orthose :  $K(Si_3AlO_8)$ ).

- **Les micas et les argiles** sont des phyllosilicates dont les chaînes de tétraèdres sont associées en réseaux plans formant des feuillets. La structure des argiles est détaillée en page 14.

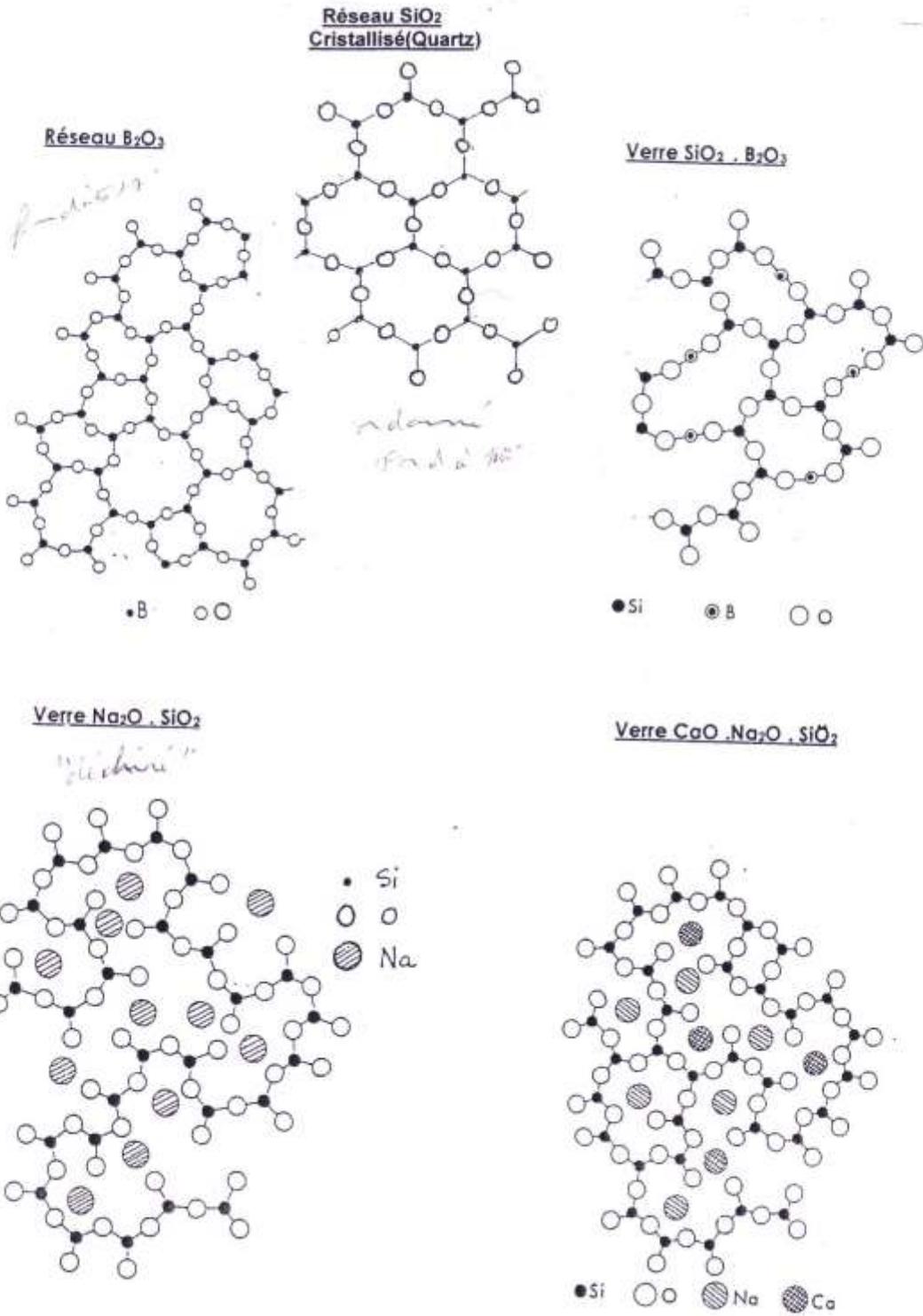


Tétraèdre  $SiO_4$



○ situé au premier plan  
● situé en arrière-plan  
Si

Micas et argiles : structure d'un feuillet.



