

L'élément

fer dans les glaçures

1250 - 1320°C



Version PDF 2012 pour Internet

Alain Valtat



Les céramiques et les photographies sont de l'auteur
(Sauf indication contraire)

Tous droits de traduction, reproduction et adaptation réservés

L'élément

fer dans les glaçures

1250 - 1320°C

Version numérique 2020

Alain Valtat

Pourquoi cette nouvelle version

L'élément fer dans les glaçures est épuisé depuis longtemps, régulièrement certains amateurs me demandent s'il y aura une réimpression.

Mes conceptions sur la recherche en glaçures céramiques ont beaucoup évolué: je ne me reconnais plus guère dans des calculs chimiques à la fois compliqués et souvent inutiles. La formule de Seger, et ses variantes, incluant au moins un arbitraire, me semble être de nature à induire les novices en erreur, tout en leur laissant croire qu'il s'agit là de l'alpha et l'oméga de la céramique.

Il faudrait faire disparaître au moins cette donnée et ne garder que les recettes et les méthodes d'investigation, c'est-à-dire modifier tous les tableaux et ne faire subsister que le pourcentages pondéraux ou molaires des oxydes contenus dans les matières premières.

Pendant un certain temps j'ai envisagé ce travail, mais il a fallu que je me rende à l'évidence, je n'ai ni le temps ni l'énergie nécessaire à la refonte complète de ce fascicule.

Alors pourquoi cette version ?

En l'état, et en ne gardant que les principes des méthodes de recherche et les recettes des glaçures, les données que contient cet ouvrage peuvent vraisemblablement rendre quelques services, c'est pourquoi j'ai décidé de mettre cet ouvrage gratuitement ligne.

Je demande à d'éventuels lecteurs de m'excuser de présenter un travail aussi imparfait.

PS: Les méthodes expérimentales que j'utilise actuellement ont aussi évolué, je les ai présentées dans *Glaçures de cendres* en 2007. Il existe un "tiré à part".

Sommaire

AVANT-PROPOS	5
Réflexion sur une méthode de recherche.	5
Réduire le nombre d'essais effectifs.	7
GÉNÉRALITÉS SUR LES COUVERTES AU FER DILUÉ, EN RÉDUCTION.	9
LES CÉLADONS.	11
Le mythe du céladon.	11
Une adaptation <i>a minima</i> du céladon de Rhodes.	11
Les céladons calciques et quasi-calciques.	16
Poser et cuire les céladons.	23
Les colorants du céladon.	25
Un céladon très simple.	27
Conclusion.	27
LES BLEUS DE FER.	29
Caractéristiques des bleus de fer.	29
Les bleus de fer dans la documentation.	29
Recherches autour d'un bleu.	34
Le rapport du bleu à son support.	38
Les cuissons.	39
LES SHINO.	41
Glaçure ou type céramique ?	41
Les informations recueillies.	42
La cuisson des Shino.	42
Les recettes de départ.	42
Exploration silice alumine.	45
Investigations autour de quelques facteurs.	46
TABLE DES PLANCHES COULEUR.	48
PLANCHES COULEUR.49 à 64

LE FER CONCENTRÉ, GÉNÉRALITÉS.	65
LES GOUTTES D'HUILE.	69
Un rendez-vous manqué.	69
Les recettes recueillies.	70
L'alumine et la silice.	74
L'oxyde de fer et l'alumine.	76
Le phosphore et le titane.	76
Les oxydes basiques.	77
Utiliser et cuire.	78
Conclusions.	78
LES ROUGES DE FER.	81
Les quelques rouges de départ.	81
Les éléments fer et phosphore.	86
La silice et l'alumine.	88
Le lithium change-t-il la glaçure?.	90
La substitution alcalins / calcium.	91
SÉLECTION D'OUVRAGES SUR LA CÉRAMIQUE.	95
SITES INTERNET CONSACRÉS À LA CÉRAMIQUE.	95

Avant-propos

Réflexion sur une méthode de recherche

A chaque fois que j'ai voulu mettre au point un nouveau type de glaçure, j'ai tenté de suivre une démarche simple, aussi rigoureuse que possible. On peut résumer ainsi ses différentes étapes :

1- Recueillir les différentes recettes, informations de préparation, de pose, de cuisson et de refroidissement disponibles dans les documents ou transmises oralement par des céramistes. Ce n'est en général pas très facile en raison de la sacro-sainte notion de secret d'une part et d'autre part en raison de la dispersion des écrits.

2- Croiser les informations afin d'en éliminer certaines, qui paraissent en contradiction avec la plupart des autres, pour cibler, de manière un peu plus précise, la recherche systématique qui va suivre.

3- Réaliser les glaçures issues des recettes et des informations précédentes à partir des matériaux dont je dispose : je n'ai pas de pierre ponce, pas de paille de riz, pas de feldspath purement potassique et je n'utiliserai jamais, pour la production, des produits de laboratoire purs, mais beaucoup trop onéreux. L'affaiblissement de la portée de ce qui pourra être trouvé est en partie compensé par l'adaptation aux conditions de ma production lorsque je passerai à cette phase, si limitée soit-elle.

4- Cuire selon le protocole qui semble le plus adapté, là encore il faudra essayer de recueillir le maximum d'informations afin de limiter les essais de cuisson. Il est nécessaire d'arriver à une courbe convenable avant de poursuivre les essais sur les formules : tout travail sur les "gouttes d'huile" est inutile si, partant de recettes provenant d'une source sûre, je n'obtiens pas cet effet à la cuisson.

5- Observer très attentivement les échantillons obtenus. La loupe sera souvent bienvenue pour déceler un début de cristallisation, de séparation de phases, d'apparition de couleur autour d'une tache, sur un bord.... Il est particulièrement intéressant de percevoir l'influence d'un matériau dans l'obtention d'un effet, il faudra donc comparer les échantillons entre eux, même si cette comparaison est difficile en raison de la multiplicité des facteurs mis en jeu dans les différentes recettes.

6- ***faire une étude systématique*** : Choisir la recette la plus satisfaisante (c'est la partie la plus contestable de la démarche) et tenter, à partir de cette recette et des facteurs relevés dans les phases précédentes, de mettre en œuvre des essais permettant d'identifier le rôle des différents composants. L'étude systématique comprend plusieurs phases :

- **Supprimer les corps présents en toute petite quantité**, en général, il n'apparaissent dans une recette que par le souci qu'un céramiste peut avoir de faire la synthèse de plusieurs recettes qui lui ont été transmises. 1% d'oxyde de zinc dans un céladon peut être supprimé dans un premier temps, sachant qu'il pourra être intéressant par la suite d'envisager l'influence de l'élément zinc dans ce type de glaçure, en faisant une série d'essais introduisant une quantité croissante de ce produit.

- **Remplacer les matières premières** dont il existe des équivalents dans la recette par des minéraux voisins : 3 % de feldspath potassique remplacés par la même masse d'un autre feldspath présent dans la composition, ceci afin d'employer un nombre minimal de matières premières (l'achat et le stockage des matériaux est un véritable problème s'ils deviennent trop nombreux, il faudra cependant reconnaître que certaines substitutions ne sont pas sans conséquences).

- **Concevoir les essais autour de la recette simplifiée retenue après tests.** C'est la partie délicate, celle qui demande le plus de «flair», c'est-à-dire de connaissances générales dans le domaine des glaçures. Il est difficile de donner une méthode générale dans ce domaine, compte tenu de la multiplicité des problèmes à résoudre (renforcer une couleur, faire disparaître des bulles, des craquelures, des retraits, rendre l'émail plus satiné, provoquer des irisations, des séparations de liquides, des cristallisations, etc). Une bonne identification des obstacles à franchir est essentielle pour la mise au point d'un émail satisfaisant.

Il est rare que, les oxydes basiques étant choisis, il ne soit pas nécessaire de faire une exploration autour de la recette qui permette de trouver le meilleur **rapport silice/alumine**. On peut le faire très rapidement à l'aide de la méthode des mélanges en carré, voir, par exemple, cette étude dans le chapitre consacré aux bleus de fer. La méthode des mélanges est exposée dans le premier tome : *Introduction à une pratique expérimentale des glaçures, 1250 -1320°C, première partie, généralités.*

Il est nécessaire de rechercher la meilleure proportion d'**oxydes colorants**, celle qui donne la teinte sensible. Une suite d'essais faisant progresser les quantités d'oxydes pourra être envisagée éventuellement par la méthode des mélanges en carré s'il y a deux composants dans la couleur (étain et cuivre, par exemple, pour le rouge de cuivre).

On pourra revenir ensuite sur le choix des **oxydes basiques**, en gardant les acquis de l'étude précédente. Ainsi par approches successives, on finira par trouver ; la chance permettant certaines fois de trouver rapidement.

Le rôle des **corps supprimés** dans un premier temps peut aussi s'avérer intéressant, en particulier si ces corps ont la réputation d'être actifs même lorsqu'ils ont une concentration minimale (phosphore, bore, titane, chrome...).

7- Cuire les pastilles d'essais dans des conditions bien identifiables. Il est indispensable de prévoir plusieurs protocoles de cuisson . En ce qui me concerne, je prévois quatre séries de pastilles afin de tenter de déterminer l'influence du type de cuisson. En général, c'est suffisant, mais dans le cas des gouttes d'huile irisées, c'était trop juste, j'ai donc délaissé momentanément le travail sur la recette pour me consacrer à différentes cuissons d'une recette sûre, parce que transmise par un céramiste rigoureux.

8- Choisir les recettes qui séduisent et passer en vraie grandeur, ce n'est pas toujours sans surprise.

En procédant ainsi, on trouve des règles qui dépassent le cadre de la glaçure recherchée, on trouve aussi de nombreuses variantes d'un même émail, on se libère des recettes pointilleuses qui amènent à ajouter scrupuleusement une pincée de borocalcite ou quelques grammes d'oxyde de zinc qui ne servent à rien, on parvient parfois à éviter les produits toxiques comme le carbonate de baryum qui s'avère inutile pour l'obtention d'un bon céladon.

Dans ce qui va suivre, j'ai tenté d'être en accord avec ce que je préconise (ce n'est pas toujours facile), cependant certaines étapes seront parfois négligées parce qu'elles n'étaient pas nécessaires en raison d'autres explorations antérieures, mais aussi parfois faute de temps. En réalité, le champ des investigations reste immense.

GÉNÉRALITÉS SUR LES COUVERTES AU FER DILUÉ, EN RÉDUCTION

Il s'agit là sans doute des glaçures les plus anciennes et les plus fascinantes. On dit que le céladon a été produit pour la première fois (*La Céramique Chinoise*, éditions en langues étrangères BEIJING, CHINE, 1984), aux alentours du 16^{ème} siècle avant J. C., sous la dynastie Shang.

Comment peut-on définir ces couvertes ? Par leur couleur ? Par leur état de surface ? Par les centres de production ? Le type de fours utilisés ... ?

En fait, la couleur du céladon, par exemple, est assez mal définie : elle va du vert au jaune en passant par des gris et des bleus ; la couleur des Jun semble un peu plus précise : un bleu vert crémeux parfois taché de rouge ou de violet. Les bleus de fer sont bleus... Les Shufu, Guan, Ru, Qingbai appartiennent aussi à cette catégorie, leurs différences d'aspect sont parfois assez ténues. Quant au Shino, il constitue une entité à part, aussi bien par ses couleurs que par ses origines plutôt japonaises.

Les caractéristiques communes de ces produits :

- la couleur est due principalement à une quantité d'oxyde de fer comprise entre 0,5 et 2 %
- la cuisson se déroule en atmosphère réductrice (au moins pour une partie de la montée en température).

Le rôle du fer :

* **Fe O**, oxyde ferreux est bleu-vert en très faible quantité dans une glaçure (état d'oxydation + 2). Il faut à ce sujet remarquer que la couleur d'un ion dépend essentiellement de sa concentration : l'oxyde de fer FeO est noir à l'état pur, bleu-vert dans un émail calco-feldspathique à une concentration de 1 %. De même l'oxyde de cobalt qui est bleu à des concentrations inférieures à 3 % environ, tire vers le noir au-delà. L'or prend une teinte rosée à des concentrations extrêmement faibles. La couleur n'est donc pas un "en-soi" mais une caractéristique combinée de la nature de l'oxyde, de sa concentration dans un verre, et des autres éléments présents dans la glaçure, en particulier de la silice et de l'alumine : une glaçure ne peut donc pas être conçue comme une base quelconque incolore à laquelle on aurait ajouté un colorant.

* **Fe₂O₃**, oxyde ferrique, de couleur brun-rouge (état d'oxydation + 3). À de très faibles concentrations, la couleur tire vers le jaune. La concentration de cet oxyde peut ne pas être égale dans la masse de la glaçure, c'est en particulier le cas pour les Shino : l'oxyde est plus concentré en surface qu'en profondeur, on peut ainsi obtenir des rouges bruns vifs avec des quantités infimes d'oxyde de fer, ce phénomène est dû à la loi de Gibbs qui dit que les surfaces libres sont plus concentrées en produits tensio-actifs. La présence de fortes quantités d'alumine favorise cette migration vers la couche externe.

* **Fe₃O₄**, de couleur noire quelle que soit la concentration, (état d'oxydation + 8/3 = + 2,66). C'est donc un état d'oxydation intermédiaire entre l'oxyde ferreux et l'oxyde ferrique.

Généralités

Si nous revenons à la couleur des céladons, nous voyons qu'elle dépend essentiellement de l'état d'oxydation du fer. En réalité, il est rare d'obtenir un seul état d'oxydation. Par exemple, si nous obtenons :

Fe O pur, la couleur sera bleue en l'absence d'impuretés et avec un rapport silice sur alumine convenable (nous reviendrons sur cette question importante) ;

Fe_3O_4 , la couleur sera grise ;

Fe_2O_3 , la couleur sera jaune ou rouille ;

Fe O + Fe_2O_3 , la couleur sera comprise entre le bleu et le jaune en passant par le vert ;

Fe O + Fe_3O_4 , du bleu au gris ;

Fe_2O_3 + Fe_3O_4 , du jaune au gris ;

Fe O + Fe_3O_4 + Fe_2O_3 , donnera une couleur qui va dépendre des proportions des oxydes.

La concentration en élément fer intensifie la couleur, mais il faut remarquer que pour une même cuisson dans un même émail, lorsque cette concentration augmente, on passe par exemple d'un bleu très léger et pur à un bleu plus soutenu puis à une couleur verte et enfin, il y a virage à la couleur "bronze". À des concentrations encore plus importantes, nous passons au brun. Ceci laisse penser que plus la concentration en oxydes augmente, plus la réduction de la totalité de ces oxydes est difficile. La teinte ne s'intensifie pas, elle change, ce qui n'est guère favorable à l'obtention des bleus soutenus.

Les éléments présents autour de l'élément fer auront une influence considérable sur la couleur en donnant des composés chimiques colorés. Ce sera le cas pour les Shino dans lesquels l'alumine oriente la teinte vers celle de la rouille alors que le calcaire provoque un verdissement si la couverte est bien fondue.



LES CÉLADONS

Le mythe du céladon

Lorsqu'on a évoqué le jade, la couleur des rubans du héros d'Honoré d'Urfé (*l'Astrée*), la référence aux pousses d'oignon frais, tout reste à faire pour comprendre la fascination que le céladon a exercée depuis l'antiquité sur le monde des céramistes et bien au-delà sur celui des lettrés.

Sous les Song, dans la bonne société de l'époque, on faisait déposer ses cendres dans une urne à couverte céladon : recherche de sérénité, de repos ou simple mode de vie et de mort d'alors ? Faut-il y voir un symbole ? À ma connaissance, il n'y a pas eu d'urnes cinéraires couleur sang de bœuf.

Bien avant ces dynasties qui représentent un des sommets de la culture chinoise, le céladon a existé, mais il semble qu'il n'ait pas été au centre de la recherche intense dont il a été l'objet vers le X^e siècle. Il semble aussi qu'il soit tout simplement la glaçure naturelle qu'on obtient lorsqu'on cuit au bois, vers 1200°C, une terre légèrement ferrugineuse. Il se dépose, sur les pièces exposées à la flamme, une mince couche de cendres calciques ; les éléments constitutifs du céladon sont alors rassemblés : la silice, l'alumine et le fer de la terre, la chaux et la chaleur de la flamme. Ce que le hasard a donné, les Chinois ont su le décrypter, puis l'employer dans ce qu'on appelle parfois les proto-céladons et enfin le raffiner jusqu'au «ru», en passant par un nombre impressionnant de déclinaisons subtiles. Le céladon serait donc en quelque sorte l'email premier, celui dont tous les autres seraient nés. Du point de vue symbolique, ce n'est pas sans importance, mais est-ce vrai ?

Lorsqu'on regarde une peinture Song, un paysage en particulier (montagnes et rivières), la lumière tamisée par la brume participe à la quiétude et au mystère de la scène ; cette lumière "percolant" entre les gouttelettes est celle du céladon : douce, comme venue de l'intérieur, "fatiguée" par un long chemin entre les minuscules obstacles rencontrés dans la matière épaisse de la couverte. Le céladon semble alors en harmonie avec l'époque de son apogée, avec la recherche du fade, de la discrétion et d'une certaine lenteur qui abolit le temps par une présence forte.

De cette quiétude naît une séduction qui s'exercera sur l'environnement immédiat : la Corée, le Japon. Plus loin, plus tard, le céladon n'évoquera-t-il pas au voyageur, par sa couleur un peu "sourde", la lagune vénitienne ? Pour moi, la traversée vers Murano, autre terre des arts du feu, sera encore un voyage au cœur de ce mythe.

Une adaptation *a minima* du céladon de Rhodes

Le céladon de Rhodes

Lorsque j'ai fait connaissance avec le céladon, j'étais un peu désespéré devant autant d'apparente simplicité associée à une sorte de vénération. Je ne comprenais pas, mais j'étais intrigué et j'ai voulu entrer dans ce monde nouveau pour moi. Bernard Leach et Daniel Rhodes étaient alors mes deux seules planches de salut. D. De Montmollin n'avait encore rien écrit sur le sujet et je ne connaissais pas grand monde dans le domaine de la céramique. Rhodes m'a paru plus simple, malgré le calcul moléculaire qui s'avérait nécessaire mais avec lequel je m'étais familiarisé. Leach proposait, pour certains céladons, de travailler avec des matériaux que je n'avais pas, ce sont donc les formules de Rhodes que j'ai employées.

À cette époque, je travaillais avec les formules théoriques des matières premières, j'ai donc obtenu un résultat erroné qui s'est appelé CR. La fiche de cette glaçure se trouve ci-dessous.

Céladon de Rhodes erroné									CR
ORIGINE DE LA FORMULE : D. Rhodes									
ATMOSPHERE DE CUISSON: REDUCTRICE - TEMPERATURE 1260°C									
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES									
		oxydes basiques			Amphotère	Acide			
Formule des oxydes		Na2O	CaO	BaO	ZnO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
(%masse d'oxydes)		4,8	7,8	9,5	2,5	9,5	65,0	0,8	
(formule moléculaire unité)		0,250	0,450	0,200	0,100	0,300	3,500	0,017	
RECETTE AVEC LA FORMULE THEORIQUE DES MATERIAUX									
Nombres de moles									composition pour 1Kg
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,001			0,023	0,112	0,017	38
Feldspath de sodium	Na2O Al3O3 6SiO2	0,250				0,250	1,500		371
Carbonate de calcium	CaCO3		0,449						129
Carbonate de baryum	BaCO3			0,200					112
Oxyde de zinc	ZnO				0,100				23
Kaolin calciné	Al2O3 2SiO2					0,027	0,054		17
Silice	SiO2						1,834		312
Somme									1000

Les résultats obtenus m'ont paru bons sur porcelaine (même s'ils étaient très éloignés de ma conception actuelle du céladon). Cette glaçure est légèrement bleutée craquelée sur la pâte PT298B de Céradel, à 1260°C, elle est brillante. Avec 4 % d'ocre de Puisaye, sa couleur est limpide, je la nomme CR4. Des essais faits avec 5, 6, 7, 8 % donnent des résultats virant vers le vert bouteille, au delà, la couleur s'assombrit.

Il était intéressant, lorsque je me suis mis à utiliser les formules données par les analyses des matières premières, de reprendre le céladon de Rhodes de manière aussi juste que possible, ce céladon s'est appelé CR', voici sa fiche :

Céladon de Rhodes réel									CR'
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1260°C									
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES									
Formule des oxydes		Na2O	CaO	BaO	ZnO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
% masse d'oxydes	100,00	4,8	7,8	9,4	2,5	10,0	64,6	0,8	Tension superficielle théorique en dyn/cm
formule moléculaire unité	1,00	0,250	0,450	0,200	0,100	0,320	3,500	0,017	341
Pourcentage molaire	100,00	5,17	9,30	4,13	2,07	6,62	72,36	0,35	
Indicateurs									
Indicateur		Min.		Valeur		Max..			
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00		63,45		100,00			
Fus		0,40		1,59		1,50			
Si / Al		2,00		10,94		20,00			
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES									
Nombres de moles									composition pour 1Kg
Ocre	1 Mole Fe2O3	0,000	0,000			0,021	0,105	0,016	36
Feldspath de sodium	1 mole Na2O	0,250	0,045			0,300	1,897	0,001	462
Carbonate de calcium	CaCO3		0,405				0,004		112
Carbonate de baryum	BaCO3			0,200					111
Oxyde de zinc	ZnO				0,100				23
Silice	SiO2						1,511		256
Somme									1000

Craquelé sur 81298 (PT298B), ce céladon est très bleu, je le trouvais alors satisfaisant.

Remarque 1 : Si on refait les calculs précisément, on se rend compte qu'il n'est pas possible de respecter la formule à la lettre avec les matières premières dont je disposais alors, un compromis a été choisi : pour compenser les (-5g) de feldspath de potassium qui apparaissent dans la recette, on ne mettra que 462g de feldspath de sodium ; de même on compensera les (-3g) de carbonate de magnésium en ne mettant que 112g de craie.

Il ne sera pas possible de n'avoir que 0,3 d'alumine sans utiliser de fritte, j'en ai donc mis 0,32 et il n'y aura naturellement pas d'ajout de kaolin.

Ce genre de problème se retrouvera fréquemment.

Remarque 2 : Dans les indicateurs, on trouvera parfois "fus", qui signifie fusibilité. Ce coefficient est égal au nombre de moles de silice divisé par (dix fois le nombre de moles d'alumine moins un). Ce coefficient vaut 1 sur "la ligne de meilleure fusion".

Adaptation

Ces deux céladons sont craquelés, les craquelures sont assez désagréables pour deux raisons : elles se colorent et changent l'aspect de l'émail assez rapidement d'une part et, d'autre part, si on veut poser de l'or sur la glaçure, celui-ci pénètre les fissures par capillarité : le résultat est catastrophique. Partant de là je me suis mis en devoir de faire disparaître ces "défauts" par une addition progressive de kaolin, c'est ce que j'appelle l'adaptation *a minima*.

La méthode employée est celle des mélanges en ligne à 9 compositions.

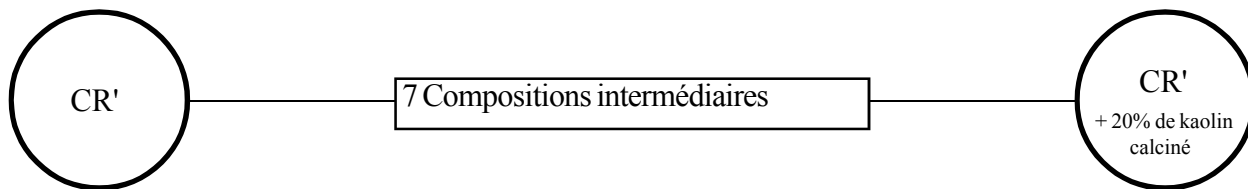
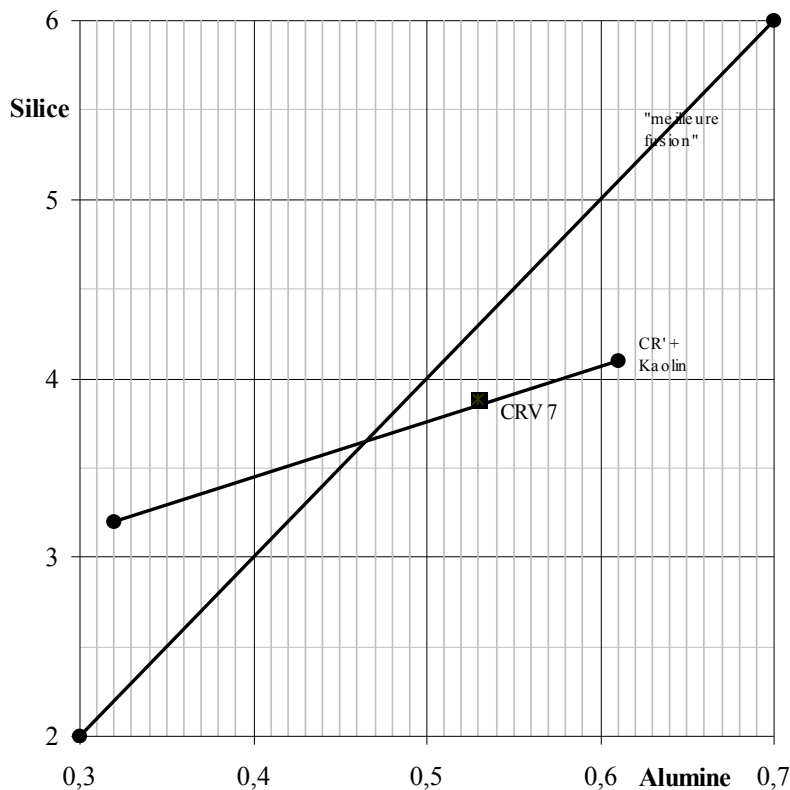


Photo 1 page 49

1	2	3	4	5	6	7	8	9									
f Na	462	f Na	452	f Na	443	f Na	433	f Na	424	f Na	414	f Na	404	f Na	395	f Na	385
Cal	112	Cal	110	Cal	107	Cal	105	Cal	103	Cal	100	Cal	98	Cal	95	Cal	93
Ba	111	Ba	109	Ba	107	Ba	104	Ba	102	Ba	100	Ba	98	Ba	95	Ba	93
ZnO	23	ZnO	23	ZnO	22	ZnO	22	ZnO	21	ZnO	21	ZnO	20	ZnO	20	ZnO	19
k.c	0	k.c	21	k.c	42	k.c	63	k.c	84	k.c	104	k.c	125	k.c	146	k.c	167
Sil	256	Sil	251	Sil	245	Sil	240	Sil	235	Sil	229	Sil	224	Sil	218	Sil	213
Ocr	36	Ocr	35	Ocr	35	Ocr	34	Ocr	33	Ocr	32	Ocr	32	Ocr	31	Ocr	30

Les résultats obtenus sur la porcelaine PT298B de Céradel ont été photographiés après un passage à l'encre de chine (révélateur des microfissures de la glaçure)

On peut constater qu'à partir de 10% de molochite, il n'y a plus de craquelures. Il vaut en général mieux que la glaçure soit en légère compression, j'ai donc choisi le N°7 que j'ai baptisé CRV7. Ce choix est également guidé par la prudence, il suffit de fluctuations de cuisson pour que la zone de craquelure se déplace vers la droite.



"La trajectoire" dans le diagramme silice-alumine

Remarque : cette méthode d'élimination des craquelures ne fonctionne pas à chaque fois, l'ajout de kaolin peut altérer la couleur et ne pas faire disparaître les microfissures, on peut alors diminuer le coefficient de dilatation de la glaçure en utilisant un feldspath lithique (voir ce procédé dans le chapitre "bleus de fer").

Voici la fiche descriptive d'un céladon issu de cette recherche. Ce céladon a été nommé CRV7

CR' adapté à 81298										CRV 7			
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1260°C													
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES													
		oxydes "glaçants"							Silice				
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	BaO	ZnO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	Tension superficielle théorique en dyn/cm 345		
%masse d'oxydes	100,00	4,1	0,3	6,5	0,1	8,2	2,2	14,5	63,3	0,8			
formule moléculaire unité	1,00	0,247	0,010	0,434	0,012	0,199	0,099	0,527	3,925	0,019			
Pourcentage molaire	100,00	4,51	0,19	7,92	0,21	3,64	1,80	9,63	71,74	0,35			
Indicateurs													
Indicateur		Min.			Valeur		Max..						
Tension superficielle théorique		250,00			344,83		400,00						
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00			58,28		100,00						
Fus		0,40			0,92		1,50						
Si / Al		2,00			7,45		20,00						
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES													
Nombres de moles										n	M	composition pour 1Kg	
Ocre	1Mole Fe2O3	0,000	0,002	0,000	0,002			0,021	0,105	0,016	0,016	788	31
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,246		0,044	0,010			0,295	1,862	0,001	0,246	659	404
Carbonate de calcium	CaCO3			0,389					0,004		0,389	101	98
Carbonate de baryum	BaCO3					0,199					0,199	197	98
Oxyde de zinc	ZnO						0,099				0,099	81	20
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,001	0,008					0,211	0,458	0,002	0,211	238	125
Silice	SiO2								1,496		1,496	60	224
Somme													1000

Le coefficient de dilatation est passé de 63 à 58, se rapprochant ainsi de celui de la porcelaine support. Cependant, il faut être très méfiant vis-à-vis de ces calculs qui donnent parfois des résultats en contradiction avec la réalité.

Remarque : Au lieu d'adapter la glaçure, on aurait pu adapter la porcelaine en augmentant son coefficient de dilatation, cette fois on aurait diminué l'alumine et augmenté les alcalins, en fait c'est parfois la seule solution.

D'autres recherches auraient pu être envisagées : étudier le rôle du baryum et celui du zinc par exemple.

Les céladons calciques et quasi-calciques

Dans les pages qui vont suivre nous allons trouver les descriptions de céladons calciques recueillies dans des livres et des revues. Le point commun de ces céladons est une très forte concentration en oxyde de calcium par rapport aux autres oxydes basiques. Le coeur de ces glaçures va donc être l'eutectique calcique auquel divers ajouts pourront donner des propriétés et un aspect particulier. Je citerai seulement ceux que j'ai utilisés et qui permettront des comparaisons éclairantes. On considérera qu'on a à faire à une couverte de ce type jusqu'à 0,7 moles de CaO dans la formulation de Seger, même si on commence à s'éloigner sérieusement de la valeur 1 du céladon purement calcique.

Les recettes existantes

Tout d'abord, on peut reprendre les céladons du premier fascicule : **CG** (pages 9, 10, 11), et **AEC** (page 76) auquel on ajoute 4% d'ocre, je le nomme alors AEC26C, ils sont tout à fait calciques.

Daniel de Montmollin nous propose un excellent céladon dans son livre : *Pratique des émaux de grés*. Avec les matières premières dont je dispose, il donne la fiche descriptive suivante :

CDDM							
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1300°C							
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES							
		oxydes "glaçants"				Silice	
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	Al2O3	SiO2	Fe2O3
%masse d'oxydes	100,00	0,1	0,7	18,4	18,9	60,7	1,2
formule moléculaire unité	1,00	0,003	0,023	0,974	0,550	3,000	0,022
Pourcentage molaire	100,00	0,07	0,50	21,30	12,03	65,62	0,48
Indicateurs							
Indicateur		Min.	Valeur	Max..			
Tension superficielle théorique		250,00	370,13	400,00			
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	52,53	100,00			
Fus		0,40	0,67	1,50			
Si / Al		2,00	5,45	20,00			
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES							
Nombres de moles							composition pour 1Kg
Ocre	1 Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001	0,025	0,125	0,019
Carbonate de calcium	CaCO3			0,973		0,010	
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,002	0,021		0,526	1,141	0,005
Silice	SiO2					1,723	
Somme							1000

C'est un très beau céladon, légèrement mat, de couleur verdâtre.

								CFE
ORIGINE DE LA FORMULE : F. EVE, RCV N° 109								
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1270°C								
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES								
		oxydes "glaçants"				Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	1,1	4,0	16,8	18,2	58,6	1,3	
formule moléculaire unité	0,99	0,048	0,115	0,831	0,494	2,702	0,023	
Pourcentage molaire	100,00	1,14	2,73	19,72	11,73	64,13	0,55	
Indicateurs								
Indicateur		Min.	Valeur	Max.				
Tension superficielle théorique		250,00	359,57	400,00				
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	65,53	100,00				
Fus		0,40	0,69	1,50				
Si / Al		2,00	5,47	20,00				
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES								
Nombres de moles							composition pour 1Kg	
Ocre	1 Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001	0,027	0,131	0,020	50
Feldspath de Potassium	1 Mole K2O	0,046	0,101	0,003	0,168	0,987	0,000	284
Carbonate de calcium	CaCO3			0,827		0,008		265
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,001	0,012		0,300	0,651	0,003	226
Silice	SiO2					0,926		175
Somme								1000

Ce céladon contient du feldspath, il est bleu-vert, tirant sur le gris, on peut assez facilement le rendre satiné par un palier de refroidissement réducteur aux environs de 1000°C.

