

GROS ŒUVRE

TAILLE DE PIERRE

**RESSOURCES FORMATIVES
LIVRET DESSIN ET TRACE**



Votre avenir
nous engage

Direction Technique Toulouse
Département Bâtiment Travaux Publics



Taille de Pierre

RESSOURCES FORMATIVES

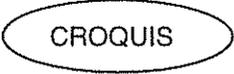
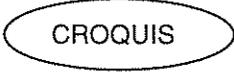
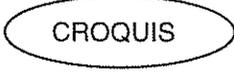
LIVRET DESSIN ET TRACÉ

LIVRET DESSIN ET TRACE

	Sommaire	Page	2
	Questionnaire	Page	3 à 16
1 -	Introduction	Page	17 à 21
2 -	Géométrie descriptive	Page	22 à 31
3 -	Echelles, surfaces, volumes	Page	32 à 50
4 -	Tracés élémentaires	Page	51 à 61
5 -	Moulures complexes	Page	62 à 70
6 -	Raccordements	Page	71 à 79
7 -	Tracés de la plate-bande	Page	80 à 81
8 -	Tracés des arcs	Page	82 à 98
9 -	Tracés des figures complexes	Page	99 à 112
10 -	Escaliers	Page	113 à 118
11 -	Roses et fenestrages	Page	119 à 123
12 -	Relevés	Page	124 à 127

Questionnaire

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
3	DT 10	Qu'est-ce qu'une herse de balancement (faire un croquis) ?	
4	DT 10	Tracer la vue de dessus d'un escalier tournant à gauche dont la partie la plus longue s'appuie sur un mur de 3 m de long ; hauteur à franchir = 2,80 m ; emmarchement = 1,10 m. Balancer l'escalier sur 6 marches (tracer les herses de balancement).	
11	DT 10	Citer la formule de Blondel ; à quoi sert-elle ?	
16	DT 7	Donner le tracé géométrique qui permet de connaître la hauteur minimale d'un linteau.	
17	DT 5	Dessiner une doucine et une scotie aux instruments (laisser apparaître les tracés).	
18	DT 1	Comment sur un calepin d'appareil signale-t-on : l'épaisseur (+35), la saillie (+8), le retrait (-5) ? Vous pouvez vous aider d'un schéma.	

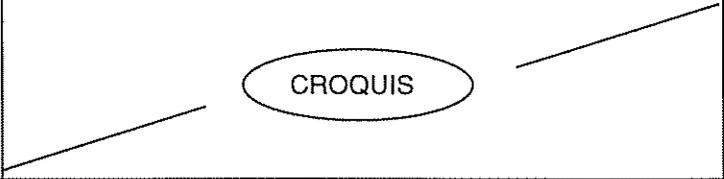
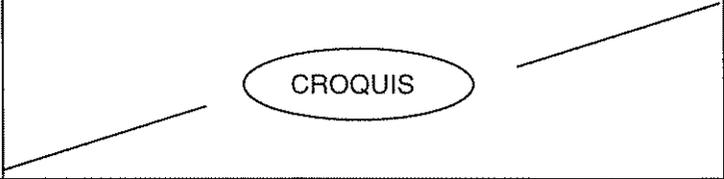
Date : CFPA de : Nom :

N °	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
19	DT 1	A partir de quels renseignements pouvez-vous réaliser le débit des pierres ?	
20	DT 1	Quels panneaux seraient nécessaires pour tailler (et vérifier l'exactitude) d'un claveau d'une porte en plein cintre dans un mur biais et en talus ?	
24	DT 8	Tracer un arc en anse-de-panier à trois centres : distance entre piédroits : 1,20m - flèche : 0,30 m - échelle : 1/10	
25	DT 4	Tracer une perpendiculaire au bout d'une droite	
36	DT 10	Comment assure-t-on la protection des piétons lors du ravalement d'une façade ?	

Date : C.F.P.A. de : Nom :

N °	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
37	DT 10	Un escalier droit doit franchir une hauteur de 2,72 m ; de quel espace avez-vous besoin pour le reculement si vous désirez 15 marches ? Quelles sont les dimensions des marches ?	
39	DT 8	Tracer aux instrument un arc plein cintre divisé en 5 (ouverture de baie : 1,40 m, échelle 1/10) et nommer les différents éléments et surfaces.	CROQUIS
40	DT 8	Tracer aux instruments un oculus formé de deux anses de panier (grand axe : 1 m, petit axe : 0,80 m, échelle 1/10)	CROQUIS
41	DT 8	Tracer aux instruments une ogive tiers-point (ouverture de baie 80 cm, échelle 1/10)	CROQUIS
42	DT 8	Tracer aux instrument un arc rampant (ouverture de baie 1,20 m, échelle 1/10)	CROQUIS
43	DT 7	Faire rayonner les joints d'une plate-bande dont vous établirez la hauteur minimale.	CROQUIS

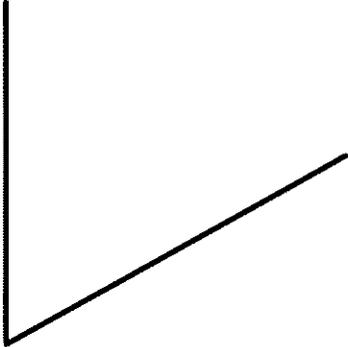
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
45	DT 12	Comment effectuer le relevé du profil d'une corniche ?	
46	DT 5	Citer et dessiner : <ul style="list-style-type: none"> • 3 moulures simples tracées avec des lignes droites • 3 moulure composées tracées avec des courbes 	
47	DT 8	Citer et dessiner 4 formes d'intrados surbaissés	
56	DT 8	Dessiner et appareiller une anse-de-panier à trois centres composée de neuf claveaux à crossettes : ouverture 1 m, flèche 35 cm, échelle 1/10.	
62	DT 1	A quoi sert une épure ? Comment la réalise-t-on ?	
71	DT 3	Qu'est-ce que l'échelle d'un dessin ?	

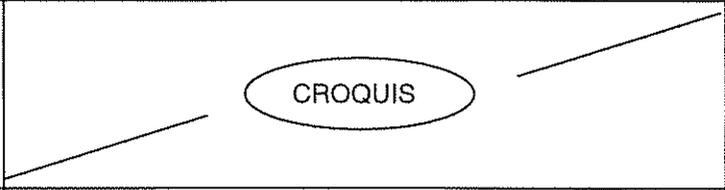
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
104	DT 2	Tracer une perpendiculaire au milieu d'une droite ?	
105	DT 2	En géométrie descriptive, qu'est-ce qu'un plan ?	
106	DT 1	Qu'est-ce qu'une épure ?	
109	DT 1	Dessiner les symboles graphiques de : <ul style="list-style-type: none">• Nus• Cotes de niveau.	
110	DT 1	Qu'est-ce qu'une chaîne d'angle ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
111	DT 4	Tracer la bissectrice d'un angle de 60°.	
126	DT 4	Tracer un angle de 75°	
133	DT 1	Qu'est-ce qu'appareiller ?	
140	DT 1	Que signifie la fraction 1-2/7 sur le parement d'une pierre ?	
163	DT 6	Qu'est-ce qu'un raccordement ?	

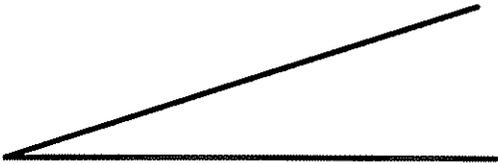
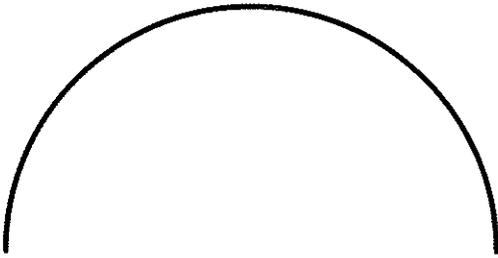
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
168	DT 3	Qu'est-ce qu'une aire ?	
176	DT 3	Calculer le volume de la pierre suivante (L=50, E =55, H=49)	
192	DT 9	Faire passer une circonférence par trois points donnés A, B, C.	
193	DT 4	Tracer une droite parallèle à une droite quelconque. Distance = 5 cm en faisant apparaître les traits de construction	

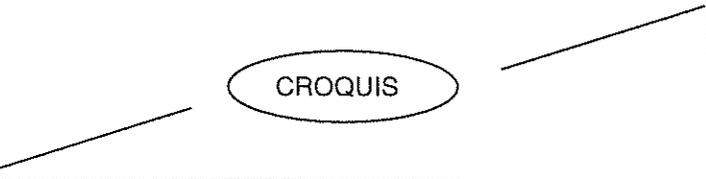
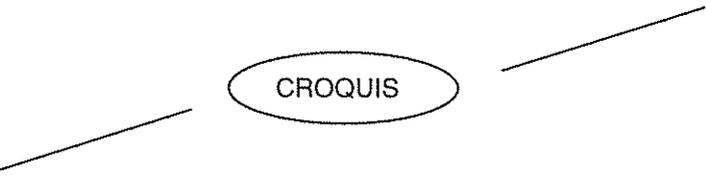
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
195	DT 6	Raccorder un ou plusieurs arcs à une droite AB donnée.	
196	DT 6	Raccorder deux droites parallèles (AB, CD) par une demi-circonférence.	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
197	DT4	Tracer la bissectrice d'un angle donné.	
198	DT 8	Diviser un demi-cercle en x arcs égaux.	
203	DT 3	Surface d'un triangle de 25 cm de base sur 1230 mm de hauteur.	
209	DT 1	Que signifie la fraction 3/5 sur le parement d'une pierre ?	

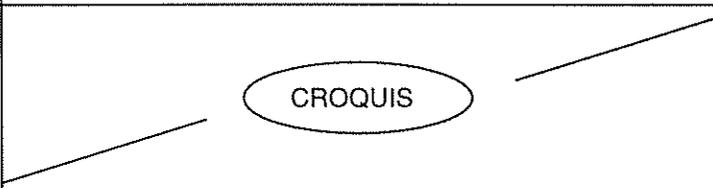
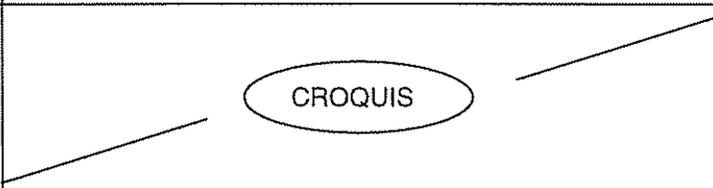
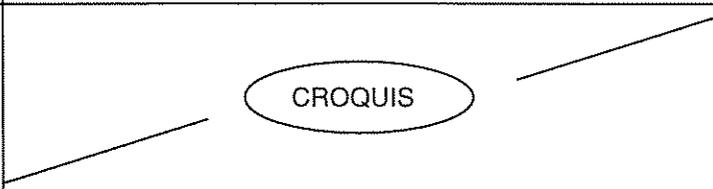
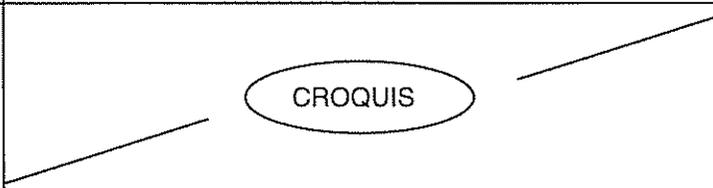
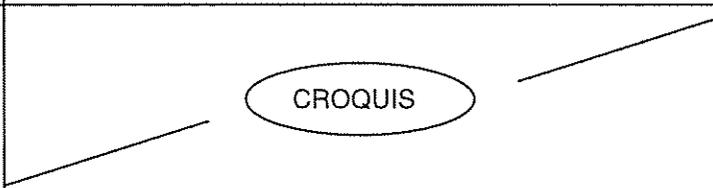
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
210	DT 1	Qu'appelle-t-on un couronnement ?	
218	DT 4	Partager géométriquement une segment de droite AB en x parties égales (au compas).	
219	DT 7	Tracer une plate-bande droite avec retombé d'aplomb (au compas).	 <p style="text-align: center;">CROQUIS</p>
221	DT 8	Diviser un arc plein cintre extradossé en 7 parties égales (au compas)	 <p style="text-align: center;">CROQUIS</p>
222	DT 3	Calculer le poids au mètre linéaire, d'un sommier de plate-bande, densité 2. E = 0,585 h = 0,385	
223	DT 3	Calculer la surface d'un plein cintre extradossé de 50 cm de portée et de 25 cm de hauteur.	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
235	DT 5	Tracer, au compas, une scotie : a) Géométriquement b) Par points.	
236	DT 5	Tracer, au compas, un talon droit	

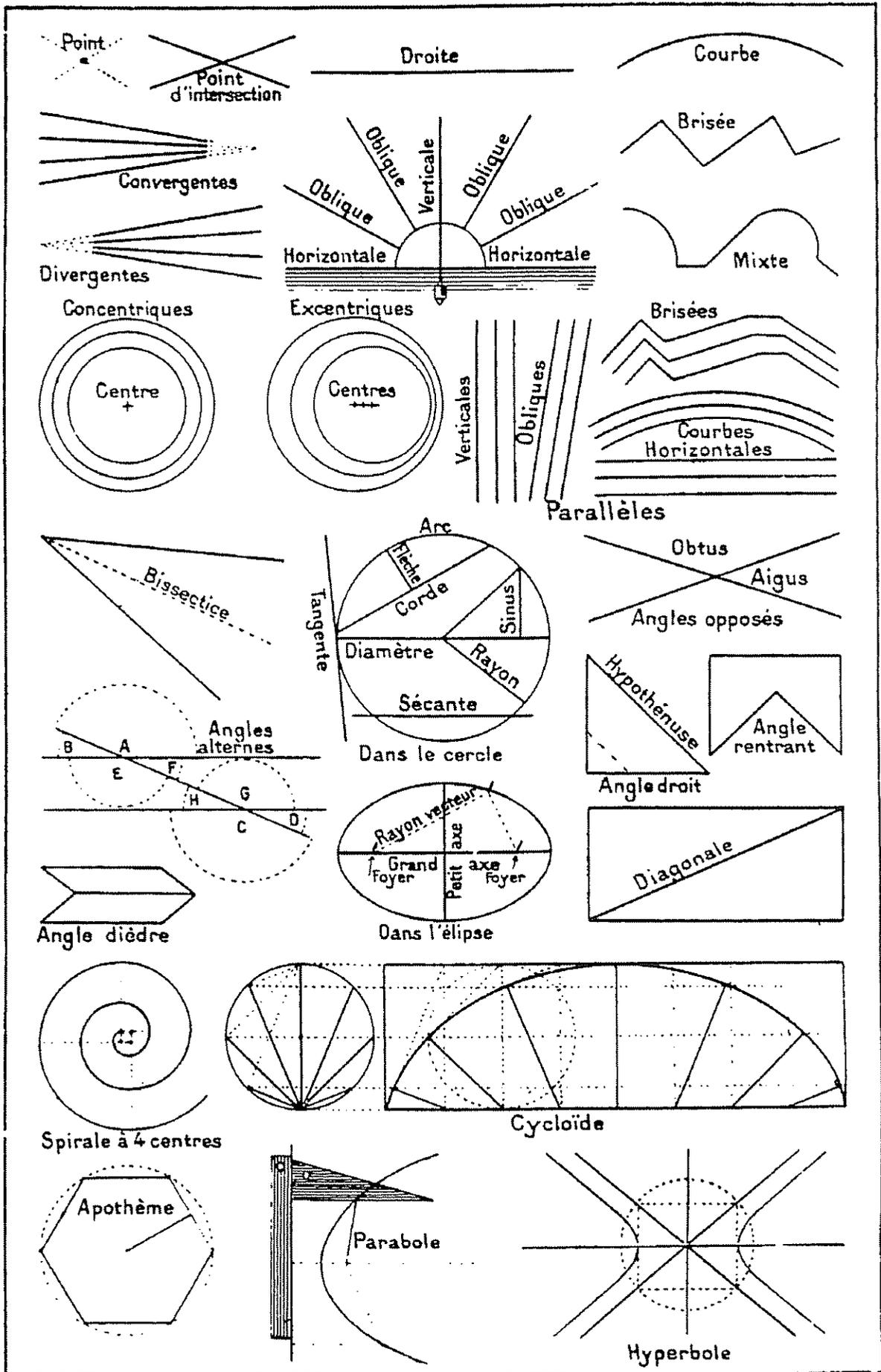
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
237	DT 5	Tracer, au compas, une doucine droite à arcs égaux.	
238	DT 8	Tracer, au compas, un arc surbaissé.	
242	DT 7	Déterminer d'une façon géométrique la hauteur minimum des claveaux d'une plate-bande.	
257	DT 8	Dessiner trois ogives différentes avec leur appareillage.	
258	DT 8	Dessiner un arc rampant avec son appareillage	
259	DT 8	Tracer un arc en anse-de-panier à 5 centres : distance entre piédroits : 1,50 m - flèche : 0,30 m - échelle 1/10.	

Date : CFPA de : Nom :

N °	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
237	DT 5	Tracer, au compas, une doucine droite à arcs égaux.	

1 - Introduction



De la stéréotomie ou coupe des solides

On appelle stéréotomie, l'application de la géométrie à la coupe des solides (dans notre cas, des pierres) et la coupe des pierres consiste en l'exécution de toutes les parties d'une construction faite en pierre de taille.

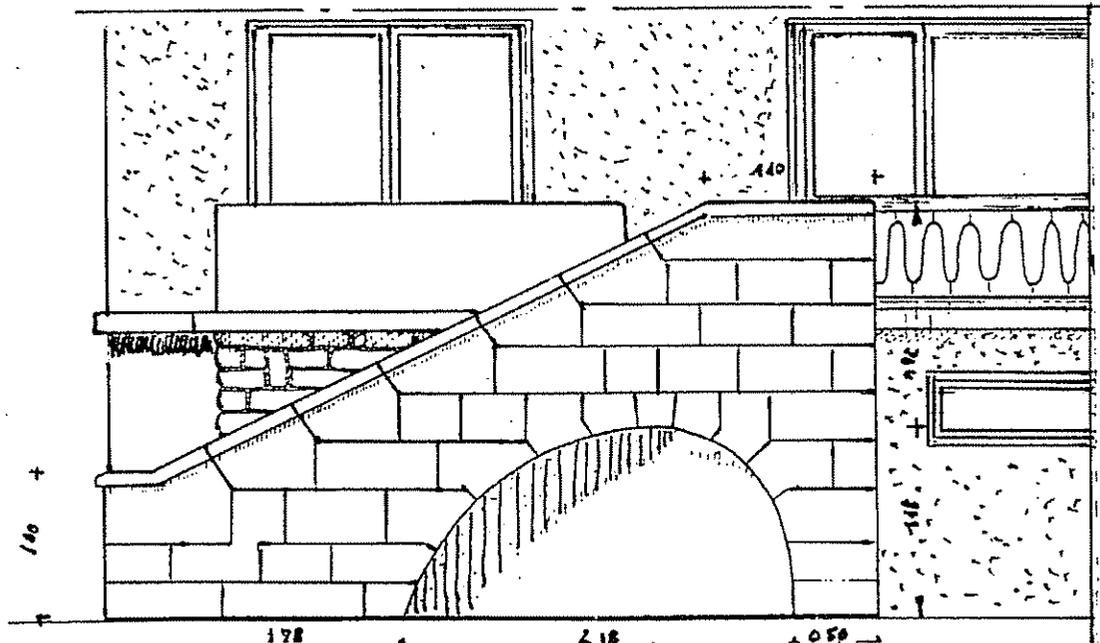
L'art de la coupe des pierre comprend deux parties. La première partie a pour objet de déterminer par le dessin, les formes qu'il convient de donner aux pierres de taille, selon la place qu'elles doivent occuper dans chaque partie de la construction dans laquelle elles doivent entrer ; la deuxième partie consiste à donner aux pierres les formes et les dimensions exactes qu'elles doivent avoir, en abattant les parties en excès au moyen d'outils convenant à la nature de la pierre.