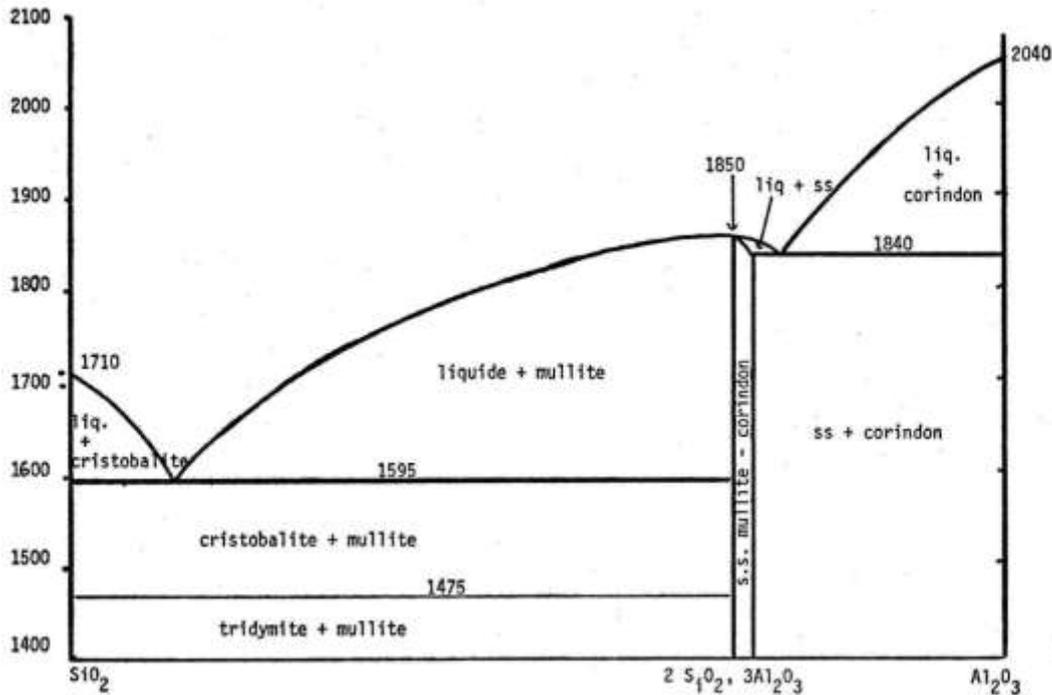
Les glaçures en général comme le verre présentent une structure désordonnée. L'augmentation rapide de la viscosité au cours du refroidissement fait que le passage de l'état liquide à l'état solide se fait sans mise en ordre des atomes. Dans un émail cristallin au contraire, se produit au cours du refroidissement un rangement des molécules. Le mécanisme comporte un stade préliminaire de création de germes cristallins ou nucléation suivi d'une croissance cristalline. ( Les atomes se déplacent dans le liquide et viennent se ranger attirés par les nucléi.)  
 .La manière la plus simple d'obtenir des cristallisations est d'utiliser une glaçure à très faible viscosité, riche en alcalis et pauvre en alumine, à laquelle on ajoute un surplus d'oxyde de zinc.

Les cristaux ainsi obtenus et qui peuvent atteindre plusieurs centimètres, sont un silicate de zinc connu dans sa forme naturelle sous le nom de Willémite ( $2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$ ). Pour les cristallisations mates on utilise du baryum et il se forme au refroidissement des cristaux de  $\text{BaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ,  $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO} \cdot 2\text{TiO}_2$

D'après Caraty le processus s'apparente à la fabrication du sel dans les marais salants. La production de fleur de sel repose sur un processus naturel de concentration en sel par évaporation de l'eau de mer jusqu'au seuil de cristallisation. Cette production s'effectue dans des marais salants et est basée sur le fait que l'eau en fonction de la température ne peut dissoudre qu'une quantité limitée de sel et donc une eau saturée en sel si la température diminue ou si le vent la fait évaporer formera alors à sa surface de la fleur de sel. Dans une glaçure cristalline où le zinc est en quantité très importante, en fin de montée en température, le zinc sera dissous dans la glaçure qui sera alors liquide. Au cours du refroidissement le zinc va se combiner avec la silice pour créer des nucléi de  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$  (willémite) c'est-à-dire des micros cristaux qui captent d'autres  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$  qui viennent se ranger sur les précédents pour finalement former des aiguilles de willémite. L'ensemble de ses aiguilles forment donc ce que l'on appellera le cristal, terme évidemment impropre car il s'agit d'ensemble de cristaux : le terme devrait être cristallite. En pratique on chauffe un mélange adéquate on le transforme en liquide. Puis on descend la température on arrive alors à sa température théorique de solidification. Là très souvent en céramique il n'y a pas de transformation en solide mais on reste encore en phase liquide, on appelle cela la surfusion. C'est un état qui n'est pas stable et la moindre perturbation entraîne la solidification.

## Mécanisme de fusion d'un mélange de minéraux

Tout d'abord examinons un diagramme binaire courant en céramique sur un exemple. On a un mélange de silice et d'alumine. Ce mélange évolue sur ce diagramme de gauche à droite de 100% de silice à 100% d'alumine. En vertical nous avons la température. Si on prend la silice pure on voit qu'elle fond complètement à 1710 et de même de l'alumine fondra complètement à 2040. La courbe de température de fusion passe par deux minimas qui sont les eutectiques. La température de fusion d'un mélange silice alumine à part égale en molécule fondra à environ 1800. Ce même mélange en fusion quand il refroidit commence à se solidifier à 1800 entre 1800 et 1595 cohabitent dans le mélange du solide (mullite  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) et du liquide. Puis en dessous de 1595 tout se solidifie en cristobalite ( $\text{SiO}_2$ ) et mullite puis en tridymite ( $\text{SiO}_2$ ) et mullite



La représentation pour un diagramme binaire est assez simple mais si on veut avoir une représentation pour un mélange de trois matériaux c'est évidemment beaucoup plus compliqué.

