

Histoire des techniques

J P Laurent

2004

INTERVENTION

N° 6

*TECHNIQUES
ROMAINES : La chaux*

Aperçu Historique

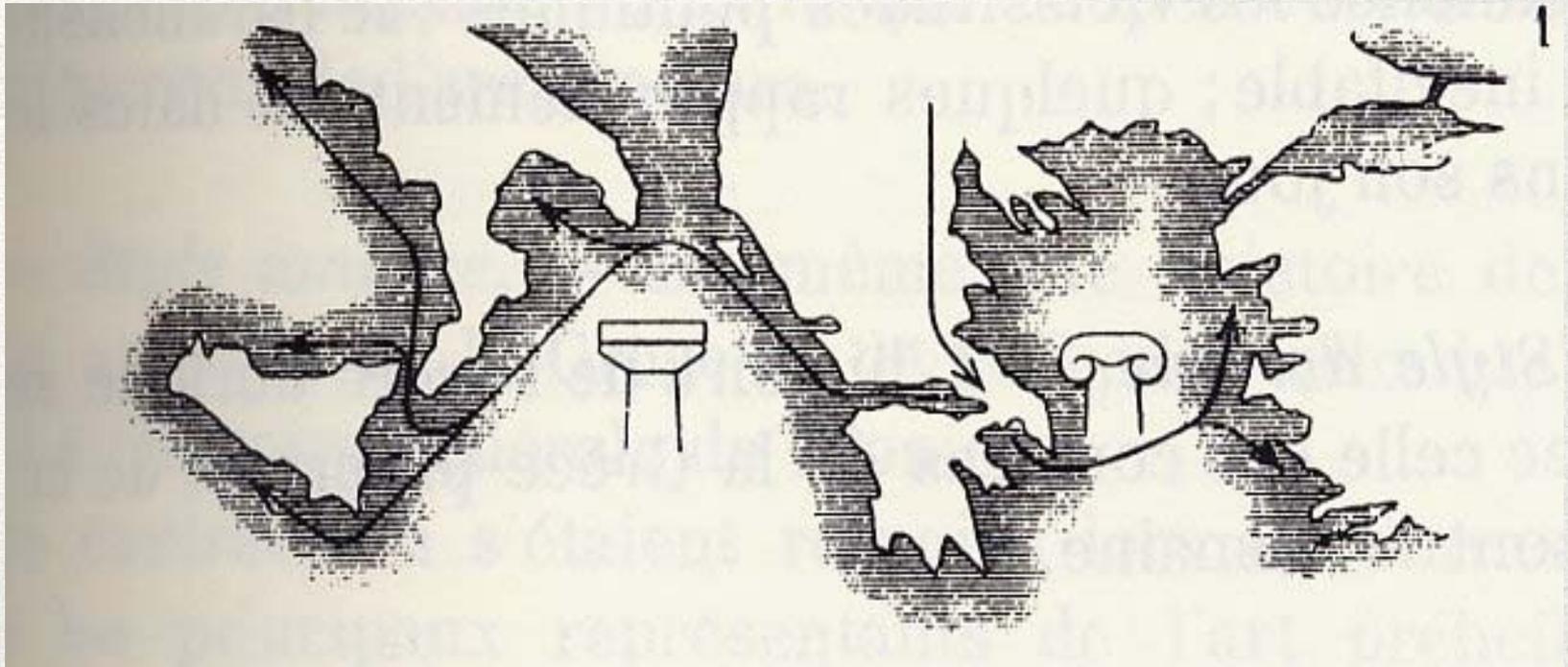
C – LES PRINCIPALES PERIODES

1. Age préhistorique et la pierre mégalithique
2. L'Égypte
3. **Grèce**
4. Rome

Pierre romane

1. gothique
2. et renaissance
3. Époque classique
4. Révolution industrielle

CARTE



Repères et évolutions

A partir des influences de la phénicien sur la méditerranée et principalement sur la grèce , il convient de distinguer 2 moments fort en fonction du développement de l'outillage

1. Le fer est un matière précieuse et le développement de la construction est freiné par l'insuffisance des instruments (silex et bronze)
2. L'outillage de fer permet d'aborder tous les problèmes de construction . La décoration va hériter de ces nouveaux outils

La grec du deuxième millénaire et le passage du bronze au fer

En grece

Age préhellénique

A mycene

VERS le 11 eme siècle deux événement ont mis fin à la civilisation mycénienne La guerre de Troie et l'invasion dorieenne

B diffusion presque uniforme depuis la phénicien .

1. L'époque archaïque de 700 à 480
2. L'époque classique 400 à 320
au 5eme sicle l'affaiblissement de la politique grecque vers l'est , victime des perses les grands programmes de construction se concentre dans la métropole et vers l'occident
3. L'époque hellénique 323 à 30 Av JC
expansion de la culture grecque dans le monde connu – phénomène essentiellement urbain avec la création de plus de 70 nouvelles villes
4. Néanmoins des le 2 eme siècles est le début progressif du passage sous la domination romaine

*Construction
romaine*

*Construction
romaine*

*Construction
romaine*

*Construction
romaine*

*Construction
romaine*

A – Matériau

B- Technique

C- Typologie
élémentaire

D- Typologie
Bâtiment

E- Décoration

1. **Terre**
2. Pierre
3. Bois
4. Outillage

1. **terre**
2. Pierre
3. Bois
4. mortier

1. **terre**
2. Pierre
3. Bois

1. **terre**
2. Pierre
3. Bois

1. **terre**
2. Pierre
3. Bois

Procédés généraux de construction

LES CHAUX ET LES
MORTIERS

origine - liant -

L'invention d'un **liant** à partir de la cuisson d'une roche semble être très ancienne.

