



Les Emaux



- **Analogies entre les émaux et les verres :**
Les émaux et les verres sont obtenus par la fusion du quartz qui, avant fusion, se trouve à l'état cristallin (les grains de quartz ont des formes géométriques limitées par des faces planes et des angles nets), se trouve, pendant la fusion, sous forme de pâte amorphe (les grains de quartz ne forment plus un réseau mais sont assemblés en un agglomérat chaotique); en refroidissant, cette pâte amorphe aura dans une zone étroite de température, tendance à recristalliser.
- **Différences entre les émaux et les verres :**
Le quartz fondant à 1720 °C, on ajoute aux verres et aux émaux des oxydes fondants qui abaissent leurs points de fusion.
Pour les verres, on ajoute du CaO et Na₂O qui abaissent la température de fusion du mélange aux environs de 1500 °C.
Le verre est en général auto-portant.
Pour les émaux, on ajoute du CaO, du Na₂O, du MgO, PbO, BaO, du ZnO, ... et du B₂O₃ qui jouent les rôles de fondants, de l'Al₂O₃ qui empêche l'émail de recristalliser et qui augmente sa viscosité; les émaux étant cuits à des températures comprises entre 900 °C et 1350 °C.

Rôle d'une glaçure (émail, couverte) :

L'émail recouvrant une céramique sert à imperméabiliser le tesson poreux, à lui donner plus de dureté et de douceur au toucher.
Il sert également à la décoration des céramiques.

Classification des émaux :

- Suivant réflexion de la surface : brillant, satiné, mat ou cristallisé
- Transparence : transparent, translucide ou opaque
- Couleur : incolore, blanc, noir ou coloré

Quelles sont les caractéristiques essentielles pour qu'un émail soit réussi ?

- Il faut qu'il fonde à une température « acceptable » pour nos fours et précise afin d'éviter de nombreuses cuissons à des températures différentes.
- Coefficient de dilatation proche de la terre
- Il faut qu'il adhère parfaitement à la pièce
- Il faut qu'il n'ait pas de défauts de cuissons (picots, coulures, écailllements, fissures, retraits, ...)



De quoi se compose un émail ?

Une combinaison de plusieurs oxydes :

- Un oxyde « formateur » de verre, la Silice, toujours présent ; celui-ci constitue l'ossature de l'émail.
L'oxyde d'Aluminium qui donne la dureté et la stabilité à l'émail. Il donne également une certaine viscosité à l'émail qui va lui permettre de tenir sur la pièce. Cet oxyde participe fortement au phénomène d'Eutexie (notions de fondants). L'eutexie est un phénomène naturel qui fait que des composants qui normalement (à l'état pur) fondent à des températures trop élevées pour un four de potier, vont avoir une température de fusion nettement plus basse quand ils sont mélangés. La plupart des composés (Silices, Alumine, Craie) fondent à des températures largement supérieures à la cuisson des grès.
Silice : 1707 °C
Alumine : 2020 °C
Craie : 2570 °C
- Des « Frittes »
- Des oxydes « modificateurs » de verre qui eux aussi vont contribuer à abaisser la température de fusion et fournir des caractéristiques propres aux émaux (aspects, texture, ...).

Tous les émaux sont en fait des suspensions en milieu aqueux ; les composants ne doivent pas pénétrer dans le tesson.

Certains composants sont solubles dans l'eau (Bore). D'où l'intérêt de « fritter » certains produits pour les rendre insolubles. Les « frittes » réduisent très fortement la nocivité de certains composants (plomb).

Les principaux matériaux pour réaliser les émaux sont :

- Les silicates :
 - Silice : SiO_2
 - Kaolin : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 - Talc : $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 - Feldspath (potassique, sodique)
 - Wollastonite
 - Cendres Végétaux
- Autres matériaux :
 - Craie
 - Dolomie
 - Oxyde Plomb
 - Baryum
- Les Frittes
- Les oxydes colorants

Les Engobes : mélange de terre presque liquide (barbotine) avec des oxydes colorants. Se placent sur terre crue à consistance cuir. Les engobes sont mats et cuits à température de Biscuit.

Ils peuvent être recouverts, par après, d'une glaçure transparente.



FORMULE DE SEGER - Travail de Daniel de Montmollin

« Ce ne sont pas les produits qui régissent entre eux mais les molécules qui réagissent entre elles ».

La plupart des composants des émaux ne sont pas purs (feldspath, kaolin, ...). Il est donc important de pouvoir écrire une formule d'émail « universel » ; c'est le but de la formule de Seger (dite formule unitaire).

Par convention, une formule est divisée en 3 colonnes :

les Transformateurs (ou fondants) Bases (oxydes basiques) RO R ₂ O	Les stabilisants Amphotères Al ₂ O ₃	Formateurs d'émail Acides RO ₂
--	--	---

Par convention aussi, le total des moles basiques vaut 1.

- **Moles / Masse molaire :**

Les atomes et les molécules sont très, très, très (!) petites...

Mr Avogadro a calculé que 1 gramme d'hydrogène contient $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes,

càd 602.000.000.000.000.000.000 atomes !...