J'ai réalisé une vidéo qui se trouve sur youtube à cette adresse

<https://www.youtube.com/watch?v=EM-ZhcDnXzE>

Dans cette vidéo je montre un diagramme ternaire en 3D et comment ça marche

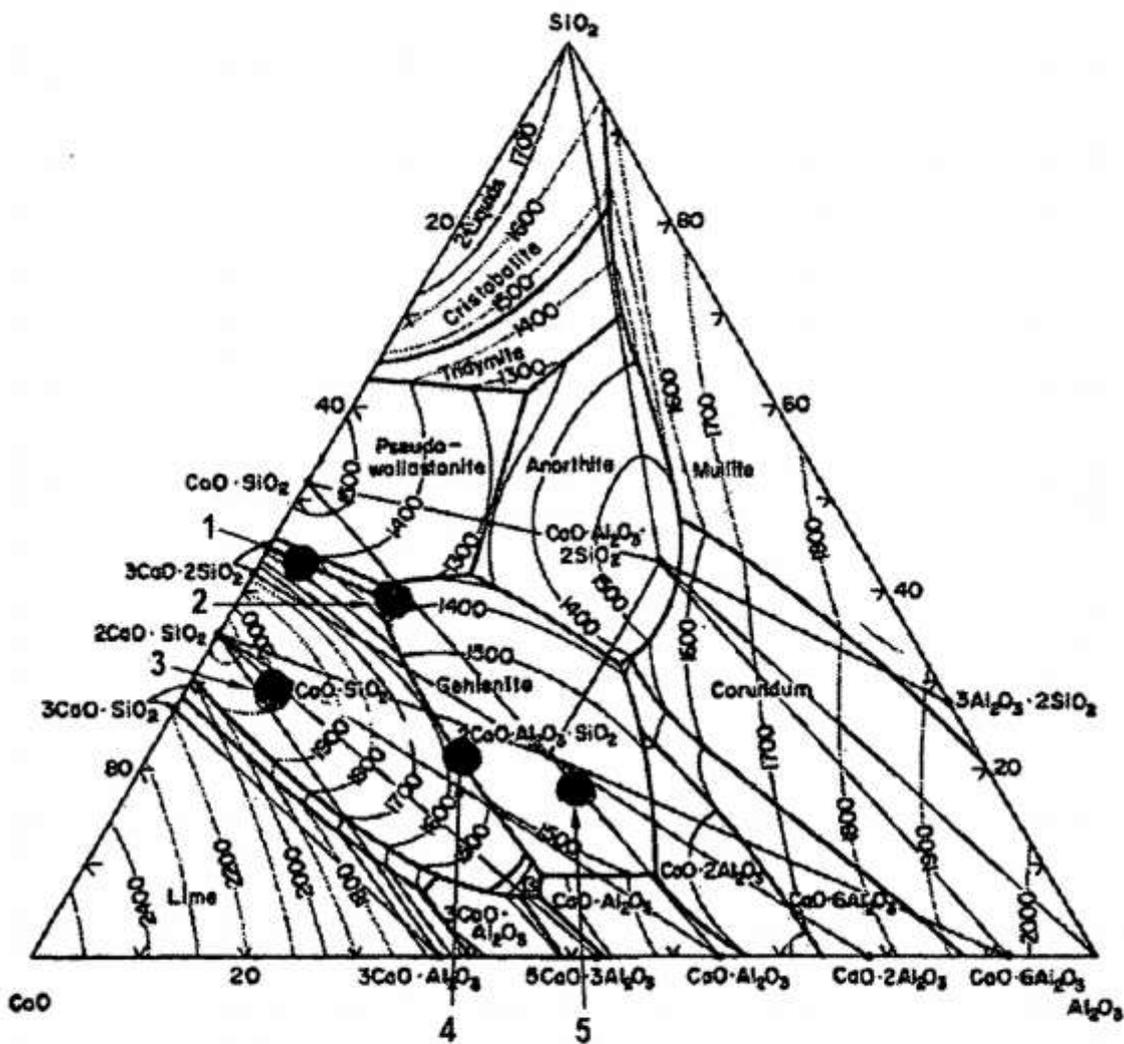
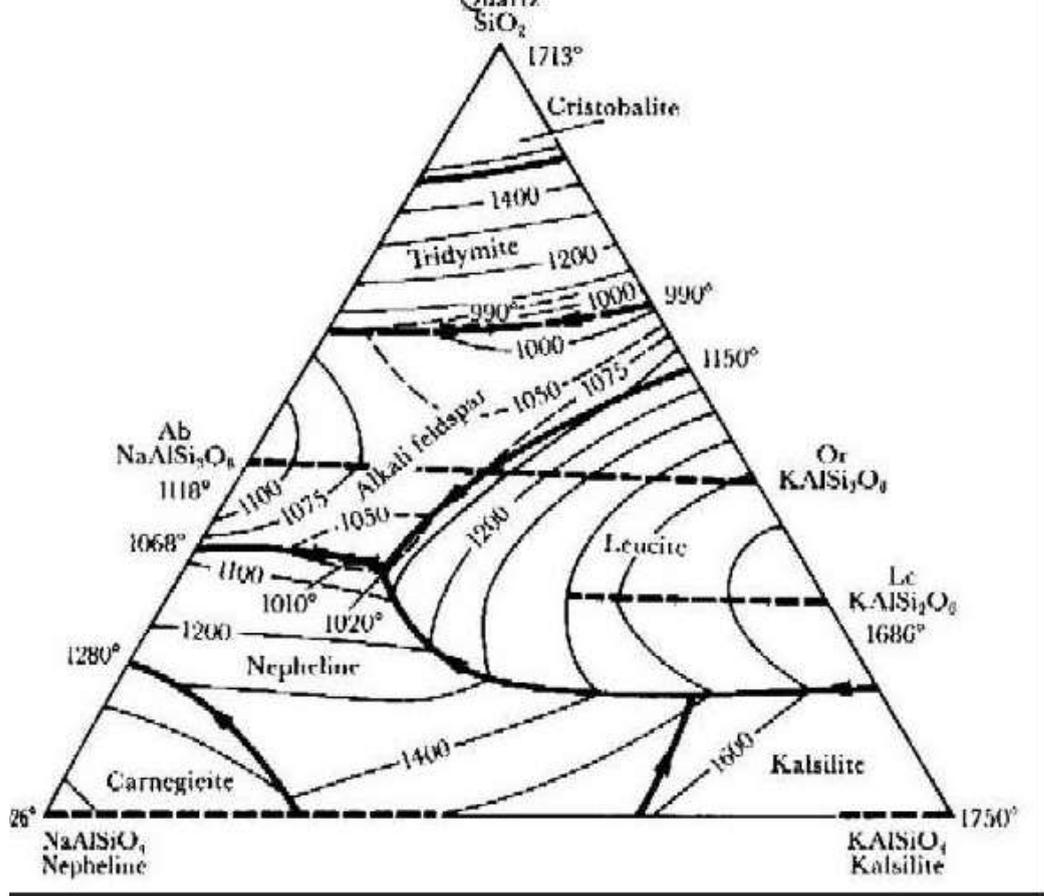


FIG.2

Voilà un diagramme ternaire (ici silice chaux alumine) tel qu'il est représenté dans la littérature scientifique C'est un peu brouillon et a priori pas très lisible car il s'agit de présenter à la fois la température de solidification, les matériaux formés les différents eutectiques.... En plus dans certain cas on peut aussi avoir au moment de la fusion la formation de deux liquides genre vinaigrette on a alors une démixtion en phase liquide C'est souvent le cas avec la présence de bore ce qui peut donner l'opalescence de l'émail ensuite au refroidissement.