On a retrouvé au 6^{ème} millénaire ajc des plâtres (cuisson de la roche gypse)

C'est l'Égypte qui la première intercale un mortier de plâtre pour lier les pierres

Ce sont les grecs qui introduisent cette technique (enceinte de Doura – EUropos : les blocs sont scellés au plâtre et non avec des crampons). La chaux est connue des grecs comme des égyptiens mais elle sert essentiellement à faire des **stucs** et des supports de décoration et de peinture mais aussi enduits étanches comme les enduits de citernes

Le plâtre et la chaux sont des liants aérien . Leur durcissement est lié à l'air et plus particulièrement au gaz carbonique de l'air . On fait la différence entre liant aérien et liant hydraulique dont le durcissement n'est pas lié à la présence d'air . Exemple le ciment

Apport romain

Les romain vont utiliser systématiquement la chaux pour la confection des mortiers de liaisons des maçonneries

.Ce qui leur permettra de généraliser **les moellons** et le **petit appareil** ou le joint devient le composant primaire principal.

C'est cette évolution qui permettra l'application de la **maçonnerie concrète**

Le recours et la généralisation de la voûte

Vitrave est relativement bref sur la fabrication de la chaux bien qu'il l'aborde .

Mais elle est très largement décrite par CATON vers 160 AJC période d'essor de cette technique.

FABRICATION

cuisson

La Chaux (latin calx) est obtenu par cuisson (calcination) de pierre calcaire vers 1000°C

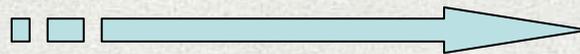
La réaction montrant son évolution chimique avec la chaleur (perte de gaz carbonique) s'écrit:

ROCHE CALCAIRE **CO₃Ca** (carbonate de calcium) *donne par calcination*



Extinction

CaO oxyde de calcium est appelé **chaux vive** . Aspect : pierre pulvérulent. Lorsque l'on hydrate ce composé (ajout d'eau)on réalise **l'extinction** de **la chaux vive** . Les blocs se décomposent une fois immergés. Et se transforment en pâte . C'est la **chaux éteinte**.



FABRICATION du GYPSE

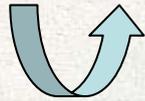
cuisson

Le gypse (la pierre à plâtre qui est un sulfate de chaux hydraté se transforme en sulfate de chaux anhydre) est obtenu par cuisson (calcination) de pierre vers $XX^{\circ}\text{C}$

Prise et liant

Cette réaction moins complexe est un retour en arrière dans la processus de fabrication du gypse pour pouvoir artificiellement terminer cette réaction en fonction de exigence de la construction.

La présence d'eau et d'air est donc fondamentale . On verra que cette réaction pourra être réversible



)

FABRICATION

L'adjonction d'agrégat permet d'obtenir un mortier. La colle le liant est la chaux éteinte, la charge est l'agrégat. Nous sommes là dans la constitution d'un composite.

Bien entendu cette réaction dans la nature avec les matériaux disponibles n'est pas aussi simple car souvent la roche calcaire de par sa constitution renferme bien d'autres composés que le CO_3Ca carbonate de calcium. Cette réaction est plus ou moins complète. Les produits obtenus seront différenciés. On distinguera différentes qualités de chaux. En particulier la présence d'argile modifie le liant obtenu : apparition de liant hydraulique

Peu à peu on va prendre conscience de ces mécanismes et raffiner les composants d'origine. Il ne s'agira plus de rechercher dans la nature la pierre calcaire – (appelée pierre à chaux) mais d'extraire des composés organiques les fondamentaux nécessaires.

La fabrication de la chaux laisse des traces puisque qu'il n'est pas direct de chauffer à 1000°C . Cela demande des installations complexes : Les fours à chaux. Le four à chaux va donc concentrer la fabrication de plusieurs personnes en un seul point. Il représente dans l'organisation de la production une première centralisation des ressources (comme par la suite les moulins pour le blé)

La roche transformée par le four est encore compacte. Elle est vendue par le four en l'état plus facile à transporter. C'est sur le chantier que sera réalisée la fosse à extinction qui permettra d'obtenir la chaux

FABRICATION

Le four à chaux

LE four à chaux se présente sous la forme d'un plan circulaire de forma tronconique de 2 à 7 m de diamètre
Pour permettre la montée en température le four est aménagé dans le sol le plus possible (isotherme le sol est
très isolant)

L 'activité est l'idéal ce qui permet l'accès par le bas pour le feu , et le chargement par le haut pour la pierre
calcaire .les bord sont traités en pierre ou argile

La roche est entassée à l'intérieur du four en ménageant un vide périphérique . **C'est la chambre de chauffe**
le chauffournier

Dans la construction de four , il n'y a pas de distinction entre la partie four et la partie à calciné qui sont
construits en même temps .

