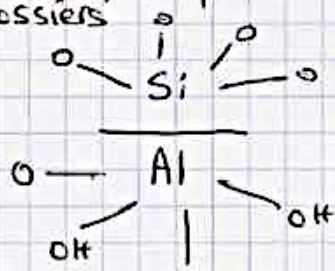
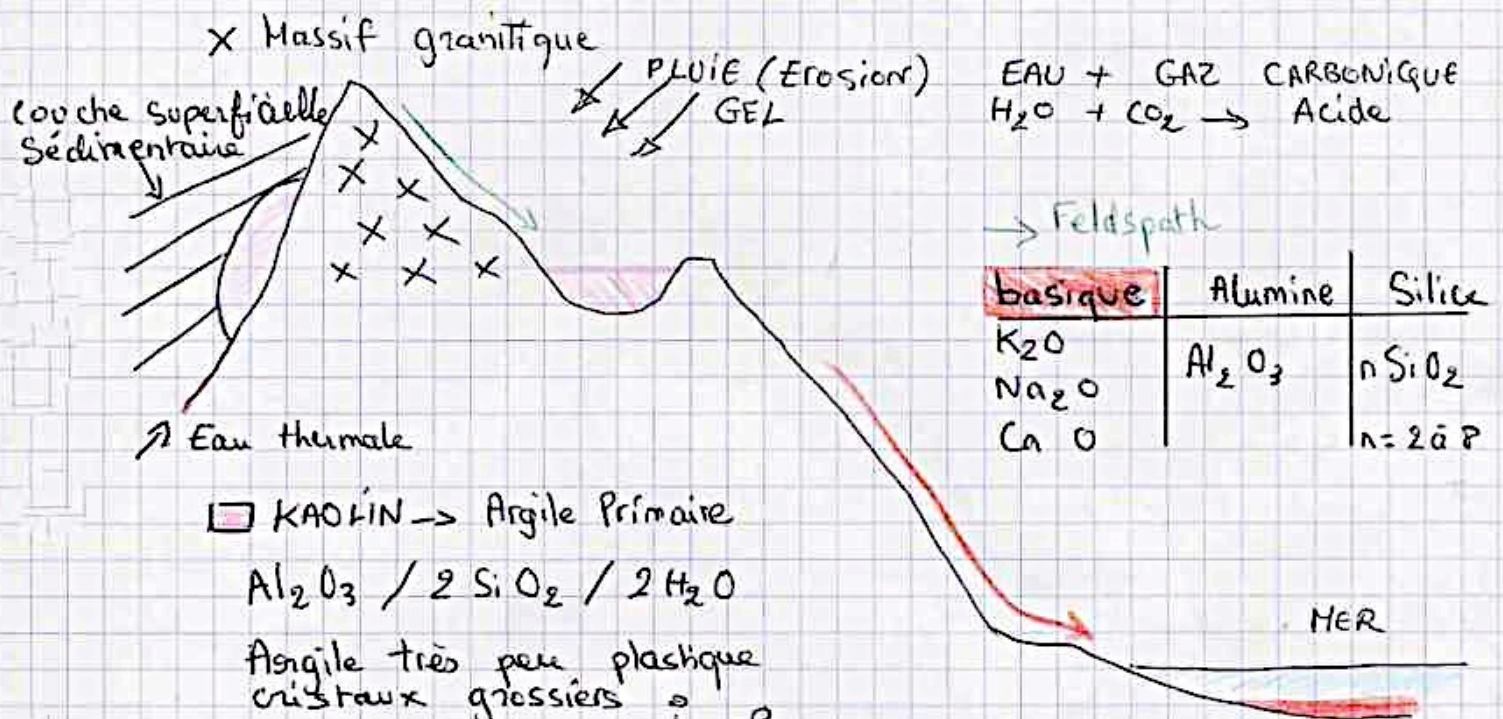


L'ARGILE NAÎT DE LA MONTAGNE

Le granit est composé de

Quartz
Feldspath
Micas



→ L'argile se charge de matières colloïdales sur son passage (Matières organiques)

- MONTMORILLONITE - bentonite - Permet la suspension des éléments : homogénéise intégre l'eau

- ILLITE - ne retiennent pas l'eau

Faculté d'intégrer des ions potassium
caractère fondant - Le gré contient une grande part d'illite -

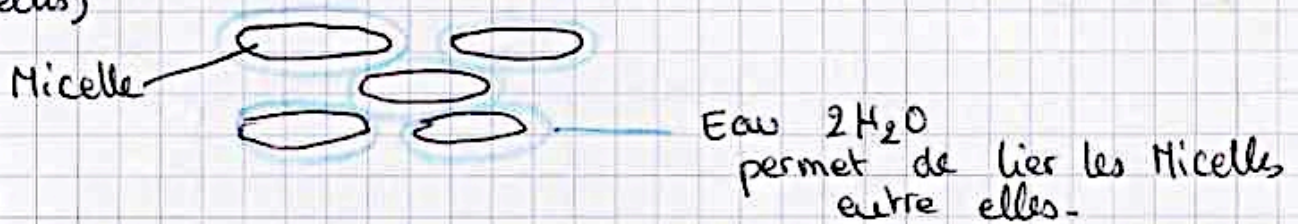
Kaolinite

I Matières Plastiques

Argile sédimentaire :

- Matières organiques + Fer (Fe)
- Matières carbonées (qui donnent la couleur grise)
- Chaux (calcium) → dégraissant
- Sable → dégraissant

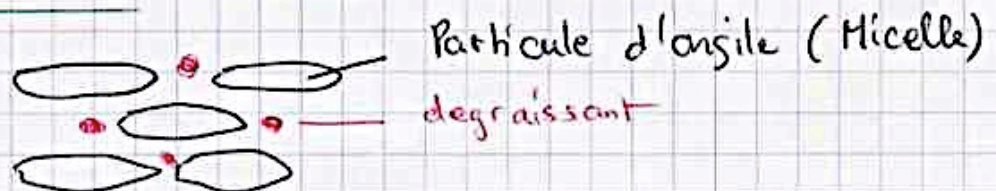
L'argile est formée de micro cristaux de forme lamellaire (Micelles)



Plus les particules argileuses seront fines, plus l'eau les emprisonne (gde quantité d'eau) plus la terre sera plastique -

Si l'argile a une grande plasticité, le retrait sera donc important, ~~donc~~ ce qui risque de provoquer des fentes, des ruptures ou des déformations lors du retrait -
on utilisera alors des matières dégraissantes pour diminuer la plasticité -

II Matières dégraissantes : Permet une structure aérée.



Dégraissants durs — Sable
Quartz
chamotte (terre cuite broyée)

Dégraissants organiques — bouse de vache
Sciure de bois etc...

III Matières Fondantes Améliore la fusibilité

(3)

Etat Solide à liquide

exemple - Porcelaine dure (Fusion à 1400°)

Kaolin 50%,

Feldspath 25%,

Quartz 25%,

Le Kaolin est réfractaire (Point de fusion élevé)

Le Quartz ne fond qu'à 1710°

Le feldspath qui est un fondant (Vitrification à 1000°)

va permettre au Quartz de fondre à plus basse température -

Le calcaire (calcium) est aussi un fondant puissant -

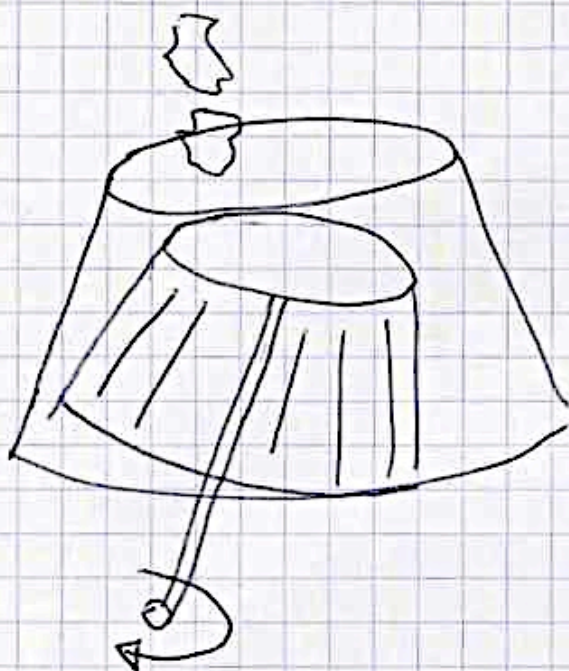
I - Matières dures

SILEX / Feldspath / SABLE

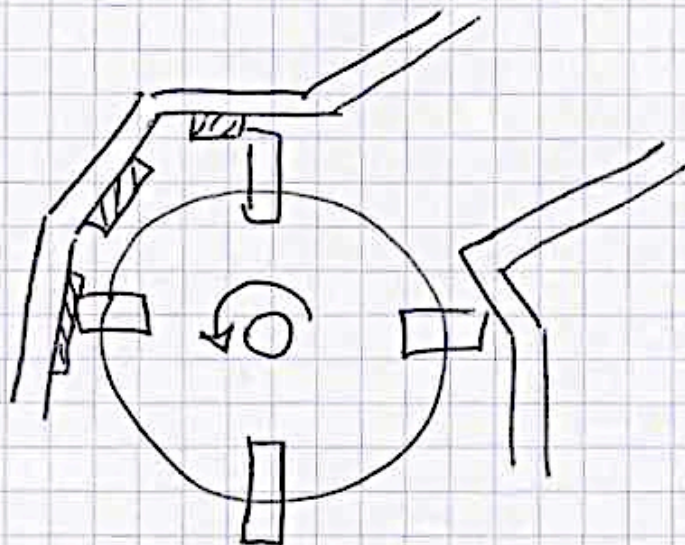
- Division des Matières



CONCASSEUR A MACHOIRES



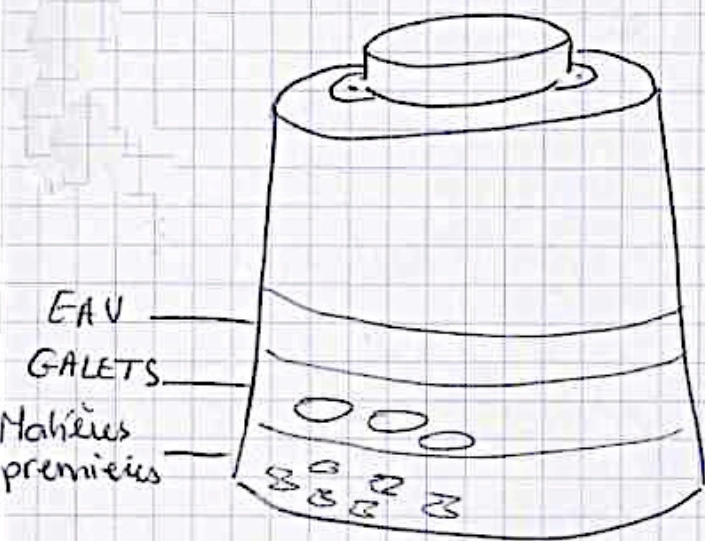
CONCASSEUR GIRATOIRE



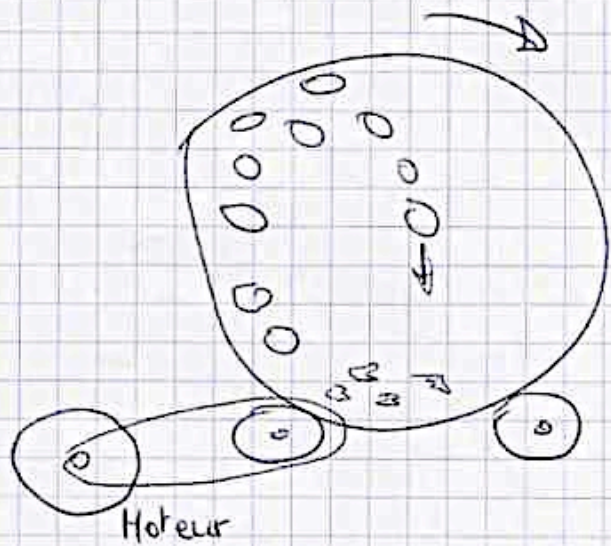
CONCASSEUR A PERCUSSION

les silex trop durs peuvent être calaminés avant le

AFFINAGE

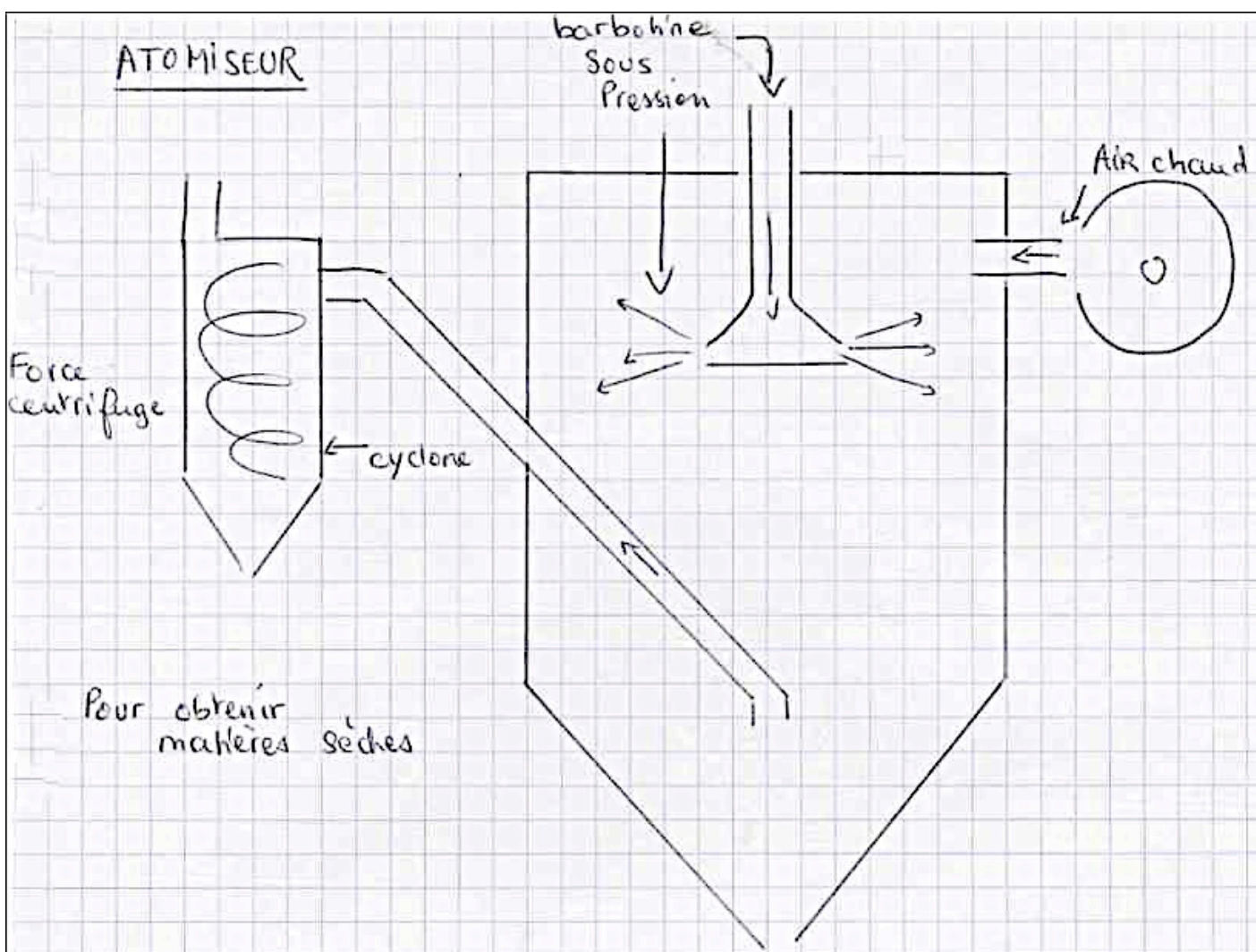


BROYEUR A A JARRE

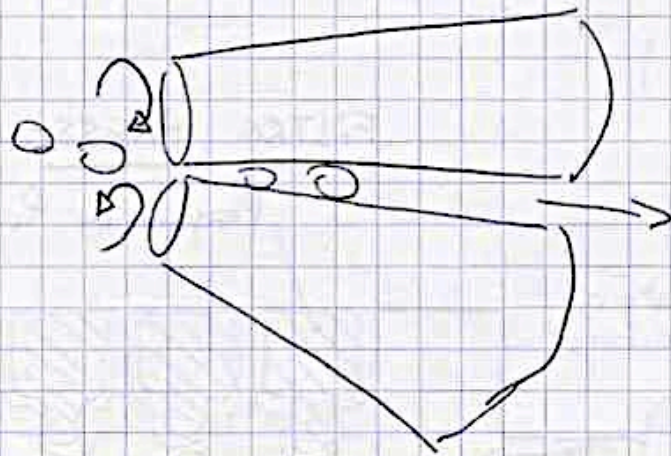


Les galets écrasent les matières premières en retombant

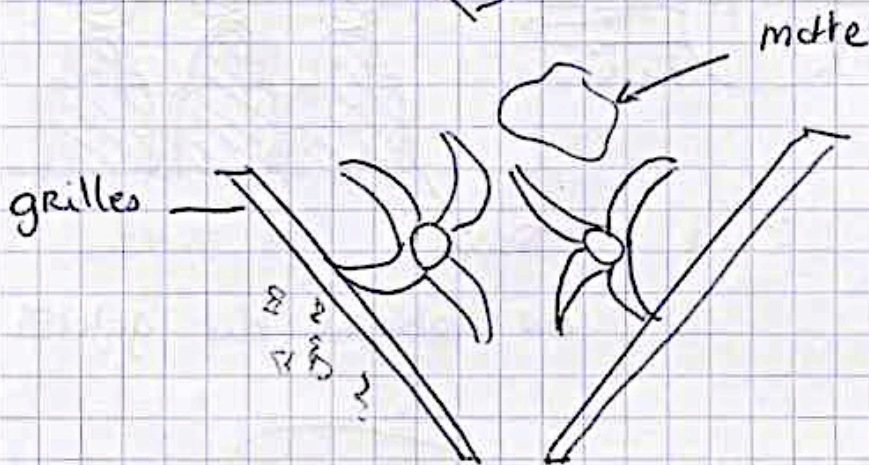
ATOMISEUR



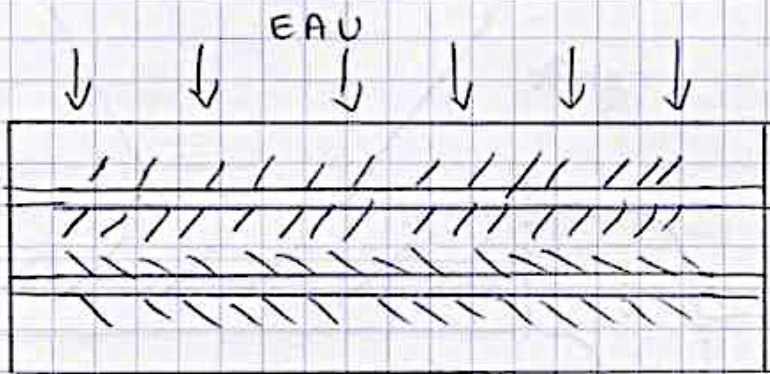
- Hivernage (Le temps / Le gel etc...)