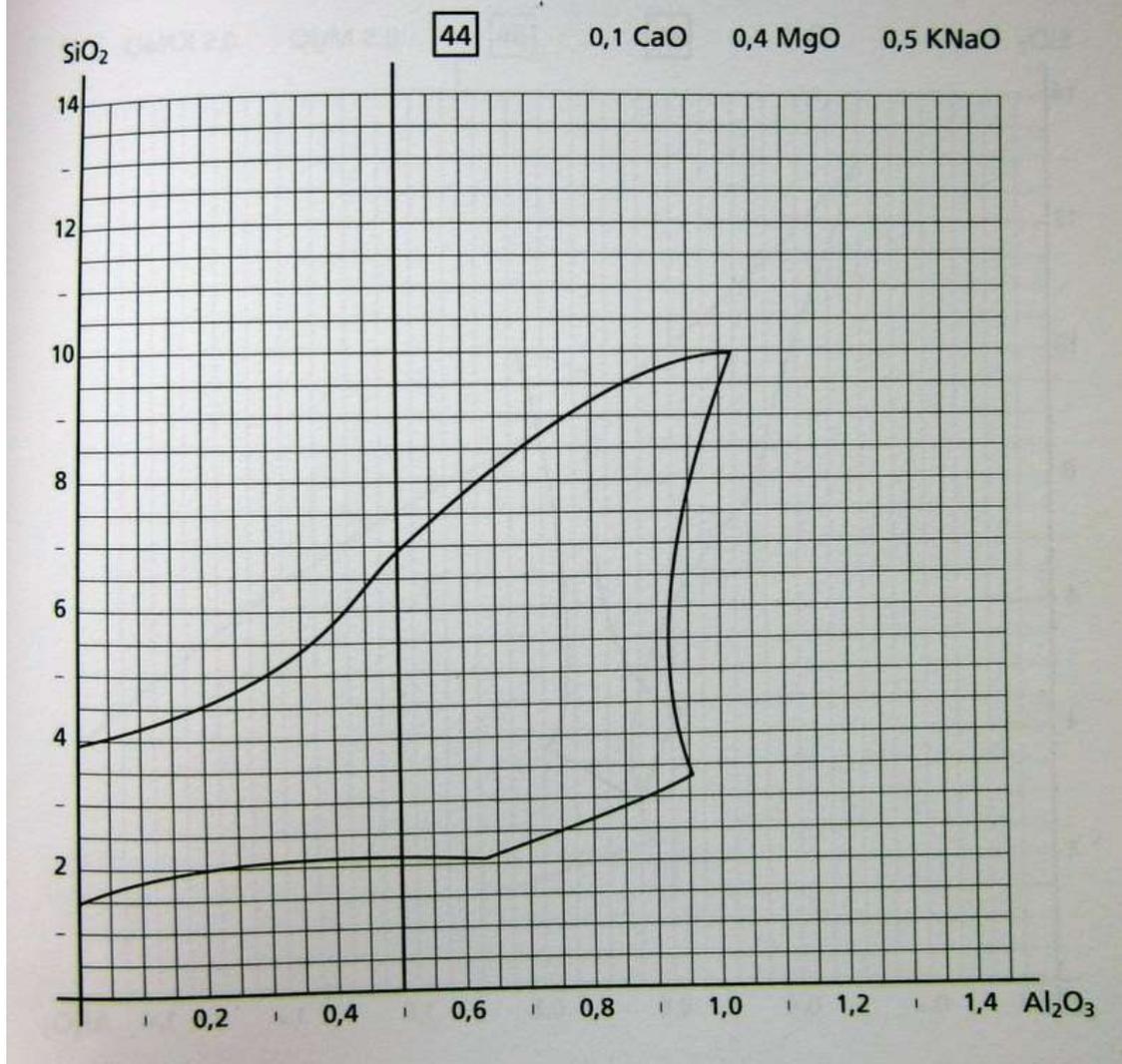
En résumé ce qu'il faut retenir c'est que lorsque l'on chauffe un mélange de produits pour faire un émail, on a un commencement de fusion à la température de l'eutectique de ce mélange, puis une fusion complète arrivé à une certaine température ( le point de fusion théorique de notre émail) Quand on refroidit le phénomène inverse se produit : on est liquide, arrivé à la température de fusion théorique on commence à avoir un solide qui se forme dans le liquide, puis à la température de l'eutectique tout devient solide. Enfin ça c'est la théorie car en pratique il y a des phénomènes de surfusion qui viennent compliqué tout cela. La surfusion étant l'état d'une substance qui reste liquide au-delà de son point de solidification.

Voici un autre diagramme Silice, néphéline, kalsilite (sorte de feldspath potassique avec peu de silice et peu d'alumine)



Les lignes courbes qui partagent ce triangle indiquent les isothermes de fusion. Si on prend l'isotherme 1200° on voit qu'il partage le triangle en trois zones : la zone en bas où notre mélange ne fond pas à 1200°, la zone au-dessus correspondant au quartz qui ne fond évidemment pas non plus et une zone intermédiaire qui montre deux eutectiques : un à 1010° au centre du triangle et l'autre un peu plus haut dans le triangle à 990°

Les diagrammes présentés par Frère Daniel de Montmollin sont des transformations des diagrammes du type précédent où ne subsiste que l'isotherme 1280° et où la présentation se fait avec une variation de la silice et de l'alumine. Les représentations de De Montmollin ne seront pas d'une grande utilité dans le domaine des cristallisations car les émaux qui nous intéressent contiennent du zinc, du baryum ou du lithium, éléments absents de son domaine de recherche c'est dommage pour nous !