Bien que cette pratique existe encore en Tunisie Maroc ... ou le four cuit suivant la position à la fois chaux et
terre cuite , on n'a retrouvé aucune trace permettant de généraliser cette pratique r à l'antiquité

Pour un four de 120 m3 temps de préparation 7 jours

Temps de cuisson 7 jours et nuits

Temps de défournement 7 jours

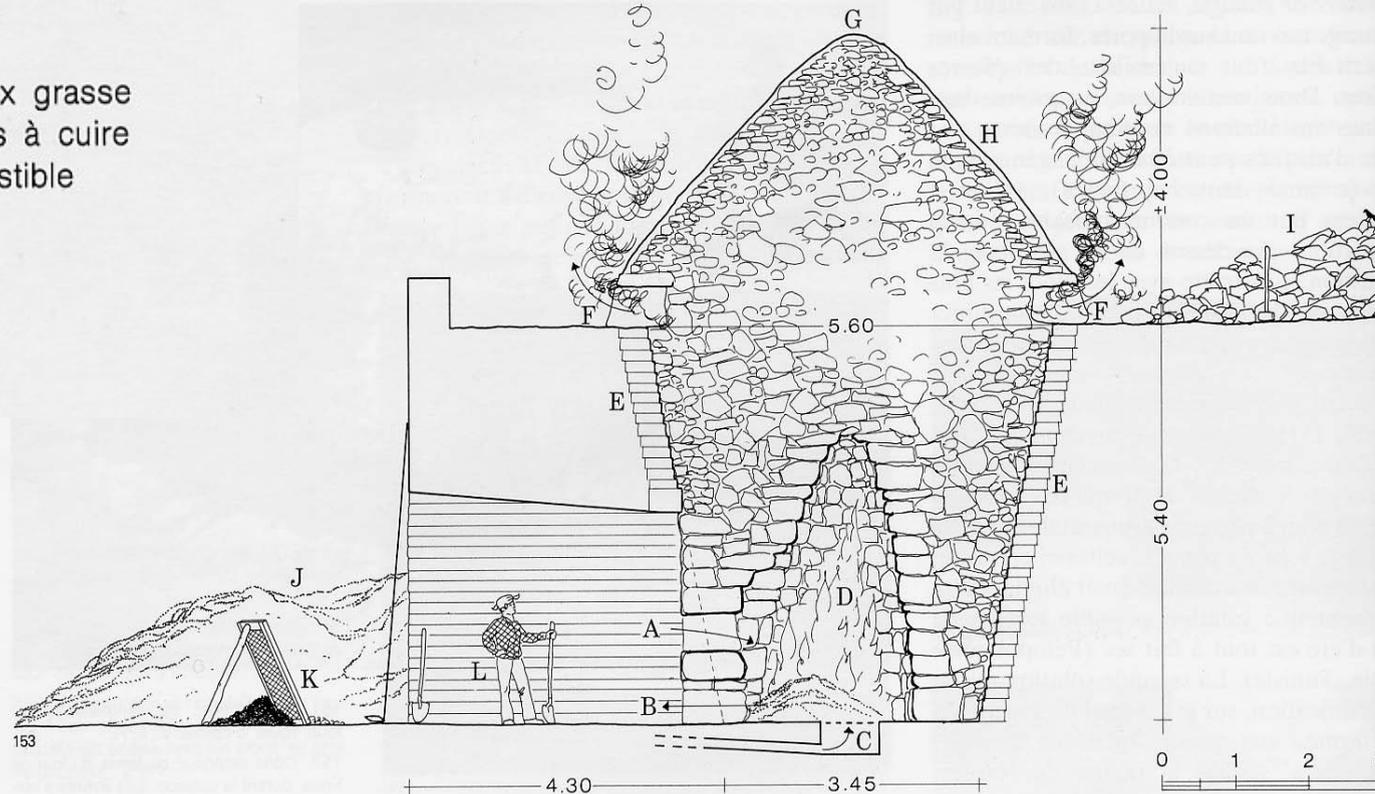
Donc 3 semaines pour un cycle complet

- La cuisson du gypse est identique :
- Même four mais température plus basse

FOUR A CHAUX

153. Four à chaux de Foce (Campanie).
JPA.

- A. entrée du combustible
- B. air frais, évacuation des braises
- C. ventilation
- D. chambre de chauffe
- E. parement de briques réfractaires
- F. événements (13 au total)
- G. *lamia*
- H. couverture de chaux grasse
- I. stockage des pierres à cuire
- J. stockage du combustible
- K. crible des braises
- L. rude chauffournier.





151. Achèvement de remplissage du four, route d'Épidaure. JPA.

152. Cône extérieur, ou *lamia*, du four de Foce, durant la cuisson. Les événements s'ouvrent au ras du sol. JPA.



FOUR A CHAUX

FABRICATION

La chaux une fois hydratée va mettre beaucoup de temps pour faire sa prise . Cette extrême lenteur va en contrepartie la rendre très souple, plastique. Elle permet ainsi un tassement lent et progressif des constructions (assez lourde) au fur et à mesure de la construction .
Composition plus maîtrisées avec le sol une meilleure répartition des pressions

Les pierres utilisées étaient les marbres carbonate de calcium pur et les calcaires blancs



DEFINITION

Chaux aérienne

La réaction de cristallisation en peut avoir lieu qu'en présence d'air d'où la lenteur du processus

La chaux à terme redevient carbonate de chaux , c'est-à-dire pierre.

On distingue deux type de chaux aérienne:

- La **chaux grasse** : dans la quelle le calcaire et pure avec 0,1 à 1 % d'argile.
- La **chaux maigre** dans laquelle le calcaire comprend de 2 à 8 % d'argile

Chaux hydraulique

La prise peut s'effectuer en milieu aqueux

Obtenu avec un calcaire contenant plus de 8% d'argile

Mai attention au delà de 20% d'argile la réaction donne un composé trop friable

Les études des chaux romaines montrent que les constructeurs n'utilisaient que de la chaux aérienne . Ils recherchaient précisément des roches calcaire pures.

DEFINITION

Ciment

Origine étymologique : »caementa » représente les caillou que l'on mêle avec la chaux pour faire les mur . Pour la confection des murs on parle d'opus caementicium . Transfert alors que le liant est la chaux , caementa va designer le mortier puis le liant lui-même pour aboutir à ciment.