								CKe	
ORIGINE DE LA FORMULE : Les techniques de la céramique (Gründ)									
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1260°C									
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES									
		oxydes "glaçants"				Silice		"Colorants"	
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	3,3	0,3	12,7	14,5	68,2	0,0	0,9	Tension superficielle théorique en dyn/cm
formule moléculaire unité	1,00	0,188	0,012	0,800	0,500	4,000	0,000	0,020	348
Pourcentage molaire	100,00	3,41	0,22	14,49	9,06	72,46	0,00	0,36	
Indicateurs									
Indicateur		Min.	Valeur	Max.					
Tension superficielle théorique		250,00	347,55	400,00					
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	54,16	100,00					
Fus		0,40	1,00	1,50					
Si / Al		2,00	8,00	20,00					
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES									
Nombres de moles							composition pour 1Kg		
Ocre	1 Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001	0,025	0,125	0,002	0,019	38
Feldspath de sodium	1 mole Na2O	0,186		0,034	0,224	1,413		0,001	317
Carbonate de calcium	CaCO3			0,766		0,008			196
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,001	0,010		0,250	0,543		0,003	153
Silice	SiO2					1,912			296
Somme									1000

Beau céladon, peu travaillé sur PT298B jusqu'à 1290°, assez visqueux en raison du feldspath.

Céladon Cà 5% d'ocre								Ce		
ORIGINE DE LA FORMULE : A.Valtat										
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1260°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES										
		oxydes "glaçants"				Silice				Tension superficielle théorique en dyn/cm 340
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	Al2O3	SiO2	Fe2O3			
%masse d'oxydes	100,00	4,3	0,2	11,1	12,5	70,7	1,1			
formule moléculaire unité	0,99	0,255	0,007	0,725	0,449	4,302	0,026			
Pourcentage molaire	100,00	4,42	0,12	12,58	7,79	74,64	0,45			
Indicateurs										
Indicateur		Min.	Valeur	Max..						
Tension superficielle théorique		250,00	339,94	400,00						
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	54,72	100,00						
Fus		0,40	1,23	1,50						
Si / Al		2,00	9,58	20,00						
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES										
Nombres de moles								n	M	composition pour 1Kg
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,003	0,001	0,032	0,158	0,024	0,024	788	47
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,254		0,046	0,305	1,924	0,001	0,254	659	420
Carbonate de calcium	CaCO3			0,679		0,007		0,679	101	170
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,000	0,004		0,112	0,243	0,001	0,112	238	67
Silice	SiO2					1,971		1,971	60	296
Somme										1000

Céladon très voisin de CRV7 dans l'aspect, mais ne contenant pas de carbonate de baryum toxique. On commence à s'éloigner franchement du céladon calcique.

								CL		
ORIGINE DE LA FORMULE : La céramique moderne N° 262										
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1260°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES										
		oxydes "glaçants"				Silice				Tension superficielle théorique en dyn/cm 350
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	Al2O3	SiO2	Fe2O3			
%masse d'oxydes	100,00	6,6	0,1	14,1	13,6	64,6	1,0			
formule moléculaire unité	1,00	0,298	0,002	0,700	0,370	3,000	0,018			
Pourcentage molaire	100,00	6,79	0,05	15,95	8,43	68,37	0,41			
Indicateurs										
Indicateur		Min.	Valeur	Max..						
Tension superficielle théorique		250,00	349,58	400,00						
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	70,29	100,00						
Fus		0,40	1,11	1,50						
Si / Al		2,00	8,11	20,00						
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES										
Nombres de moles								n	M	composition pour 1Kg
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001	0,023	0,112	0,017	0,017	788	43
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,297		0,054	0,357	2,255	0,001	0,297	659	630
Carbonate de calcium	CaCO3			0,646		0,006		0,646	101	206
Silice	SiO2					0,626		0,626	60	121
Somme										1000

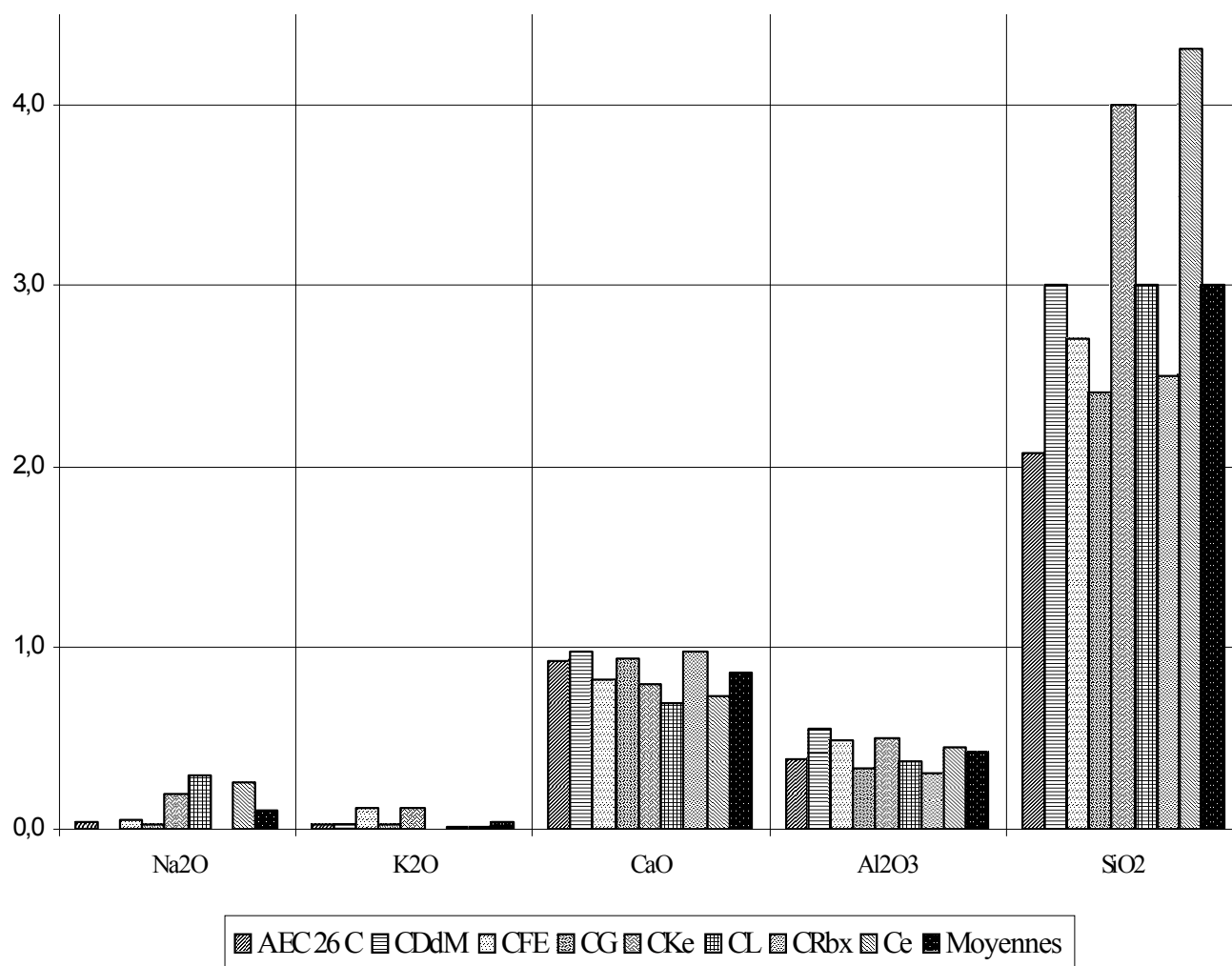
Vert, craquelé sur PT 937B (Céradel), cette glaçure permet de jouer sur des effets de couleur lorsque l'épaisseur varie (en particulier lorsque le tesson est gravé).

Comparaison : les invariants

Après avoir fait un inventaire sommaire des céladons courants, on peut les comparer. Ceci est d'autant plus tentant que l'ordinateur permet ce jeu facile. Il ne faut cependant pas penser que les valeurs moyennes donneront le meilleur résultat.

Voici le tableau des nombres de moles des oxydes entrant dans la composition des différents céladons :

	Na2O	K2O	CaO	Al2O3	SiO2	Silice/alumine
AEC 26 C	0,039	0,024	0,930	0,392	2,073	5,29
CDdM	0,003	0,023	0,974	0,550	3,000	5,45
CFE	0,048	0,115	0,831	0,494	2,702	5,47
CG	0,032	0,020	0,947	0,338	2,407	7,12
CKe	0,188	0,120	0,800	0,500	4,000	8,00
CL	0,298	0,002	0,700	0,370	3,000	8,11
CRbx	0,002	0,013	0,984	0,308	2,503	8,13
Ce	0,256	0,007	0,729	0,450	4,302	9,56
Moyennes	0,108	0,041	0,862	0,425	2,998	7,14



Comparaison des différents céladons quasi-calciques

On peut remarquer l'absence de magnésium et de titane. L'oxyde de titane, nous le verrons un peu plus tard, oriente les céladons plutôt vers les gris et les jaune-vert ; ce sont des nuances qui sont assez souvent redoutées, à tort parfois. Je n'ai pas étudié l'influence du magnésium, on peut penser qu'en petite quantité il ferait virer la couleur au bleu (il est utilisé systématiquement dans les bleus de fer), en quantité plus importante, on aurait vraisemblablement des notes plus jaunes. Une belle piste d'investigations.

Il apparaît également que le niveau d'alumine se situe entre 0,31 et 0,55, celui de la silice étant compris entre 2,1 et 4,3 avec une moyenne de 3. Il n'y a rien là de bien extraordinaire, ce qui est plus intéressant, c'est le fait que la couleur devient d'autant plus bleue que le rapport silice sur alumine augmente ; ce rapport est compris entre 5,5 et 9,5 environ. On verra dans le chapitre consacré aux bleus de fer que cette règle se confirme, il n'y a d'ailleurs pas de limite franche entre les deux types de glaçures.

J'ai entrepris une étude systématique de ceux-ci, afin d'obtenir un ensemble de glaçures tout à la fois peu onéreuses, peu toxiques et surtout conformes à l'idée que je me fais des céladons.

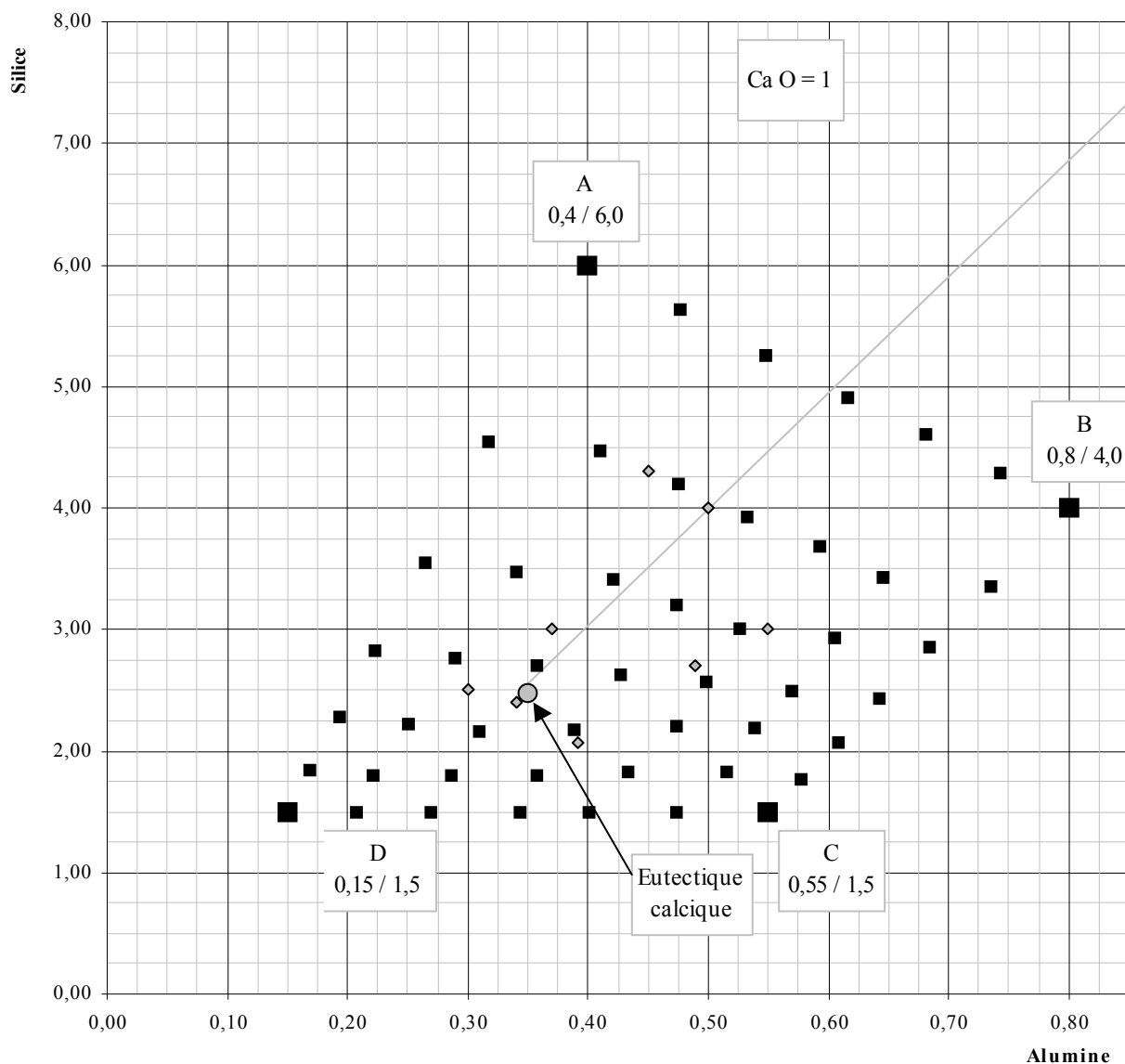
Recherche systématique de céladons calciques

Le centre de la recherche sera encore l'eutectique calcique, mais cette fois, je vais explorer un vaste quadrilatère autour de ce composé afin d'être "sûr de ne rien laisser passer".

Les recettes réalisées par la méthode des mélanges se trouvent ci-dessous. On peut remarquer que l'eutectique calcique se situe entre les N° 24, 25, 31, 32.

1		2		3		4		5		6		7	
Calcaire	196	Calcaire	201	Calcaire	207	Calcaire	213	Calcaire	218	Calcaire	223	Calcaire	229
Molochite	188	Molochite	231	Molochite	274	Molochite	318	Molochite	361	Molochite	404	Molochite	447
Silice	608	Silice	559	Silice	510	Silice	463	Silice	414	Silice	365	Silice	317
Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8
8		9		10		11		12		13		14	
Calcaire	243	Calcaire	239	Calcaire	244	Calcaire	250	Calcaire	255	Calcaire	261	Calcaire	257
Molochite	185	Molochite	236	Molochite	279	Molochite	322	Molochite	366	Molochite	409	Molochite	460
Silice	562	Silice	516	Silice	468	Silice	419	Silice	371	Silice	322	Silice	276
Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8
15		16		17		18		19		20		21	
Calcaire	289	Calcaire	286	Calcaire	281	Calcaire	287	Calcaire	292	Calcaire	288	Calcaire	284
Molochite	182	Molochite	233	Molochite	284	Molochite	327	Molochite	371	Molochite	422	Molochite	473
Silice	515	Silice	470	Silice	424	Silice	376	Silice	327	Silice	281	Silice	235
Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8
22		23		24		25		26		27		28	
Calcaire	337	Calcaire	332	Calcaire	328	Calcaire	324	Calcaire	320	Calcaire	316	Calcaire	312
Molochite	179	Molochite	230	Molochite	281	Molochite	333	Molochite	384	Molochite	435	Molochite	486
Silice	470	Silice	424	Silice	378	Silice	332	Silice	286	Silice	240	Silice	195
Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8
29		30		31		32		33		34		35	
Calcaire	383	Calcaire	379	Calcaire	375	Calcaire	361	Calcaire	348	Calcaire	344	Calcaire	339
Molochite	176	Molochite	227	Molochite	278	Molochite	337	Molochite	397	Molochite	448	Molochite	499
Silice	424	Silice	378	Silice	332	Silice	289	Silice	245	Silice	200	Silice	154
Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8
36		37		38		39		40		41		42	
Calcaire	430	Calcaire	426	Calcaire	412	Calcaire	399	Calcaire	385	Calcaire	371	Calcaire	367
Molochite	173	Molochite	224	Molochite	283	Molochite	342	Molochite	402	Molochite	461	Molochite	512
Silice	378	Silice	332	Silice	289	Silice	245	Silice	202	Silice	159	Silice	113
Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8
43		44		45		46		47		48		49	
Calcaire	477	Calcaire	463	Calcaire	449	Calcaire	436	Calcaire	422	Calcaire	409	Calcaire	395
Molochite	170	Molochite	229	Molochite	288	Molochite	348	Molochite	406	Molochite	466	Molochite	525
Silice	332	Silice	289	Silice	245	Silice	202	Silice	159	Silice	115	Silice	72
Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8	Ox de fer	8

Les différentes formules ont été calculées afin de situer les émaux réalisés dans le diagramme silice/alumine. Les points représentatifs des émaux quasi-calciques ont été également reportés (petits carrés gris).



Essais autour de l'eutectique calcique

Photos 3 et 4 pages 50 et 51

Ces essais ont été cuits en atmosphère réductrice selon une courbe classique utilisée pour les céladons à 1260°C et aussi dans une fournée consacrée aux bleus de fer à 1290°C.

On peut remarquer que les recherches ne sont pas mal ciblées étant donné que les bords sont insuffisamment cuits, ce qui veut dire qu'au-delà on n'aurait rien trouvé qui soit assez fondu.

En cas de très grande sous-cuisson la couleur est ocre et la zone intermédiaire grise. On voit ces zones "reculer" vers les plus fortes valeurs de l'alumine si on augmente la température.

Les échantillons 12 et 17 ont été utilisés à 1290 °C, ils sont satisfaisants, le n° 12 ayant tendance à être un peu gris s'il n'est pas assez cuit.

Lorsque le rapport silice sur alumine diminue, la surface devient plus mate.

En réalité, de nombreuses compositions sont utilisables aussi bien à 1260 qu'à 1300°C, mais ce ne sont pas les mêmes recettes qu'il faut utiliser aux deux températures.

Formules moléculaires des compositions précédentes

(Les formules sont à compléter comme dans la case 1)

1	A	2		3		4		5		6		7	B
Na ₂ O	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,003	Na	0,003	Na	0,003	Na	0,003
K ₂ O	0,016	K	0,019	K	0,021	K	0,024	K	0,027	K	0,029	K	0,032
CaO	0,982	Ca	0,979	Ca	0,975	Ca	0,974	Ca	0,971	Ca	0,968	Ca	0,965
Al ₂ O ₃	0,400	Al	0,477	Al	0,548	Al	0,616	Al	0,681	Al	0,743	Al	0,800
SiO ₂	6,000	Si	5,630	Si	5,246	Si	4,907	Si	4,956	Si	4,288	Si	4,000
Fe ₂ O ₃	0,028	Fe	0,028	Fe	0,028	Fe	0,028	Fe	0,028	Fe	0,028	Fe	0,028
8		9		10		11		12		13		14	
Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,003	Na	0,003
K	0,014	K	0,017	K	0,020	K	0,022	K	0,025	K	0,028	K	0,030
Ca	0,983	Ca	0,981	Ca	0,978	Ca	0,975	Ca	0,972	Ca	0,970	Ca	0,967
Al	0,318	Al	0,411	Al	0,475	Al	0,533	Al	0,593	Al	0,646	Al	0,735
Si	4,539	Si	4,470	Si	4,202	Si	3,923	Si	3,682	Si	3,429	Si	3,354
Fe	0,028	Fe	0,027	Fe	0,027	Fe	0,027	Fe	0,027	Fe	0,027	Fe	0,026
15		16		17		18		19		20		21	
Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,003
K	0,013	K	0,015	K	0,018	K	0,021	K	0,023	K	0,026	K	0,029
Ca	0,985	Ca	0,983	Ca	0,980	Ca	0,977	Ca	0,974	Ca	0,971	Ca	0,968
Al	0,264	Al	0,340	Al	0,421	Al	0,473	Al	0,526	Al	0,605	Al	0,685
Si	3,548	Si	3,473	Si	3,416	Si	3,196	Si	2,994	Si	2,921	Si	2,848
Fe	0,028	Fe	0,027	Fe	0,026	Fe	0,026	Fe	0,026	Fe	0,025	Fe	0,025
22		23		24		25		26		27		28	
Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,003
K	0,011	K	0,014	K	0,016	K	0,019	K	0,022	K	0,024	K	0,027
Ca	0,988	Ca	0,985	Ca	0,982	Ca	0,979	Ca	0,976	Ca	0,973	Ca	0,971
Al	0,223	Al	0,290	Al	0,358	Al	0,428	Al	0,498	Al	0,569	Al	0,642
Si	2,819	Si	2,760	Si	2,695	Si	2,631	Si	2,562	Si	2,492	Si	2,426
Fe	0,028	Fe	0,027	Fe	0,026	Fe	0,026	Fe	0,025	Fe	0,024	Fe	0,023
29		30		31		32		33		34		35	
Na	0,001	Na	0,001	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002
K	0,009	K	0,012	K	0,015	K	0,017	K	0,020	K	0,023	K	0,025
Ca	0,988	Ca	0,986	Ca	0,983	Ca	0,981	Ca	0,978	Ca	0,975	Ca	0,971
Al	0,193	Al	0,251	Al	0,310	Al	0,389	Al	0,474	Al	0,539	Al	0,608
Si	2,277	Si	2,215	Si	2,153	Si	2,179	Si	2,199	Si	2,351	Si	2,073
Fe	0,028	Fe	0,027	Fe	0,026	Fe	0,025	Fe	0,023	Fe	0,022	Fe	0,021
36		37		38		39		40		41		42	
Na	0,001	Na	0,001	Na	0,001	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002
K	0,008	K	0,010	K	0,013	K	0,016	K	0,018	K	0,021	K	0,024
Ca	0,991	Ca	0,988	Ca	0,985	Ca	0,983	Ca	0,980	Ca	0,977	Ca	0,974
Al	0,169	Al	0,221	Al	0,287	Al	0,358	Al	0,434	Al	0,515	Al	0,577
Si	1,846	Si	1,188	Si	1,800	Si	1,804	Si	1,820	Si	1,833	Si	1,767
Fe	0,028	Fe	0,027	Fe	0,025	Fe	0,024	Fe	0,022	Fe	0,020	Fe	0,020
43	D	44		45		46		47		48		49	C
Na	0,001	Na	0,001	Na	0,001	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002	Na	0,002
K	0,006	K	0,009	K	0,011	K	0,014	K	0,017	K	0,019	K	0,022
Ca	0,993	Ca	0,990	Ca	0,986	Ca	0,985	Ca	0,981	Ca	0,979	Ca	0,976
Al	0,150	Al	0,208	Al	0,269	Al	0,367	Al	0,401	Al	0,473	Al	0,550
Si	1,500	Si	1,500	Si	1,500	Si	1,575	Si	1,500	Si	1,500	Si	1,500
Fe	0,028	Fe	0,026	Fe	0,025	Fe	0,023	Fe	0,021	Fe	0,020	Fe	0,018

La méthode des mélanges utilisée permet de réaliser 49 compositions, le détail de la manipulation ne figure pas dans le fascicule précédent, je la mettrai sur le site Internet <http://perso.wanadoo.fr/shufu/> dès la parution de ce volume, ceci pour ne pas alourdir la présentation.

Poser et cuire les céladons

L'épaisseur d'un céladon

Un céladon peut se poser par toutes les techniques habituelles de pose d'émail : aspersion, trempage, pulvérisation.... Le pistolet permet une application uniforme, c'est la méthode que je préfère. On peut émailler sur cru et sur biscuit. La couche d'émail doit être épaisse afin que la lumière puisse "jouer" entre les particules, les cristaux et les petites bulles présentes. On peut poser plusieurs couches et réaliser un biscuitage entre les couches. La cuisson finale permet de réaliser la fusion de l'ensemble. De nombreuses publications sur ce thème existent, elles sont en général assez convergentes : le céladon doit être épais.

Une courbe de cuisson

- La température maximale

En général, on la choisit vers 1260° C, mais il est tout à fait possible, en changeant la composition de la couverte, de prendre une autre température.

Un palier final est souvent utilisé pour donner un état de surface satiné à une couverte légèrement sous-cuite.

En ce qui me concerne, je fais durer ce palier environ une heure.

- Les oxydes de fer pendant la cuisson

Les domaines de stabilité :

Les oxydes ferrique et magnétique sont très stables à froid, l'oxyde ferreux n'est stable qu'à partir de 600°C environ, on ne le trouve pas dans la nature.

À chaud, aux environs de 1200°C, et franchement à partir de 1250°C, l'oxyde ferrique se décompose en oxyde magnétique et en dioxygène. L'oxyde le plus stable, celui qu'on va obtenir le plus facilement est donc l'oxyde magnétique, du point de vue céramique ce n'est peut-être pas le plus recherché.

Les agents de réduction et d'oxydation :

L'oxydant, pour nous, sera l'oxygène de l'air, les réducteurs étant le monoxyde de carbone et le dihydrogène, le carbone n'est pas mélangé à la glaçure, il ne pourra pas agir sur celle-ci en profondeur, mais par réaction à chaud (vers 1000°C ?) avec le dioxyde de carbone, il pourra donner du monoxyde de carbone qui, lui, est réducteur. Le dihydrogène, réducteur très pénétrant et très puissant, s'obtient par réaction des oxydes de carbone sur la vapeur d'eau à chaud.

Les réaction concernant l'élément fer :

À partir de 500°C, le monoxyde de carbone attaque l'oxyde ferrique pour donner de l'oxyde magnétique puis vers 600°C, celui-ci est à son tour attaqué par le monoxyde de carbone pour donner de l'oxyde ferreux, celui qui confère la couleur bleue. Si la proportion de monoxyde dans les gaz devient supérieure à celle du dioxyde, l'oxyde ferreux est à son tour attaqué par le monoxyde pour donner le métal fer. À ce propos, il est sans doute nécessaire de dire à présent qu'en céramique nous avons des abus de langage qui nous conduisent à utiliser le mot "fer" pour désigner tout ce qui contient l'élément fer quel que soit son état d'oxydation, alors que le mot fer employé seul désigne, en chimie, le métal dont on fait les clous, il en est d'ailleurs de même pour les autres éléments métalliques ou non.

Les obstacles aux transformations de l'élément fer :

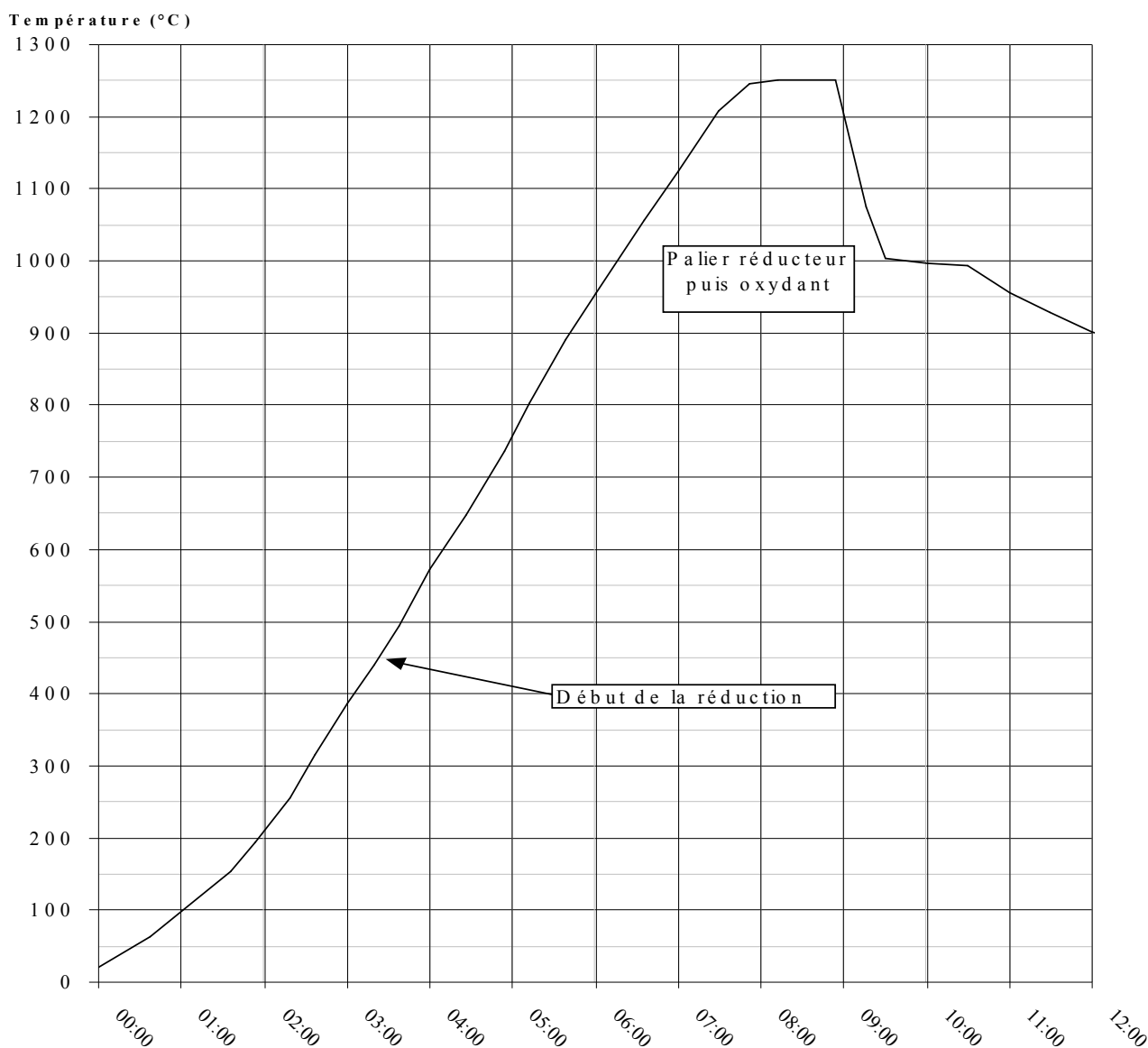
- Si les températures requises ne sont pas atteintes, les réactions ne se font pas.
- Si les agents réducteurs ne sont pas présents en quantité suffisante, les réactions se font incomplètement.
- Après la fusion de la couverte, l'attaque par CO ou O₂ se fait principalement en surface, en général, elle est assez limitée.

- La montée en température

La conduite des cuissons et recuissons des céladons est assez délicate. La réduction des oxydes de fer est plus difficile que celle des oxydes de cuivre, elle devra donc être plus forte et plus précoce, je la commence à 500°C environ et je la poursuis jusqu'à la fin. Au début, le monoxyde de carbone excédentaire ne brûle pas à la sortie du four, comme c'est un poison violent, il est nécessaire de ne pas respirer les gaz issus de la cheminée, une allumette suffit à les rallumer à partir de 800°C environ mais cela dépend de l'isolation du conduit, pour s'allumer, ils ne doivent pas s'être trop refroidis.

Au delà de 1200°C environ (le nappage peut être repéré à l'aide de paniers), la glaçure sera fondue et nous n'aurons plus guère la possibilité de la réduire en profondeur, une atmosphère neutre sera donc en général suffisante, mais par précaution, il vaut mieux garder une atmosphère légèrement réductrice.

Voici un courbe de cuisson que j'ai utilisée de nombreuses fois.



- Le refroidissement

Plus le refroidissement sera rapide, plus l'oxydation de surface sera limitée et plus la cristallisation et la dévitrification seront faibles. On pourra descendre à 850°C en une heure environ puis reprendre un refroidissement lent qui évitera les fissures et microfissures des produits enfournés. Un palier réducteur vers 1000 degrés est parfois effectué pour "casser" le brillant de la couverte, il est assez efficace mais il provoque un effet de large résille qui peut ne pas être apprécié. La cristallisation des céladons calciques qui donne une surface satinée demande un refroidissement assez lent.

Deux problèmes liés à la cuisson

- Connaître l'état de réduction, suivre la cuisson

Il existe des analyseurs d'atmosphère un peu coûteux, apparemment assez peu fiables pour les appareils bas de gamme. Je vous propose donc une démarche simple : le CO, non complètement brûlé, se rallume à la sortie de la cheminée en donnant une flamme bleue bien visible la nuit et légèrement bruyante. Je peux donc cuire la nuit pour apprécier l'état de réduction ou d'oxydation. Je prends alors le calendrier des postes, je repère l'heure de coucher du soleil (TU + une ou deux heures en été) et je fais en sorte, connaissant la courbe de cuisson, d'être aux environs de 700°C lorsque l'obscurité est suffisante pour bien distinguer la couleur des gaz à la sortie de la très courte cheminée de mon four à air pulsé. La flamme bleue sur fond noir se repère nettement et le silence permet de mieux apprécier le bruit produit par l'inflammation de CO à la sortie de la cheminée. Par ailleurs, une brindille allumée, placée dans la cheminée, donne une flamme rouge en oxydation et fume simplement en réduction.