On appelle épure, un dessin obtenu par les projections de tous les points intéressants d'un corps ou solide sur un plan, et représentant sous différents aspects, plans, coupes, élévations, les tracés de toutes les lignes nécessaires et au moyen desquelles on est parvenu à connaître tous les détails de ce corps ou solide.

Les épures d'exécution se tracent en vraie grandeur, soit sur un plancher ou un béton horizontal, quelquefois sur une surface verticale bien dressée. Les instruments dont on se sert sont les règles en bois ou en fer, le cordeau en coton, le fil à plomb pour les lignes droites verticales, le compas à verge pour les arcs et les circonférences.

Le calepin est le complément du dessin de l'architecture, il comporte toutes les indications nécessaires à faire l'épure, préparer le débit, exécuter la taille et la pose.

Chacune des pierres constituant l'édifice à exécuter est figurée, numérotée et cotée.



L'architecte chargé de faire construire un ouvrage en pierre établit un dessin d'ensemble à petite échelle, mais ce dessin ne comporte généralement pas de détails concernant la coupe de pierres et se borne assez souvent à donner des indications d'ensemble (Fig. 1) d'où la nécessité de faire un dessin plus complet sur lequel figureront les lits et joints, les dimensions des pierres et toutes indications utiles pour leur taille, c'est la tâche du calepineur.

La figure 2 représente le dessin du calepineur qui correspond au dessin de l'architecte, le calepin doit comporter non seulement l'appareillage côté et marqué, mais aussi les détails indispensables tels que profils, coupes et diverses vues nécessaires.

De même que sur le dessin de l'architecture, les saillies et retraits sont indiqués dans des cercles de la façon suivante :

-  Nu, zéro ou plan de base
-  Saillie de 2 cm
-  Retrait de 2 cm.

Lorsque les épaisseurs de murs ne peuvent être marquées en coupe ou en plan, elles sont indiquées en élévation dans un double cercle.

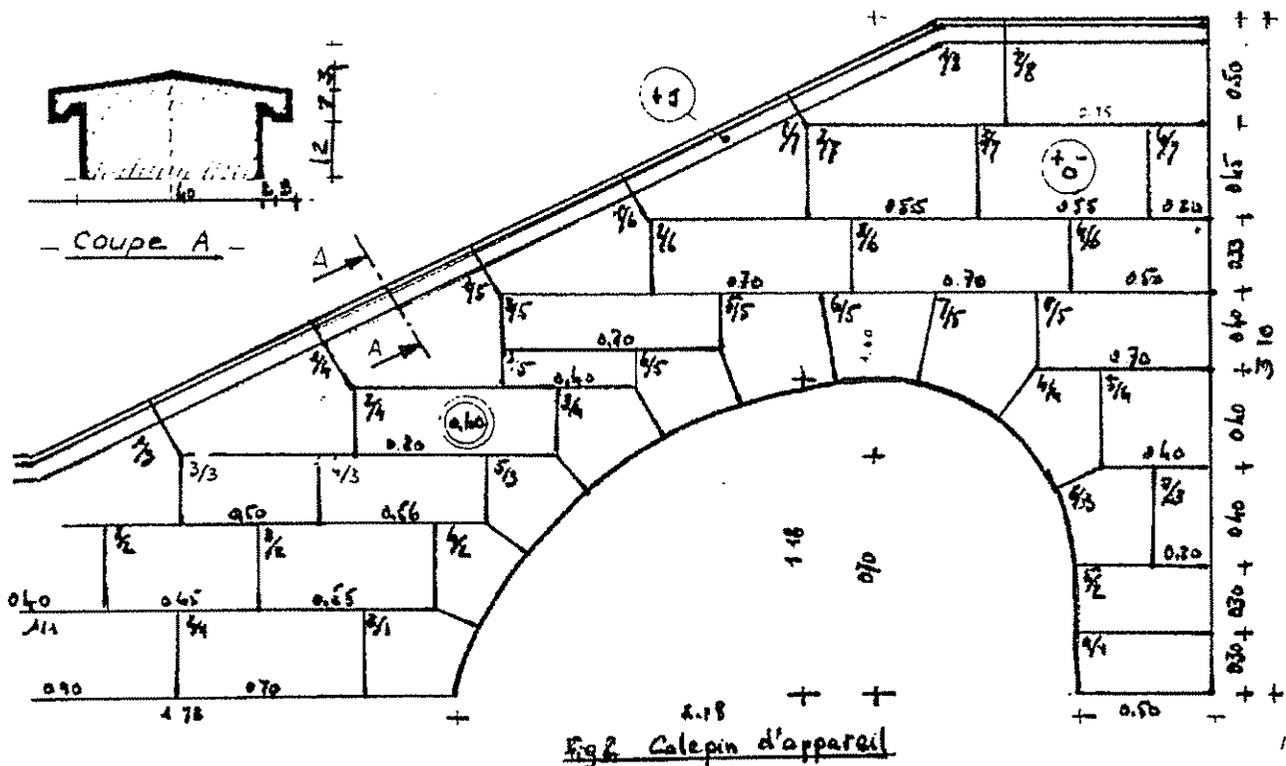
-  Mur de 0,40 m d'épaisseur

Mais comment reconnaitrions-nous toutes les pierres dont beaucoup d'entre elles auront la même forme et à peu près les mêmes dimensions, si nous ne leur donnons pas une identité ?

Il suffit alors de donner à chaque pierre un repère qui fera connaître le numéro d'ordre de l'assise où se trouve la pierre (compté en partant du sol) et le numéro d'ordre horizontal (en partant de la gauche). C'est ce que l'on appelle la marque d'appareil.

On aura alors dans la deuxième assise par exemple : $\frac{1}{2}$; $\frac{2}{2}$; $\frac{3}{2}$; $\frac{4}{2}$ etc...

Le calepin doit mentionner l'épaisseur des joints et aussi indiquer la nature des pierres et le type de taille de parement.



Calepin d'appareil

Dessin à échelle réduite de l'ensemble de l'ouvrage à réaliser. Il comporte tous les renseignements nécessaires (élévation, coupes, parfois un plan de situation et d'implantation à la taille et à la mise en œuvre : appareillage, numérotation des pierres, dimensions, épaisseurs, saillies et retrait, nature des pierres.

Calepin de taille

Feuillet qui recense les pierres à tailler. Pour chacune, il comporte dans des colonnes juxtaposées, les renseignements de situation (ex : $\frac{3}{4}$), d'identité (ex : chaîne d'angle), de dimensions (l, E, h) et de débit (+2cm) du bloc capable, enfin le croquis côté qui permet de préciser la forme et les détails de la pierre concernée.

Épure

Dessin vraie grandeur de l'ouvrage à réaliser (un pilier ou une fenestration par exemple, sur le sol ou un mur) d'où l'on tirera les renseignements et les panneaux nécessaires à la taille de chacune des pierres de cet ouvrage.

2 - Géométrie descriptive

Généralités

La représentation des objets peut s'obtenir en appliquant différentes méthodes. Pour le dessin industriel qui requiert une représentation claire et précise, on utilise le plus souvent la méthode de représentation suivant des *projections orthogonales*.

La méthode des projections consiste à représenter un objet tel que le verrait un observateur placé loin de l'objet et qui le regarderait suivant différentes directions favorisant une représentation claire et précise.

Ces directions choisies constituent les différentes *vues* qui sont les projections de la pièce sur des plans portant le nom de *plans de projection*.

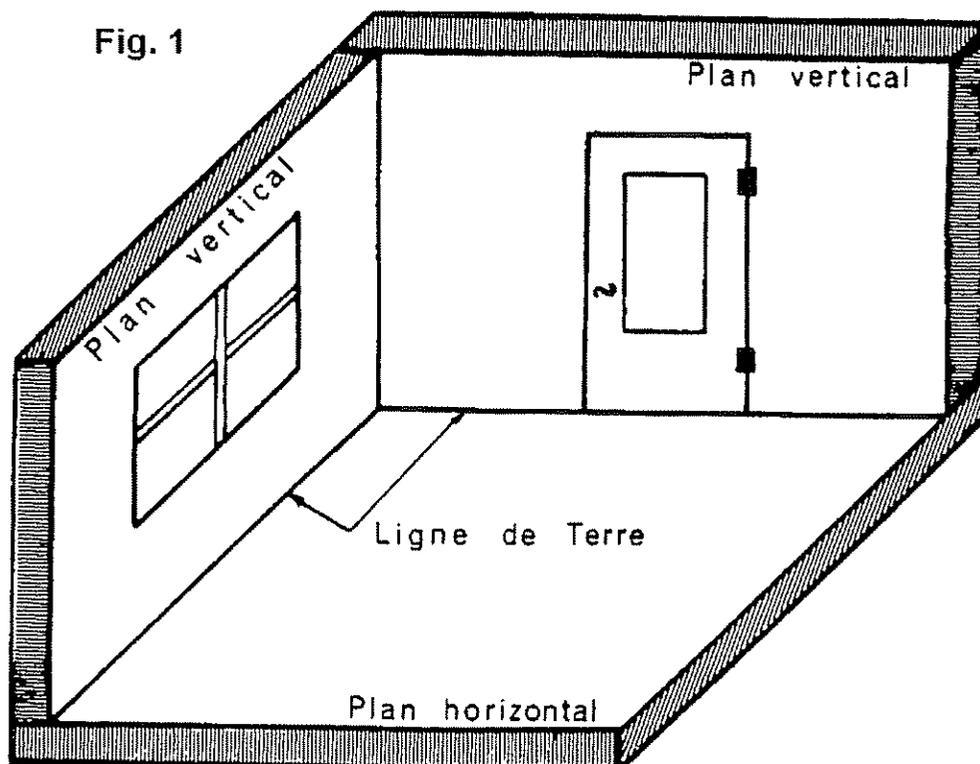
Notions de géométrie

1. Les différents plans (Fig. 1)

Un élève au milieu d'une pièce se trouve entouré de différents plans :

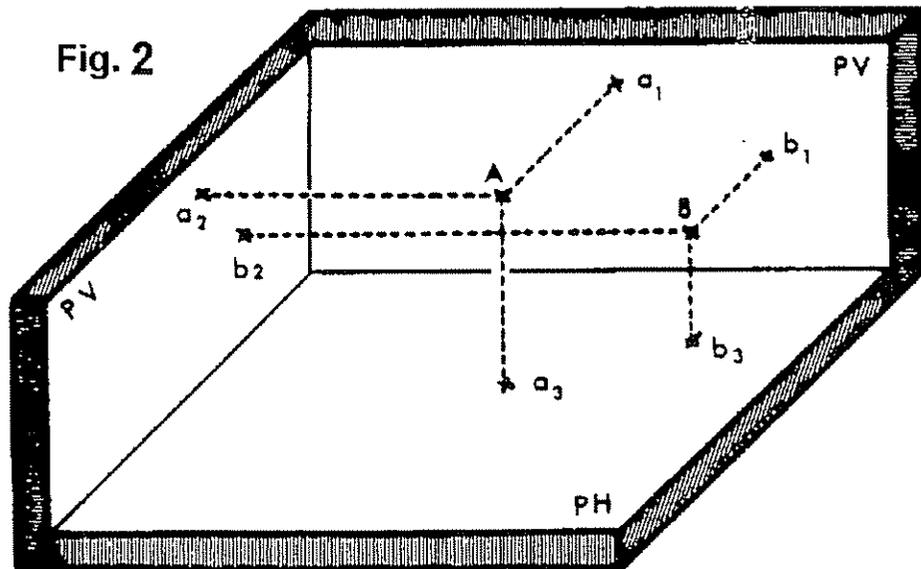
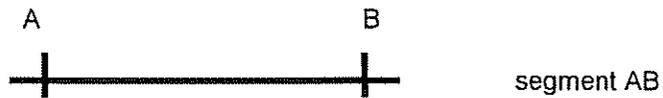
- des plans horizontaux (sol, plafond)
- des plans verticaux (murs).

Les plans horizontaux et verticaux se coupent suivant une droite qui s'appelle *ligne de terre*.

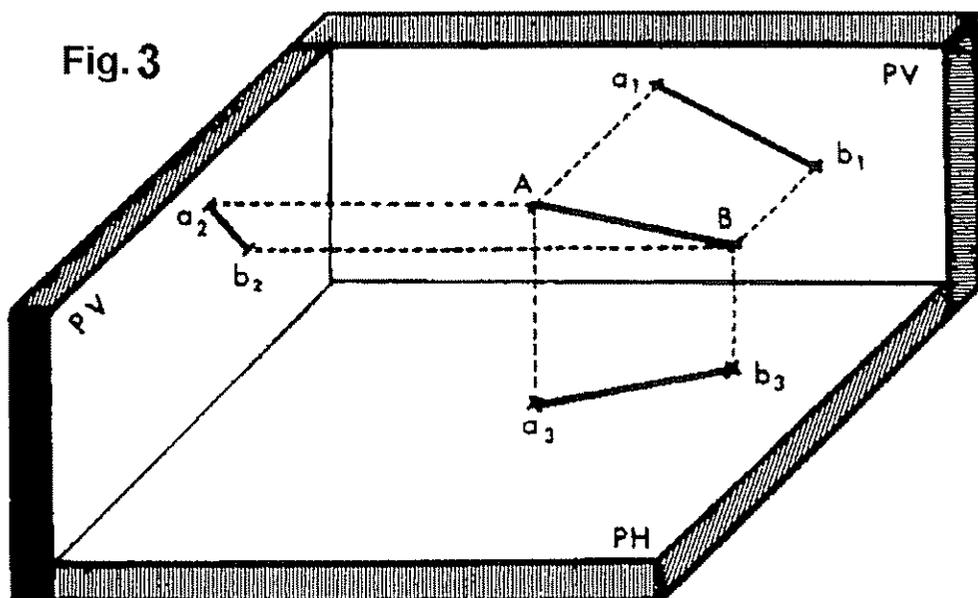


a) Projection d'un segment de droite

Rappel de définition - Un segment de droite est une portion de droite comprise entre deux points.

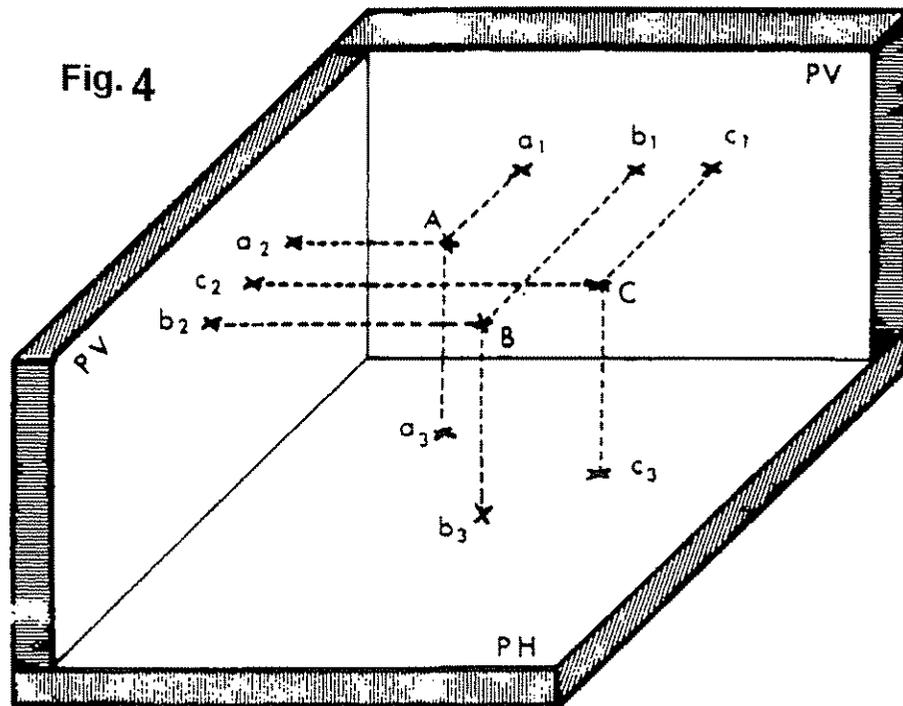


Joignons ces deux points pour reconstituer le segment de droite AB. Nous obtenons la projection d'un segment de droite (Fig. 3).

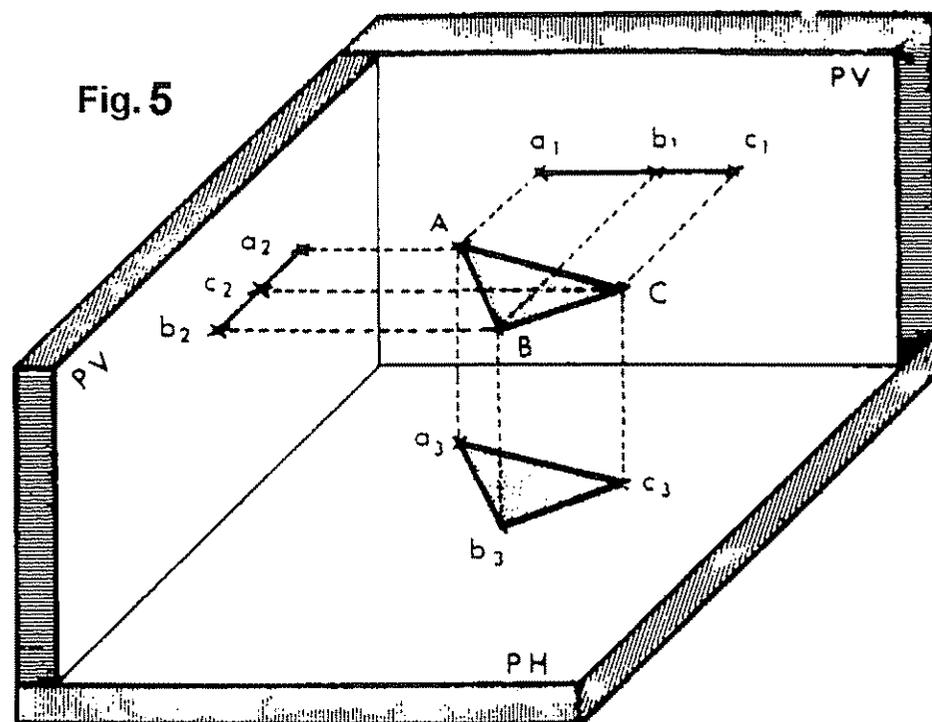


b) Projection d'une surface

Soient 3 points A, B et C situés dans un même plan parallèle au plan horizontal (Fig. 4).