Le ciment comprend certes de la chaux mais des argiles et des oxydes (de fers et manganèses) . La totalité ces mélanges étaient inconnus des romains . Le terme ciment pour caractériser les liants romains est donc impropre.

Mortier

Lait de chaux

peinture comprenant 60 à 70 % de chaux . Application à la brosse sur pierre et sur terre
On les retrouve comme joint pure des maçonneries de grands appareils (idem joint plâtre de l'époque hellénique)

MAIS la chaux pose le problème de la durée de prise par rapport au plâtre qui a l'avantage d'avoir une prise très rapide

DEFINITION

Mortier

Mortarium désigne d'abord l'auge du maçon puis son contenu . (le mortier est resté aujourd'hui le récipient ou l'on mélange et ou l'on broie.

Le mortier est un mélange de chaux et d'un ensemble de matériaux divers appelés agrégats . Qui ont le même rôle que les **dégraissants** (cf argiles) pour les argiles **Dégraissants**

Mortier de mauvaise qualité

De façon générale les maçonneries qui nous sont parvenues sont des maçonneries enfouies et protégées . On fait toujours un grands cas des maçonneries romaines mais le mortier n'était en réalité pas de qualité exceptionnelle.

Il existait déjà des dosages et proportions retranscrites par Vitruve .dans les « dix livres de l'architecture » (cf dosage)

Vitruve et l'effet pouzzolique

Vitruve recommande l'usage du sable volcanique : la pouzzolane « sable près de Naples à la vertu tellement ferme que non seulement les édifices ordinaire mais aussi sous l'eau elle durcit » Vitruve

C'est ce que l'on continue d'appeler l'effet pouzzolanique et qui a des explications chimiques la forte présence de silicate d'alumine (constituant de l'argile cuite) . La prise du liant put des faire sous l'eau .Nous ne sommes plus dans une réaction carbonée liée à l'air . Nous sommes passé d'un liant aérien à un liant hydraulique .

La pouzzolane fut aussi remplacé pour les même raison par des morceaux de céramique pilée , des tuileau ... composé d'argile cuite

Dosages Mortier d'après Vitruve livre 2 et 5

LIANT	AGREGATS	EAU
1 volume de chaux	3 volume de sable de carrière	15 à 20%
1 volume de chaux	2 volume de sable de rivière	15 à 20%
1 volume de chaux	2 volumes de sable de rivière et un volume de tuileau	15 à 20%
1 volume de chaux	2 volume de pouzzolane s (ouvrages maritimes)	15 à 20%

DEFINITION

Argile crue

Plusieurs aspects toujours utilisés dans les pays méditerranéens: le pisé , le torchis , la brique . L'argile composée de micro élément (taille du micro) est très consommateur d'eau pour trouver une certaine plasticité. Ce matériau en se desséchant va perdre son eau et se fissurer d'autant plus que l'argile est **grasse** pure sans ajout .Lorsqu'elle est **maigre** mélangée naturellement avec des sables l'aspect des argiles est moins **plastique** et le phénomène de **retrait** et de **dessiccation** est plus faible

MISE EN OEUVRE

Constitution des murs- opus

Murs romains sont constitués principalement d'un parement et d'un remplissage . Le mur n'est plus constitué dans toute son épaisseur d'un appareillage . Mais technique peut être inspirée du pisé il y a coffrage et remplissage . La plupart du temps , ce coffrage est définitif en pierre appareillé

C'est l'opus caementicum,

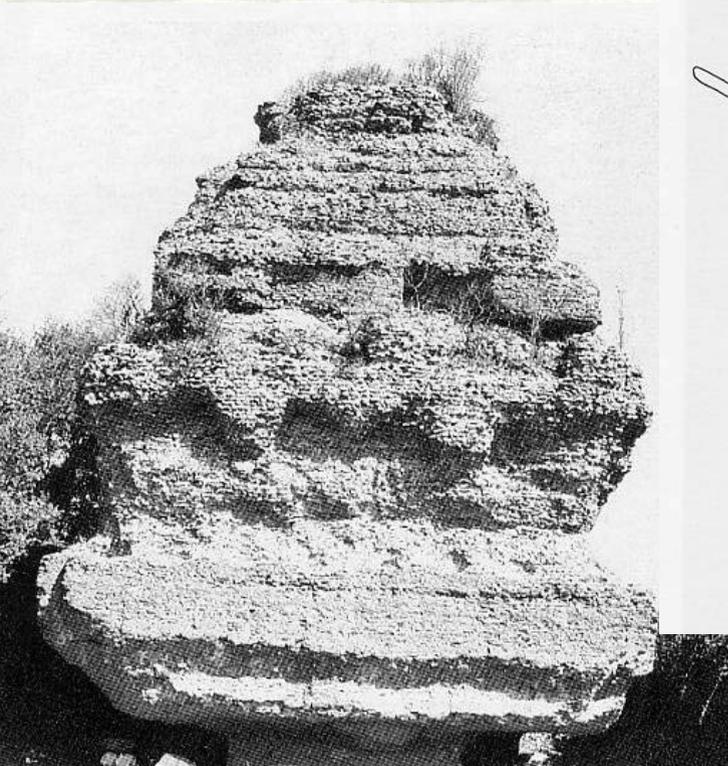
Le mur est constitué de 3 parties les parements et le remplissage . Les parements peuvent être en brique en moellons n en grand appareils ou en petit appareil

Le coffrage permet un mélange intérieur médiocre pr. Le parement extérieur fait étanchéité . Le remplissage solidifié ne pousse pas sur le parement sauf en phase durcissement . Certain remplissage sont damés comme la terre ce qui nécessite des parements relativement résistants . Ce qui implique de protéger les tête des murs