Je dispose, à côté des montres, en face de l'ouverture dans la paroi du four, de petits paniers en porcelaine contenant l'émail à cuire ; je les retire régulièrement pour voir où l'on en est, tant du point de vue de la réduction que de la fusion. La *photo 3* page 49 représente une série de paniers qui ont permis de voir l'évolution de la glaçure à la montée en température. On remarque les changements de couleur, éventuellement les fissures de séchage, le début de fusion avec resserrement de l'émail sous la tension superficielle, la diminution de cette tension sous l'effet de la chaleur, l'étalement dû à l'augmentation du mouillage puis la "réparation" de la couche si celle-ci s'était fissurée auparavant.

- Recuire un céladon

C'est toujours possible s'il est réussi. En général, la teinte bleue s'intensifie. S'il est raté, le jaune passe au mieux à une teinte grise, jamais au bleu. Je propose l'interprétation suivante : l'émail cuit ne peut être de nouveau réduit qu'au moment où il est fondu. Auparavant, sa surface est imperméable aux gaz réducteurs, on est alors à une température voisine de 1200°C. On obtiendra Fe_3O_4 par décomposition spontanée de l'oxyde ferrique. Le verre fondu ne se laisse pas pénétrer facilement par CO et il faut des migrations du fer vers la surface pour que celui-ci puisse se réduire, on a donc fort peu de chance d'obtenir une transformation totale magnétique / ferreux, d'où une couleur beaucoup plus proche du gris que du bleu-vert.

D'une manière générale, il vaut mieux passer à autre chose, c'est-à-dire entreprendre une superposition par exemple.

Remarque : un émail déjà cuit fond à une température de cuisson plus basse qu'un émail cru.

Les colorants du céladon

Il faut encore revenir sur ce point important :

Comment introduire l'élément fer ?

Le tesson joue-t-il un rôle dans la couleur ?

Peut-on introduire d'autres colorants ?

Quel est le rôle du titane présent dans de nombreuses matières premières ?

Introduction de l'élément fer

On serait tenté de dire que plus l'élément sera réduit, plus on a de chances d'obtenir la couleur bleu-vert du céladon. En réalité, l'oxyde de fer noir, le moins oxydé, donne des résultats catastrophiques : il ne se disperse pas bien et fait donc des taches.

Les oxydes de fer rouge qu'on trouve dans le commerce sont adaptés, pourvu qu'ils soient purs et micronisés. Dans ce cas, il faudra utiliser 2 % de bentonite et éventuellement un peu de vinaigre pour que l'émail ne plombe pas.

L'oxyde de fer est contenu dans l'ocre et dans les minerais de fer, on pourra donc les utiliser. Cependant, ces produits naturels doivent être moulus extrêmement finement et ils ne doivent pas contenir trop d'impuretés qui pourraient modifier la teinte fragile du céladon. L'ocre est en général un excellent agent de suspension, il facilite l'emploi du bain, cependant, il rend la couche de glaçure crue plastique et peut provoquer des craquelures et des retraits.

Le tesson joue-t-il un rôle dans la couleur ?

Oui : sur certaines pâtes ferrugineuses, il ne sera pas nécessaire d'introduire de fer dans l'émail, mais si la terre contient des pyrites, on aura des taches grises. En général, un peu d'ocre dans la terre donne au céladon une couleur plus sourde et plus profonde, il "échappe" ainsi au clinquant. Si le tesson est ferrugineux, le fini est très spécifique : la réoxydation des parties découvertes colore celles-ci en brun (pied de fer), l'amincissement de la couverte sur les parties hautes dû au trempé ou à un début de coulure font virer la couleur à l'orangé (lèvre pourpre)

Peut-on utiliser d'autres colorants ?

On peut obtenir de très beaux verts ressemblant un peu aux céladons en utilisant l'élément chrome en très faible quantité dans des bases favorables aux rouges de cuivre, en cuisson réductrice. À certaines époques, le procédé a été employé. Peut-on remplacer le sucre par des sucrettes ?

Le rôle du titane dans la couleur

Nigel Wood dans *Chinese Glazes* relate l'expérience qu'il a faite pour montrer que le titane introduit fait virer la teinte au vert avec des quantités de cet élément relativement faibles. J'ai repris cette vérification, dans une série de neuf mélanges en ligne, qui est présentée ci-dessous.

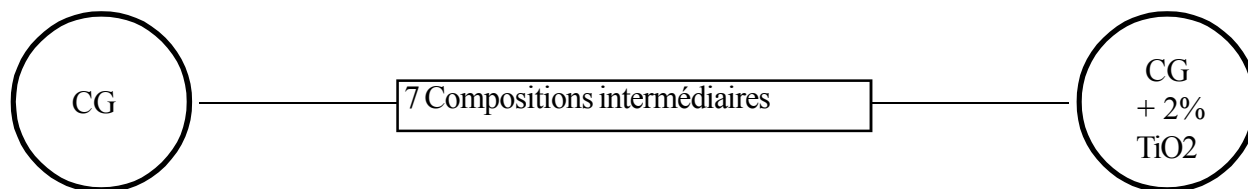


Photo 5 page 50.

On remarque le "verdissement" progressif du céladon. Avec 0,25 % de dioxyde de titane, l'effet est sensible. Il sera nécessaire d'éviter ce composé dans la glaçure et même dans le tesson si on veut obtenir un céladon bleuté.

Un céladon très simple

Le dépôt de cendres de bois sur une terre ferrugineuse donne une couverte semblable à celle des céladons de Yue, il est tentant de mélanger ces deux matières premières dans des proportions variables pour obtenir (si la chance nous aide un peu dans le choix de la terre et de la cendre) une couverte céladonique.

Un mélange en ligne permet de tester rapidement plusieurs cendres et surtout plusieurs terres. Il est rare qu'on ne trouve rien de bon, en particulier si on prend une terre contenant assez d'alumine. La couleur verte est souvent au rendez-vous à cause de l'élément titane, présent dans de très nombreuses roches.

Voici un exemple utilisant la poussière de rhyolite de la carrière de Sainte-Magnance (89) et de la cendre commune lavée et tamisée.

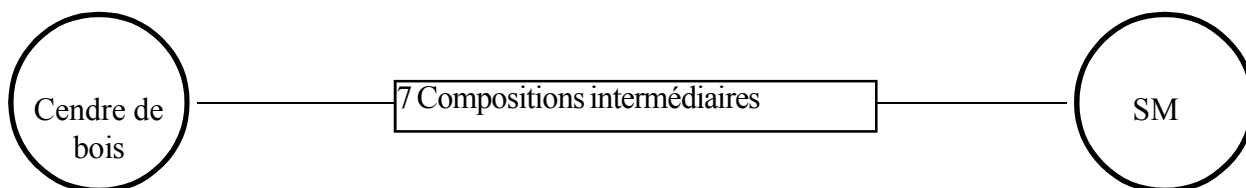


Photo 6 page 51

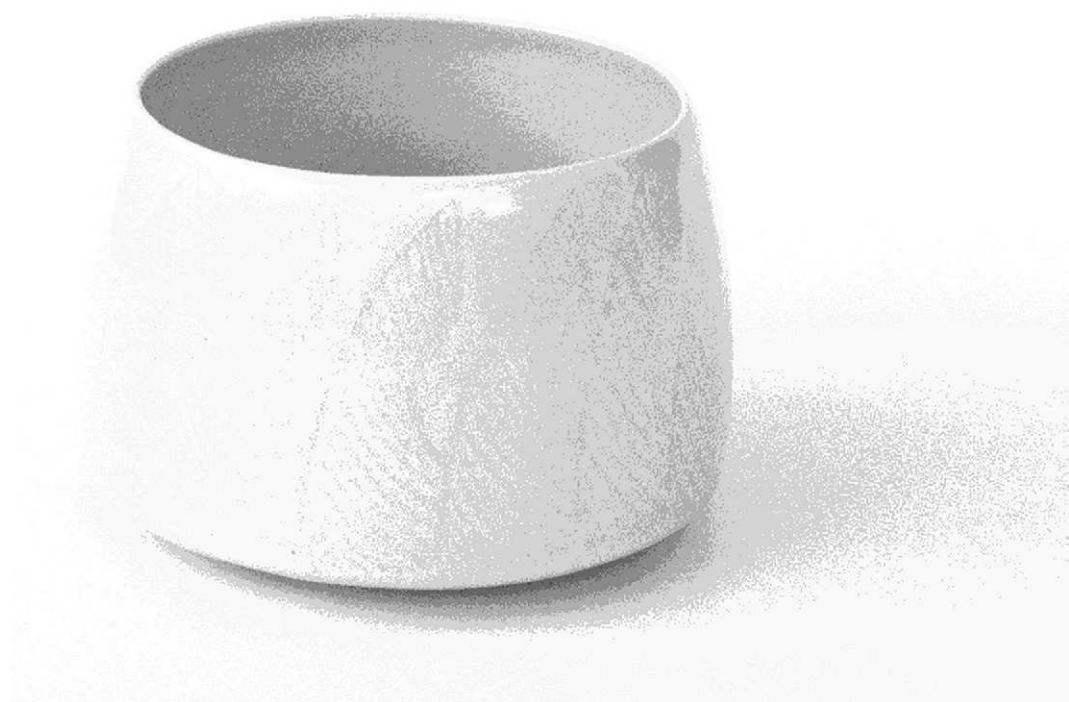
Les deux extrémités fondent mal, l'abaissement de la température de fusion dû au mélange et la présence de fer et de titane permettent d'obtenir un céladon vert.

Le N°7 utilisé assez souvent a tendance à buller un peu, une recuisson permet de pallier cet inconvénient.

Conclusion

On peut dire que le céladon est souvent une glaçure calcique dans laquelle le rapport silice sur alumine est compris entre 5 et 9 ; plus ce rapport est bas, plus on se rapproche de la matité et des teintes vertes, voire grises. La présence de titane, même en faible proportion, fait tirer la couleur vers le "bronze". La couche de glaçure épaisse peut être posée en plusieurs fois, elle est cuite assez lentement, en réduction à partir de températures assez basses. Une légère sous-cuisson compensée par un palier vers les plus hautes températures permet en général d'éviter une trop grande fusion et les brillances qui en résultent.

Bien évidemment (le sujet est à peine dégrossi) on pourrait envisager aussi le rôle du phosphore dans le développement de microbulles qui donnent au céladon sa lumière très particulière, vérifier si l'introduction de feldspath de potassium rend la matière plus bleue. De même il serait intéressant de voir si la granulométrie de la silice a une influence sur la lumière du céladon. J'allais oublier le plus important : quels sont les meilleurs protocoles de cuisson ?



LES BLEUS DE FER

Caractéristiques des bleus de fer

Les bleus de fer représentent un état de pureté de la matière qui fascine, on franchit avec ces glaçures une étape supplémentaire dans une sorte "d'arrachement" à notre condition, on atteint la couleur du ciel, impalpable, irréaliste en partant une fois de plus d'éléments oxydés, rouillés, que le feu réducteur parviendra à sublimer.

On les appellera bleus, mais aussi Jun, Quingbai, Clair de lune, Shufu..., leur couleur sera ténue, limpide ou crémeuse, leur matière sera épaisse, envahie de microbulles ou bien mince, transparente, s'accordant à merveille avec les décors gravés. Plusieurs phases liquides, devenues solides, joueront avec la lumière ; on le voit, encore une fois, il ne sera pas facile d'enfermer une glaçure dans une description, ce n'est d'ailleurs pas le but recherché.

De nombreux céramistes ont livré leurs recettes, en voici quelques unes, elles seront les points de départ de la recherche.

Les bleus de fer dans la documentation

J'ai choisi de présenter six recettes parmi celles que j'ai effectivement testées au cours de différentes cuissons.

Elles présentent l'inconvénient de ne pas cuire toutes à la même température, c'est un problème qu'on rencontre à chaque nouvelle prospective, ceci n'empêche pourtant pas un travail sur un type de glaçure si on tient compte de ce facteur et surtout si on ne modifie pas la recette pour lui donner une température de maturation qui nous convienne en lui ajoutant du kaolin par exemple ; en effet, nous le verrons par la suite, cet ajout est de nature à faire disparaître la couleur bleue due à l'élément fer.

Bleu de fer de Roger J.										BFRJ		
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1260°C												
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES												
		oxydes "glaçants"							Silice			
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3	Tension superficielle théorique en dyn/cm		
%masse d'oxydes	100,00	2,3	7,8	9,9	1,4	0,894	14,9	61,5	1,2	333		
formule molaire unitaire	1,00	0,112	0,245	0,534	0,109	0,019	0,442	3,093	0,023			
Pourcentage molaire	100,00	2,45	5,35	11,67	2,38	0,415	9,66	67,58	0,50			
Indicateurs												
Indicateur		Min.			Valeur		Max..					
Coef. de dilatation théo. *10 exp 7		50,00			73,54		100,00					
Fus		0,40			0,90		1,50					
Si / Al		2,00			7,00		20,00					
Ca / gl		0,00			0,37		1,00					
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES												
Nombres de moles										n	M	composition pour 1Kg
Cendre d'os	1mole P2O5			0,045	0,002	0,019				0,019	338	20
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001	0,002		0,027	0,131	0,020	0,020	788	47
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,112	0,243	0,007	0,010		0,405	2,377	0,001	0,243	889	659
Talc	1 MgO			0,002	0,096		0,011	0,099	0,002	0,096	128	37
Carbonate de calcium	CaCO3			0,480				0,005		0,480	101	148
Silice	SiO2							0,483		0,483	60	89
Somme												1000

Bleu très délicat, finement craquelé sur la porcelaine 81298, ne supporte pas l'ajout de kaolin.

Bleu de fer										BF		
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1290°C												
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES												
		oxydes "glaçants"							Silice			
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	BaO	ZnO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3	Tension superficielle théorique en dyn/cm	
%masse d'oxydes	100,00	1,7	4,0	9,4	4,3	1,1	0,398	10,9	67,2	0,9	331	
formule molaire unitaire	1,00	0,100	0,150	0,600	0,100	0,050	0,010	0,380	4,000	0,020		
Pourcentage molaire	100,00	1,85	2,77	11,09	1,85	0,92	0,185	7,02	73,94	0,37		
Indicateurs												
Indicateur		Min.			Valeur		Max..					
Coef. de dilatation théo. *10 exp 7		50,00			59,63		100,00					
Fus		0,40			1,43		1,50					
Si / Al		2,00			10,53		20,00					
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES												
Nombres de moles										n	M	composition pour 1Kg
Cendre d'os	1mole P2O5			0,024			0,010			0,010	338	9
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001			0,024	0,118	0,018	0,018	788	36
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,032		0,006			0,039	0,246	0,000	0,032	659	55
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,067	0,145	0,004			0,242	1,420	0,001	0,145	889	332
Carbonate de calcium	CaCO3			0,566				0,006		0,566	101	145
Carbonate de baryum	BaCO3				0,100					0,100	197	51
Oxyde de zinc	ZnO					0,050				0,050	81	10
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,000	0,003				0,075	0,163	0,001	0,075	238	46
Silice	SiO2							2,048		2,048	60	316
Somme												1000

Bleu, finement craquelé sur la porcelaine 81298, ne supporte pas l'ajout de kaolin, il est issu du croisement malhabile de plusieurs sources d'informations.

SB 972									SB972			
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1270°C												
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES												
		oxydes "glaçants"							Silice			
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	B2O3	Al2O3	SiO2	Fe2O3	Tension superficielle théorique en dyn/cm 336		
%masse d'oxydes	100,00	1,5	4,9	12,5	1,7	0,5	10,3	67,8	0,8			
Formule moléculaire unité	1,02	0,071	0,149	0,650	0,127	0,020	0,295	3,300	0,015			
Pourcentage molaire	100,00	1,53	3,22	14,05	2,74	0,43	6,38	71,32	0,32			
Indicateurs												
Indicateur		Min.			Valeur		Max..					
Coef. de dilatation théo. *10 exp 7		50,00			63,05		100,00					
Fus		0,40			1,69		1,50					
Si / Al		2,00			11,19		20,00					
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES												
Nombres de moles									n	M	composition pour 1Kg	
Colémanite	1mole B2O3	0,001		0,015	0,001	0,020		0,003	0,000	0,020	167	10
Ocre	1Mole Fe2O3	0,000	0,001	0,000	0,001		0,016	0,079	0,012	0,012	788	29
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,067	0,146	0,004	0,006		0,245	1,434	0,001	0,146	889	402
Talc	1 MgO			0,002	0,118		0,013	0,122	0,002	0,118	128	47
Carbonate de calcium	CaCO3			0,627				0,006		0,627	101	195
Kaolin A	1 Mole alumine	0,002	0,001		0,000		0,020	0,045	0,000	0,020	300	19
Silice	SiO2							1,607		1,607	60	298
Somme												1000

Très beau bleu qui nécessite un oxyde de fer très finement moulu ou une ocre exempte de titane, il sera la base de mes investigations, celles-ci aboutiront à davantage de connaissances, mais n'amélioreront pas sensiblement cet email.

JL											
ORIGINE DE LA FORMULE : La Céramique Moderne N°262											
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1280°C											
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES											
		oxydes "glaçants"							Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3		
%masse d'oxydes	100,00	2,5	3,8	9,0	1,1	0,569	10,1	72,1	0,9		
Formule moléculaire unité	1,00	0,150	0,150	0,600	0,100	0,015	0,369	4,500	0,020		
Pourcentage molaire	100,00	2,54	2,54	10,16	1,69	0,254	6,25	76,22	0,34		
Indicateurs											
Indicateur		Min.			Valeur		Max..				
Tension superficielle théorique		250,00			326,50		400,00				
Coef. de dilatation théo. *10 exp 7		50,00			56,14		100,00				
Fus		0,40			1,67		1,50				
Si / Al		2,00			12,20		20,00				
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES											
Nombres de moles										composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1 mole P2O5			0,035	0,001	0,015					12
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001	0,002		0,024	0,118	0,018		35
Feldspath de sodium	1 mole Na2O	0,081		0,015	0,003		0,098	0,617	0,000		132
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,068	0,148	0,004	0,006		0,247	1,449	0,001		324
Dolomie	1 Mole MgO			0,095	0,088						44
Carbonate de calcium	CaCO3			0,450				0,005			112
Silice	SiO2							2,311			341
Somme											1000

Bleu classique

JT										
ORIGINE DE LA FORMULE : RCV N°20 ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1300°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES										
		oxydes "glaçants"						Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	1,0	3,4	8,8	1,5	0,492	10,0	73,1	1,6	
formule moléculaire unité	1,00	0,066	0,145	0,637	0,152	0,014	0,394	4,921	0,041	
Pourcentage molaire	100,00	1,04	2,28	10,00	2,39	0,220	6,19	77,25	0,64	
Indicateurs										
Indicateur		Min.			Valeur		Max..			
Tension superficielle théorique		250,00			328,18		400,00			
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00			48,69		100,00			
Fus		0,40			1,67		1,50			
Si / Al		2,00			12,49		20,00			
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES										
Nombres de moles									composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5			0,033	0,001	0,014				11
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,004	0,001	0,004		0,052	0,256	0,039	69
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,063	0,136	0,004	0,005		0,228	1,334	0,001	277
Dolomie	1 Mole MgO			0,152	0,141					65
Carbonate de calcium	CaCO3			0,447				0,004		102
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,000	0,004				0,112	0,243	0,001	60
Silice	SiO2							3,071		416
Somme										1000

Peu différent du précédent

JG										
ORIGINE DE LA FORMULE : La Céramique Moderne ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1310°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES										
		oxydes "glaçants"						Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	2,4	2,8	9,6	0,2	0,519	8,7	75,0	0,8	
formule moléculaire unité	1,00	0,161	0,120	0,700	0,020	0,015	0,350	5,130	0,020	
Pourcentage molaire	100,00	2,47	1,84	10,74	0,31	0,230	5,37	78,73	0,31	
Indicateurs										
Indicateur		Min.			Valeur		Max..			
Tension superficielle théorique		250,00			324,08		400,00			
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00			51,54		100,00			
Fus		0,40			2,05		1,50			
Si / Al		2,00			14,66		20,00			
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES										
Nombres de moles									composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5			0,035	0,001	0,015				11
Ocre	1Mole Fe2O3	0,001	0,002	0,001	0,002		0,025	0,125	0,019	34
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,106		0,019	0,004		0,127	0,805	0,000	158
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,054	0,118	0,004	0,005		0,197	1,154	0,000	237
Dolomie	1 Mole MgO			0,009	0,008					4
Carbonate de calcium	CaCO3			0,633				0,006		144
Silice	SiO2							3,040		412
Somme										1000

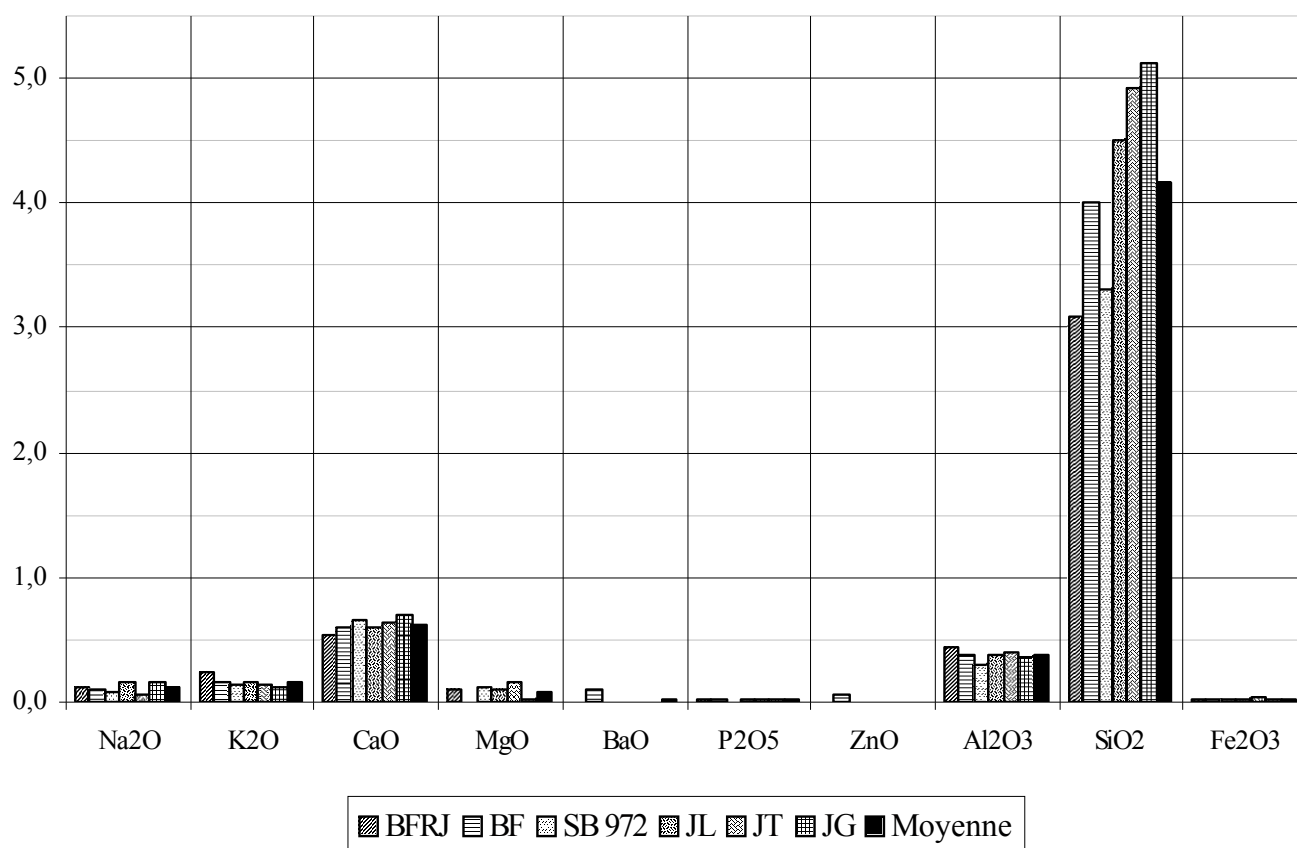
Difficile à cuire, il m'a donné d'excellents résultats sur grès.

Comparaison des bleus de fer précédents

Approche qualitative

Toutes les recettes précédentes ont donné des bleus de fer à la suite de différentes cuissons. Ce sont donc toutes des bases de recherche et leur comparaison peut être intéressante, comme l'est également la comparaison avec les céladons de la page 20. JG demande 1310°C, BFRJ 1250°C seulement, il faudra en tenir compte.

	Na2O	K2O	CaO	MgO	BaO	P2O5	ZnO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	B2O3	Sil./Alu.
BFRJ	0,112	0,245	0,534	0,109	0,000	0,019	0,000	0,442	3,093	0,023	0,000	7,0
BF	0,100	0,150	0,600	0,000	0,100	0,010	0,050	0,380	4,000	0,020	0,000	10,5
SB 972	0,071	0,149	0,650	0,127	0,000	0,000	0,000	0,295	3,300	0,015	0,020	11,2
JL	0,150	0,150	0,600	0,100	0,000	0,015	0,000	0,369	4,500	0,020	0,000	12,2
JT	0,066	0,146	0,637	0,152	0,000	0,014	0,000	0,394	4,921	0,041	0,000	12,5
JG	0,161	0,120	0,700	0,020	0,000	0,015	0,000	0,350	5,130	0,020	0,000	14,7
Moyenne	0,110	0,160	0,620	0,085	0,017	0,012	0,008	0,372	4,157	0,023	0,003	11,2



Les moyennes

Ci-dessus figurent un tableau et un graphique comparatifs des différents bleus rencontrés auparavant.

Les moyennes n'ont pas une grande signification, cependant, on peut, en général, tirer quelques indices qui constitueront des pistes d'investigation pour la suite.

Comparer et trouver une stratégie de recherche

On remarque de suite que le bore, le zinc et le baryum ne sont sans doute pas indispensables pour obtenir du bleu de fer puisque toutes les recettes ont, dans diverses cuissons, donné du bleu alors qu'elles n'en contenaient pas toutes. La question du phosphore est plus délicate, il y en a peu, mais on le rencontre souvent, a-t-il un rôle, si oui lequel ? La quantité de fer est minime, comment l'introduire et quel en est le pourcentage optimum ? Le magnésium, absent des céladons, est ici très présent, a-t-il une véritable fonction ? Le titane oriente-t-il en direction du vert ? Enfin, le rapport silice sur alumine, qui semblait important dans les céladons, confirme-t-il ce qui semblait devenir une règle : plus il est haut, plus la glaçure est bleue ?

On se demande parfois ce qu'on cherche : toutes les formules ayant permis de réaliser du bleu, ne pourrait-on pas simplement utiliser la "meilleure" ? C'est sûrement ce que je ferais si je devais produire vite. Cependant, une certaine curiosité, le désir de comprendre pour pouvoir simplifier, rendre moins onéreux, moins toxique, et plus bleu, m'ont conduit à tenter de répondre, au moins provisoirement, aux questions que je posais précédemment.

Le problème crucial est toujours le même : comment démarrer la recherche ?

Dans ce cas, le protocole de cuisson était connu : une réduction assez forte tout au long de la montée en température puis un refroidissement assez rapide pour éviter la formation de trop gros cristaux, je pouvais donc démarrer de suite sur les questions de composition chimique. Le plus séduisant des bleus était SB972, trouvé dans le livre de Stefanov et Batshwarov, ce serait mon point de départ.

Recherche autour d'un bleu : le "SB 972"

Le rapport silice sur alumine

Il s'agit d'explorer une zone autour de SB 972, ce dernier étant situé en $[0,295 / 3,30]$, il faut donc choisir les valeurs de l'alumine et de la silice pour les "quatre coins du carré", sachant que je n'utilise pas de frites et que les moyennes se situent en $[0,372 / 4, 157]$.

Voici le choix qui a été fait :

Al 0,265 Si 4,500		Al 0,450 Si 4,500
	bSB972 0,295 3,300	
Al 0,265 Si 2,500		Al 0,450 Si 2,500

J'ai choisi également de ne pas simplifier la formule. J'ai donc gardé la colémanite et j'ai mis 0.015 moles d'oxyde de fer. SB 972 ainsi aménagé s'appelle b SB972, ce qui signifie base de SB 972.

Les recettes et les formules figurent sur la page en regard.