Joignons trois points, on obtient le triangle ABC dont la surface se projette en a_3, b_3, c_3 , sur le plan horizontal (Fig. 5).



On remarque que les projections de ce triangle sur un plan vertical se réduisent à un segment de droite a_1, c_1 ou a_2, b_2 parallèle à la ligne de terre. En effet, on a dit que ces 3 points étaient dans un plan parallèle au plan H horizontal.

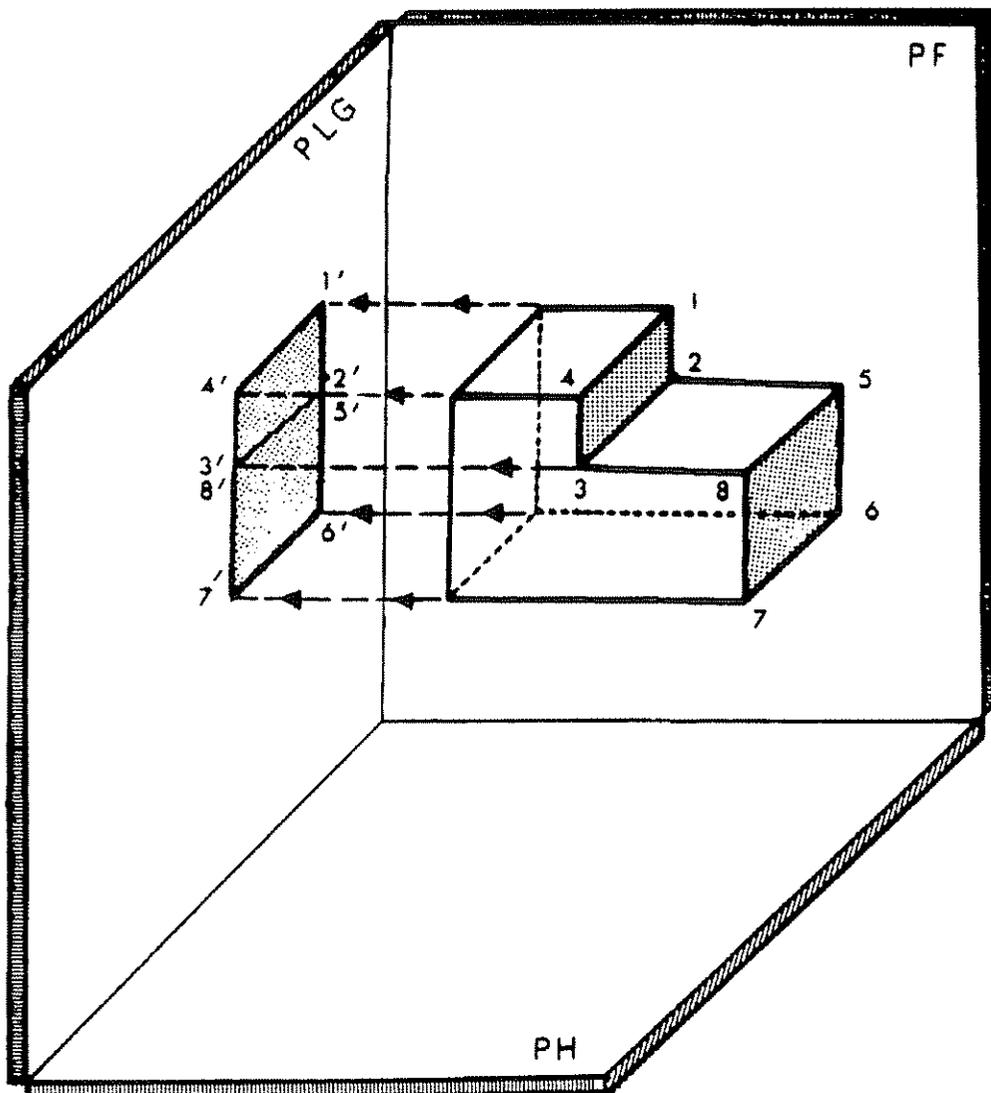
2. Projection de la vue de droite

L'observateur se place à droite et regarde la face grisée, perpendiculairement au plan latéral gauche (P. L. G.). Il projette les points de contours apparents repérés 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, pour obtenir les points 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8' et trace les segments de droites des contours apparents pour dessiner la vue de droite de la pierre.

PLG : plan latéral gauche

PH : plan horizontal

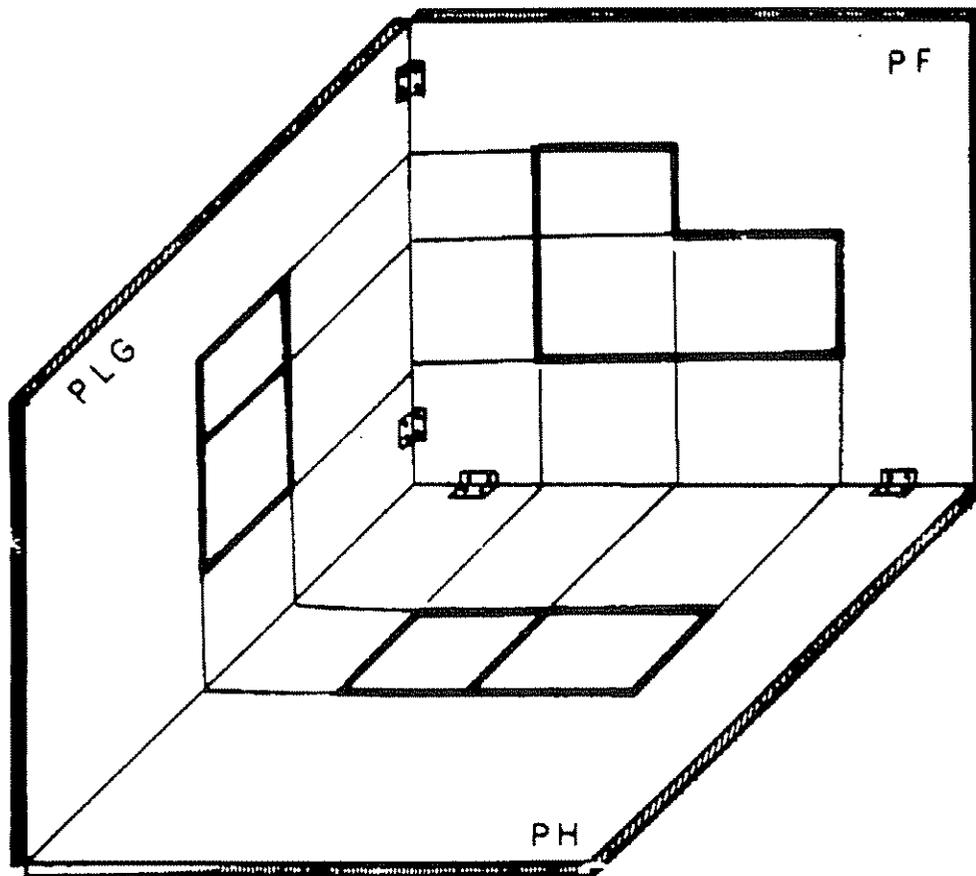
PF : plan frontal



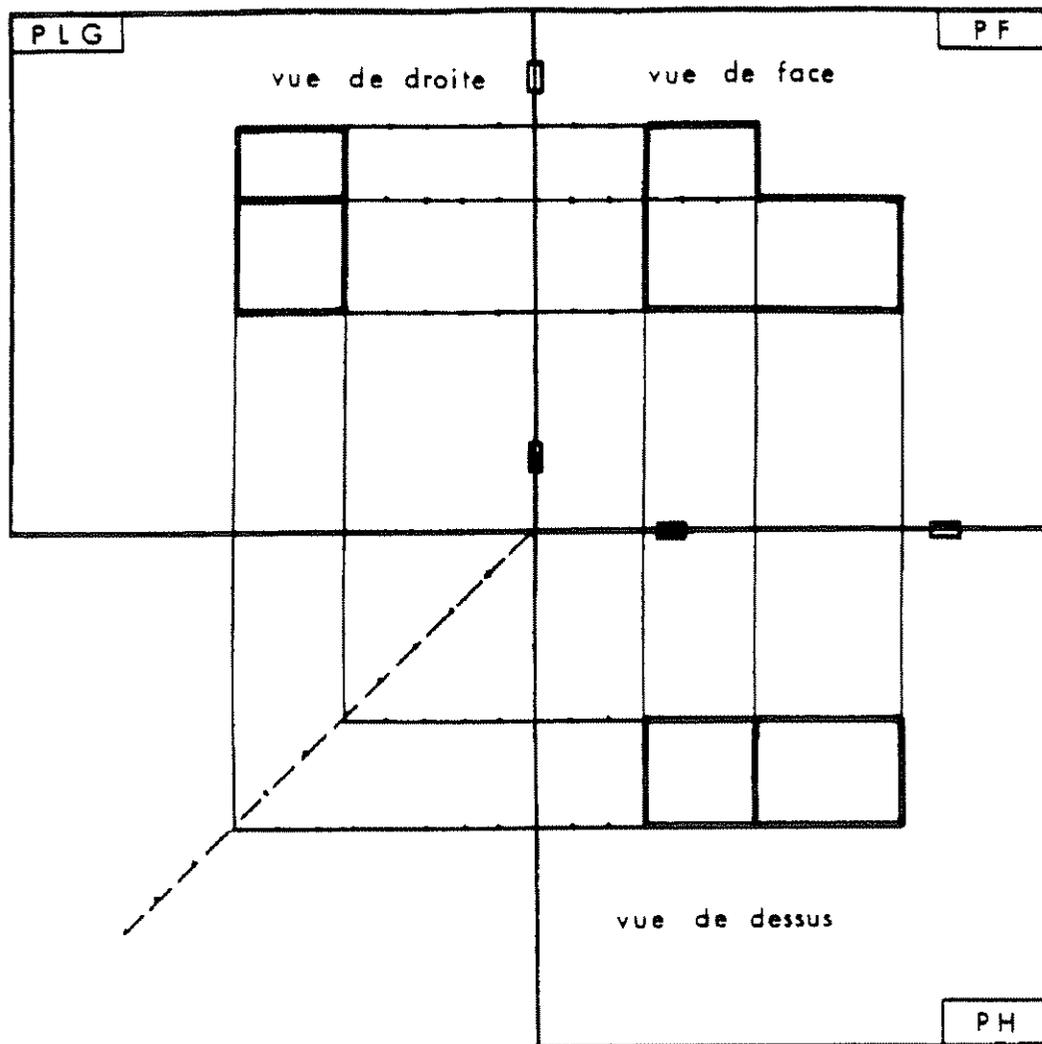
3. L'épure

Les projections des 3 vues étant ainsi réalisées la pièce est enlevée. L'observateur est en présence des 3 plans principaux :

- vue de face sur le plan frontal
- vue de dessus sur le plan horizontal
- vue de droite sur le plan latéral gauche.

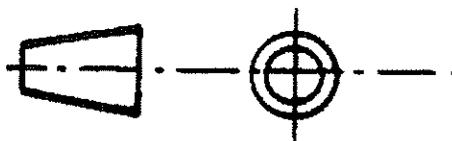


En considérant que les plans soient montés sur charnières, il suffit de faire pivoter ou de rabattre les plans pour obtenir l'épure (figure page suivante).



Après rabattement, on constate que la vue de droite se trouve à gauche de la vue de face, la vue de dessus en dessous. **Les vues portent un nom qui est contraire à leur position.**

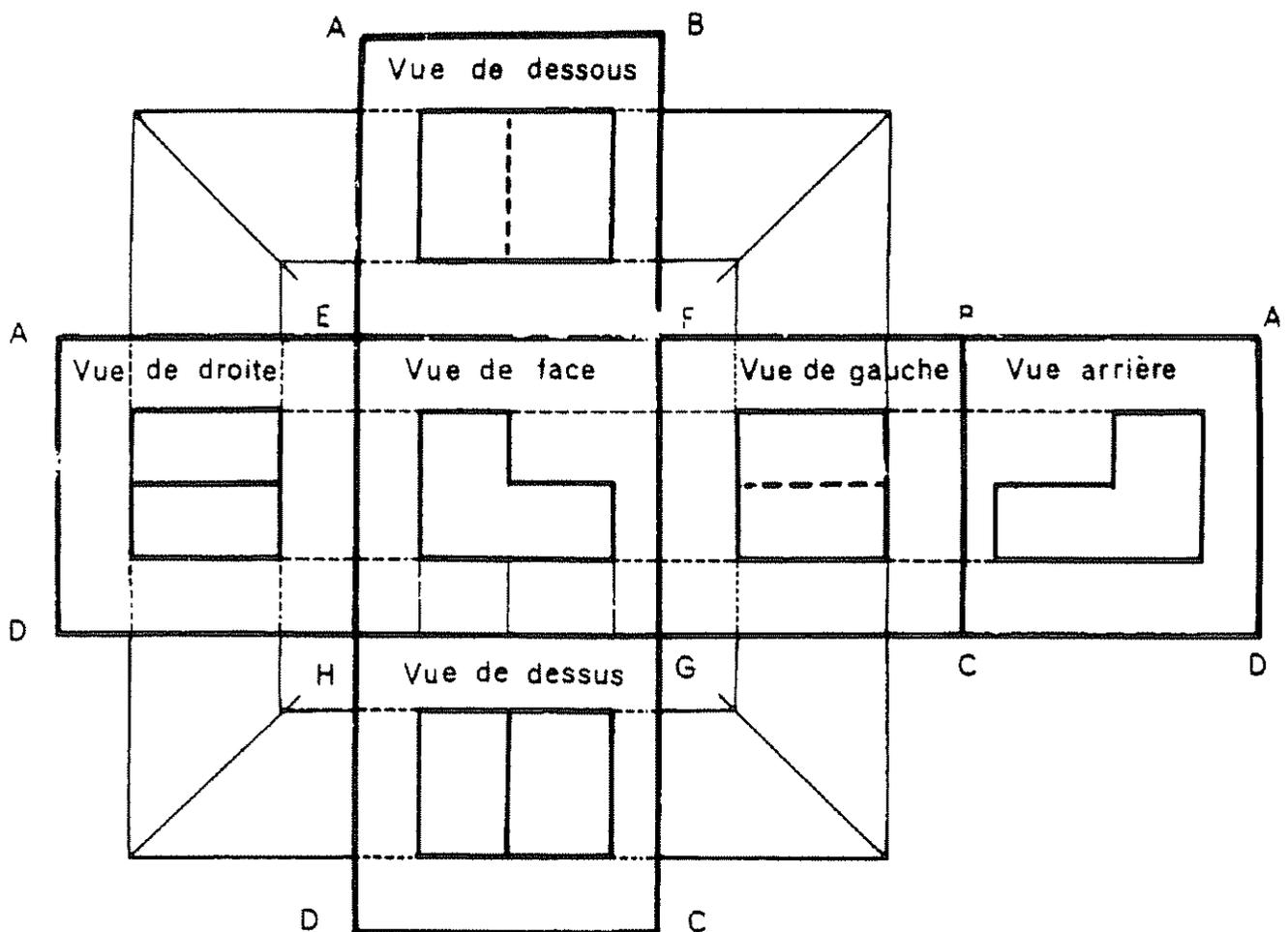
Ce principe de projection est normalisé en France et s'indique dans le cartouche par le symbole ci-dessous.



On remarquera que les différentes vues sont groupées autour de la vue de face qui sert de base à la construction des autres vues.

Toutes les vues sont solidaires les unes des autres ; pour les construire, on trace horizontalement et verticalement des lignes de rappel. Ces lignes, il convient de les supprimer lorsque les différentes vues sont terminées.

4. Représentation de toutes les vues

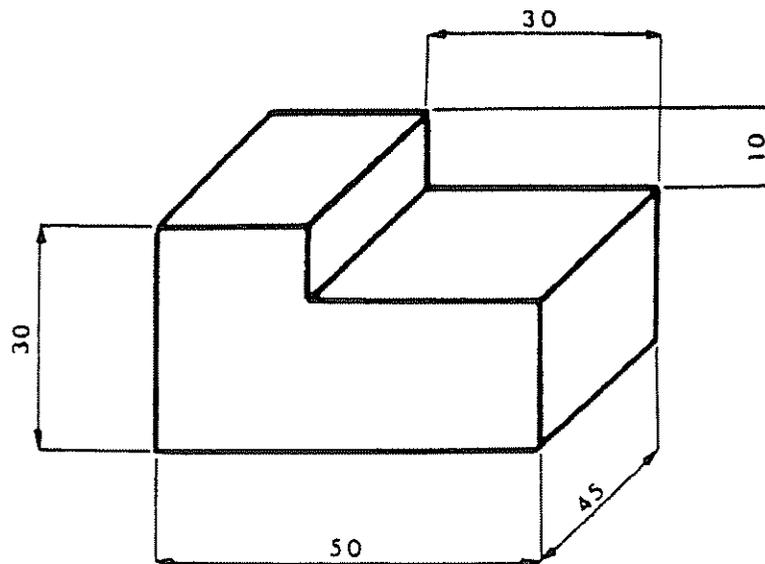


MISE EN PAGE D'UN DESSIN

La mise en place des vues dans la feuille de dessin doit être exécutée de façon à obtenir une disposition claire. On essaiera, chaque fois que c'est possible, d'avoir des intervalles égaux entre les vues de face, de gauche et de droite ainsi qu'entre les vues de face, de dessous et de dessus.

Exemple :

Soit le bloc de pierre dont les dimensions sont données par la perspective ci-dessous :



On demande de dessiner sur un papier format A4 vertical :

- la vue de face
- la vue de droite
- la vue de gauche
- la vue de dessus.

Tracer le format, le cadre intérieur à 5 mm du bord, et le cartouche qui a une hauteur de 0 mm. Le rectangle restant dans lequel on dessinera les différentes vues demandées aura les dimensions suivantes :

Hauteur : $297 - 5 - 0 - 5 = 247$ mm.

Largeur : $210 - 5 - 5 = 200$ mm.

Les vues occuperont dans le sens de la largeur du format :

- vue de droite : 45
 - vue de face : 50
 - vue de gauche : 45
- Soit : $45 + 50 + 45 = 140$ mm.

