

## Composition de la croûte terrestre

O	oxygène	46,6 %	) 75 %
Si	Silicium	27,7 %	
Al	Aluminium	8,1 %	
Fe	Fer	5 %	
Ca	Calcium	3,6 %	
Na	Sodium	2,8 %	
Mg	Magnésium	2,1 %	
Autres		1,5 %	

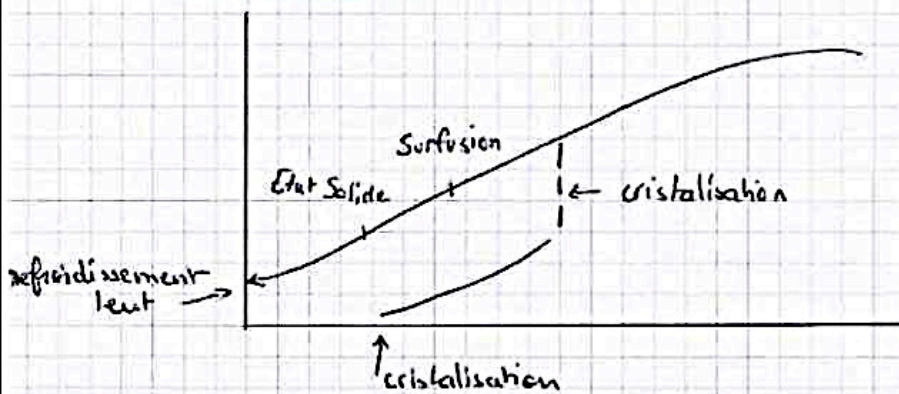
Les roches composées de silice (Silicates  $SiO_2$ ) représentent 95 % de la croûte terrestre - Argile  $\rightarrow$  Silicate d'alumine hydratée

Si - Sable  $\rightarrow$  Silice fusion à  $1700^\circ$   $\rightarrow$  formateur de verre

Na - Natrium  $\rightarrow$  Soude cristallisé  $\rightarrow$  Modificateur (fondant)  
Sodium

Sable + Natrium  $\rightarrow$  Verre à  $200^\circ$  (Verre incolore)

## Courbe de refroidissement fusion de la silice



refroidissement lent  $\rightarrow$  pas de cristallisation (formateur du verre)

$\downarrow$   
Surfusion (Etat désordonné)

②

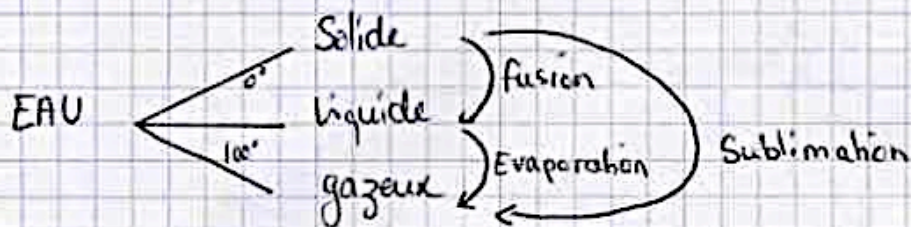
- les seuls éléments qui ont subit naturellement une transformation Silice / Verre sont:

- les fulgurite: Dans le desert le sable se serait transformé en verre par la foudre.

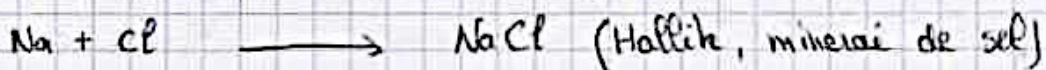
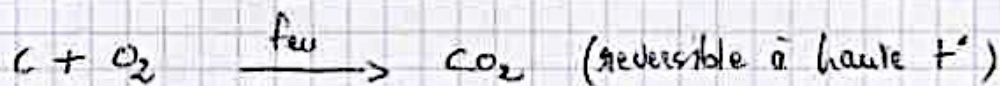
- les obsidiennes: Volcan - refroidissement rapide du magma à la surface

## ETAT DE LA MATIERE

x Transformation physique



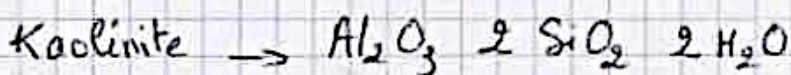
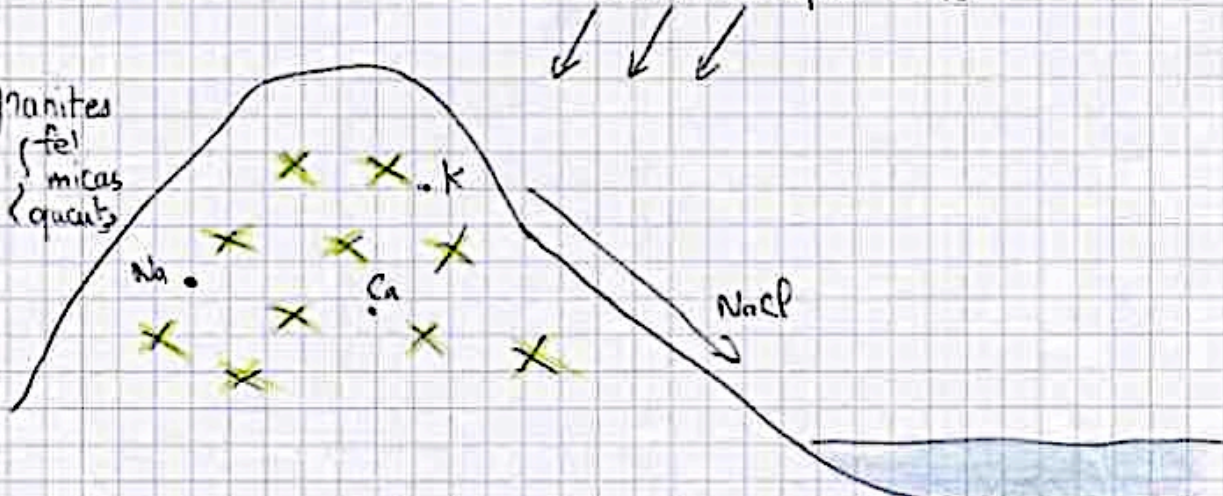
x Transformation chimique



Sodium / chlore

Eau météorique + CO<sub>2</sub>

x Granites  
(fel  
micas  
quartz)



Modificateur BASE oxyde $R_2O$ RO		Stabilisateur $R_2O_3$	Formateur $RO_2$ $R_2O_5$
BASES oxyde		AMPHOTERES (peut être basique ou acide)	ACIDES
Métaux	$Na_2O$ Sodium	$Al_2O_3$	$SiO_2$ Silice
Zn O	$K_2O$ Potassium	$Fe_2O_3$ oxyde ferrique	$P_2O_5$ Phosphore
Pb O	$Li_2O$ Lithium	$B_2O_3$ Bore	
Fe O oxyde ferreux	$CaO$ Calcium		
	$MgO$ Magnesium		
	$BaO$ Baryum		
	$R_2O \rightarrow$ Alcalis		
	$RO \rightarrow$ Alcairino terreux		

**SILICE**  $SiO_2$  oxyde de silicium

Sable / Silex / Quartz / cendres (riz)

- TALC (silicate de magnésium)  $MgO$  1,2  $SiO_2$

- WOLLASTONITE  $CaO$   $SiO_2$

- KAOLIN  $Al_2O_3$  2  $SiO_2$  2  $H_2O$

- ARGILES  $Al_2O_3$  x  $SiO_2$  y  $H_2O$

- FELDSPATH ORTHOSE (Pot)  $K_2O$   $Al_2O_3$  6  $SiO_2$

ALBITE (Sodique)  $Na_2O$   $Al_2O_3$  6  $SiO_2$

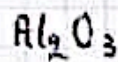
ANORTHIQUE (Calcique)  $CaO$   $Al_2O_3$  2  $SiO_2$

PEGMATITE plus riche en silice

- FELDSPATHOÏDE

NEPHELINE SYENITE  $KNaO$   $Al_2O_3$  4  $SiO_2$

# ALUMINES



- KAOLIN  $Al_2O_3$  2  $SiO_2$  2  $H_2O$
- FELDSPATH  $KNaO$   $Al_2O_3$  2 à 10  $SiO_2$
- ALUMINE  $Al_2O_3$  corindon

## MODIFICATEURS

- Calcium ( $CaO$ ) :
  - craie  $CaCO_3$
  - Cendres de Bois, OS
  - Wollastonite  $CaO$   $SiO_2$
  - Dolomite  $CaCO_3$   $MgCO_3$

- MAGNESIUM ( $MgO$ ) :
  - Talc  $MgO$  1, 2  $SiO_2$
  - Dolomite  $CaCO_3$   $MgCO_3$
  - Carbonate de Magnesium  $MgCO_3$   
(Magnésite)

- ALCALIS  $KNaO$   
 $K_2O$   $Na_2O$

- Feldspaths : seule source d'alcalis non solubles.

Alcalis solubles → pénètrent de la terre lors de l'émaillage, risque de faire fondre la terre à plus basse  $t^\circ$ .

- Frittes  $KNaO$   $CaO$   $SiO_2$   
(2 molécules de silice pour un alcalis)

- FR4 → Selaçip
- 1233 → Ceracel.

- Oxyde de Zinc  $ZnO$

- BaO → Carbonate de baryum  $BaCO_3$  (Toxique)

- PbO → Alqui feux  $PbS$  (Sulfure) Soufre

→ Massicot (Litharge)  $PbO$

→ Ceruse  $PbCO_3$

→ Minium  $PbO_4$

- FRITTES de Pb

A partir de  $1400^\circ \rightarrow Pb$  soluble

- FR1 Monosilicate  $PbO SiO_2$

- FR2 Bisilicate  $PbO 2 SiO_2$

(FR2 plus efficace car 2 Si pour 1 Pb)

- BORE  $B_2O_3$

- Colemanite  $\rightarrow 2 CaO 3 B_2O_3 5 H_2O$

(difficile à employer car l'eau emprisonné ds les molécules peut décoller l'email au début de cuisson)

- Fritte - FR7

- FR8  $KNaO 1,39 B_2O_3 2,4 SiO_2$

Les matières calcinées comme kaolin calciné servira à faire disparaître l'eau contenue ds la formule du kaolin

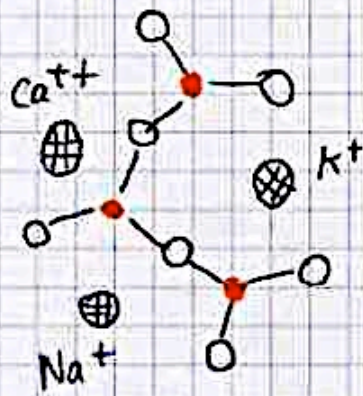
Silice  $\rightarrow$  opales  $\rightarrow$  silice pure hydratée  
cristal de roche  $\rightarrow$  AnkysoTropo Anisotrope  
cristal de Quartz  
cristoballite  $\rightarrow$  Silice calcinée

ISOTROPE  $\rightarrow$  Se dit d'un corps homogène et qui présente les même propriétés physiques de toute les directions

Presq  $\rightarrow$  très riche en silice

Calcaire  $\rightarrow$  Polymorphisme  $\rightarrow$  Membre (très bon Ca)

La silice va permettre un creneau



Alcalis / Alcalino teneur

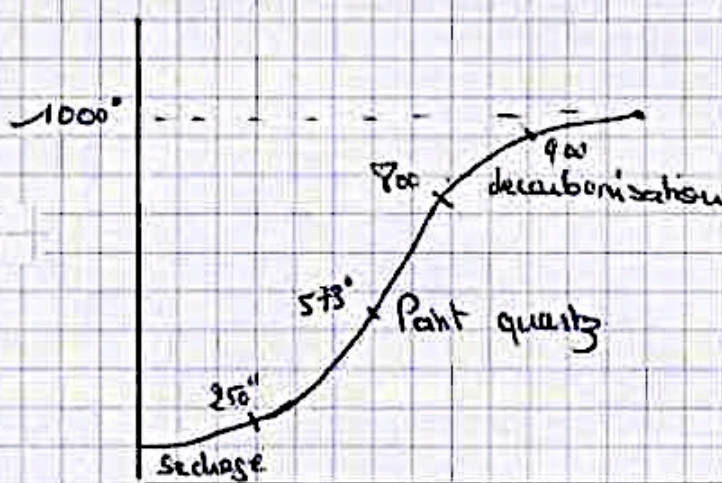
⊕ veut fondre la silice

Le Verrier travaillera en atmosphère oxydante (Vere 800°)  
très peu d'alumina

Le Potter → plus d'alumina / atmosphère réductrice  
L'encal doit s'accorder au tesson / refroidissement différent

### COORBES DE CUISSON

DÉGOURDIS



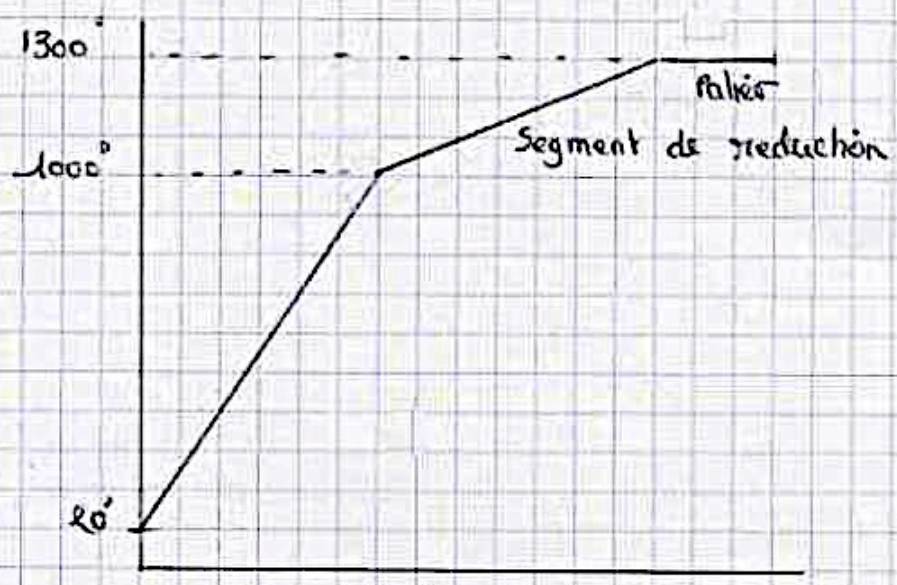
Decarbonisation → 600° Matières organiques

→ entre 800 et 900 Sulfures

entre 800° et 1000° courbe ralentie

7

# EMAIL 1300° avec pièces déjà dégraissés

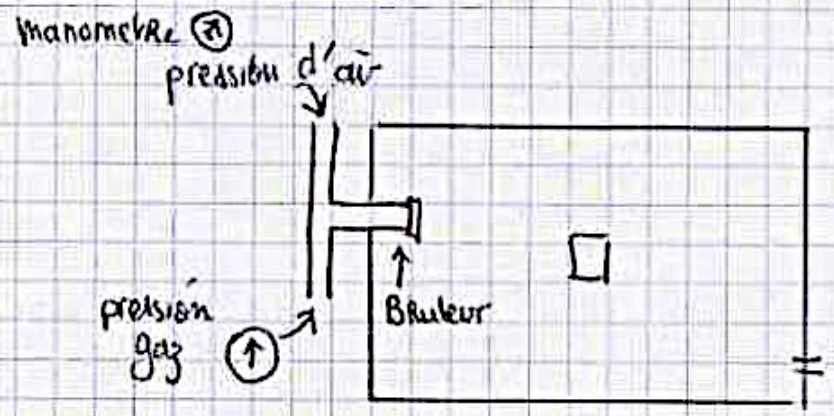


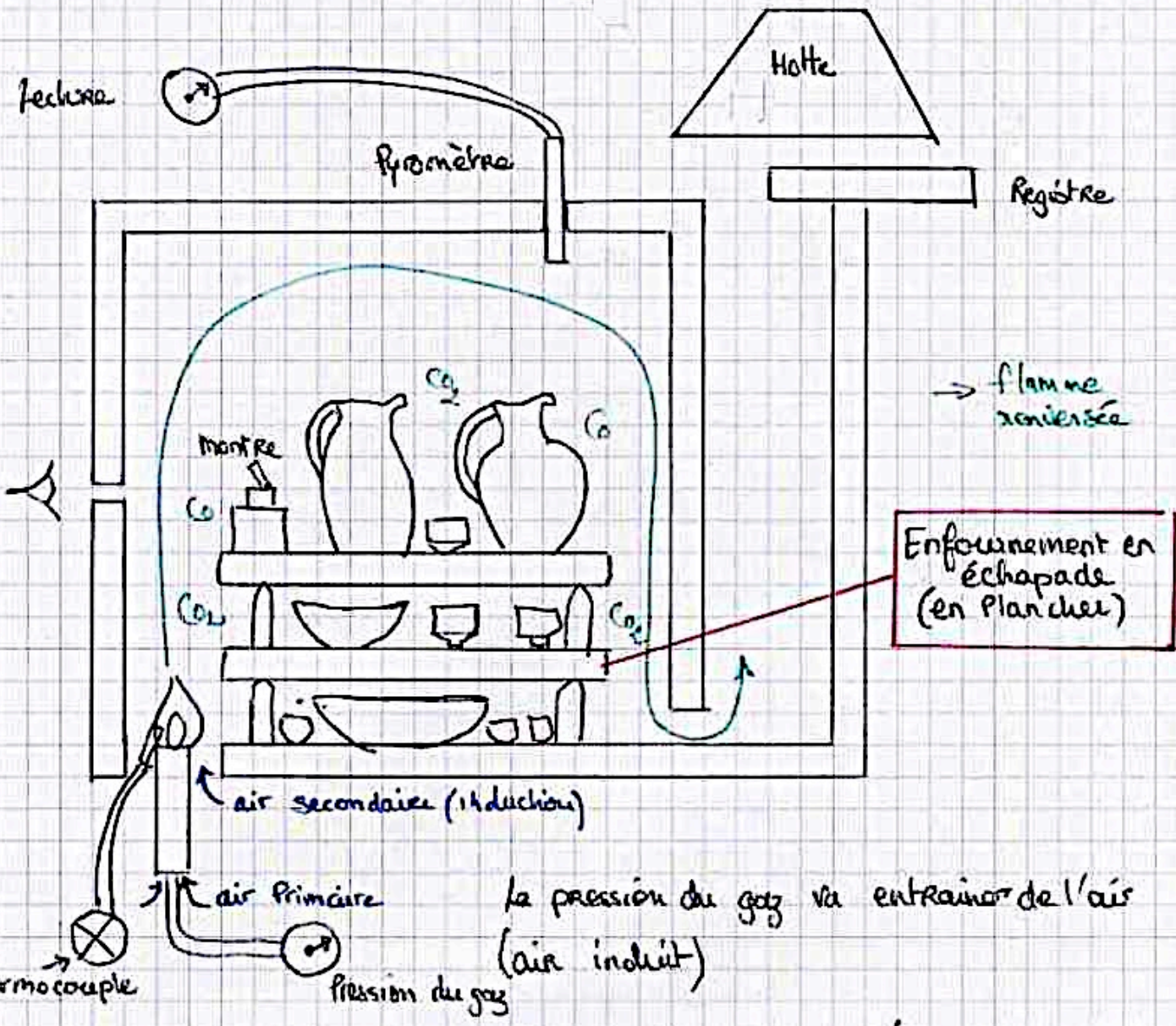
1000° en trois heures puis 100° heure

- Le Palier homogénéise le four (isothermie)
- Pour les grosses pièces, ralentir la courbe de cuisson (la courbe dépend de la charge, des email)
- Alimentation four à gaz → PROPANE ou en bouteille  
→ Gaz Naturel (Pression faible)  
50 mb