Photo 7 page 52

1		2		3		4		5	
Feld. K	330	Feld. K	324	Feld. K	317	Feld. K	311	Feld. K	304
Colém anite	8	Colém anite	8	Colém anite	8	Colém anite	8	Colém anite	8
Craie	128	Craie	127	Craie	125	Craie	124	Craie	122
Dolomie	61	Dolomie	60	Dolomie	60	Dolomie	59	Dolomie	58
Moloch.	0	Moloch.	28	Moloch.	56	Moloch.	83	Moloch.	111
Silice	446	Silice	428	Silice	409	Silice	391	Silice	372
Ocre	28	Ocre	28	Ocre	28	Ocre	28	Ocre	28
6		7		8		9		10	
Feld. K	366	Feld. K	358	Feld. K	350	Feld. K	342	Feld. K	334
Colém anite	9	Colém anite	9	Colém anite	9	Colém anite	9	Colém anite	9
Craie	142	Craie	140	Craie	138	Craie	136	Craie	134
Dolomie	68	Dolomie	67	Dolomie	66	Dolomie	65	Dolomie	64
Moloch.	1	Moloch.	32	Moloch.	62	Moloch.	93	Moloch.	123
Silice	387	Silice	368	Silice	348	Silice	329	Silice	309
Ocre	28	Ocre	28	Ocre	28	Ocre	28	Ocre	29
11		12		13		14		15	
Feld. K	402	Feld. K	392	Feld. K	383	Feld. K	374	Feld. K	365
Colém anite	10	Colém anite	10	Colém anite	10	Colém anite	9	Colém anite	9
Craie	156	Craie	153	Craie	151	Craie	149	Craie	147
Dolomie	74	Dolomie	73	Dolomie	72	Dolomie	71	Dolomie	70
Moloch.	2	Moloch.	35	Moloch.	69	Moloch.	102	Moloch.	136
Silice	328	Silice	308	Silice	287	Silice	267	Silice	247
Ocre	28	Ocre	28	Ocre	29	Ocre	29	Ocre	29
16		17		18		19		20	
Feld. K	437	Feld. K	427	Feld. K	416	Feld. K	405	Feld. K	395
Colém anite	11	Colém anite	11	Colém anite	10	Colém anite	10	Colém anite	10
Craie	169	Craie	167	Craie	164	Craie	161	Craie	159
Dolomie	81	Dolomie	79	Dolomie	78	Dolomie	77	Dolomie	75
Moloch.	3	Moloch.	39	Moloch.	75	Moloch.	112	Moloch.	148
Silice	269	Silice	248	Silice	226	Silice	205	Silice	184
Ocre	28	Ocre	28	Ocre	29	Ocre	29	Ocre	30
21		22		23		24		25	
Feld. K	473	Feld. K	461	Feld. K	449	Feld. K	437	Feld. K	425
Colém anite	12	Colém anite	12	Colém anite	11	Colém anite	11	Colém anite	10
Craie	183	Craie	180	Craie	177	Craie	174	Craie	171
Dolomie	87	Dolomie	86	Dolomie	84	Dolomie	83	Dolomie	81
Moloch.	4	Moloch.	43	Moloch.	82	Moloch.	121	Moloch.	160
Silice	210	Silice	188	Silice	166	Silice	143	Silice	121
Ocre	28	Ocre	29	Ocre	29	Ocre	30	Ocre	30

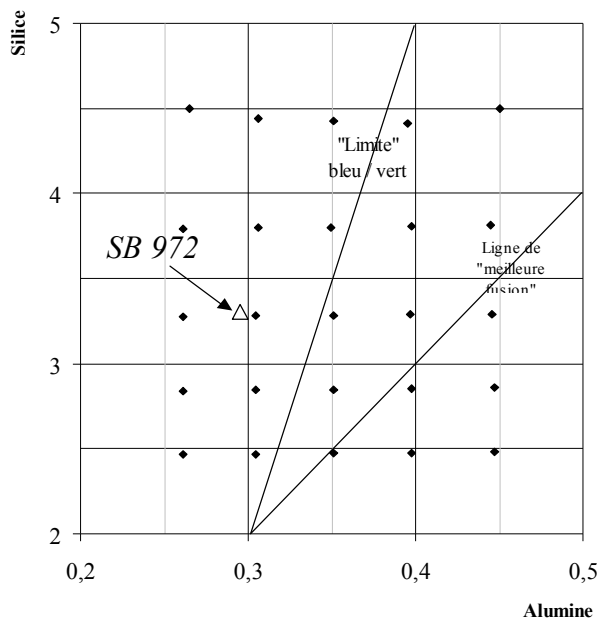
Recettes des différents "bleus" entourant bSB 972

1		2		3		4		5	
Na2O	0,069	Na2O	0,068	Na2O	0,067	Na2O	0,066	Na2O	0,069
K2O	0,149	K2O	0,148	K2O	0,148	K2O	0,148	K2O	0,149
CaO	0,650	CaO	0,651	CaO	0,650	CaO	0,652	CaO	0,650
MgO	0,127	MgO	0,133	MgO	0,135	MgO	0,133	MgO	0,127
Al2O3	0,265	Al2O3	0,306	Al2O3	0,351	Al2O3	0,395	Al2O3	0,450
SiO2	4,500	SiO2	4,436	SiO2	4,428	SiO2	4,408	SiO2	4,500
Fe2O3	0,015	Fe2O3	0,015	Fe2O3	0,016	Fe2O3	0,016	Fe2O3	0,015
Silice/Alumine	16,981	Silice/Alumine	14,483	Silice/Alumine	12,601	Silice/Alumine	11,165	Silice/Alumine	10,000
6		7		8		9		10	
Na2O	0,068	Na2O	0,067	Na2O	0,067	Na2O	0,067	Na2O	0,066
K2O	0,147	K2O	0,147	K2O	0,148	K2O	0,149	K2O	0,149
CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,650
MgO	0,135	MgO	0,134	MgO	0,134	MgO	0,134	MgO	0,134
Al2O3	0,261	Al2O3	0,306	Al2O3	0,350	Al2O3	0,398	Al2O3	0,445
SiO2	3,790	SiO2	3,798	SiO2	3,798	SiO2	3,808	SiO2	3,810
Fe2O3	0,013	Fe2O3	0,014	Fe2O3	0,015	Fe2O3	0,015	Fe2O3	0,016
Silice/Alumine	14,531	Silice/Alumine	12,429	Silice/Alumine	10,846	Silice/Alumine	9,576	Silice/Alumine	8,562
11		12		13		14		15	
Na2O	0,068	Na2O	0,068	Na2O	0,067	Na2O	0,067	Na2O	0,066
K2O	0,147	K2O	0,148	K2O	0,148	K2O	0,149	K2O	0,149
CaO	0,652	CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,651
MgO	0,134	MgO	0,134	MgO	0,134	MgO	0,134	MgO	0,134
Al2O3	0,261	Al2O3	0,305	Al2O3	0,351	Al2O3	0,397	Al2O3	0,446
SiO2	3,273	SiO2	3,282	SiO2	3,281	SiO2	3,287	SiO2	3,290
Fe2O3	0,012	Fe2O3	0,013	Fe2O3	0,014	Fe2O3	0,014	Fe2O3	0,015
Silice/Alumine	12,540	Silice/Alumine	10,761	Silice/Alumine	9,348	Silice/Alumine	8,280	Silice/Alumine	7,377
16		17		18		19		20	
Na2O	0,068	Na2O	0,068	Na2O	0,067	Na2O	0,067	Na2O	0,066
K2O	0,147	K2O	0,146	K2O	0,148	K2O	0,149	K2O	0,150
CaO	0,651	CaO	0,652	CaO	0,651	CaO	0,665	CaO	0,651
MgO	0,134	MgO	0,133	MgO	0,134	MgO	0,134	MgO	0,133
Al2O3	0,261	Al2O3	0,305	Al2O3	0,351	Al2O3	0,398	Al2O3	0,447
SiO2	2,837	SiO2	2,842	SiO2	2,845	SiO2	2,850	SiO2	2,858
Fe2O3	0,010	Fe2O3	0,012	Fe2O3	0,013	Fe2O3	0,014	Fe2O3	0,015
Silice/Alumine	10,870	Silice/Alumine	9,318	Silice/Alumine	8,105	Silice/Alumine	7,161	Silice/Alumine	6,394
21		22		23		24		25	
Na2O	0,068	Na2O	0,067	Na2O	0,067	Na2O	0,067	Na2O	0,066
K2O	0,147	K2O	0,147	K2O	0,148	K2O	0,149	K2O	0,150
CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,651	CaO	0,651
MgO	0,134	MgO	0,134	MgO	0,133	MgO	0,134	MgO	0,133
Al2O3	0,261	Al2O3	0,305	Al2O3	0,351	Al2O3	0,398	Al2O3	0,447
SiO2	2,466	SiO2	2,467	SiO2	2,476	SiO2	2,470	SiO2	2,479
Fe2O3	0,010	Fe2O3	0,011	Fe2O3	0,012	Fe2O3	0,013	Fe2O3	0,014
Silice/Alumine	9,448	Silice/Alumine	8,089	Silice/Alumine	7,054	Silice/Alumine	6,206	Silice/Alumine	5,546

Formules des différents "bleus" entourant bSB 972

Les 0,02 moles de B2O3 sont à ajouter

Les résultats ont été reproductibles au cours de plusieurs cuissons, on peut essayer de les interpréter en s'aidant du graphique représentant la position des différentes compositions dans un diagramme silice / alumine.



Tous les essais sont fondus et convenablement réduits, la fusion est plus nette "en bas à gauche". La ligne de "séparation" entre les bleus et les verts correspond à l'équation :
silice supérieure à 30 fois l'alumine moins 7 = bleu

Ceci est un peu compliqué et par ailleurs, BFRJ constitue une exception gênante, je préfère donc reprendre une règle plus simple et bien connue des émailleurs : **le rapport silice sur alumine doit être supérieur à 10 pour qu'on puisse avoir du bleu.** Mais BFRJ fait toujours exception...

Les rapports silice sur alumine sont portés dans le tableau du bas de la page précédente.

Nous avons un certain nombre de bleus utilisables qui présentent diverses nuances. En fait, le bleu de départ, dont le point représentatif se trouve sur le graphique ci-dessus, était tout à fait convenable et c'est donc à partir de celui-ci que j'ai continué la recherche.

L'ocre

Quelles nuances peut-on avoir en faisant varier la quantité d'oxyde de fer ?

Renforce-t-on le bleu lorsqu'on augmente la quantité d'ocre ? C'est ce que j'ai cherché à savoir en réalisant une variation progressive de cette matière première dans la base précédente réalisée sans ocre en A et avec 6% d'ocre en B.

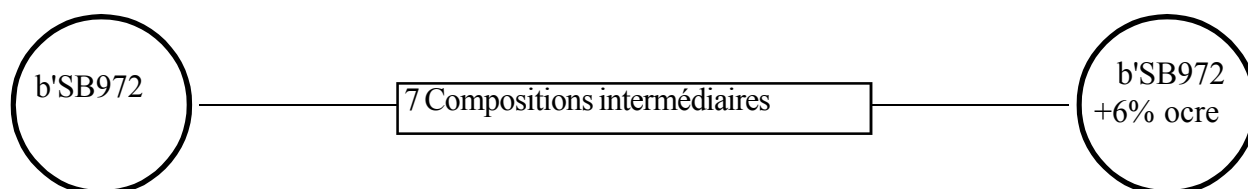


Photo 8 page 52

Je ne rappelle pas les formules et recettes de A et B. En cinq on a 3 % d'ocre, en trois 1,5 %, en deux 0,75% et 0 % en un = A. Par ailleurs, on sait qu'il y a environ 20 % d'oxyde de fer dans l'ocre de Puisaye, celle que j'ai utilisée, et 25 % dans l'ocre de Roussillon.

Il est un peu surprenant que la teinte soit déjà bleue sans ajout. Les analyses des matières premières font apparaître de l'oxyde de fer dans la plupart d'entre elles, c'est là l'origine de cette coloration. Avec 6% d'ocre, soit 1,2% d'oxyde de fer ajouté, on obtient un bleu vert ; on sort du domaine du bleu, on entre dans un autre univers qui serait sans doute à explorer.

L'influence du bore

Jusque là, j'avais conservé les 1% de borocalcite de la formule originelle, avec le risque de décollement de l'émail qu'elle représentait, était-elle vraiment indispensable ? Si on en ajoute plus, a-t-on une amélioration de l'émail ? Par prudence, j'ai décidé de n'ajouter au maximum que 6 % de celle-ci et de ne pas faire appel à une fritte, car mon intention consistait surtout en une simplification de la formule si l'apport du bore ne me semblait pas déterminant. Je pars encore de SB972, sans bore et avec 3 % d'ocre.

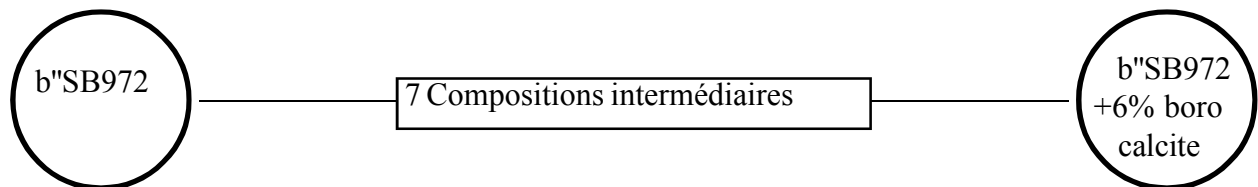


Photo 9 page 52

Je manquais alors de pastilles biscuitées, j'ai pris des paniers aux anses cassées... On distingue des formations de bulles autour de 3 % de borocalcite et une plus grande fusibilité vers 6 %. En réalité, *il n'y a pas de réel avantage à garder cette matière première*. Cependant, aux alentours de 1%, elle ne perturbe rien, et on pourrait garder SB 972 comme base des prochains essais, c'est ce que j'ai fait.

Le rôle du phosphore

J'avais entendu dire que le phosphore provoquait la formation de bulles responsables d'une certaine opalescence, d'un aspect laiteux caractéristique des Jun, de nombreuses formules le prévoyaient, qu'en était-il ?

La glaçure de départ est toujours SB972, comme dans les essais précédents, mais avec 3 % d'ocre et 1 % de colémanite.

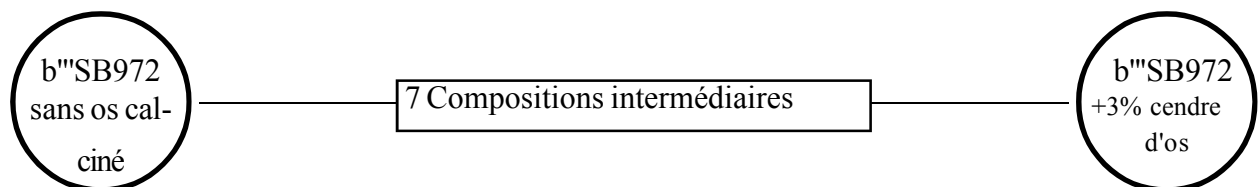


Photo 10 page 53

Au fur et à mesure de l'addition de cendre d'os, la glaçure blanchit, devient plus laiteuse, s'opacifie, développe des bulles de plus en plus grosses qui finissent par éclater, avec un ajout très faible, on a une réelle modification sans altération ; cependant, l'obtention du bleu n'est pas lié à la présence du phosphore, celui-ci renforce seulement l'opalescence qu'on obtient lorsque l'alumine est au plus bas.

Le magnésium

SB 972 contient déjà du magnésium sous forme de dolomie, mais il semble bien que le talc et la dolomie n'agissent pas de la même façon dans la matière d'un émail, même si on garde la même formule moléculaire. J'ai gardé la même base avec sa dolomie, sans cendre d'os, et j'ai ajouté progressivement 5 % de talc (nous ne sommes donc pas à formule moléculaire constante, ce qui aurait été préférable).

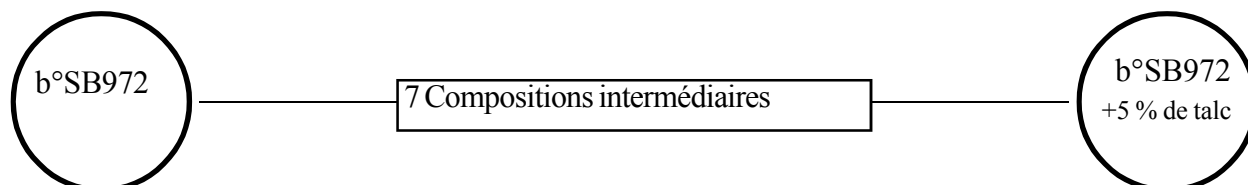


Photo 11 page 53

En réalité j'ai fait trois cuissons très voisines, mais les résultats ont été différents, la deuxième cuisson s'est terminée environ 10 °C au-dessus de la première faisant disparaître l'aspect blanc laiteux provoqué par le talc. On remarque la naissance de micro-bulles, nettes à 5 %. Les bulles sont peut-être provoquées par les impuretés du talc, ce talc en effet provoque assez souvent des bouillonnements, surtout en réduction.

Avec l'ensemble de ces informations, j'ai pu réaliser un ensemble de bleus plus ou moins transparents, opaques, laiteux, limpides... Il suffit de jouer avec les matériaux.

Deux facteurs au moins n'ont pas été évoqués : le rôle du support et celui de la cuisson.

Le rapport du bleu à son support

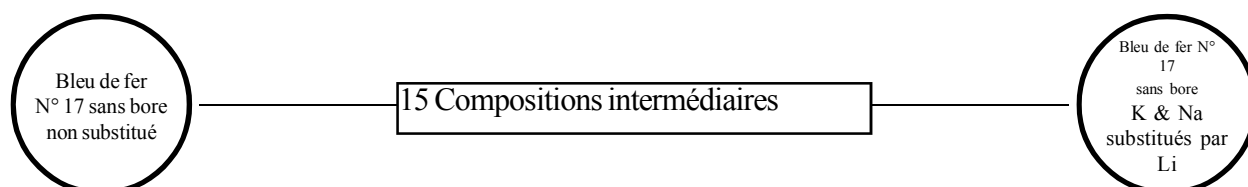
Le tressailage

Dans le cas du céladon de Rhodes, j'ai pu accorder l'émail à la porcelaine PT298B par addition de kaolin à la glaçure, on voit de suite que dans ce cas, on fera décroître le bleu au profit du vert, cette solution n'est donc pas possible. Comment adapter ?

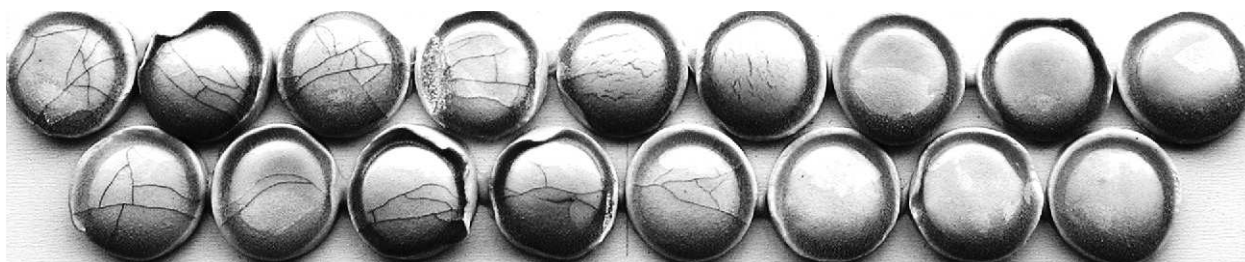
Il reste deux solutions :

- **Adapter la pâte à l'émail** ou faire décroître le coefficient de dilatation du bleu par un autre procédé que l'ajout de kaolin. Il est intéressant d'essayer différentes pâtes, souvent l'une d'elles conviendra mais on peut également concevoir une pâte de porcelaine en jouant sur silice, kaolin et feldspath ; on peut utiliser la méthode des mélanges en triangle mais cette fois avec des quantités de matière importantes.

- Plus simplement, on utilise la substitution de feldspaths : le **feldspath lithique** va permettre une diminution du coefficient de dilatation. Pour évaluer la substitution nécessaire on réalise une substitution totale puis on mélange en ligne.



1		3		5		7		9		11		13		15		17	
f. Li	0	f. Li	74	f. Li	149	f. Li	223	f. Li	298	f. Li	372	f. Li	446	f. Li	521	f. Li	595
f de K	430	f de K	376	f de K	323	f de K	269	f de K	215	f de K	161	f de K	108	f de K	54	f de K	0
o cre	29	o cre	29	o cre	28	o cre	28	o cre	28	o cre	27	o cre	27	o cre	26	o cre	26
do lom	85	do lom	85	do lom	85	do lom	84	do lom	84	do lom	84	do lom	84	do lom	83	do lom	83
ca lc	168	ca lc	168	ca lc	168	ca lc	168	ca lc	169	ca lc	169	ca lc	169	ca lc	169	ca lc	169
m o lo	39	m o lo	34	m o lo	29	m o lo	24	m o lo	20	m o lo	15	m o lo	10	m o lo	5	m o lo	0
s ilic e	250	s ilic e	235	s ilic e	221	s ilic e	206	s ilic e	192	s ilic e	177	s ilic e	162	s ilic e	148	s ilic e	133



À partir du n° 10, le tressillage disparaît ; en réalité, il vaut mieux se situer vers le N° 14. La couleur n'est pas affectée par la substitution ; paradoxalement, la viscosité non plus. Le support utilisé n'était pas la PT298B, mais une autre porcelaine qui n'est pas dans le commerce, c'est donc la méthode qui est à retenir.

La couleur du tesson

Les bleus sont plus bleus sur des tessons sombres, c'est une remarque assez triviale. J'ai pu me rendre compte, de manière évidente, de ce phénomène (qui semble être analogue à celui qui provoque le bleu du ciel) en recouvrant d'encre noire un bleu tressaillé posé sur un tesson poreux : l'encre a pénétré les craquelures, a diffusé dans le tesson sur quelques millimètres rendant le bleu plus soutenu dans cette zone, alors qu'il restait inchangé sur fond blanc.

Photo 12 page 53

Les sous-couches

Partant du constat ci-dessus, l'idée vient d'utiliser des sous-couches sombres, des engobes à base d'oxydes de fer, des superpositions d'émaux : bleu de fer sur Tenmoku par exemple. On obtient ainsi une grande variété d'effets, en particulier lorsque la couche inférieure est le siège de bouillonnements

Les cuissons

J'ai testé diverses courbes de cuisson. Une courbe de cuisson est rarement adaptée à plusieurs glaçures à la fois. Le palier de fin de cuisson des céladons ne convient pas bien aux bleus, en revanche, la cuisson des rouges de cuivre convient bien à mes bleus. Pour résumer : une montée assez rapide (6h) réductrice à partir de 500°C, très réductrice à partir de 900°C puis une phase très peu réductrice à partir du nappage. Le refroidissement rapide jusqu'à 800°C (1h) permet de conserver une limpidité et évite les cristaux, il fait suite à un pic de température à 1310°C sans palier, ce qui empêche les coulures et le grossissement de bulles. Pour obtenir des bleus satinés, ce type de cuisson ne convient pas, il faudra travailler des paliers de cristallisation au refroidissement.



LES SHINO

Glaçure ou type céramique ?

Avec le céladon, nous étions en Chine pour un voyage dans le temps, nos balises locales se trouvaient à la Percival David Foundation de Londres, à la collection Baur de Genève, aux musées Guimet et Cernuschi ou, plus prosaïquement, dans les magasins de la Compagnie de l'Orient et de la Chine. Ces céramiques parfaites ne pouvaient pas heurter nos conceptions d'occidentaux habitués au lisse, au régulier, au discret, voire au fade. En entrant dans le monde du Shino, ou plus exactement dans le monde des Shino historiques, il y a une gêne : les "trous d'épingle" dans la couverte, les coulures, les marques de doigts, les formes frustes comme "taillées à la serpe", la terre rugueuse volontairement visible, en quelque sorte, un manque de "fini" (si on se met à les comparer aux précédents), tout ceci associé à une teinte mal définie qui va d'un blanc cireux à l'écarlate en passant par des gris, des roses, des bruns, des beiges, constitue un ensemble qui dérange. Les interrogations viennent : le Shino est-il un style, une forme de céramique, une origine ou une glaçure ? Puis-je entrer dans cet univers sans changer mon regard ?

Pour moi, la première prise de conscience ne survint que très tardivement, en 1998, lors de l'exposition "*Écume et Terres Écarlates Céramique Shino*" de Osamu Suzuki à l'espace Mitsukoshi Étoile à Paris. Si, dans d'autres lieux, il était possible de ne pas voir les Shino parmi d'autres pièces qui attiraient un regard complice, là, il n'y avait que des Shino (si on excepte quelques grands plats Oribe qui ne risquaient pas d'offrir un répit : ils étaient encore plus surprenants). Avec une théière *Shino Yunomi* à la couverte séduisante et à la facture plutôt sage, j'ai pu faire une première approche, puis entrer petit à petit dans un autre monde céramique, celui du Japon.

Bien sûr Leach avait présenté Hamada, je connaissais un peu la céramique de Bizen, le Raku que je pratiquais, mais le pas à franchir me paraissait important alors que, paradoxalement, ce pas était déjà franchi : j'avais reconnu la valeur du Shino et une autre conception de la céramique, du simple fait de ma présence dans cette exposition.

Je n'ai pas assez travaillé le Shino dans l'esprit des Japonais, bien que j'aie modelé de nombreux bols, vases et plats, mais le plaisir que j'en ai éprouvé, associé à celui de trouver de nouvelles cuissons, m'ont incité à écrire ce petit chapitre alors que j'ai le sentiment de ne rien connaître du Shino.

Les informations recueillies

Matthes, Rhodes, Leach, Vittel, Anquetil, C. Shimizu ne parlent pas du Shino dans leurs livres les plus connus, j'ai trouvé quelques renseignements chez Daniel de Montmollin (*Pratique des émaux de grès*), Hamer (*The Potter's Dictionary*), Sanders (*La céramique japonaise*), dans le catalogue de l'exposition Suzuki et sur le site de Smart (<http://perso.wanadoo.fr/smart/>) où figure un article très sérieux de Hank Murrow sur le sujet.

Il y a longtemps, j'avais essayé la formule donnée par Daniel De Montmollin et j'avais mis les pastilles d'essais à cuire dans toutes mes cuissons du moment (oxydantes et réductrices), j'avais obtenu quelque chose qui pouvait ressembler à du Shino rouge, la formule était donc certainement correcte (le sérieux des livres de cet auteur m'ont alors conforté dans cette opinion). Les cuissons à montée réductrice m'avaient donné les meilleurs résultats, mais ce n'était pas pleinement satisfaisant, j'ai donc choisi de travailler sur la cuisson en premier, en intégrant à ces cuissons toutes les recettes que j'ai pu trouver (je les donnerai par la suite).

La cuisson des Shino

D. De Montmollin dit que la cuisson doit être réductrice, Hank Murrow insiste sur le refroidissement oxydant et propose des paliers de refroidissement oxydants entre 900 et 1100°C, d'une durée pouvant aller jusqu'à quatre heures pour obtenir la couleur "écarlate" qui semble bien être au coeur du Shino. Pour suivre la cuisson, j'ai repris le système des petits paniers : j'introduis une vingtaine de paniers contenant l'émail le plus sûr, je les retire au cours de la cuisson et plus particulièrement pendant le refroidissement.

Photo 13 page 54

Le shino reste blanc alors que la terre ferrugineuse noircit au cours de la montée réductrice. Vers 1000°C , au refroidissement oxydant, l'émail prend une teinte beige qui se renforce et devient rousse au bout de deux heures de palier ; la terre, quant à elle, s'éclaircit. Les indications de Hank Murrow se révèlent exactes.

Les recettes de départ

On remarque de suite qu'elles contiennent beaucoup d'alumine. Les feldspaths et le kaolin en sont les principaux composants, le fer n'apparaît souvent pas dans la recette, sa présence est assurée par le tesson et les matières premières qui en contiennent toujours un peu.

Les recettes anglaises et américaines posent des problèmes de réalisation car elles font référence à des matériaux locaux que nous ne pouvons pas nous procurer ; il a donc fallu trouver des solutions de remplacement. Voici quelques recettes :

Les recettes de Hamer

Recette 1 : SH néphéline 750, ball clay 250.

Recette 2 : SSC pétalite 380, néphéline 380, AT ball Clay 100, Hyplas ball clay 140.

Recette 3 : SJH néphéline 330, ball clay 330, Feldspath de potassium 330.

J'ai remplacé tout ce qui contenait le mot "ball clay" par de la RR40 de Provins !

Ces trois recettes m'ont donné de belles teintes dans des cuissons à 1320°C. La plasticité et l'accumulation d'eau provoquée par la présence de la RR40 qui agit comme de la bentonite favorisent les "trous d'épingle" et des retraits qui vont bien avec l'esprit du Shino. SH me paraît la moins bonne.

Les recettes de Murrow modifiées

	SHM2	SMS2
Pétalite	231	238
Néphéline	289	477
Ocre	28	22
Feld. de Na	336	124
Alumine	111	0
Kaolin Calc.	0	136
Titane	6	0

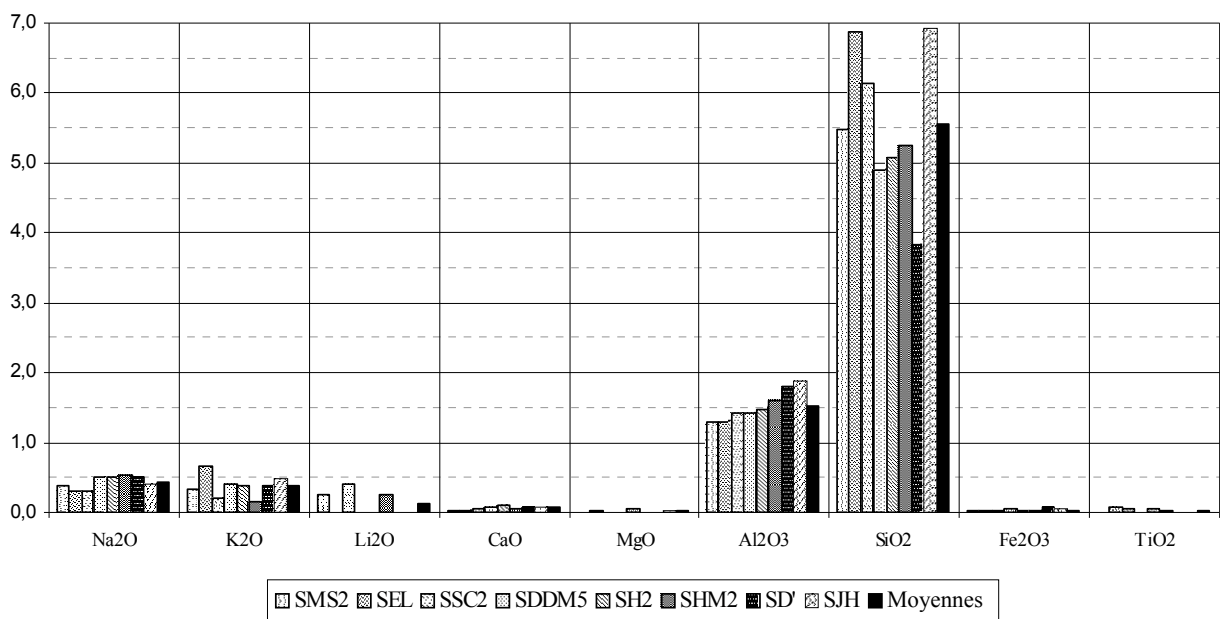
Ces recettes donnent des résultats acceptables.

La recette tirée des indications de D. De Montmollin

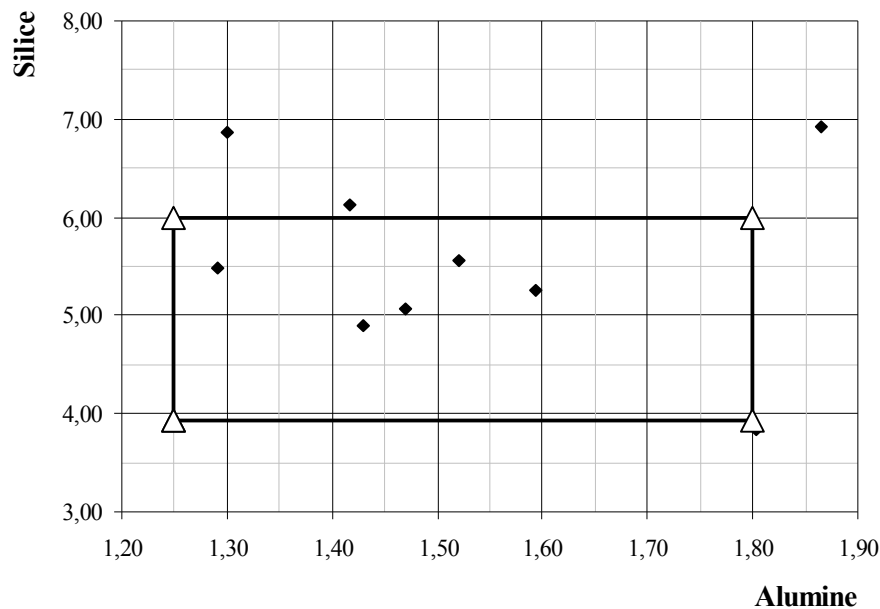
SDDM5								
ATMOSPHERE DE CUISSON : REDUCTRICE - TEMPERATURE 1320°C								
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES								
		oxydes "glaçants"				Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	6,0	7,4	0,9	28,0	56,4	1,3	
formule moléculaire unité	0,99	0,506	0,400	0,086	1,430	4,890	0,041	
Pourcentage molaire	100,00	6,88	5,44	1,17	19,45	66,50	0,56	
Indicateurs								
Indicateur		Min.	Valeur	Max..				
Tension superficielle théorique		250,00	333,83	400,00				
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	73,77	100,00				
Fus		0,40	0,37	1,50				
Si / Al		2,00	3,42	20,00				
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES								
Nombres de moles							composition pour ~1Kg	
Néphéline	1 mole KNaO	0,504	0,380	0,085	0,950	3,732	0,003	759
Ocre	1 Mole Fe2O3	0,001	0,004	0,001	0,044	0,217	0,033	49
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,002	0,018		0,439	0,953	0,004	198

Comparaison des Shino

	Na2O	K2O	Li2O	CaO	MgO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	TiO2	Sil./Alu.
SEL	0,30	0,66	0,00	0,02	0,03	1,30	6,87	0,03	0,07	5,3
SSC2	0,31	0,21	0,41	0,06	0,01	1,42	6,13	0,03	0,04	4,3
SMS2	0,38	0,34	0,25	0,03	0,01	1,29	5,48	0,02	0,01	4,2
SJH	0,41	0,48	0,00	0,08	0,02	1,87	6,91	0,04	0,00	3,7
SH2	0,51	0,38	0,00	0,10	0,05	1,47	5,07	0,03	0,04	3,4
SDDM5	0,51	0,40	0,00	0,09	0,00	1,43	4,89	0,04	0,00	3,4
SHM2	0,53	0,16	0,26	0,04	0,01	1,59	5,25	0,02	0,02	3,3
SD'	0,52	0,39	0,00	0,09	0,00	1,80	3,83	0,06	0,00	2,1
Moyennes	0,43	0,38	0,11	0,06	0,01	1,52	5,55	0,03	0,03	4,0



Zone de situation de ces Shino dans un diagramme silice / alumine



Ce graphique va permettre de mieux cerner la zone à explorer sachant que seul SEL, situé en haut à gauche ne donne pas "l'effet Shino" et que SD' situé en bas à droite a tendance à se décoller.

De ces tableaux et graphiques, nous pouvons tirer certaines informations : les Shino sont des glaçures feldspathiques, alumineuses, alcalines qui contiennent un peu d'oxyde de fer, parfois un peu de titane, de lithium, mais pas d'alcalino-terreux.

J'ai voulu voir à partir de quelle proportion d'alumine, on obtient l'effet Shino (c'est-à-dire une couleur rousse superficielle sur un émail blanc), autrement dit faire une exploration silice / alumine autour d'un Shino qui "fonctionne". Les influences du calcium, du lithium, du phosphore (qui apparaît dans les formules originelles de Murrow) celle du dioxyde de titane et celle de la concentration en élément fer termineront provisoirement l'étude.

Exploration silice alumine

Il n'est pas possible avec 25 essais d'explorer un domaine aussi vaste, j'ai donc choisi de travailler, dans un premier temps, sur le rectangle qui apparaît sur le graphique précédent ; c'est là que j'ai trouvé les meilleurs Shino réalisés à l'aide de néphéline, alumine, silice et ocre qui seront les quatre matières premières utilisées pour ces essais.