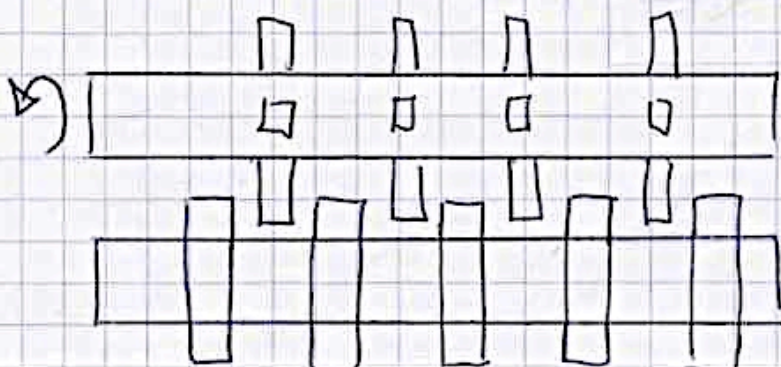
EPIERREUR



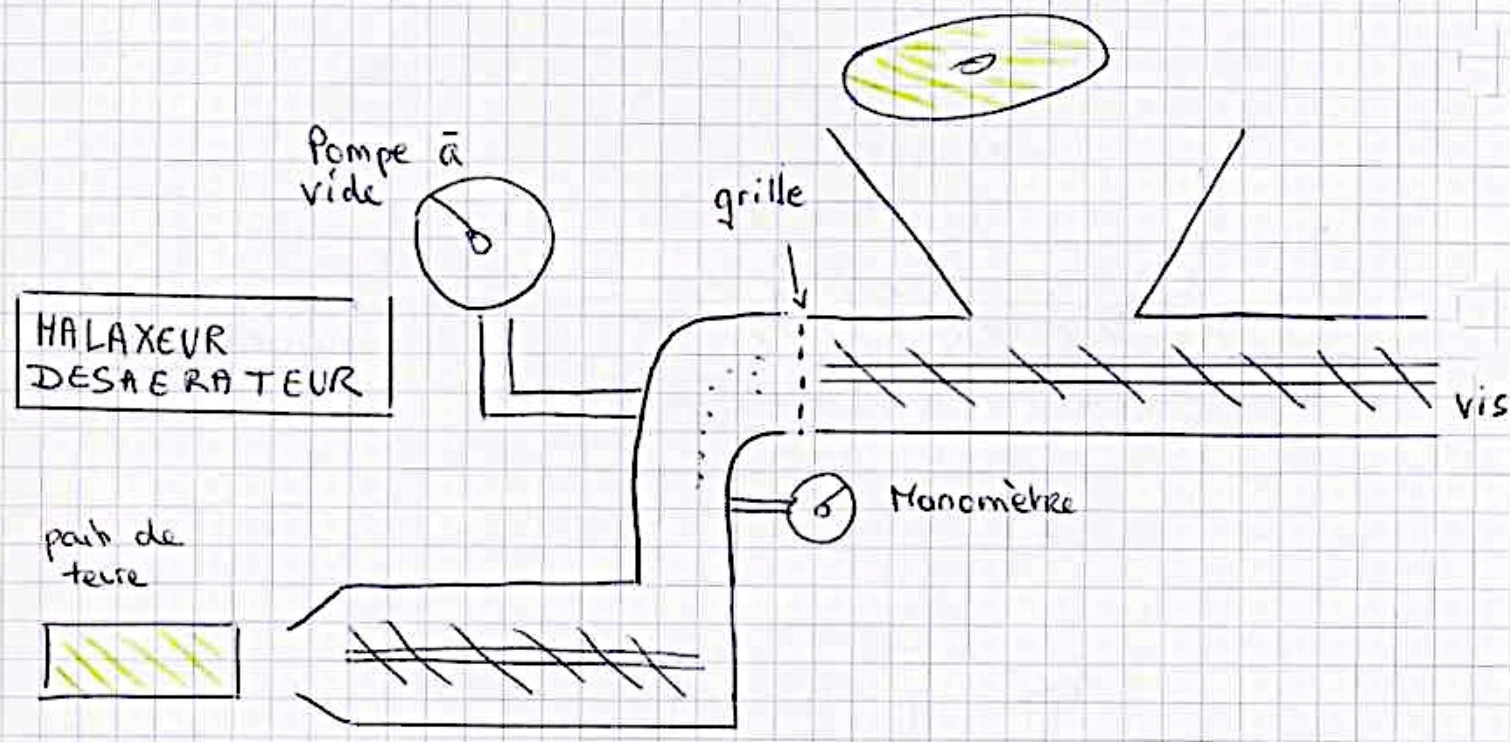
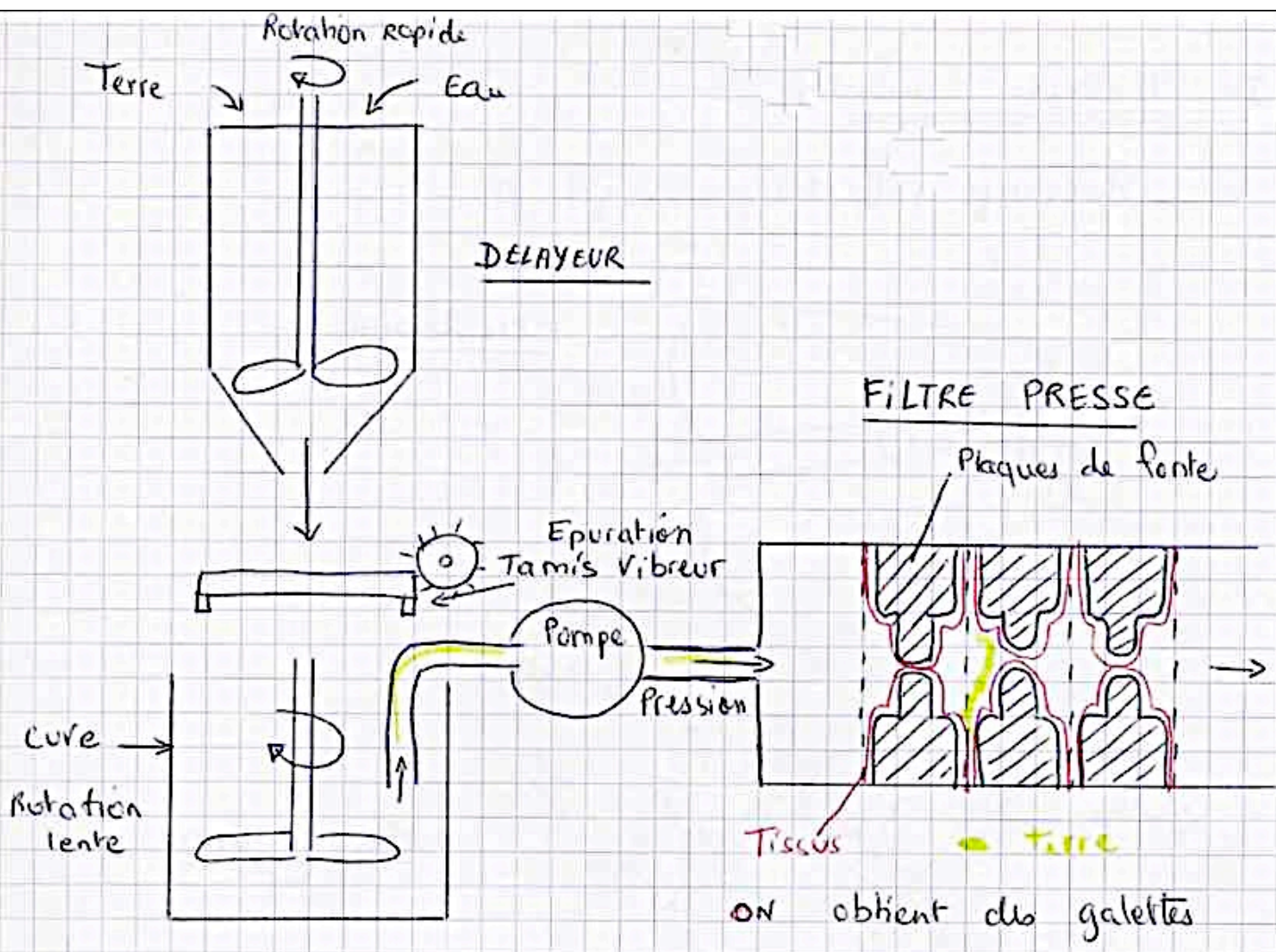
BRÏSE MOTTE



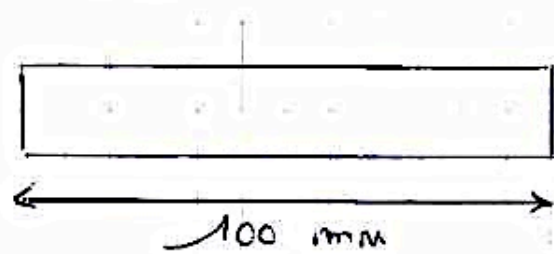
MOUILLEUR
MELANGEUR



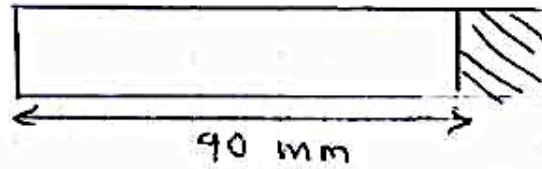
DESINTEGRATEUR



- Plaque de tôle crue

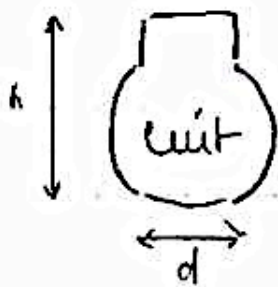


- Après cuisson

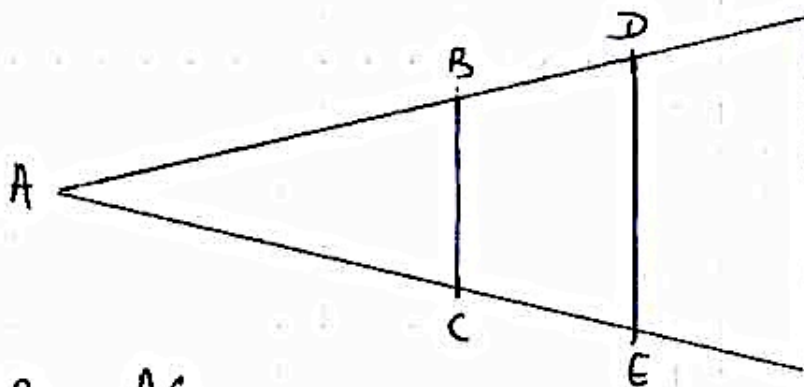


10% de retrait

avec un retrait de 10%, on calculera la hauteur crue

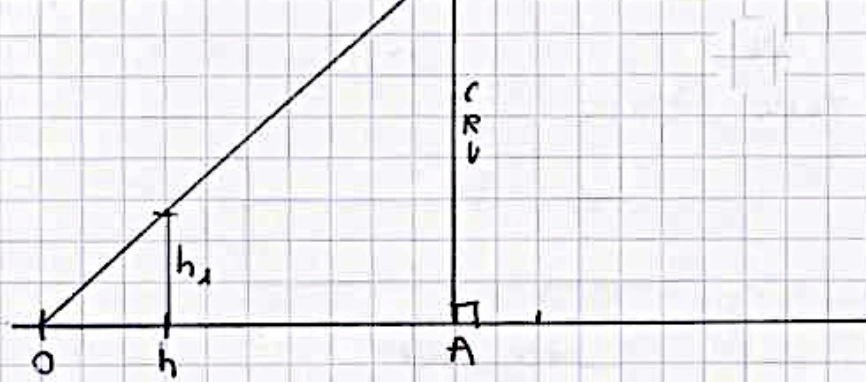


$$h_{\text{cru}} = h \times (100 \text{ divisé par } 90)$$
$$h \times \frac{100}{90}$$
$$h \times 1,1$$



$$\frac{AB}{AD} = \frac{AC}{AE}$$

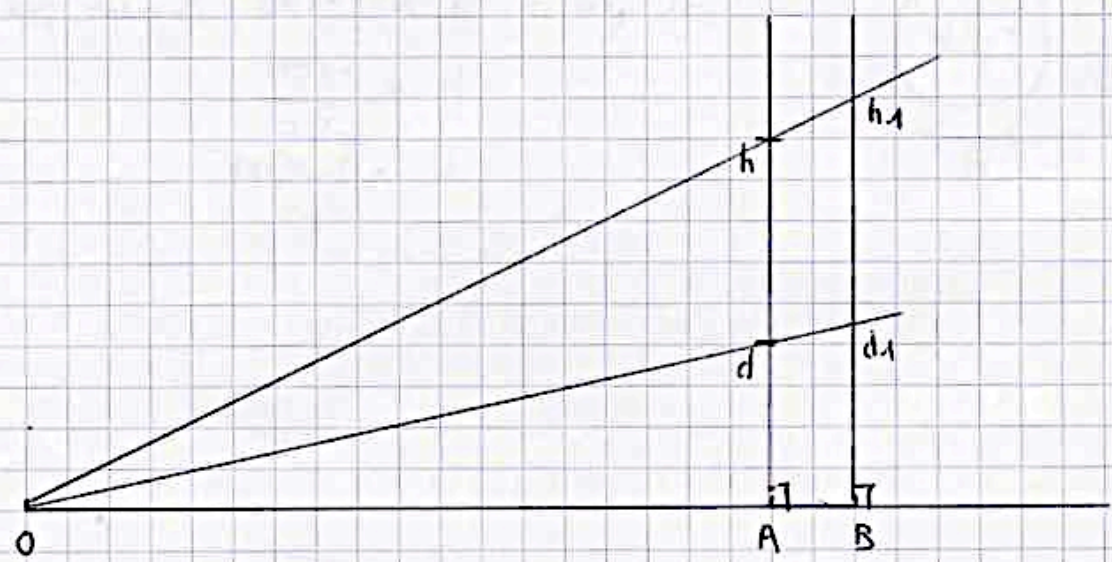
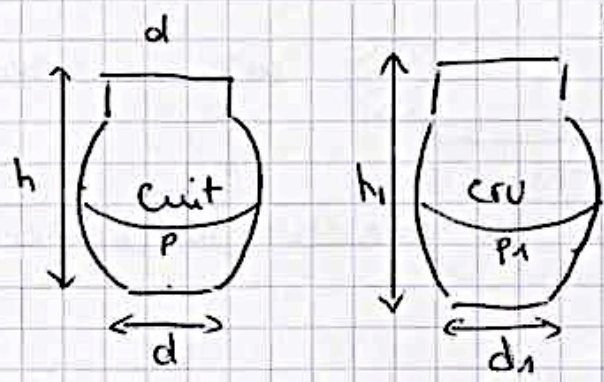
$$\frac{AB}{BC} = \frac{AD}{DE}$$



Dimension cuit

OA = 90 — cuit
BA = 100 — cru

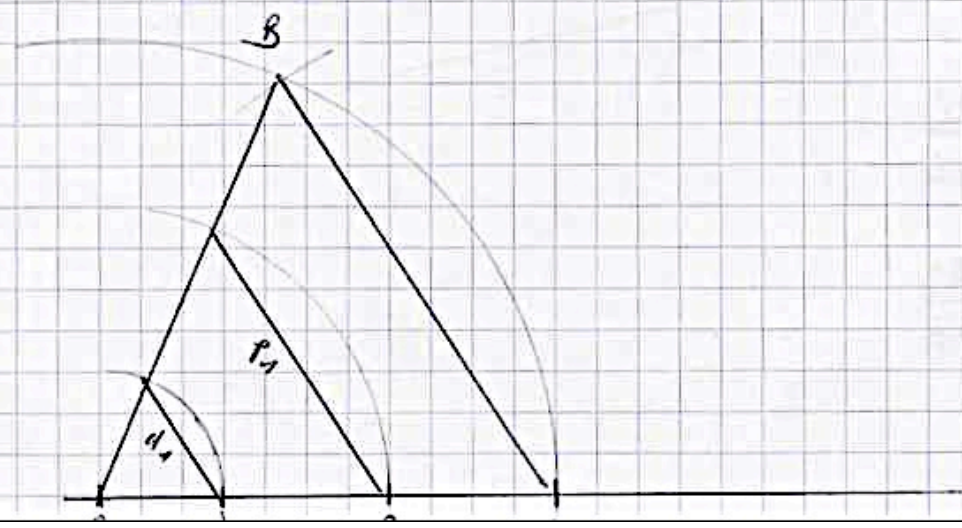
base 10%.



base de 10%.

OA = 90 cuit
OB = 100 cru

Echelle au compas



différentes -

Exemple :

hauteur $h_1 = 50$
diamètre $d_1 = 37,5 ?$

$h = 100$

$d \varnothing 75$

$h_2 = 150$

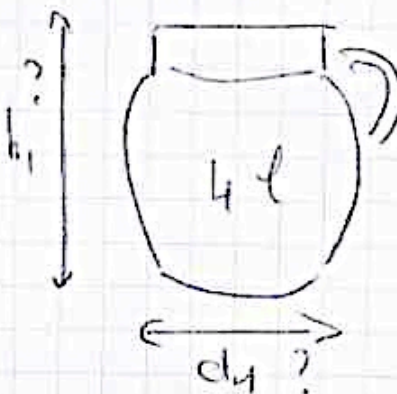
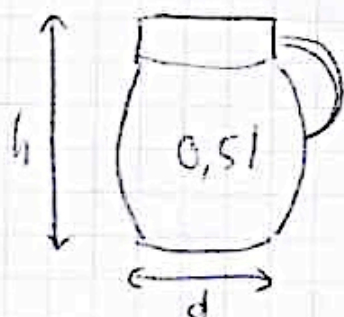
$h_2 = 112,5 ?$

$$\frac{d}{h} = \frac{d_1}{h_1} = \frac{d_2}{h_2}$$

$$d_1 = \frac{d}{h} \times h_1 \quad \text{---} \quad d_1 = \frac{75}{100} \times 50 = 0,75 \times 50 = 37,5$$

$$d_2 = \frac{d}{h} \times h_2$$

* Calculer la taille d'un pot en augmentant sa contenance -



$$\frac{h_1}{h} = \frac{\sqrt[3]{4}}{\sqrt[3]{0,5}} = \sqrt[3]{8} = 2$$

1. En façonnant un colombin avec une argile que j'expérimente, je remarque que des craquelures apparaissent sur tout le pourtour, que puis-je en déduire ?