Une cuisson gaz demande 300 mb

## FOUR à AIR PULSÉ

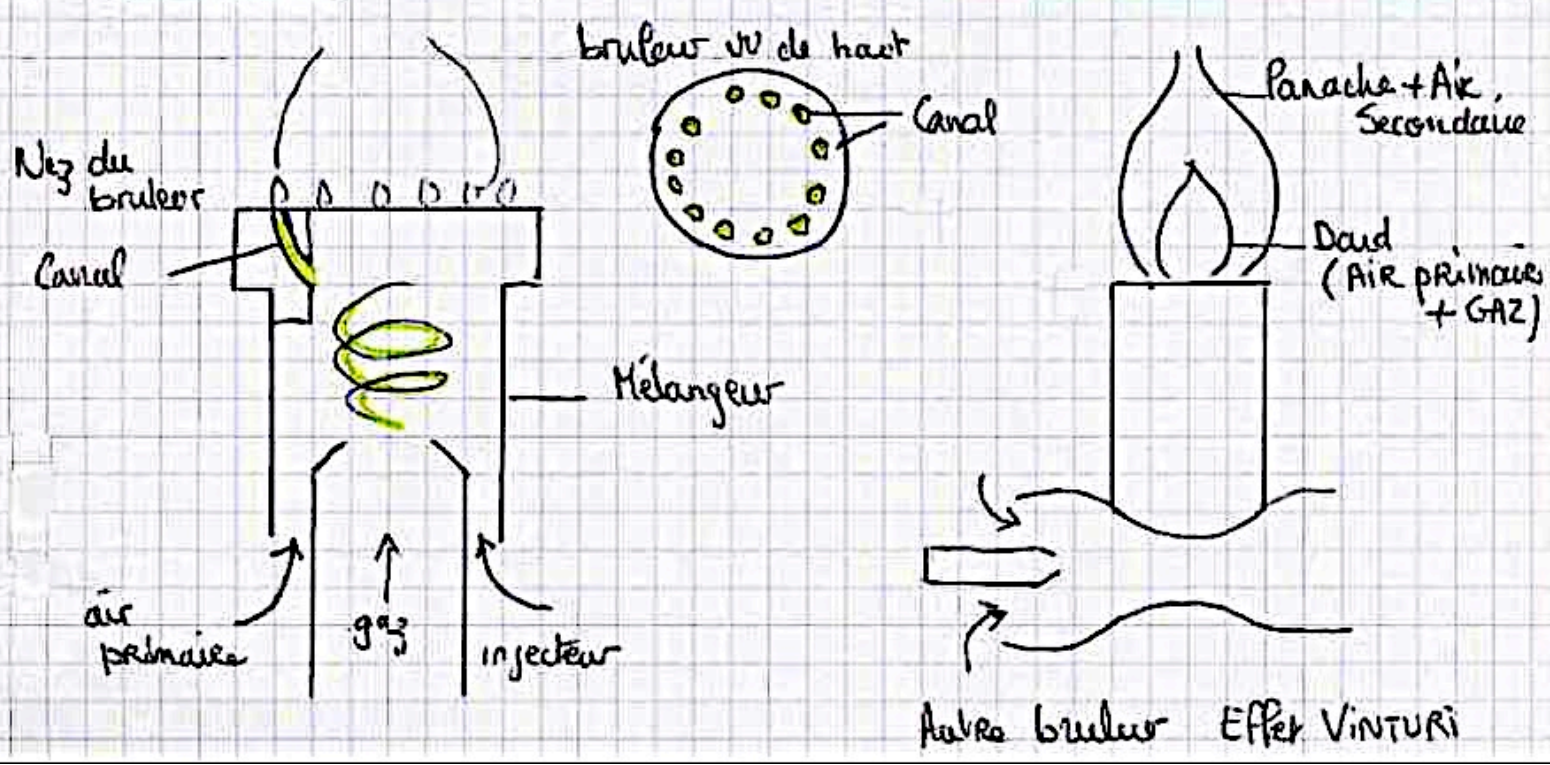




lorsque les pots sont empilés ds le four Degeud/biscuit

→ **Enfournement en charge.**

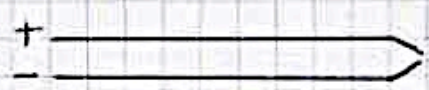
BRULEURS



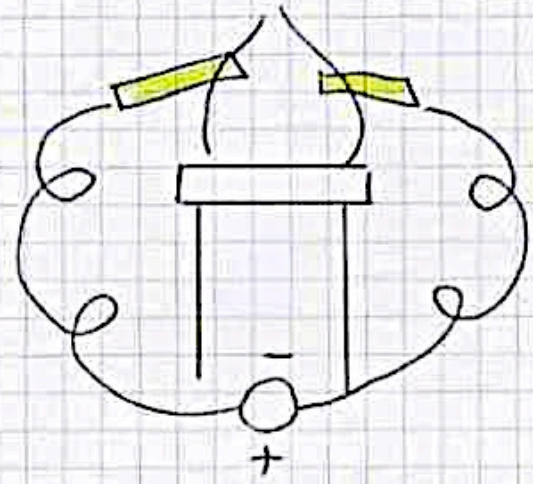


## SECURITES

- Sécurité par thermocouple (pas fiable entre 300° et 730°)



- Sécurité par ionisation



- Sécurité par cellule photoélectrique

## Les Plaques d'enfournement

- Plaques en cordiérite (Alcorite ou Mulcorite)  
1350 1220  
les moins chères

Risque de déformation → retourner la plaque régulièrement

- Plaques en Carbone de Silicium 1500°
- Plaques Crystal Carbone de Silicium (SiC) 1600°

Ne pas utiliser de la four à bois

- Engobe à Plaque : Kaolin 30%,  
Alumine 70%.

↓  
plus réfractaire

- Kaolin 50%,  
Alumine 50%.

↓  
meilleur pour tenue sur plaque.

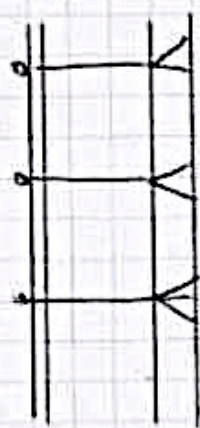
- Terre à colle

Kaolin 50% + Alumine 50% + Faine ou Sierre ≈ 20%,  
ou Argile réfractaire + Sable

— Fibres Avantage forte isolation thermique / léger  
 composé de silice et Alumine mais matières dangereuses à respirer (Notamment les poussières d'usage)



Fibres en accorléon



Fibres plaquées

Briques lourde / Briques légères (refractaires)

Brique légère      Brique lourde



— Pyromètre

2 alliages différents



gaine réfractaire

couple — type K: chromelle / Allumelle (Basse  $t^{\circ}$ )

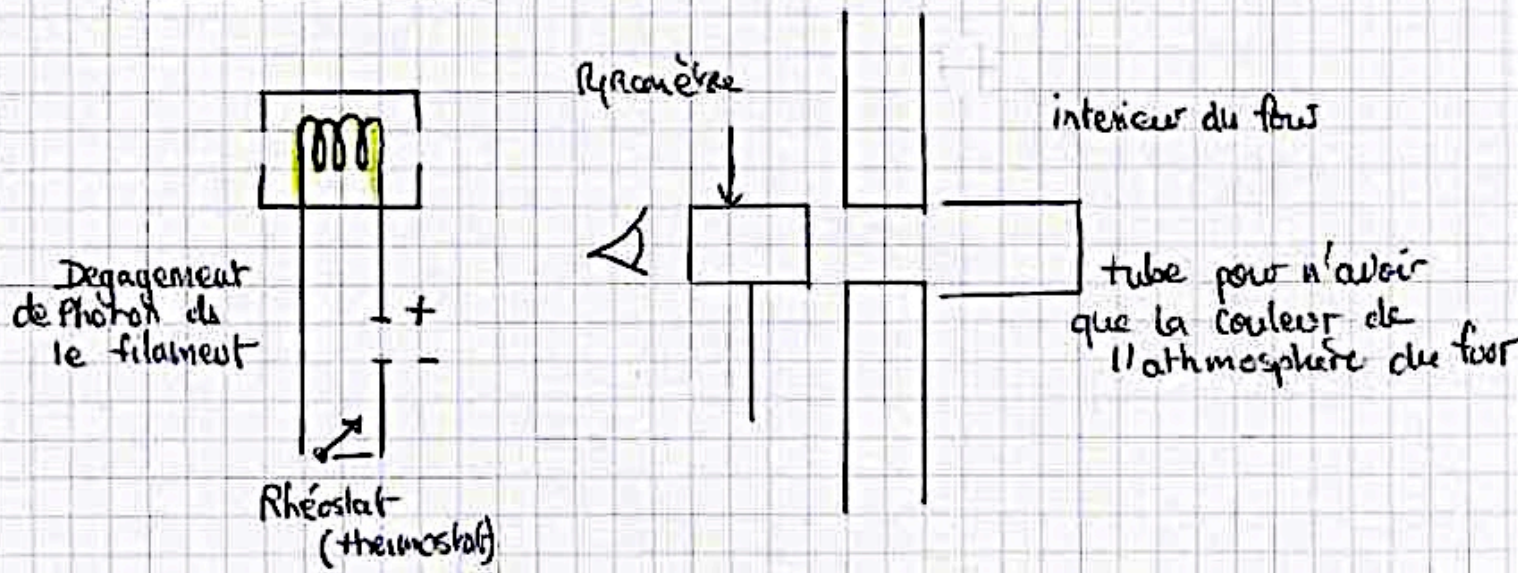
— type S: platine / platine Rhodié  
 Plus solide et plus fiable

— Analyseur d'atmosphère

Il analyse le taux de  $CO_2$  et  $CO$

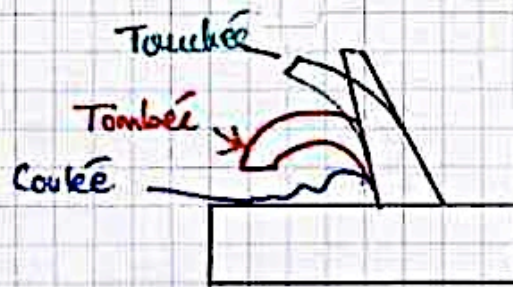
flamme bleue (sortie du four)  $\rightarrow$   $CO$  Monoxyde de Carbone  $CO$

## - Pyromètre optique à disparition de filament



Lorsque le filament disparaît, il est de même couleur que de le four donc à même  $T^\circ$  que sur le Rhéostat.

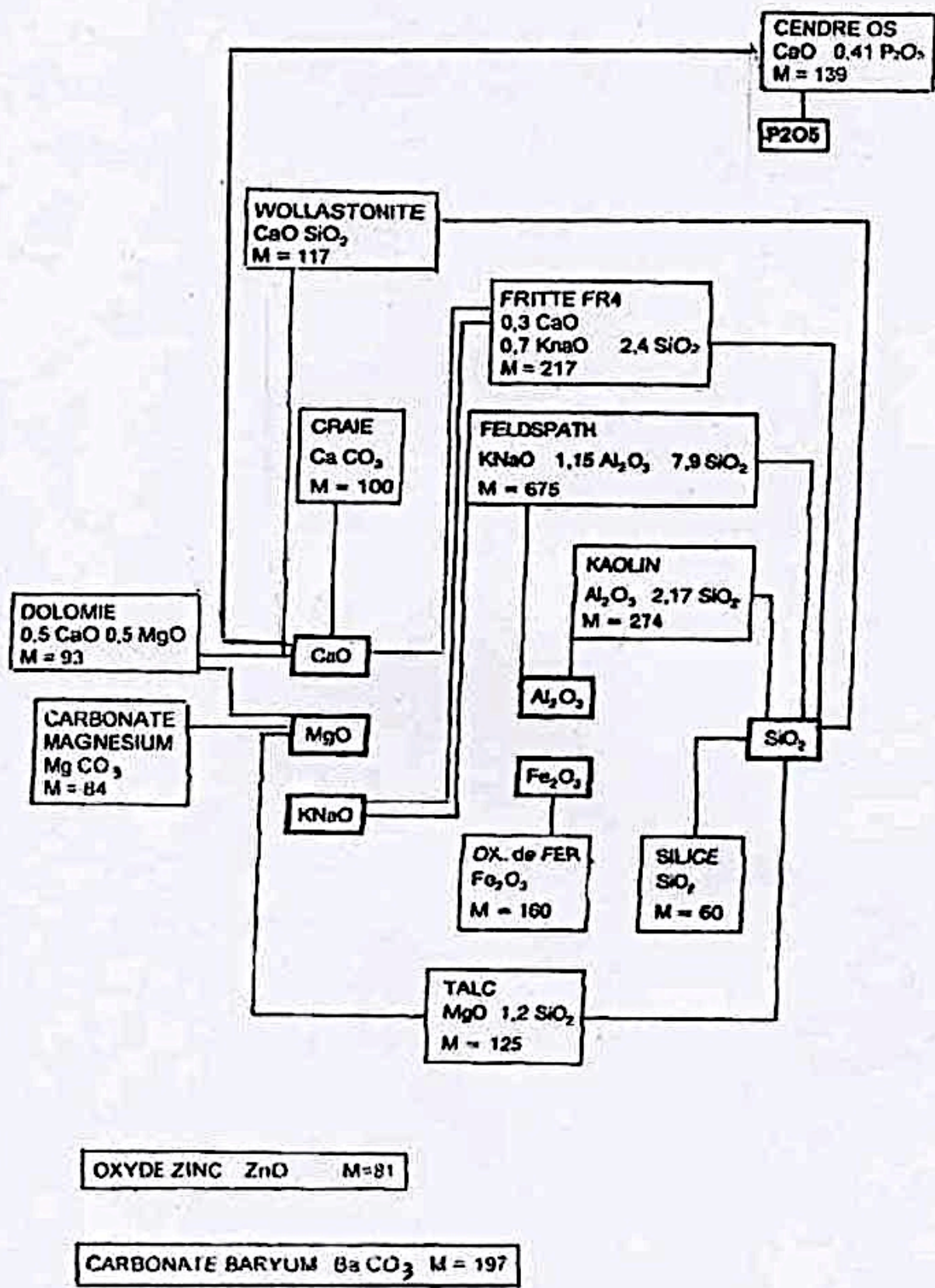
## Pyrométrie : Montres



\* Montre Pyrométrique: Etat de Cuison qui caractérise le produit carminique qui a subi les transformations chimiques et physiques sous l'influence de l'atmosphère et de températures

\* Anneau Bullé  $\rightarrow$  coefficient de dilatation





Les masses molaires et les oxydes de quelques matières premières

Poids atomique des éléments couramment utilisés en céramique			Poids moléculaire des oxydes couramment utilisés en céramique		
			<i>Mass Molair</i>		
Éléments	Symbole	Poids	Oxyde	Symbole	Poids
Aluminium	Al	26,9	Oxyde d'aluminium	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,8
Antimoine	Sb	121,7	Oxyde d'antimoine	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	291,0
Argent	Ag	107,8			
Baryum	Ba	137,3	Oxyde de baryum	BaO	153,3
Bismuth	Bi	209,0			
Bore	B	10,8	Oxyde borique	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69,6
Cadmium	Cd	112,4			
Calcium	Ca	40,0	Oxyde de calcium	CaO	56,0
Carbone	C	12,0			
Chrome	Cr	52,0	Oxyde de chrome	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	152,0
Cobalt	Co	58,9	Oxyde de cobalt	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	165,8
Cuivre	Cu	63,5	Oxyde de cuivre	CuO	79,5
Étain	Sn	118,7	Oxyde d'étain	SnO	134,7
Fer	Fe	55,8	Oxyde de fer	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,6
Hydrogène	H	1,0			
Lithium	Li	6,9	Oxyde de lithium	Li <sub>2</sub> O	29,8
Magnésium	Mg	24,3	Oxyde de magnésium	MgO	40,3
Manganèse	Mn	54,9	Bioxyde de manganèse	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	86,9
Nickel	Ni	58,7	Oxyde de nickel	NiO	74,7
Oxygène	O	16,0			
Phosphore	P	31,0			
Plomb	Pb	207,0	Oxyde de plomb	PbO	223,0
Potassium	K	39,1	Oxyde de potassium	K <sub>2</sub> O	94,0
Sélénium	Se	78,9			
Silicium	Si	28,0	Bioxyde de silicium	SiO <sub>2</sub>	60,0
Sodium	Na	22,9	Oxyde de sodium	Na <sub>2</sub> O	61,8
Strontium	Sr	87,6	Oxyde de strontium	SrO	103,6
Titane	Ti	47,9			
Uranium	U	238,1	Oxyde de titane	TiO <sub>2</sub>	80
Vanadium	V	50,9			
Zinc	Zn	65,3	Oxyde de zinc	ZnO	81,4
Zirconium	Zr	91,2	Oxyde de zirconium	ZrO <sub>2</sub>	123,0

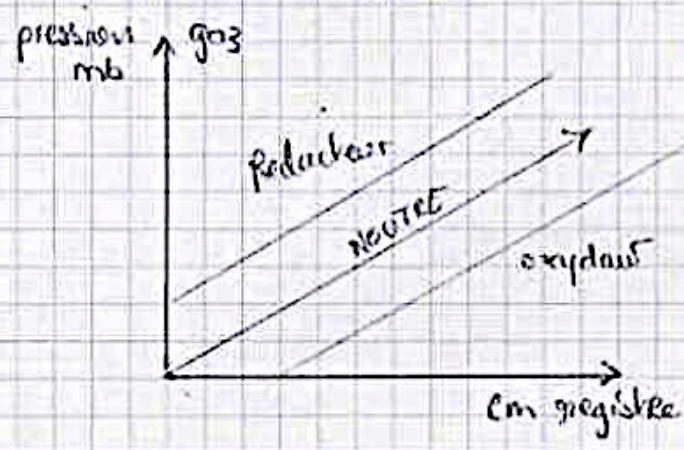
1200°

### Pression gaz

### Registre

① 40 mb  
 jusqu'à apparition de flamme

② 150 mb  
 jusqu'à apparition de flamme



Place des moules un peu partout ds le four pour voir l'homogénéité de cuisson.