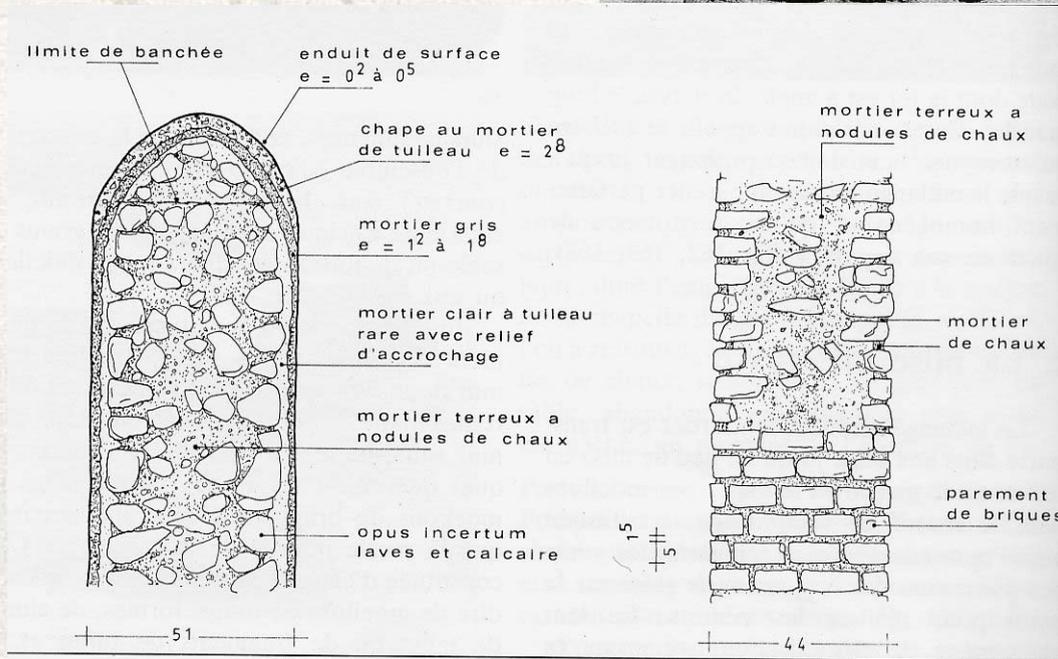
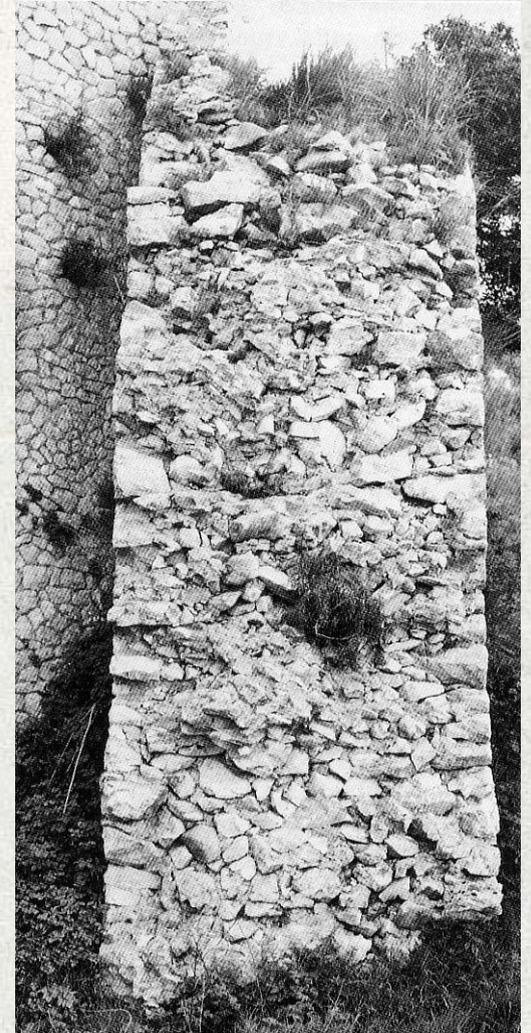
Les éléments intérieurs sont des bétons mélange cailloux de mortier

Lez principe permet de généraliser le matériaux de construction disponible partout et réalisable simplement par le plus grand nombre