Les recettes sont données par le tableau qui suit :

B = 1		2		3		4		C = 5	
Néphéline	707	Néphéline	691	Néphéline	676	Néphéline	660	Néphéline	644
Ocre	41	Ocre	41	Ocre	41	Ocre	40	Ocre	40
Alumine	43	Alumine	64	Alumine	85	Alumine	106	Alumine	127
Silice	211	Silice	206	Silice	201	Silice	196	Silice	191
6		7		8		9		10	
Néphéline	757	Néphéline	739	Néphéline	721	Néphéline	702	Néphéline	684
Ocre	41	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40
Alumine	47	Alumine	69	Alumine	91	Alumine	113	Alumine	136
Silice	158	Silice	155	Silice	151	Silice	147	Silice	143
11		12		13		14		15	
Néphéline	807	Néphéline	786	Néphéline	766	Néphéline	745	Néphéline	725
Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40
Alumine	51	Alumine	74	Alumine	97	Alumine	121	Alumine	144
Silice	106	Silice	103	Silice	101	Silice	98	Silice	96
16		17		18		19		20	
Néphéline	856	Néphéline	833	Néphéline	811	Néphéline	788	Néphéline	765
Ocre	40	Ocre	39	Ocre	39	Ocre	39	Ocre	39
Alumine	54	Alumine	79	Alumine	103	Alumine	128	Alumine	153
Silice	53	Silice	52	Silice	50	Silice	49	Silice	48
0	1003	0	1003	0	1004	0	1004	0	1004
A = 21		22		23		24		D = 25	
Néphéline	906	Néphéline	881	Néphéline	856	Néphéline	830	Néphéline	805
Ocre	39	Ocre	39	Ocre	39	Ocre	39	Ocre	39
Alumine	58	Alumine	84	Alumine	110	Alumine	135	Alumine	161
Silice	0	Silice	0	Silice	0	Silice	0	Silice	0

On aurait pu utiliser du kaolin au lieu de silice + alumine, mais il était plus simple de ne pas multiplier les matières premières, il sera toujours possible de faire les substitutions lorsqu'on aura choisi les recettes retenues.

Comme il y a peu de perte au feu dans ces matériaux, les formules seront réparties de manière régulière sur le rectangle, c'est pourquoi je ne propose pas un calcul systématique, celui-ci se fera uniquement pour les recettes retenues.

Après une cuisson très réductrice suivie d'un refroidissement très oxydant avec un palier de trois heures à 1000°C, on obtient un ensemble très homogène de Shino qui montre que la zone explorée n'est pas assez étendue. Cependant, pour une production, cette investigation serait suffisante.

Pour compléter, j'ai voulu savoir à partir de quelle proportion de kaolin calciné dans de la néphéline on obtenait "l'effet Shino" en présence de 4 % d'ocre.

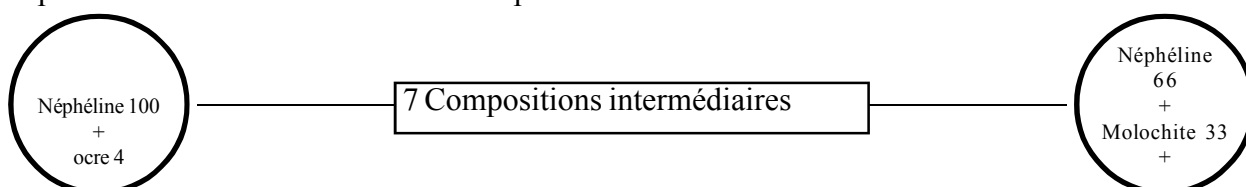


Photo 14 page 54

1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Néph.	1000	Néph.	958	Néph.	917	Néph.	875	Néph.	833	Néph.	791	Néph.	750	Néph.	708	Néph.	666
Moloch.	0	Moloch.	42	Moloch.	83	Moloch.	125	Moloch.	167	Moloch.	208	Moloch.	250	Moloch.	291	Moloch.	333
Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40

La néphéline seule est très grise, "l'effet Shino" commence à 8 % de kaolin calciné, il est bon à 16 % ; au-delà on n'agit plus que sur la brillance, la couleur reste inchangée.

Investigations autour de quelques facteurs

Influence du calcium

Hank Murrow dit que tout ajout de calcium fait disparaître la coloration rouge du Shino, cette affirmation est à vérifier, même si elle semble en plein accord avec les recettes connues qui ne prévoient jamais d'ajout de calcaire. Par ailleurs, on sait que les céladons et bleus sont plutôt calciques et qu'ils jouent avec des concentrations en fer semblables.

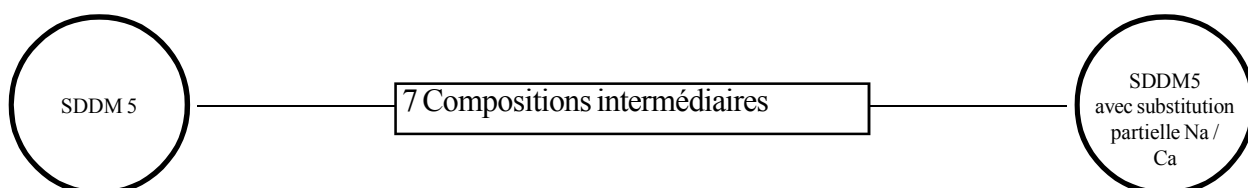


Photo 15 page 54

Il n'y a pas eu d'ajout de calcaire à la formule, mais substitution partielle de 0,4 mol d'alcalins par du calcium, les quantités de silice et d'alumine étant inchangées.

1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Néph.	755	Néph.	700	Néph.	645	Néph.	590	Néph.	535	Néph.	480	Néph.	425	Néph.	370	Néph.	315
Ocre	50	Ocre	50	Ocre	50	Ocre	50	Ocre	50	Ocre	50	Ocre	50	Ocre	50	Ocre	50
F. Na	0	F. Na	6	F. Na	13	F. Na	19	F. Na	25	F. Na	31	F. Na	38	F. Na	44	F. Na	50
Cal.	0	Cal.	10	Cal.	20	Cal.	30	Cal.	40	Cal.	50	Cal.	60	Cal.	70	Cal.	80
Molo.	195	Molo.	223	Molo.	251	Molo.	279	Molo.	308	Molo.	336	Molo.	364	Molo.	392	Molo.	420
Sili.	0	Sili.	11	Sili.	21	Sili.	32	Sili.	43	Sili.	53	Sili.	64	Sili.	74	Sili.	85

Avec 1 % de calcaire, la couleur est légèrement altérée ; avec 7 % il n'y a plus de Shino, on passe dans des gris-vert, on se rapproche du céladon qui s'affirme ainsi en tant que glaçure calcique, alors que le Shino montre son caractère alcalin.

Influence du dioxyde de titane

On trouve cette matière dans les recettes de Hank Murrow et on connaît le rôle du titane dans d'autres glaçures : opacification, cristallisation, élévation de la température de fusion, virages au bleu.... Pour vérifier, j'ai composé les mélanges suivants :

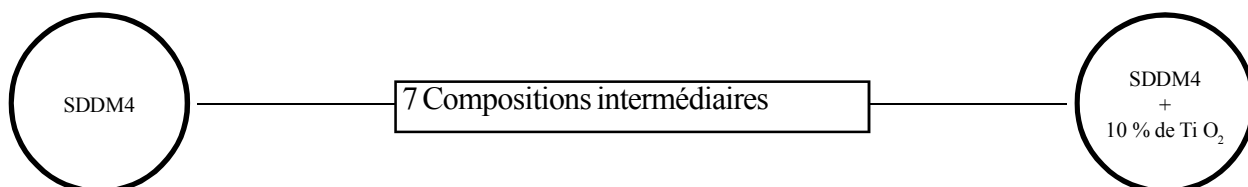
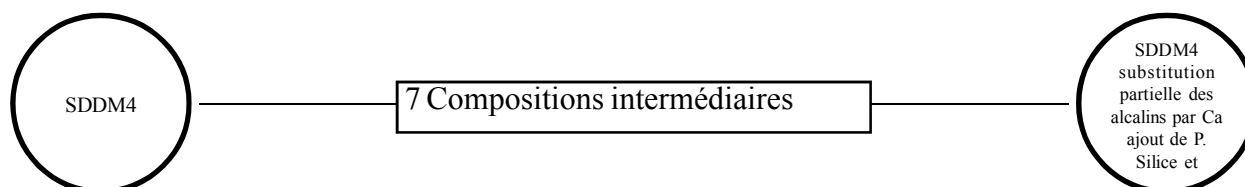


Photo 16 page 54

La teinte du Shino est modifiée à partir de 1% de dioxyde de titane, elle devient jaune-doré à 5 %, puis jaune mat par la suite, elle se rapproche alors des jaunes de nickel / titane.

Influence du phosphore

Les formules nord américaines contiennent du phosphore, celui-ci étant apporté par des feldspaths spécifiques. Je n'ai que de la cendre d'os comme source de phosphore ; elle introduira également du calcium, ce qui, comme nous l'avons vu, n'est guère souhaitable. La présence dans les rouges de fer de l'élément phosphore laisse penser qu'il peut avoir un rôle positif dans le développement de la couleur "pourpre".



L'alumine et la silice ont été gardées constantes, l'ocre également ; j'ai introduit seulement 2,2 % de cendre d'os au maximum, ce qui représente 0,034 mol de P_2O_5 , une partie des alcalins a été substituée par les 0,075 mol de carbonate de calcium de la cendre d'os.

1		2		3		4		5		6		7		8		9	
C. d'os	0	C. d'os	3	C. d'os	6	C. d'os	8	C. d'os	11	C. d'os	14	C. d'os	17	C. d'os	19	C. d'os	22
Néph.	761	Néph.	752	Néph.	744	Néph.	735	Néph.	726	Néph.	717	Néph.	709	Néph.	700	Néph.	691
Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40	Ocre	40
Molo.	202	Molo.	206	Molo.	210	Molo.	214	Molo.	218	Molo.	221	Molo.	225	Molo.	229	Molo.	233
Sil.	0	Sil.	2	Sil.	4	Sil.	6	Sil.	9	Sil.	11	Sil.	13	Sil.	15	Sil.	17

Il n'y a pas d'avantages à introduire du phosphore dans ces proportions, les derniers essais présentent un verdissement dû au calcium. On pourrait envisager d'incorporer le phosphore sous forme d'une fritte.

Influence de la concentration en élément fer

Le terme de concentration n'est sans doute pas exact pour la couverte cuite puisqu'il semble bien qu'on a une accumulation de l'élément fer en surface, conformément à la loi de Gibbs (Daniel de Montmollin) ; ceci autorise à penser qu'il faut très peu de fer pour obtenir une couleur soutenue si la cuisson est bien conduite. Souvent, aucun ajout n'est proposé. Ici, je propose de faire varier l'ocre dans la recette de 0 à 10 %.

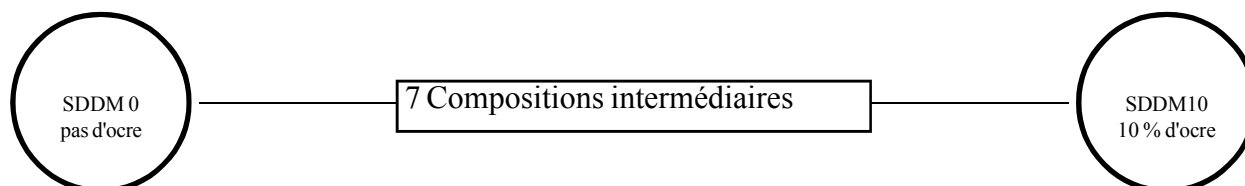


Photo 17 page 54

1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Néph.	779	Néph.	769	Néph.	759	Néph.	749	Néph.	740	Néph.	730	Néph.	720	Néph.	710	Néph.	700
Molo.	221	Molo.	218	Molo.	216	Molo.	213	Molo.	210	Molo.	207	Molo.	205	Molo.	202	Molo.	199
Ocre	0	Ocre	13	Ocre	26	Ocre	38	Ocre	51	Ocre	64	Ocre	77	Ocre	89	Ocre	102

Sans ocre, la couleur ne se développe que sur les angles, à partir de 2,5 % d'ocre, c'est-à-dire 0,4 % d'oxyde de fer, on obtient une couleur saumon, qui évolue vers des bruns chauds. Lors d'une cuisson oxydante, j'ai obtenu des teintes plus orangées mais la surface de la glaçure avait un aspect "peau d'orange" que j'ai attribué à une tension superficielle plus faible en oxydation.

Table des illustrations

Céladons, bleus, Shino

Les céladons

Photo 1 : Adaptation du céladon de Rhodes	49 & 14
Photo 2 : Suivi de cuisson de céladons	49 & 25
Photo 3 : Autour de l'eutectique calcique 1260°C	50 & 21
Photo 4 : Autour de l'eutectique calcique 1300°C	51 & 21
Photo 5 : Le titane dans CG	50 & 26
Photo 6 : Céladon rhyolite / cendre de bois	51 & 27

Les bleus

Photo 7 : La silice et l'alumine dans les bleus	52 & 34
Photo 8 : L'ocre dans les bleus	52 & 36
Photo 9 : Le bore dans les bleus	52 & 37
Photo 10 : Le phosphore dans les bleus	53 & 37
Photo 11 : Le magnésium dans les bleus	53 & 38
Photo 12 : La couleur du tesson	53 & 39

Les Shino

Photo 13 : Le suivi de cuisson	54 & 42
Photo 14 : Mélanges néphéline / kaolin calciné	54 & 45
Photo 15 : Le calcium dans les Shino	54 & 46
Photo 16 : Le dioxyde de titane dans le Shino	54 & 46
Photo 17 : L'ocre dans les Shino	54 & 47

Gouttes d'huile, fer concentré, rouges de fer

Les gouttes d'huile

Photo 18 : L'oxyde de fer et l'alumine	55 & 76
Photo 19 : Le phosphore et le titane	56 & 76
Photo 20 : Les oxydes basiques	57 & 77

Le fer concentré, généralités

Photo 21 : Triangle à 5% d'oxyde de fer en oxydation	58 & 67
Photo 22 : Triangle à 5% d'oxyde de fer en réduction	59 & 67

Les rouges de fer

Photo 23 : Les éléments fer et phosphore en oxydation	60 & 86
Photo 24 : Les éléments fer et phosphore en réduction	61 & 86
Photo 25 : La silice et l'alumine en oxydation	62 & 88
Photo 26 : La silice et l'alumine en réduction	63 & 88
Photo 27 : La substitution alcalins / calcium	64 & 91

Illustrations

Pour des raisons liées au coût, il n'a pas été possible de faire figurer les illustrations en face du texte auquel elles se rapportent. Je les ai rassemblées dans ce cahier de 16 pages en respectant, dans la mesure du possible, l'ordre d'apparition dans le livre. Cependant lorsqu'il faudra comparer deux images, elles seront placées sur la même page ou sur des pages en regard, ce qui pourra provoquer des décalages. Les principales conclusions seront rappelées afin de permettre une lecture quasi indépendante du cahier couleur.

La photographie de céramiques est difficile. Dans ce cahier, après avoir essayé l'argentique scanné, le numérique, j'ai choisi de scanner directement les plaques d'essais et de n'effectuer aucune retouche. Par ce moyen, j'obtiens un ensemble de clichés qui peuvent être comparés entre eux du fait de conditions d'éclairage et de traitement identiques. On aura remarqué le caractère purement technique de l'exercice.

Les céladons

Photo 1 : Adaptation de CR à la porcelaine 81298



L'ajout de kaolin a permis de faire disparaître les craquelures. Les différentes couleurs permettent de repérer l'évolution de celles-ci : au défournement (noir), 15 jours après (rouge) et enfin au bout d'un mois (vert).

La température finale ayant été supérieure à la température habituelle, la limite de craquelures qui apparaît sur la photo n'est pas correcte, c'est donc le principe qu'il faut retenir plus que la valeur.

Photo 2 : Suivi de cuisson de CR' à l'aide de paniers



20°C

700°C

1000°C

1200°C

1240°C

1260°C

Ici la réduction avait été très forte dès 500°C, ce n'est pas forcément nécessaire. L'apparition de la couleur se voit "en direct". Ce type de suivi est également possible pour les bleus de fer. En revanche, il ne le sera pas, aussi facilement, pour les rouges de cuivre qui restent incolores pendant toute la montée en température, le rouge n'apparaissant qu'au cours du refroidissement.

Photo 3 : Les essais "en carré" autour de l'eutectique calcique



Cuisson à 1260°C selon la courbe de la page 24

La couleur de l'ocre est conservée dans toute la partie sous-cuite. La pastille située à gauche de la pastille centrale et qui correspond approximativement à l'eutectique est bien fondue. On distingue une zone grise qui sépare les compositions cuites de celles qui ne le sont pas assez.

Photo 5 : Le titane dans le céladon CG



À droite, 2% de dioxyde de titane, à gauche, pas de titane ; on constate que la couleur vire au vert dès la concentration de 0,25% ; à 2%, la couleur devient brun-vert.

Photo 4 : Les essais "en carré" autour de l'eutectique calcique



Cuisson à 1300°C selon la courbe de cuisson des bleus de fer et rouges de cuivre

La zone sous-cuite a reculé, la frange grise s'est déplacée vers les valeurs plus basses de la silice. Dans cet ensemble, un grand nombre de compositions est utilisable, l'adaptation au support pourra constituer un critère de choix.

Photo 6 : Un céladon à partir d'une rhyolite et d'une cendre de bois



Vers le numéro 7 on obtient un céladon original : trop vert, trop brillant, trop craquelé, c'est pour ça que je l'apprécie, en dehors de sa simplicité et de l'origine morvandelle de ses matériaux de base.

Les Bleus de fer

Photo 7 : Le rapport silice sur alumine



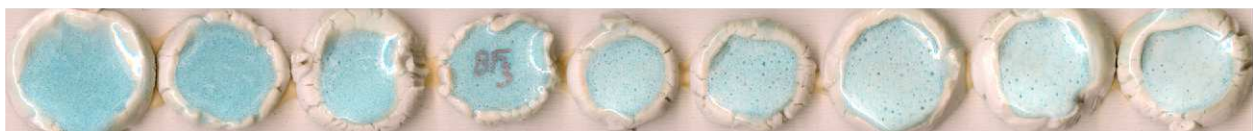
La couleur tend vers les teintes traditionnelles du céladon lorsque le rapport silice sur alumine diminue. Les couleurs bleues opalescentes apparaissent pour les valeurs les plus fortes de ce rapport.

Photo 8 : Augmentation progressive de l'ocre dans un bleu



Même sans ocre, la glaçure est bleue en raison du fer contenu dans les matériaux de base. Lorsque le fer est concentré, la couleur ne se renforce pas, elle se transforme.

Photo 9 : Influence du bore dans un bleu de fer



Un ajout faible de borocalcite provoque un bouillonnement, un ajout plus important fait disparaître les bulles, mais ne renforce pas le bleu.

Photo 10 : Le rôle du phosphore



L'augmentation de la concentration en phosphore provoque l'opalescence de la couverte par développement de micro-bulles. La teinte, sur porcelaine, blanchit. Avec trois pour cent de cendres d'os, certaines bulles éclatent.

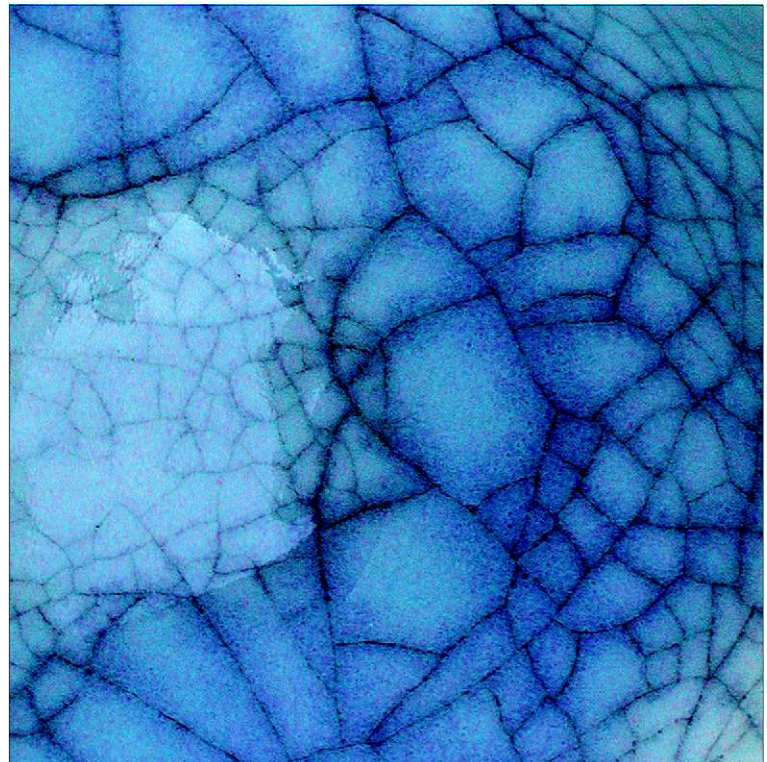
Photo 11 : Addition de talc



Bizarrement, l'addition de talc a approximativement le même effet que celui du phosphore : la couverte blanchit, il y a développement de bulles ; la glaçure contenant beaucoup de dolomie, on peut penser que talc et dolomie n'agissent pas de la même façon.

Photo 12 : Le bleu et la couleur du tesson.

Les craquelures ont été recouvertes d'encre noire. Par capillarité l'encre a pénétré le tesson sur le pourtour des microfissures : à ces endroits, le bleu semble plus bleu. On peut en déduire que la couleur du bleu de fer relève plus d'un jeu de la lumière avec la matière que d'une pigmentation.



Les Shino

Photo 13 : Le suivi de cuisson (refroidissement)



1320	1000	1000	1000	1000	950	20
0	1h	1h 30	2h	2h 30	3h	15h

Après une montée fortement réductrice le Shino est blanchâtre. L'émail est très tendu. Il faut environ trois heures d'oxydation à 1000°C pour obtenir la teinte chaude du Shino.

Photo 14 : Le mélange néphéline - kaolin calciné



La néphéline seule ne donne pas de shino coloré, son aspect est plutôt gris. Avec 15 % de molochite la teinte est déjà assez soutenue, ensuite elle ne varie plus guère, mais la surface devient plus mate par manque de fusibilité.

Photo 15 : Le calcium dans le Shino



Avec 1 % de calcaire, la teinte vire déjà légèrement au vert ; à partir de 7 % environ, nous n'avons plus de Shino.

Photo 16 : Le dioxyde de titane dans le shino



La teinte du Shino est modifiée à partir de 1 % de dioxyde de titane ; à 5 % elle est jaune-doré, puis jaune de plus en plus mat par la suite.

Photo 17 : L'ocre dans le Shino



À 5 % d'ocre, soit 1% d'oxyde ferrique, la teinte est optimale ; au delà, on tombe dans des bruns soutenus. On peut remarquer que le pouvoir colorant du fer associé à l'alumine est très puissant à une concentration de 1,5 %.

Gouttes d'huile, fer concentré, rouges de fer

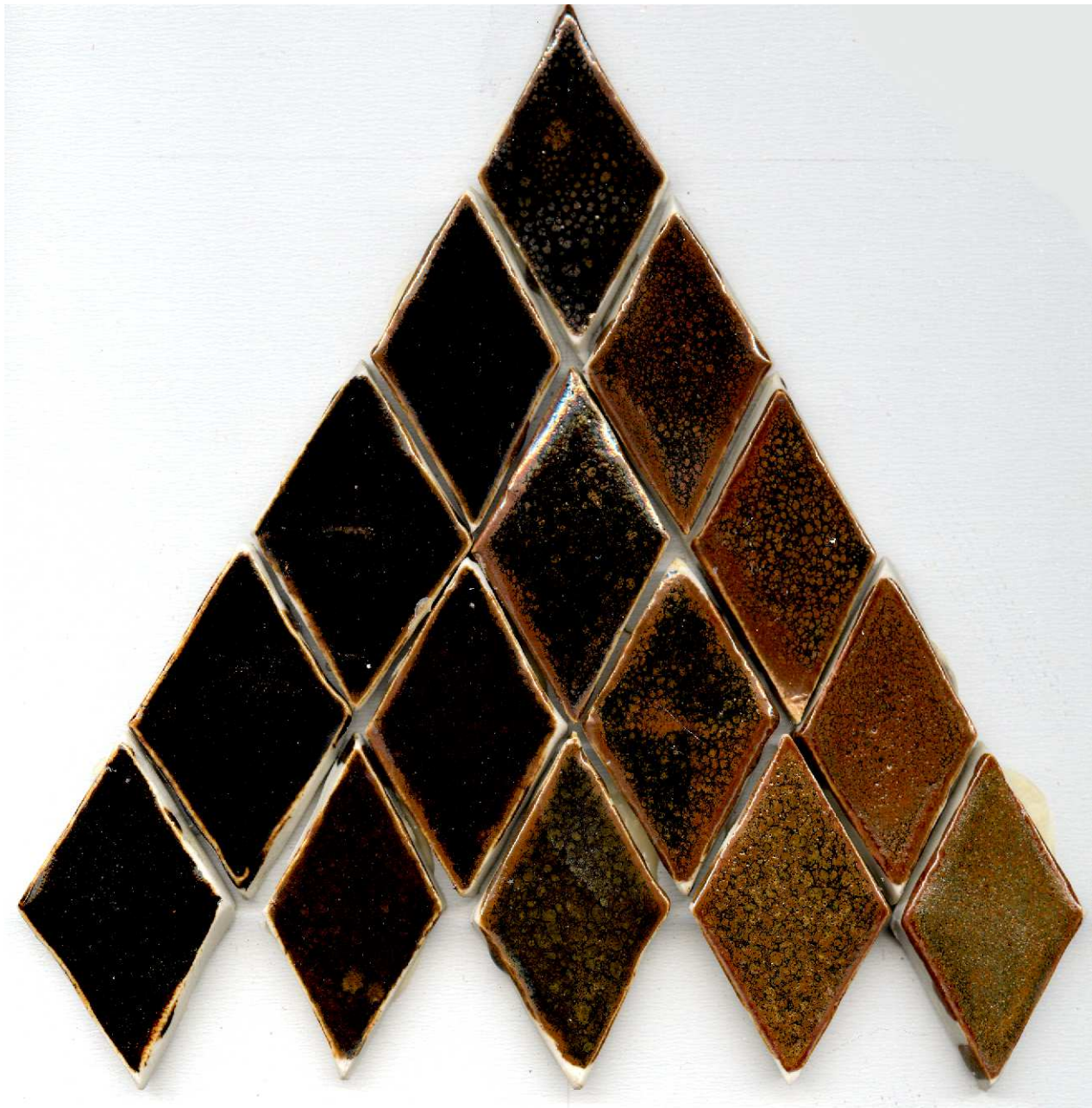
Les gouttes d'huile

Photo 18 : L'oxyde de fer et l'alumine



Les gouttes se développent à partir de 5 % d'oxyde ferrique, à 10 %, les bulles sont plus grosses. L'alumine n'est pas favorable au développement ni à la lisibilité du phénomène.

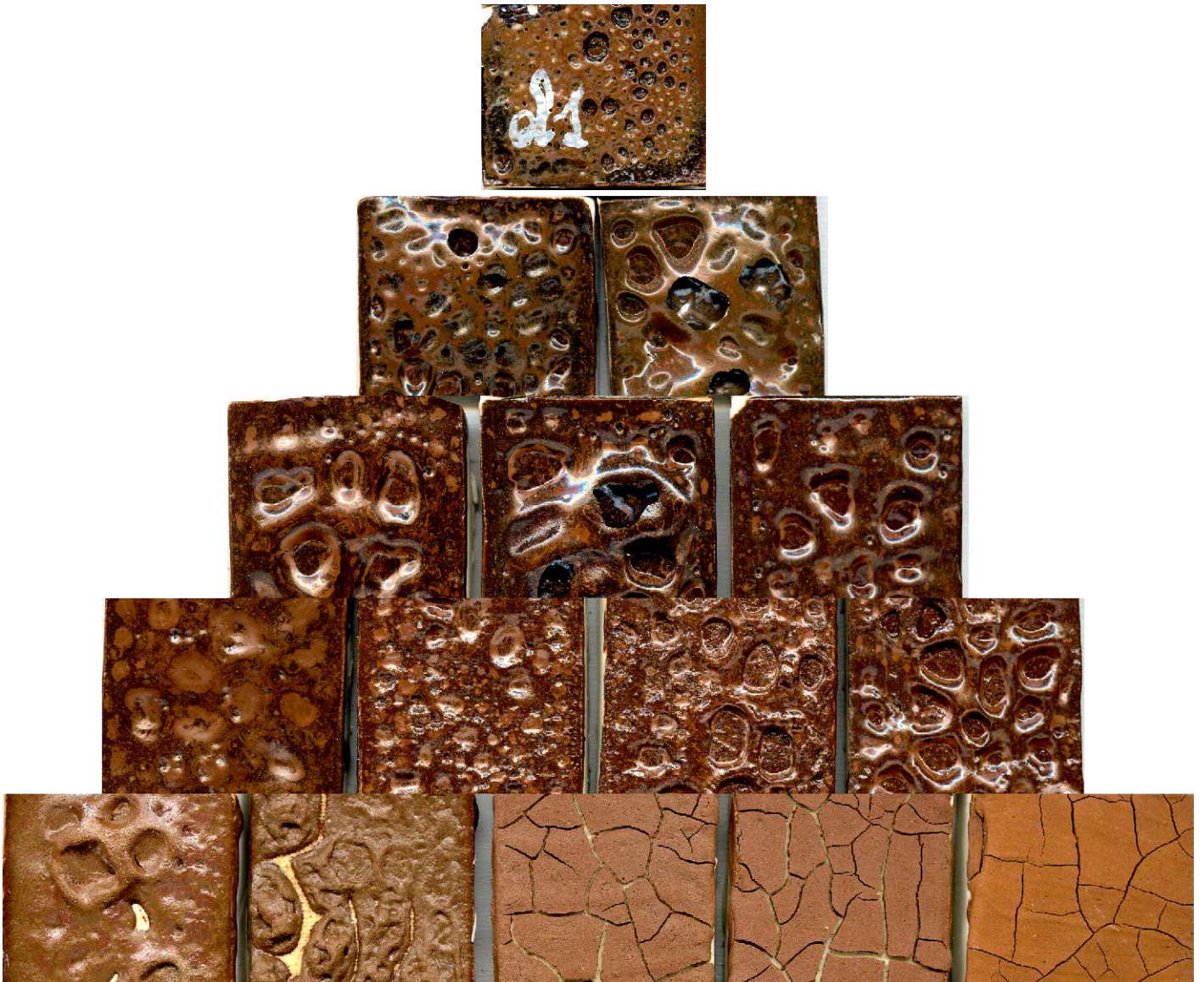
Photo 19 : Le phosphore et le titane



En augmentant la fusibilité de la glaçure, le phosphore n'aide pas à la formation de bulles dont la trace reste visible après cuisson. Aucune teinte rouge n'apparaît, contrairement à ce que j'avais espéré.

En grande quantité, le titane favorise une cristallisation peu favorable aux gouttes, il augmente peu le contraste entre l'intérieur et l'extérieur des taches, en revanche un voile brun clair se développe sur toute la glaçure.

Photo 20 : Les oxydes basiques($KNaO$, CaO , MgO)



J'ai parfois lu que le calcium était un composant indispensable pour le dégazage de la glaçure, ce n'est pas le cas : on obtient ce résultat quels que soient les oxydes basiques, pourvu que l'ensemble soit assez fusible, ce qui n'est pas le cas avec la seule magnésie.

Glaçures au fer concentré

Photo 21 : 5% d'oxyde de fer dans trois bases (calcique, magnésienne, alcaline)
Oxydation 1300°C



En oxydation, on trouve les gouttes d'huile en 9, la poussière de thé en 18-24, des bruns satinés en 14-20 et naturellement un ensemble de compositions difficilement utilisables. Je poursuivrai plus tard la recherche sur les "poussière de thé".

Photo 22 : 5% d'oxyde de fer dans trois bases (calcique, magnésienne, alcaline)
Réduction 1300°C

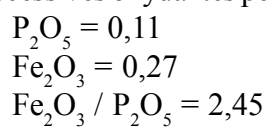


En réduction, le pôle alcalin développe des Tenmoku et des bruns satinés, mais également en 1, des reflets irisés qui pourraient être exploités. Les bulles à droite montrent qu'il est possible d'obtenir le phénomène gouttes d'huile en réduction.

Photo 23: Le phosphore et le fer en oxydation



Trois cuissons successives oxydantes permettent de dire que le N° 9 donne le meilleur rouge.



On remarque une assez belle goutte d'huile en 25 et des variations autour du N° 9 qui pourront être exploitées.

Photo 24 : Le phosphore et le fer en réduction



En réduction, c'est la même chose qu'en oxydation, mais les rouges sont plus éclatants et plus brillants. La tension superficielle est plus grande en réduction, ceci donne une surface plus réfléchissante.

Cette fois le bouillonnement est très réduit.