## LES FOURS

Le feu est domestiqué  $\approx$  400 000 ans avant J.C

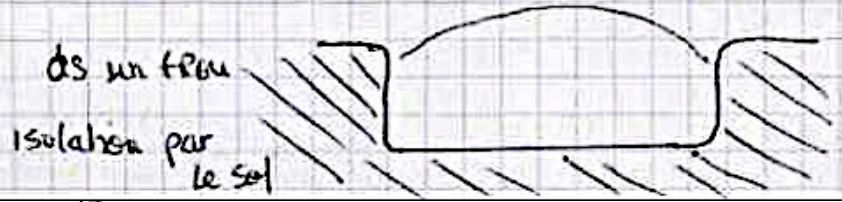
- 1<sup>er</sup> temps  $\rightarrow$  -25 000 ans Stavelle Europe centrale
- 1<sup>er</sup> objet utilitaire  $\rightarrow$  -7000 / -6000 avant JC chine
- Séductant  $\rightarrow$  objet utilitaire

### Four type primitif



Age de bronze 1000°

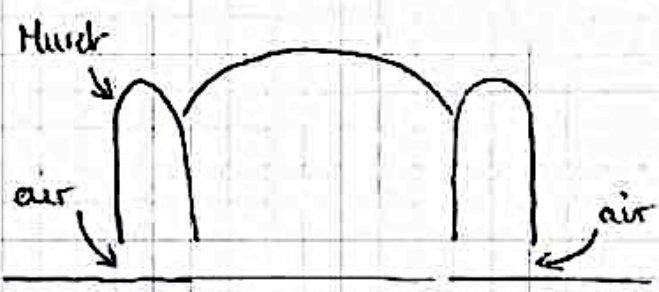
Cuisson 1 à 2 heures terre calcaire et fangeuse



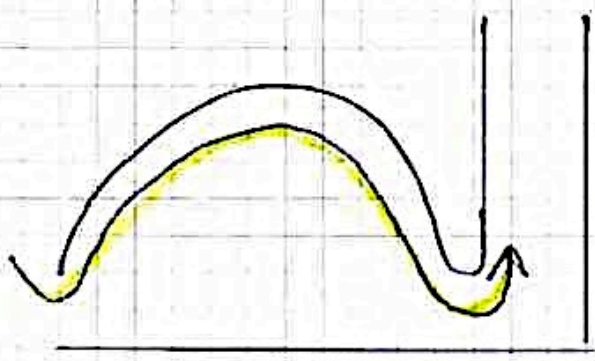
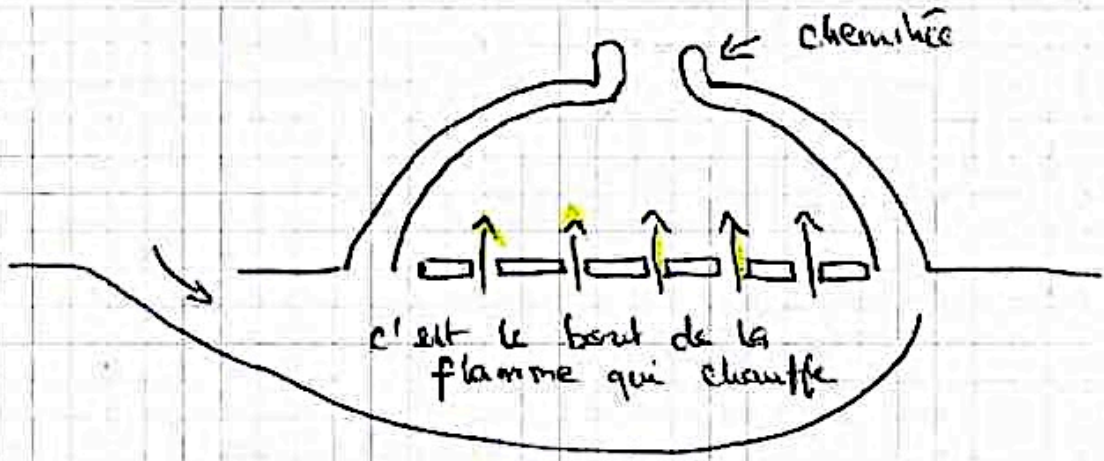
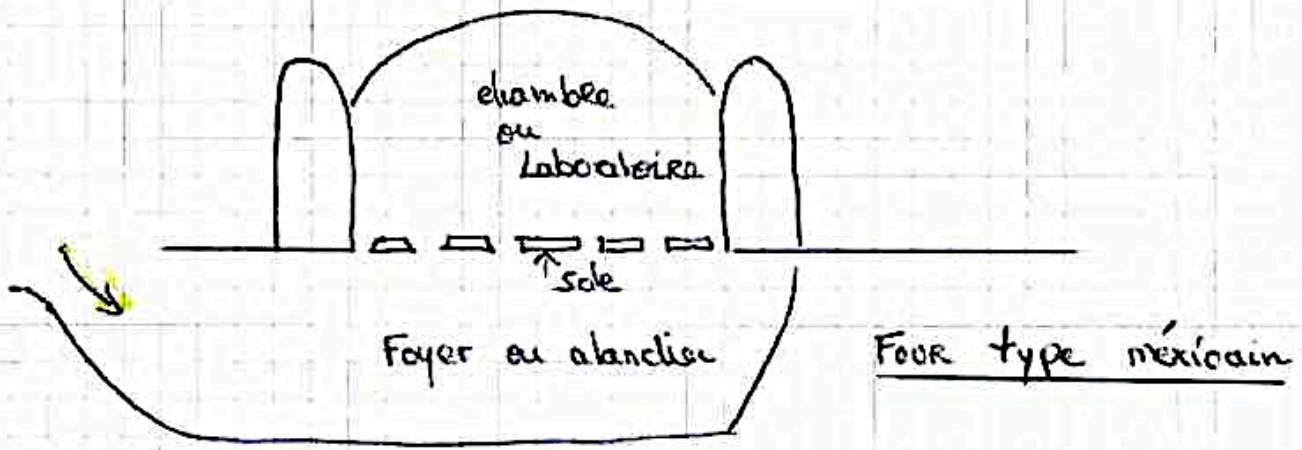
ds un trou

isolation par le sol

13



granulométrie = taille et % grains Ex granulométrie chamotte



Four à flamme renversée  
meilleur rendement de la  
chaleur

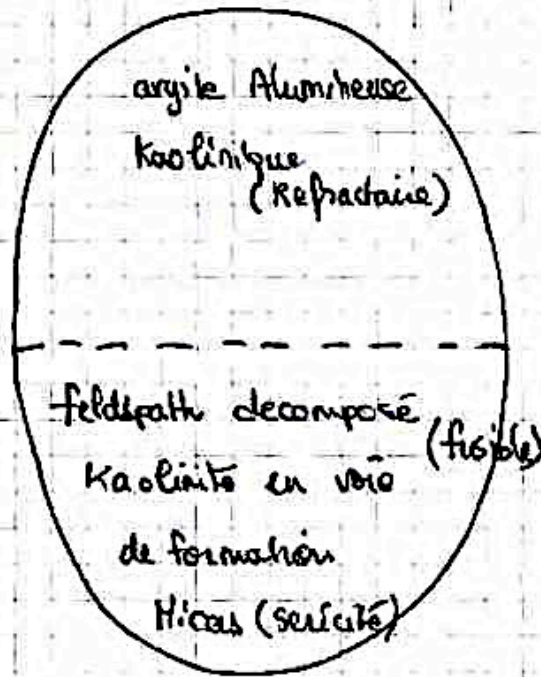
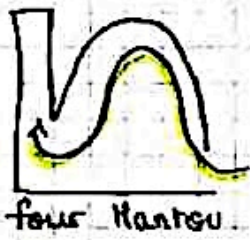
four couché → gré et Porcelaine

Terre grésante (peu de calcaire)

Dans le sud de la France: Four droit tirage direct terre Vernissée

Nord de la France: gré → four à flamme renversée

La chûne serait composée de Deux plaques qui se seraient soulevées donc la géologie est différente



Cuissons longues

Cuisson rapide

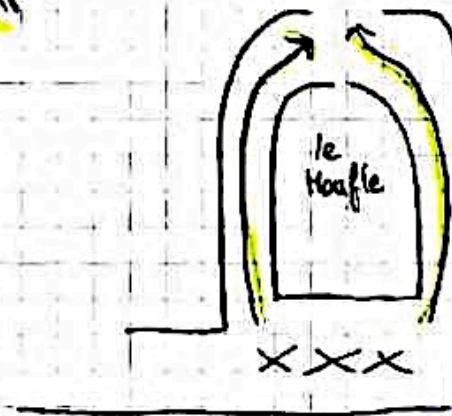


\* Sericité: variété de Micas blanc d'aspect soyeux.

\* Mica: Minéral formé de silicate d'aluminium et de potassium.

Structure feuilletée, éclat métallique, forte résistance à la chaleur.

four à chauffage rayonnant



four Jungdeghur



Accélération du gaz dû au rétrécissement



## Cuisson Bois

- Feuillus : chêne  
                    charbonnier ) Braise → début de cuisson
- Resineux → gaz → fin de cuisson

Le Bois fournit 3500 kcal/Kg

Le Propane 11000 kcal/Kg

Une cuisson au bois peut être bloquée par un état dépressonnaire ou une forte chaleur extérieure

Bassinage : Dewanage au bois humide Atmosphère humide pour bien sécher les pots en profondeur, éviter éclatement.

cheminée : plus la cheminée sera haute, plus le tirage sera fort importance de bien choisir l'orientation et le lieu de construction du foyer

Le tirage de la cheminée dépend de la Section (Surface au sol) et la Hauteur

$$V_{\text{gaz}} = Q \left( V_H \propto S \right) \quad \text{on double la Surface}$$

↑                      ↑  
A-travers la cheminée      Proportionnel

$$V_H = 2 V_h$$

$$H = (2 V_h)^2$$

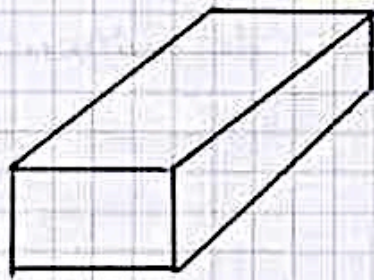
il vaut mieux prévoir une section large de cheminée

H air froid est contracté

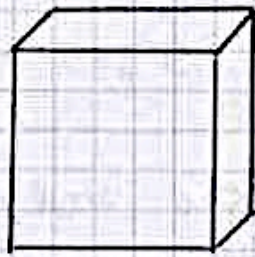
H air chaud Dilaté

La dimension de la chambre sera au minimum de  $1m^3$

Pour  $100 m^3$



$152 m^2$



$132 m^2$



$114 m^2$



$125 m^2$

Avantage du cylindre: moins de surface à chauffer

Avantage de la Demi sphère (fermes rondes) trajet de la flamme

Avantage de la cuisson au bois Réduction à l'hydrogène

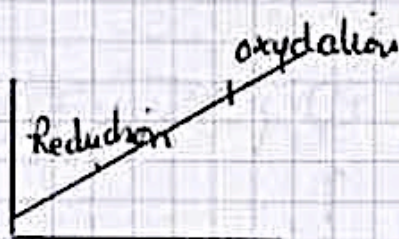
Le bois sec contient 15 à 20% d'humidité

Figure Rouge & Noire → Argile illitique très fine

Riches en Potassium fondant

Riches en Fer

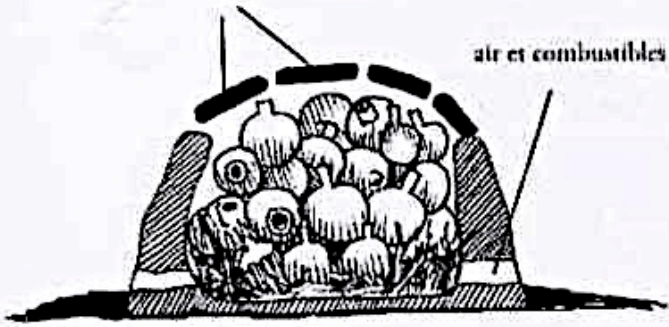
Une seule cuisson



## évolution vers le four droit

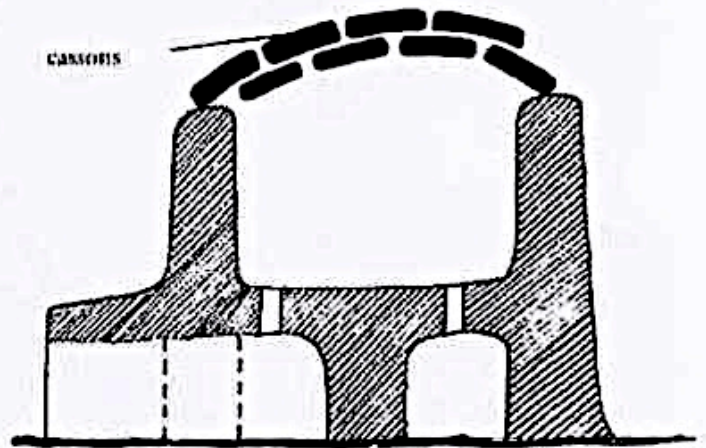
mélange paille-argile ou caissons

air et combustibles

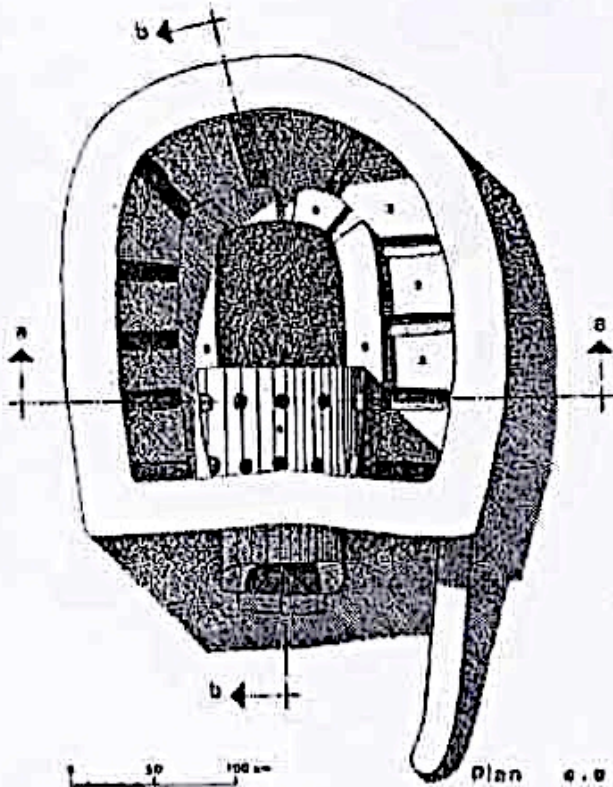


"pit kiln" : four actuellement utilisé en Espagne, Afrique, Inde et Amérique du Sud

caissons

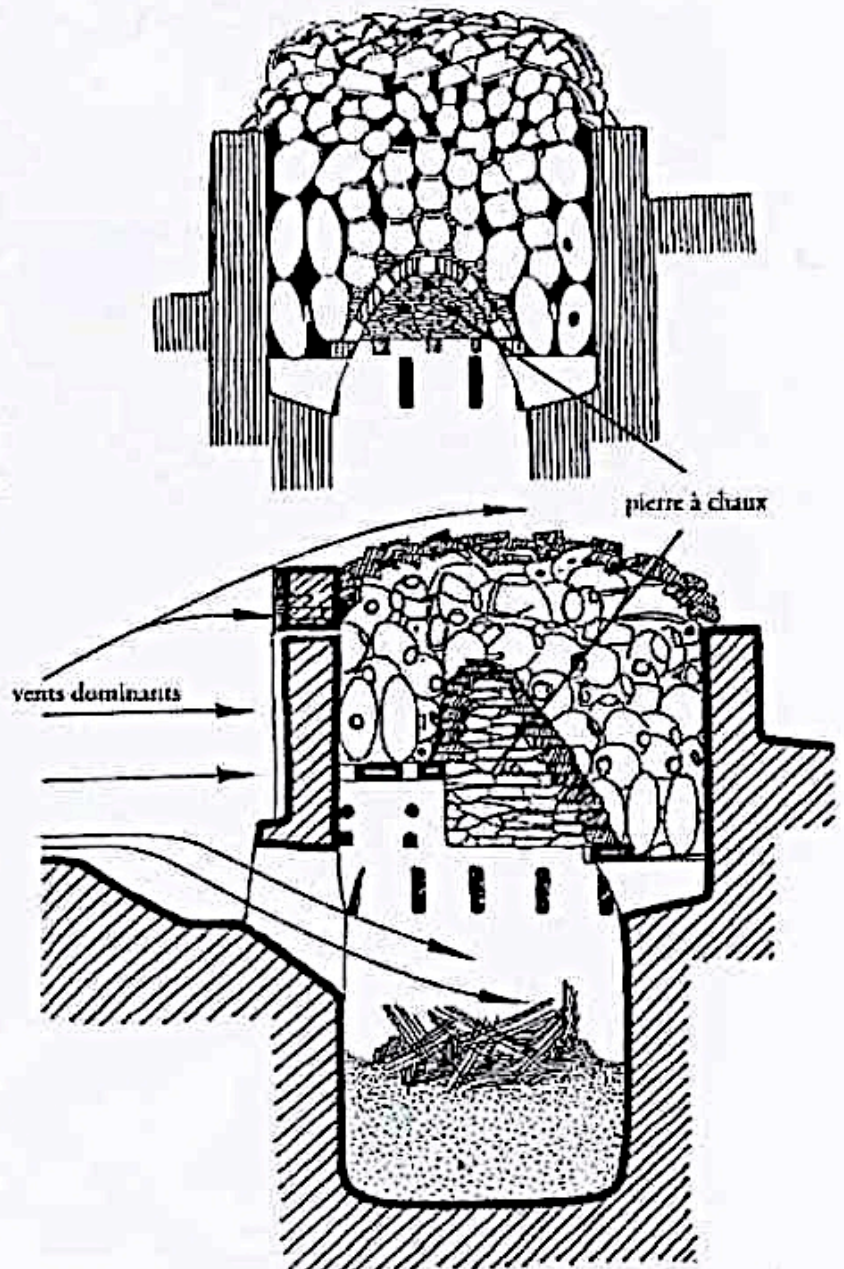


-> évolution : four droit  
Moyen-Orient, Inde



four égyptien de Badura

7 m<sup>3</sup>, cuisson de poteries poreuses non émaillées et de pierres à chaux  
cuisson 3 heures