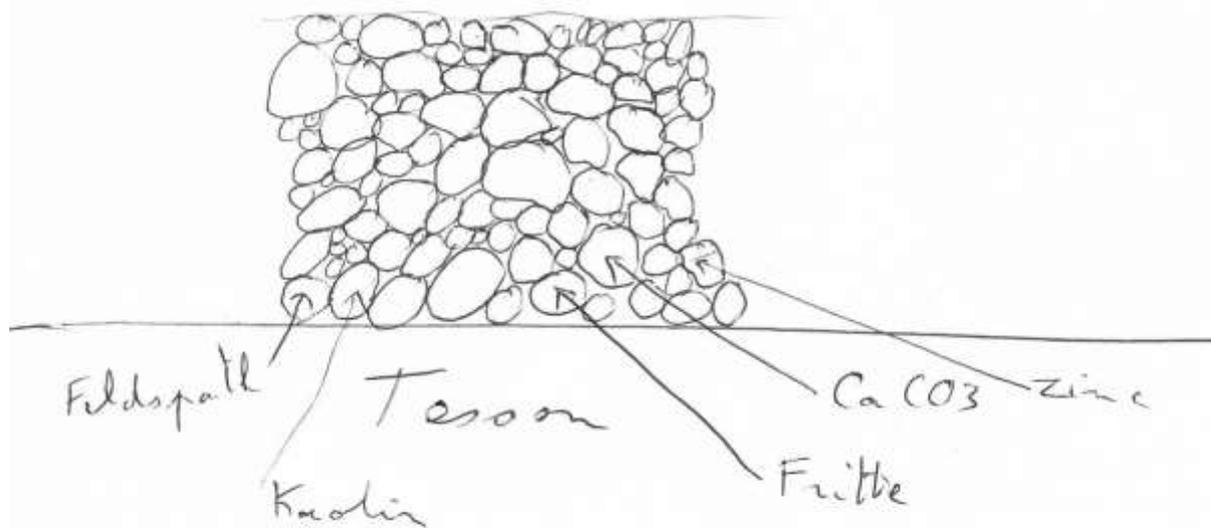


exemple de diagramme de De Montmollin

### De l'émail cru à l'émail fondu

Un émail est au départ un ensemble de petits grains de matières différentes qui forment une couche d'une certaine épaisseur sur un tesson. Ces grains plus ou moins gros sont en contact entre eux. Par exemple un grain de chaux sera en contact avec un grain de kaolin. Si on n'a que ces deux grains là il y aura un commencement de fusion à  $1170^\circ\text{C}$ . Mais on n'a pas que ces deux éléments il peut y avoir une fritte qui commencera à fondre beaucoup plus tôt et qui mouillera les grains situés autour d'elle. Il y aura aussi des carbonates (par exemple de la chaux  $\text{CaCO}_3$ ) qui perdront leur  $\text{CO}_2$  (décarbonatation) idem pour le carbonate de baryum, les nitrates etc

Le dégazage des matériaux s'il se fait à une température où l'émail est déjà liquide peut poser des problèmes (bulles dans l'émail) idem pour le dégazage éventuel du tesson. D'autre part il est évident que si on a un grain trop gros d'un matériau qui à une température de fusion assez haute il restera en partie infondu dans l'émail car il n'aura pas le temps d'être "mangé" par le liquide qui l'entoure. L'apport de bore dans un émail aide fortement à la fusion non seulement il fond très tôt mais sa tension superficielle fait qu'il mouille plus facilement ce qui l'entoure Un broyage plus fin favorise aussi la fusion



## Premiers essais d'émaux cristallisants

Dans ce stage nous allons essayer de réaliser quelques essais d'émaux cristallins brillants et des essais de cristallisation mat. Ces premiers essais seront réalisés en début de stage. J'ai choisi une température de cuisson de 1260° suivant la courbe A voir annexe. Comme les appareils de mesure sont toujours différents on placera un cône pyrométrique Seger n°7 dans le four et au vu de son état de fusion on ajustera la programmation pour la 2<sup>ème</sup> cuisson.

Les essais seront faits à partir de recettes publiées par mes collègues et mes propres recettes J'en ai transformé certaines pour les adapter à la température de cuisson. Pour se mettre dans les conditions du céramiste qui veut aborder le sujet et qui pense que la recette publiée sur le net est obligatoirement une recette qui donnera des résultats intéressants sans trop se fatiguer à des recherches fastidieuses, j'en ai laissé certaines telles quelles

Les matériaux utilisés sont des matériaux courants utilisés dans un atelier céramique ( Feldspath potassique ( orthose), Chaux , Silice , Kaolin, Bentonite, Talc, Carbonate de baryum, Oxyde de Zinc ( pour celui-ci il faut prendre certaine précaution voir plus loin) Carbonate de lithium, Spodumène, Titane, Dolomie, Carbonate de strontium ; les oxydes colorants cuivre, cobalt, fer et nickel ) . A la différence des autre émaux céramiques on utilise très souvent des "frittes" pour élaborer les émaux cristallins. Nous utiliserons au cours de ce stage les frittes suivantes

### C 1252 Ceradel

Designation Fritte borocalcique sans plomb  
 0,18 NaKO 0,41 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,2 SiO<sub>2</sub>  
 0,82 CaO 0,98 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### C 1253 Ceradel