Photo 25 : La silice et l'alumine en oxydation



Le N° 9 précédent se situe entre les numéros 12 et 13. On retrouve pour cette composition un résultat proche de celui qui figure sur les pages précédentes.

Le rouge se développera mieux en oxydation si on augmente à la fois la silice et l'alumine (en comparaison avec la composition "centrale")

On retrouve le phénomène gouttes d'huile avec les valeurs les plus basses de la silice et de l'alumine. La zone d'exploration est insuffisante.

Photo 26 : La silice et l'alumine en réduction



La zone la plus rouge en réduction n'est pas située de la même façon qu'en oxydation, il y a un glissement vers les valeurs inférieures de la silice et de l'alumine.

Les rouges les plus intenses correspondent à :

SiO_2 aux environs de 3,5

Al_2O_3 de 0,38 à 0,47

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ entre 7,5 et 8,5

Photo 27 : Substitution des alcalins par du calcium



La couleur n'est pas franchement affectée par la substitution ; cependant, on voit les taches noires régresser tandis que la surface devient plus satinée pour finir rêche. On peut se poser la question de l'origine des taches noires dans les rouges de fer ; on peut se demander également si la substitution aurait eu le même effet avec d'autres valeurs de la silice et de l'alumine.



Le fer concentré, généralités

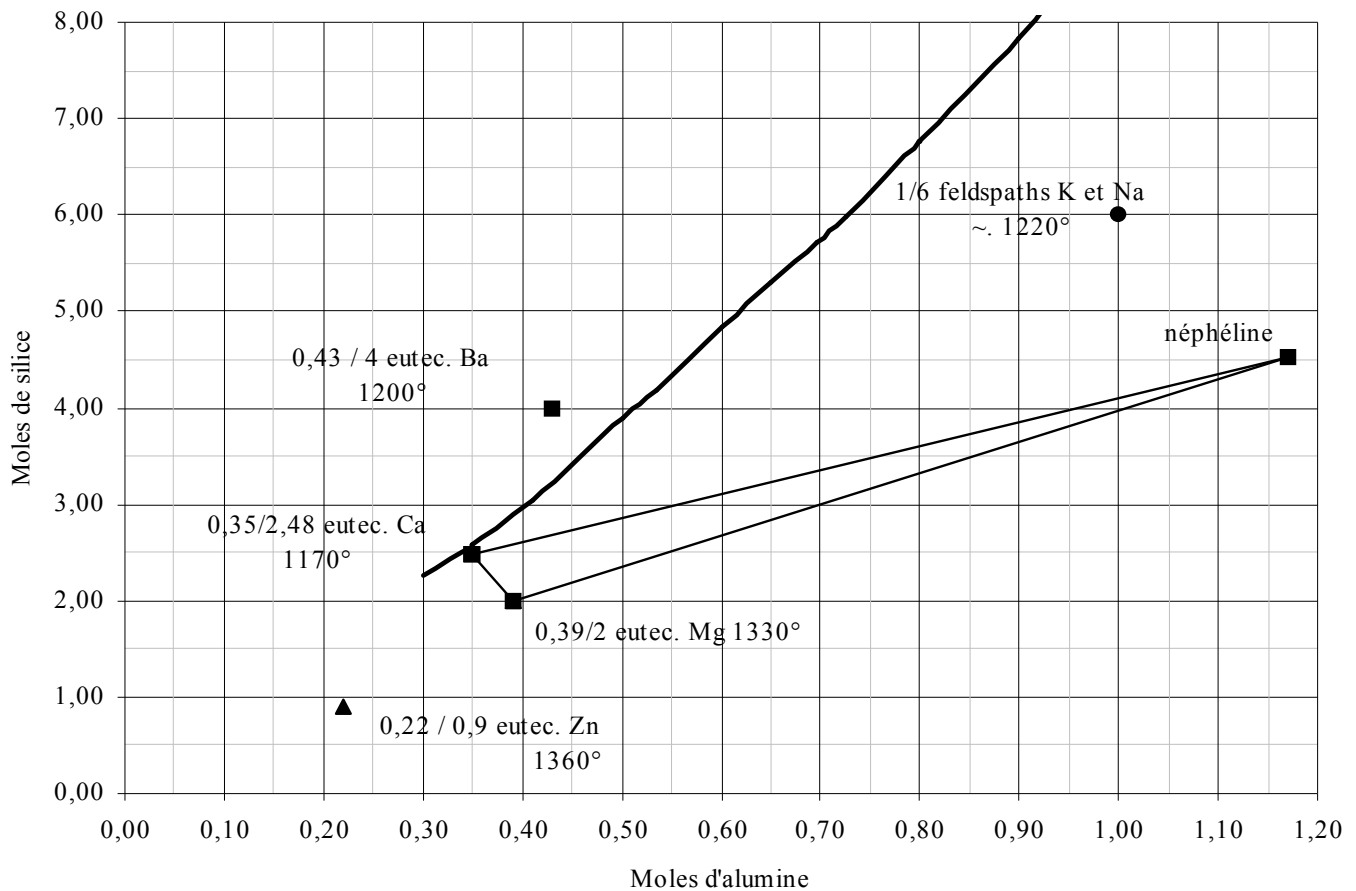
J'ai travaillé sur les gouttes et sur les rouges avant de me préoccuper de voir s'il serait possible d'avoir une approche systématique des glaçures au fer concentré. Ce petit chapitre n'est donc pas un préambule aux deux suivants.

Pour bien faire, il faudrait envisager différents niveaux de concentration de l'élément fer dans différentes glaçures incolores de base ; on pourrait par exemple imaginer d'introduire 5 , 10 , 15 , puis 20 % d'oxyde de fer dans des compositions inspirées des différents diagrammes de D. De Montmollin ou de ceux présentés par Marc Uzan dans *Les glaçures céramiques, méthodes de recherche*. Les diagrammes sont nombreux et les couples silice / alumine possibles multiplient encore le nombre des compositions envisageables, c'est donc un travail quasiment impossible ; est-il bien nécessaire ? Ce n'est pas certain, mais il faut bien reconnaître qu'il y a quelque chose de frustrant à ne pas pouvoir explorer les possibles. On a le sentiment de passer à côté de très belles glaçures nouvelles et de se cantonner à ce qu'on croit savoir.

On pourrait baisser les bras, c'est le découragement qui saisit lorsqu'on sent que la tâche est insurmontable, mais il suffit parfois de se lancer dans une recherche modeste pour éprouver quelques satisfactions qui permettent de poursuivre, de trouver des pistes, de trouver de nouvelles méthodes et de contribuer à la mise en forme d'un petit fragment de savoir, même si ce n'est pas ce dont on avait rêvé au départ.

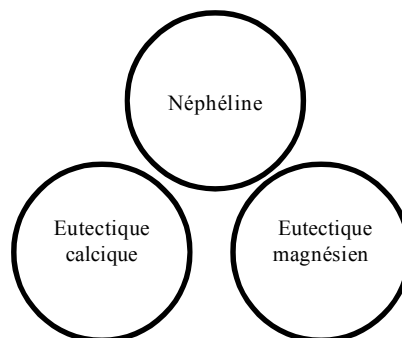
J'ai décidé de partir d'une base calcique, d'une base magnésienne et d'une base alcaline que je pouvais mélanger par la méthode du triangle. À ces mélanges, j'ai ajouté uniformément 5 % d'oxyde de fer rouge. Bien sûr, j'ignore pour l'instant les bases au baryum (il est toxique, le regret est faible), au zinc, au bore, au phosphore.... Tant pis.

Ce choix étant fait, il faut encore définir les compositions de base : elles doivent être fondues à 1280 /1300°C, pas trop éloignées du point de vue de la silice et de l'alumine pour ne pas faire varier trop de facteurs à la fois et se faire sans frites (c'est un choix personnel). En regardant la position des différents eutectiques dans un diagramme silice / alumine on voit ceci :



Si on s'écarte de l'eutectique magnésien, on n'aura pas de fusion. Autour de l'eutectique calcique on aura une bonne zone fondue ; il sera impossible de diminuer la silice et l'alumine pour le composé alcalin sans utiliser de fritte. Tout ceci n'est guère satisfaisant : il sera impossible d'avoir une valeur unique pour la silice et l'alumine.

J'ai choisi arbitrairement : A = néphéline, B = eutectique magnésien, C = eutectique chaux. C'est-à-dire le triangle allongé ci-dessus. Lorsqu'on se déplacera de BC vers A on aura une substitution des alcalins par des alcalino-terreux et une augmentation de la silice et de l'alumine assez voisine de celle qu'on aurait en ajoutant du kaolin.



Dans tous les essais, 5% d'oxyde de fer rouge ont été ajoutés. Les cuissons se sont faites en oxydation et en réduction à 1300°.

Poussière de thé 18								P	
ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C									
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES									
		oxydes "glaçants"					Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	1,3	1,9	10,0	6,2	16,2	53,6	10,7	
formule moléculaire unité	1,00	0,057	0,053	0,476	0,414	0,423	2,374	0,177	
Pourcentage molaire	100,00	1,43	1,33	11,98	10,42	10,64	59,74	4,45	
Indicateurs									
Indicateur		Min.	Valeur	Max..					
Tension superficielle théorique		250,00	365,51	400,00					
Coef. de dilatation théo. *10 exp 7		50,00	57,53	100,00					
Fus		0,40	0,73	1,50					
Si/ Al		2,00	5,61	20,00					
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES									
Nombres de moles								composition pour 1Kg	
Nephéline	1 mole KNaO	0,056	0,042	0,009		0,106	0,415	0,000	153
Talc	1 MgO			0,008	0,413	0,045	0,425	0,008	182
Carbonate de calcium	CaCO3			0,458			0,005		159
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,001	0,011			0,272	0,590	0,003	222
Silice	SiO2						0,940		194
Fe	Fe2O3							0,166	90

Cet émail m'a donné des résultats satisfaisants, il faut veiller à ne pas trop le cuire, étant donné son caractère calcique, il a tendance à couler. Avec des paliers au refroidissement, il peut cristalliser un peu trop.

Il aurait fallu travailler plus longuement sur ce type d'émail discret qui semble bien peu à la mode.



"Les gouttes d'huile"

Un rendez-vous manqué

Après la construction de mon four à propane en fibres, je me suis préoccupé d'autre chose que de la température : "plafonner" à 1150 avec mon antique four à bois était un cauchemar qui m'a peu à peu abandonné et j'ai pu tenter des cuissons franchement réductrices et franchement oxydantes.

La réduction était alors en vogue et réaliser un beau rouge vif resta assez longtemps un point de mire. L'oxydation, plus bruyante, je ne savais pas très bien à quoi ça servait, si ce n'est à réaliser des verts de cuivre, que j'appréciais peu. Je ne me doutais même pas de l'existence des roses de chrome / zinc, de chrome / étain, de chrome / titane, pas plus que du mode de réalisation de certains noirs que j'avais trouvés surprenants : leur surface était noire, criblée de taches brunes. Alchimie du feu (!) : comme il est confortable de s'abriter derrière ces beaux mots pour cacher une ignorance d'autant plus tranquille que la conduite, très souvent anxieuse, des cuissons au bois, avait fini par nous persuader qu'il était bien difficile de maîtriser quelque chose dans la pratique des arts du feu.

J'essayais dans mes cuissons tous les matériaux que je trouvais, les fines de carrières étant des matières bénies des Dieux puisqu'elles donnaient toujours quelque chose dans les émaux, pour peu qu'on les mélange entre elles ou avec de la terre, des cendres Morvandiau, j'avais à portée de main les carrières de granite gris et rose de La Roche en Brenil, la carrière de Sainte-Magnance (rhyolite), celle de Marcigny (microgranite) et, un peu plus éloignée, celle de Pont de Colonne (feldspaths et autres composés ferrugineux servant au revêtement des routes). J'essayais donc tous ces matériaux qui présentaient en plus l'avantage d'être gratuits, moulus, et naturels, ce qui n'était pas négligeable dans une époque de "retour aux sources et aux vraies valeurs". Un vase en forme de cône assez haut, émaillé avec la pierre de Pont-de-Colonne, était entièrement collé à la plaque d'enfournement après une cuisson oxydante. "L'émail" avait coulé en dessinant des traits verticaux alternativement bruns et noirs sur toute la surface externe et laissant en haut une zone brune assez uniforme. L'effet était plaisant, mais le résultat catastrophique, j'oubliais donc ce détail de cuisson, préoccupé par d'autres pistes d'investigation. Je venais de passer, sans rien voir, devant la "fourrure de lièvre" et la glaçure qui lui donne naissance : la goutte d'huile. Il n'est pas facile de lire un résultat de cuisson, c'est un exercice long qui nécessite la solitude et une attention soutenue. Le défournement en public avec recherche des meilleures pièces est un désastre pour la prise d'indices et la compréhension, porteuses de nouvelles avancées.

Depuis, il y a eu les publications de Daniel De Montmollin, de Jean Girel, de Greg Daly, pour ne citer que ceux que j'ai le plus utilisés. À cela se sont ajoutées des expositions en France des deux premiers et de Shimizu Uichi à l'espace Mitsukoshi à Paris en 1998. La photo du bol *yohen Tenmoku* du musée Fujita d'Osaka a fait le tour du monde et de nombreux potiers ont travaillé sur cette matière dont l'aspect apaisant laisse bien peu penser qu'elle fut un jour en ébullition. Je n'ai rien à ajouter à ce qui a pu être dit sur ce sujet, je vais donc simplement essayer de mettre mes idées en ordre pour présenter une synthèse destinée aux débutants.

Les recettes recueillies

Elles sont nombreuses ; je présenterai quelques fiches techniques après avoir rappelé que les Chinois de l'époque Song trouvaient toutes leurs matières premières dans leur environnement. On peut penser qu'ils avaient des carrières analogues à celle de Pont-de-Colonne, des roches volcaniques proches de la lave de Volvic (qui à elle seule est un émail tout à fait acceptable), mais aussi qu'ils utilisaient la cendre du foyer et les terres locales ferrugineuses. À l'aide de la méthode des mélanges en ligne, il est d'ailleurs facile de trouver une bonne composition en partant d'une part de cendres et d'autre part d'une terre à briques assez chargée en élément fer.

Fiches techniques :

									GHGD
ORIGINE DE LA FORMULE : Greg Daly									
ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C									
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES									
		oxydes "glaçants"					Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	1,4	4,6	6,0	3,4	9,0	64,8	10,9	
formule moléculaire unité	1,00	0,084	0,182	0,412	0,323	0,338	4,128	0,260	
Pourcentage molaire	100,00	1,47	3,18	7,19	5,64	5,90	72,08	4,54	
Indicateurs									
Indicateur		Min.		Valeur		Max..			
Tension superficielle théorique		250,00		325,05		400,00			
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00		55,27		100,00			
Fus		0,40		1,73		1,50			
Si / Al		2,00		12,21		20,00			
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES									
Nombres de moles									composition pour 1Kg
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,084	0,182	0,005	0,007	0,304	1,782	0,001	400
Talc	1 MgO			0,006	0,318	0,035	0,328	0,006	101
Carbonate de calcium	CaCO3			0,400			0,004		100
Silice	SiO2						2,013		299
Fer	Fe2O3							0,253	100
Somme									1000

Très fusible, on aurait intérêt à le cuire un peu plus bas.

Peu contrasté, les taches sont multiples et petites.

Lave de Volvic Mallet													
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	MnO	P2O5	Al2O3	SO3	SiO2	TiO2	Fe2O3	PF
Masse brute des oxydes	99,33	5,20	3,00	4,25	2,50	0,30	0,45	17,40	0,40	57,50	1,50	6,75	0,08
(formule moléculaire unité)		0,325	0,121	0,294	0,242	0,016	0,012	0,662	0,019	3,718	0,073	0,164	
Masse molaire pour une mole basique													385

Posée épaisse, elle donne de grosses taches noires sur fond brun cristallisé.

GHB											
ORIGINE DE LA FORMULE : Bulletin Baur N° 47 ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1310°C											
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQES											
		oxydes "glaçants"						Silice	"Colorants"		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	0,7	2,7	6,6	2,0	1,232	19,3	60,9	0,6	6,1	
formule moléculaire unité	0,96	0,049	0,129	0,543	0,234	0,040	0,871	4,678	0,035	0,175	
Pourcentage molaire	100,00	0,73	1,91	8,04	3,46	0,592	12,90	69,26	0,52	2,59	
Indicateurs											
Indicateur		Min.	Valeur	Max.							
Tension superficielle théorique		250,00	344,65	400,00							
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	45,17	100,00							
Fus		0,40	0,61	1,50							
Si / Al		2,00	5,37	20,00							
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES											
Nombres de moles										composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5			0,094	0,003	0,040				27	
Ocre	1Mole Fe2O3	0,005	0,019	0,005	0,017		0,228	1,117	0,014	0,170	264
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,042	0,091	0,003	0,004		0,151	0,887		0,000	159
Dolomie	1 Mole MgO			0,225	0,209						84
Carbonate de calcium	CaCO3			0,216				0,002			43
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,002	0,020				0,492	1,068		0,005	231
Silice	SiO2							1,602			189
Titane	TiO2								0,021		3

Peu fusible, il nécessite un long palier à 1310°C.

Taches brunes sur fond noir.
Les bulles on parfois du mal à crever .

GHM1											
ORIGINE DE LA FORMULE : d'après <i>Pratique des émaux de grès</i> ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1310°C											
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQES											
		oxydes "glaçants"						Silice			
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	Al2O3	SiO2	Fe2O3			
%masse d'oxydes	100,00	4,9	0,0	2,6	2,5	10,6	72,0	7,4			
formule moléculaire unité	0,95	0,402	0,001	0,238	0,311	0,529	6,080	0,233			
Pourcentage molaire	100,00	5,16	0,01	3,05	3,99	6,79	78,01	2,99			
Indicateurs											
Indicateur		Min.	Valeur	Max.							
Tension superficielle théorique		250,00	324,46	400,00							
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	45,82	100,00							
Fus		0,40	1,42	1,50							
Si / Al		2,00	11,49	20,00							
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES											
Nombres de moles										composition pour ~1Kg	
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,402		0,072	0,016	0,482	3,048	0,002		501	
Dolomie	1 Mole MgO			0,196	0,182					70	
Talc	1 MgO			0,002	0,097	0,011	0,100	0,002		23	
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,000	0,001			0,037	0,080	0,000		17	
Silice	SiO2						2,857			324	
Fer	Fe2O3								0,229	69	

Petites gouttes peu contrastées ayant tendance à se brouiller.

GHMO6									
ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C									
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES									
		oxydes "glaçants"					Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	2,5	5,4	3,8	2,3	15,0	63,8	7,2	
formule moléculaire unité	0,99	0,180	0,250	0,300	0,260	0,650	4,710	0,200	
Pourcentage molaire	100,00	2,75	3,82	4,58	3,97	9,92	71,91	3,05	
Indicateurs									
Indicateur		Min.	Valeur	Max..					
Tension superficielle théorique		250,00	326,06	400,00					
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	57,76	100,00					
Fus		0,40	0,86	1,50					
Si / Al		2,00	7,25	20,00					
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES									
Nombres de moles								composition pour 1Kg	
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,051		0,009	0,002	0,062	0,390	0,000	70
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,110	0,239	0,007	0,010	0,399	2,337	0,001	443
Dolomie	1 Mole MgO			0,274	0,255				109
Kaolin A	1 Mole alumine	0,019	0,011		0,004	0,188	0,427	0,003	118
Silice	SiO2						1,557		195
Fer	Fe2O3							0,196	65

Gouttes brun-violacé sur fond noir.
Assez bon contraste.

GM1									
ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C									
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES									
		oxydes "glaçants"					Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	7,0	0,0	3,7	1,8	13,7	67,3	6,5	
formule moléculaire unité	1,00	0,500	0,000	0,294	0,206	0,600	5,000	0,180	
Pourcentage molaire	100,00	7,37	0,00	4,34	3,04	8,85	73,75	2,65	
Indicateurs									
Indicateur		Min.	Valeur	Max..					
Tension superficielle théorique		250,00	331,37	400,00					
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00	56,98	100,00					
Fus		0,40	1,00	1,50					
Si / Al		2,00	8,33	20,00					
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES									
Nombres de moles								composition pour 1Kg	
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,500		0,090	0,020	0,600	3,790	0,002	703
Dolomie	1 Mole MgO			0,202	0,188				82
Silice	SiO2						1,210		155
Fer	Fe2O3							0,178	60

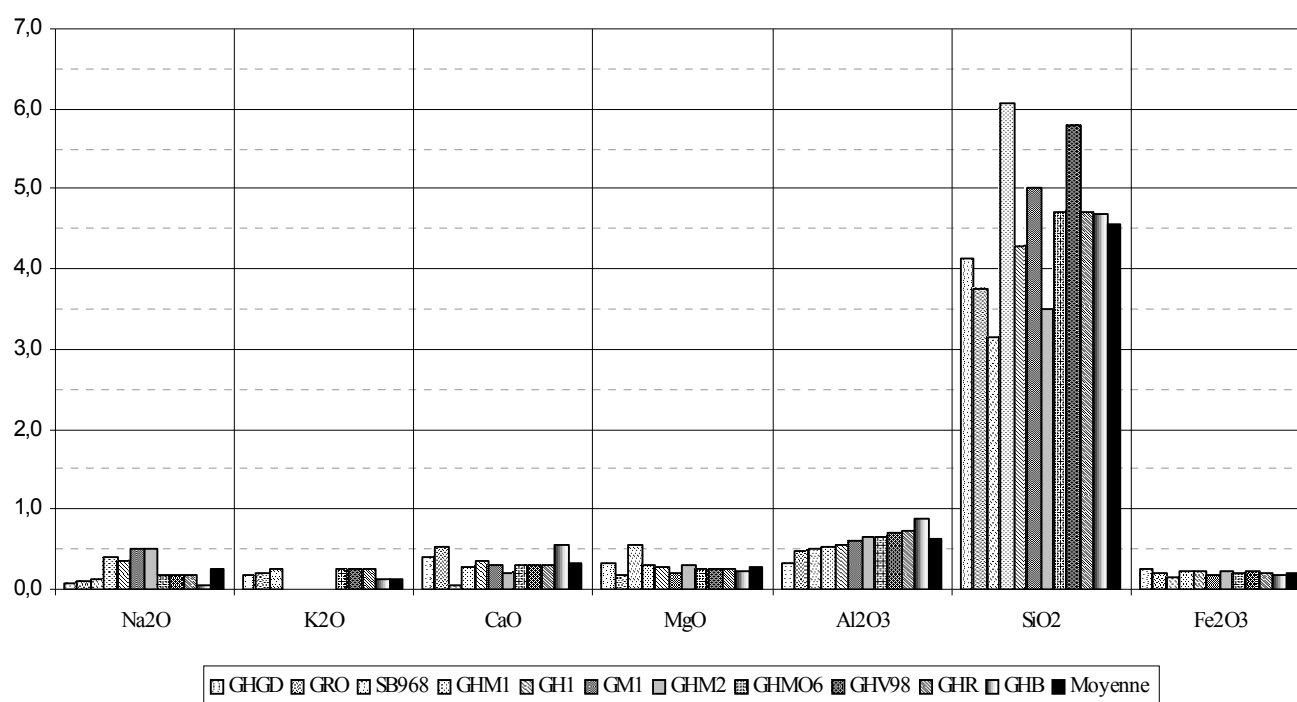
Gouttes bien formées ayant du mal à crever.
Donne de bons résultats lorsqu'il est recouvert d'un voile de cendre de foin : on obtient alors des taches noires sur fond blanc.

Comparaison de diverses formules

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Tension
GHGD	0,084	0,182	0,412	0,323	0,000	0,338	0,000	4,128	0,000	0,260	325
GRO	0,102	0,198	0,528	0,180	0,150	0,470	0,000	3,760	0,000	0,200	
SB968	0,123	0,264	0,050	0,563	0,000	0,501	0,040	3,157	0,000	0,159	
GHM1	0,402	0,001	0,285	0,311	0,000	0,529	0,000	6,080	0,000	0,233	324
GH1	0,347	0,009	0,355	0,280	0,000	0,542	0,000	4,286	0,001	0,221	
GM1	0,500	0,000	0,294	0,206	0,000	0,600	0,000	5,000	0,000	0,180	331
GHM2	0,500	0,000	0,200	0,300	0,000	0,650	0,000	3,500	0,000	0,230	
GHMO6	0,180	0,250	0,300	0,260	0,000	0,650	0,000	4,710	0,000	0,200	326
Volvic	0,325	0,121	0,294	0,242	0,012	0,662	0,000	3,718	0,073	0,164	
GHV98	0,180	0,250	0,310	0,260	0,047	0,700	0,000	5,800	0,200	0,215	
GHR	0,180	0,250	0,300	0,260	0,000	0,724	0,000	4,710	0,006	0,200	
GHB	0,049	0,129	0,543	0,234	0,040	0,871	0,000	4,678	0,000	0,175	344

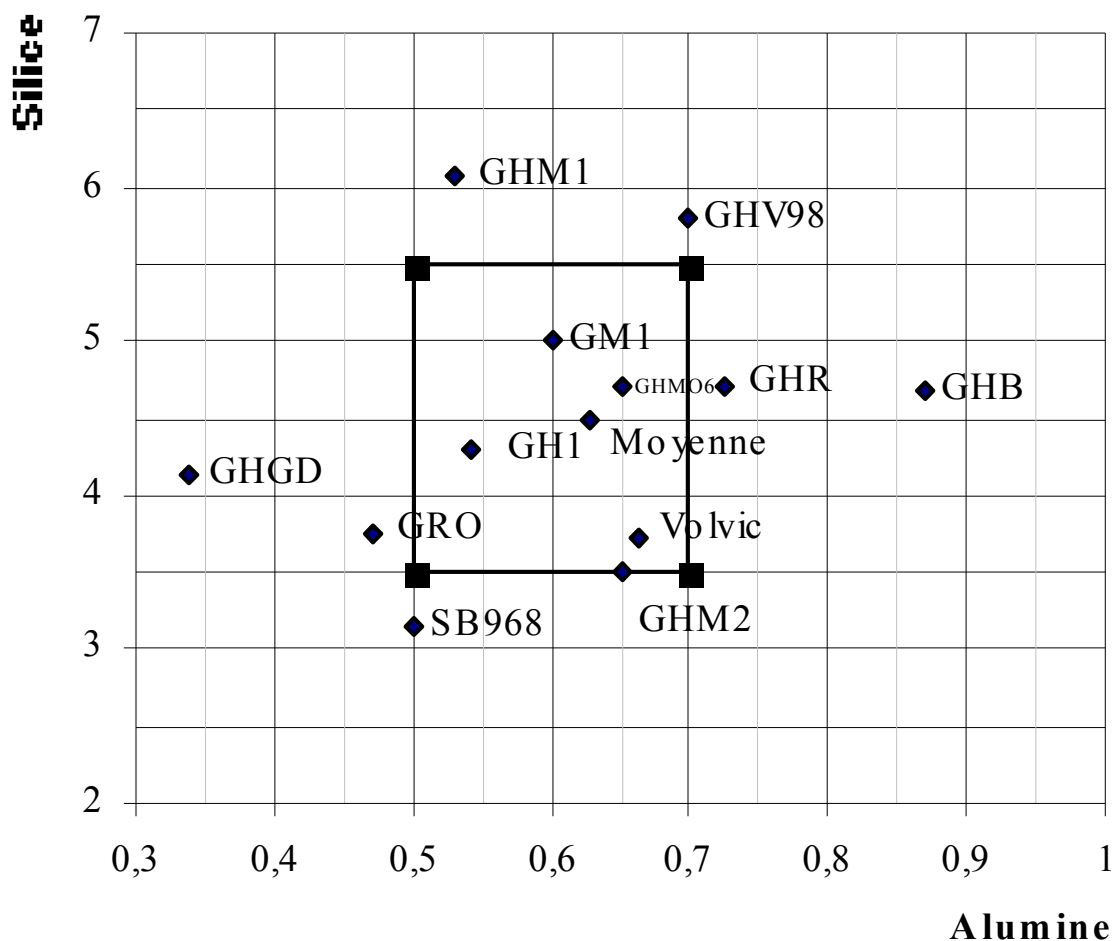
La comparaison doit être prise avec prudence car les températures de cuisson ne sont pas les mêmes. Cependant, avec une cuisson appropriée (nous reviendrons sur ce sujet), toutes ces recettes ont "fonctionné", on peut donc en tirer quelques conclusions :

- B₂O₃, P₂O₅, TiO₂ ne sont pas indispensables à l'obtention de bulles dans la masse. En revanche, nous avons une quasi constante : 0,2 mol de fer, c'est-à-dire environ 7 % en masse (cette affirmation n'est pas rigoureuse mais constitue une indication fiable). La tension superficielle théorique se situe vers 330, c'est un facteur important dans le grossissement des bulles : si la tension est trop forte, les bulles ne grossissent pas, si elle est trop faible, elles grossissent mais leur éclatement pose problème.



L'alumine et la silice

Les émaux précédents



La répartition des glaçures dans l'espace silice / alumine laisse penser qu'on peut obtenir des gouttes dans un large domaine : silice entre 3 et 6, alumine entre 0,3 et 0,9. La valeur 0,9 est d'ailleurs un peu forte ; l'origine de la formule explique cela : il s'agit de l'analyse de la couverte cuite d'un bol Jian, cette analyse intègre les transformations qui s'opèrent lors de la cuisson, en particulier des migrations d'éléments du tesson vers la couverte et de la couverte vers le tesson.

Il est néanmoins judicieux de faire une petite étude systématique, à oxydes basiques constants, des rôles conjugués de l'alumine et de la silice.

Exploration d'une zone favorable

J'ai choisi d'explorer un "carré" assez petit autour de la moyenne pour une cuisson à 1280°C. En effet GHGD coule beaucoup, on peut donc penser que pour ces valeurs faibles de l'alumine il faudrait cuire un peu moins haut. GHB est très réfractaire, il nécessite 1310 à 1320°C. En fait, GHMO6, GH1, GM1 et la lave de Volvic sont les émaux m'ayant donné les meilleurs résultats malgré un manque de contraste entre l'intérieur et l'extérieur des taches (pour les trois premiers) qui était sans doute plus imputable à la cuisson qu'à la formule.

Il fallait choisir les oxydes basiques, je me suis inspiré des moyennes pour choisir $\text{Na}_2\text{O} = 0,4$ $\text{CaO} = 0,3$ $\text{MgO} = 0,3$.

À la réflexion il aurait peut-être été judicieux de garder un peu de potassium pour diminuer la tension superficielle et augmenter ainsi la taille des bulles.

Recettes des suspensions testées

1		2		3		4		5	
Feld.Na	543	Feld.Na	535	Feld.Na	527	Feld.Na	519	F de Na	511
Talc	75	Talc	74	Talc	74	Talc	73	Talc	72
Calcaire	46	Calcaire	46	Calcaire	45	Calcaire	45	Calcaire	44
Molochite	0	Molochite	23	Molochite	46	Molochite	69	Molochite	92
Silice	268	Silice	255	Silice	241	Silice	228	Silice	214
Ox de fer	70	Ox de fer	69	Ox de fer	69	Ox de fer	68	Ox de fer	67
Alumine	0	Alumine	0	Alumine	0	Alumine	0	Alumine	0
6		7		8		9		10	
Feld.Na	587	Feld.Na	579	Feld.Na	570	Feld.Na	562	Feld.Na	553
Talc	81	Talc	80	Talc	79	Talc	78	Talc	78
Calcaire	50	Calcaire	49	Calcaire	49	Calcaire	48	Calcaire	48
Molochite	0	Molochite	21	Molochite	42	Molochite	62	Molochite	83
Silice	208	Silice	196	Silice	184	Silice	172	Silice	161
Ox de fer	76	Ox de fer	75	Ox de fer	74	Ox de fer	73	Ox de fer	72
Alumine	0	Alumine	2	Alumine	3	Alumine	5	Alumine	7
11		12		13		14		15	
Feld.Na	631	Feld.Na	622	Feld.Na	613	Feld.Na	604	Feld.Na	596
Talc	87	Talc	86	Talc	85	Talc	84	Talc	83
Calcaire	54	Calcaire	53	Calcaire	52	Calcaire	52	Calcaire	51
Molochite	0	Molochite	19	Molochite	37	Molochite	56	Molochite	74
Silice	148	Silice	138	Silice	128	Silice	117	Silice	107
Ox de fer	82	Ox de fer	81	Ox de fer	80	Ox de fer	79	Ox de fer	78
Alumine	0	Alumine	3	Alumine	7	Alumine	10	Alumine	14
16		17		18		19		20	
Feld.Na	675	Feld.Na	666	Feld.Na	656	Feld.Na	647	Feld.Na	638
Talc	93	Talc	92	Talc	91	Talc	90	Talc	89
Calcaire	57	Calcaire	57	Calcaire	56	Calcaire	55	Calcaire	55
Molochite	0	Molochite	16	Molochite	33	Molochite	49	Molochite	65
Silice	88	Silice	79	Silice	71	Silice	62	Silice	54
Ox de fer	87	Ox de fer	86	Ox de fer	85	Ox de fer	84	Ox de fer	83
Alumine	0	Alumine	5	Alumine	10	Alumine	15	Alumine	20
21		22		23		24		25	
Feld.Na	719	Feld.Na	709	Feld.Na	700	Feld.Na	690	Feld.Na	680
Talc	99	Talc	98	Talc	97	Talc	95	Talc	94
Calcaire	61	Calcaire	60	Calcaire	60	Calcaire	59	Calcaire	58
Molochite	0	Molochite	14	Molochite	28	Molochite	42	Molochite	56
Silice	28	Silice	21	Silice	14	Silice	7	Silice	0
Ox de fer	93	Ox de fer	92	Ox de fer	91	Ox de fer	89	Ox de fer	88
Alumine	0	Alumine	7	Alumine	14	Alumine	20	Alumine	27

Les différentes cuissons ont donné des résultats honnêtes mais assez peu lisibles en raison d'une faible différence de couleur entre les gouttes d'huile et leur environnement. Les photos s'avérant décevantes, j'ai choisi de ne pas les reproduire.