# fours droits à tirage vertical

## les fours en occident



four égyptien de thèbes



four de Palissy (utilisation de cazettes et ajout d'une grille dans le foyer)

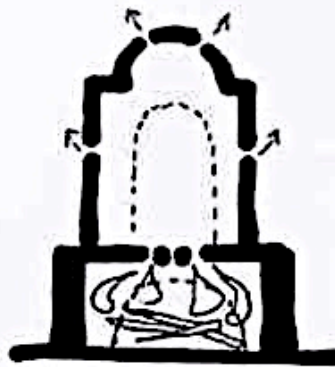
chambre pour la cuisson des lustres



four Seljoukide - 13<sup>ème</sup> siècle



four démontable en 2 parties de Sévriar  
âge du Bronze final

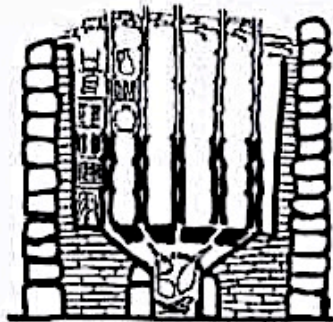


four à faïence, Italie 16<sup>ème</sup> siècle



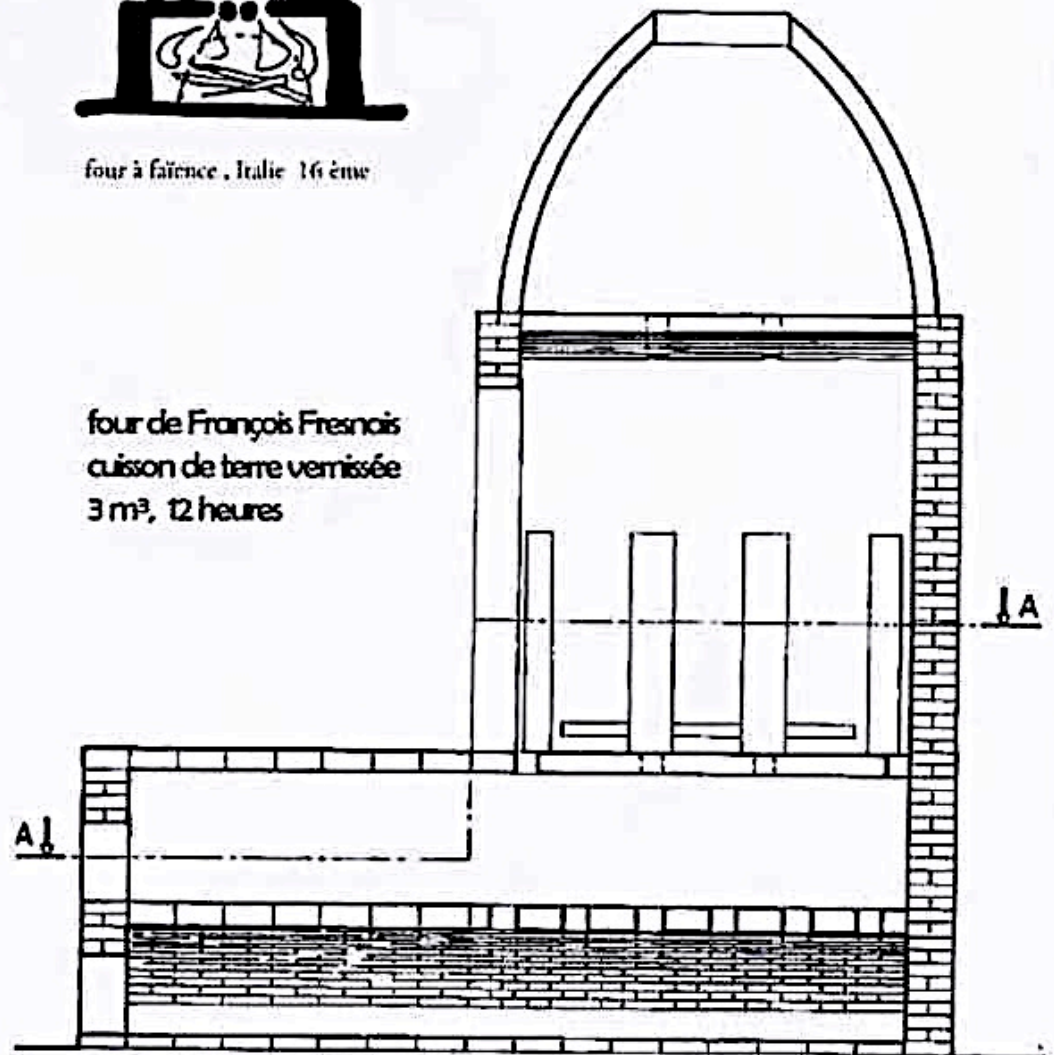
four corinthien

four de François Fresnois  
cuisson de terre vernissée  
3 m<sup>3</sup>, 12 heures



four de la Graufresenque

chauffage de la tube  
rayonnement cuisson oxydante

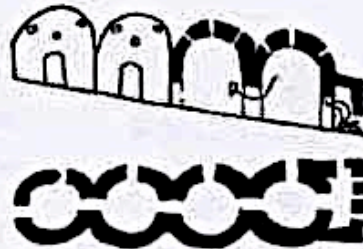


fours à chambres  
fours "montants"  
Chine - Japon

les fours en orient



four à double cheminée, Yaozhou, Chine - Song



four de Dehua, Chine - Ming



four Mantou, Yaozhou, Chine - Song



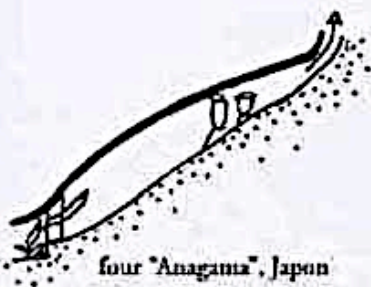
- four à chambres, Chine - Song



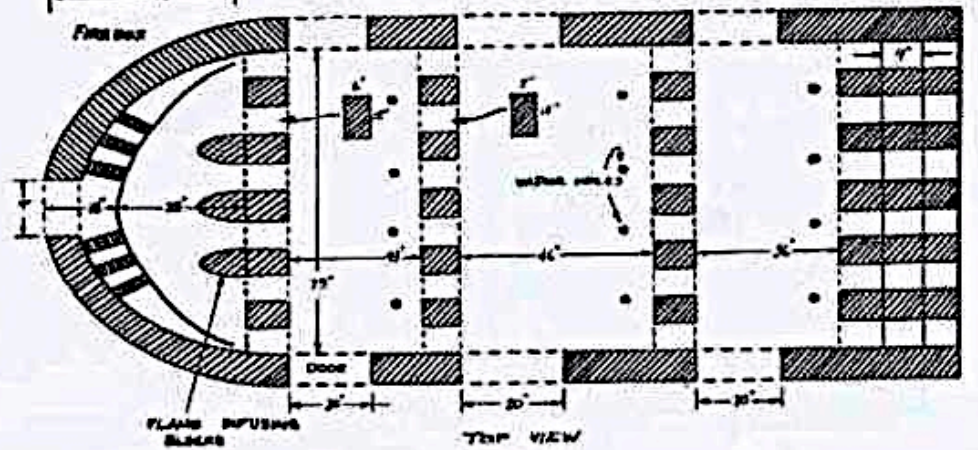
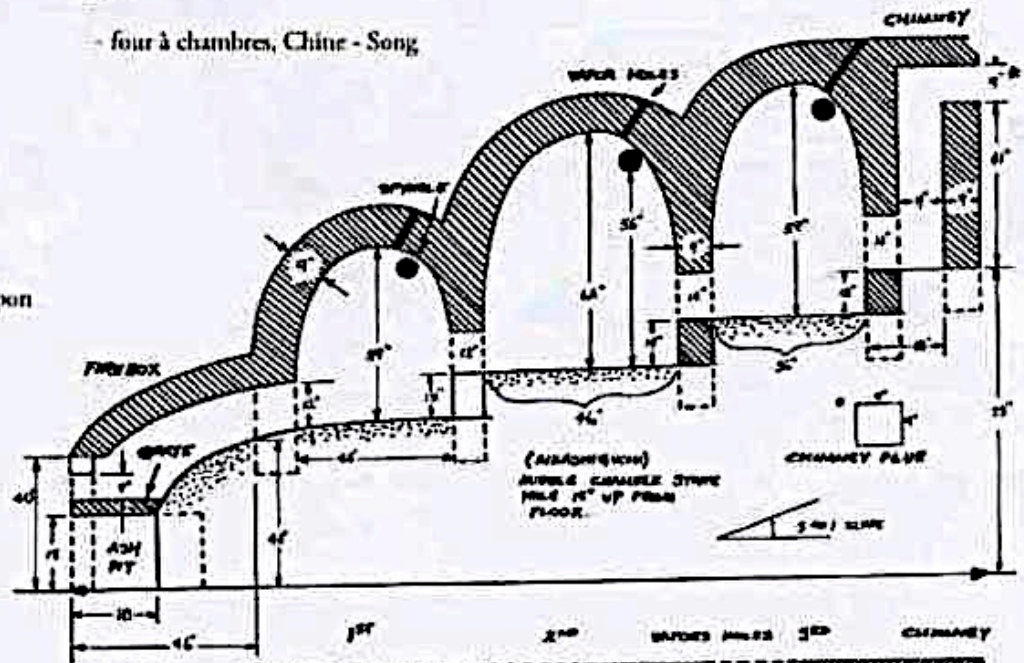
four "Noborigama", Arita, Japon



four en "bambou fendu", Karatsu, Japon

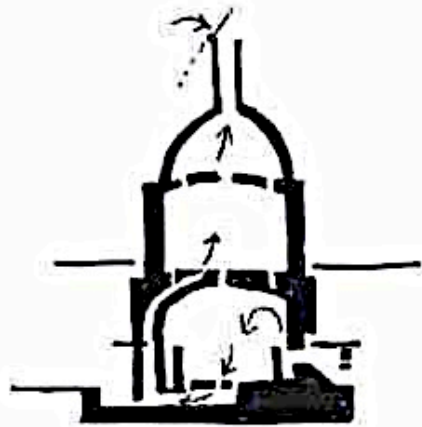


four "Anagama", Japon

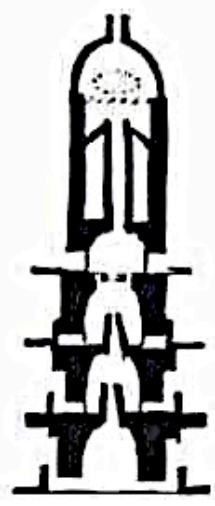


four "montant",  
à chambres  
Kyoto, Japon

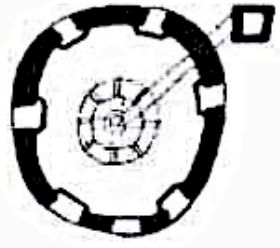
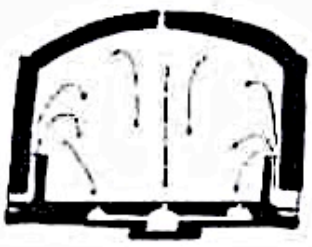
fours ronds 19 - 20 ème siècle



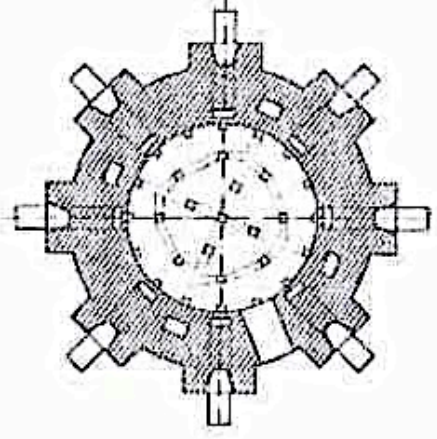
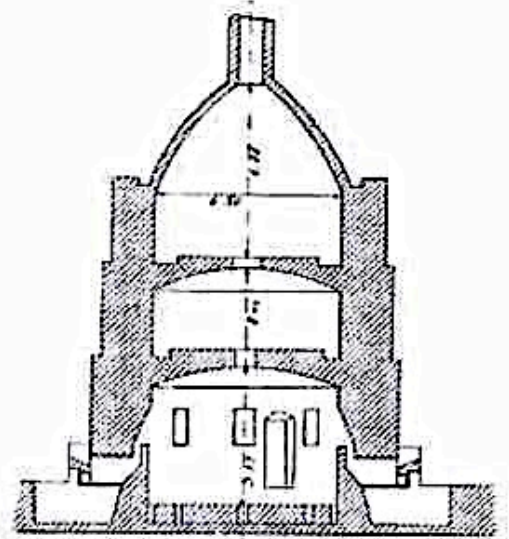
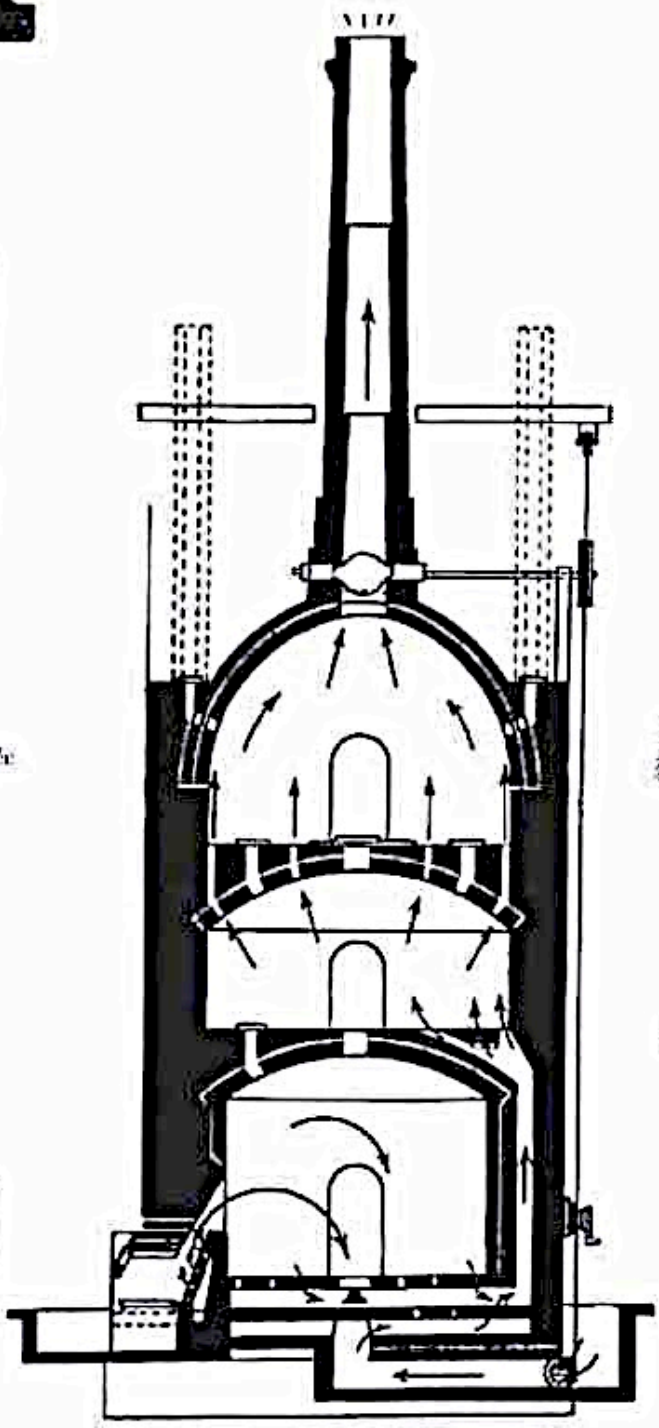
Four rond à 3 alambicis - Sévres, fin 18<sup>e</sup>



four du marquis Ginori - Florence 1800



four circulaire à flamme renversée  
1 seule chambre



Nymphenburg (Allemagne)

fours ronds à flamme renversée ( brevet Minton 1875)