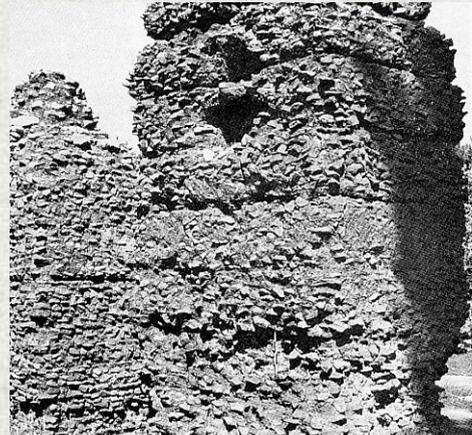
Opus caementum



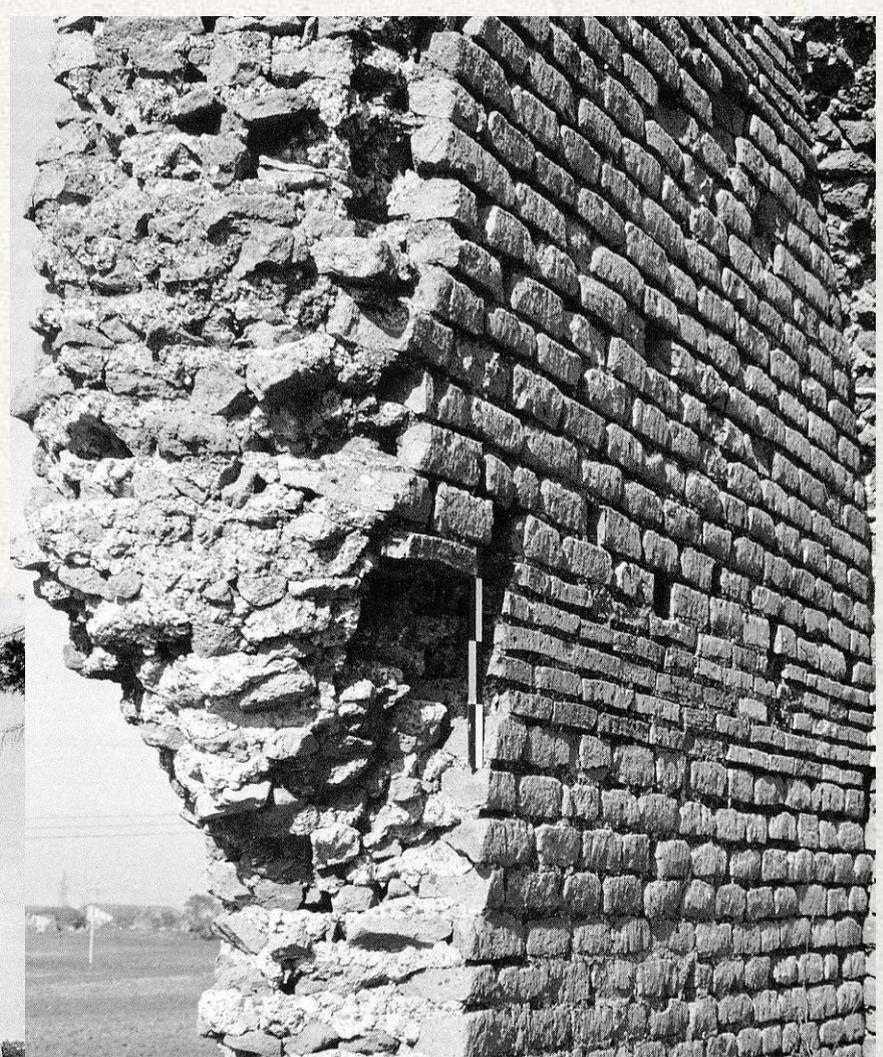
Opus caementum



Opus caementum

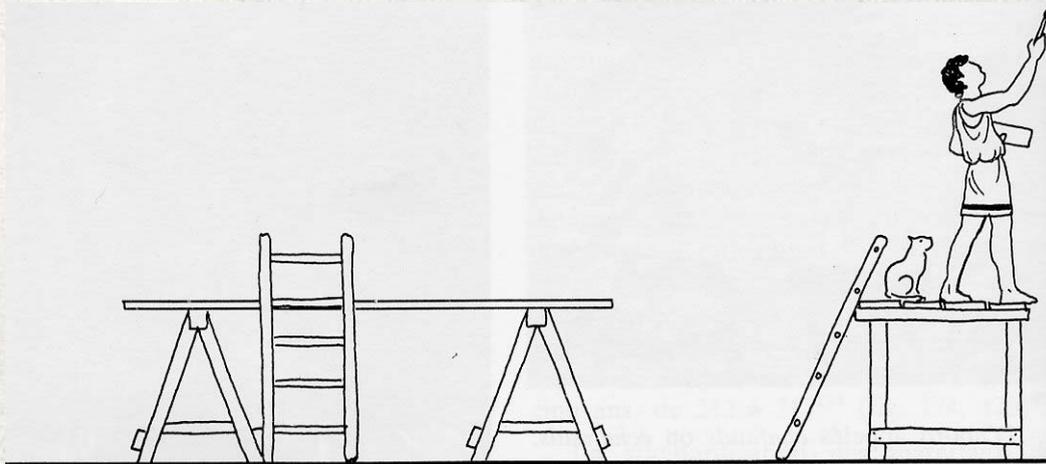


Opus caementum