Les gouttes se développent partout ; cependant, pour les valeurs les plus faibles de la silice et de l'alumine, elles se brouillent (trop grande fusion).

Lorsque l'alumine est maximale, la teinte de fond devient plus brune et légèrement argentée, des irisations et des cristallisations se développent.

Les N° 9, 10, 14, 15 m'ont paru les plus satisfaisants dans trois cuissons sur quatre : gouttes bien formées et contraste visible.

L'oxyde de fer et l'alumine

On met habituellement entre 6 et 10 % d'oxyde de fer rouge dans les gouttes, on pourrait mettre de l'ocre ou du minerai de fer. On sait qu'en oxydation, le fer agit sur l'alumine pour donner un aluminat de fer de couleur rouille, celui qu'on trouve dans les shino. Au lieu de tester le fer seul, j'ai testé l'introduction simultanée de fer et d'alumine dans la base de GMO6 sans fer afin de voir si la couleur serait affectée par cette présence d'alumine.

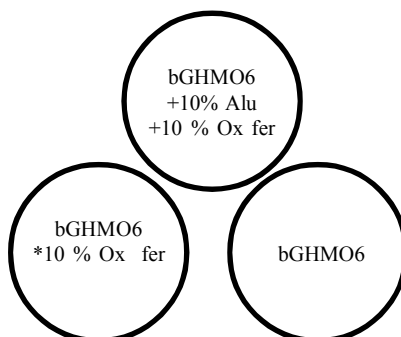


Photo 18 page 55

On obtient le phénomène gouttes d'huile à partir de 5 % d'oxyde ferrique. L'alumine ne favorise ni le développement des bulles ni le contraste entre les différentes parties de l'émail.

Le phosphore et le titane

Le contraste entre l'intérieur et l'extérieur des taches étant souvent faible, j'ai pensé qu'il serait nécessaire de travailler sur ce thème en suivant deux pistes différentes : la composition de la glaçure d'une part, le protocole de cuisson d'autre part. J'ai relevé dans des articles la présence de titane, de phosphore, de cobalt ou de manganèse dans les recettes. Tout cela mériterait un travail de vérification du rôle de chaque élément dans les couleurs qui apparaissent. J'ai introduit du cobalt dans la pierre de Pont-de-Colonne : je n'ai pas obtenu de différence significative, sauf un assombrissement général. En revanche, une couverte blanche passée sur la glaçure goutte d'huile s'est colorée en bleu à l'extérieur des gouttes alors qu'elle restait très noire à l'intérieur. J'ai également travaillé sur les rôles combinés du phosphore et du titane qui, intuitivement, pourraient permettre d'une part d'éclaircir la couleur et éventuellement d'atteindre à certains endroits le rouge de fer en oxydation. J'ai donc réalisé les essais en triangle suivants :

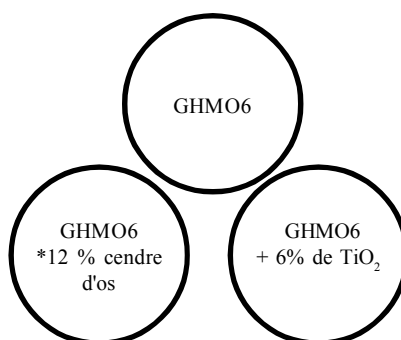


Photo 19 page 56

Le phosphore augmente considérablement la fusibilité de la glaçure. Ceci fait disparaître les taches qui se brouillent à cause d'une trop grande fusion. Il serait nécessaire de cuire moins haut si on voulait utiliser cet élément, à moins qu'on ne préfère l'addition d'alumine qui rendrait l'ensemble plus réfractaire sans altérer forcément la qualité des bulles.

Le titane semble augmenter la température de fusion.

Je visais un changement de couleur en essayant l'adjonction de ces deux produits : le titane donne à l'ensemble une teinte orangée. Cependant, comme cette coloration est uniforme, elle n'augmente pas le contraste entre l'intérieur et l'extérieur des taches ; le phosphore, dans les proportions utilisées, est plutôt néfaste et n'apporte pas la couleur des rouges de fer escomptée.

Les oxydes basiques

Je suis parti de ce qui m'avait paru le plus satisfaisant dans ce qui précède pour essayer plusieurs oxydes basiques dans l'émail GHV 98. Les substitutions ont été faites dans la limite du respect des valeurs de la silice et de l'alumine sans utilisation de frites.

Les formules et recettes des trois compositions de base ont été les suivantes :

A=1		Formule		B=15		Formule	
cendre os	30	Na ₂ O	0,193	cendre os	30	Na ₂ O	0,071
f. de K	657	K ₂ O	0,418	f. de K	0	K ₂ O	0,042
Calcaire	45	CaO	0,389	Calcaire	0	CaO	0,118
C. de Mg	0	MgO	0,000	C. de Mg	106	MgO	0,769
Kaolin A	0	P ₂ O ₅	0,052	Kaolin A	353	P ₂ O ₅	0,052
Silice	180	Al ₂ O ₃	0,700	Silice	424	Al ₂ O ₃	0,700
Ox de Ti	30	SiO ₂	5,800	Ox de Ti	29	SiO ₂	5,800
Ox de fer	59	TiO ₂	0,210	Ox de fer	58	TiO ₂	0,220
		Fe ₂ O ₃	0,210			Fe ₂ O ₃	0,225

C=11		Formule		B=15		Formule	
cendre os	28	Na ₂ O	0,071	cendre os	30	Na ₂ O	0,071
f. de K	0	K ₂ O	0,042	f. de K	0	K ₂ O	0,042
Calcaire	125	CaO	0,869	Calcaire	0	CaO	0,118
C. de Mg	0	MgO	0,018	C. de Mg	106	MgO	0,769
Kaolin A	346	P ₂ O ₅	0,052	Kaolin A	353	P ₂ O ₅	0,052
Silice	415	Al ₂ O ₃	0,700	Silice	424	Al ₂ O ₃	0,700
Ox de Ti	29	SiO ₂	5,800	Ox de Ti	29	SiO ₂	5,800
Ox de fer	57	TiO ₂	0,220	Ox de fer	58	TiO ₂	0,220
		Fe ₂ O ₃	0,225			Fe ₂ O ₃	0,225

Photo 20 page 57

J'ai parfois lu que le calcium était un composant indispensable pour le dégazage de la glaçure, en fait, on obtient ce résultat quels que soient les oxydes basiques, pourvu que l'ensemble soit assez fusible, ce qui n'est pas le cas avec la seule magnésie. Une combinaison des trois oxydes est possible, on pourrait jouer sur celle-ci pour choisir une température de cuisson.

Utiliser et cuire

L'utilisation des glaçures de ce type est assez délicate, la cuisson ne l'est pas moins.

L'épaisseur de la glaçure va déterminer la taille des taches, le mode d'application devra donc en tenir compte ; avec une couche très mince, on ne voit rien : les taches sont trop petites.

Souvent on travaille par superposition, on place ce type d'émail ferrugineux sous un autre de couleur différente (un blanc magnésien ou un rose de chrome par exemple) de façon à ce que les bulles, traversant la couche supérieure, forment des points noirs sur fond blanc, rose...

La cuisson est à la fois simple dans son principe et difficile dans sa réalisation :

Toute la montée doit être franchement oxydante pour que le maximum d'oxyde de fer soit sous forme ferrique (la plus oxydée, celle qui devient instable et se décompose) jusqu'à la formation des bulles (1250°C). Lorsque les bulles se forment, les changements d'atmosphère n'interviennent plus que pour changer la tension superficielle et pour recolorer la glaçure, on peut donc tout envisager.

La descente doit être lente pour laisser aux oxydes de fer superficiels le temps de se colorer. Une descente rapide donne des noirs brillants, sans contraste entre les taches et le reste de la surface.

Les recuissons à température légèrement inférieure gardent le plus souvent la structure de l'émail, on peut donc retravailler la couleur dans une cuisson ultérieure.

Conclusions

Le principe

Il s'agit de provoquer un bouillonnement dans la glaçure fondue qui donne deux couleurs assez différentes : celle de l'intérieur des bulles, éclatées ou dégonflées, et celle de l'extérieur.

Les problèmes posés

- Provoquer le bouillonnement.
- Faire en sorte que les bulles éclatent après un développement maîtrisé.
- Éviter que tout ne se mélange après l'ébullition.
- Obtenir une double coloration avec un contraste suffisant.

Le bouillonnement dans la glaçure

Il n'est pas rare de voir se dégager des gaz dans une glaçure en fin de cuisson. On rencontre souvent ce phénomène dans les rouges de cuivre au bore (on peut réaliser des gouttes rouges) mais aussi avec des matières comme les granites, les feldspaths et les talcs contenant de la chlorite. Il s'agit donc de transformer ce qui est le plus couramment considéré comme un inconvénient en un effet recherché. La tradition veut qu'on utilise plutôt "l'ébullition", due à la décomposition spontanée de l'oxyde ferrique sous l'effet de la chaleur, pour réaliser ces glaçures.

La décomposition de l'oxyde ferrique commence, selon les auteurs, de 1100°C à 1250°C. Pour ma part, je n'ai jamais observé de développement de bulles avant 1240°C, ce qui ne signifie pas que la réaction ne commence pas avant, de manière discrète.

La décomposition donne du dioxygène (gaz provoquant les bulles) et de l'oxyde magnétique stable. La matière en contact avec le gaz oxydant n'a pas tout à fait le même degré d'oxydation, ni la même composition que celle qui n'est pas en contact avec lui ; ceci provoque peut-être une différence de coloration.

La croissance et l'éclatement des bulles

Les bulles prennent naissance au cœur de l'émail ferrugineux : de petites bulles s'associent pour donner de plus grosses qui éclatent sous l'effet de la chaleur. Il est nécessaire que toute la masse de l'émail soit en "ébullition" au même moment si on veut de grosses bulles. La température doit donc être homogène et la montée lente, pour éviter l'hétérogénéité d'une part et, d'autre part, pour donner le temps aux bulles de s'associer et de grossir ; un éclatement prématuré donne de petites bulles dont les traces sont effacées par les suivantes.

Les bulles ne peuvent pas se développer s'il n'y pas assez d'oxyde ferrique, d'où la nécessité d'avoir une couche suffisante d'émail contenant une concentration en oxyde ferrique supérieure à 5 %.

Les bulles ne peuvent pas se développer convenablement si la tension superficielle du liquide est trop grande, on peut faire l'analogie suivante : soufflons avec une paille, successivement dans de l'eau, puis dans de l'eau additionnée de produit abaisseur de tension (produit vaisselle). Dans le premier cas (tension forte) les bulles sont petites, dans le second elles peuvent devenir très grosses. Nous aurons donc besoin d'éléments qui ne donnent pas une tension trop grande (K, B, ...), si nous voulons des gouttes assez étendues.

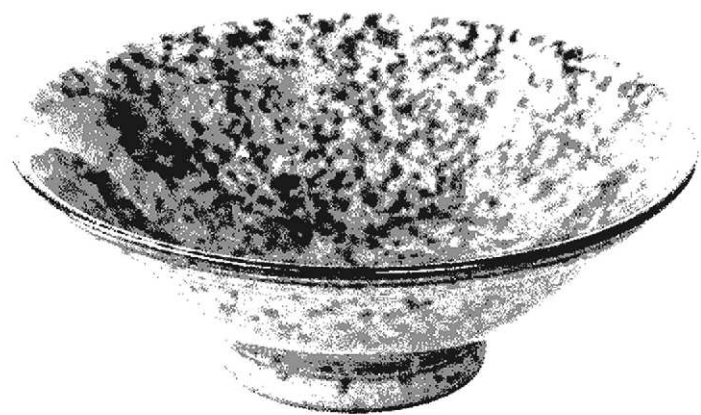
Les éléments abaisseurs de tension donnent de la stabilité aux bulles (comme dans le cas des bulles de savon). On risque donc, si on abaisse trop la tension, d'avoir des bulles qui n'éclatent pas, à moins de leur donner du temps et de continuer à les gonfler après leur formation (en chauffant). On risque, si le liquide n'est pas assez visqueux, de voir la glaçure couler et devenir alors une fourrure de lièvre.

On le voit, la marge de manœuvre est étroite.

La double coloration

Je n'ai jamais compris pourquoi, après "l'ébullition", et malgré un traitement identique au refroidissement par exemple, la matière de l'intérieur et celle de l'extérieur des bulles réagissait différemment aux agents oxydants ou réducteurs. La simple différence de concentration des oxydes de fer peut-elle expliquer un intérieur de bulle rouge dans un environnement noir, sachant que l'inverse est également possible?

Une chose est certaine, on peut changer les couleurs par une oxydation ou une réduction au refroidissement. Des paliers peuvent être observés ; les changements de coloration se font le plus souvent entre 1000 et 800°C. La composition de la glaçure et le type de traitement seront déterminants dans le résultat.



Les rouges de fer

Jusqu'à un passé récent, je connaissais les rouges des décors de la céramique d'Iznik et quelques rouges cristallisés de haute température, issus de la production industrielle.

Je ne connaissais pas de rouges de fer dans les céramiques extrême-orientales anciennes. Ce manque de racines me déstabilisait un peu : tout serait-il donc à inventer, la manière de les concevoir et la manière de les utiliser ?

L'exposition de Shimizu Uichi à Paris en 1996 a été une sorte de déclencheur : on pouvait réaliser des rouges orangés, non-cristallisés qu'on appellerait parfois kaki, faisant ainsi référence à un fruit plus proche de la grenade que de l'armée de terre ; par ailleurs il était également possible de réaliser des pièces pas trop "voyantes" à condition de ne pas se placer au cœur du rouge, mais plutôt sur les bords, lorsque la couleur commence à hésiter, ou bien en l'utilisant en association avec d'autres glaçures, en particulier des noirs profonds légèrement satinés par exemple.

Shimizu Uichi donne en plus les indications indispensables : cuisson oxydante et présence de l'élément phosphore dans la glaçure. La sortie en 1997 de *Pratique des émaux de cendres* de Daniel De Montmollin s'est avérée très complémentaire : on commence à bien percevoir cette matière un peu nouvelle qui avait été évoquée par Leach et Rhodes. Il faut dire que j'avais essayé les recettes de ces deux derniers sans aucun succès et j'avais donc provisoirement abandonné. Si j'avais complètement exploité le livre de G. Daly sorti en France en 1995, ou celui de Matthes paru en allemand en 1990, j'aurais retrouvé l'essentiel des informations nécessaires : le phosphore et l'oxydation. Peu importe d'ailleurs la chronologie, l'essentiel est de passer à une étude un peu sérieuse de ces glaçures, qui pourront, pour certaines, nous le verrons plus loin, se réaliser également en réduction.

Les quelques rouges de départ

J'ai choisi de présenter six rouges qui seront, ensuite, à l'origine d'une investigation plus fine. Deux sont issus des travaux de Daniel De Montmollin (sans reprendre à la lettre ni les recettes ni les formules), une vient de G. Daly, deux du livre de Matthes et la dernière vient d'un croisement de mes informations initiales.

KM2										
ORIGINE DE LA FORMULE : Pratique des émaux de cendres. ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQVES										
		oxydes "glaçants"						Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	1,3	3,6	6,3	1,4	5,322	10,6	62,5	9,0	
formule moléculaire unité	0,99	0,099	0,181	0,540	0,170	0,180	0,500	5,000	0,270	
Pourcentage molaire	100,00	1,43	2,61	7,78	2,45	2,594	7,20	72,05	3,89	
Indicateurs										
Indicateur		Min.		Valeur		Max..				
Tension superficielle théorique		250,00		317,14		400,00				
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00		50,93		100,00				
Fus		0,40		1,25		1,50				
Si / Al		2,00		10,00		20,00				
Fe / P		1,50		1,5		Infirni				
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES										
Nombres de moles									composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5			0,424	0,015	0,180			118	
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,077	0,168	0,005	0,007		0,280	1,643	0,001	
Dolomie	1 Mole MgO			0,112	0,104				42	
Carbonate de magnésium	MgCO3				0,040				6	
Kaolin A	1 Mole alumine	0,022	0,013		0,004		0,220	0,499	0,003	
Silice	SiO2							2,859		
Fer	Fe2O3								0,266	
									83	

Bon rouge marbré de brun.
Bien que ce soit un vrai rouge, sa teinte est assez peu plaisante à mon goût.

Donne des gouttes rouges sur fond noir en réduction.

KM3										
ORIGINE DE LA FORMULE : Pratique des émaux de cendres. ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQVES										
		oxydes "glaçants"						Silice		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	1,6	4,7	8,0	1,8	4,881	12,1	55,5	11,4	
formule moléculaire unité	0,99	0,096	0,184	0,540	0,170	0,130	0,450	3,500	0,270	
Pourcentage molaire	100,00	1,80	3,45	10,11	3,18	2,434	8,43	65,54	5,06	
Indicateurs										
Indicateur		Min.		Valeur		Max..				
Tension superficielle théorique		250,00		325,11		400,00				
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7		50,00		61,51		100,00				
Fus		0,40		1,00		1,50				
Si / Al		2,00		7,78		20,00				
Fe / P		0,00		2,0769		Infirni				
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES										
Nombres de moles									composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5			0,306	0,011	0,130			107	
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,080	0,175	0,005	0,007		0,291	1,709	0,001	
Dolomie	1 Mole MgO			0,159	0,148				73	
Carbonate de calcium	CaCO3			0,070				0,001	17	
Kaolin A	1 Mole alumine	0,016	0,009		0,003		0,158	0,359	0,002	
Silice	SiO2							1,433		
Fer	Fe2O3								0,267	
									104	

Ensemble de petits points rouges sur fond brun foncé, ce n'est pas un très bon rouge.

Remarquable pour ses paillettes brillantes en réduction.

S126											
ORIGINE DE LA FORMULE : G. DALY ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C											
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES											
		oxydes "glaçants"					Silice		"Colorants"		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	1,9	6,2	5,3	3,0	2,246	13,1	52,7	4,5	11,1	
formule moléculaire unité	1,00	0,117	0,245	0,357	0,282	0,060	0,489	3,333	0,213	0,262	
Pourcentage molaire	100,00	2,18	4,57	6,66	5,26	1,120	9,13	62,21	3,98	4,89	

Indicateurs				
Indicateur	Min.	Valeur	Max..	
Tension superficielle théorique	250,00	323,50	400,00	.
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7	50,00	66,05	100,00	.
Fus	0,40	0,86	1,50	.
Si / Al	2,00	6,82	20,00	.
Fe / P	0,00	4,37	Infini	.

COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES											
Nombres de moles										composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5			0,141	0,005	0,060					51
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,111	0,242	0,007	0,010		0,404	2,366	0,001		540
Talc	1 MgO			0,005	0,266		0,029	0,274	0,005		86
Carbonate de calcium	CaCO3			0,203				0,002			52
Kaolin A	1 Mole alumine	0,006	0,003		0,001		0,056	0,127	0,000	0,001	42
Silice	SiO2							0,562			85
Titane	TiO2								0,213		43
Fer	Fe2O3									0,255	101

Dans certaines cuissons, il donne des paillettes dorées sans doute dues au titane.

La matière n'est pas franchement rouge, mais plutôt brun-rouge.

On observe des différences considérables de résultats entre des cuissons assez semblables.

K											
ORIGINE DE LA FORMULE : A.V. ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C											
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES											
		oxydes "glaçants"					Silice		"Colorants"		
Formule des oxydes		Na2O	K2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe2O3	
%masse d'oxydes	100,00	2,8	0,2	6,5	2,8	4,973	11,9	61,3	0,0	9,5	
formule moléculaire unité	1,00	0,190	0,010	0,500	0,300	0,150	0,500	4,375	0,000	0,255	
Pourcentage molaire	100,00	3,03	0,16	7,96	4,78	2,389	7,96	69,67	0,00	4,06	

Indicateurs				
Indicateur	Min.	Valeur	Max..	
Tension superficielle théorique	250,00	332,54	400,00	.
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7	50,00	48,14	100,00	.
Fus	0,40	1,09	1,50	.
Si / Al	2,00	8,75	20,00	.
Fe / P	0,00	1,70	Infini	.

COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES											
Nombres de moles										composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5			0,353	0,013	0,150					114
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,189		0,034	0,008		0,227	1,432	0,001		279
Talc	1 MgO			0,006	0,279		0,031	0,287	0,008		80
Carbonate de calcium	CaCO3			0,107				0,001			24
Kaolin calciné	1 Mole alumine	0,001	0,010				0,241	0,523	0,002		128
Silice	SiO2							2,128			286
Fer	Fe2O3									0,246	89

Rouge de bonne qualité mais un peu trop uniforme pour constituer, à lui seul, un revêtement riche.

M490										
ORIGINE DE LA FORMULE : Matthes. ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES										
		oxydes "glaçants"							Silice	
Formule des oxydes		Na2O	K2O	Li2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3
%masse d'oxydes	100,00	1,7	5,3	0,1	5,6	3,4	5,824	12,5	54,2	11,4
formule moléculaire unité	1,00	0,101	0,205	0,007	0,370	0,317	0,152	0,453	3,348	0,265
Pourcentage molaire	100,00	1,94	3,93	0,13	7,09	6,08	2,913	8,68	64,16	5,08

Indicateurs			
Indicateur	Min.	Valeur	Max..
Tension superficielle théorique	250,00	323,33	400,00
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7	50,00	62,74	100,00
Fus	0,40	0,95	1,50
Si / Al	2,00	7,39	20,00
Fe / P	0,00	1,74	Infini

COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES											
Nombres de moles										composition pour 1Kg	
petalite		0,000		0,007				0,006	0,046		10
Cendre d'os	1mole P2O5				0,358	0,013	0,152				133
Feldspath de Potassium	1Mole K2O	0,092	0,200		0,006	0,008		0,334	1,961	0,001	460
Talc	1 MgO				0,006	0,296		0,033	0,305	0,006	98
Kaolin A	1 Mole alumine	0,008	0,005			0,002		0,079	0,179	0,001	61
Silice	SiO2								0,854		132
Fer	Fe2O3									0,257	106

C'est la première recette qui m'a donné un rouge de fer authentique.

Cette recette, sortie du livre de Matthes en langue allemande, sera au centre des réflexions qui seront conduites par la suite.

RFRFE										
ORIGINE DE LA FORMULE : Matthes. ATMOSPHERE DE CUISSON : oxydante - TEMPERATURE 1280°C										
FORMULE MOLAIRE POUR UNE MOLE D'OXYDES BASIQUES										
		oxydes "glaçants"					Silice			
Formule des oxydes		Na2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3		
%masse d'oxydes	100,00	3,9	9,9	2,4	4,410	8,4	55,4	15,5		
formule moléculaire unité	1,00	0,210	0,587	0,203	0,103	0,273	3,061	0,322		
Pourcentage molaire	100,00	4,42	12,33	4,27	2,164	5,73	64,33	6,77		

Indicateurs			
Indicateur	Min.	Valeur	Max..
Tension superficielle théorique	250,00	334,45	400,00
Coef. de dilatation théo. * 10 exp 7	50,00	60,48	100,00
Fus	0,40	1,77	1,50
Si / Al	2,00	11,23	20,00
Fe / P	0,00	3,13	Infini

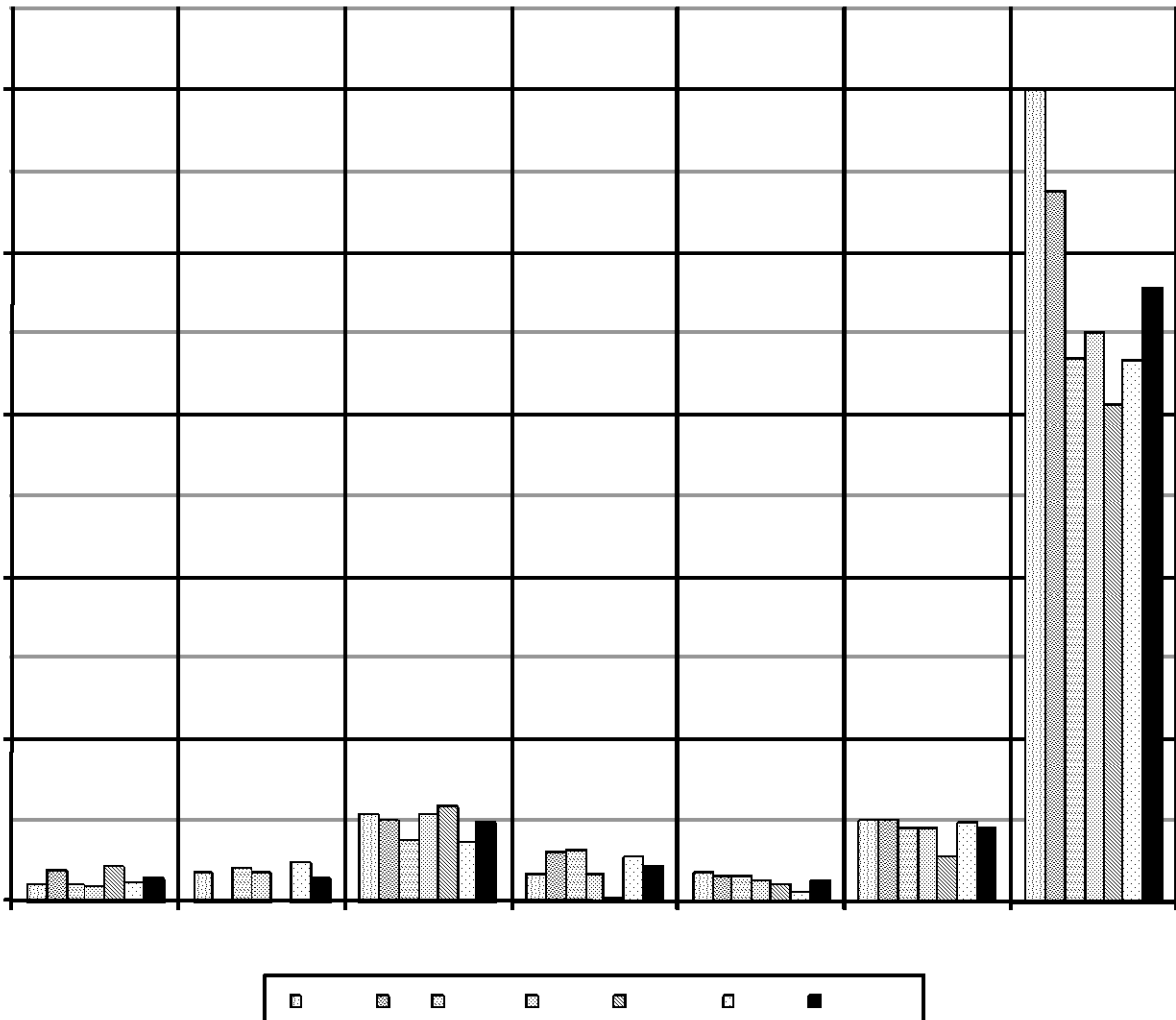
COMPOSITION EXPRIMEE EN FONCTION DE LA FORMULE REELLE DES MATIERES PREMIERES											
Nombres de moles										composition pour 1Kg	
Cendre d'os	1mole P2O5		0,243	0,009	0,103						98
Feldspath de sodium	1mole Na2O	0,210	0,038	0,008		0,252	1,593	0,001			390
Talc	1 MgO		0,004	0,188		0,021	0,194	0,004			68
Carbonate de calcium	CaCO3		0,302				0,003				86
Silice	SiO2						1,271				215
Fer	Fe2O3								0,317		143

Recette tirée du livre de Matthes en français (2002).

Les résultats sont très probants aussi bien en oxydation qu'en réduction.

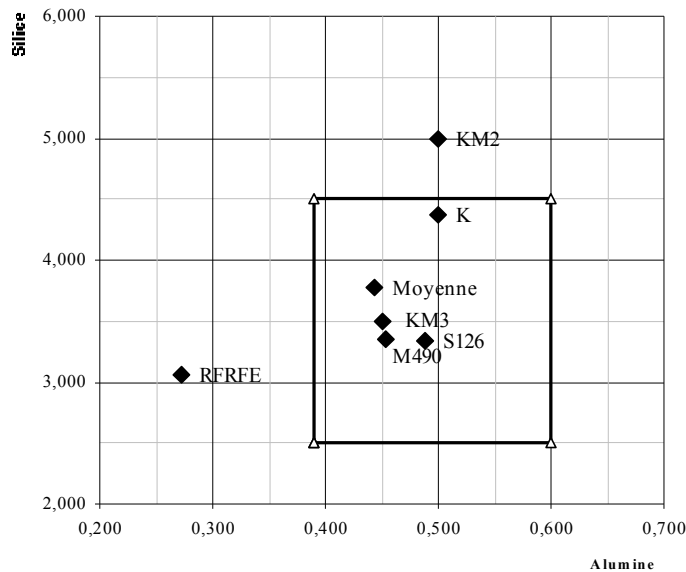
Comparaison des formules

	Na2O	K2O	Li2O	CaO	MgO	P2O5	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe2O3	Sil./Alu.	Ox.Fe/ Ox.P
KM2	0,099	0,181	0,000	0,540	0,170	0,180	0,500	5,000	0,000	0,270	10,00	1,50
K	0,190	0,010	0,000	0,500	0,300	0,150	0,500	4,375	0,000	0,255	8,75	1,70
M490	0,101	0,205	0,007	0,370	0,317	0,152	0,453	3,348	0,000	0,265	7,39	1,74
KM3	0,096	0,184	0,000	0,540	0,170	0,130	0,450	3,500	0,000	0,270	7,78	2,08
RFRFE	0,210	0,000	0,000	0,587	0,023	0,103	0,273	3,061	0,000	0,322	11,21	3,13
S126	0,117	0,245	0,000	0,357	0,282	0,060	0,489	3,333	0,213	0,262	6,82	4,37
Moyenne	0,136	0,138	0,001	0,482	0,210	0,129	0,444	3,770	0,036	0,274	8,66	2,42



Tous les émaux cités ci-dessus ont donné du rouge, plus ou moins soutenu et plus ou moins pur en cuisson oxydante. RFRFE a donné de bons résultats lors de cuissons Shino, c'est-à-dire à montée réductrice et à descente oxydante avec palier à 1000°C. Il constitue un émail à part, on le voit immédiatement dans les graphiques de comparaison. S126 possède des paillettes cristallisées dues au titane. Le plus rouge est M490, je le placerai au centre d'une recherche sur les influences combinées du fer et du phosphore, le but étant d'essayer de diminuer les quantités de ces deux éléments dans les glaçures.

Position des glaçures de départ dans un diagramme silice alumine



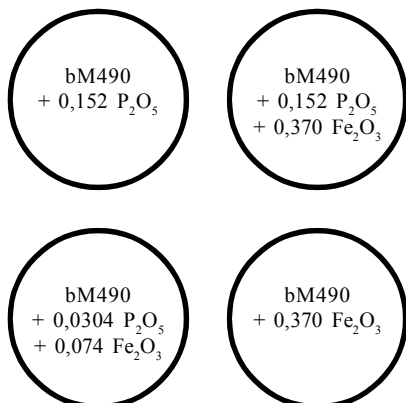
Avant de passer au travail sur le fer et le phosphore, il faut constater que ce qui a été trouvé comme recettes correctes est en accord avec ce que dit D. De Montmollin :

- Du magnésium dans la couverte
- Rapport silice sur alumine compris entre 6 et 10 (exception pour RFRFE)
- Alumine supérieure à 0,35 (exception pour RFRFE)
- Silice supérieure à 2,5

En lisant un peu entre les lignes, on peut comprendre que le rapport oxyde de fer sur oxyde de phosphore doit être compris entre 1,2 et 3 environ, cette règle est approximativement vérifiée également.