Four bouteille

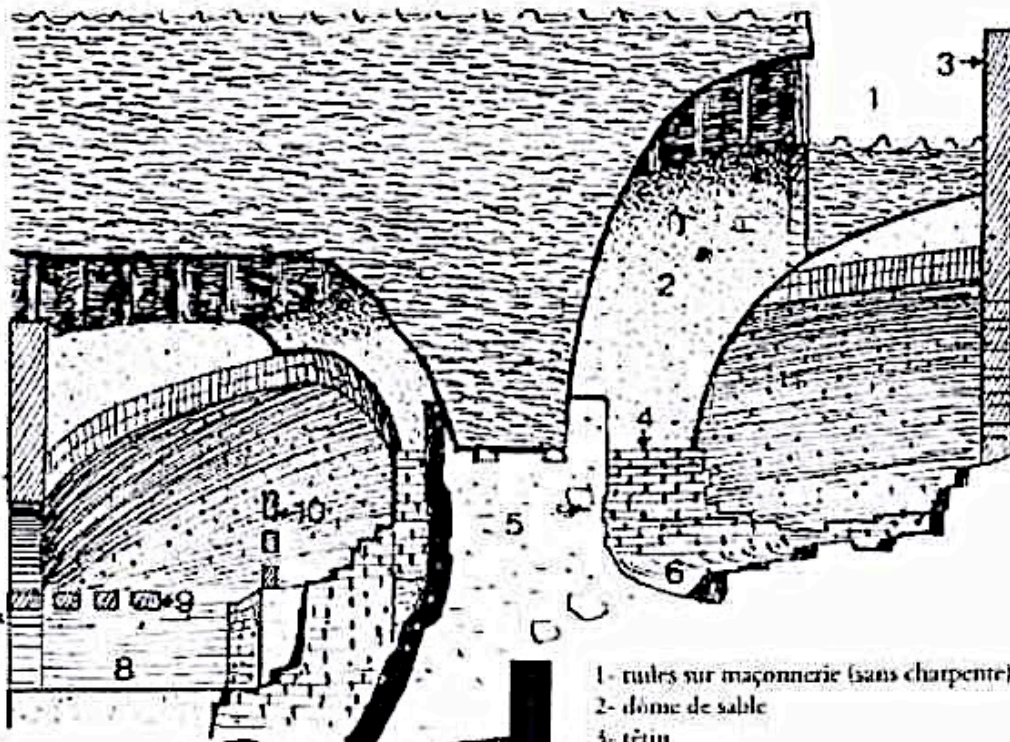
diamètre : 4,25 m  
hauteur : 12 à 15 m  
cubage : 40 à 75 m<sup>3</sup>

# fours couchés

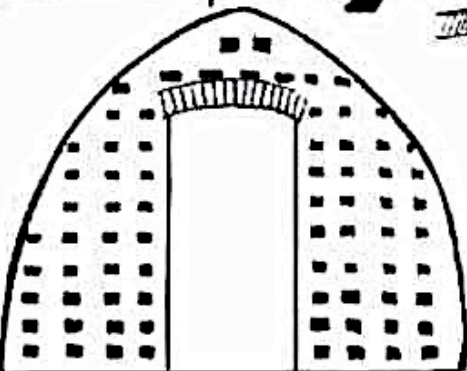
# les fours en occident

four de St Amand (dessin de Marcel Poulet)

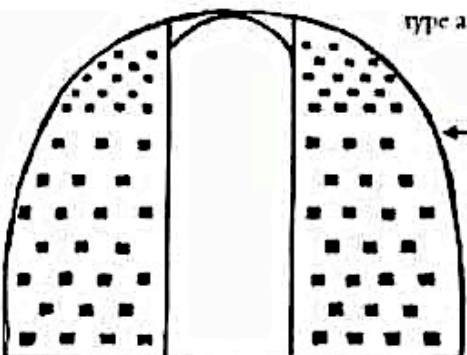
cuisson de grès, 50 à 90 m<sup>3</sup>, 5 à 8 jours



- 1- tuiles sur maçonnerie (sans charpente)
- 2- dôme de sable
- 3- têtin
- 4- mur latéral
- 5- mur extérieur supportant la charpente
- 6- passage entre 4 et 5
- 7- "gueule" du four
- 8- foyer
- 9- cintres
- 10- grille pate feu
- 11- voute

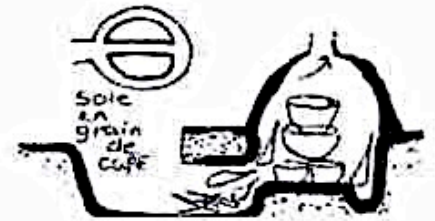


type ancien sans cheminée



Têtins

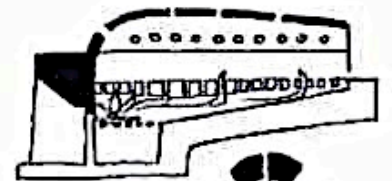
type plus récent avec cheminée



four à plateforme du nord de la Gaule romaine



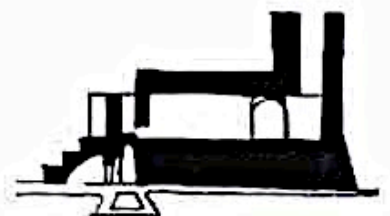
four couché de Kassel



four de Ziegler - Beauvaisis



four mixte de Ger



four de Meissen - 18ème s

- L'atome d'hydrogène est une exception

Hydrogène H

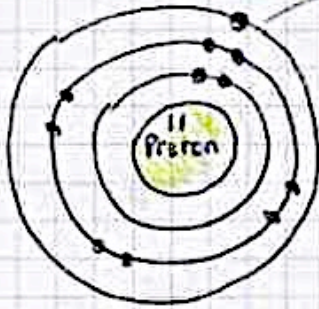


pas de neutrons car il n'a qu'un proton et un électron  
(+) (-)

Formation de Molécule (Cation et Anion)

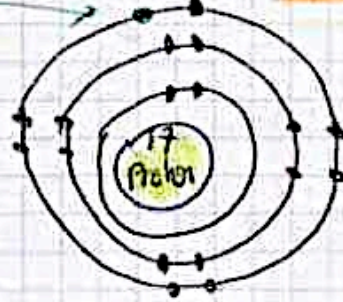
Atome de Sodium Na

Na  
11  
Electrons



Atome de Chlore Cl

Cl 17 Electrons



- Na perd un électron  
Lors de sa rencontre  
avec Cl

il devient  $\text{Na}^+$

ION positif  $\rightarrow$  CATION (11 protons / 10 électrons)

- Cl gagne un électron  
il devient  $\text{Cl}^-$

ION négatif  $\rightarrow$  ANION

$\text{Cl}^-$  (17 protons / 18 électrons)

Les Atomes adorent avoir 8 électrons car la même perférence

Règle de l'OCTET

il se forme alors une molécule NaCl  $\rightarrow$  Sel de mer

c'est une liaison ionique car  $\text{ion}^+$  et  $\text{ion}^-$  s'attirent  
(chargé électriquement)

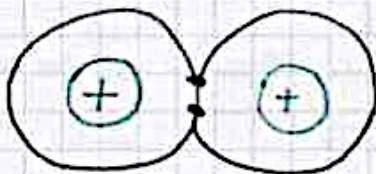
- Atome  $\rightarrow$  Neutre

- Cation  $\rightarrow$  charge Positive

- Anion  $\rightarrow$  charge Négative

Formation d'une molécule d'hydrogène  $\text{H}_2$  (Liaison covalente)

2 Atomes d'hydrogène se partagent  
leurs électrons

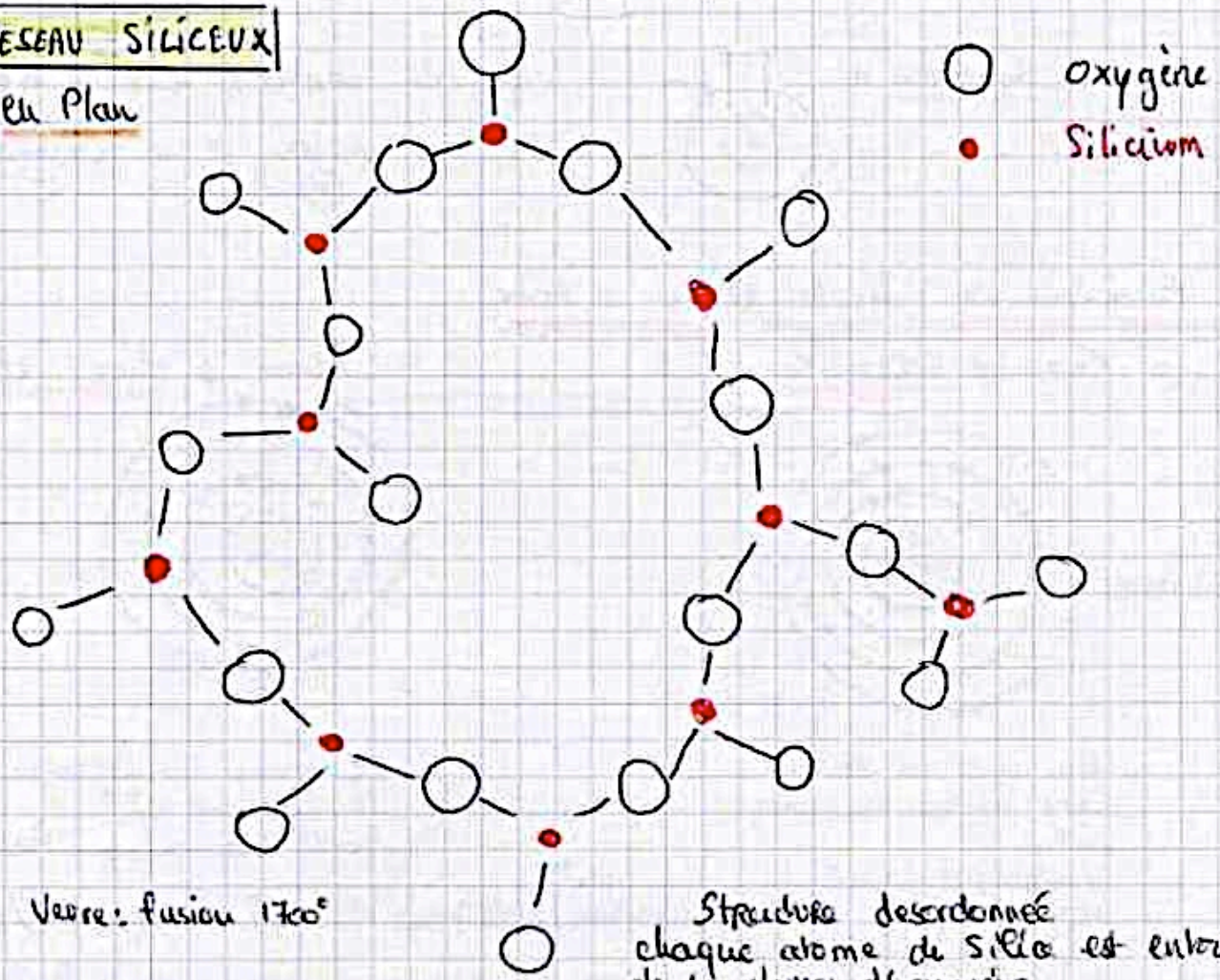


Hydrogène  $\text{H}_2$



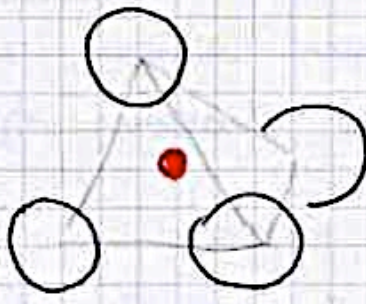
# RESEAU SILICEUX

en Plan

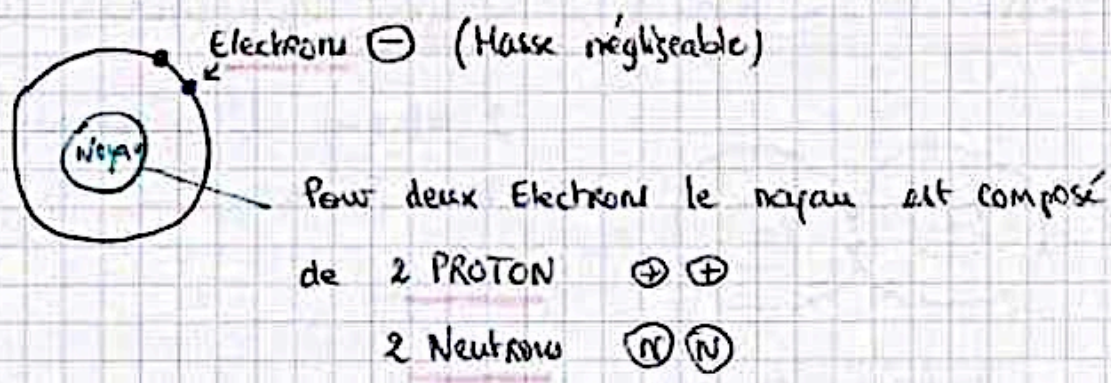


en Volume:

→ Tétraèdre 4 Atomes d'oxygène pour un atome de silice



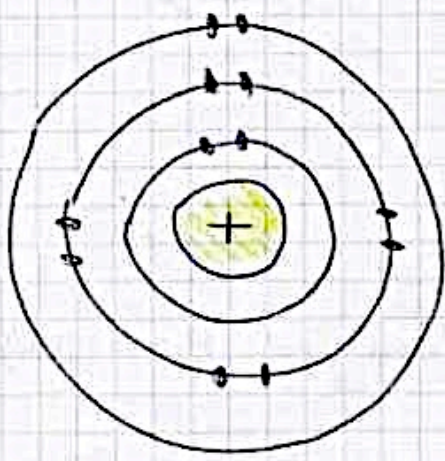
Atome: Atomes → qui ne peut plus être divisé



les neutrons servent à boucher les charges  $\oplus$

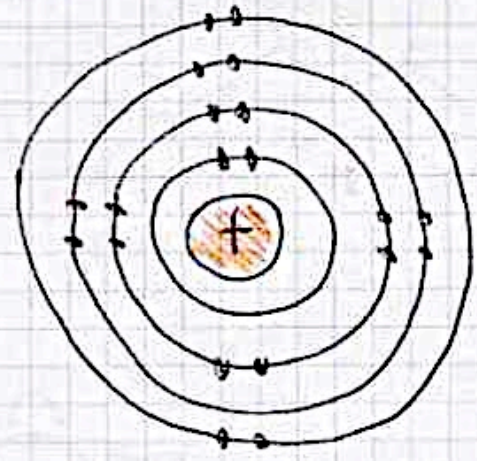
ALCANINOTERREUX

Be > Mg > Ca > Sr > Ba .

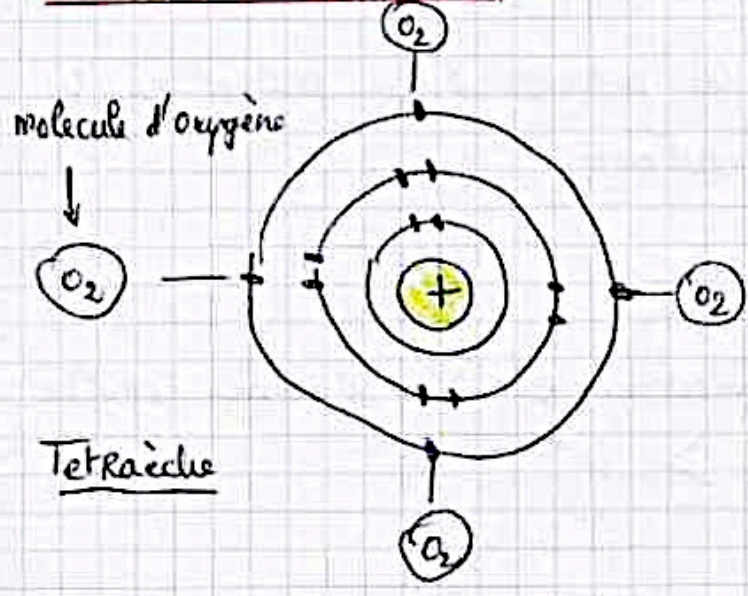


Hg<sup>++</sup> s'il perd les deux électrons périphériques.