Il reste donc pour les espaces : $200 - 140 = 60$ mm.

Chaque espace X sera donc de $60 : 4 = 15$ mm.

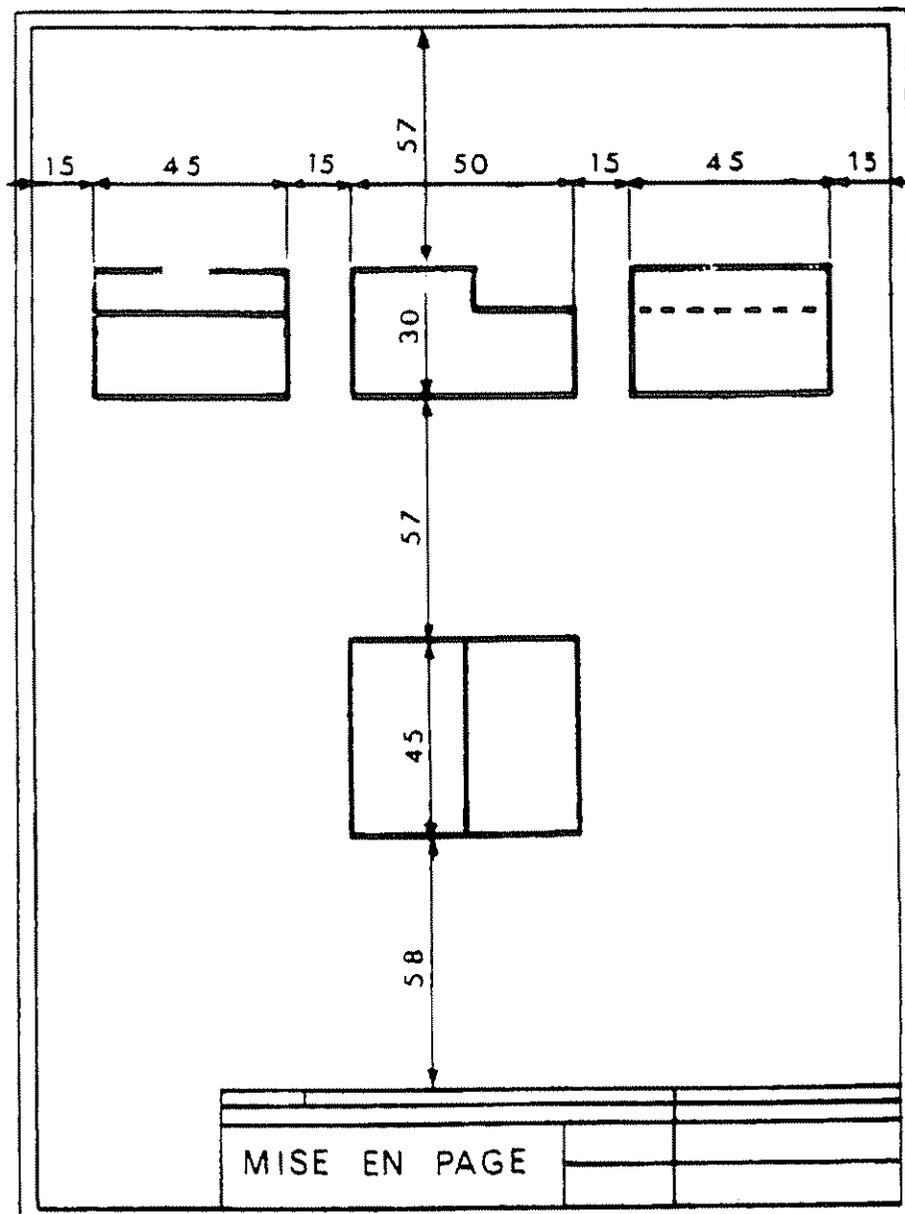
Les vues occuperont dans le sens de la hauteur du format :

- vue de face : 30
 - vue de dessus : 45
- Soit : $30 + 45 = 75$ mm.

Il reste donc pour les espaces : $247 - 75 = 172$ mm.

Chaque espace Y sera donc de $172 : 3 = 57,3$ soit 57 mm.

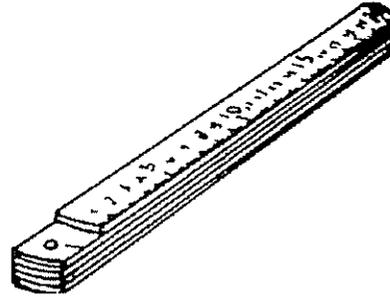
La figure donne la mise en page des vues de cet exemple.



3 - Échelles, surfaces, volumes

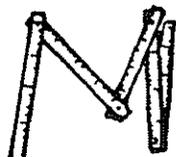
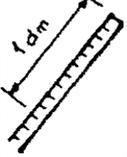
MESURES DE LONGUEUR

Le mètre est l'unité des mesures de longueur.



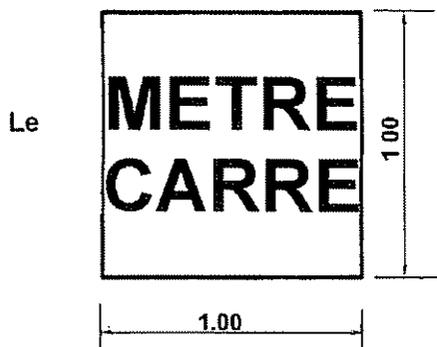
Les multiples.

Les sous-multiples.

MULTIPLES			Unité	Sous-multiples		
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
						
1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0
		1	1	0	0	0
				1	0	0
					1	0
						1

Les mesures de longueur vont de 10 en 10.

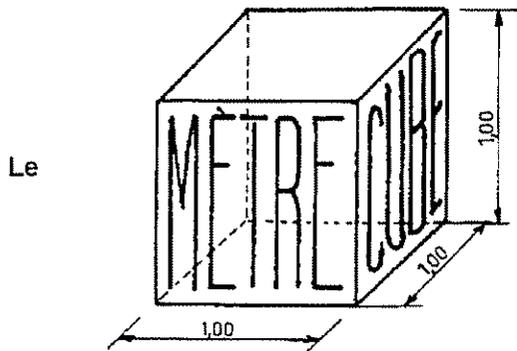
MESURES DE SURFACE



est l'UNITÉ des mesures de SURFACE, c'est la surface d'un carré dont le côté mesure 1.00 m.

UNITE	SOUS - MULTIPLES		
m^2	DECIMETRE CARRE	CENTIMETRE CARRE	MILLIMETRE CARRE
	dm^2	cm^2	mm^2

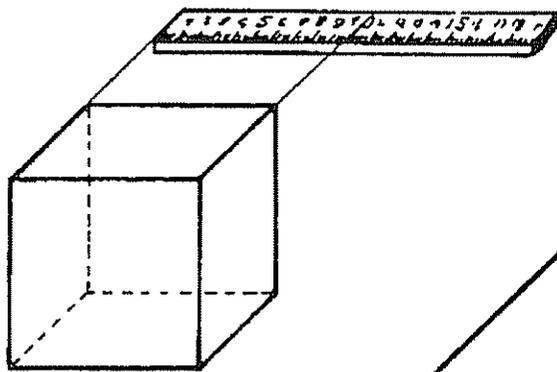
MESURES DE VOLUME



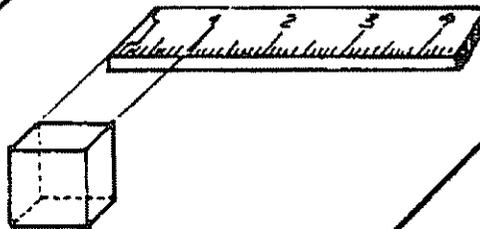
est l'UNITÉ des mesures de VOLUME.

C'est le volume d'un CUBE dont L'ARÊTE mesure 1.00 m.

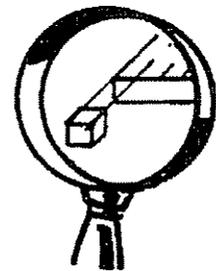
SOUS-MULTIPLES DU METRE CUBE



DECIMETRE CUBE
 dm^3



CENTIMETRE CUBE
 cm^3



MILLIMETRE CUBE
 mm^3

LES LIGNES

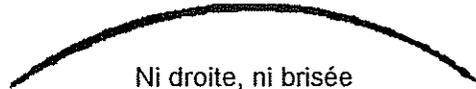
La ligne est une longueur sans largeur ni épaisseur.

Ligne droite



Le plus court chemin d'un point à un autre

Ligne courbe



Ni droite, ni brisée

Ligne brisée



Succession de droites qui ne sont pas dans le même prolongement

Ligne mixte



Succession de droites et de courbes

Lignes convexes



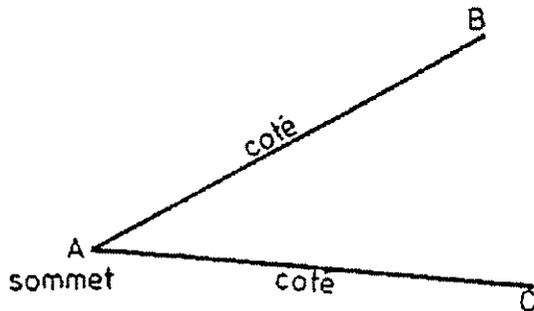
Courbe en saillie

Lignes concaves



Courbe en creux

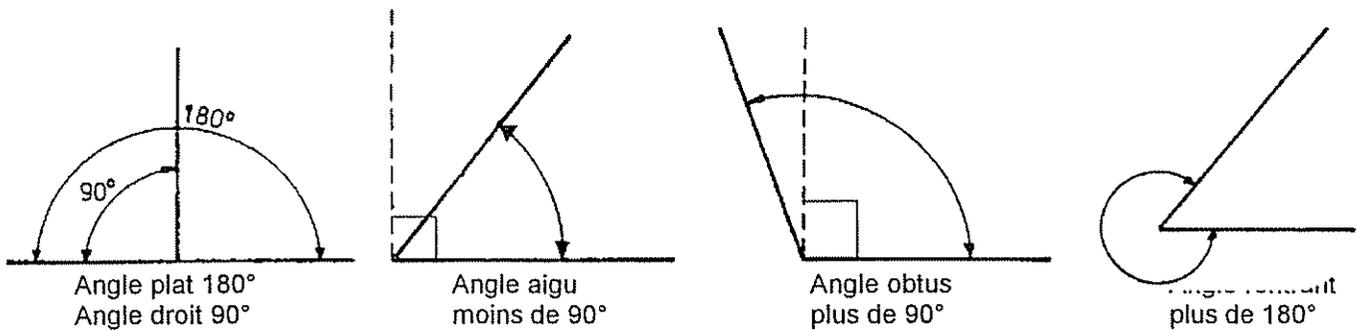
ANGLES



Un angle est la portion comprise entre deux demi-droites ayant pour origine le même point.

Sa valeur s'exprime en :

- degrés
- minutes
- secondes.

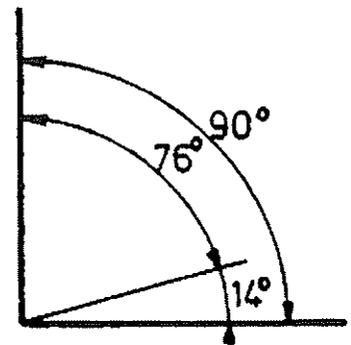


ANGLES COMPLEMENTAIRES

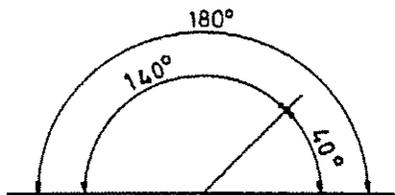
2 angles dont la somme est égale à 90° sont complémentaires.

Exemple :

14° est le complément de 76° et inversement.



ANGLES SUPPLEMENTAIRES

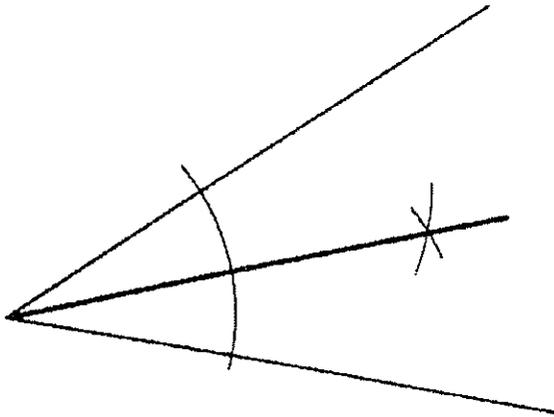


2 angles dont la somme est égale à 180° sont supplémentaires.

Exemple :

40° est le supplément de 140° et inversement.

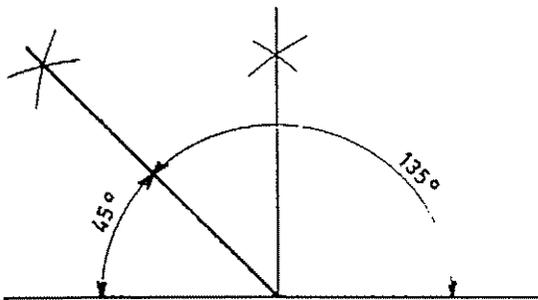
TRACES D'ANGLES REMARQUABLES



Bissectrice d'un angle :

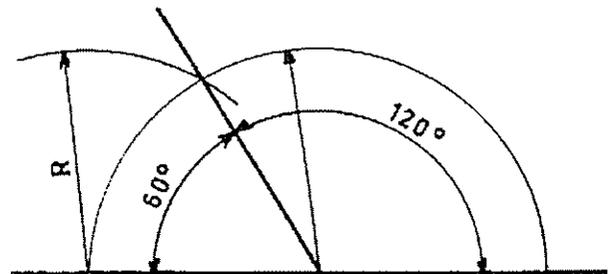
Droite qui partage un angle en 2 angles égaux.

Angles de 45° et 135°



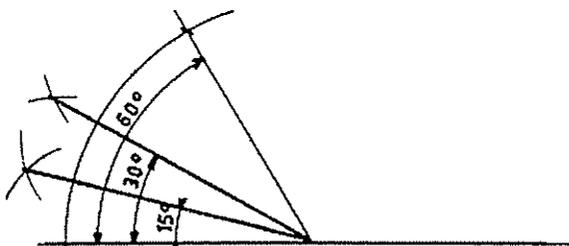
Tracer la bissectrice d'un angle de 90° .

Angles de 60° et 120°



Tracer un arc de cercle de rayon R coupant la droite (xy) en D, de D comme centre avec de même rayon tracer un second arc coupant le premier.

Angles de 30° et 15°

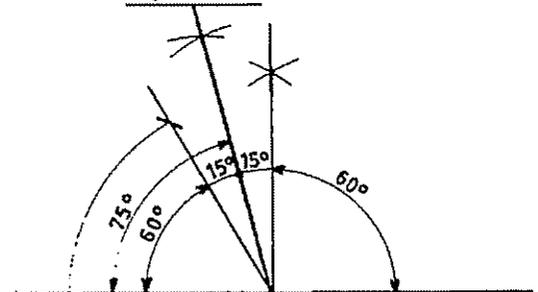


30° : tracer la bissectrice d'un angle de 60° .

15° : Tracer la bissectrice d'un angle de 30° .

Angles de 75°

Angle de 75°



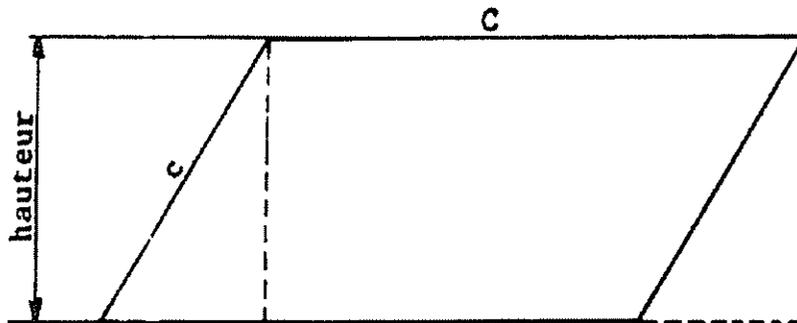
Tracer un angle de 90° puis un second de 60° .

Tracer ensuite la bissectrice de l'angle de 30° .

PARALLELOGRAMME - RECTANGLE - CARRE

1. PARALLELOGRAMME

Figure géométrique dont les côtés opposés sont égaux et parallèles.



La hauteur d'un parallélogramme est toujours perpendiculaire à côté.

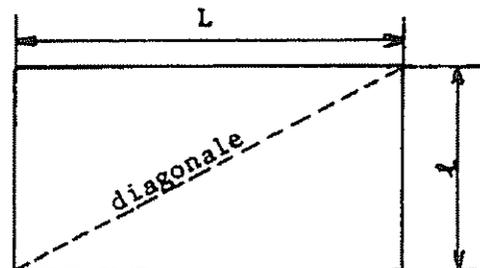
$$\begin{aligned}\text{Périmètre} &= (\text{grand côté} + \text{petit côté}) \times 2 \\ &= (C + c) \times 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Surface} &= \text{Côté} \times \text{hauteur} \\ &= (C \times c) \text{ ou } (B \times h)\end{aligned}$$

On appelle aussi BASE le côté perpendiculaire à la hauteur.