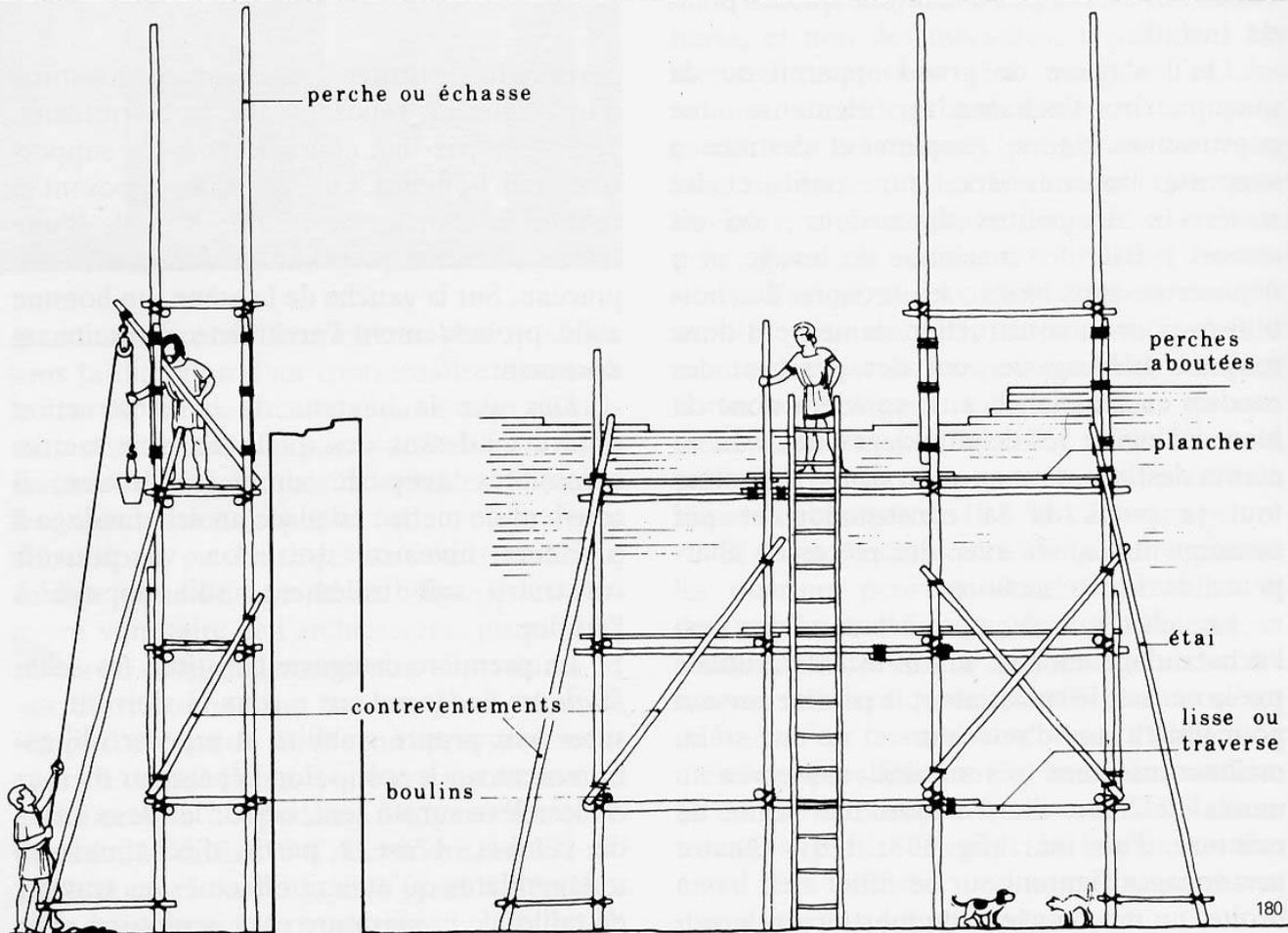


ECHAFFAUDAGES et charpenterie

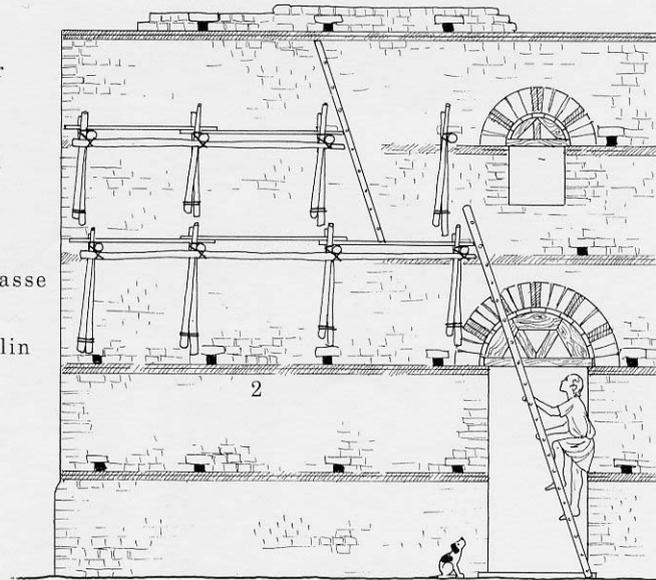
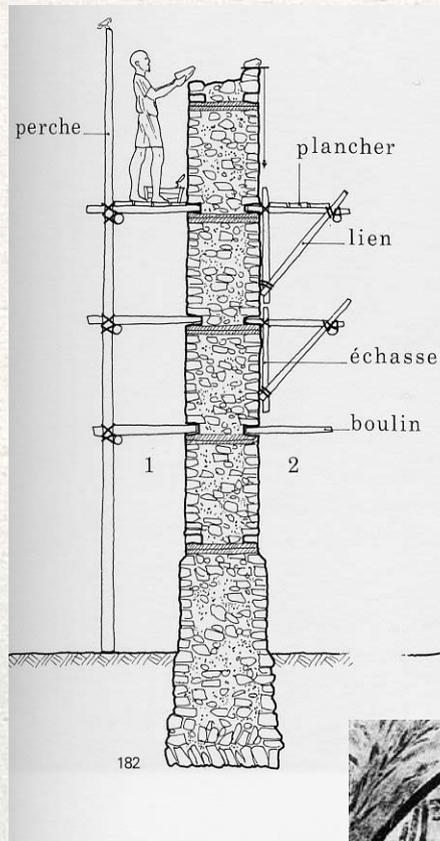
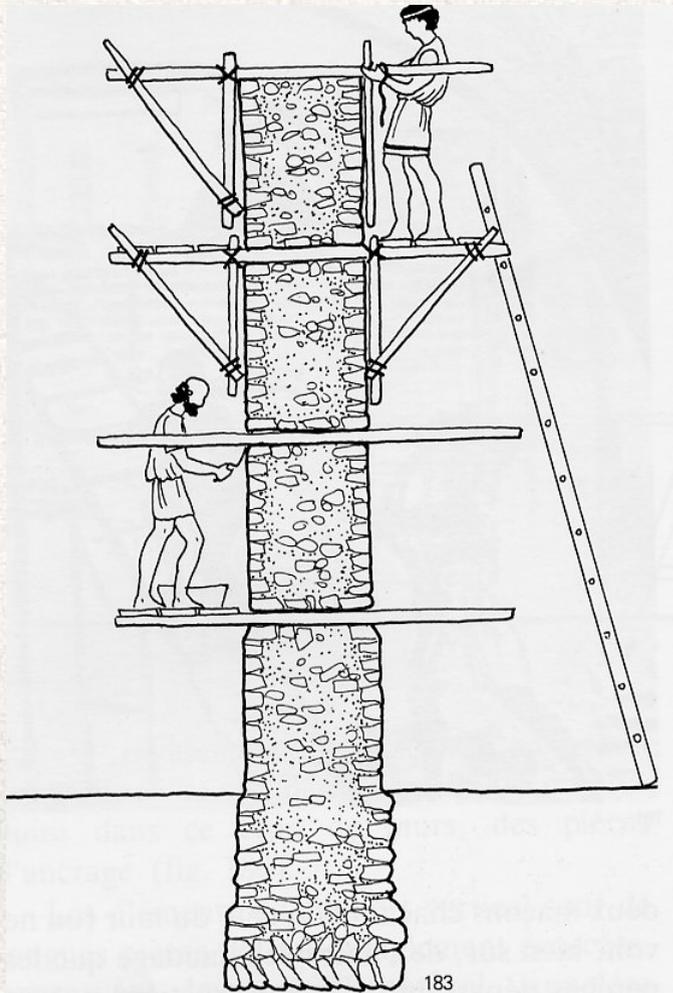
Echaffaudage- tréteau