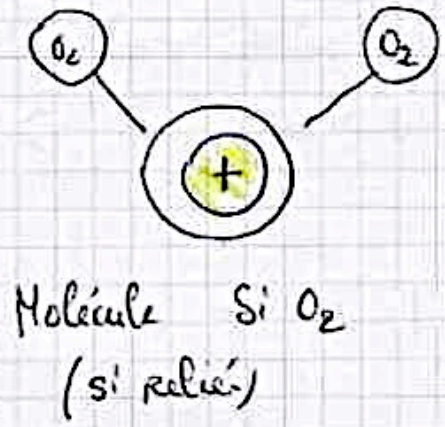
Ca devient Ca<sup>++</sup> s'il perd les deux électrons périphériques



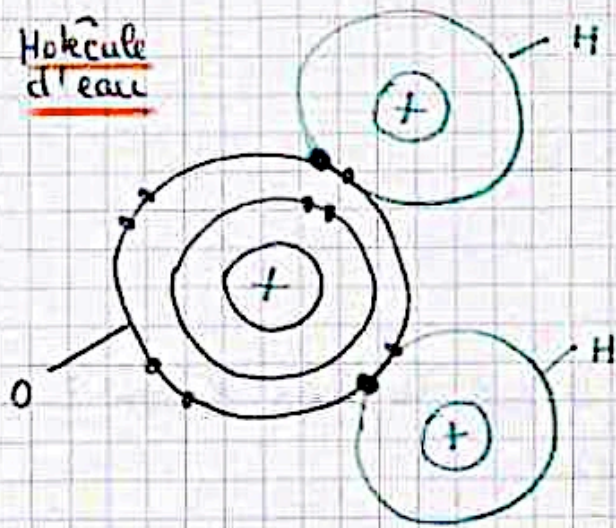
Atome de Silicium



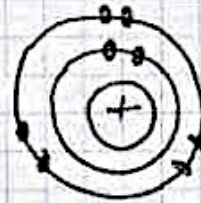
SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup> (si isolé)



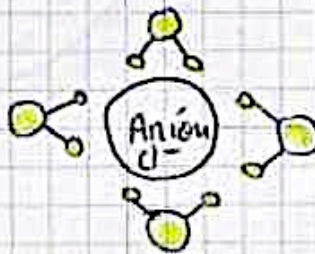
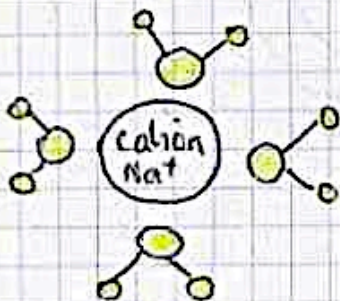
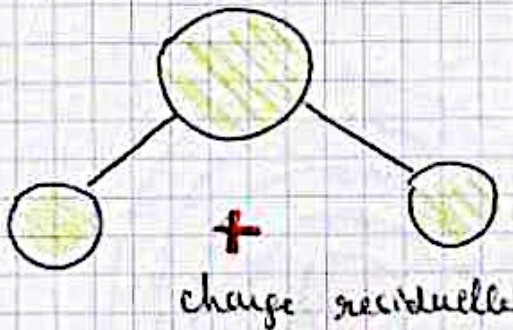
## molécule d'eau



## Atome d'oxygène



1 Atome d'oxygène pour 2 atomes d'hydrogène  $H_2O$  (EAU)  
- charge résiduelle



Molécule dipolaire

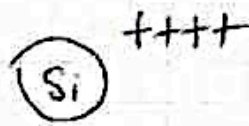
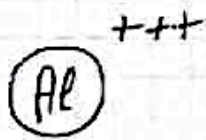
molécule d'eau



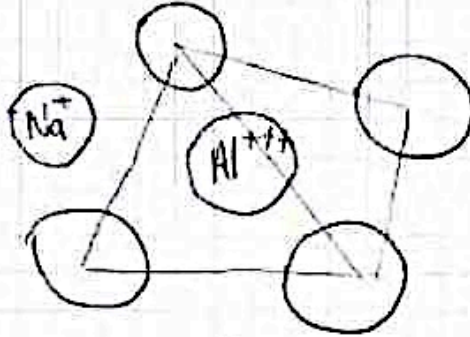
Dislocation du sel  $NaCl$  : les molécules d'eau neutralisent les anions et cation - elles les isolent

## LES ALCALIS

Les alcalis n'en ont qu'un électron sur leur dernière couche périphérique  $K^+ > Na^+ > Li^+$



Al et Si ont une taille presque similaire  
Al prend la place de Si et dilate le réseau car légèrement plus grand que Si



Le cation  $Na^+$  viendra équilibrer les charges

Le cation agira comme fondant

Equilibre entre Al/Si et Cation/oxyde

$$6,02 \times 10^{23}$$

Nombre d'AVOGADRO

12 g Carbone  $\rightarrow$  6,02 Atomes

$\downarrow$   
1 Mole Carbone

2 g H<sub>2</sub>  $\rightarrow$  1 mole  
60 g SiO<sub>2</sub>  $\rightarrow$  1 Mole

Ex Feldspath Potassique FK Nouveau

	Pourcentage Ponderaux	Masse Molaire	quantite Molaire
SiO <sub>2</sub>	65,9	<u>160</u>	1,0983 Mole Silice
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,6	<u>102</u>	0,1824
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	<u>160</u>	0,004
Na <sub>2</sub> O	2,9	<u>62</u>	0,0468
K <sub>2</sub> O	11,8	<u>94</u>	0,1255
CaO	0,4	<u>56</u>	0,0071 (0,0071)
TiO <sub>2</sub>	0,002	<u>80</u>	0

classer les Elements  
Additionner les bases et diviser tout les elements par ce chiffre

	Base	Amphoterie	Acide
A	0,0071 CaO + 0,0468 Na <sub>2</sub> O + 0,1255 K <sub>2</sub> O	0,1824 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,004 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0983 SiO <sub>2</sub>
A+B	0,1794		
A+B+C	0,0396 CaO 0,2609 Na <sub>2</sub> O 0,6995 K <sub>2</sub> O	1,0167 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,1794 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,122 SiO <sub>2</sub>

Rapport Silice/Alumine = 6

$$\frac{A}{A+B+C} + \frac{B}{A+B+C} + \frac{C}{A+B+C} = \frac{A+B+C}{A+B+C} = 1$$

FORMULE DE SEGER  
(classification et unite des oxyde)

0,3 Na <sub>2</sub> O	1 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,1 SiO <sub>2</sub>
0,1 K <sub>2</sub> O		

Autre exemple : Le Grès de St Amand GSA

SiO <sub>2</sub>	66,30	<u>60</u>	1,105
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,22	<u>101,8</u>	0,1828
TiO <sub>2</sub>	0,86	<u>20</u>	0,01075
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,44	<u>160</u>	0,0088
CaO	0,22	<u>56</u>	0,0039
MgO	0,15	<u>40,3</u>	0,0037
K <sub>2</sub> O	1,68	<u>94</u>	0,0178
Na <sub>2</sub> O	0,32	<u>61,8</u>	0,005
PF	4,27		

Base	Amphoterie	Acide
0,0039 CaO	0,1828 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,105 SiO <sub>2</sub>
0,0037 MgO	0,009 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0175 TiO <sub>2</sub>
0,0178 K <sub>2</sub> O		
0,005 Na <sub>2</sub> O		

Pour les matériaux réfractaires comme le grès Mettra l'alumine à l'unité

$$\boxed{1 \text{ Al}_2\text{O}_3 \quad 6 \text{ SiO}_2}$$

Pour la Masse molaire de la GSA Additionner le pourcentage pondéral de tout les éléments + la Perte au feu (PF) et diviser par l'unité

AL → 0,1828

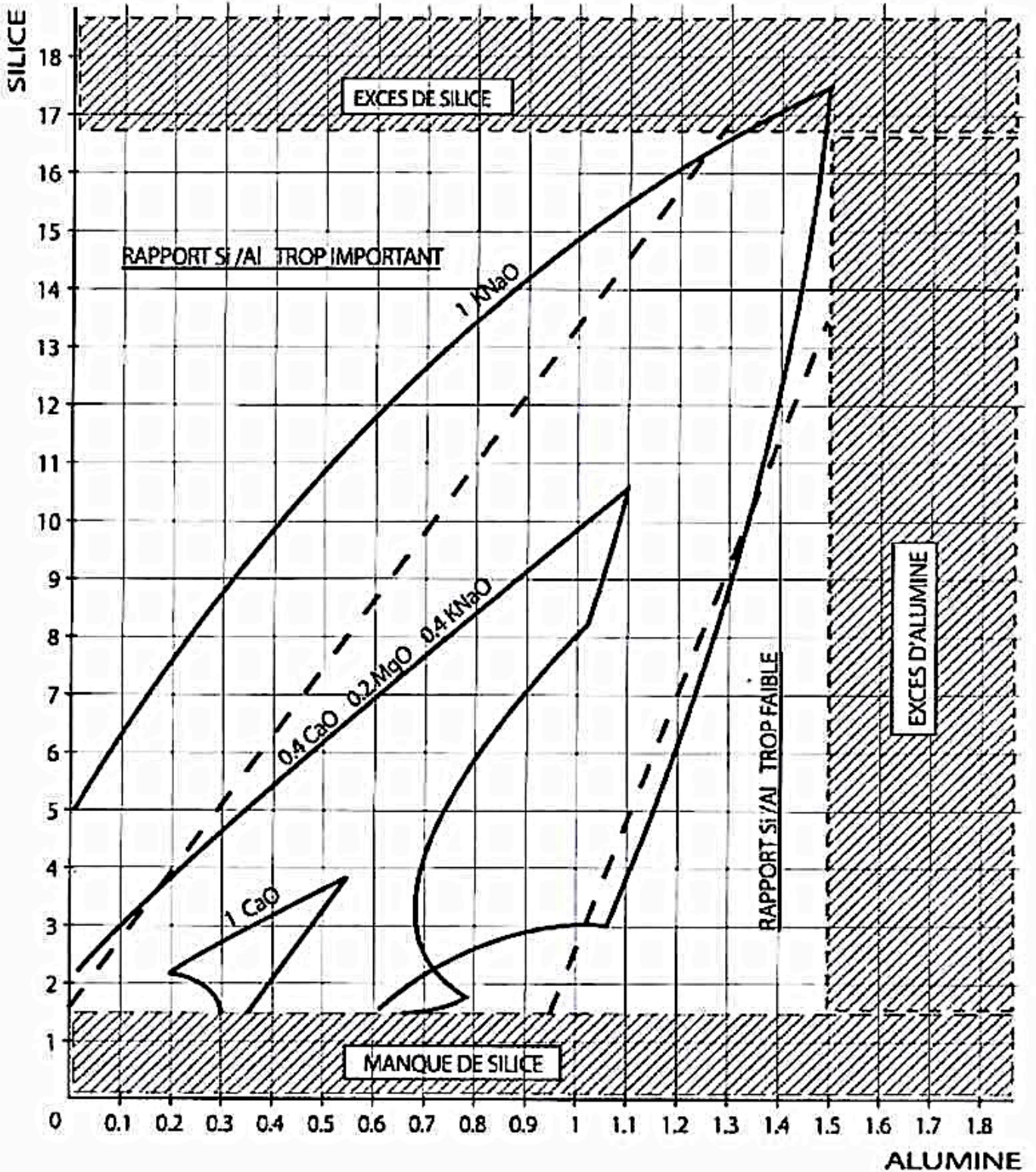
94,43 : 0,1828 = 500g MM pour 1 mole Al et 6 mdes Si

Exemple : Craie CaCO<sub>3</sub> 100% → Masse Molaire 100 pour 1 mole craie

CaO → 56

Co. 146 → Perte au Feu (PF)

# RAPPORT SILICE / ALUMINE DANS LES EMAUX DE GRES



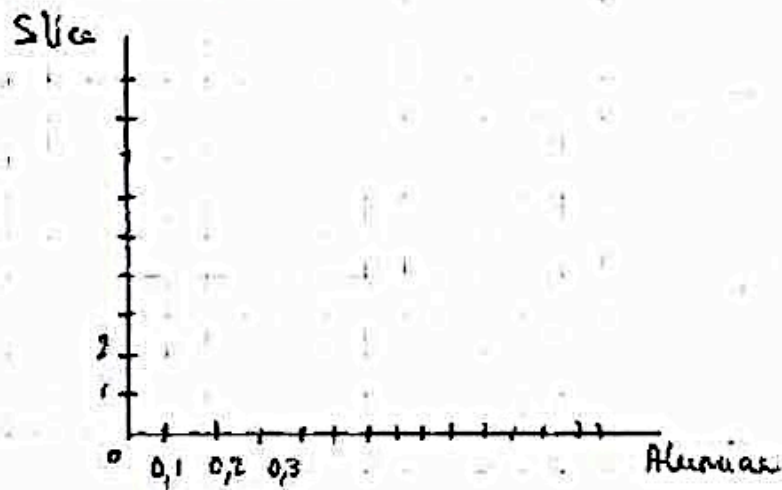
D'après une formule de Seger convertir en recette

Talc $HgO$ 1,2 $SiO_2$ <u>123</u>	0,33 $HgO$	0,65 $Al_2O_3$	4,63 $SiO_2$
Craie $CaCO_3$ <u>100</u>	0,32 $CaO$		
FEALB $KNaO$ 1,2 $Al_2O_3$ 7,2 $SiO_2$ <u>669</u>	0,34 $KNaO$		
Silice $SiO_2$ <u>60</u>	0,34 $KNaO$	0,4 $Al_2O_3$	2,65 $SiO_2$
Kaolin A $Al_2O_3$ 2,4 $SiO_2$ <u>293</u>	0,33 $HgO$	0,25 $Al_2O_3$	1,92 $SiO_2$
	0,32 $CaO$		
	0,33 $HgO$		$0,33 \times 1,2 = 0,4 SiO_2$
	0,32 $CaO$	0,25 $Al_2O_3$	1,52 $SiO_2$
		0,25 $Al_2O_3$	$2,4 \times 0,25 = 0,6 SiO_2$
	0,32 $CaO$		0,92 $SiO_2$
	0,32 $CaO$		0,92 $SiO_2$

- 0,34 Mole FEALB converti en %

0,34 x 669 = 227,46 g	→	52,65 FEALB
- 0,33 Mole talc		
0,33 x 123 = 40,6 g	→	9,4 Talc
- 0,25 Mole Kaolin		
0,25 x 293 = 73,25 g	→	16,95 Kaolin
- 0,32 Mole Craie		
0,32 x 100 = 32 g	→	7,6 Craie
- 0,92 Mole Silice		
0,92 x 60 = 58,8 g	→	13,6 Silice





Recherches des zones de fusion rapport de % entre Alcalis Alumine et silice. Les alcalis vont couper les ponts d'O<sub>2</sub> et donc fondre la silice plus facilement

Convertir une recette sur 100

Additionner le poids des éléments <sup>multiplier</sup> ~~diviser~~ chaque élément par le résultat et diviser par 100

ex :	108	$\frac{108 \times 328}{100}$	33
	+ 100		30
	+ 120		37
	<hr style="width: 100%;"/>		
	328		

0,4 CaO 0,6 KNaO	0,25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,5 SiO <sub>2</sub>
---------------------	-------------------------------------	----------------------

- FK<sup>+</sup>:  $\frac{\text{KNaO Al}_2\text{O}_3 6\text{SiO}_2}{558}$

- FR<sub>4</sub>:  $\frac{0,3\text{CaO } 2,4\text{SiO}_2}{1217}$   
0,7 KNaO

- Craie: CaO  $\frac{100}{100}$

- Silice: SiO<sub>2</sub>  $\frac{60}{60}$

→  $\frac{0,25 \text{ FK}^+}{0,25 \text{ KNaO}}$  ×  $\frac{558}{558}$  = 160g FK<sup>+</sup>  
0,25 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

0,35 KNaO  
0,4 CaO

1,5 SiO<sub>2</sub>  
2 SiO<sub>2</sub>

→  $\frac{0,5 \text{ FR}_4}{0,35 \text{ KNaO}}$  ×  $\frac{1217}{1217}$  = 108g FR<sub>4</sub>  
0,15 CaO

0,25 CaO

1,2 SiO<sub>2</sub>  
0,8 SiO<sub>2</sub>

→ 0,25 Craie ×  $\frac{100}{100}$  = 25g Craie  
0,25 CaO

→ 0,8 Silice ×  $\frac{60}{60}$  = 48g Silice

0,8 SiO<sub>2</sub>

Formule Engobe Biscuit Anne

0,72 K 0,24 Na	4,6 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,69 SiO <sub>2</sub>
-------------------	------------------------------------	------------------------

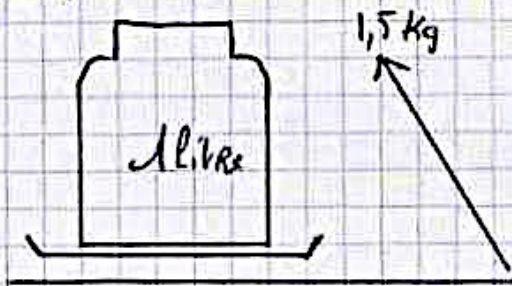
- L'usage de l'émail ne doit pas s'épuiser au contact après séchage
- L'Argile ou kaolin permet une suspension stable et une bonne adhérence
- Une granulométrie fine  $\rightarrow$  Suspension stable
- Pour un problème de sédimentation, la bentonite permet une suspension stable ainsi que : Vitrage  
Sel (mais lustre la couche d'émail)
- Lorsqu'il y a beaucoup de kaolin  $\rightarrow$  possibilité d'écaillage au séchage, décollement  $\rightarrow$  Dans ce cas, remplacer le kaolin par la Mofochite

La couche d'émail doit être épaisse

- importance de - Porosité du terrain  
- densité de l'émail

### Calculer la densité

bocal de 1 litre rempli d'émail  $\rightarrow$  peser



Si le bocal de 1 litre pèse 1,5 kg il aura une densité de 1,5

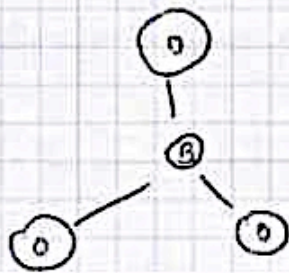
- Augmentation silice  $\rightarrow$  opacité / Microcristallisation
- l'alumine stabilise l'émail ds une juste proportion dans un rapport Silice/Alumine 6 à 7 brillant transparent (sauf si apport important Magnésio Microcristaux)
- Au delà du Rapport Si/Al 6 à 7  $\rightarrow$  Si cristallise
- En dessous  $\rightarrow$  Al cristallise

- Magnesie  $\rightarrow$  Dolomie / Talc
- chaux  $\rightarrow$  Celadon traditionnel  $\rightarrow$  Anorthite et Microbilles.

Basse temperature : Plomb  $\rightarrow$  fondant

Bore  $\rightarrow$  formateur de verre

$B_2O_3$  Abaisse la  $t^\circ$  fusion de l'émail



Démiction  $\rightarrow$  Vitré du bore

- La Colemanite :  $2 CaO \ 3 B_2O_3 \ 5 H_2O$   
contient de l'eau ds sa formule si elle n'est pas calcinée.