L'argile n'est pas suffisamment plastique

2. Comment y remédier ?

Eau + incorporer argile + plastique

3. Une autre argile me donne toutes satisfaction au façonnage du même colombin, mais je remarque au séchage des fentes et une déformation importante, que puis-je en conclure ?

L'argile est trop Plastique

4. Quelles matières pourrais-je rajouter pour corriger ces défauts ?

des dégraissants : Sable ou chamotte
ou dégraissants organiques

5. Quelle est la différence entre argile et pâte céramique ?

L'argile est naturelle / La pâte céramique est recomposée

6. Quels sont les différents groupes de matières qui entrent dans la composition d'une pâte céramique et quel est leur rôle ?

Feldspath — Fondeur

Kaolin — Argile

Silice — vitrifiant

Matières Argileuses Kaolin
plastique —> argile
Matière fondeuse [Fel
ca
Matière dégraissante

Le Feldspath sera un fondeur pour la Silice

7. Est-ce que je pourrais obtenir une pâte plastique en broyant du sable très finement ?

NON

8. Comment peut-on expliquer la plasticité d'une argile ?

plus les particules d'argile sont fines / plus l'eau est importante car elle enrobe chaque particules (Micelles) et les articule d'avantage lamellaires



9. Je travaille des argiles jaunes ou rouges, que puis-je en déduire ? Cela aura-t-il une influence à la cuisson ?

elles contiennent du Fer et peu de déchets organiques
Oui car Fer est un fondeur (couleur brune)
Couleur

10. Le grès de St Amand est presque noir, mais après une première cuisson à 1000° les poteries qui sortent du four sont roses : pouvez-vous expliquer pourquoi ?

Les déchets organiques qui donnent la couleur grise sont détruits à la cuisson et la couleur rose indique une présence de Fer

11. Quel rapport existe-t-il entre kaolin et feldspath ?

Objets a pate poreuse

Terres cuites	Briques	Argiles marneuses ou marnes calcaires
	Tuiles	Argiles très riches en fer (klinker)
	Carreaux, modelages, divers	Argiles dont les pourcentages de fer et de chaux pourront varier mais permettant d'obtenir un tesson solide et néanmoins poreux entre 900 et 1050°
Faïences siliceuses	Carreaux, éléments d'architecture	Sables de quartz agglomérés par différents ajouts (chaux, frites alcalines, verres ...)
Faïences à pâte colorée	Terre vernissée	Pâte ferro-calcaire, le plus souvent une terre à brique contenant naturellement une petite proportion de sable de quartz
	Faïences stannifères	Pâte très calcaire pour permettre un bon accord de l'émail sur le tesson et plus finement préparée
	Carreaux de poêle	Pâte calcaire (30 à 40 % CaCO ₃) ou pâte réfractaire chamottée – cuisson n'excédant pas 980 °
	Poterie culinaire, terres allant au feu	Pâte très ferrugineuse (klinker) et pauvre en chaux, riche en alumine et magnésie de façon à résister aux chocs thermiques
Faïences fines	Faïences calcaires	Pâte composée de kaolin ou d'argiles à grès blanche avec 10 à 30 % craie, 20 à 40 % quartz (cuisson aux alentours de 1000°)
	Faïences (à silex) siliceuses	Argiles blanches réfractaires (généralement ball-clay) +20 à 30 % silex broyé avec parfois un ajout de chaux
	Faïences feldspathiques	Kaolins et argiles blanches : 50 à 60 % Quartz: 30 à 50 % Feldspath 5-15 % Cuisson biscuit entre 1150° et 1250°
Faïences sanitaires et vitreous	Sanitaire	Pâte réfractaire peu ferrugineuse + chamotte réfractaire grossière + quartz et silex broyé Biscuitée entre 1200 et 1300°
	Vitreous	Composition proche de celle de la porcelaine cuisson de biscuit inférieure à la température de vitrification (1250 à 1300°)
	<u>Ces produits ayant une porosité très faible sont parfois classés parmi les produits à pâte fermée.</u>	
Raku		Pâte non calcaire, chamottée, avec ajout de magnésium qui permet de résister aux chocs thermiques (exemple: argile réfractaire: 50%, talc: 20%, chamotte grossière: 30%)
Réfractaires	Briques, matériel d'enfournement	Argiles réfractaires + 30 à 50% chamotte pour des cuissons en dessous de 1200°
		Argiles réfractaires + 90% et plus de silice (1500°)
		Argiles réfractaires + 50% et plus d'alumine

Objets à pâte fermée

Grès	Grès naturels	Pâte souvent illitique incluant de la silice libre (colloïdale ou cristalline), du feldspath et plus ou moins de fer.	Les grès peuvent aussi se diviser en deux familles: <u>grès durs</u> : 1260 à 1360° <u>grès tendres</u> : 1100 à 1240°
	Grès composés « fins »	Mélange d'argiles peu ou pas vitrifiables, de matières dégraissantes: argiles maigres, très riches en silice, de matières fondantes: feldspaths	
	Clinkers	Argiles non calcaires mais souvent ferrugineuses, employées pour la fabrication de poteries communes, tuyaux et carrelages (vitrification entre 1170° et 1260°)	
	Grès céram	Surtout utilisés dans la fabrication des carrelages par pressage : argile+ chamotte+sable+roches feldspathiques, émaillé ou non	
Porcelaines	Porcelaine dure	Recette simplifiée: Kaolins : 50 % Feldspaths: 25 % Quartz: 25 %	Cuisson de dégourdi avant cuisson email 1400°
	Porcelaine « tendre » (porcelaine nouvelle de Sèvres)	Kaolins: 25 à 30% Feldspaths: 30 à 40 % Quartz: 30 à 50 % Talc ou dolomite: 0.5 à 1 %	Cuisson (1280°)
	Porcelaine tendre phosphatique	Production presque abandonnée Terre à faïence blanche +kaolin : 45% Poudre d'os calciné : 40% Quartz : 10% Feldspath : 5%	Biscuit : 1260 à 1280° Email : 1100°

Dosage

Volumique — Doseur distributeur

Ponderal — Matières sèches

Bouillie — Densité identique

Dosage Matière Plastique

↓
Délayage

↓
(Tamisage
dégrasse)

↓
Mélange
(agitateur)

↓
Tamisage (Filtre presse + Malaxeur désaérateur)

←
Pâte liquide
coulage

↓
Raffermissement

↓
Pâte Plastique

Dosage M. dégraissante

↓
Broyage (absing)

↓
Tamisage dégrasse
(Electro aimant)



→ Atomiseur



Pâte sèche

- Composition d'une Pâte céramique

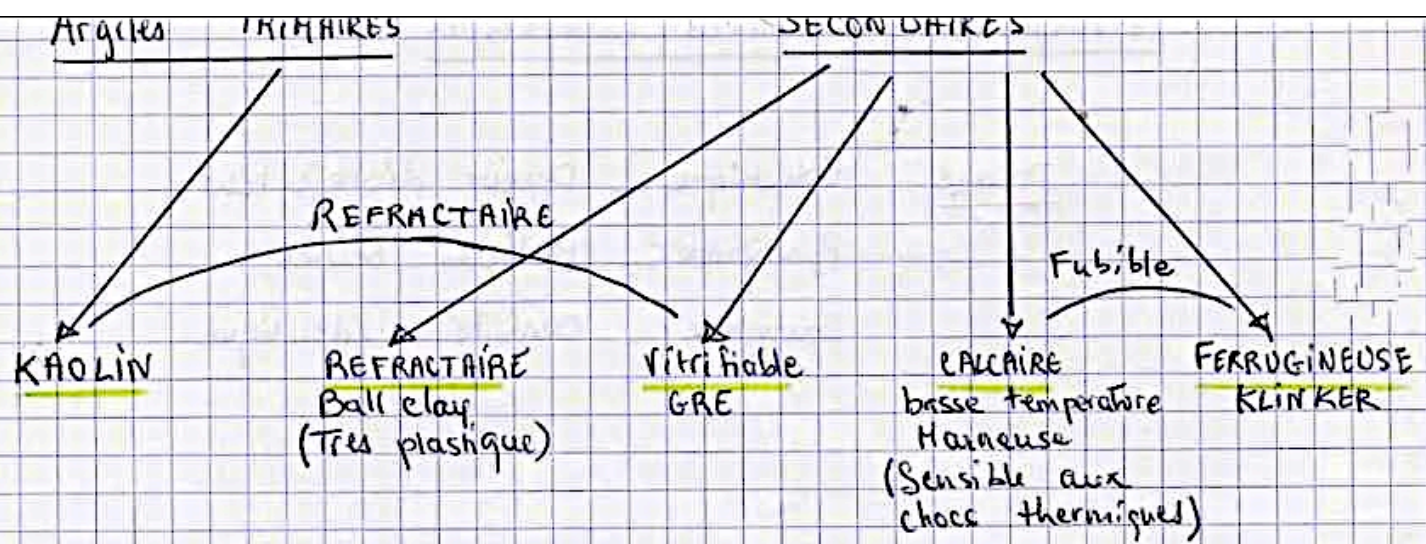
Matières agiles plastiques

- Kaolin, argile

Matières dégraissantes fondantes

- Feldspath, chaux

Matières dégraissantes réfractaires -



La bentonite et le Ball clay améliorent la plasticité.

Différents procédés de Fabrication

Pâtes PLASTIQUE

- Modelage
- Tournage/Tournassage
- Estampage
- Prebrazage
- Calibrage (circulaire)
- Filage ou étirage ou extrusion

SECHE

- Pressage isostatique

LIQUIDE

coulage

↓
Permet des Formes variées
Exige beaucoup de Place

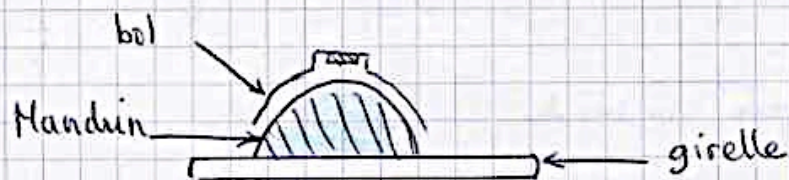
* Le Tournage : demande peu de Place / Souplesse de tailles et de Forme

- battage (homogénéisation)
- Pesée
- Bélier
- Allumer le feu
- Reglage des Piges (trusquin)
- Plaquage boue sur girelle
- Centrage

- Faire le cône (Ebauche de la montée de terre)
- montées de terre
- Mise en Forme / Estéque
- Couper avec le Fil
- Deposer sur la Planche

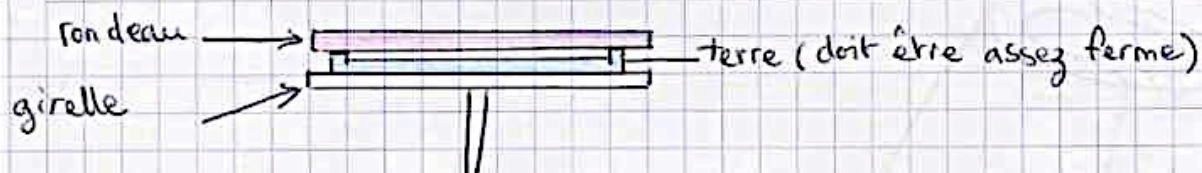
* Tournassage

le tournassage se fera à "l'état cuir". le déchage doit être uniforme. le mandrin peut se fabriquer en même temps que les bols sur rondneau ou girelle



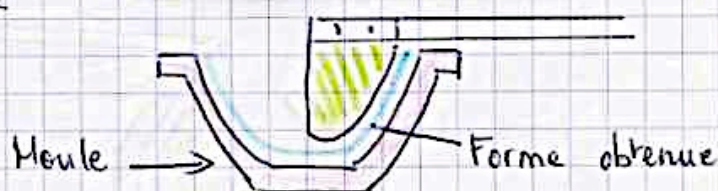
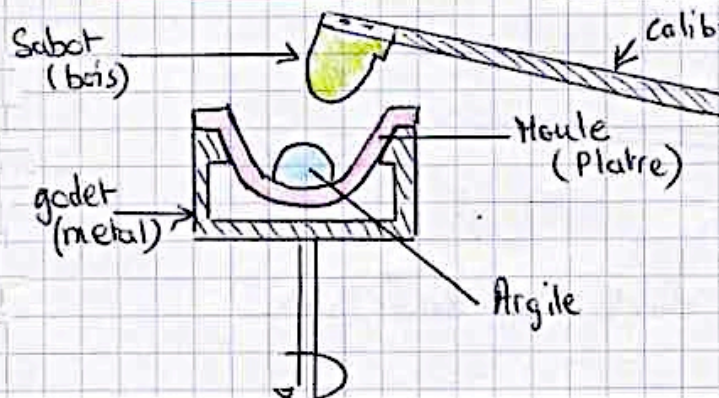
- Choisir la taille du mandrin
- coller le mandrin
- renverser la pièce sur le mandrin
- centrer
- Tournasser avec Hirette ou tournassin

* Rondeau

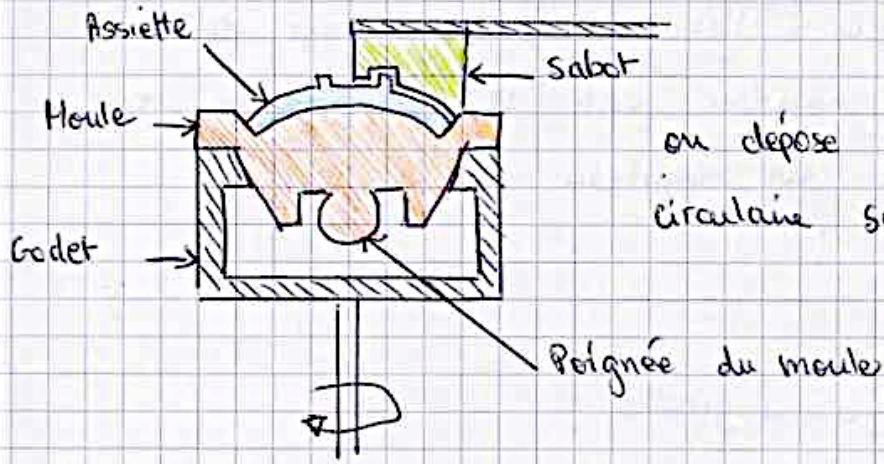


Le rondneau peut être en bois ou en plâtre (Plâtre dur à modeler) - Avantage du plâtre → décollement de la pièce sans fil. inconvénient → risque de morceaux de plâtre dans la terre.

CALIBREUSES



Calibrage en fosse



on dépose une galette de terre circulaire sur le moule

Calibrage en creux

ouvert



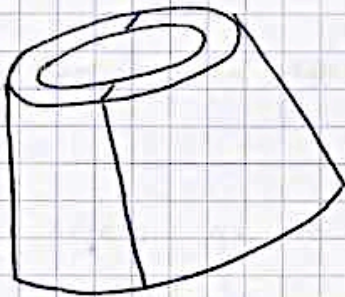
Fermé



grand creux



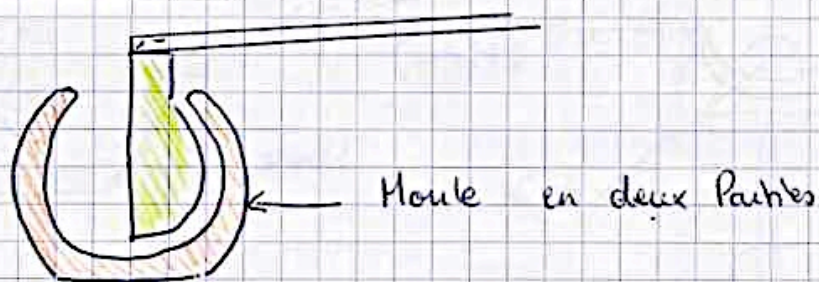
Creux Fermé → moule en deux parties.



→ moule à deux parties



Calibrage à la bascule

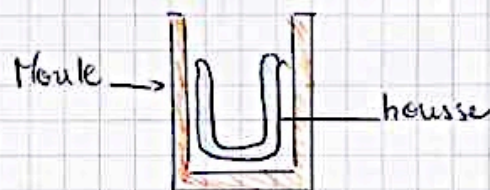
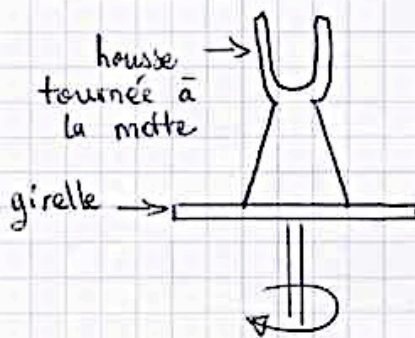


Calibrage à la potence

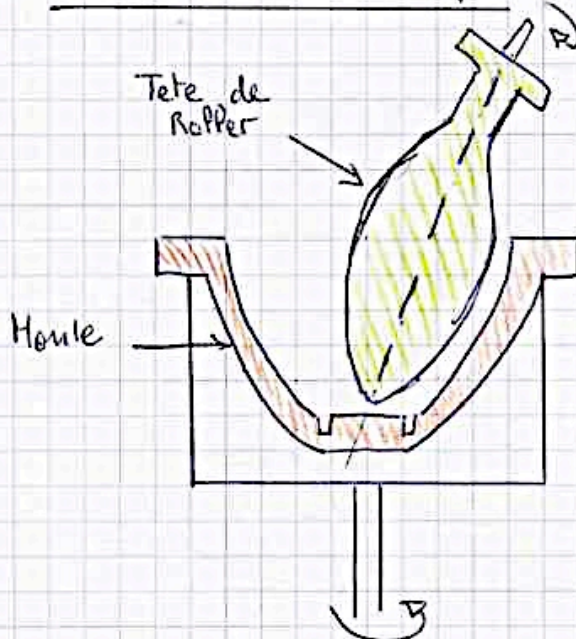


utilisé pour grand creux et creux fermé

quand le moule est trop haut ou pièces très fines ou pâte très maigre (difficile à travailler), on tourne des préformes → housse, à la motte