Designation Fritte boro-alkaline sans plomb  
 0,65 Na<sub>2</sub>O 0,19 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,5 SiO<sub>2</sub>  
 0,21 CaO 0,94 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 0,08 ZnO  
 0,05 BaO

### C 1254 ceradel

Designation Fritte calco-alkaline sans plomb  
 0,50 Na<sub>2</sub>O 0,20 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2 SiO<sub>2</sub>  
 0,50 CaO 1,10 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**CRA prodesco** anciennement commercialisée par Solargil sous le nom FR5, cette fritte qui n'est plus fabriquée

0,168 Na<sub>2</sub>O 0.208 K<sub>2</sub>O 0.168MgO 0.45ZnO 0 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.096 SiO<sub>2</sub>

K2O	0.064	Al2O3	0.095	SiO2	3.003
Na2O	0.644	B2O3	0.097		
CaO	0.293				

**3110** nouvellement commercialisée par Solargil sous le nom FR5 fabriquée par Ferro.

**Frit F644** fabriquée par Fusion

1 Na2O 0.123 Al2O3 2.265 SiO2

**PR17** ceci n'est pas une fritte mais une fritte avec comme ajout de kaolin  
Distribué par Solargil officiellement un émail satiné transparent à 980°C

0,176 Na2O	0,075 Al2O3	1.09 SiO2
0,184 CaO	0.1 B2O3	
0,554 ZnO		
0,078 BaO		
0.003 SrO		
0.004 K2O		

**Poudre de verre**

Commercialisée par Ceradel de formule moléculaire

0.44 Na2O 2.28 SiO2

0.33 CaO

0.23 MgO

Et une fritte toute nouvelle pour moi une fritte qui est commercialisée par Carl Jäger

**FM 77355**

0,1 K2O 0.9 ZnO 0,1 Al2O3 0.8 SiO2

## **Pourquoi utiliser des frites**

Certains matériaux sont solubles dans l'eau. Si on les utilisait dans un émail ceux-ci passeraient en partie dans le tesson (qui est poreux) ce qui modifierait à la fois la composition du tesson et la composition de l'émail dans lequel on aurait mis ces matériaux solubles. D'autres matériaux ne sont pas très bons pour l'environnement et pour l'homme (plomb, baryum) on préfère les utiliser sous forme silicatée. Les frites sont très utilisées dans l'industrie céramique ... Pour faire des frites on mélange à sec les différents matériaux que l'on veut fritter. On fait fondre ce mélange dans un creuset, le creuset est sorti du four et le verre fondu est versé dans l'eau. Le choc thermique fait éclater la fritte en petits morceaux. Ensuite on broie cette fritte. On peut en faire des petites quantités en mettant dans une forme plate, engobée d'une couche de quartz, le mélange voulu. Après cuisson la fritte est séparée du quartz qui y aura adhéré et broyée dans une jarre. Une autre technique est d'utiliser un four dédié à cette fabrication dans lequel est placé un creuset avec un trou au fond. Ce trou correspond à un trou dans le four ce qui permet quand le mélange est fondu de s'écouler hors du four la fritte tombe alors directement dans l'eau en se divisant en un granulat qui est là aussi broyé. La dernière méthode quoique efficace est quand même un peu longue. Il est toutefois intéressant de voir comment des matériaux fondent, comment ils se comportent au niveau de leur consistance quand ils fondent etc....

.Des frites de toutes sortes de composition sont commercialisées. Le site de P Moutereau donne leurs compositions pour les frites courantes françaises

<http://pmoutereau.free.fr/frites/frites.html>

Le site Digital Fire est plus complet

<https://digitalfire.com/4sight/material/>

## Préparation des essais

La préparation se fera sur 15-20 grammes cette quantité est suffisante pour passer l'émail sur les échantillons. L'émail sera dilué dans la même quantité d'eau et tamisé si nécessaire. On émaillera deux tessons pour chaque essai en faisant varier l'épaisseur sur chaque tesson. Cet émaillage se fera au pinceau. Il convient de prendre un pinceau de largeur de 2 à 3 cm de bonne qualité, avec une brosse bas de gamme à peinture on ne peut pas avoir une épaisseur d'émail régulière. J'ai fait 22 fiches ( 2 par personne) Certaines fiches ne mentionnent pas d'oxyde colorant. Il conviendra d'ajouter ou 1% de cuivre ou 2% de fer ou 0.5% de cobalt ou 0.3% de nickel ceci pour mieux voir les cristaux Sur chaque fiche on portera la recette réellement pesée, un tableau à remplir plus tard où on notera la formule moléculaire correspondante. On pourra y mentionner ensuite le résultat de l'essai (pas cuit , nul, trop fusible, absence de cristaux, cristaux trop nombreux, correct mais trop brillant ou magnifique il n'y a rien à changer, cette dernière hypothèse étant fort improbable) . On va essayer si les moyens informatiques le permettent de mettre en commun ces fiches en les complétant par les photos des essais.

## Exemple de fiche

Recette AF3

FR5 CRA prodesco	30
Silice	1.5
Bentonite	1.5
Titane	2.4

Formule moléculaire

Température de fusion 1135

## Quelques remarques sur ces essais

Mes choix en matière d'émail cristallin se sont portés dès le début de mes recherches sur des émaux élaborés à partir de frites et en particulier la fritte CRA de chez Prodesco. (Cette fritte n'est plus commercialisée mais j'ai acheté le stock restant disponible) Pourquoi ce choix? On a vu que pour faire un émail cristallin il fallait porter un mélange assez haut en température de façon à fondre entièrement le mélange. Autrement il reste des particules non fondues et ces particules nuisent à la cristallisation. D'autre part plus on monte haut en température plus l'émail coule. Le remède théoriquement est d'utiliser une fritte dont la composition est aussi proche de l'émail souhaité que possible car le mélange est en quelque sorte profond. Il a besoin de monter beaucoup moins haut pour fondre donc il coulera moins. La fritte CRA contenant du zinc, ne contenant pas d'alumine et pas trop de silice convenait à priori parfaitement pour l'élaboration d'émail cristallisant. Si on regarde la formule Seger de cette fritte on voit que l'on n'a que 1.09 de silice ce qui est trop faible. Donc l'ajout de silice s'impose. A l'utilisation une recette contenant exclusivement de la fritte plombe énormément dans le bain, il convient donc d'ajouter de la bentonite. Ensuite j'ajoute un peu de titane car pour des raisons personnelles j'aime bien les émaux cristallins qui contiennent ce matériau (émail en général moins brillant et plus opaque) J'ai fait ce choix d'utiliser des frites, d'autres préfèrent l'utilisation de feldspath : il reste encore un peu de liberté chez les cristalliseurs....