Echaffaudage-autonome



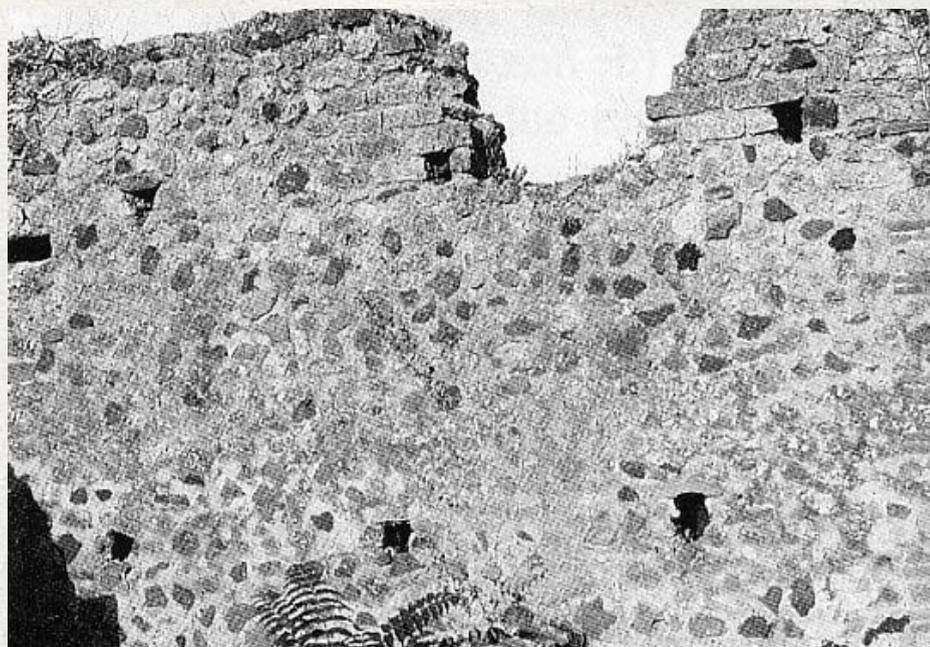
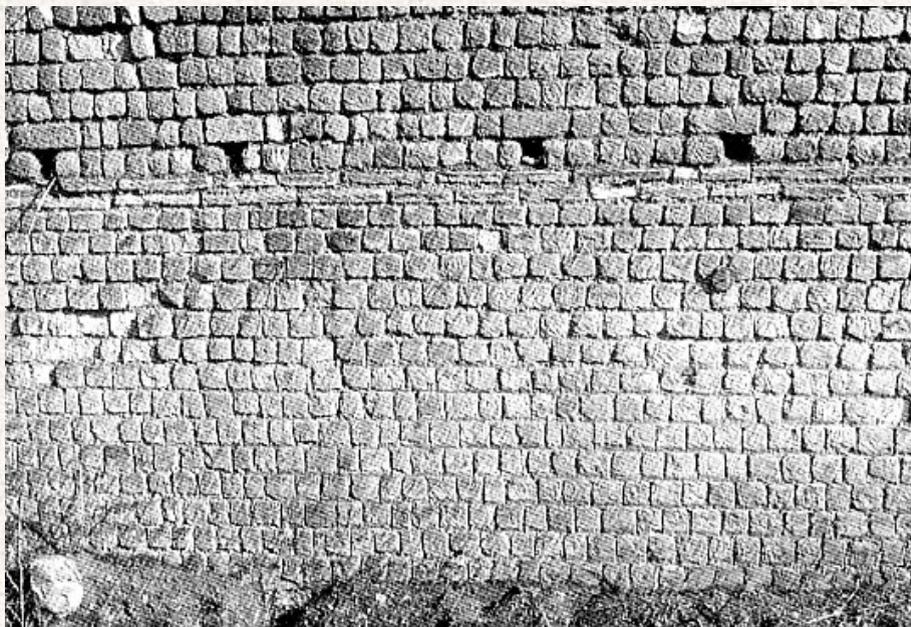
Echaffaudage-encastré



traces



traces



traces

190. Construction d'un mur. Récapitulatif des installations du chantier :

1. tranchée de fondation
 2. préparation du mortier
 3. échafaudage encastré à perches
 4. échafaudage encastré en bascule.
- JPA.