CALIBRAGE AUTOMATIQUE : ROLLER

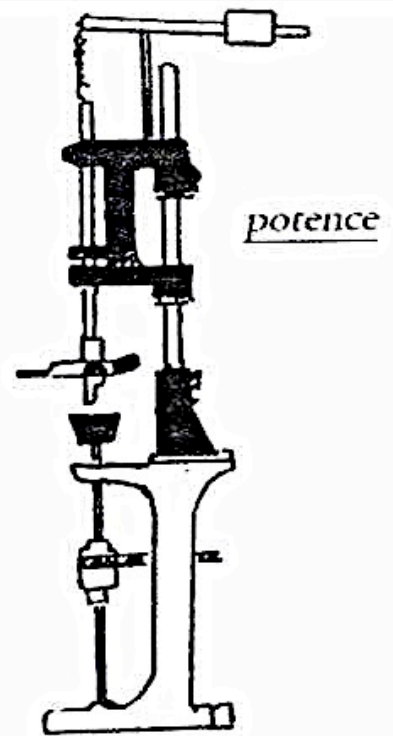
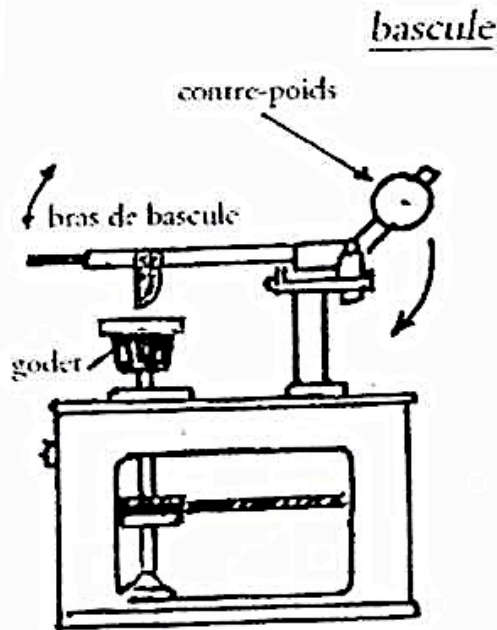


La tête de roller est soit en métal chauffant (pour empêcher de coller à la terre) soit en gélifine. Elle tourne dans le sens opposé au tour

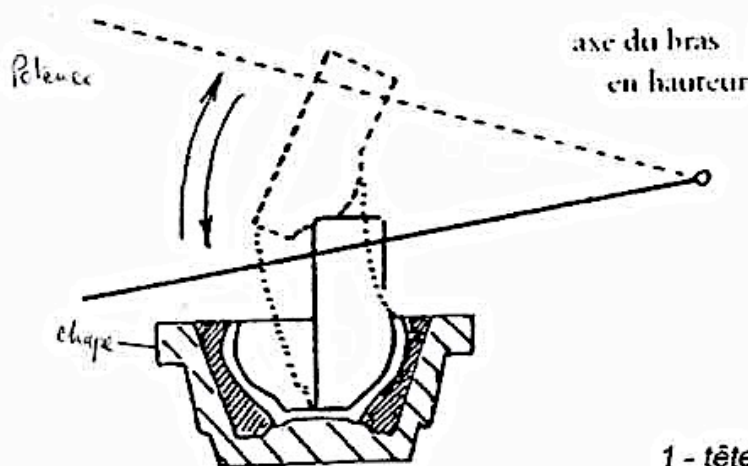
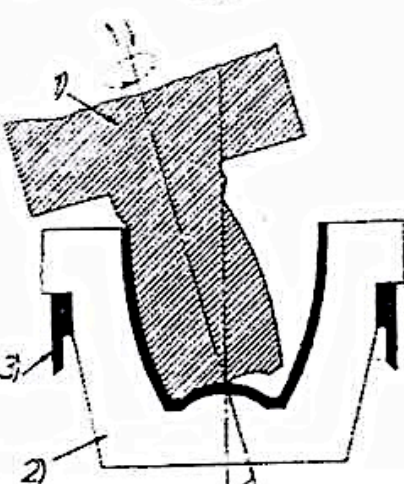
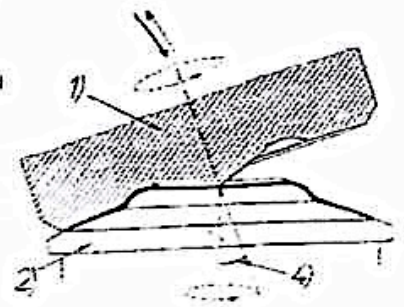
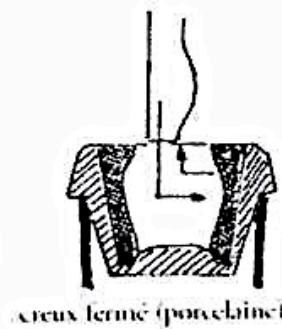
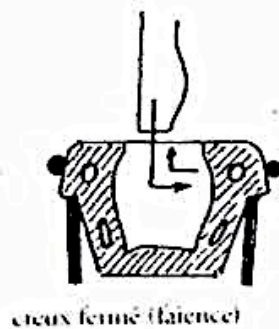
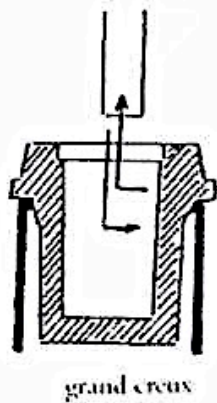
CALIBRAGE

les défauts sont dus
à une tene trop dure
ou trop molle et au
mauvais réglage des
calibres par rapport
au moule

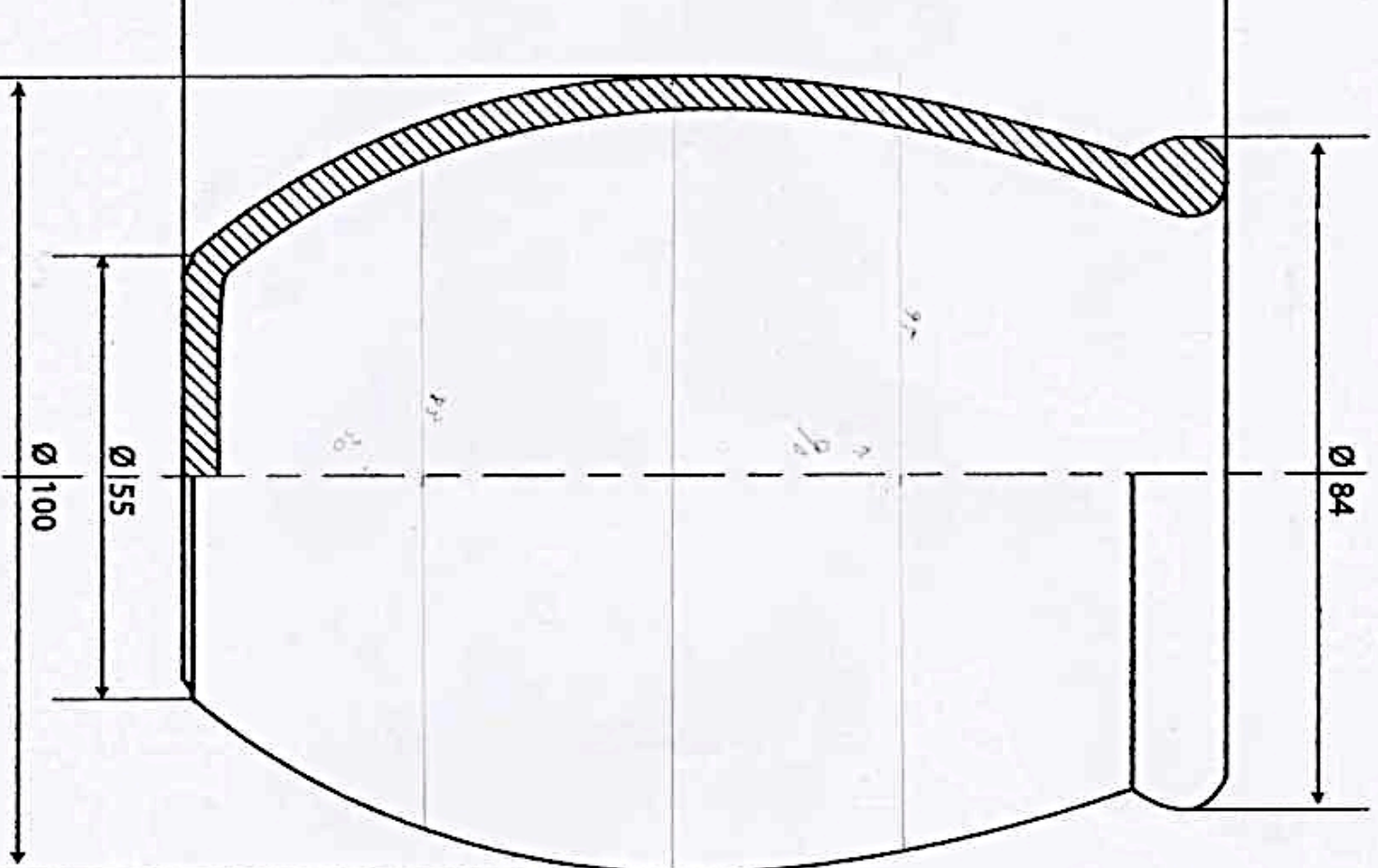
manuel



Moule en 2 parties
et moule à sous-pièces



Tourner dans le même sens
à vitesses différentes



Le dessin représente une pièce cuite d'une contenance de 500 ml ;
On vous propose de réaliser une série de 5 pots semblables dont le deuxième sera au dimension du dessin et le dernier aura un volume de 3 litres.
Vous devez

1- déterminer les cotes (diamètre maximal et hauteur) des pièces de la série. Vous utiliserez une échelle de série.

Racine cubique de 0.5 = 0.8 , racine cubique de 3 = 1.44

$$\sqrt[3]{0.5} = \frac{1.44}{3.065} = 0.8$$

numéros	1	2	3	4	5
hauteur	96	130	164	198	234
diamètre	74	100	124	154	180

2- Déterminer les dimensions de la pièce n° 3 en cru , sachant que la pâte que vous utiliserez a un retrait de 12%. Ces calculs seront réalisés avec la méthode du coefficient d'agrandissement. Les calculs doivent apparaître

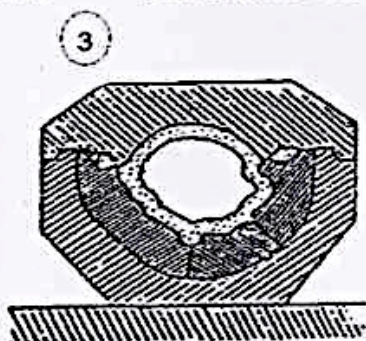
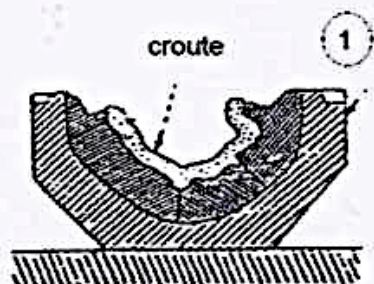
3- faire un dessin coté de cette pièce (vue de face) à l'échelle 1/1

A- Quels procédés de façonnage peuvent être utilisés pour produire cette pièce? Expliquez en les principes de base, aidez vous de croquis.

B- Expliquez les avantages et les inconvénients de chacun de ces procédés.

C- Si certains de ces procédés font usage de moules, expliquez en la particularité. aidez vous de croquis.

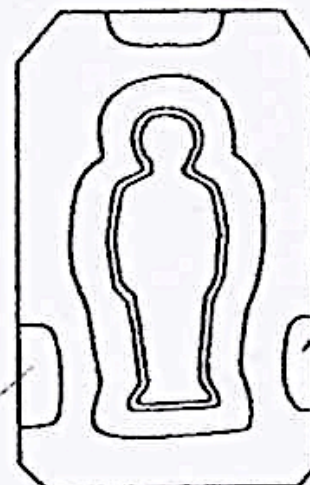
ESTAMPAGE



dégorgeoir

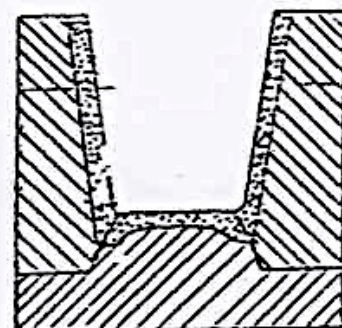


tenons

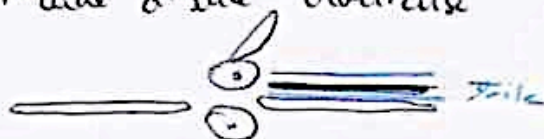


Finition des soudures gratter puis ajouter de la terre

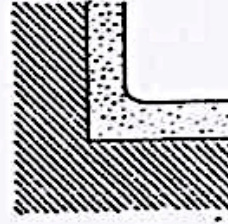
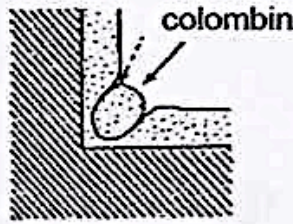
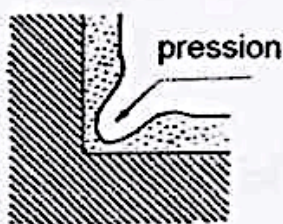
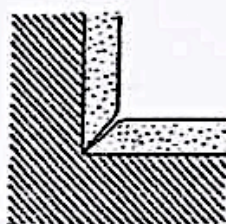
Procédé intéressant pour, par exemple, des
causes sophistiquées
estampage en creux en bosse



Fabrication d'une boute à l'aide d'une crouteuse



soudure de 2 croutes



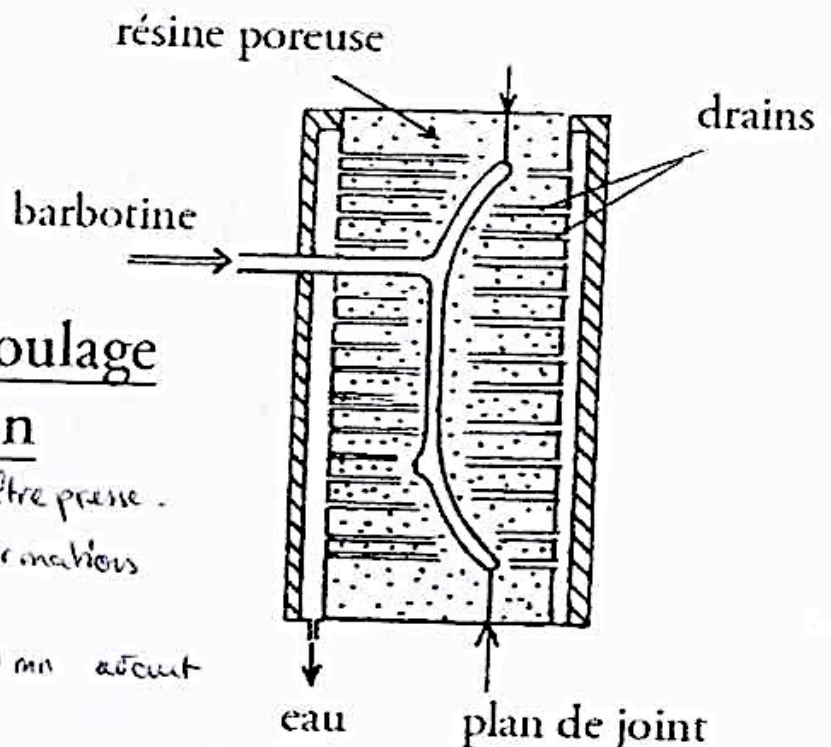
COULAGE

Moule de coulage sous pression

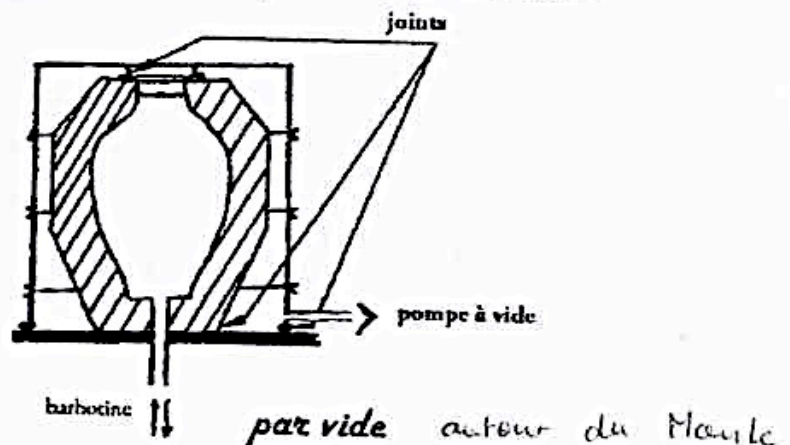
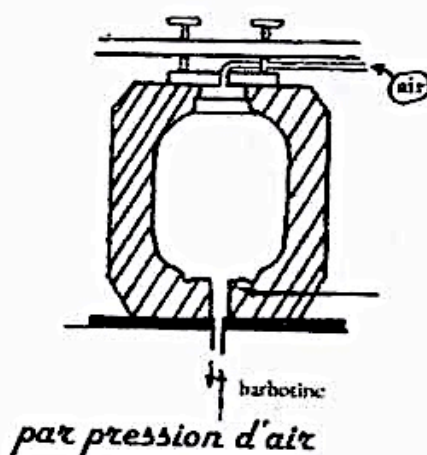
même système que le filtre presse.