Oxyde classement du - fondant au + fondant

$Fe_2O_3 - MgO - CoO - ZnO - BaO - FeO - Co - Cu - MnO$

$PbO - Na_2O - K_2O - Li_2O$

- Eutectique calcique -  $CaO \ 0,35 Al_2O_3 \ 2,48 SiO_2 \rightarrow 1165^\circ$

- Eutectique Magnesienne -  $MgO \ 0,5 Al_2O_3 \ 1 SiO_2 \rightarrow 1330^\circ$

- Eutectique (Potasse) -  $K_2O \ 0,27 Al_2O_3 \ 7 SiO_2 \rightarrow 870^\circ$

- Eutectique Sodique -  $Na_2O \ 0,19 Al_2O_3 \ 4,55 SiO_2 \rightarrow 800^\circ$

Feeldspathik - ORTHOSE -  $K_2O \ Al_2O_3 \ 6 SiO_2 \rightarrow 1220^\circ$

Sodique - ALBITE -  $Na_2O \ Al_2O_3 \ 6 SiO_2 \rightarrow 1200^\circ$

oxydes volatiles

chrome  $\rightarrow$  va se fixer sur l'étain (Rose)

Plomb

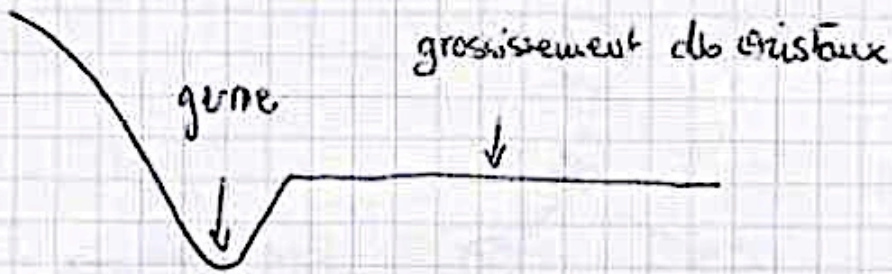
Cuivre

Alcali.

- granulométrie Plus les grains sont fins meilleure est la fusion  
(+ Rapide)

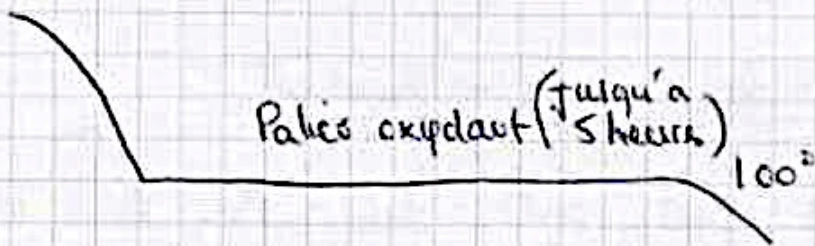
- Monter en  $T^\circ$  lente à partir de  $600^\circ$  permet une fusion à plus basse température.

- crystallisation courbe de refroidissement



Shino refroidissement

Pour les Rouges et Orange



Triangle N°: 2

CS:

Atmosphère: Reduction

Nom:

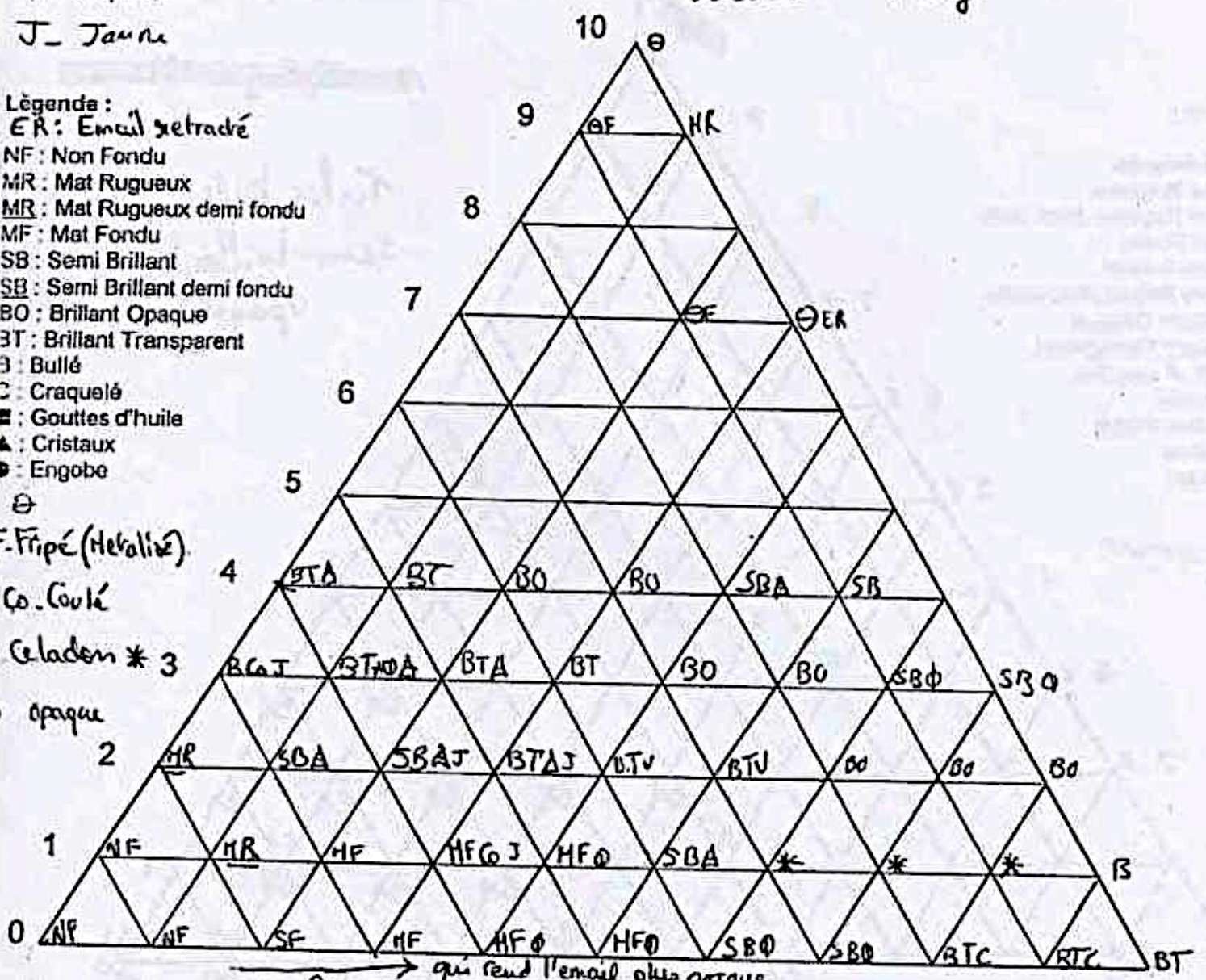
Date:

Malaga 50 g  
Kaolin F 125 g  
Silice 75 g

V. Colombe  
J. Jaune

- Légende:
- ER: Email retracé
  - NF: Non Fondu
  - MR: Mat Rugueux
  - MR: Mat Rugueux demi fondu
  - MF: Mat Fondu
  - SB: Semi Brillant
  - SB: Semi Brillant demi fondu
  - BO: Brillant Opaque
  - BT: Brillant Transparent
  - ⊖: Bullé
  - ⊘: Craquelé
  - : Gouttes d'huile
  - ▲: Cristaux
  - ⊙: Engobe

⊕  
F. Fripé (Hévolisé)  
Co. Coulé  
Celadon \* 3  
D opaque



↑  
Adieu de la magnésie  
qui rend l'email plus opaque et + solide semi mat

X Graie sol 85 g  
Talc 00 113 g  
Silice 52 g  
400

Feldspath K+ nouveau  
250g



Triangle N°: 10 CS: Atmosphère: RÉDUCTION Nom:

Date: 25/04/06

- ~~1 Dolo sol 42,5 g~~
- ~~1 C. Baryum 15 g~~
- ~~1 Tale 00 14 g~~
- ~~1 Zinc 75 g~~
- ~~1 Kaolin F 34 g~~
- ~~1 Silice 400 72,5 g~~

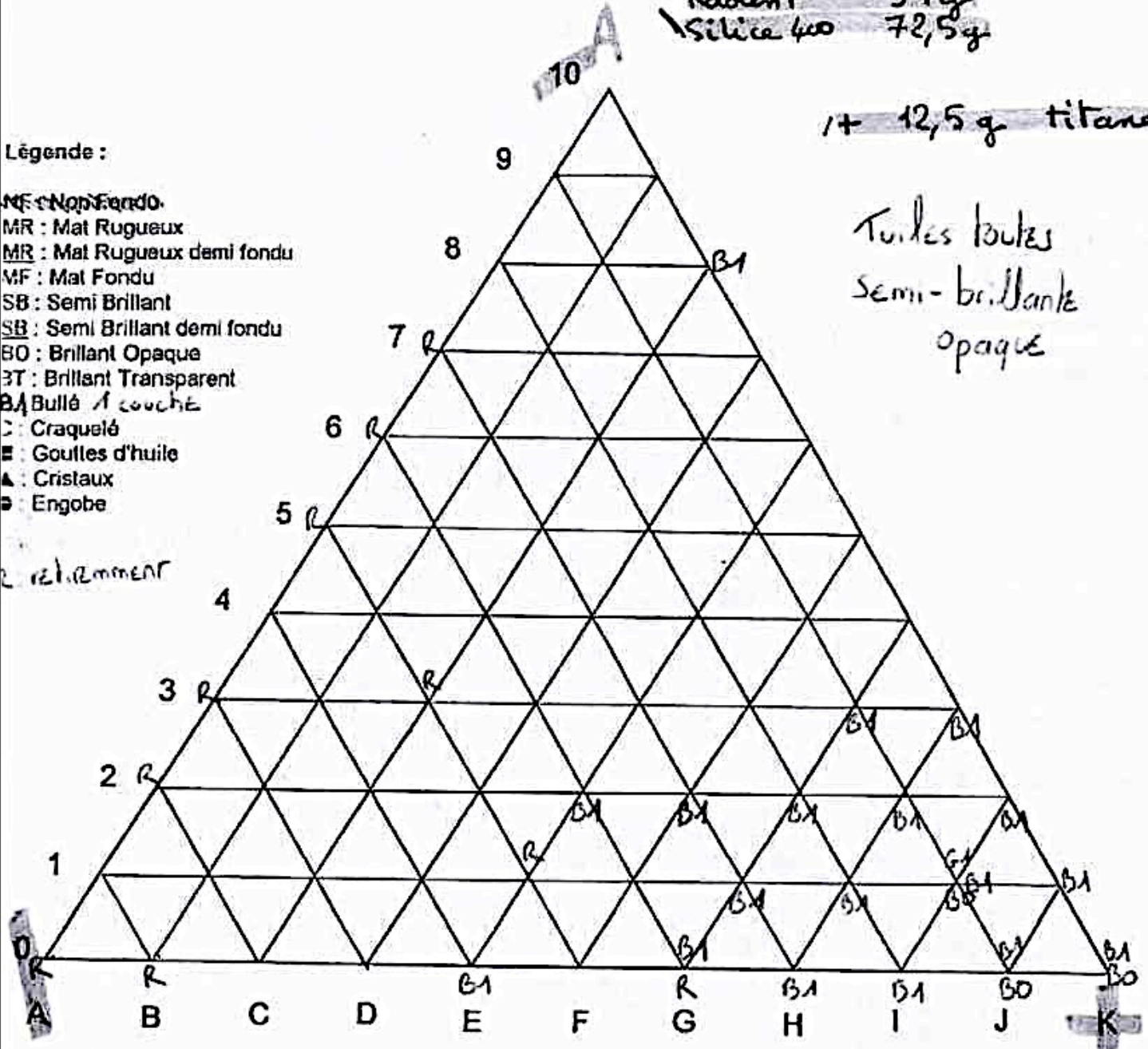
~~+ 12,5 g titane~~

Légende :

- MF : Non Fondu
- MR : Mat Rugueux
- MR : Mat Rugueux demi fondu
- MF : Mat Fondu
- SB : Semi Brillant
- SB : Semi Brillant demi fondu
- BO : Brillant Opaque
- BT : Brillant Transparent
- BA : Bullé 1 couche
- : Craquelé
- : Gouttes d'huile
- ▲ : Cristaux
- : Engobe

Toutes boules  
Semi-brillante  
opaque

relèvement



- ~~1 Craie 46 g~~
- ~~1 C. Baryum 15 g~~
- ~~1 Tale 00 9,5 g~~
- ~~1 Zinc 75 g~~
- ~~1 Silice 400 72,5 g~~
- ~~1 Kaolin F 34 g~~

- ~~Feld. EA4B 132,5 g~~
- ~~F1233 14 g~~
- ~~Craie 8 g~~
- ~~C. Baryum 95 g~~
- ~~Zinc 46 g~~
- ~~Silice 400 39 g~~

~~+ 12,5 g titane~~

~~+ 12,5 g titane~~



Triangle N°: 3

CS:

Atmosphère: OXYDATION

Nom:

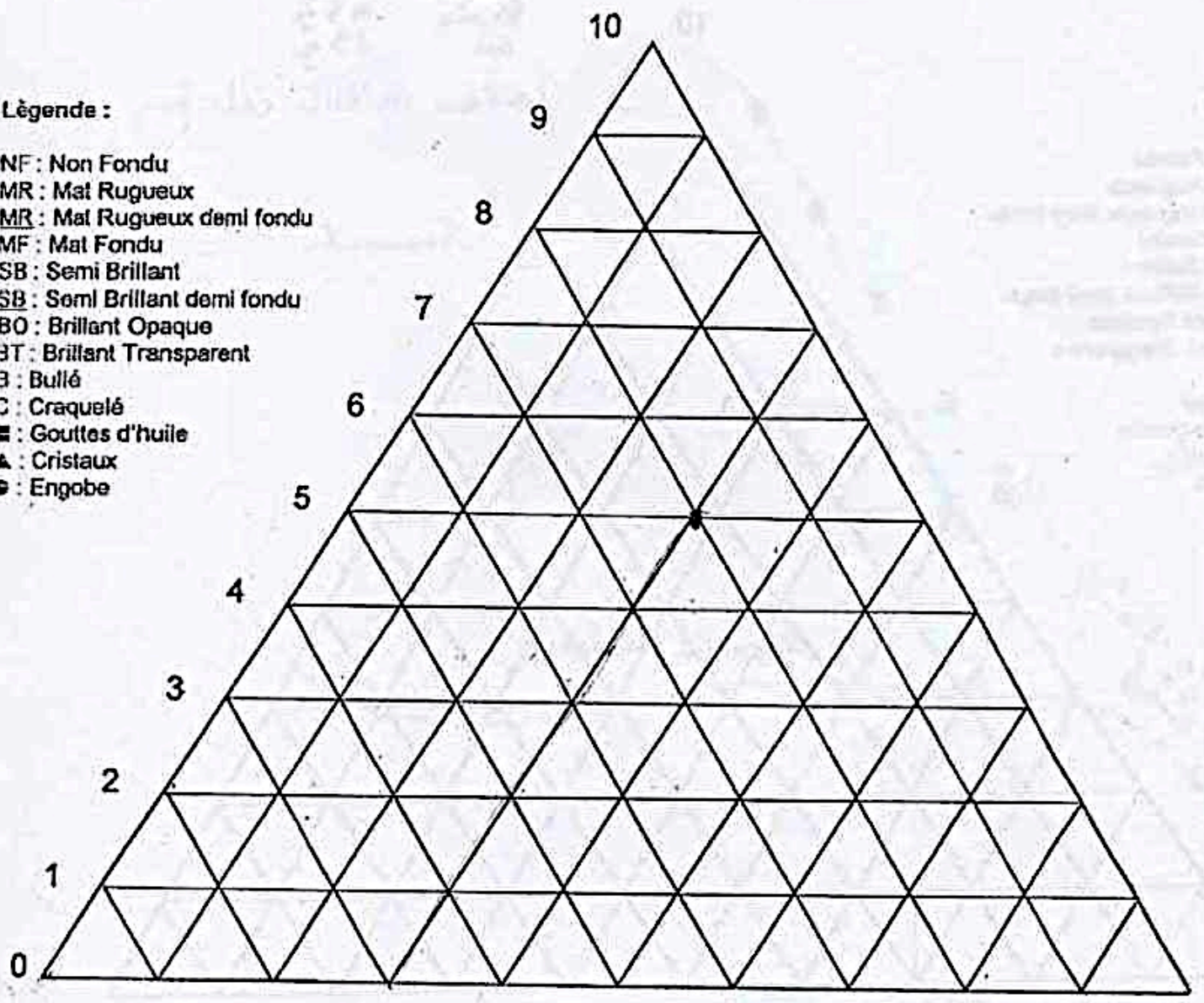
Date: 27/04/2006

MgCO<sub>3</sub> 93g

Kaolin F 157g

Légende :

- NF : Non Fondu
- MR : Mat Rugueux
- MR : Mat Rugueux demi fondu
- MF : Mat Fondu
- SB : Semi Brillant
- SB : Semi Brillant demi fondu
- BO : Brillant Opaque
- BT : Brillant Transparent
- : Bullé
- : Craquelé
- : Gouttes d'huile
- ▲ : Cristaux
- : Engobe



Grise sol 83g  
 Kaolin A 83g  
 Silice 83g

Syénite 250g

Triangle N°: 1

CS:

Atmosphère.