Dans les recettes sur lequel nous allons travailler, on voit qu'il y en a beaucoup qui contiennent la fritte 3110. Cette fritte n'est pourtant pas particulièrement adaptée aux émaux cristallisants, elle n'est pas non plus pire qu'une autre. Mais on la retrouve très souvent car beaucoup de céramistes partent au début de leur recherche avec la recette d'un collègue qui lui-même avait copié... donc cette fritte fait en quelque sorte le buzz. Il sera intéressant pour vous de choisir votre propre fritte afin de ne pas être tenté de faire des recettes recopiées sur les collègues un peu d'originalité ne nuit pas. Par exemple Carl Jager distribue une fritte dont la composition est très intéressante pour nos besoins.

Dans ces essais quelques-uns sont des mats au baryum réputés difficiles à réaliser

Voilà ce qu'en dit John Tilton

Matte Crystalline Pieces par John Tilton traduction google !!!

Les pièces des pots les plus difficiles et exigeantes que je l'ai jamais fait sont les cristal mat ceux de porcelaine. Même après vingt ans de la poursuite incessante de l'expérimentation et avec eux, les émaux mat cristallines continuent à me soustraire, refusant de céder tout type de performance constante. Une pièce peut en prendre autant que d'une douzaine de tirs (cuissons) à être remplis ou détruits (environ un an de tirs pour moi). Ils ne répondent pas à la logique. Néanmoins, je les aime et ne peux pas arrêter de travailler avec eux, et je l'ai été en mesure de résoudre un certain nombre de problèmes qui leur sont associés.

Mon processus de vitrage(émaillage) est d'appliquer d'abord glaçure à l'intérieur, puis appliquez la cire résister à l'intérieur de la pièce (si je serai plongeant l'extérieur) de sorte que le vernis à l'extérieur ne sera pas chevaucher l'intérieur. Pour le premier tir, je trempe habituellement l'extérieur, en utilisant un outil construit à partir d'un magasin de fournitures de plomberie (lire).

Un problème majeur avec cristallins de matage est le fait que toutes les imperfections dans la surface de l'émail seront amplifiés dans la pièce finale. Qu'est-ce que je vise est une surface qui ne montre pas les marques de processus (par exemple, les lignes formées dans la glaçure en versant, le trempage, ou pulvérisation, ou des traces de doigts dans la glaçure) si dans les premiers jours de mon expérimentation cristalline, je a été frustré par l'application de vernis ainsi que la formulation. Mon expérience Eureka est venu tout en surfant sur un magasin d'alimentation de plomberie, un jour, quand je découvris douilles Fern-Co. Je pouvais, l'utilisation de ces bagues, des inserts en aluminium, et une pompe à vide, pour développer un système qui m'a permis de tenir un pot par son pied en utilisant un vide. La beauté de cette méthode est qu'elle élimine les traces de processus. Je ne dois pas toucher la surface du pot tremper dans l'émail; il est maintenu par le vide à cet ensemble d'outils interchangeables.

Une fois que le pot a été plongé dans la glaçure, je mesure l'épaisseur de l'émail sur la pièce et ajuster en conséquence.

Cela nous amène à un autre problème majeur qui a été résolu par une autre pièce d'équipement, le micromètre glaçure.

Je me suis rendu, par essais et erreurs, que mes émaux étaient sensibles à des épaisseurs de un millième de pouce (0.0254mm), et que, pour la pièce pour avoir une chance de succès, le vernis doit être appliqué à l'intérieur de trois millièmes de pouce de l'idéal. Je amincie les glaçures, mais besoin d'un outil pour mesurer l'épaisseur de l'émail cru sur le pot. Eyeballing la glaçure était pas suffisamment précise, ni se grattait à travers le émail cru avec un pintool ou en utilisant l'une des jauges de profondeur d'épaisseur couramment disponibles. Enfin, une jauge I modifié Starrett très sensible pour mesurer l'épaisseur de la surface de l'émail à l'intérieur d'un demi-millième de pouce. Cet outil est probablement la plus précieuse dans mon studio, et je l'utilise chaque fois que je glaçure.

Après vitrage les pièces sont chargées dans le four. La mise en place des pots dans le four a une grande influence leur résultat final. Je l'ai appris que certaines parties du four sont meilleures pour certains émaux. Une grande partie de la variation a à voir avec l'atmosphère. Je tire dans une atmosphère réductrice, et la flamme flux et reflux d'une manière liquide autour des pots dans le four; il persiste et les piscines dans certains endroits plus que dans d'autres. Chauffage et refroidissement varie également dans les différentes parties du four. Certains émaux aiment être tiré plus chaud ou refroidir plus lentement que les autres, et je ai trouvé dans mon four endroits pour mettre des pots avec ces émaux.