Avantage Moins de déformations
plus rapide

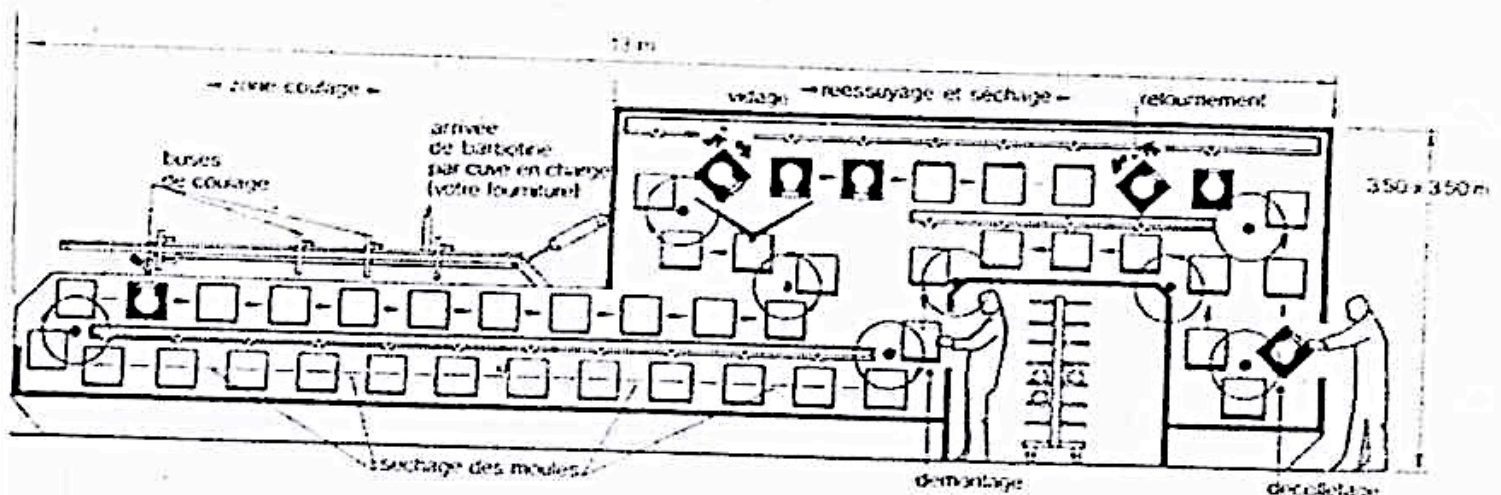
sous haute pression ≈ 60 mn après
de démonter



Grand coulage (Sèvres) pièces grande dimension

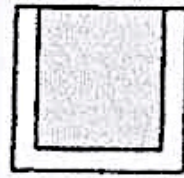


Chaine de production



COULAGE

ciel ouvert



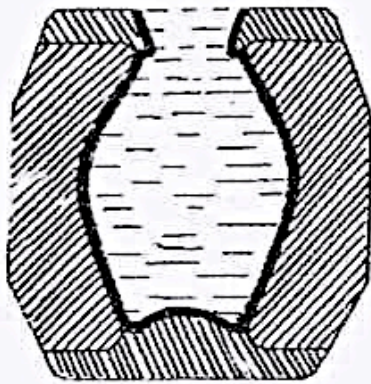
remplissage



prise



vidage



Coulage
à ciel ouvert

Coulage mixte

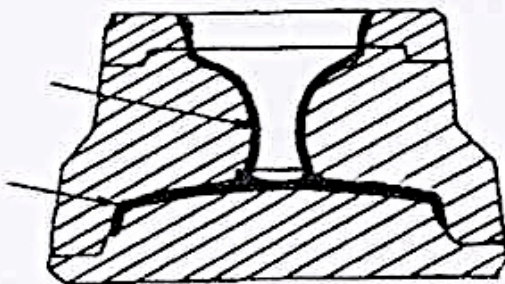
entre 2 plâtres



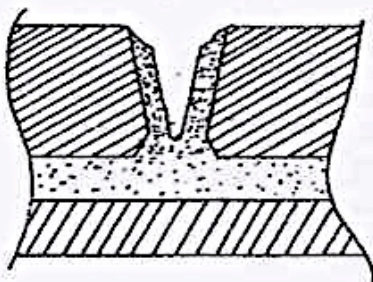
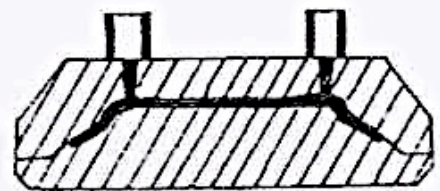
remplissage



prise



Coulage entre 2 plâtres



après le décolletage

finition



Renforcement
d'un pied



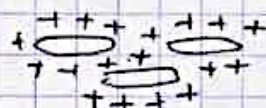
Exemple pour Pâte dure de Saïre

	densité	teneur en eau
Pâte de tournage	2	28 %
Bouillie non defloculée	1,3	46 %
Bouillie deflocuée	1,7	30 %

: Perm

DEFLOCULANT : Permet d'obtenir la fluidité d'une pâte avec une quantité d'eau minimum -

Permet à des ions + de se souder autour des plaquette

 les ions étant positif, les plaquettes se repoussent et restent en suspension

Pourcentage de Defloculant dans une bouillie 5/1000

- carbonate de soude
 - silicate de soude
 - Dolaflex
-) en association

La pâte sera préparée 48 heures à l'avance - elle change de texture en vieillissant - Surveiller et selon ajouter matière sèche ou defloculant

THIXOTROPIE : Propriété d'une pâte à devenir plus fluide après agitation -

Defauts : - Thixotropie trop faible → Prise plus lente →
decollement trop rapide → creux mal formés

- Thixotropie trop forte → Prise trop rapide →

la terre se colle au platre → couche trop importante →

Porométrie : dimension des pores par exemple du Plâtre utilisé pour les moules.

condition atmosphérique

MOULE :
Porosité
Porométrie
Forme
usure
épaisseur / humidité

PRISE (épaisseur)

Pression

durée

Barbotine

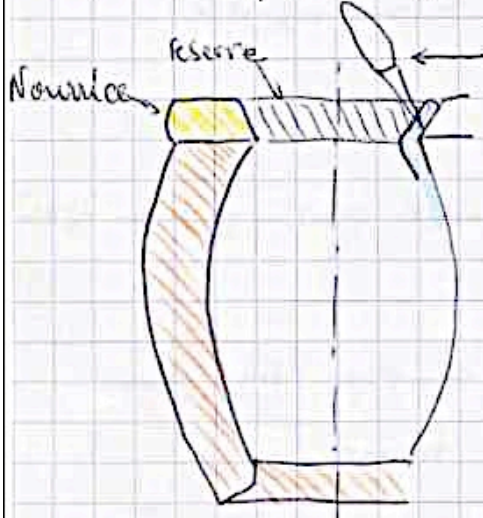
Viscosité

densité

Thixotropie

defloculant
- Nature
- pourcentage

Matière première utilisée
- Nature
- pourcentage



couper un échantillon de tene de la gusere pour
verifier l'épaisseur

remplir le moule d'une manière continue sans
éclabousser les bords en laissant le liquide
monter lentement sur les parois

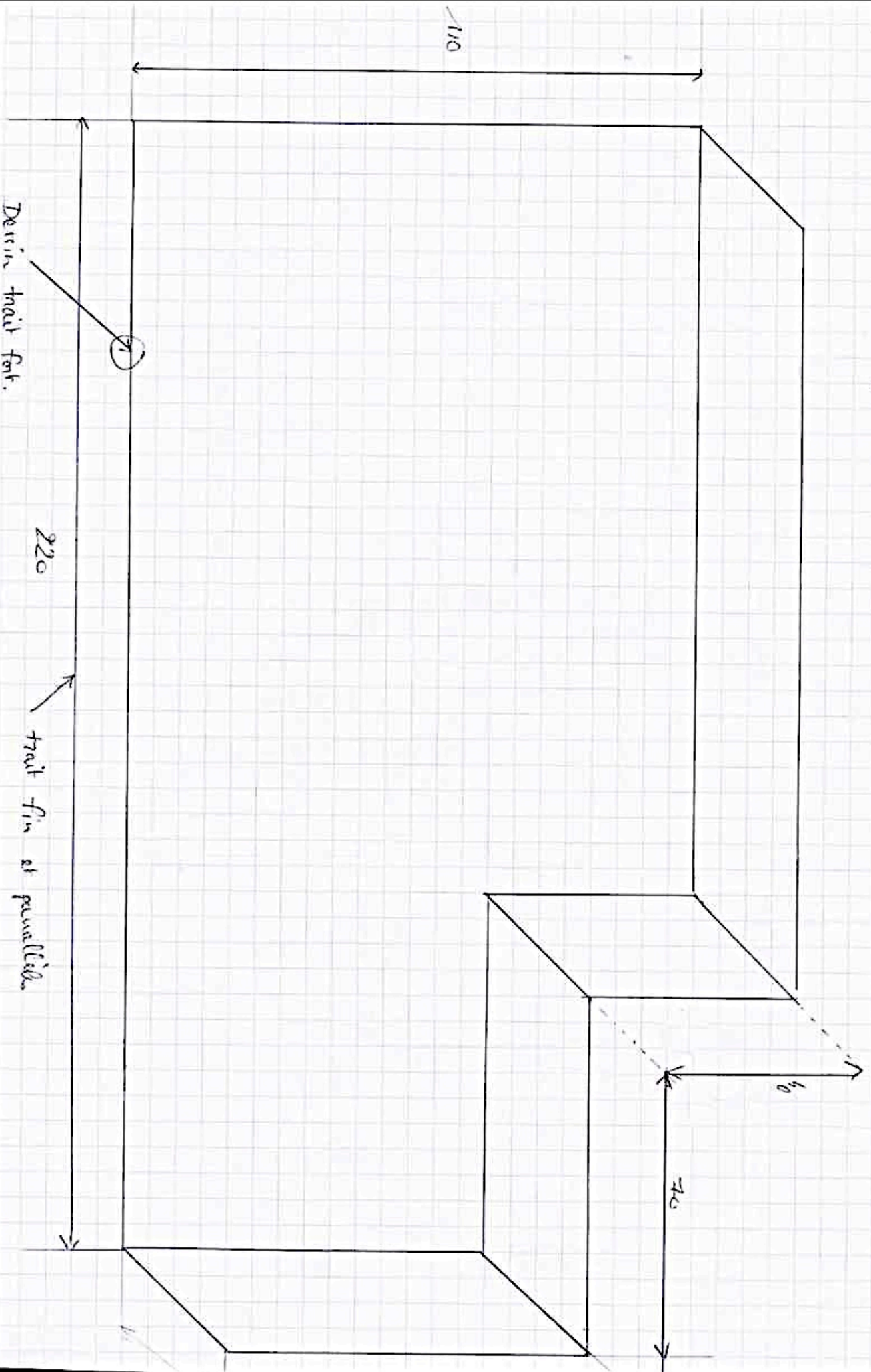
puis renverser le moule de manière à ce que le liquide soit
entièrement évacuer (plus de brillance)

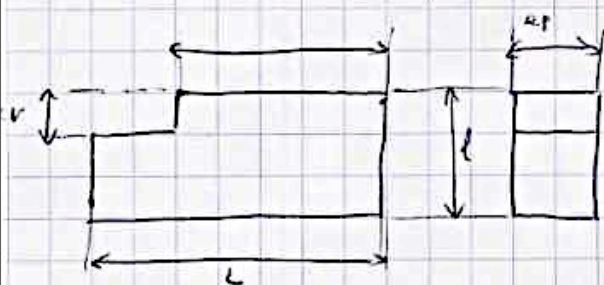
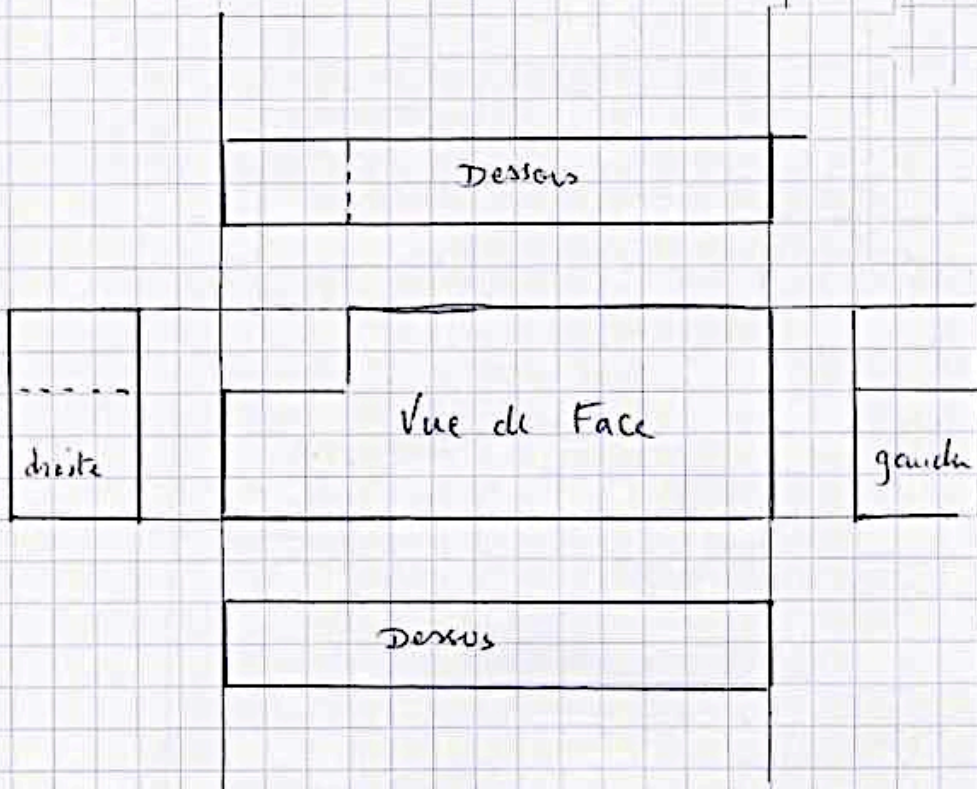
Pour démonter enlever la partie du haut du moule (Nourrice)

Cuivre $\frac{1}{4}H$
 $H/8$

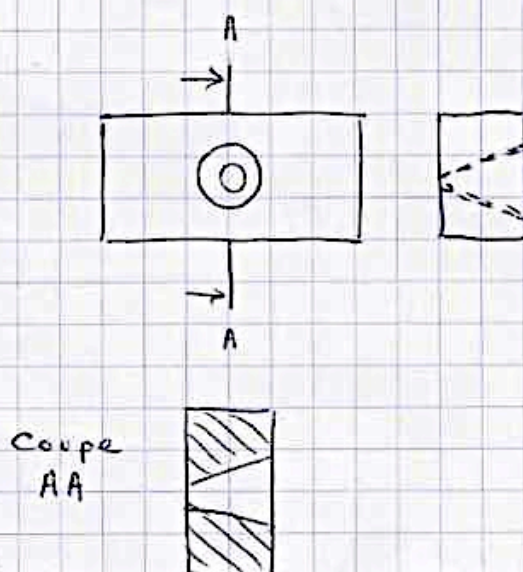
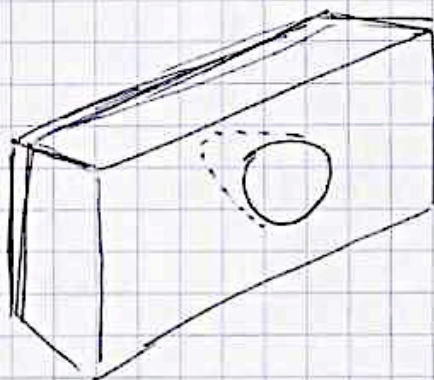
Papeleuse Pisdiet.

Dessin en gros
côte par

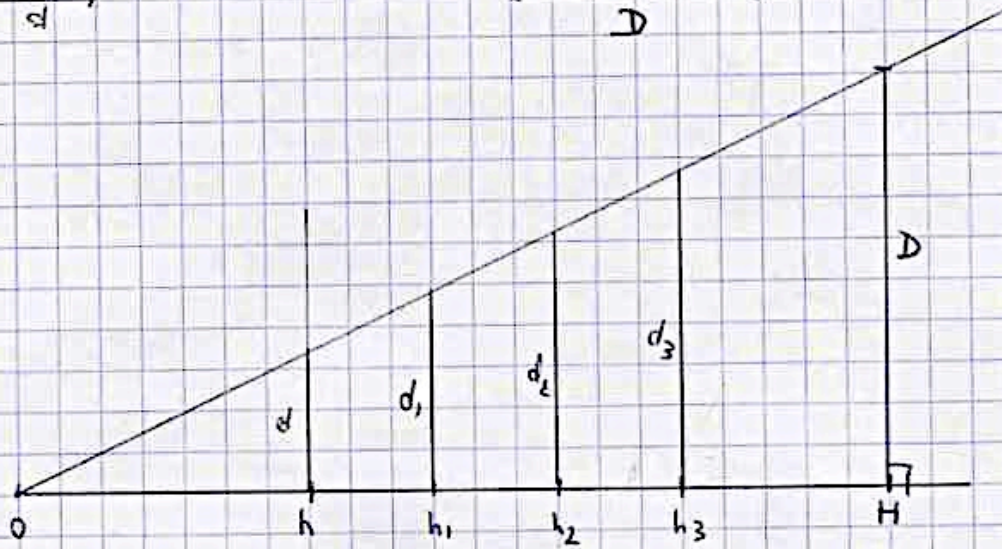
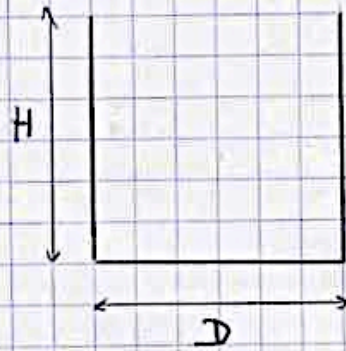