2. RECTANGLE

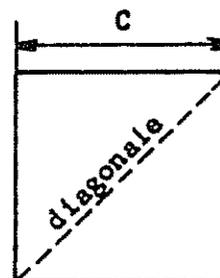
- Côtés opposés égaux 2 à 2.
- 4 angles droits.
- Diagonales égales.



$$\begin{aligned}\text{Périmètre} &= (L + 2) \times 2 \\ \text{Surface} &= L \times 2\end{aligned}$$

3. CARRE

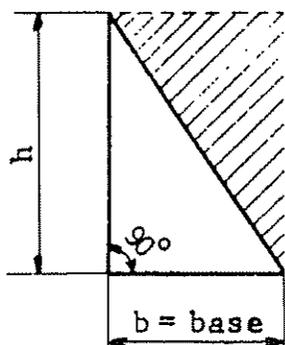
- Côtés égaux.
- 4 angles droits.



$$\begin{aligned}\text{Périmètre} &= C \times 4 \\ \text{Surface} &= C \times C \\ \text{Diagonale} &= C \times 1,414\end{aligned}$$

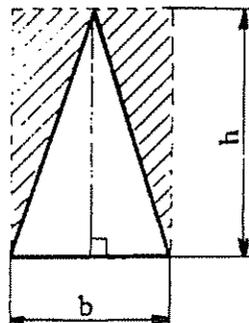
TRIANGLES

Triangle rectangle
un angle à 90°



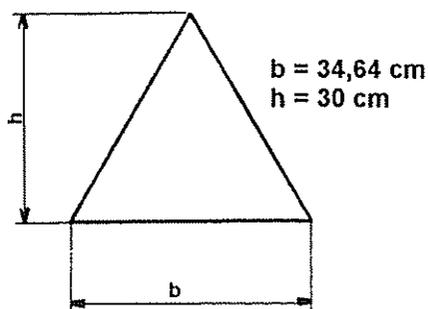
$b = 20 \text{ cm}$
 $h = 30 \text{ cm}$

Triangle isocèle
2 angles égaux et 2 côtés égaux

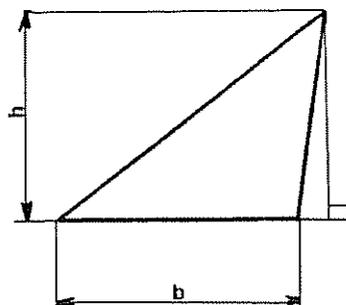
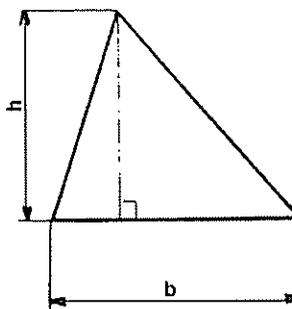


$$\text{Surface} = \frac{\text{base} \times \text{hauteur}}{2} \quad s = \frac{b \times h}{2} = \frac{20 \times 30}{2} = 300 \text{ cm}^2$$

Triangle équilatéral
3 angles égaux et 3 côtés égaux



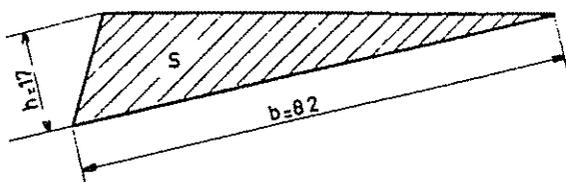
Triangles quelconques



$$S = \frac{b \times h}{2} = \frac{34,64 \times 30}{2} = 519,6 \text{ cm}^2$$

NOTA : Le triangle a pour surface la moitié de la surface du rectangle qui aurait pour dimensions la base et la hauteur du triangle.

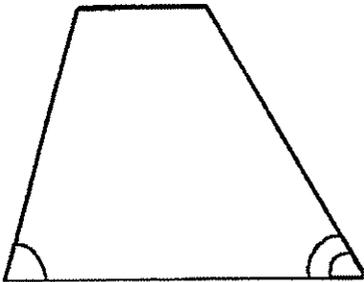
Application



Calculer la surface de la section d'un coin de forme triangulaire ;
base = 82 cm, hauteur = 17 cm.

$$S = \frac{b \times h}{2} = \frac{82 \times 17}{2} = 697 \text{ cm}^2$$

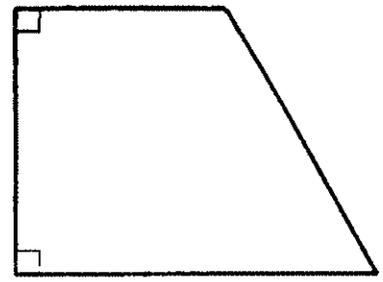
TRAPEZE



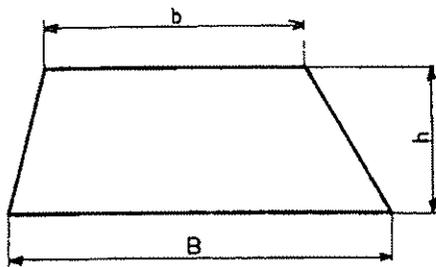
Quelconque



Isocèle



Rectangle



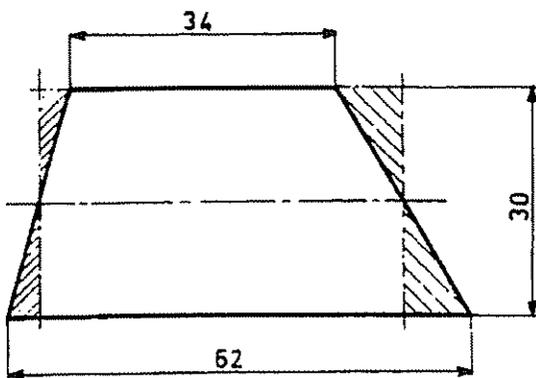
Dans le trapèze :

- b est la petite base
- B la grande base
- h la hauteur

La surface est égale :

$$S = \frac{B + b}{2} \times h$$

Application



Calculer la surface du trapèze ci-contre :

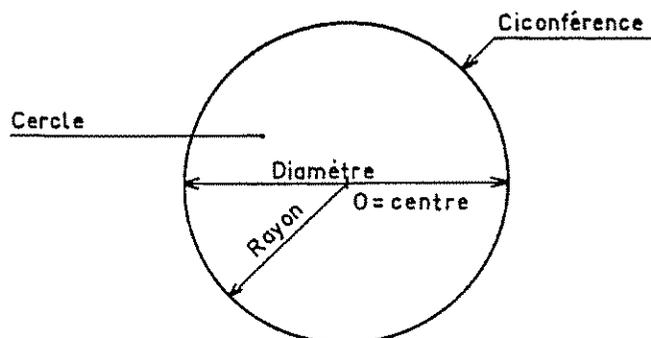
$$b = 34 \quad B = 62 \quad h = 30$$

$$S = \frac{B + b}{2} \times h = \frac{62 + 34}{2} \times 30 = 1\,440 \text{ mm}^2$$

CIRCONFERENCE - CERCLE

CIRCONFERENCE

La circonférence est une ligne plane, courbe, fermée, dont tous les points sont à même distance d'un point fixe, O, appelé centre.



Diamètre : Droite joignant 2 points de la circonférence en passant par le centre O. Se désigne également par la lettre \emptyset .

Rayon : Segment de droite joignant le centre O à un point quelconque de la circonférence et dont la longueur est égale au diamètre divisé par 2.

$$\text{Rayon} = \frac{\text{diamètre}}{2} \quad \text{ou} \quad R = \frac{D}{2}$$

Longueur de la circonférence :

$$\text{Diamètre} \times \pi \quad \text{ou} \quad \pi D$$

Prendre 3,14 pour valeur de π (pi).

CERCLE

Le cercle est la portion plane comprise à l'intérieur de la circonférence.

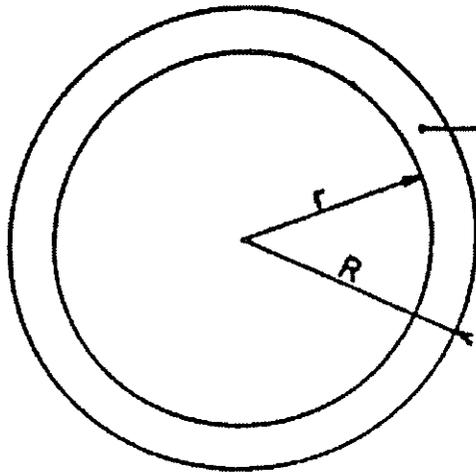
Surface du cercle : $\frac{\text{Diamètre} \times \text{diamètre} \times \pi}{4}$ ou rayon \times rayon $\times \pi$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

ou

$$S = \pi R^2$$

COURONNE



La couronne : C'est la surface comprise entre deux conférences concentriques.

L'extrémité d'un tube, la coupe d'une tour, représentent une couronne.

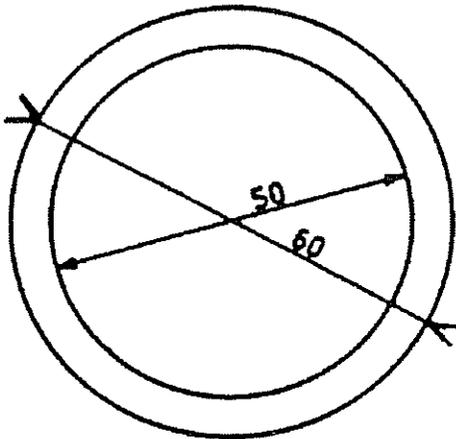
Surface de la couronne :

Elle est égale à la surface du grand cercle, diminuée de celle du petit cercle.

En simplifiant on obtient la formule :

$$S = \pi (R^2 - r^2)$$

Application : Calculer la surface de la couronne représentée par le dessin ci-contre.



Réponse : $R = \frac{60}{2} = 30$

$$r = \frac{50}{2} = 25$$

$$R^2 = 30 \times 30 = 900$$

$$r^2 = 25 \times 25 = 625$$

Surface : $\pi (900 - 625)$ ou $3,14 \times 275 = 863,5 \text{ mm}^2$.

RAPPORTS ET PROPORTIONS

RAPPORT : Comparaison de 2 grandeurs.

Exemple : Une salle de séjour mesure 6,20 m en grandeur réelle, sur un plan à l'échelle 1/20 elle aura pour dimension 31 cm.

Il y a rapport entre la longueur réelle de la pièce (6,20 m).

$$\frac{6,20}{0,31}$$

Un rapport peut s'exprimer également en pourcentage.

Exemple : Sur une distance de 140 km un camion a consommé 28 litres de carburant.

Pour 70 km la consommation sera réduite de moitié soit 50 %.

PROPORTION : 2 grandeurs sont proportionnelles quand l'une devenant 2, 3, 4 fois plus grande ou plus petite, l'autre devient en même temps 2, 3, 4 fois plus grande ou plus petite.

Exemple : Un stagiaire travaille 8 heures par jour, combien fera-t-il d'heure en :

- 2 jours $8 \text{ h} \times 2 = 16 \text{ h}$
- 3 jours $8 \text{ h} \times 3 = 24 \text{ h}$
- 5 jours $8 \text{ h} \times 5 = 40 \text{ h}$.

Le nombre de jours de travail et le nombre d'heures réalisées sont des grandeurs proportionnelles.

2 grandeurs proportionnelles à une même troisième, sont proportionnelles entre elles.

Exemple : 1 m^3 de béton mis en oeuvre nécessite 800 litres de gravier, 400 litres de sable et 300 kg de ciment.

Pour $0,500 \text{ m}^3$ de béton mis en place, les trois éléments deviennent proportionnels entre eux, soit : 400 litres de gravier, 200 litres de sable et 150 kg de ciment.

DENSITE

C'est le rapport du poids de l'objet au poids du volume d'eau égal au sein.

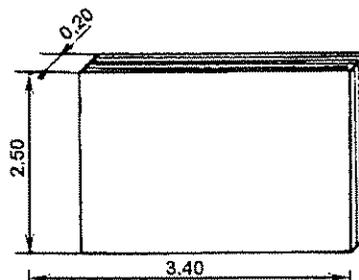
Densité = $\frac{\text{mesure du poids en kilogrammes}}{\text{mesure du volume en dm}^3}$

La connaissance de la densité sert à calculer le poids d'un objet de dimensions connues, par mesure directe, ou par dessin.

Densité de quelques matériaux courants

Métaux	}	Fer, acier.....	7,8
		Fontes.....	7,4
		Alliages cuivres (bronze laiton).....	8,6 à 8,8
		Alliages légers.....	2,7
		Plomb.....	11,4
Bois	}	Durs (chêne, acajou).....	0,75 à 0,85
		Normaux (sapin, hêtre).....	0,55 à 0,65
Roches	}	Grès à pavé.....	2,5 à 2,6
		Meulières.....	2,5
		Calcaires.....	1,9 à 2,3
		Sable, gravier.....	1,3 à 1,5
Matériaux artificiels	}	Briques pleines, tuiles.....	1,8 à 2
		Béton normal.....	1,9 à 2,2
		Béton armé.....	2,4 à 2,5
		Béton léger porteur.....	1,2 à 1,8
		Béton léger non porteur.....	0,6 à 1

Application : Soit un parallélépipède rectangle dont le matériaux est de densité 2,5.
Son volume est de : $2,50 \times 3,40 \times 0,20 = 1\ 700\ \text{dm}^3$
Son poids : $1\ 700\ \text{dm}^3 \times 2,5 = 4\ 250\ \text{kg}$



ECHELLES ET DETAILS

Définition

l'échelle est le rapport constant entre les dimensions réelles d'un objet, et sa représentation graphique (le dessin).

On distingue :

- 1) **Echelle « vraie grandeur » (Echelle 1)**
Utilisée pour la représentation, aux dimensions réelles, de certains détails de l'objet dessiné en vue d'ensemble, à l'échelle réduite (exemple figure 1).
- 2) **Echelle d'agrandissement (Echelles 2, 3, 5, etc.)**
Permet, dans certains cas, de représenter, avec une grande précision, certains détails qui ne pourraient être significatifs même à l'échelle « vraie grandeur »

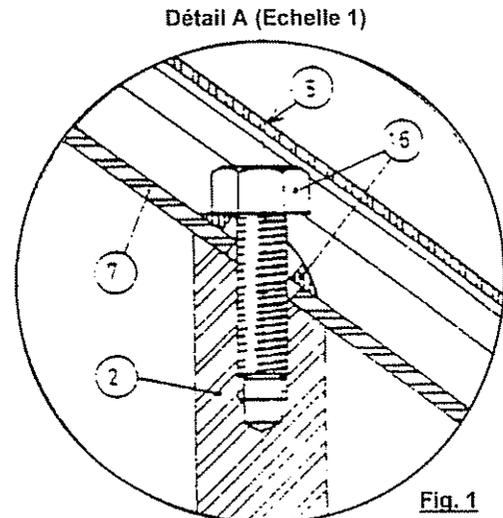
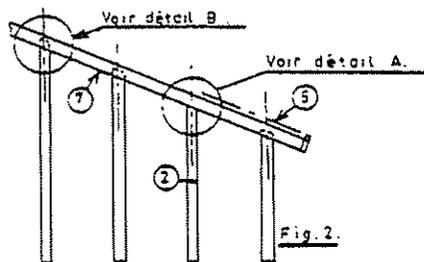


Fig. 1



- 3) **Echelle de réduction (Echelle 0,2 ; 0,5 etc.)**
Représentation d'une vue d'ensemble d'un ouvrage, d'une pièce, d'un objet ; les détails sont limités ou inexistant (exemple figure 2)

Choix

Sauf cas particulier pleinement justifié, utiliser les échelles ci-après :

- 1) Agrandissement
Rapports 2/1 ; 5/1 ; 10/1 ; 20/1
- 2) Réduction (Principales échelles normalisées)

Echelle fractionnelle (Rapport)	Correspondance Echelle décimale	Expression en centimètres par mètre (convention bâtiment)
1/5	0,20	20 cm Pm
1/10	0,10	10 cm Pm
1/20	0,05	5 cm Pm
1/50	0,02	2 cm Pm
1/100	0,01	1 cm Pm

Inscription

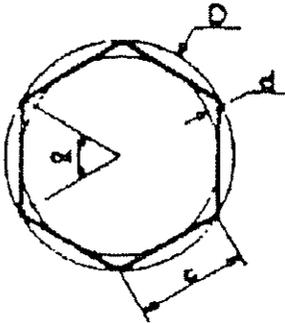
L'échelle est toujours indiquée dans une case du cartouche du dessin (figure 3).

Si un détail, ou une coupe n'est pas représenté l'échelle d'ensemble du dessin l'indication d'échelle sera portée en regard du titre du détail ou de la coupe (exemple figure 1).

SURFACES PLANES



1) POLYGONES RÉGULIERS



	TRIANGLE	CARRÉ	PENTA-GONE	HEXAGONE	OCTOGONE	DÉCA-GONE	DODÉCA-GONE
n	3	4	5	6	8	10	12
α	120°	90°	72°	60°	45°	36°	30°

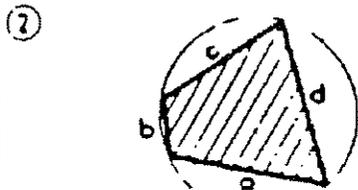
VALEURS POUR D=1

c = longueur du côté
d = diamètre ϕ inscrit
S = surface du polygone

c	0,866	0,707	0,588	0,500	0,383	0,309	0,259
d	0,500	0,707	0,811	0,866	0,923	0,952	0,967
S	0,325	0,500	0,596	0,650	0,707	0,735	0,750

2) SURFACES USUELLES

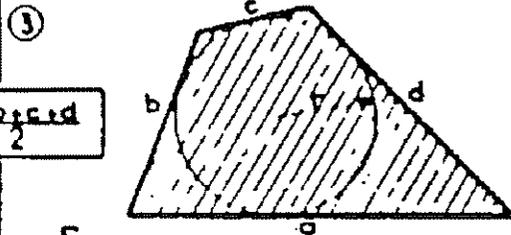
QUADRILATÈRE INSCRIPTIBLE



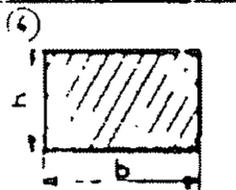
$$p = a+b+c+d$$

$$S = \sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)}$$

QUADRILATÈRE CIRCOSCRIPTIBLE

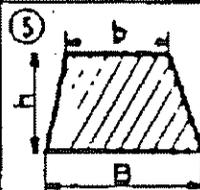


$$S = p \cdot r$$



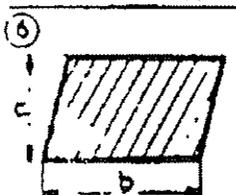
RECTANGLE

$$S = b \cdot h$$



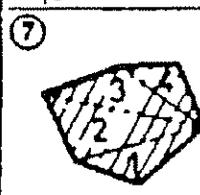
TRAPÈZE

$$S = \frac{B+b}{2} \cdot h$$



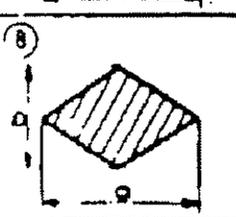
PARALLÉLOGRAMME

$$S = b \cdot h$$



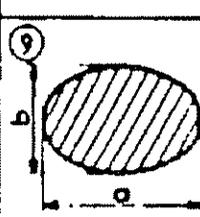
POLY-GONE QUELCONQUE

$$S = s_1 + s_2 + s_3 + s_4$$



LOSANGE

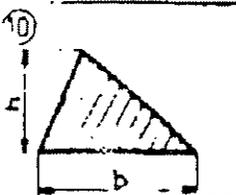
$$S = \frac{a \cdot h}{2}$$



ELLIPSE

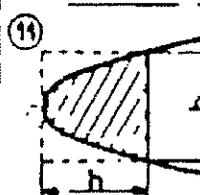
$$S = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{4}$$

$$S = 0,785 \cdot a \cdot b$$



TRIANGLE

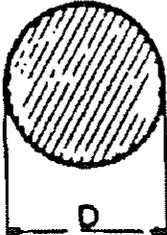
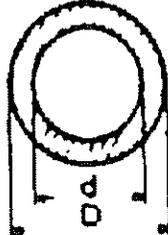
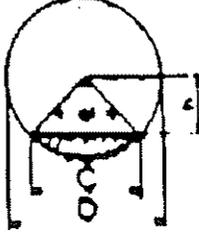
$$S = \frac{b \cdot h}{2}$$