Une mole est définie comme la quantité de matière (le poids en grammes) qui contient $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes de cette matière.

La masse molaire d'une molécule est la somme des masses molaires élémentaires des atomes qui la compose. Exemples ...

H₂O = 1 + 1 + 16 (voir tableau de Mendéléév)

- **Formule de Seger :**

Donne une formulation universelle à un émail. C'est la carte d'identité d'un émail.

Exemple :

Les Alcalins (basiques)	Les Amphotères	Les Acides
0,3 K ₂ O	0,55 Al ₂ O ₃	5,5 SiO ₂
0,2 CaO		
0,5 MgO		

Produits courants utilisables :

Feldspath Potassique : $6,02 \text{ SiO}_2 + 1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,26 \text{ Na}_2\text{O} + 0,69 \text{ K}_2\text{O} + 0,04 \text{ CaO}$

Carbonate de Chaux : 1 CaO

Talc : $1,1 \text{ SiO}_2 + 0,14 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,02 \text{ CaO} + 1 \text{ MgO}$

Kaolin : $2,36 \text{ SiO}_2 + 1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,01 \text{ Na}_2\text{O} + 0,05 \text{ K}_2\text{O} + 0,01 \text{ MgO}$

Silice : 1 SiO_2

On va prendre une certaine quantité de chacun de ces produits afin d'arriver à la formule unitaire ; c'est ce qu'on appelle le passage de la formule (unitaire) à la recette.

A l'inverse, lorsqu'on dispose d'une recette, il est possible d'en faire une formule (unitaire) permettant ainsi de conserver la carte d'identité d'un émail.



Les livres donnant des formules sont plus intéressants que ceux donnant des recettes.

Exemple de la salade de fruits :

Formule unitaire d'une très bonne salade de fruits :

- 12 pommes
- 20 oranges
- 6 kiwis
- 2 citrons
- 9 bananes

A apporte 6 pommes, 10 oranges, 4 kiwis (OK)

B apporte 6 pommes, 7 oranges, 2 kiwis, 7 bananes (OK)

C apporte 6 pommes, 1 banane (refusé car trop de pommes)

D apporte 3 oranges, 2 citrons, 4 bananes (refusé car trop de bananes)

E apporte 3 oranges, 2 citrons, 2 bananes (OK)

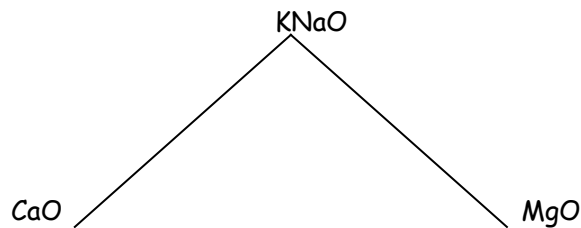
F apporte 1 orange, 3 citrons (refusé car trop de citrons)

• **Les triangles :**

Toute la recherche de Daniel de Montmollin est basée sur l'exploitation de recherches en triangles.

Les 3 pointes du triangle sont :

- KNaO
- CaO
- MgO



Ensuite pour chaque point du triangle (correspondant à une certaine proportion des 3 oxydes de base), on fait varier en abscisse Al_2O_3 et en ordonnée SiO_2 .

Méthode de la croix pour corriger un émail.

PAS DE CUISSON EMAIL SANS ESSAI PREALABLE SUR PLAQUETTES !...

• **Elaboration d'un émail :**

Les constituants de l'émail sont d'abord mélangés avec de l'eau après quoi ils sont appliqués par diverses méthodes (trempage, pistolage, au pinceau, à la soufflette, ...) sur la terre.

La présence d'eau est nécessaire à l'accrochage de l'émail sur la terre.

Afin de ne pas modifier la composition de l'émail, il est indispensable d'utiliser des constituants insolubles ; si des constituants solubles sont utilisés, ils se dissolvent dans l'eau et, lors de l'application, pénètrent dans la terre par capillarité. Ils se trouvent ainsi répartis à la fois dans la couche d'émail mais également dans la couche de terre.

Il est alors bien difficile de connaître la composition exacte de la couche d'émail et d'essayer de comprendre le comportement après cuisson.



De plus, les éléments, souvent fondants, apportés à la terre, risquent de l'affaiblir, de la déformer lors de la cuisson.

Pour ces raisons, on utilise parfois des « frittes », c'est-à-dire que l'on mélange à cru et à sec des constituants dont certains sont solubles ; on les porte alors à leur température de fusion.

Après refroidissement du mélange fondu, on le passe au broyeur qui donne une poudre fine insoluble appelée « fritte ».

Lorsque le four atteint la température de cuisson, l'émail doit avoir encore une viscosité élevée (c'est-à-dire pas trop liquide) de manière à ne pas s'écouler le long des parois de la céramique ; sa consistance doit être celle d'une pâte et non pas celle d'un liquide en fusion.

- **Types d'émaillages :**

On peut appliquer les émaux par trempage, aspersion, pulvérisation ou au pinceau.

Pour les petites productions, le trempage et le pinceau sont les meilleurs systèmes.