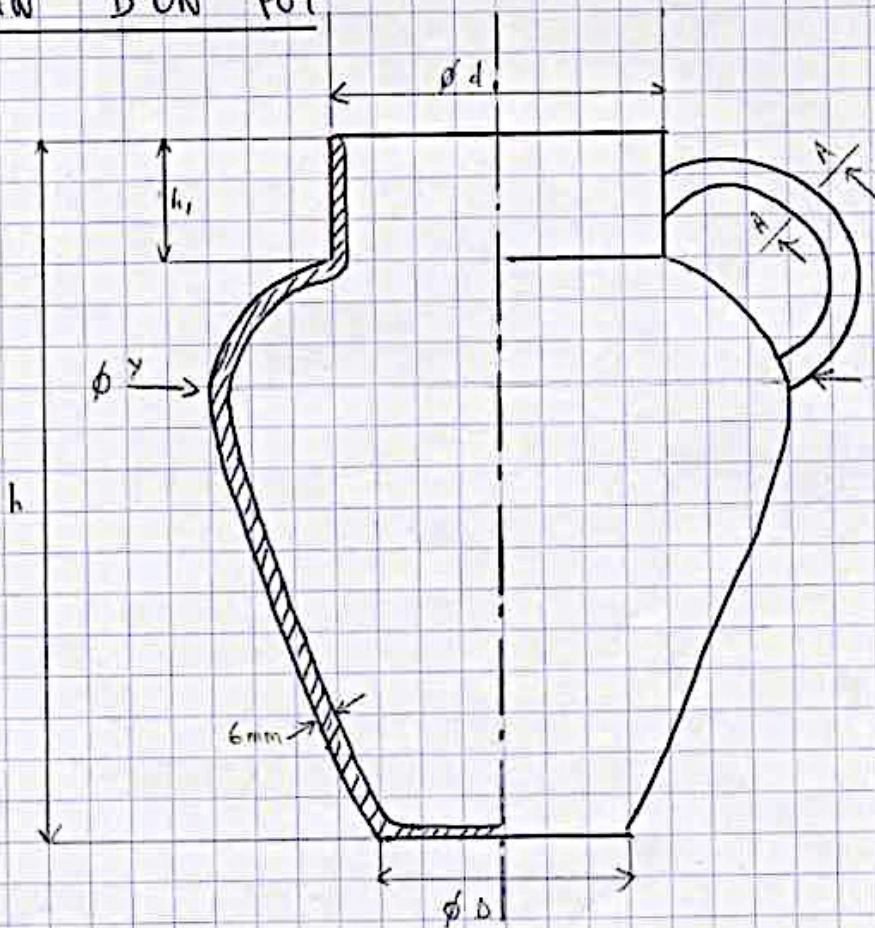
Vue en coupe



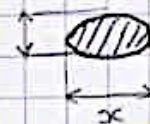
les même proportions



PLAN D'UN POT

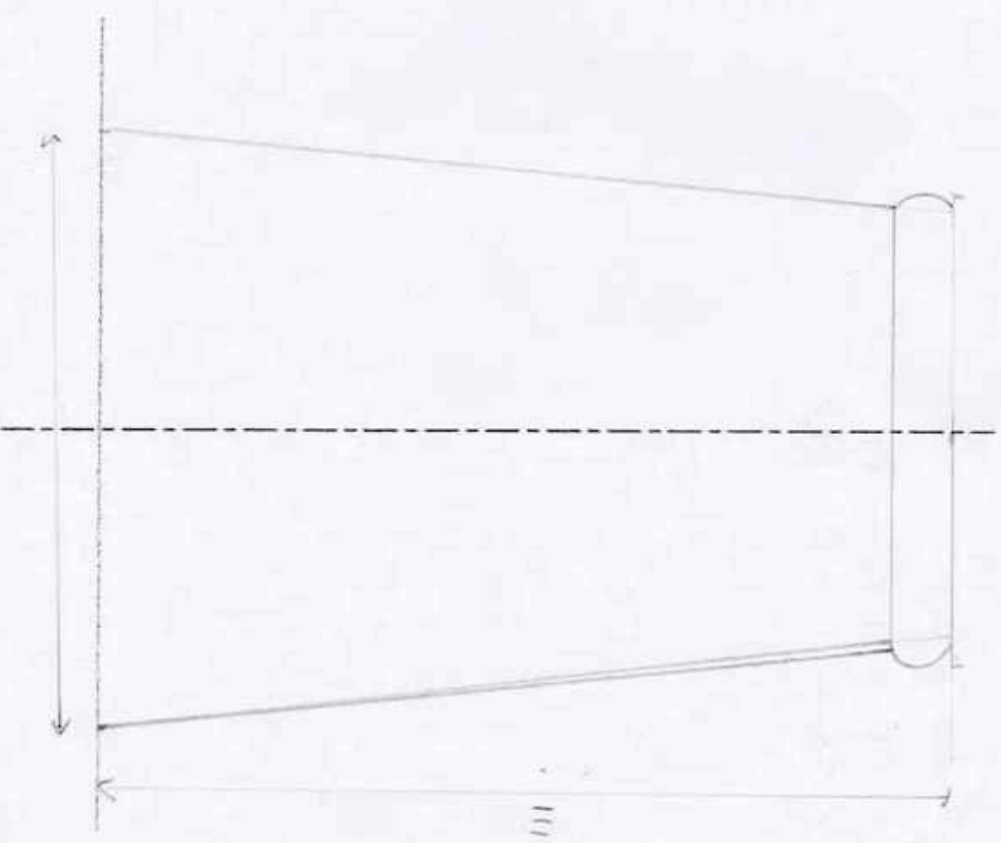
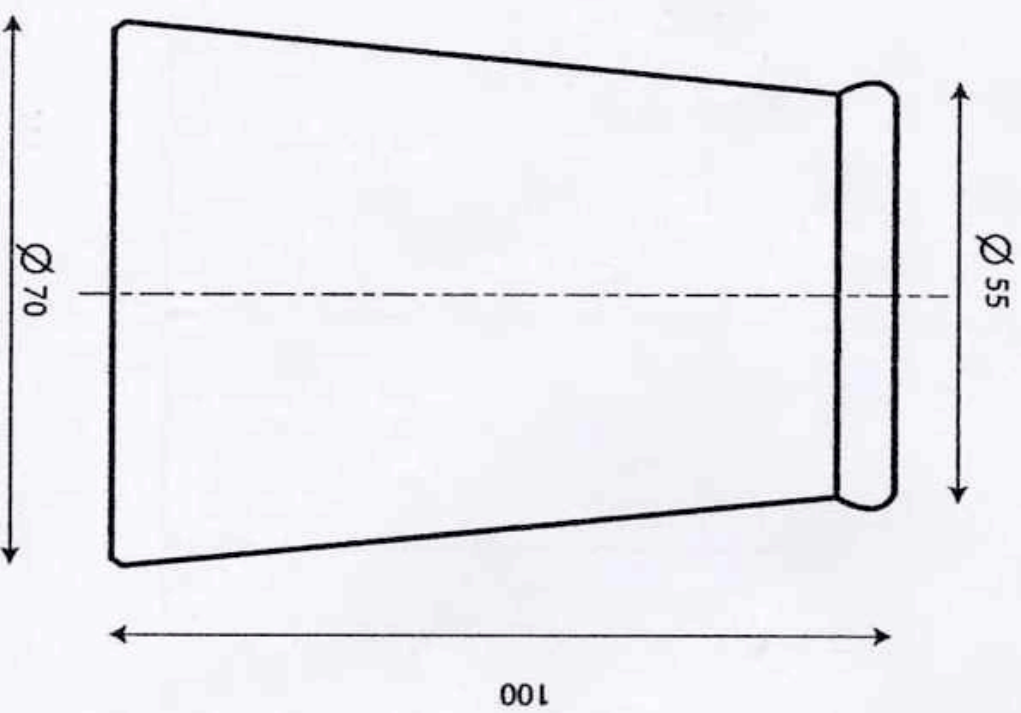


coupe AA

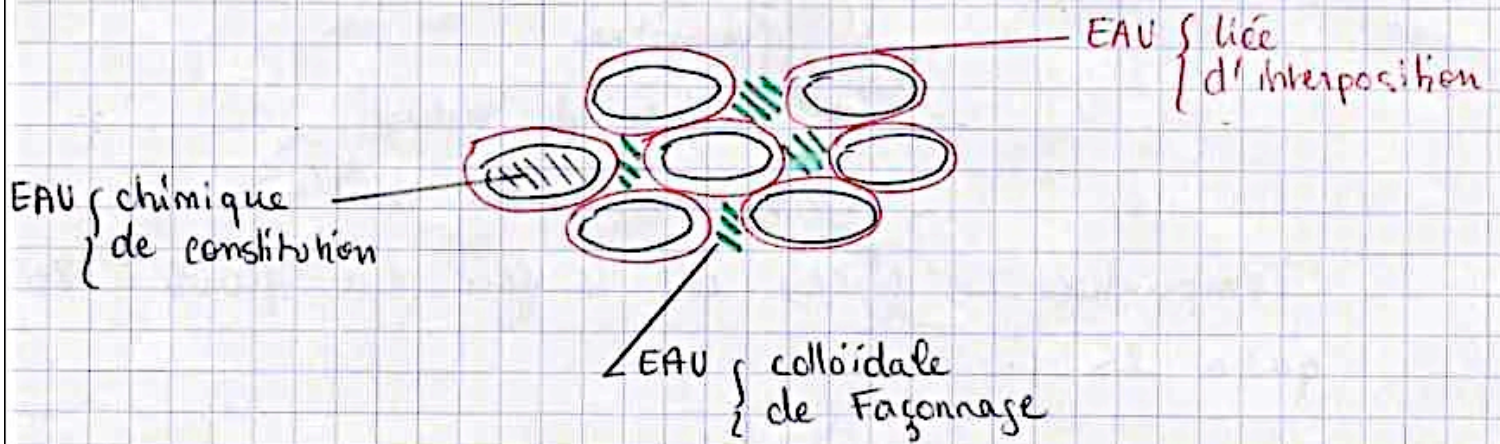


Commande: réaliser une série de crémers à partir du dessin proposé. Vous devez dessiner et coter la pièce en cru, sachant que votre argile a un retrait de 11%.

- 1- L'échelle d'agrandissement devra être présentée au dos de cette feuille.
- 2- Utilisez la méthode du coefficient d'agrandissement et comparez

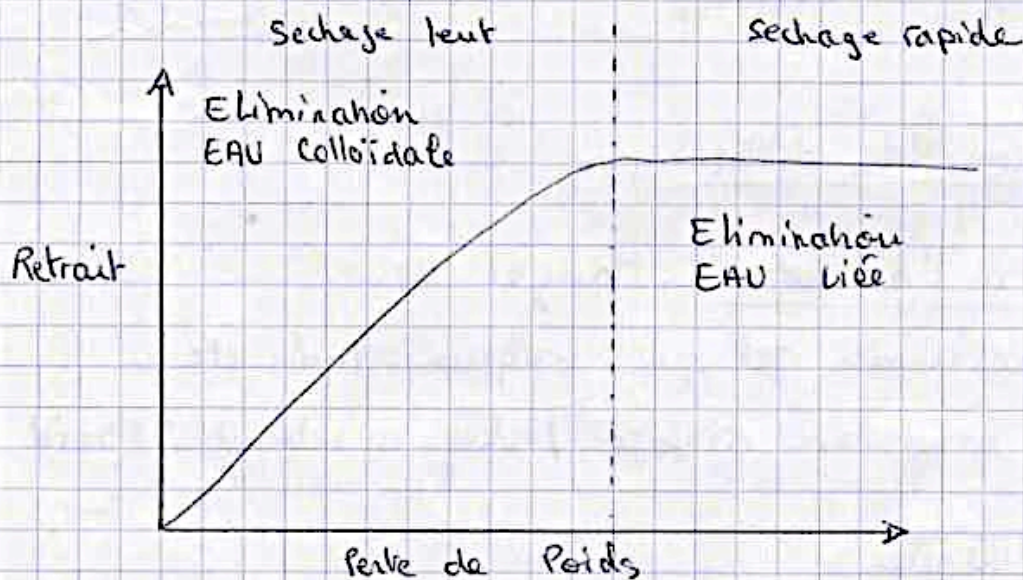


I Argile → Structure cristalline



- EAU chimique → enfermée dans les particules d'argile
- EAU colloïdale → entre les particules d'argile
- EAU liée → entoure les particules d'argiles

Courbe de Bigot



chaque argile aura une courbe de bigot différente
selon sa texture, sa composition etc....

II - Deux Phase de Séchage

Valeur le séchage extérieur - pour assurer le cheminement de l'eau à travers la pâte

- L'évaporation superficielle dépendra de :

- L'hygrométrie
- La surface de séchage
- Le renouvellement de l'air

Température $\rightarrow$ l'eau est 4 fois plus fluide à 80° qu'à 25°

- La vitesse de circulation de l'eau à l'intérieur de la pâte dépendra de :

- L'épaisseur des parois
- La nature de la pâte
- Température de la pièce
- Procédé de façonnage

- Humidité / Température / Renouvellement de l'air

III Différentes méthodes de séchage

- Séchage à l'air libre $\rightarrow$ Hangar Aérié

pour matériaux tel que briques, tuiles etc...

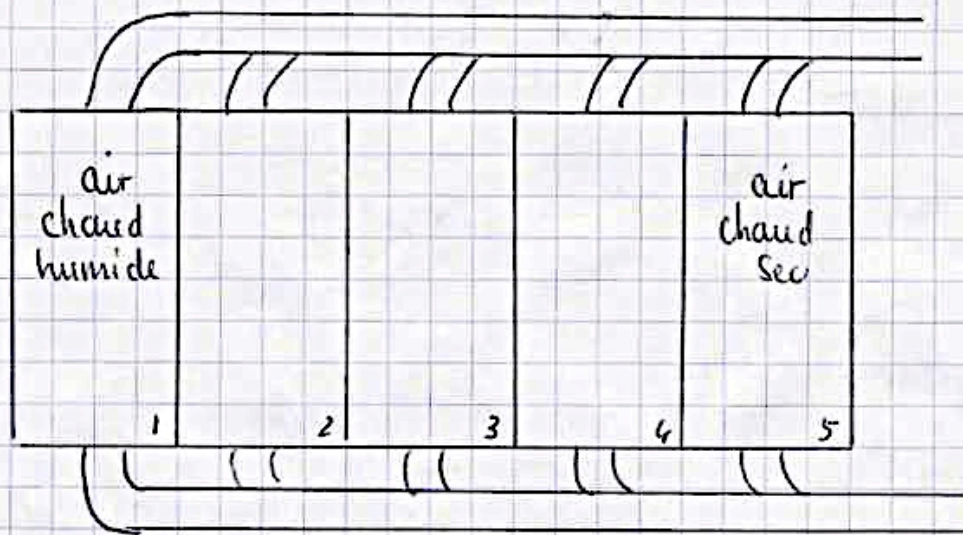
Eviter insolation directe / Vent asséchant / Froid humide

- Séchage atelier

- 1^{ère} phase couvrir pour séchage lent (ambiance chaud humide)

- 2^{ème} phase découvrir (chaud sec)

- possibilité de finir le séchage au four (à $> 100^\circ$)



- Séchage conditionné en tunnel

- les pièces à sécher circulent en vagonnet dans des enceintes successives { ou balancelle
- (ambiances d'air contrôlé)

une pièce non sèche paraîtra froide

Fin de séchage au four $\rightarrow$ monter rapidement à 90°

la montmorillonite aura un séchage très lent jusqu'à 300°

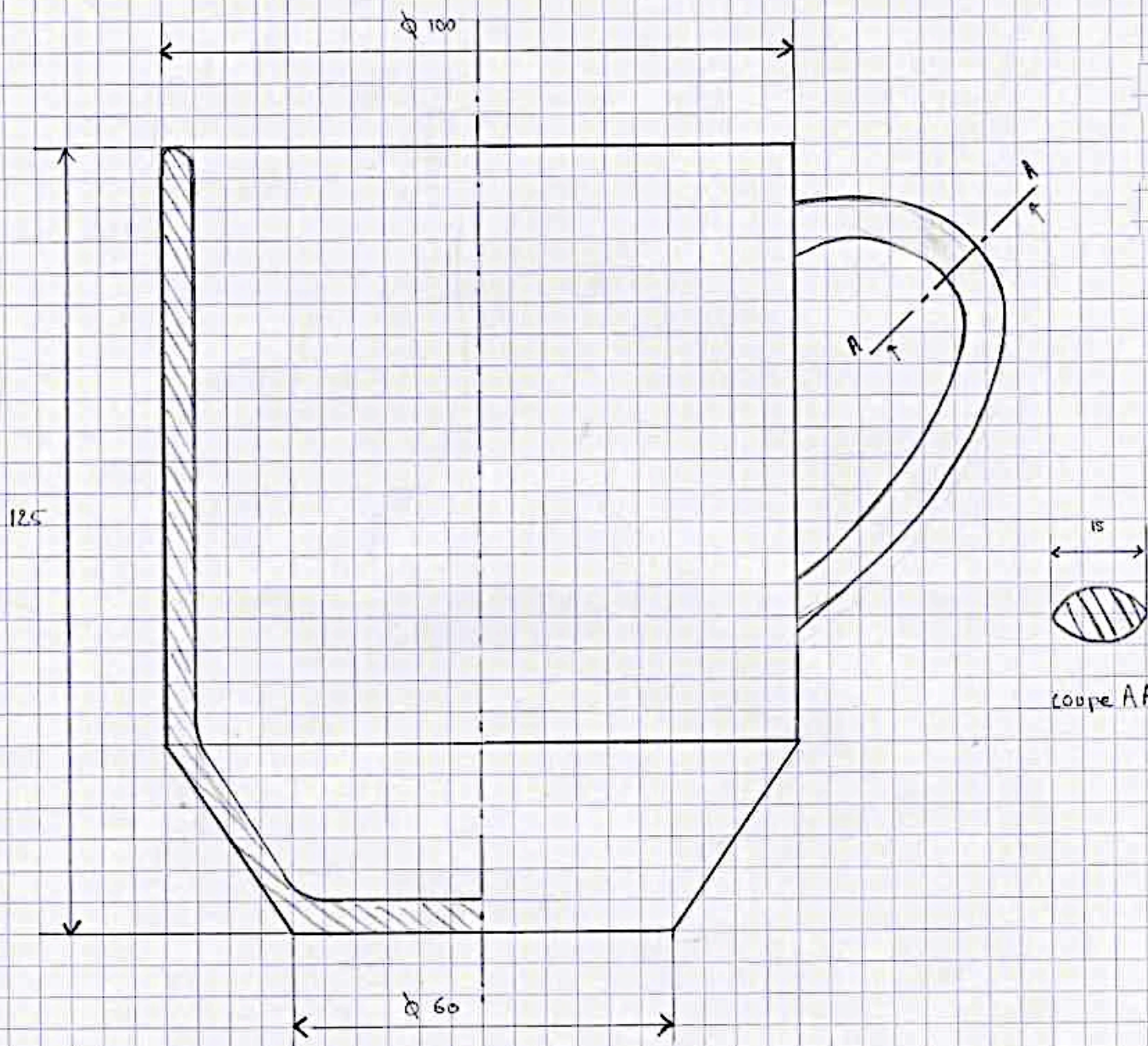
- Information sur la porcelaine

Plus les particules seront fines, meilleure sera la vitrification $\rightarrow$ transparence de la porcelaine.

Dernier tamis $\rightarrow$ 60 microns

cuisson en réduction le fer prendra une teinte bleutée (blanc éclatant) Sinon la porcelaine sera jaune à cause du fer contenu ds le kaolin

- Séchage Hyperfréquence $\rightarrow$ Micro-onde
- Séchage infrarouge (comme convecteur)



	ECHELLE 1
MUG	CNIFOP JANVIER 2006

Comment calculer le poids de pâte nécessaire à la fabrication d'une pièce à après son dessin ?

Le principe de base consiste à soustraire du volume total le volume intérieur. Le calcul de ces volumes se fera à l'aide des formules géométriques classiques dans le cas de volumes simples :

cylindres : $\pi r^2 h$	cône : $\pi r^2 h / 3$
sphère : $4/3 \pi r^3$	tronc de cône : $\pi h (R^2 + r^2 + rR) / 3$
calotte sphérique : $\pi h^2 (3r - h) / 3$	zone sphérique : $\pi h^3 / 6 + \pi (r^2 + R^2) h / 2$

Dans le cas de formes élaborées, on découpera la pièce dans le sens de la hauteur en n parties élémentaires de même hauteur h .