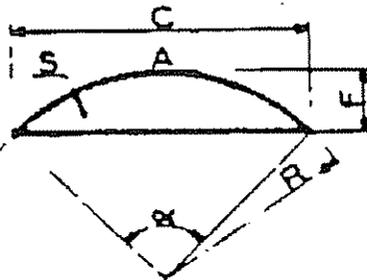


SEGMENT PARABOLIQUE

$$S = \frac{2}{3} (b \cdot h)$$

SURFACES CIRCULAIRES

① CERCLE	② COURONNE	③ SECTEUR	④ SEGMENT
			
$S = \frac{\pi D^2}{4}$	$S = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$	$S = \frac{\pi D^2 \alpha}{4 \times 360}$	$S = \frac{\pi D^2 \alpha}{4 \times 360} - \frac{C \cdot h}{2}$
Ex: D = 50 mm S = 1963,50 mm ²	Ex: D = 40 mm d = 30 mm S = 549,50 mm ²	Ex: D = 25 mm $\alpha = 100^\circ$ S = 136,28 mm ²	Ex: D = 40 mm $\alpha = 90^\circ$ S = 114,16 mm ²



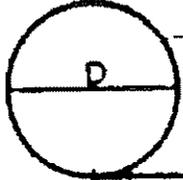
$\alpha = \text{Angle}$
 $R = \text{Rayon}$
 $A = \text{Arc}$
 $C = \text{Corde}$
 $F = \text{Flèche}$
 $S = \text{Segment}$

RELATIONS

Corde $C = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$
ou $C = 2\sqrt{2RF \cdot F'}$

Flèche $F = R(1 - \cos \frac{\alpha}{2})$
ou $F = R - \sqrt{R^2 - \frac{C^2}{4}}$

Arc A	Rayon R
$A = \frac{\pi R \alpha}{180}$	$R = \frac{C^2}{8F} + \frac{F}{2}$



Développement
de la circonférence = πD

$\pi = \frac{\text{CIRCONFÉRENCE}}{\text{DIAMÈTRE}}$

$\pi = 3,14159...$



SOLIDES

À SURFACE DÉVELOPPABLE

VOLUMES		SURFACES	
①	PARALLÉLÉPIPÈDE RECTANGLE $V = a \cdot b \cdot c$ <hr/> CUBE: a=b=c $V = a^3$	②	<i>Développement</i> $S = 2(ab+bc+ca)$ <hr/> Pour le CUBE $S = 6a^2$
③	CYLINDRE $V = \pi R^2 h$ ou $V = \frac{\pi D^2 h}{4}$	④	<i>Développement</i> $S_{\text{latérale}} = 2\pi R h$ (Sl) $S_{\text{totale}} = 2\pi R(R+h)$ (St)
⑤	CÔNE $V = \frac{1}{3}\pi R^2 h$	⑥	<i>Développement</i> $\alpha = \frac{360^\circ \cdot R}{s}$ $S_l = \pi R s$ $S_t = \pi R s + \pi R^2 = \pi R(s+R)$
VOLUMES			
⑦	PRISME $V = B \cdot h$	⑧	TRONC DE PRISME TRIANGULAIRE $V = S \cdot \frac{a+b+c}{3}$ S (section droite)
⑨	PYRAMIDE $V = \frac{B \cdot h}{3}$	⑩	TRONC DE PYRAMIDE $V = \frac{h}{3}(B+b+\sqrt{Bb})$
⑪	CYLINDRE TRONQUÉ $V = \pi R^2 \left(\frac{H+h}{2}\right)$	⑫	TRONC DE CÔNE $V = \frac{\pi h}{3}(R^2+r^2+Rr)$
⑬	ONGLET CYLINDRIQUE $V = \frac{2}{3}R^2 h$	⑭	TAS DE CAILLOUX $V = \frac{h}{6}[b(2a+d)+b(2a+c)]$

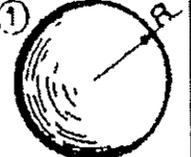
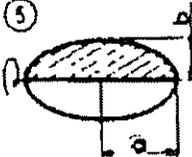
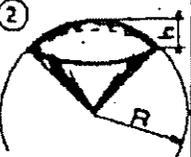
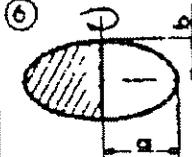
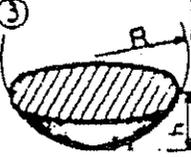
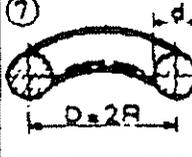
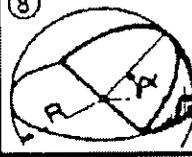
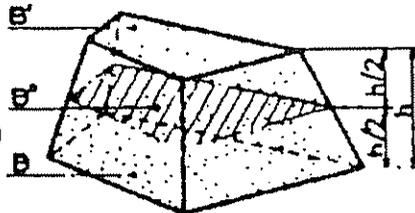
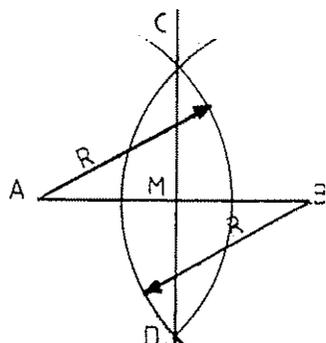
SOLIDES À SURFACE NON DÉVELOPPABLE			
① 	SPHÈRE $S = 4\pi R^2 = \pi D^2$ $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi D^3}{6}$	⑤ 	ELLIPSOÏDE DE RÉVOLUTION allongé $V = \frac{4}{3}\pi a b^2$
② 	SECTEUR SPHÉRIQUE $S_{\text{capote}} = 2\pi R h$ $V = \frac{2}{3}\pi R^2 h$	⑥ 	ELLIPSOÏDE DE RÉVOLUTION aplati $V = \frac{4}{3}\pi a^2 b$
③ 	SEGMENT SPHÉRIQUE à une base $V = \frac{\pi h^2}{3}(3R - h)$	⑦ 	TORE $S = \pi^2 O d$ $V = \frac{\pi^2 D d^2}{4}$
④ 	SEGMENT SPHÉRIQUE à deux bases $S_{\text{zone}} = 2\pi R h$ $V = \frac{\pi h^3}{6} + \frac{\pi h}{2}(r_1^2 + r_2^2)$	⑧ 	ONGLET SPHÉRIQUE $S_{\text{fuseau}} = \frac{\pi R^2 \alpha}{90}$ $V_{\text{onglet}} = \frac{\pi R^3 \alpha}{270}$
⑨ FORMULE DES 3 NIVEAUX			
$B // B' // B''$ $V = \frac{h}{6}(B + B' + B'')$		APPLICATIONS: - tronc de pyramide - tronc de cône - segment sphérique - tas de sable	

Tableau de concordance entre les unités de VOLUME et de POIDS

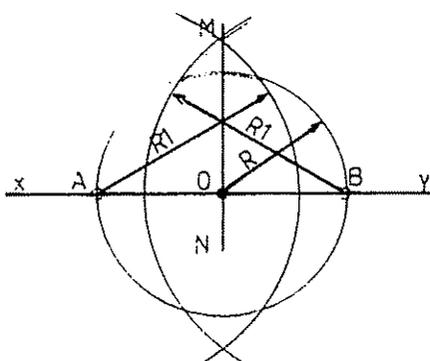
	1.000	100	10	1	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{1000}$
Volumes	m^3			dm			cm^3
Poids	T	q		kg	hg	dag	g

4 - Tracés élémentaires

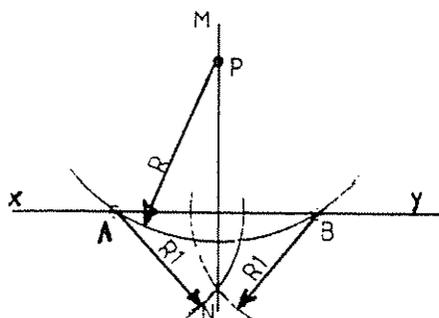
LES PERPENDICULAIRES



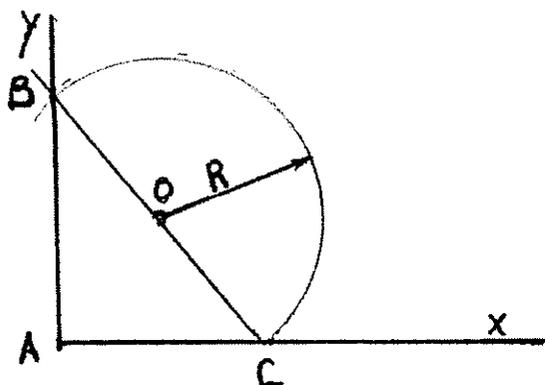
1. Tracé d'une perpendiculaire à un segment AB.
 - Choisir une ouverture de compas égale à R
 - $R > \frac{AB}{2}$
 - De A tracer un arc de rayon R
 - De B tracer un deuxième arc de rayon R coupant le précédent en C et D
 - Joindre CD
 - $CA = CB = DB$
 - CD est la médiatrice du segment AB
 - M est le milieu de AB.



2. Tracé d'une perpendiculaire à XY passant par O.
 - Choisir une ouverture de compas égale à R
 - De O tracer un cercle de rayon R coupant XY en A et B
 - De A et B tracer deux arcs de rayon $R_1 > \frac{AB}{2}$ qui se coupent en M
 - Tracer la droite MN passant par O
 - $MA = MB = R_1$
 - $AO = OB = R$
 - MN est perpendiculaire à XY.



3. Tracé d'une perpendiculaire à XY passant par un point P extérieur à cette droite.
 - De P tracer un arc de rayon R, il coupe XY en A et B
 - De A et B tracer deux arcs de rayon R_1 , ils se coupent en N
 - Tracer MN
 - $AP = BP = R$
 - $AN = BN = R_1$
 - MN est perpendiculaire à XY.

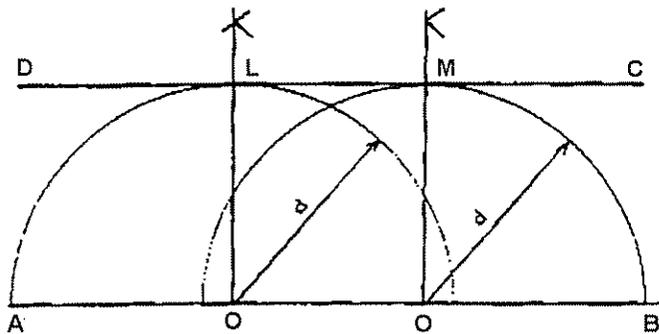
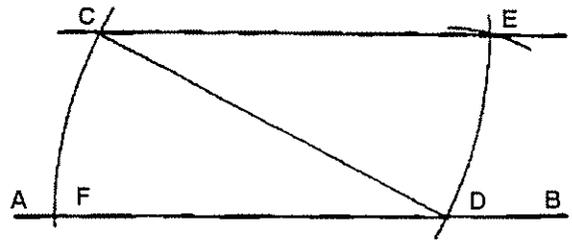


4. Trace d'une perpendiculaire passant par un point A qui est à l'origine d'une demi-droite AX.
 - Choisir un point O extérieur à cette demi-droite
 - De O tracer un cercle de rayon $R = OA$
 - Le cercle coupe AX en C
 - Tracer la droite CO et la prolonger pour couper le cercle en B
 - CB est le diamètre du cercle de centre O
 - Élever la droite AY passant par B
 - L'angle BAC est inscrit dans un demi-cercle dont l'angle A est droit et AY est perpendiculaire à AX.

LES PARALLELES

Par un point donné C, mener une parallèle à une droite donnée AB.

Prendre CD quelconque.
Du point C mener l'arc ED et au point D l'arc CF.
Porter à longueur CF sur ED.

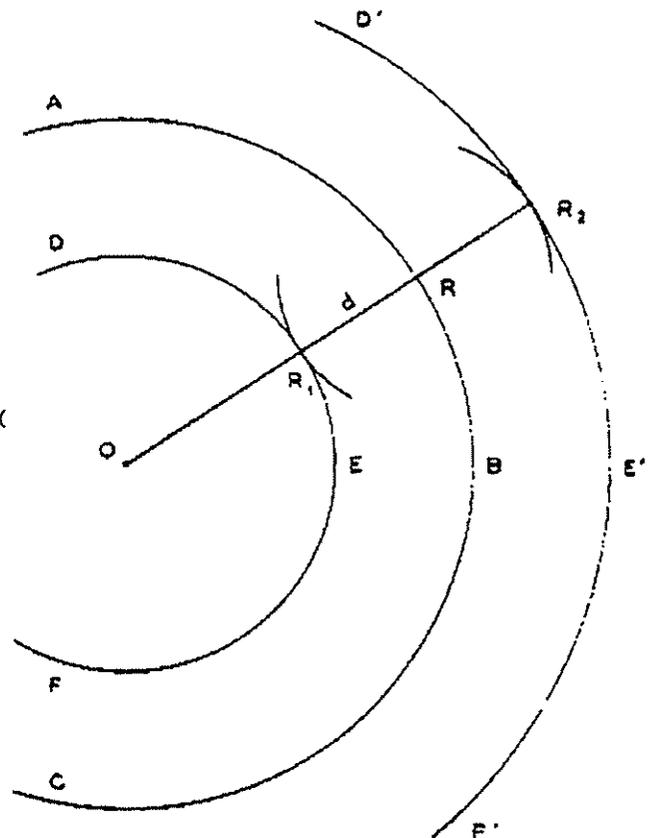


A une distance donnée $d = 35$ mm, construire une parallèle DC à la droite donnée AB.

$AO = d = 35$.
Mener OL, OM perpendiculaires sur AB.
Joindre L et M.

A une distance donnée $d = 20$ mm, mener une parallèle DEF, ou D'E'F', à une courbe donnée ABC, de centre O.

Mener OR (R est un point quelconque de la courbe ABC)
Du point R porter 20 mm en R_1 et en R_2 .
Tracer les parallèles avec les rayons OR_1 et OR_2 .



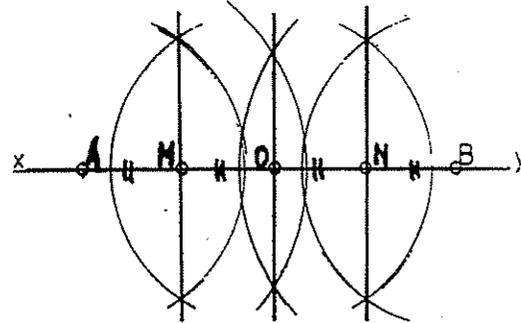
DIVISION DE DROITE,

et

REPORT D'ANGLES

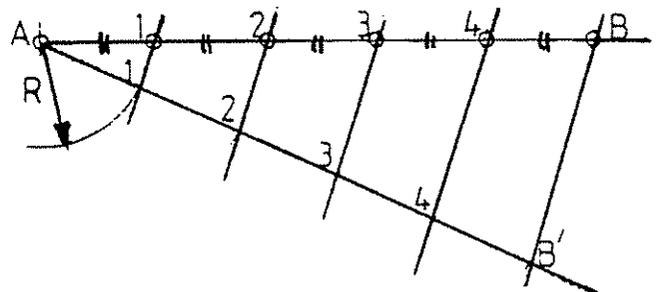
1. Division d'un segment de droite AB.

- Tracer la droite XY
- Porter le segment AB sur XY
- Partant de A et B tracer la médiatrice du segment, on obtient O
- Refaire le même tracé en partant de OA et de CB, on obtient M et N
- Par construction la division est toujours paire.



2. Division d'un segment de droite AB en un nombre quelconque de parties égales.

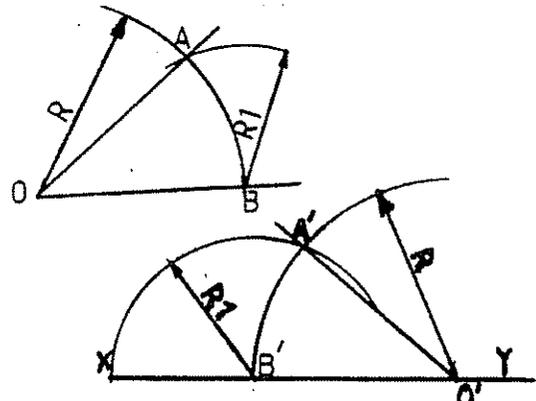
- De A tracer une demi-droite AX
- Choisir une ouverture de compas égale à R
- De A porter sur la droite AX le nombre de divisions recherchées (ici 5 : A-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-B') (d'une dimension proche de celle que l'on cherche)
- Joindre BB'
- A l'aide d'équerre et règle, tracer les parallèles à BB' passant par 4 - 3 - 2 - 1 et coupant AB en 1' - 2' - 3' - 4'



3. Report d'un angle.

L'angle AOB est à reporter sur la droite XY

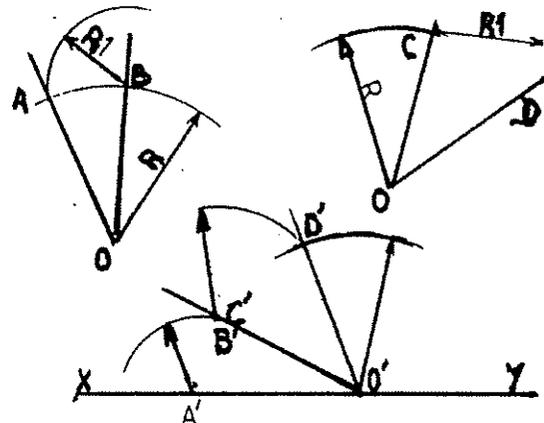
- Sur la droite XY porter le point O'
- Tracer un arc de rayon R coupant les côtés de l'angle en A et B
- Tracer ce même arc sur XY en partant de O', on obtient B'
- Prendre une ouverture de compas de rayon R1 égal à la corde AB
- En partant de B' tracer un nouvel arc qui coupe le premier en A'
- Tracer O'A'
- Le report est effectué.



4. Addition d'angles par report.

Addition de AOB et COD.

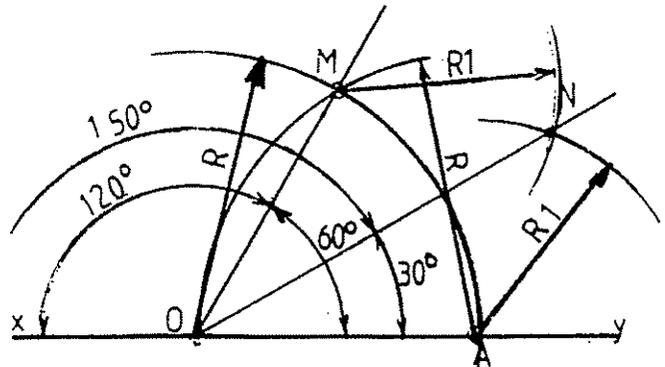
- En utilisant la méthode de construction précédente (3), on obtient l'angle AOD.