Les éléments fer et phosphore

Dans des mélanges en carré j'ai ajouté du fer en abscisse et du phosphore en ordonnée à bM490, c'est-à-dire M490 sans lithium (il me paraissait anecdotique), ni fer, ni phosphore. Afin d'avoir moins d'essais inutiles, j'ai procédé comme suit :



Les essais ont été réalisés conformément à ce qui est présenté ci-contre. L'erreur de conception que j'ai faite n'a pas été corrigée : il aurait fallu introduire 0,074 Fe₂O₃ en haut à gauche, et 0,0304 P₂O₅ en bas à droite pour être en conformité avec mes préconisations de l'avant-propos. Je n'ai pas refait l'ensemble car il était parfaitement interprétable tel quel.

Photos 23 & 24 pages 60 & 61

Les recettes

1B		2		3		4		5 C	
Feld. K	528	Feld. K	510	Feld. K	491	Feld. K	473	Feld. K	454
Talc	109	Talc	105	Talc	101	Talc	97	Talc	93
Kaolin A	65	Kaolin A	63	Kaolin A	61	Kaolin A	58	Kaolin A	56
Silice	148	Silice	143	Silice	138	Silice	132	Silice	127
Ox. de fer	0	Ox. de fer	36	Ox. de fer	72	Ox. de fer	107	Ox. de fer	143
C. d'os	149	C. d'os	144	C. d'os	138	C. d'os	133	C. d'os	127
6		7		8		9		10	
Feld. K	529	Feld. K	511	Feld. K	494	Feld. K	476	Feld. K	458
Craie	21	Craie	22	Craie	22	Craie	23	Craie	23
Talc	110	Talc	106	Talc	103	Talc	99	Talc	95
Kaolin A	65	Kaolin A	63	Kaolin A	61	Kaolin A	59	Kaolin A	57
Silice	148	Silice	143	Silice	138	Silice	133	Silice	128
Ox. de fer	8	Ox. de fer	42	Ox. de fer	76	Ox. de fer	110	Ox. de fer	145
C. d'os	119	C. d'os	113	C. d'os	107	C. d'os	101	C. d'os	95
11		12		13		14		15	
Feld. K	530	Feld. K	513	Feld. K	496	Feld. K	479	Feld. K	463
Craie	42	Craie	43	Craie	44	Craie	45	Craie	47
Talc	111	Talc	108	Talc	104	Talc	101	Talc	97
Kaolin A	65	Kaolin A	63	Kaolin A	61	Kaolin A	59	Kaolin A	57
Silice	147	Silice	142	Silice	138	Silice	133	Silice	128
Ox. de fer	16	Ox. de fer	48	Ox. de fer	81	Ox. de fer	113	Ox. de fer	146
C. d'os	90	C. d'os	83	C. d'os	77	C. d'os	70	C. d'os	64
16		17		18		19		20	
Feld. K	531	Feld. K	515	Feld. K	499	Feld. K	483	Feld. K	467
Craie	63	Craie	65	Craie	66	Craie	68	Craie	70
Talc	112	Talc	109	Talc	106	Talc	102	Talc	99
Kaolin A	65	Kaolin A	63	Kaolin A	61	Kaolin A	59	Kaolin A	58
Silice	147	Silice	142	Silice	138	Silice	133	Silice	129
Ox. de fer	23	Ox. de fer	54	Ox. de fer	85	Ox. de fer	116	Ox. de fer	148
C. d'os	60	C. d'os	53	C. d'os	46	C. d'os	39	C. d'os	32
21A		22		23		24		25 D	
Feld. K	532	Feld. K	517	Feld. K	502	Feld. K	486	Feld. K	471
Craie	84	Craie	86	Craie	89	Craie	91	Craie	93
Talc	113	Talc	110	Talc	107	Talc	104	Talc	101
Kaolin A	65	Kaolin A	63	Kaolin A	62	Kaolin A	60	Kaolin A	58
Silice	146	Silice	142	Silice	138	Silice	133	Silice	129
Ox. de fer	31	Ox. de fer	61	Ox. de fer	90	Ox. de fer	120	Ox. de fer	149
C. d'os	30	C. d'os	23	C. d'os	15	C. d'os	8	C. d'os	0

Les formules

1B		2		3		4		5 C						
Na2O	0,11	0,00	Na2O	0,10	0,62	Na2O	0,10	1,18	Na2O	0,10	1,78	Na2O	0,11	2,43
K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21	
CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37	
MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32	
Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45	
SiO2	3,35		SiO2	3,34		SiO2	3,35		SiO2	3,34		SiO2	3,35	
P2O5	0,15		P2O5	0,15		P2O5	0,15		P2O5	0,15		P2O5	0,15	
Fe2O3	0,00	Fe2O3	0,09	Fe2O3	0,18	Fe2O3	0,27	Fe2O3	0,37					
6		7		8		9		10						
Na2O	0,10	0,25	Na2O	0,10	0,83	Na2O	0,10	1,50	Na2O	0,10	2,45	Na2O	0,10	3,36
K2O	0,20		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21	
CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37	
MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32	
Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45	
SiO2	3,34		SiO2	3,35		SiO2	3,35		SiO2	3,35		SiO2	3,36	
P2O5	0,12		P2O5	0,12		P2O5	0,12		P2O5	0,11		P2O5	0,11	
Fe2O3	0,03	Fe2O3	0,10	Fe2O3	0,18	Fe2O3	0,27	Fe2O3	0,37					
11		12		13		14		15						
Na2O	0,10	0,41	Na2O	0,10	1,22	Na2O	0,10	2,38	Na2O	0,10	3,50	Na2O	0,10	5,29
K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21	
CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37	
MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32	
Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45	
SiO2	3,34		SiO2	3,34		SiO2	3,34		SiO2	3,34		SiO2	3,34	
P2O5	0,09		P2O5	0,09		P2O5	0,08		P2O5	0,08		P2O5	0,07	
Fe2O3	0,04	Fe2O3	0,11	Fe2O3	0,19	Fe2O3	0,28	Fe2O3	0,37					
16		17		18		19		20						
Na2O	0,10	0,93	Na2O	0,10	2,24	Na2O	0,10	4,00	Na2O	0,10	7,00	Na2O	0,10	9,25
K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21	
CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37	
MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32	
Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45	
SiO2	3,34		SiO2	3,33		SiO2	3,34		SiO2	3,34		SiO2	3,34	
P2O5	0,06		P2O5	0,06		P2O5	0,05		P2O5	0,04		P2O5	0,04	
Fe2O3	0,06	Fe2O3	0,13	Fe2O3	0,20	Fe2O3	0,28	Fe2O3	0,37					
21A		22		23		24		25 D						
Na2O	0,10	2,47	Na2O	0,10	7,00	Na2O	0,10	10,50	Na2O	0,10	29,00	Na2O	0,10	#DIV/0!
K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21		K2O	0,21	
CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37		CaO	0,37	
MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32		MgO	0,32	
Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45		Al2O3	0,45	
SiO2	3,34		SiO2	3,34		SiO2	3,34		SiO2	3,33		SiO2	3,34	
P2O5	0,03		P2O5	0,02		P2O5	0,02		P2O5	0,01		P2O5	0,00	
Fe2O3	0,07	Fe2O3	0,14	Fe2O3	0,21	Fe2O3	0,29	Fe2O3	0,37					

Les résultats obtenus sont semblables en oxydation et en réduction : ce sont les 9 échantillons correspondant aux valeurs maximales du phosphore et du fer qui sont les plus rouges. La couleur la plus vive se trouve au numéro 9, c'est-à-dire pour les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} P_2O_5 &= 0,11 \\ Fe_2O_3 &= 0,27 \\ Fe_2O_3 / P_2O_5 &= 2,43 \end{aligned}$$

Il n'y a pas de développement de rouge en dessous de 0,15 mol d'oxyde de fer (dans la formule de Seger) et de 0,08 mol de P_2O_5 .

Les valeurs du coefficient Fe_2O_3 / P_2O_5 doivent être comprises entre 1,5 et 3,5.

Il aurait été préférable d'explorer une zone plus large étant donné que des rouges se trouvent en bordure du carré. J'aurais dû utiliser un carré de 7 ou 9 unités de côté.

On peut remarquer que ces résultats ne sont pas en contradiction avec les premières approches données par l'analyse des compositions qui ont servi à commencer l'étude.

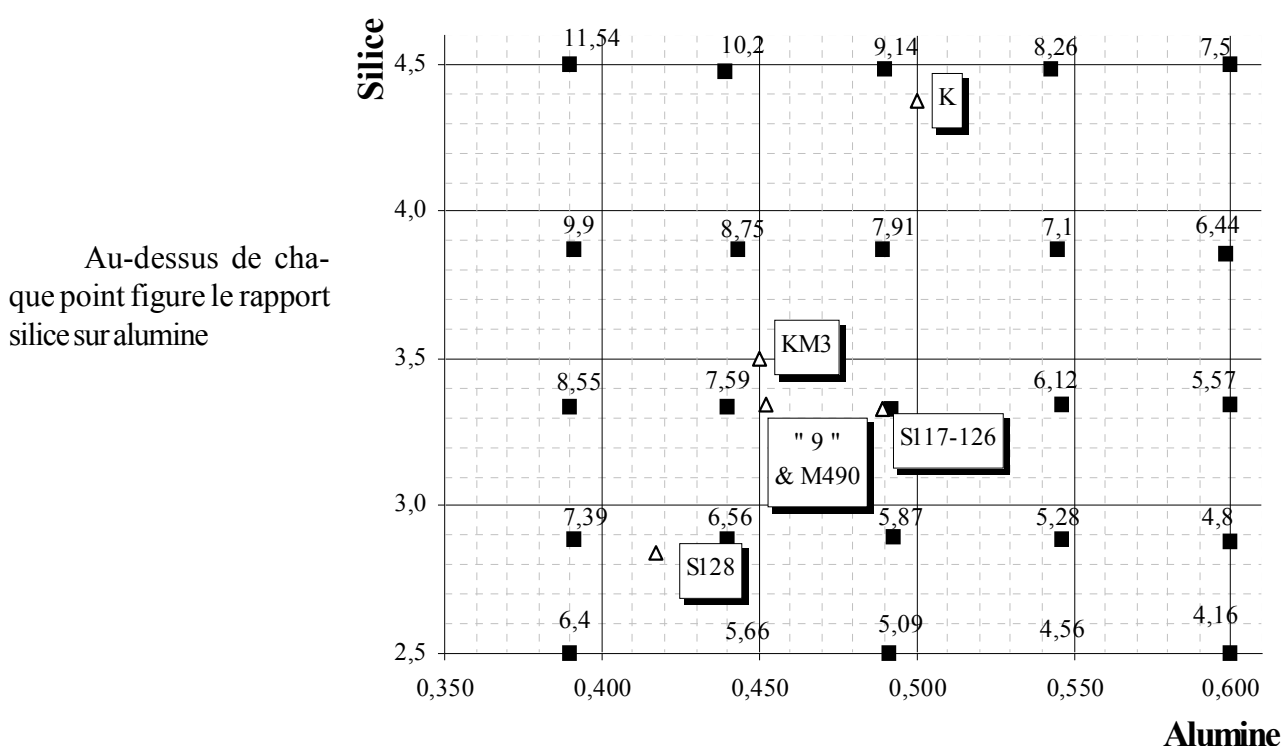
La silice et l'alumine

Le rapport fer sur phosphore étant choisi, on peut partir des "meilleurs résultats" pour voir si la silice et l'alumine jouent un rôle dans la couleur, la texture, la viscosité, la température de fusion. En fait, la réponse est connue : c'est oui, mais quel rôle ?

Je suis parti du numéro 9 de la série précédente (celui dont la couleur est la plus satisfaisante pour les quantités d'oxydes de fer et de phosphore les plus petites) pour faire une exploration silice / alumine, avec l'intention de cuire en oxydation et en réduction. Matthes présente des rouges dans lesquels l'alumine se situe entre 0,35 et 0,75 . D. De Montmollin dit qu'elle doit être supérieure à 0,35. Le rapport silice sur alumine se situe entre 4 et 8 pour le premier, 6 et 9 pour le deuxième : ceci va nous aider à situer le "carré" de recherche.

L'alumine se situera entre 0,39 et 0,6 ; la silice entre 2,5 et 4,5 ; on peut repérer cette zone sur le graphique ci-dessous.

Photos 25 & 26 pages 62 & 63



1		2		3		4		5	
C.d'os	87	C.d'os	86	C.d'os	84	C.d'os	83	C.d'os	81
Feld. K	429	Feld. K	408	Feld. K	387	Feld. K	366	Feld. K	345
Craie	20	Craie	20	Craie	20	Craie	19	Craie	19
Talc	86	Talc	85	Talc	83	Talc	82	Talc	80
kaolin A	0	kaolin A	41	kaolin A	81	kaolin A	122	kaolin A	162
Alumine	0	Alumine	0	Alumine	0	Alumine	0	Alumine	0
Silice	282	Silice	268	Silice	254	Silice	240	Silice	226
Fer	96	Fer	94	Fer	92	Fer	90	Fer	88
6		7		8		9		10	
C.d'os	95	C.d'os	94	C.d'os	92	C.d'os	90	C.d'os	89
Feld. K	469	Feld. K	449	Feld. K	429	Feld. K	409	Feld. K	389
Craie	22	Craie	21	Craie	21	Craie	21	Craie	21
Talc	94	Talc	92	Talc	91	Talc	89	Talc	88
kaolin A	0	kaolin A	35	kaolin A	69	kaolin A	104	kaolin A	139
Alumine	0	Alumine	3	Alumine	5	Alumine	8	Alumine	11
Silice	216	Silice	204	Silice	193	Silice	181	Silice	170
Fer	105	Fer	103	Fer	101	Fer	98	Fer	96
11		12		13		14		15	
C.d'os	104	C.d'os	102	C.d'os	100	C.d'os	98	C.d'os	96
Feld. K	509	Feld. K	490	Feld. K	471	Feld. K	452	Feld. K	434
Craie	24	Craie	23	Craie	23	Craie	22	Craie	22
Talc	102	Talc	100	Talc	99	Talc	97	Talc	95
kaolin A	0	kaolin A	29	kaolin A	58	kaolin A	87	kaolin A	116
Alumine	0	Alumine	5	Alumine	11	Alumine	16	Alumine	21
Silice	150	Silice	140	Silice	131	Silice	122	Silice	113
Fer	114	Fer	111	Fer	109	Fer	107	Fer	105
16		17		18		19		20	
C.d'os	112	C.d'os	110	C.d'os	108	C.d'os	106	C.d'os	104
Feld. K	548	Feld. K	531	Feld. K	513	Feld. K	495	Feld. K	478
Craie	25	Craie	25	Craie	24	Craie	24	Craie	24
Talc	110	Talc	108	Talc	106	Talc	104	Talc	103
kaolin A	0	kaolin A	23	kaolin A	46	kaolin A	69	kaolin A	92
Alumine	0	Alumine	8	Alumine	16	Alumine	24	Alumine	32
Silice	83	Silice	77	Silice	70	Silice	63	Silice	57
Fer	122	Fer	120	Fer	118	Fer	115	Fer	113
21		22		23		24		25	
C.d'os	120	C.d'os	118	C.d'os	116	C.d'os	113	C.d'os	111
Feld. K	588	Feld. K	572	Feld. K	555	Feld. K	539	Feld. K	522
Craie	27	Craie	27	Craie	26	Craie	26	Craie	25
Talc	118	Talc	116	Talc	114	Talc	112	Talc	110
kaolin A	0	kaolin A	17	kaolin A	35	kaolin A	52	kaolin A	69
Alumine	0	Alumine	11	Alumine	21	Alumine	32	Alumine	42
Silice	17	Silice	13	Silice	9	Silice	4	Silice	0
Fer	131	Fer	129	Fer	126	Fer	124	Fer	121

Le N° 9 de l'étude précédente se situe entre les numéros 12 et 13.

Les meilleurs résultats sont obtenus pour :

En oxydation :

SiO_2 entre 4 et 4,5

Al_2O_3 entre 0,5 et 0,55

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ entre 7 et 9

En réduction :

SiO_2 aux environs de 3,5

Al_2O_3 de 0,38 à 0,47

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ entre 7,5 et 8,5

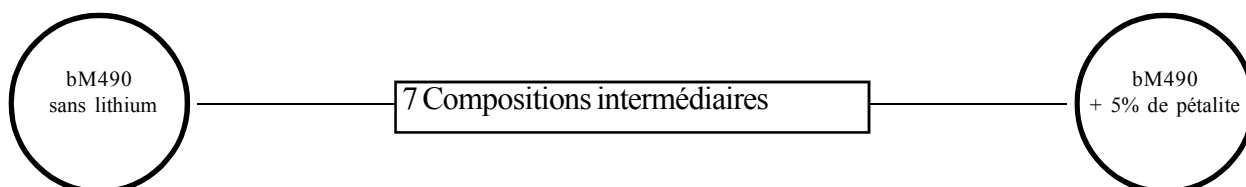
Le rouge se développera mieux en oxydation si on augmente à la fois la silice et l'alumine (en comparaison avec la composition "centrale").

On retrouve, en oxydation, le phénomène gouttes d'huile avec les valeurs les plus basses de la silice et de l'alumine.

La zone d'exploration est insuffisante.

Le lithium change-t-il la glaçure ?

La formule originelle trouvée dans le livre de Matthes en langue allemande (M490) contenait du lithium. Dans un premier temps je l'avais supprimé, en raison de son très faible pourcentage, il semble bien que la glaçure n'en soit guère été affectée. Pour en être certain, j'ai réintroduit le lithium, progressivement.



Les recettes

1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Pétal.	0	Pétal.	6	Pétal.	13	Pétal.	19	Pétal.	25	Pétal.	31	Pétal.	38	Pétal.	44	Pétal.	50
C d'os	133	C d'os	133	C d'os	133	C d'os	133	C d'os	133	C d'os	133	C d'os	133	C d'os	133	C d'os	133
F. de K	460	F. de K	460	F. de K	460	F. de K	460	F. de K	460	F. de K	460	F. de K	460	F. de K	460	F. de K	460
Talc	98	Talc	98	Talc	98	Talc	98	Talc	98	Talc	98	Talc	98	Talc	98	Talc	98
Kao. A	62	Kao. A	62	Kao. A	62	Kao. A	62	Kao. A	62	Kao. A	62	Kao. A	62	Kao. A	62	Kao. A	62
Silice	132	Silice	132	Silice	132	Silice	132	Silice	132	Silice	132	Silice	132	Silice	132	Silice	132
Ox. Fe	106	Ox. Fe	106	Ox. Fe	106	Ox. Fe	106	Ox. Fe	106	Ox. Fe	106	Ox. Fe	106	Ox. Fe	106	Ox. Fe	106
991		997		1004		1010		1016		1022		1029		1035		1041	

Une remarque sur l'utilisation de la méthode des mélanges présentée dans le premier tome

En N° 1 figure la recette de bM490, c'est à dire M490 sans pétalite : celle-ci a été purement et simplement supprimée, la somme fait donc 991g. En N° 9, j'ai ajouté 50g de pétalite soit environ 5 % . Pour que la méthode soit correctement appliquée ; il faudrait recalculer les recettes de telle façon que la somme fasse 1000g dans les deux cas ; on ajouterait ensuite la même quantité d'eau : 600g par exemple. On aurait alors la même masse de matière sèche dans chaque volume de base des suspensions. On peut ne pas recalculer les recettes à condition d'ajouter de l'eau proportionnellement aux masses des deux compositions de départ :

On veut 600g d'eau par kg de matière sèche par exemple.

En N° 1 on ajoutera : $600 * 991 / 1000 = 594.6$ centimètres cubes d'eau

En N° 9 on ajoutera : $600 * 1041 / 1000 = 624.6$ centimètres cubes d'eau

On pourra alors utiliser la méthode dans de bonnes conditions. Dans ce cas précis, on n'aurait pas commis une erreur énorme en ajoutant 600 cc d'eau dans les deux compositions de départ : les résultats auraient été lisibles "en tendance" mais pas "en valeur".

Remarque : j'ai fait un raisonnement sur un Kg, c'est plutôt sur 100g qu'il aurait fallu le faire, puisque c'est plutôt avec cette masse qu'on fera réellement l'expérience.

Conclusion

Dans les proportions utilisées, la pétalite ajoutée ne change pas vraiment la glaçure ; on peut noter cependant une très légère diminution des taches noires avec 5 %.

La substitution alcalins / calcium

La moyenne pour les rouges de fer se situe environ à 0,5 pour l'oxyde de calcium, 0,3 pour les oxydes alcalins et 0,2 pour l'oxyde de magnésium, l'oxyde de phosphore n'étant pas comptabilisé comme oxyde basique dans la formule de Seger, qui est celle que j'utilise, même si ce n'est pas forcément la plus judicieuse. On pourrait faire une exploration des oxydes basiques les plus favorables au développement du rouge. Une méthode en carré permettrait de mettre à droite, par exemple, les compositions à majorité d'alcalino-terreux, à gauche les composés à majorité d'alcalins, en haut le sodium et le magnésium, en bas le potassium et le calcium. L'exploration ne serait pas exhaustive, mais sans doute déjà intéressante. J'ai choisi de faire l'exploration minimale en remplaçant progressivement le feldspath par de la craie associée à de la silice et de l'alumine pour conserver la même formule moléculaire

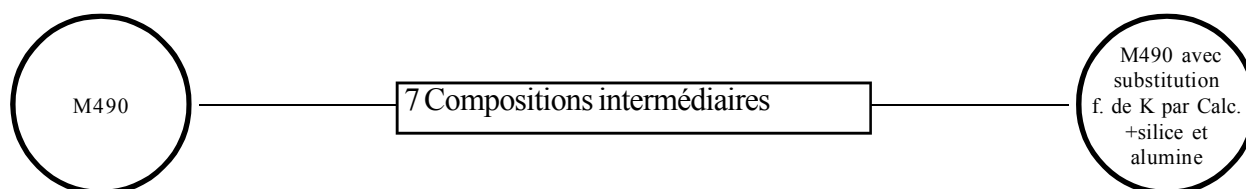


Photo 27 page 64

1	
Na ₂ O	0,10
K ₂ O	0,21
Li ₂ O	0,01
CaO	0,37
MgO	0,32
P ₂ O ₅	0,15
Al ₂ O ₃	0,45
SiO ₂	3,35
Fe ₂ O ₃	0,27

9	
Na ₂ O	0,04
K ₂ O	0,03
Li ₂ O	0,01
CaO	0,62
MgO	0,31
P ₂ O ₅	0,15
Al ₂ O ₃	0,45
SiO ₂	3,35
Fe ₂ O ₃	0,27

Les recettes

1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Pétal.	10	Pétal.	10	Pétal.	10	Pétal.	10	Pétal.	10	Pétal.	9	Pétal.	9	Pétal.	9	Pétal.	9
C. dos	133	C. dos	132	C. dos	132	C. dos	131	C. dos	130	C. dos	129	C. dos	129	C. dos	128	C. dos	127
F. de K	460	F. de K	403	F. de K	345	F. de K	288	F. de K	230	F. de K	173	F. de K	115	F. de K	58	F. de K	0
Calc.	0	Calc.	8	Calc.	16	Calc.	24	Calc.	32	Calc.	39	Calc.	47	Calc.	55	Calc.	63
Talc	98	Talc	97	Talc	97	Talc	96	Talc	96	Talc	95	Talc	94	Talc	94	Talc	93
Kaol. A	62	Kaol. A	93	Kaol. A	123	Kaol. A	154	Kaol. A	185	Kaol. A	215	Kaol. A	246	Kaol. A	276	Kaol. A	307
Silice	132	Silice	154	Silice	175	Silice	197	Silice	219	Silice	240	Silice	262	Silice	283	Silice	305
Ox. de Fe	106	Ox. de Fe	105	Ox. de Fe	105	Ox. de Fe	104	Ox. de Fe	103	Ox. de Fe	102	Ox. de Fe	102	Ox. de Fe	101	Ox. de Fe	100

Conclusion

La couleur n'est pas franchement affectée par la substitution ; cependant, on voit les taches noires régresser tandis que la surface devient plus satinée pour finir rêche. On peut se poser la question de l'origine des taches noires dans les rouges de fer ; on peut se demander également si la substitution aurait eu le même effet avec d'autres valeurs de la silice et de l'alumine.

Cette étude termine la présentation d'une grande partie de mon travail, effectué jusqu'à 2003, sur les glaçures contenant l'élément fer.

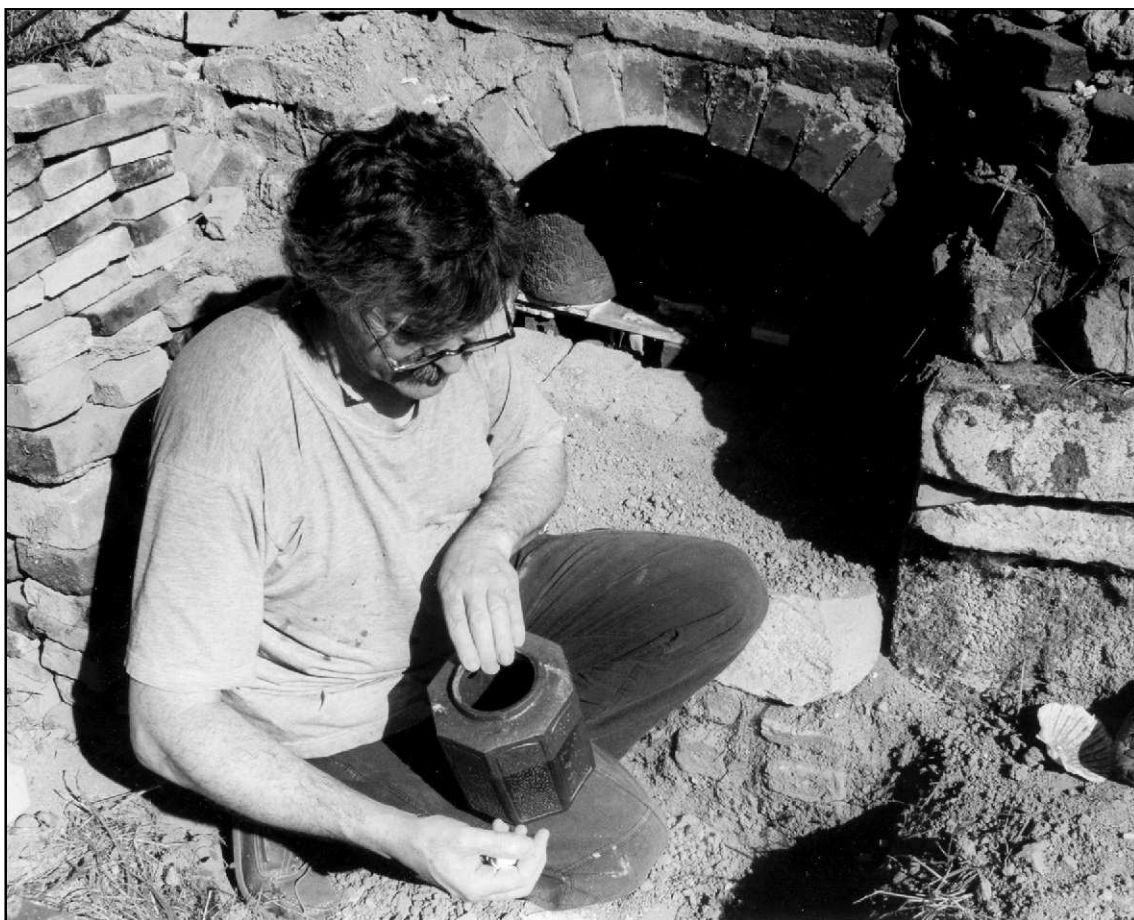


Photo Roger Crouzet

Défournement d'une cuisson de grès - Four à bois - Bussières - 2002
Glaçures : minéral de fer, cendres, silice.

Au lecteur

Malgré toute l'attention portée, des erreurs subsistent certainement ; je vous serais reconnaissant, si vous en repérez, de me les signaler et de me faire part de vos critiques sur la conception ou le contenu de cet ouvrage.

J'ai conscience des limites de ce qui est présenté ici : le sujet est à peine défloré, l'élément fer permet bien d'autres glaçures, je n'ai pas parlé des jaunes de fer autrement que pour évoquer des céladons ratés, je n'ai pas parlé sérieusement non plus de ce que certains appellent des aventurines, ni des émaux cristallisés, qu'ils soient à base de cendres ou d'autres oxydes comme le zinc ou le titane. J'ai tenu à me limiter à ce que je maîtrise un peu et je n'ai pas fait état de recherches qui n'aboutissaient à aucun émail utilisable (par exemple sur les rôles respectifs du manganèse et du fluor dans des gouttes d'huile). C'est peut-être dommage car on donne l'impression, en ne présentant pas tout, que les diverses investigations débouchent sur des résultats possibles à interpréter, c'est-à-dire exploitables, ce n'est évidemment pas vrai. Toute mise en forme est une nouvelle écriture qui ne laisse pas forcément entrevoir les fausses pistes et autres divagations inhérentes à tout cheminement de la pensée.

Je voudrais, avant de terminer, dire combien j'apprécie de voir que les émaux de grès et de porcelaine sont encore une sorte d'idéal pour les céramistes actuels, même si les terres sigillées, les Raku, les lustres, les produits de cuissons longues se développent, ce dont, au nom de la "céramo-diversité", on ne peut que se réjouir. Les livres actuels, tout comme le développement des sites Internet consacrés à la céramique, témoignent de cet intérêt grandissant.

Enfin ce travail pourrait laisser croire que la glaçure est une fin en soi, qu'il suffit de maîtriser la technique pour produire de bonnes céramiques. Chacun sait bien que l'essentiel n'est pas là. Si je choisis de parler de technique, c'est pour ne pas parler réellement de production céramique, c'est-à-dire de créativité, de sensibilité, d'inspiration et d'expression. À mon sens, ce sont là des domaines dans lesquels les pièces, chargées de leur histoire et de leur rapport à ceux par qui elles sont apparues, doivent elles-mêmes parler.

SÉLECTION D'OUVRAGES SUR LA CÉRAMIQUE

- * D'Albis Antoine, *La porcelaine artisanale*, Dessain et Tolra, 1979
- * D'Albis Antoine, *Faïences et pâtes tendres*, Dessain et Tolra, 1975
- * *Céladons d'hier et d'aujourd'hui*, Association des amis du Musée Bernard Palissy, Saint Avit, 1995
- * Daly Greg, *Glazes and glazing techniques*, A & C Black, 1995.
- * Dunand Frank, *Collections Baur Genève*, Musées Suisses , 1997
- * Girel Jean, *Bulletin des collections Baur N° 47*, Genève, 1988
- * Hamer F. & J., *The Potter's Dictionary of materials and techniques*, A & C Black, London, 1997
- * Jouenne C-A, *Traité de céramique et de matériaux minéraux*, Septima, 1990
- * Lambercy E, *Les matières premières et leur transformation par le feu*, Argile, 1993
- * Leach Bernard, *Le livre du potier*, Dessain et Tolra, 1973
- * Leach Bernard, *Hamada le potier*, Dessain et Tolra, 1976
- * Li Zhiyan et Cheng Wen, *La céramique Chinoise*, Editions en langues étrangères, Pékin, 1984
- * Matthes W-E, *Keramische Glasuren* Augustus Verlag, 1990
- * Matthes W-E, *Émaux et glaçures céramiques*, Eyrolles, 2002
- * De Montmollin Daniel, *Pratique des émaux de grès*, La revue de la céramique et du verre, 1987
- * De Montmollin D., *Pratique des émaux de cendres*, La revue de la céramique et du verre, 1997
- * Noël Philippe, *Le calcul des glaçures*, Les éditions techniques et artistiques, Paris, 1980
- * Praudel Andoche, *Essai sur la céramique japonaise depuis les origines*, You-Feng, Paris, 2001
- * Rhodes Daniel, *Terres et glaçures*, Dessain et Tolra, 1974
- * Sanders H. Herbert, *Connaître et réaliser la céramique japonaise*, Dessain et Tolra, 1976
- * Shimizu Christine, *Le Grès Japonais*, Massin, 2001
- * Stefanov et Batschwarov, *Keramik Glasuren*, Bauverlag, Berlin, 1988
- * Suzuki Osamu, *Écume et terres écarlates céramique SHINO*, (catalogue), Asahi Shimbun, Paris, 1998
- * Valtat Alain, *Introduction à une pratique expérimentale des glaçures 1250-1320°C généralités*, Auxerre, 2001
- * Wood Nigel, *Chinese glazes*, A & C Black, 1999

On pourra se procurer la plupart de ces ouvrages auprès de

www.ceramique.com Tel : 04 66 22 58 70

QUELQUES SITES INTERNET CONSACRÉS À LA CÉRAMIQUE

- * <http://www.ceramique.com/>
- * <http://perso.wanadoo.fr/smart2000/>
- * <http://perso.wanadoo.fr/shufu/> (site de l'auteur)