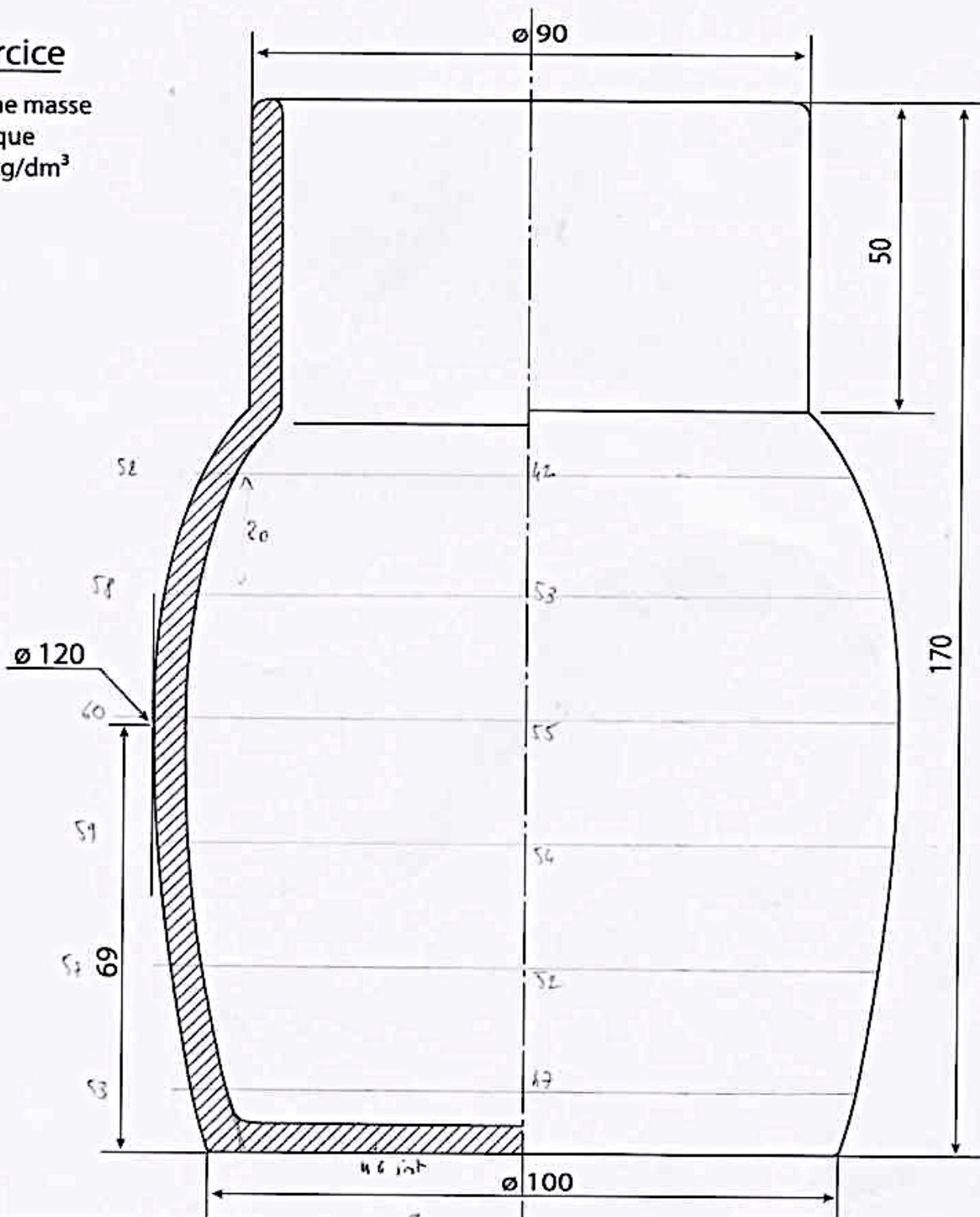
Dans un premier temps on laissera le fond de côté. On fera ensuite un calcul simplifié du volume total en additionnant les volumes des différentes sections – on utilisera la formule approximative :

$$V = \pi h r_1^2 + \pi h r_2^2 + \dots = \pi h (r_1^2 + r_2^2 + \dots) \quad \text{où } r_1, r_2, \dots \text{ représentent les rayons des sections pris à mi-hauteur.}$$

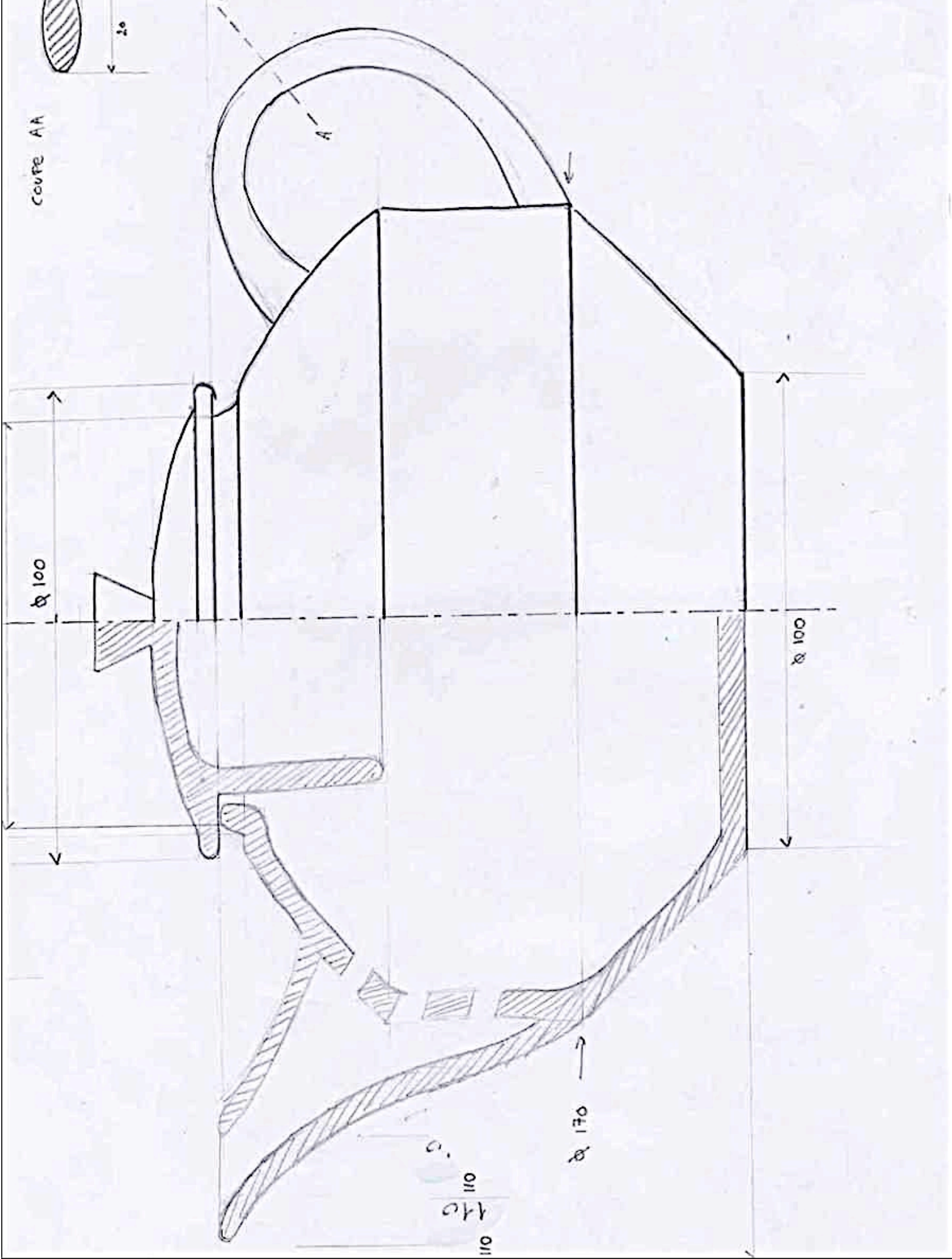
Idem pour le volume interne. Après avoir fait la différence, on rajoutera le fond qui est considéré comme un cylindre dont la hauteur correspond à l'épaisseur de terre. Enfin, on multipliera le volume trouvé par la masse volumique de la pâte.

Exercice

pour une masse
volumique
de $2,5 \text{ kg/dm}^3$



Coupe AA



La cuisson céramique

Etape finale dans l'élaboration du produit céramique, la cuisson va transformer les matériaux mis en forme par les différents procédés de façonnage et leur donner définitivement les attributs de dureté, de brillance, d'imperméabilité, de couleurs, .. Et ceci en fonction des matières utilisées, de la température et de l'atmosphère de cuisson à laquelle on soumettra ces produits.

Les processus chimiques impliqués dans cette opération seront irréversibles !

Si, après un séchage poussé, il était encore possible de recycler une pâte en la réhydratant, la cuisson va lui donner les attributs habituels des minéraux (dureté, brillance). Un échauffement au delà de 500° va déstructurer le minéral argileux au point de le priver à jamais de ses qualités plastiques (dus comme nous l'avons vu dans le cours sur la formation des argiles, à l'affinité des cristaux lamellaires des argiles pour l'eau), mais il faudra atteindre 700° à 800° pour que certaines pâtes acquièrent une dureté suffisante pour satisfaire la fonction de contenant utilitaire.

Quelles sont les principales transformations se déroulant dans un tesson céramique au cours de la montée en température ?

Evolution de 3 matériaux argileux au cours de leur montée en température

Température	Argiles calcaires (argiles à poteries)	Argiles à Grès	Kaolin affiné
Jusqu'à 150 °	Elimination de l'eau d'interposition		
Jusqu'à 300 °	Départ de l'eau inter cristalline pour les argiles types " montmorillonite"		
De 250 à 600°	Combustion de matières organiques avec dégagement de gaz (CO2, SO2 ...)		
Jusqu'à 500°	Les argiles peuvent encore récupérer leur plasticité au contact de l'eau		
A partir de 500°	Perte définitive de la plasticité. Départ de l'eau chimique (eau de cristallisation), formation de méta kaolinite (Al2O3, 2 SiO2)		
Entre 750 et 800°	Formation du tesson cérame → Dureté Porosité Les agents de la transformation à ces températures sont les minéraux accompagnant les matières argileuses : feldspaths, micas, calcaire, oxydes de fer, quartz.		Friabilité
Entre 900 et 1000°	Maximum de porosité		
De 1000 à 1100°	Perte de la porosité		
1150°	Vitrification et effondrement du tesson presque conjoints	Fusions et cristallisations de Mullite progressent conjointement	
1200°		Vitrification des tessons de grès	Résistant à l'eau, perte de la porosité
1350°		Lente déformation	
1500°		Fusion	
Vers 1750°			Fusion

Au cours de la cuisson, certaines matières (minérales ou organiques) vont se décomposer en dégageant des gaz, d'autres minéraux vont subir des modifications de volumes importantes et rapides (certaines formes de silice). Ces étapes devront être franchies sans apport brusque de chaleur afin que les processus puissent être menés à leur terme (dégazement) et le plus doucement possible (dilatations).

Pour cela, on définit une courbe de cuisson qui détermine les trois paramètres essentiels :

nomme coniques, qui ont des arêtes très aiguës ou des pointes très dentées, en sorte que les points de contact de ces pièces sont à peine sensibles.

On conçoit que des pièces aussi plates que des assiettes qui sont comme soutenues en l'air par trois points placés vers leur circonférence ne pourraient être cuites ainsi si elles étaient susceptibles d'éprouver par l'action du feu nécessaire à leur cuisson le moindre ramollissement qui les déformerait ou les ferait se coller les unes contre les autres.

Atmosphères de cuisson

Ce terme définit le milieu gazeux régnant dans l'enceinte du four pendant la cuisson.

Dans un four à combustibles, l'atmosphère est dite oxydante quand l'air nécessaire à la combustion se trouve en excès. De l'oxygène se trouve alors disponible pour toutes les transformations (oxydations) sur les matières organiques. Cette atmosphère permettra aussi que les processus de décarbonatation de la chaux se déroulent normalement. Ce sera un principe essentiel pour une cuisson de dégourdi.

Si l'air nécessaire à la combustion fait défaut, les gaz à l'intérieur du four contiendront des produits non complètement oxydés (C, CO, H₂) qui auront alors un effet réducteur (tendance à se lier avec l'oxygène) sur les pâtes et émaux. On parlera alors de cuissons réductrices qui sont souvent utilisées pour modifier les teintes des grés et porcelaines.

Une atmosphère neutre (sans excès ni défaut d'oxygène) procurera un rendement thermique optimal.

Dans un four électrique, les gaz présents ne peuvent provenir que de la décomposition des matériaux des pâtes et émaux. Un four bien ventilé sera donc toujours oxydant.

L'analyseur d'atmosphère est un outil qui permet de connaître les pourcentages d'O₂ et de CO pendant une cuisson. On peut aussi être renseigné sur l'atmosphère d'un four par la présence d'une flamme aux regards ou à la base de la cheminée à partir de 1000°. Les gaz très riches en CO s'enflamment au contact de l'air ambiant.

Température, pyrométrie et allure de chauffe

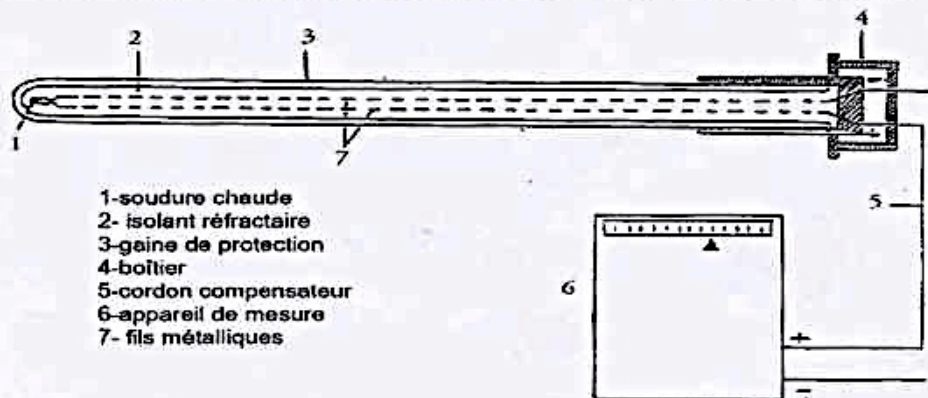
La quantité de chaleur fournie aux produits pendant une cuisson déterminera les transformations physiques et chimiques des minéraux composant les pâtes et glaçures. L'état de cuisson, qui est le souci principal du céramiste, caractérise la matière telle qu'elle a subi ces transformations. Il est tributaire des matériaux en voie de transformation, des conditions de température et d'atmosphère dans le four. La vitesse de montée en température n'est pas moins importante que la nature des gaz qui forme l'ambiance du four. Pour cette raison la seule mesure de température ne peut donner qu'une indication assez imprécise sur un état de cuisson.

Le pyromètre reste cependant un outil fondamental quand il s'agit d'évaluer une allure de cuisson. En faisant un relevé de températures à intervalles réguliers, il sera possible de connaître et de moduler l'allure de chauffe pour permettre aux différentes phases de transformations de se dérouler dans des conditions optimales. On utilise principalement le pyromètre à thermocouple : il est formé de 2 fils métalliques de natures différentes soudés à leur extrémité

-couple CHROME ALUMEL (alliages nickel chrome et nickel aluminium) → 1200°

-couple PLATINE RODHIE (platine et platine+ rhodium) → 1400°

Lorsqu'on chauffe le point de soudure, on observe la production d'un courant électrique de très faible intensité qui pourra être mesuré sur un voltmètre et transcrit sur une échelle de température.



- Silice et Alumine Attiré par l'Oxygène

- Moutmorillonite (Bentonite) Argile très plastique

→ Améliore la plasticité

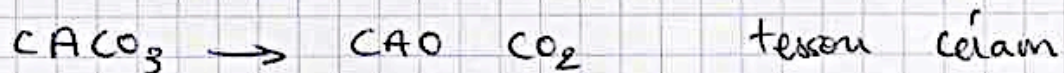
→ évite le plombage des engobes / Emaux.

→ Ne perd son eau qu'à 300°

- La cuisson commence par le séchage

- A partir de 500° le cristal lâche son eau

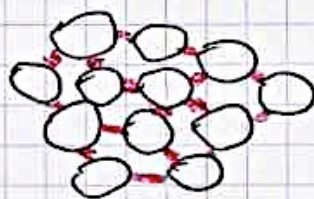
- entre 800°/900° Décomposition de la chaux



- Jusqu'à 900° gain de porosité

Maxi entre 900 et 1000°

- la porosité est créée par perte de matière, les grains se soudent entre eux et laissent des vides dû à la perte d'eau et de matières organiques.



- à 1150° une pâte caillée s'effondre brutalement

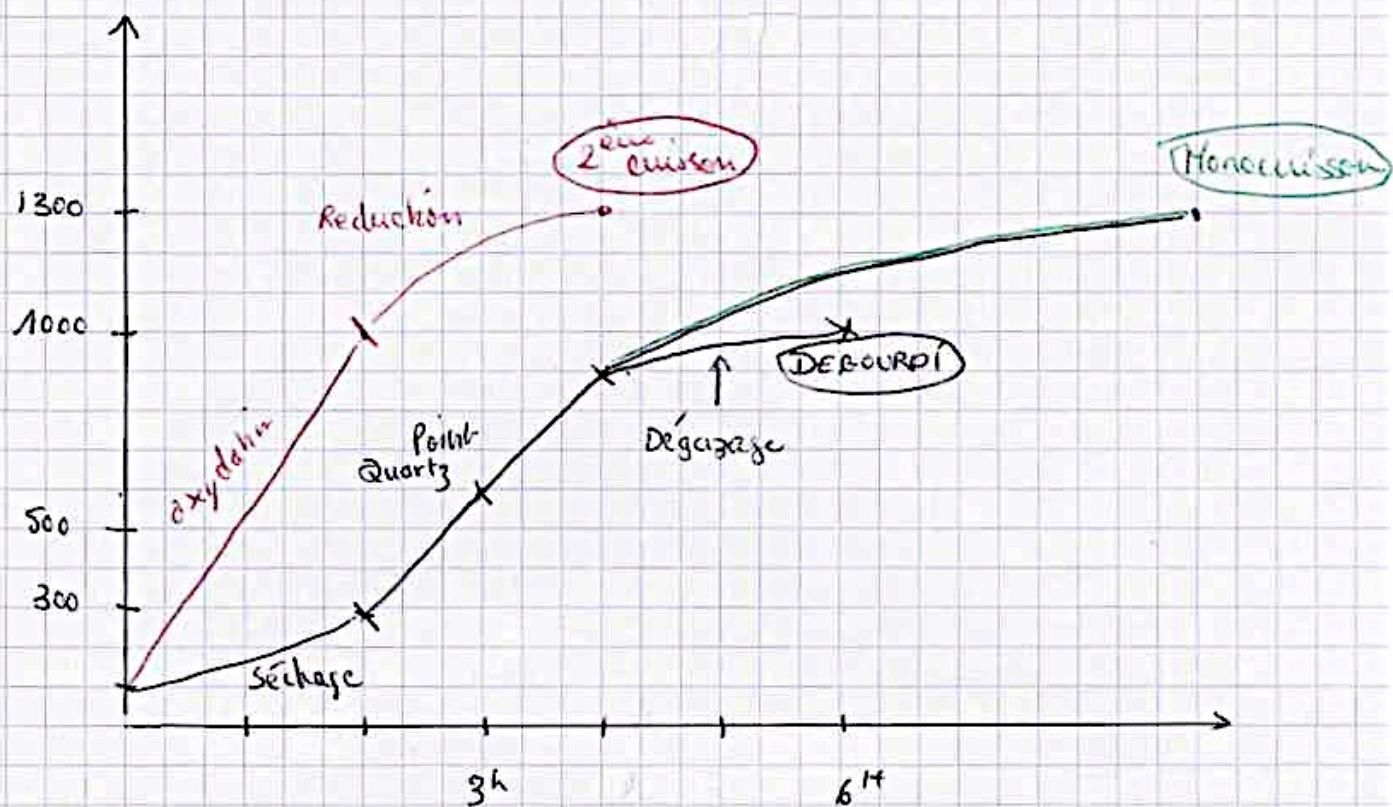
- Feldspath → Fusion très longue → surface visqueuse.