Nom

Date:

blend test  
triâxial

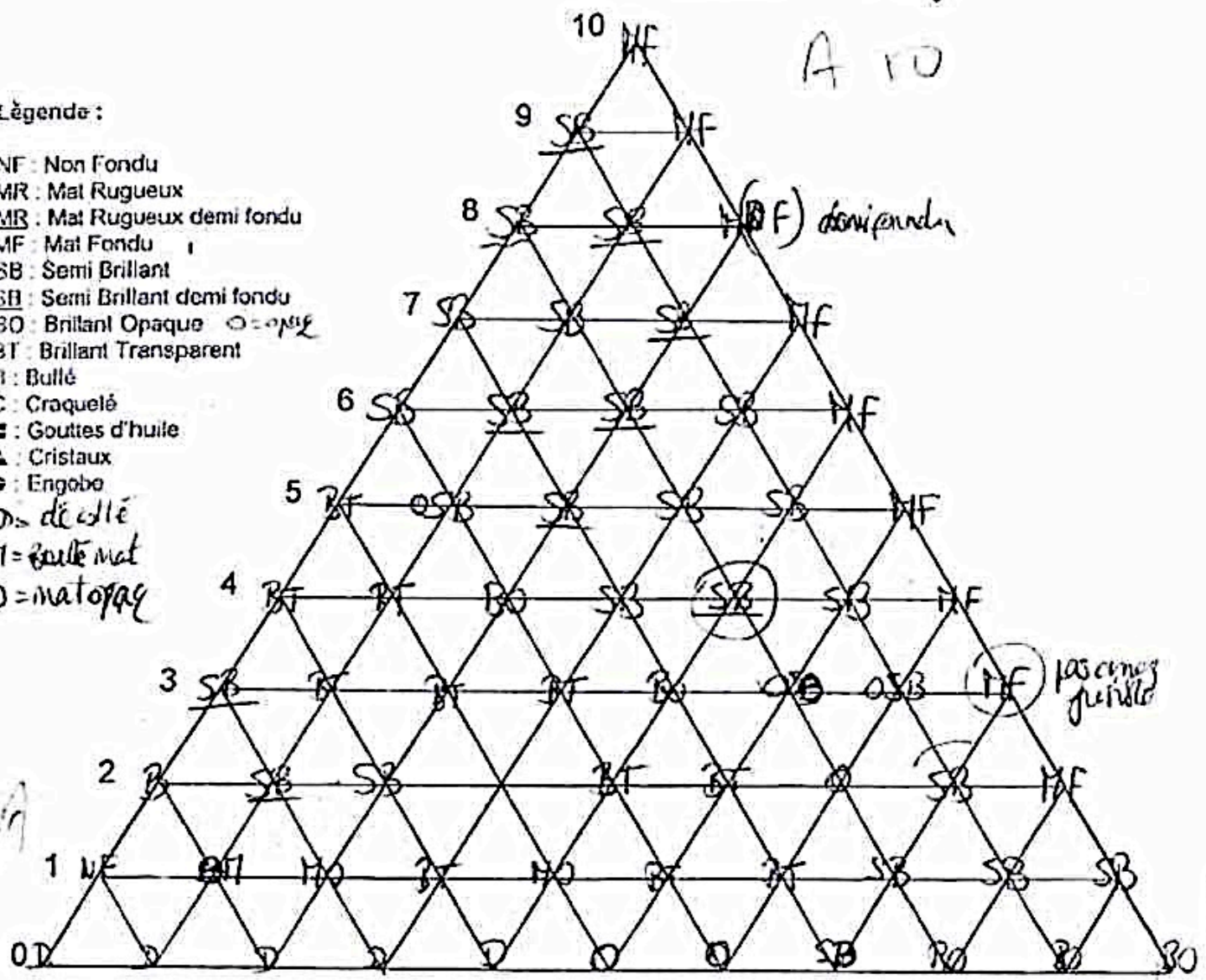
Malaga 50g  
Kaolin F 125g  
Silice 75g

A 10

Légende:

- NF: Non Fondu
- MR: Mat Rugueux
- MR: Mat Rugueux demi fondu
- MF: Mat Fondu
- SB: Semi Brillant
- SB: Semi Brillant demi fondu
- BO: Brillant Opaque
- BT: Brillant Transparent
- : Bullé
- ◊: Craquelé
- : Gouttes d'huile
- ▲: Cristaux
- ▣: Engobe

Ds de cellé  
BT = Bullé mat  
HO = mat opaque



A B C D E F G H I J K

Enaie sol 155g  
Silice 400 95g

Feldspath EA4B  
250g

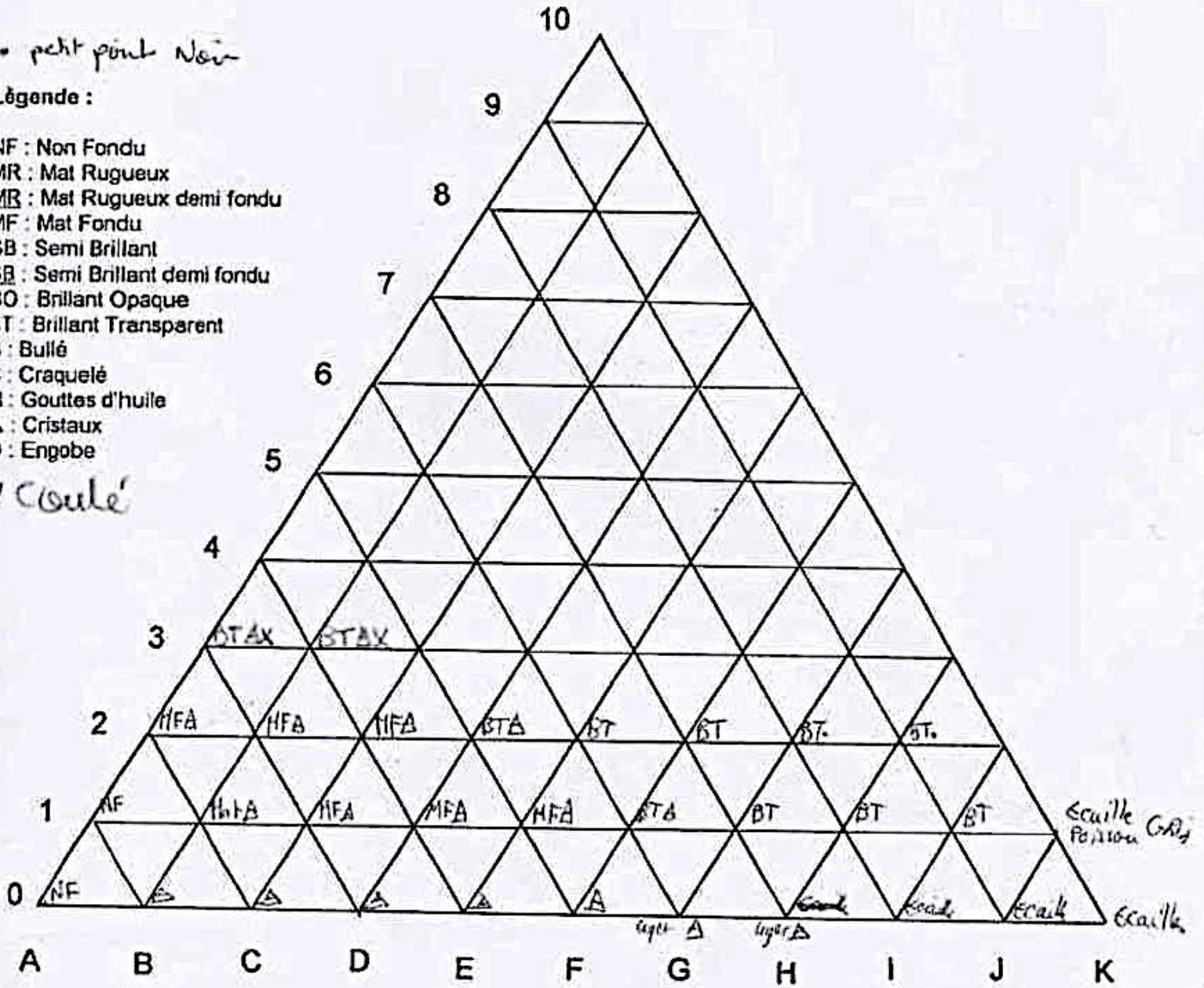
Angle N°: 2	CS:	Atmosphère: Ox	Nom: _____
			Date: _____

REFERENCE: EMAIL T2 A10			DIL. App= 24	SI/AL= 4.7
FORMULE UNITE	MM: 3033.0	MATIERES	MOLES	GRAMMES
CA= 0.45 AL= 5.83 SI= 27.08		MALAGA	3.68	20.0
NA= 0.83 FE= 3.17		KAOLIN F	5.63	50.0
K= 0.21		SILICE	15.68	30.0
MG= 0.30				

• petit point Noir

- Légende :
- NF : Non Fondu
  - MR : Mat Rugueux
  - MR : Mat Rugueux demi fondu
  - MF : Mat Fondu
  - SB : Semi Brillant
  - SB : Semi Brillant demi fondu
  - BO : Brillant Opaque
  - BT : Brillant Transparent
  - B : Bullé
  - C : Craquelé
  - : Gouttes d'huile
  - ▲ : Cristaux
  - : Engobe

x coulé



REFERENCE: EMAIL T2 E			DIL. App= 65	SI/AL= 8.0
FORMULE UNITE	MM: 558.0	MATIERES	MOLES	GRAMMES
CA= 0.04 AL= 1.02 SI= 6.12		FK NOUVEAU	1.00	100.00
K= 0.96 FE= 0.00 TI= 0.00				

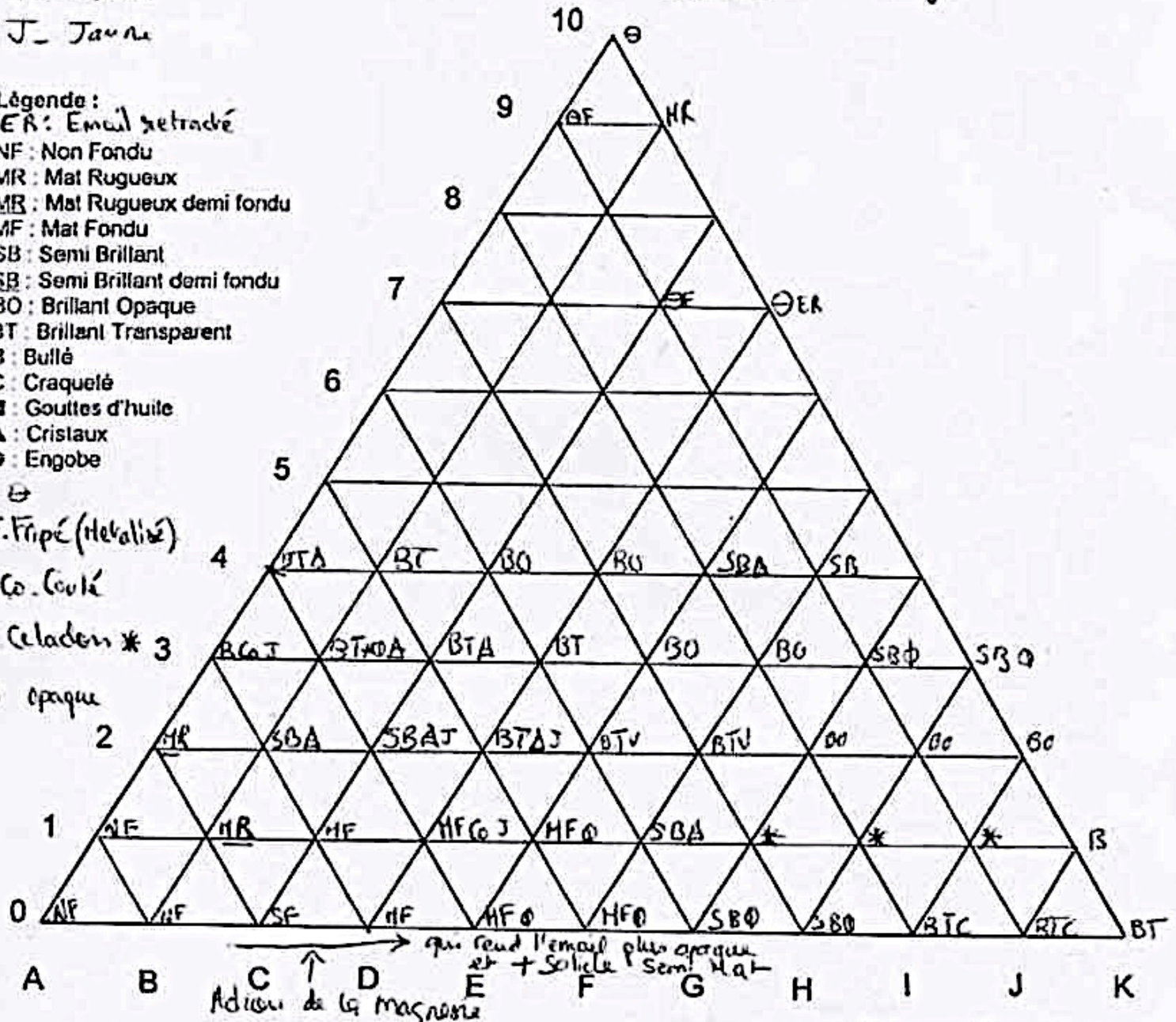
REFERENCE: EMAIL T2 A			DIL. App= 71	SI/AL= 75.3
FORMULE UNITE	MM: 142.7	MATIERES	MOLES	GRAMMES
CA= 0.49 AL= 0.02 SI= 1.14		CRATE <i>de</i>	0.48	34.0
MG= 0.51 FE= 0.00		TALC 00	0.52	45.0
		SILICE	0.50	21.0

Malaga 50 g  
 Kaolin F 125 g  
 Silice 75 g

V. Cœur de  
 J. Jaune

- Légende :**
- ER: Email ébraté
  - NF: Non Fondu
  - MR: Mat Rugueux
  - MB: Mat Rugueux demi fondu
  - MF: Mat Fondu
  - SB: Semi Brillant
  - SB: Semi Brillant demi fondu
  - BO: Brillant Opaque
  - BT: Brillant Transparent
  - 3: Bullé
  - >: Craquelé
  - : Gouttes d'huile
  - ▲: Cristaux
  - ◻: Engobe

⊕  
 F. Fripe (Hérialisé)  
 Co. Coulé  
 Celadon \* 3  
 Opaque  
 2  
 1



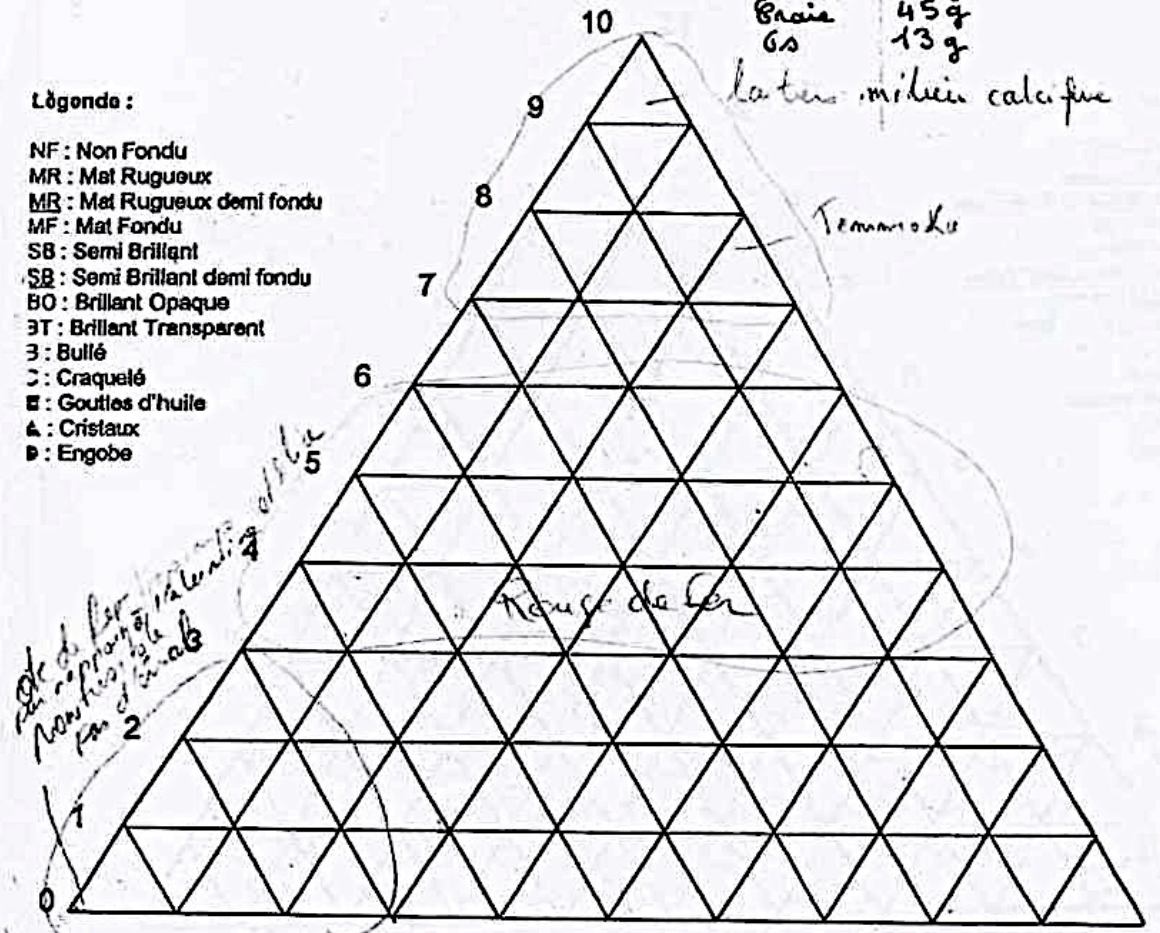
X Graine sol 25 g  
 Talc OO 113 g  
 Silice 52 g

Feldspath K<sup>+</sup> nouveau  
 250g

Triangle N°: 5    CS:    Atmosphère:    Nom:   
 Rouge de fer    Date: Avril/Mai

Malaga 32g  
 Silice 36g  
 Syonite 86g  
 F1233 17g  
 Tale 00 21g  
 Braie 45g  
 Go 13g

- Légende :**
- NF : Non Fondu
  - MR : Mat Rugueux
  - MR : Mat Rugueux demi fondu
  - MF : Mat Fondu
  - SB : Semi Brillant
  - SB : Semi Brillant demi fondu
  - BO : Brillant Opaque
  - BT : Brillant Transparent
  - 3 : Bullé
  - C : Craquelé
  - E : Gouttes d'huile
  - A : Cristaux
  - D : Engobe



A    B    C    D    E    F    G    H    I    J    K

Silice 105g  
 Braie sol 15g  
 Malaga 39g  
 Go 31g  
 Tale 00 26g  
 Kaolin F 34g

metallique  
 Si c'est tout  
 Repouche le creuset  
 et travaille les fragments  
 de Silice et Alumine  
 Silic  
 Alumine

Feldspath EA4B 200g  
 Malaga 30g  
 Go 20g