Le trempage a l'avantage d'être un procédé rapide et efficace pour appliquer l'émail en couche régulière sur la pièce. Il nécessite une grande quantité d'émail pour des pièces importantes.

Cependant, il n'y a pas de perte de glaçure puisque la seule quantité utilisée est celle qui adhère à la pièce.

Ce n'est pas le cas lors de l'émaillage par pulvérisation au pistolet par exemple.

Le cul ou le pied d'un pot ne doit pas être recouvert d'émail pour éviter qu'il ne colle à la plaque d'enfournement pendant la cuisson.

L'épaisseur d'une glaçure est un facteur important de son apparence après cuisson. Certaines glaçures par exemple qui sont semi-opaques appliquées en couche mince, peuvent être complètement opaques si la couche est plus épaisse.

- **Cuisson :**

Les techniques de cuisson dépendent naturellement du genre de four utilisé (électrique, au gaz, au bois, au mazout, ...).

Quand les émaux sont fondus, ils ont l'apparence de liquides visqueux étalés d'une manière uniforme sur les pièces.

Le four éteint, la température commence à tomber et les glaçures se refroidissent et se solidifient graduellement.

Il ne faut jamais ouvrir un four à une température supérieure à 200 °C pour éviter toute dégradation de l'émail suite au choc thermique, les pièces risquant de se fendre ou d'éclater.

La différence de température à l'intérieur du four est un problème ; peu de fours chauffent d'une manière parfaitement égale.

Certains présentent même une différence importante de température entre le haut et le bas. Ce n'est qu'après de nombreuses cuissons que le potier se familiarise avec son four.

En cuisson **oxydante** (en **oxydation**), réaction normale = C (provient du combustible) + O₂ (oxygène environnant) → CO₂ (gaz inoffensif)

En cuisson « **réduite** » (en **réduction**), on supprime partiellement l'arrivée d'air ce qui engendre une formation de CO (gaz dangereux). Ce monoxyde carbone (en déséquilibre) va rechercher de l'oxygène des oxydes déposés sur les poteries d'où le terme « réduction ». La réduction est visible du fait de l'apparition d'une flamme à la sortie du four. Ces modifications des oxydes des émaux provoquent des changements de couleur, de structure.



- **Danger des émaux :**

A part quelques exceptions (oxyde de Baryum, oxyde de Plomb et plus récemment oxyde de Zinc par exemple), les produits utilisés ne sont pas nocifs, ni dangereux à manipuler. Il est cependant conseillé de porter un masque (danger de la Silice).
Eviter de manger ou boire lors de la préparation des émaux.
Préférer les frites au plomb plutôt que les oxydes de plomb.

- **Préparation d'un émail :**
 - Mélange des composants après pesée
 - Ajout d'une certaine quantité d'eau pour amener le mélange à la consistance d'une pâte à crêpes
 - Passage dans un tamis pour meilleur mélange
 - Stockage en bidon. Reste valable des années. Email « plombe » très fortement d'habitude. D'où, utilisation de « défloculants » (permet d'ajouter moins d'eau tout en ayant une viscosité suffisante)

- **Types de cuisson (électricité, gaz, mazout, charbon, bois - oxydation, réduction)**

Four électrique : toujours oxydation
Autres fours : possibilités de réduction (suppression de l'arrivée de l'air ce qui force le carbone à aller « puiser » de l'oxygène dans les émaux (ce qui « réduit » l'émail d'oxygène) ; conséquence : modification de la formule de l'émail et modification des couleurs.

- **Les montres - les cannes pyrométriques**
 - Montres : petits cônes permettant de calculer la température au sein d'une pièce
 - Pyromètre : donne la température d'ambiance du four

Respect des courbes de température.
Ne pas ouvrir un four qui est à plus de 200°C.
Chargement d'un four : biscuit (ne collent pas) - émaillage (utilisation de supports)
Rappel des basses et hautes températures.

Autres possibilités de décoration :

- **Jus d'oxydes :**

Traces colorées, le plus souvent mates, dues aux dépôts métalliques sur la terre.
Les jus d'oxydes s'obtiennent en mélangeant une quantité d'oxyde métallique (généralement colorant) dans l'eau. Le mélange est appliqué sur une terre biscuitée.
Les pièces sont alors cuites à des températures supérieures à 1200 °C, de manière à permettre l'accrochage de l'oxyde sur la terre.

- **Engobes :**

Matières terreuses colorées, le plus souvent mates et de textures très proches des terres colorées.
Les terres peuvent être colorées dans leur masse et mélangées entre elles de manière non-uniforme afin de présenter des effets marbrés.

- **Les sur-émaux (peinture sur Porcelaine) et les sous-émaux (peinture sur faïence).**



Sites Internet.

- www.latriskel.be/ (évidemment !...)
- www.terramic.com/
- www.digitalfire.com/education/toxicity/
- www.passionceramique.com/
- www.solargil.com/
- www.ceramique.com/
- www.chez.com/ceramique/
- www.udceram.com/
- www.la-borne.com/
- perso.wanadoo.fr/smart2000/
- www.milkywayceramics.com/
- www.pme-fr.com/ceramique/