LES ANGLES

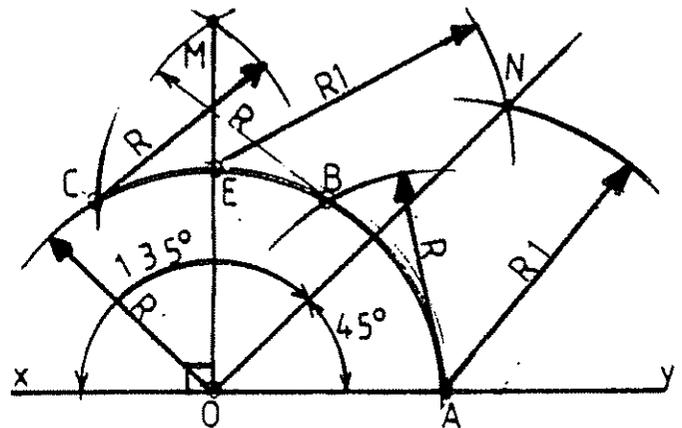
1. Construction d'un angle de 60° 120°
 30° 150°

- O est un point de la droite XY
- Choisir une ouverture de compas égale à R
- Du point O tracer un arc de cercle coupant XY en A
- De A tracer un arc de rayon R coupant le premier en M
- De M tracer la demi-droite OM, côté de l'angle à 60°
 \widehat{MOA} forme un angle de 60°
- Son angle supplémentaire fait 120°
- Choisir une ouverture de compas égale à R_1
- Des points A et M tracer deux arcs se coupant en N
- ON est la bissectrice de l'angle de 60°
 \widehat{NOA} forme un angle de 30°
- Son angle supplémentaire fait 150° .



2. Construction d'un angle de 90° - 45° et 135° .

- O est un point de la droite XY
- Choisir une ouverture de compas égale à R
- Du point O, tracer un arc de cercle coupant XY en A
- De A tracer un deuxième arc coupant le premier en B
- De B effectuer la même opération en conservant le rayon R on obtient C
- De C tracer un même arc toujours de rayon R coupant le précédent en M
- MO est perpendiculaire à XY
- Des points A et E tracer deux arcs de rayon R_1 se coupant en N
- $\widehat{NOA} = 45^\circ$
- Son angle supplémentaire fait 135° .

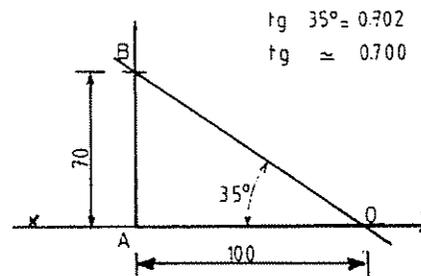


3. Construction d'un angle quelconque à l'aide de sa tangente.

Exemple angle de 35° .

Sachant que la valeur de la tangente de 35° est 0.702 (soit ≈ 0.700), prendre sur la droite XY un point O
 Tracer la droite OA et la perpendiculaire AB en respectant le rapport 100 pour 70

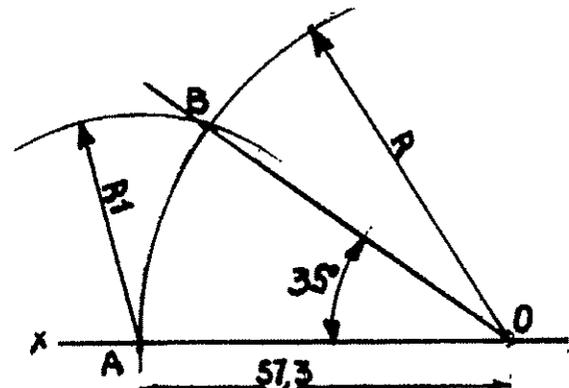
Joindre OB pour obtenir le triangle rectangle OAB, l'angle de 35° est l'angle opposé au côté AB.



4. Construction d'un angle quelconque à l'aide d'un arc de cercle ayant pour rayon 573 mm.

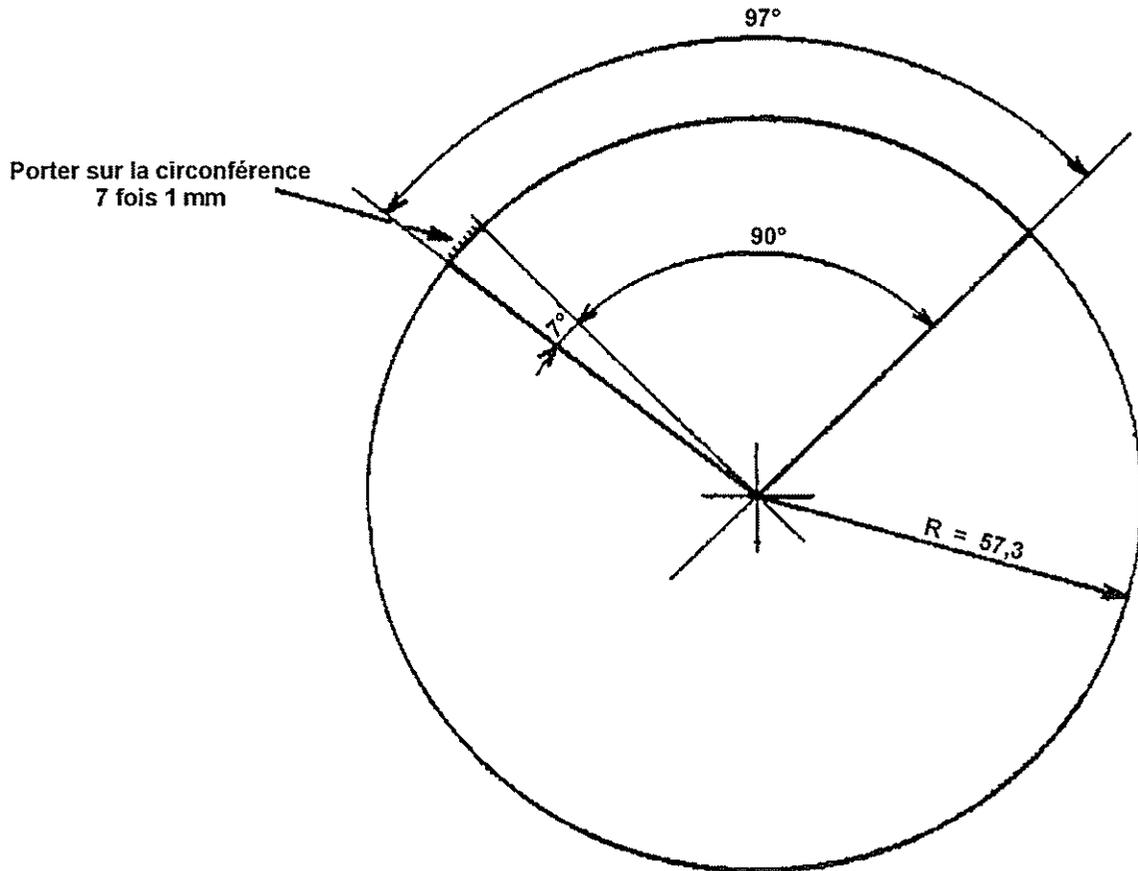
- O est un point de la droite XY
- Prendre une ouverture compas $R = 573$
- De O tracer un arc de rayon R coupant XY en A
- De A tracer un arc de 35 mm qui coupe le premier arc en B
- L'angle AOB est égal à 35°

NOTA : Partant de ce principe on obtient l'angle recherché 1 mm sur la circonférence $\approx 1^\circ$ pour l'angle.
 (voir page suivante)



TRACE D'UN ANGLE QUELCONQUE

Utilisation d'une circonférence de $R = 57,3$.



Rayon de la circonférence = $57,3$ (R).

Diamètre = $R \times 2 = 57,3 \times 2 = 114,6$ (D).

Longueur de la circonférence = $D \times \pi = 114,6 \times 3,14 = 360$ mm.

Circonférence = 360° .

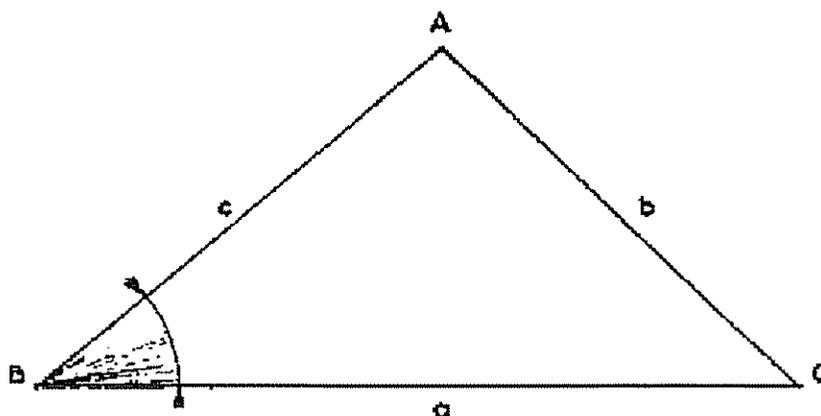
$$1 \text{ degré} = \frac{360 \text{ mm}}{360^\circ} = 1 \text{ mm.}$$

Exemple d'application :

Soit, tracer un angle de 97° .

- Tracer un angle de 90° .
- Ajouter, sur la circonférence, 7 fois 1 mm.
- Contrôler avec un rapporteur.

DROITES REMARQUABLES DANS UN TRIANGLE



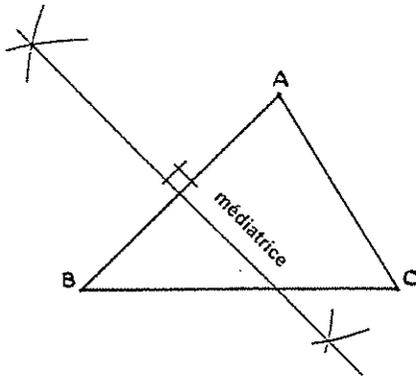
Définition :

Un triangle est un polygone de trois côtés a, b, c.

Dans tout triangle, on distingue :

1. Les trois sommets : A, B, C.
2. Les trois côtés AB, BC, CA, dont on représente généralement les longueurs par les lettres : a, b, c.
3. Les trois angles \hat{A} , \hat{B} , \hat{C} (d'où le nom de triangle).
 - Le côté BC, par exemple, est dit opposé à l'angle.
 - Le côté AB est opposé à l'angle \hat{C} .
 - Le côté AC est opposé à l'angle \hat{B} .

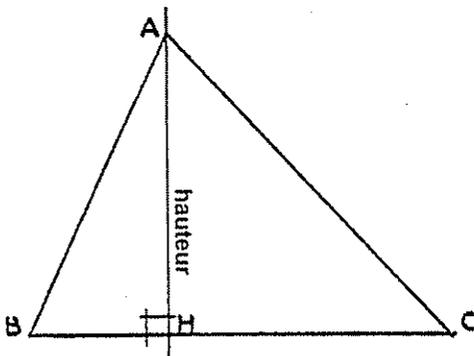
DROITES REMARQUABLES DANS UN TRIANGLE (suite)



Médiatrice : Droite perpendiculaire élevée au milieu de l'un des côtés.

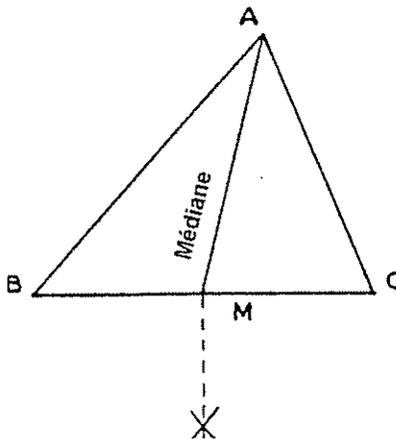
Une médiatrice d'un triangle est la médiatrice de l'un quelconque des côtés :

Médiatrice MX du côté AB.



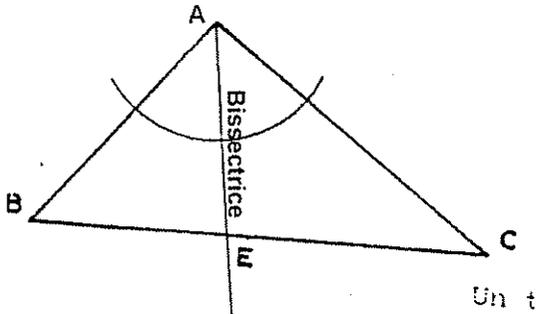
Une hauteur est le segment de droite passant par l'un des sommets et perpendiculaire sur le côté opposé.

La hauteur AH relative au côté BC.



Une médiane d'un triangle est le segment de droite joignant un sommet au milieu du côté opposé :

La médiane AM. (BM = MC)



Bissectrice : Droite divisant un angle en deux angles égaux.

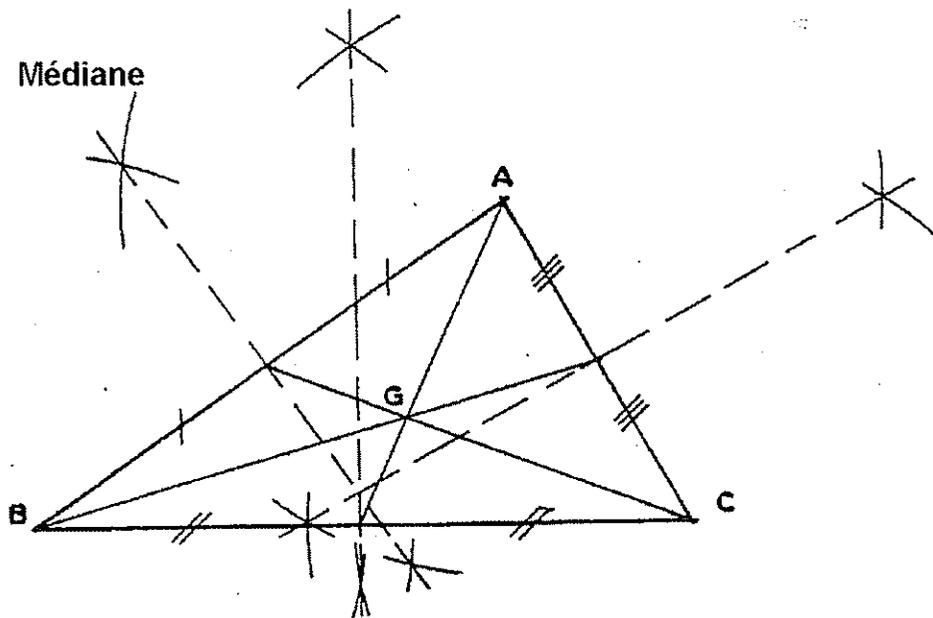
La bissectrice d'un triangle est la bissectrice de l'un quelconque de ses angles :

La bissectrice AE.

Un triangle a donc :

- 3 médiatrices
- 3 hauteurs
- 3 médianes
- 3 bissectrices.

DROITES REMARQUABLES DANS UN TRIANGLE (suite)

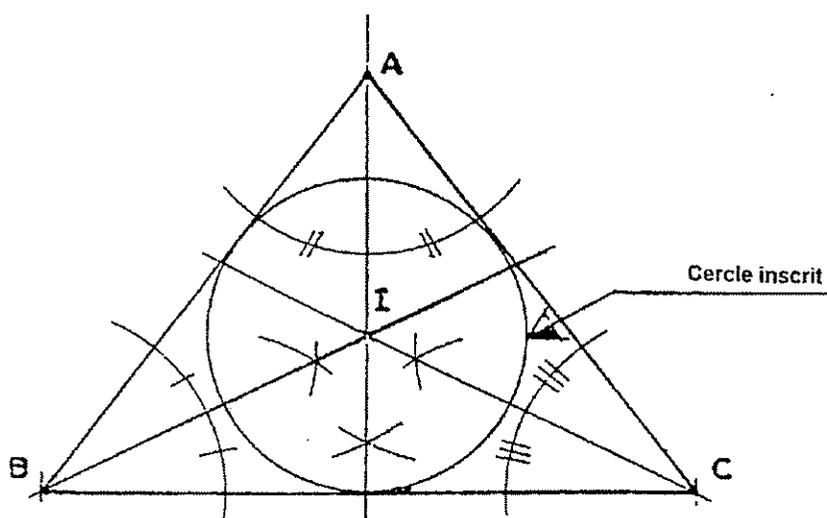


L'intersection des trois médianes d'un triangle correspond au centre de gravité (G).

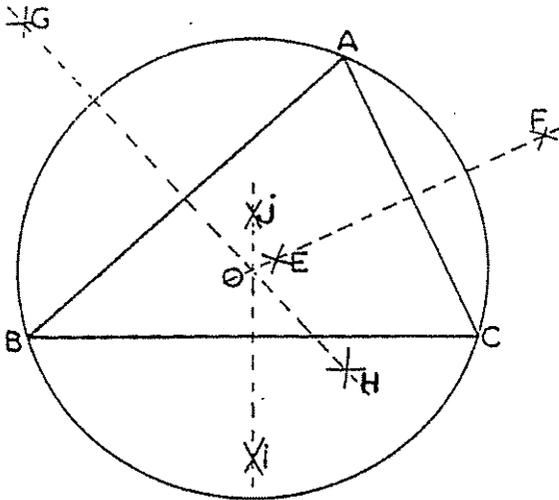
Attention : Ne pas confondre une médiane, qui est une droite joignant deux points (un sommet et le milieu du côté opposé), avec une médiatrice qui est une perpendiculaire à un côté en son milieu.

Bissectrice

L'intersection des trois bissectrices d'un triangle correspond au centre du cercle inscrit.



DROITES REMARQUABLES DANS UN TRIANGLE (suite)



Médiatrice

Construction : De A et B comme cent avec une ouverture de compas quelconque mais supérieure à la moitié du côté AB, tracer deux arcs de cercle qui se coupent en G et H. Faire la même opération en prenant pour centre A et C puis B et C : on obtient les points EF et IJ.

Les droites portant les points GH, IJ, sont les médiatrices du triangle ABC ; elles se coupent en un point O centre du cercle circonscrit au triangle ABC.

L'intersection des trois médiatrices : d'un triangle correspond au centre du cercle circonscrit.

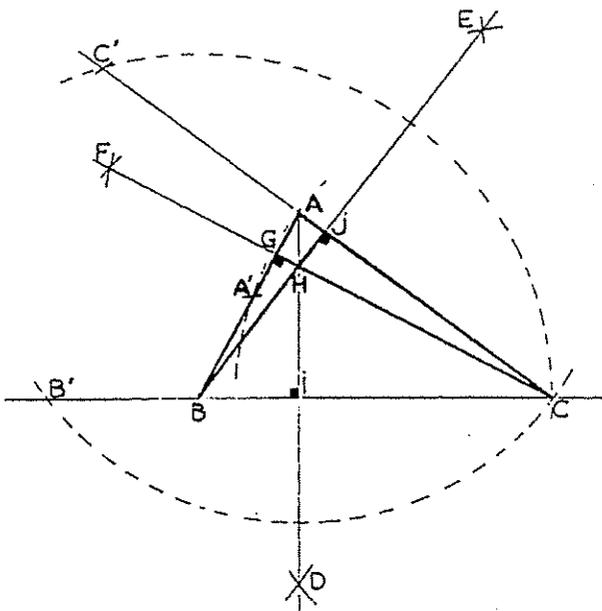
Hauteur :

Les trois hauteurs d'un triangle sont des perpendiculaires abaissées des sommets sur les côtés ; elles sont concourantes en un point H appelé l'orthocentre.