**Donc il peut paraître présomptueux d'essayer de faire ce genre d'émaux au cours d'un stage ! Surtout que la mesure à 20 microns près est loin d'être évidente quand on utilise des matériaux qui selon leur fiche technique sont broyés à environ 10 microns ( mais plus exactement les grains sont majoritairement autour de 10 microns mais sont en réalité entre 0 et 30 microns) Un exemple de fiche technique donnée par un fabricant est mis en annexe (annexe 1)**

D'autre part la méthode employée par Heins Severijns ou Yves Lambeau, autres spécialistes de cet émail est très délicate (superposition de plusieurs recettes différentes) peut, elle aussi, décourager des débutants ( voir annexe) mais, évidemment, ne nous découragera pas le moins du monde....surtout quand on voit comment certains céramistes comme Phil Morgan (voir vidéo The secret to crystalline glazing ) émaille

## Emallage

Je pratique en général l'émaillage de mes pièces par immersion ou à la louche. On a vu que l'épaisseur d'un émail cru influe beaucoup sur le résultat. Sans être aussi pointilleux que John Tilton qui mesure son épaisseur avec une précision de moins de 3 microns il convient toutefois de contrôler son épaisseur. Pour avoir des résultats qui puissent se répéter il convient de vérifier la "densité" de son émail. Pour ce faire je remplis une canette de bière d'émail à ras bord que je pèse et je sais par expérience que, par exemple, l'émail brillant que j'utilise le plus fréquemment doit être à 543g. Ceci dépend évidemment de la recette, de la bouteille etc Il est à noter qu'il faut prendre toujours la même bouteille car même avec la même marque de bière, les bouteilles ne font pas toutes le même poids. Je trouve cette méthode plus pratique que l'utilisation d'un densimètre beaucoup trop fragile à mon gout et cette méthode est finalement aussi précise.

J'ai mis le mot densité entre guillemets car on ne mesure pas ainsi une densité. La densité serait le poids de la canette pleine d'émail moins le poids de la canette vide divisé par le poids de la canette pleine d'eau moins le poids de la canette vide. Pour les puristes remplacez le mot poids par masse et mettez de l'eau pure à 4°C !!!

Je montrerai au cours de ce stage l'utilisation d'un outil de ma fabrication qui permet d'estimer l'épaisseur de l'émail cru. Voir annexe

On verra l'émaillage de pièces au trempé et à la louche. Et quelques astuces permettant de diminuer l'épaisseur localement sur la pièce (par exemple au pied). On verra aussi l'émaillage au pistolet qui convient peut-être plus pour émailler que quelques pièces. Pour émailler confortablement au trempé, il est nécessaire d'avoir un bain d'émail contenant au moins 4 kg d'émail pour des pièces de taille moyenne. L'émaillage est toujours délicat et c'est de loin le principal problème des émaux cristallisants.

Certains confrères implantent les cristaux dans l'émail cristallin brillant. Pour moi c'est une pratique bizarre : quand on cherche des émaux cristallins c'est qu'on aime le côté aléatoire de ces émaux, implanter des cristaux me paraît antinomique avec cette recherche. Je mentionnerai différentes méthodes utilisées pour ces "implants"

En général on utilise de l'eau pour faire une barbotine d'émail. C'est-à-dire que l'on ajoute de l'eau à notre poudre jusqu'à la densité voulue pour avoir une bonne épaisseur pour le trempé. ( J'ai lu que des potiers utilisent de l'eau de pluie plutôt que l'eau du robinet ; personnellement je n'ai jamais essayé de savoir si la Cristalline convenait mieux aux émaux cristallisants que l'eau d'Evian...) Avec les émaux cristallisants qui contiennent très peu de kaolin ou pas du tout et beaucoup de frites, ces dernières ont tendance à plomber ce qui oblige à remuer le bain en permanence. L'objet émaillé peut aussi être poudreux ce qui rend la manipulation délicate. Pour remédier à ces inconvénients on peut ajouter des matériaux qui disparaîtront à la cuisson mais qui vont modifier le comportement rhéologique du bain et son adhérence une fois sec. De plus certains potiers cuisent le biscuit à une température plus haute que les 1000°C habituels (ceci pour éviter après le biscuit (donc à la cuisson d'émail) des dégazages intempestifs) Hein Séverinjs biscuite à 1100°C, la Manufacture de Furstemberg biscuite à 1400°C

<http://www.fuerstenberg-porzellan.com/> l'émaillage devient problématique !

Un mélange d'additifs judicieux peut

permettre de mettre beaucoup moins d'eau dans la barbotine d'email. Sans additif on a à peu près

1 litre d'eau pour un kg de poudre. Avec additif on peut descendre à 0.6 l par kg !

On pourra lire avec beaucoup d'intérêt ce qu'en dit Denis Caraty ( publié sous forme de feuilleton sur [ceramique.com](http://ceramique.com) ) que j'ai compilé et que vous avez en

pièce jointe ou ce qu'en dit Heins Severinjs dans son document de stage

"Dialogue Bleu". En résumé on cherche à modifier le comportement de la

barbotine d'email sur le plan de sa viscosité, de sa sédimentation, de sa

tyxotropie, de son adhérence sur le tesson et de sa conservation dans le temps.

Pour ce faire il convient donc de lui ajouter du défloculant, du suspensif, de la colle

et de l'antiferment. On peut utiliser la recette suivante avec les produits de Solargil

:

10 gr de Dolaflex B    10gr de colle à email    5 gr de suspensif    5 gr de Peptapon  
3gr d'antiferment    2.5gr de Dolapix que l'on dilue dans

500 gr d'eau. Ce mélange est un concentré valable

pour 6 kg de matières sèches.

Il est intéressant de préparé ce mélange à l'avance. Ensuite si on prépare 130gr d'email on prendra 130 divisé par 6000 multiplié par 500 soit environ 11gr de mélange ou 11 cc si on prend le mélange à la seringue.

Cela peut paraître complexe de mettre toute cette liste de produits pour faire une barbotine d'email mais cela améliore considérablement l'émaillage.