Silice et Alumine se réunissent → Mullite.
(Structure en étoile)

La salimandre enrichie en alumine devient Mullite.

- Trois forme de Silice = - Quartz

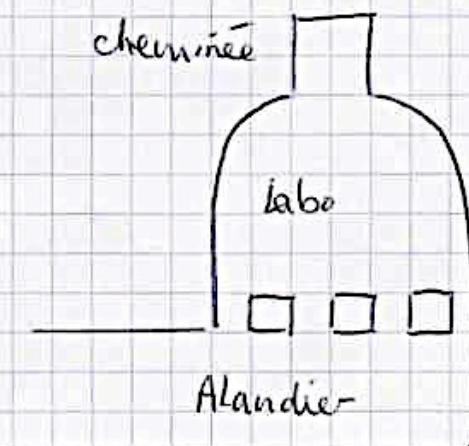
- Triclinique



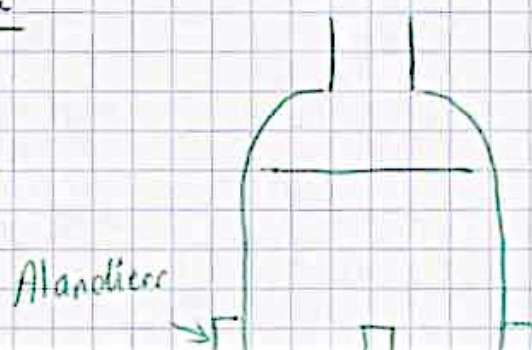
ne pas dépasser $100^\circ/\text{heure}$ pour les phases importantes
exemples : Séchage, dégazage etc.

FOURS

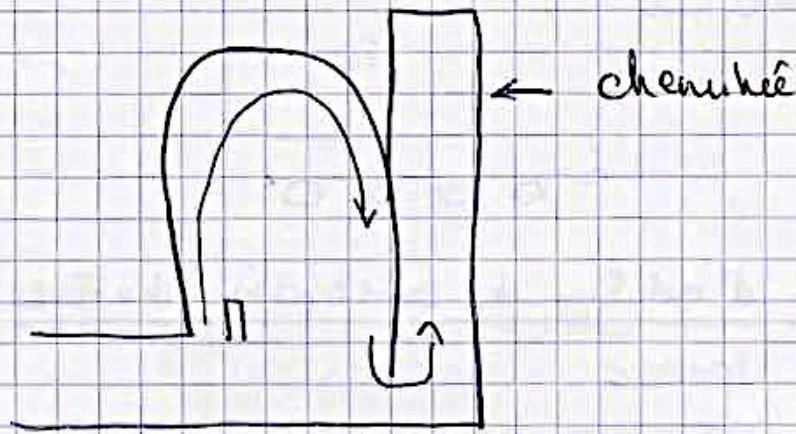
- Four à Flamme directe.



- Four bouteille



En 1875 Milton invente un four à flamme renversée



Conduction : conduit la chaleur à travers la matière

Convection : Air chaud

Importance de l'enfournement pour une cuisson homogène

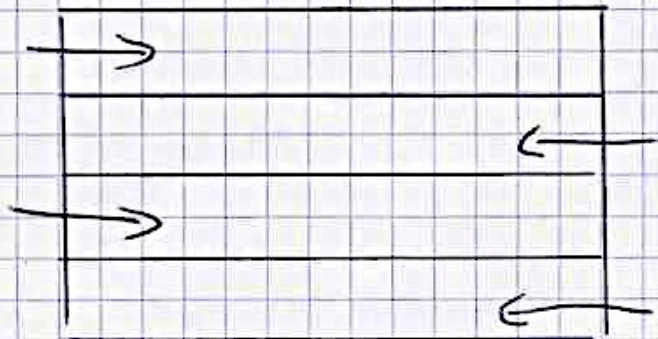
FOUR CONTINU intéressant pour carrelage et décors

Four à Passage :

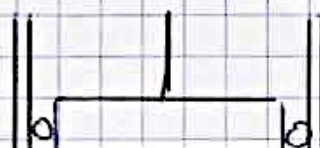
cuit peu de pièces
à la fois.

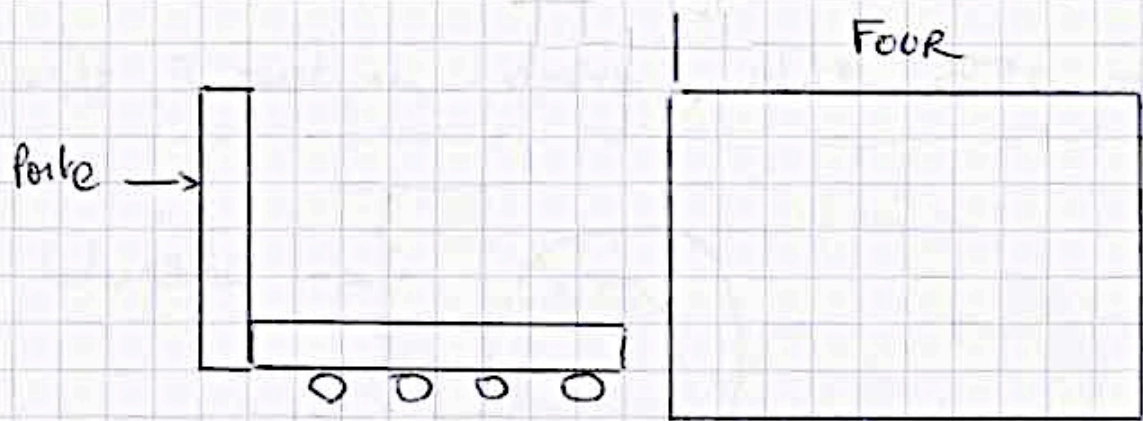


Four : croisement de cuisson
pour gagner de l'énergie



Four cloche





Matériaux d'isolation et construction des Fours

BRICKES LOURDES

BRICKES légères Poreuse

Fibre - Avantage Meilleur isolant

- Inconvénients Fragile $\rightarrow$ se durcit $\rightarrow$ devient friable
Dangereux pour la santé.

- CALCUL VOLUMIQUE

$$1 \text{ Dm}^3 = 1 \text{ litre}$$

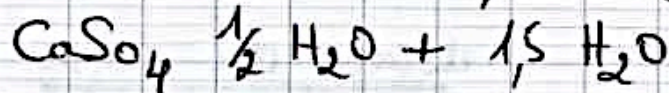
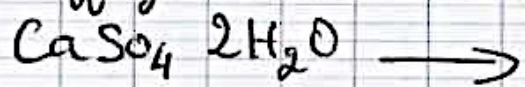
$$1 \text{ Dm} = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

$$1 \text{ Dm}^2 = 100 \text{ cm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$$

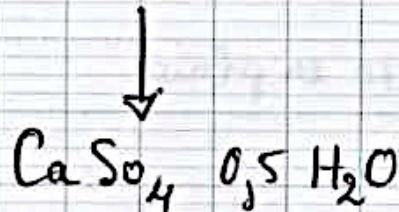
$$1 \text{ Dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 1000000 \text{ mm}^3$$

Le plâtre est extrait d'un minéral qui s'appelle le GYPSE (Sulfate de calcium) $\rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

- chauffage à $150^\circ \approx$

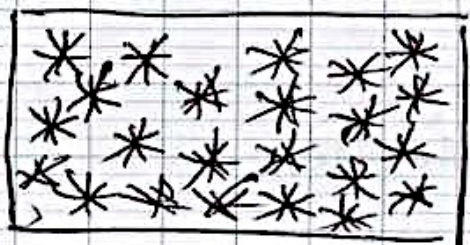


Evaporation



+ EAU

$\rightarrow$ Recristallisation (qui permet porosité)
(cristaux de gypse - cristaux en aiguille)



Modèle en plâtre (Effectué au tour ou tout autre modèle de façonnage)

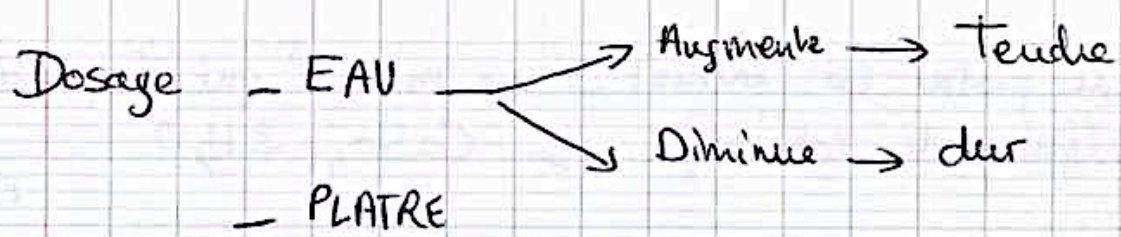
$\downarrow$
1^{er} Moule $\rightarrow$ repérer la contre dépouille

$\downarrow$
Mère de Moule en plâtre ou Resine (le modèle)

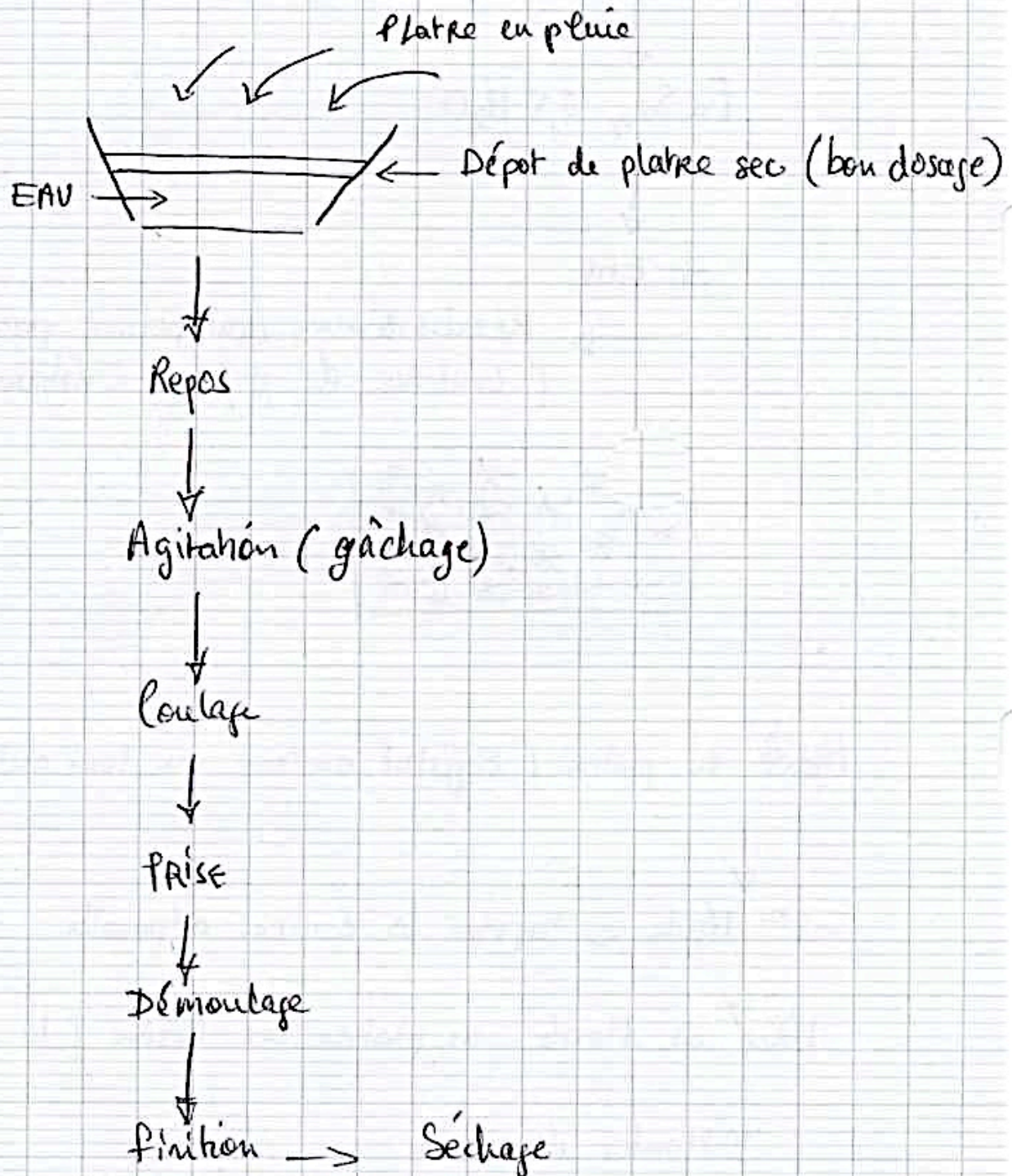
$\downarrow$ Moules de série



Bien étudier les possibilités de moules
et le point au rapport à la forme de



dosage du plâtre



LES CONTRÔLES

- Biscuit (Tesson) → Porosité
- Fentes (Sonore) → Intégrité
- Dépoussiérage → Propreté

Contrôle du bain d'émail :

- densité → Contrôle - densimètre
- Pesée

- homogénéisation

Pour un émail qui plombe

- liant organique
- Vinaigre
- Sel.

Paramètres déterminant l'épaisseur de la couche d'émail :

- la densité
- la porosité (épaisseur du tesson / cuisson)
- durée d'application
- (Viscosité)

Techniques d'application

- Trempage (bassine ; à la main ou à l'aide de pinces)
- Aspersion (A la louche)
- Pulvérisation (au pistolet) → pour pièces complexes ou gros pots
- Volatilisation (par exemple : cuisson au sel)

Précaution pour la pulvérisation :

- cabine d'émaillage avec ventilation
- Masque / gants

Risques pour la santé :

Silicose → Silice

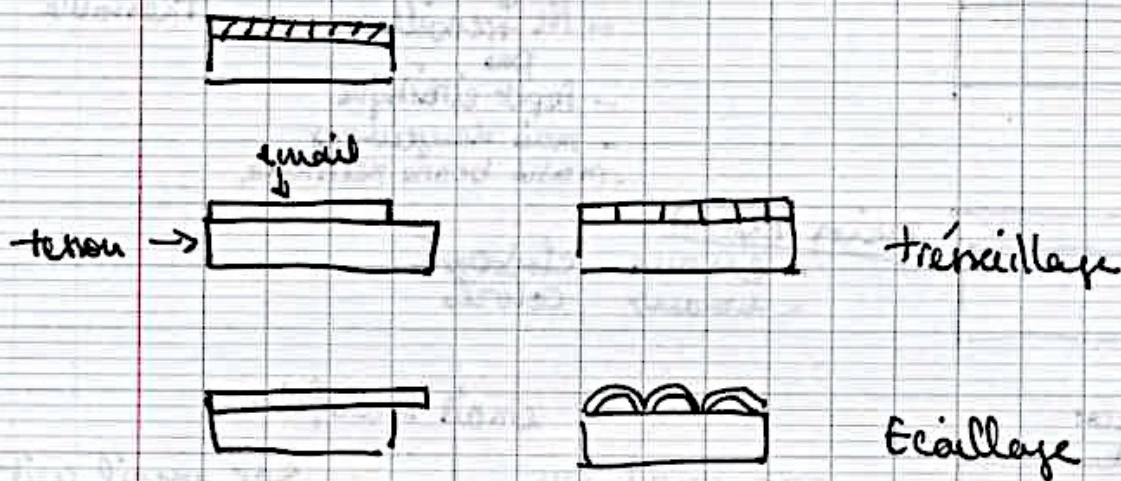
Saturnisme → Plomb

Métaux lourds → Baryum / cuivre / chrome / cobalt etc...

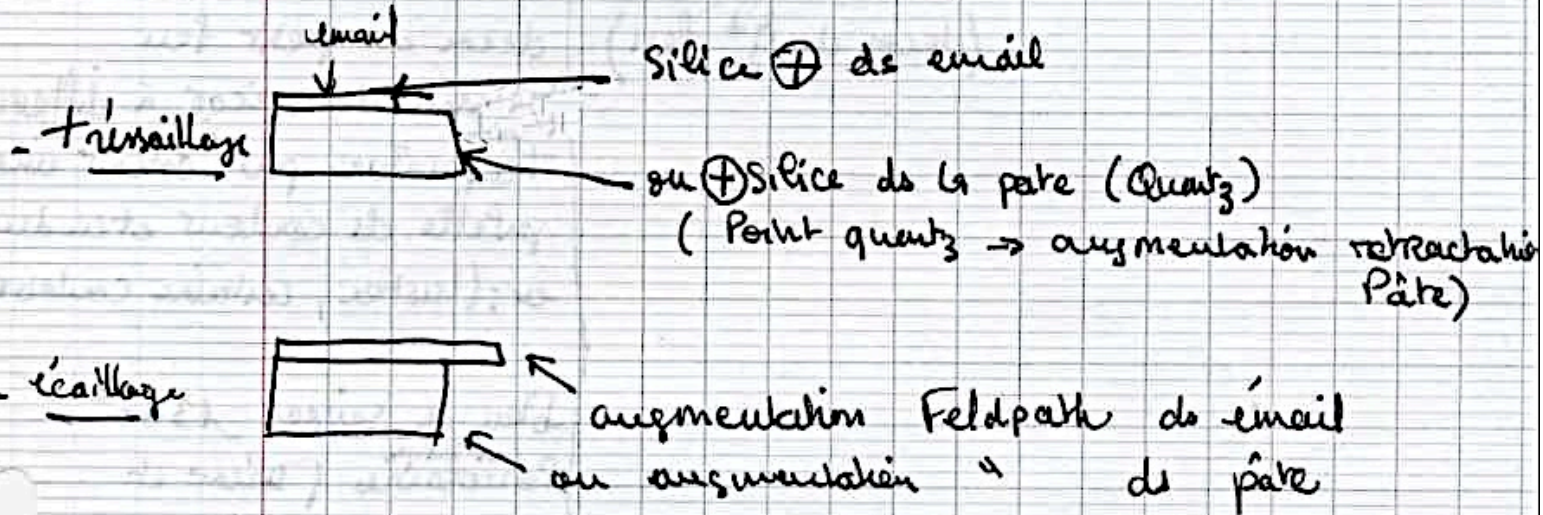
Règles de sécurité pour l'émaillage

- Port de masque / gants.
- Port de Blouse (Protection vestimentaire)
- Ne pas fumer / boire / Manger
- Système d'aération / Ventilation
- Nettoyage par voie humide

Tréfilage / écaillage



Remèdes



pour éviter tréfilage de la pâte emailer la pièce entièrement

le bore B_2O_3 abaisse le coef d'expansion de l'email
le Pyrex contient du bore

Magnésie ou talc de la pâte pour terre à feu