Construction : De A comme centre, avec une ouverture de compas égale à AC, tracer un arc de cercle qui coupe BC en B'C. De B' et de C, tracer deux arcs de cercle qui se coupent en D. La droite AD est la hauteur abaissée de A sur le côté BC : elle coupe BC en I.

Refaire les mêmes constructions en portant de B et C ; de B comme centre à une ouverture égale à BC, tracer un arc de cercle qui coupe AC en C et O de C et C', tracer deux arcs de cercle qui se coupent en E. La droite BE est la hauteur abaissée de B sur le côté AC. Elle coupe AC en J. De C comme centre, avec une ouverture de compas égale à AC, tracer un arc de cercle qui coupe BA en A et A'. De A' et A, comme centres, tracer deux arcs de cercle qui se coupent en E ; la droite CF est la hauteur abaissée de C sur côté AB : elle coupe AB en G.

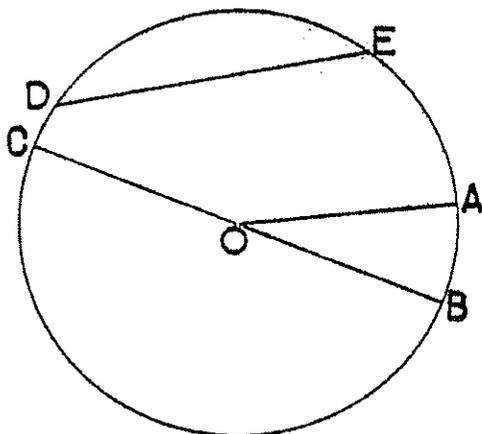
Les trois hauteurs AI, PJ, CG se coupent en H, orthocentre.



LE CERCLE

Définition

Le cercle ou circonférence est la ligne formée par l'ensemble des points d'un plan qui sont à une même distance, appelée rayon, d'un point fixe appelé centre.



Propriété du cercle :

Les points qui sont à l'intérieur du cercle sont à une distance du centre inférieure au rayon, les points qui sont à l'extérieur du cercle sont à une distance supérieure au rayon.

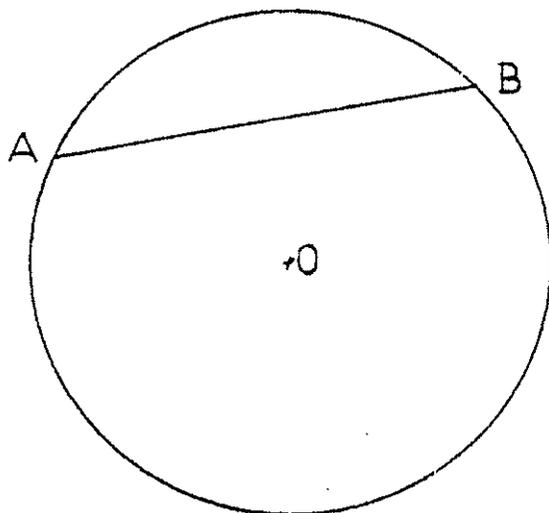
On ne peut passer d'un point intérieur à un point extérieur sans traverser le cercle.

Corde :

On appelle corde le segment DE qui joint deux points du cercle.

Diamètre :

On appelle diamètre toute corde qui passe par le centre. DE est une corde, OA un rayon et CB un diamètre. Tout diamètre vaut deux fois le rayon.



Arcs :

On appelle arc la portion de la circonférence comprise entre deux points de cette circonférence.

Exemple : arc \widehat{AB} , la corde \overline{AB} sous-tend l'arc \widehat{AB} .

Si on marque deux points sur un cercle, on n'obtient pas seulement un arc, mais deux arcs : l'un qui est plus petit que la moitié du cercle, l'autre étant plus grand.

Quand on parle de l'arc \widehat{AB} , c'est du petit que l'on parle, à moins d'indication contraire.

Propriétés :

Dans un même cercle ou dans des cercles égaux, deux arcs égaux sont sous-tendus par des cordes égales.

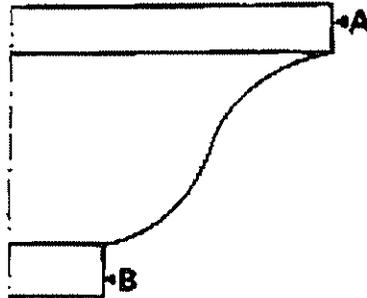
Pour tracer sur un ou plusieurs cercles égaux des arcs égaux, il suffit de tracer des cordes égales. On se sert du compas.

5 - Moulures complexes

MOULURES COURBES COMPOSEES

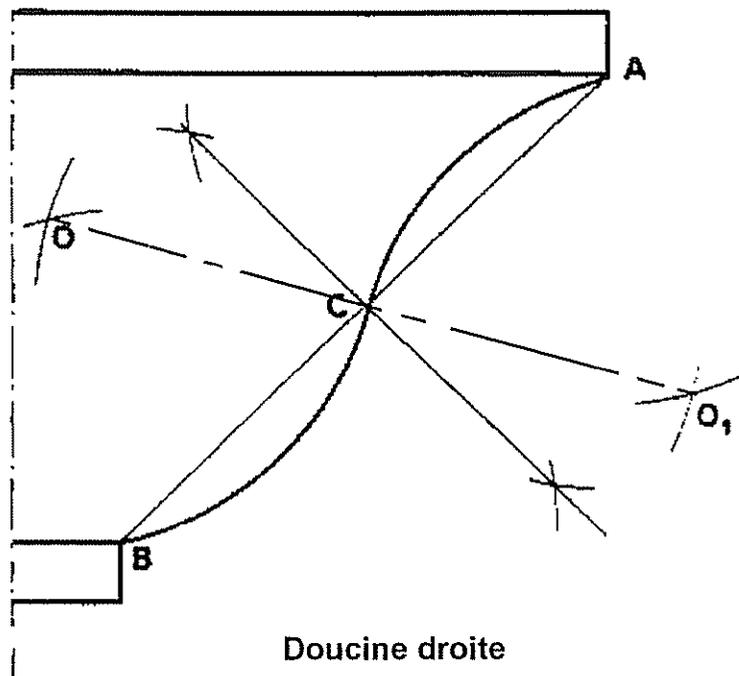
1. Doucine droite

On définit une doucine droite par la position du filet supérieur A qui est en saillie par rapport au filet inférieur B. Dans la doucine droite le raccordement supérieur est concave.



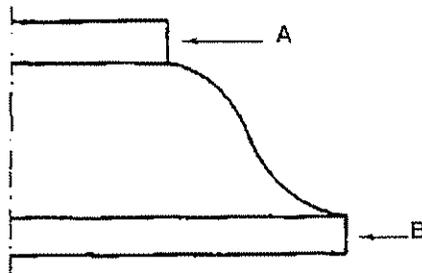
Tracés de la doucine droite

- Joindre les arêtes des filets A et B.
- Tracer la perpendiculaire au milieu du segment AB qui le coupe en C.
- Avec une ouverture de compas égale à AC ou BC et des points A, B et comme centre tracer des arcs de cercle qui se coupent en O et O₁.
- En conservant la même ouverture de compas AC ou BC et des points O et O₁ comme centre tracer le profil de la doucine droite.



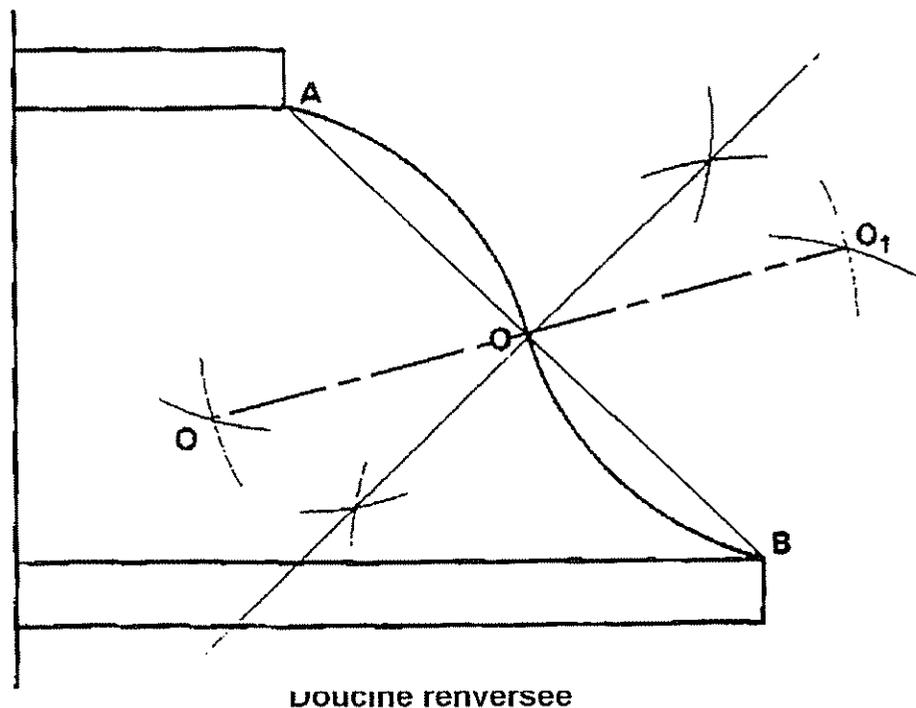
2. Doucine renversée

On définit une doucine renversée par la position du filet supérieur A qui est en retrait par rapport au filet inférieur B. Dans la doucine renversée, le raccordement supérieur est convexe.



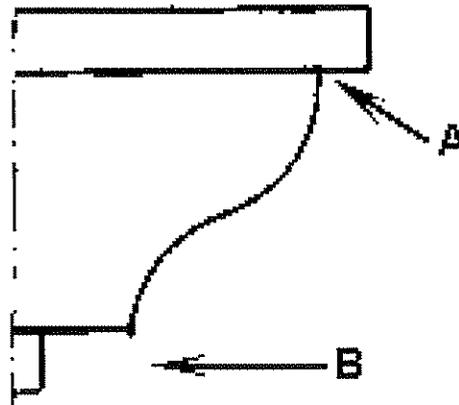
Tracé de la doucine renversée

- Le tracé de la doucine renversée est identique à celui de la doucine droite.



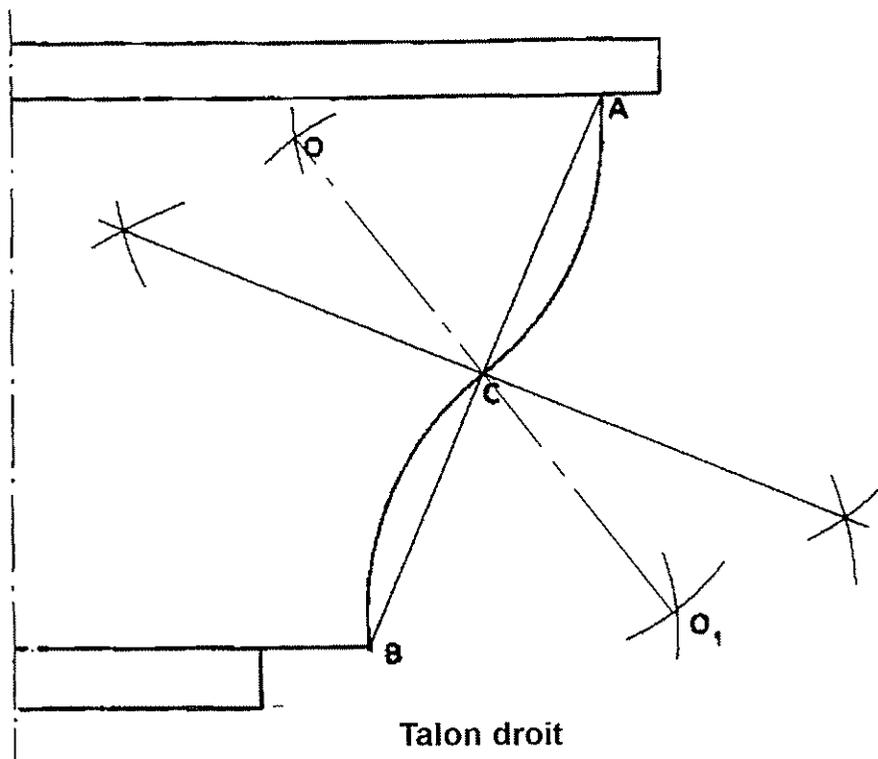
3. Le talon droit

On définit un talon droit par la position du filet supérieur A qui est saillie par rapport à la position du filet inférieur B. Dans le talon droit le raccordement supérieur est convexe.



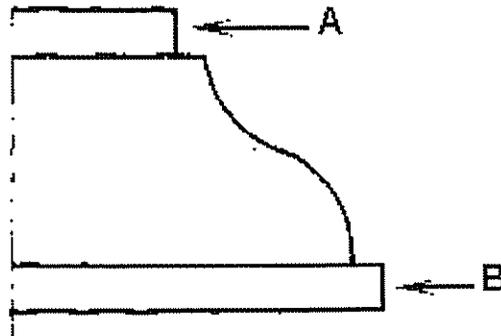
Tracé du talon droit

- Le tracé du talon droit est identique à celui de la doucine droite.



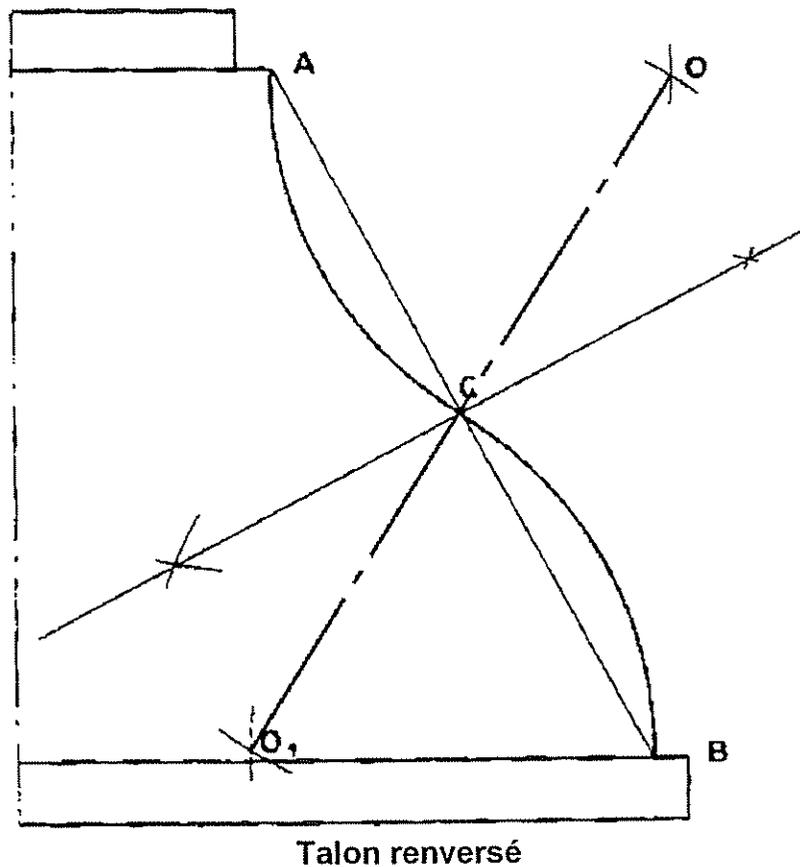
4. Talon renversé

On définit le talon renversé par la position du filet supérieur A qui est en retrait par rapport à la position du filet inférieur B. Dans le talon renversé le raccordement supérieur est concave.



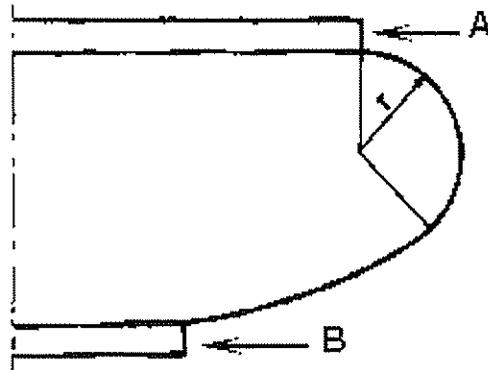
Tracé du talon renversé

- Le tracé du talon renversé est identique à celui de la doucine droite.



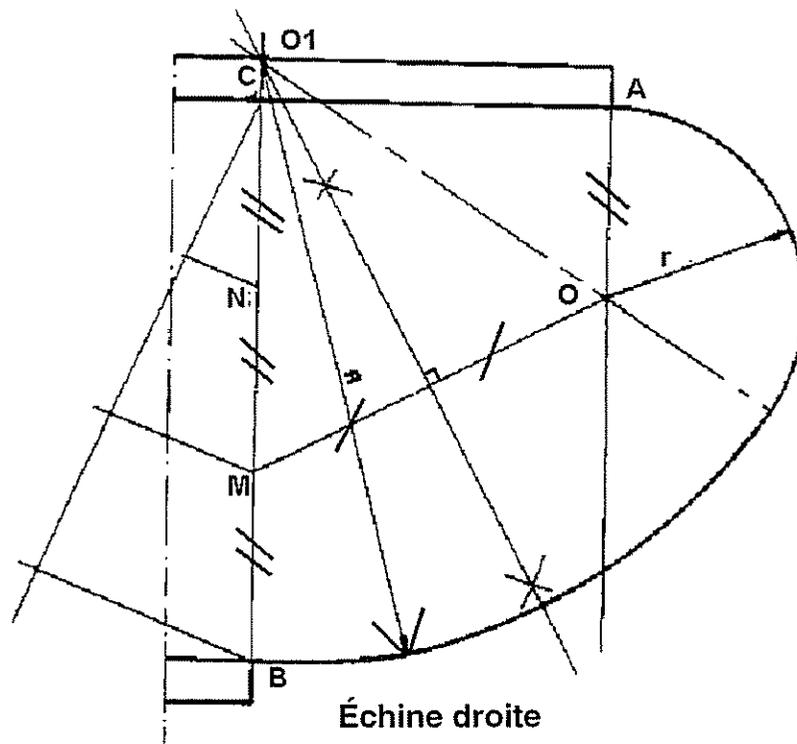
5. Échine droite

L'échine droite est une moulure saillante dont le filet supérieur A est en saillie par rapport au filet inférieur B. Dans l'échine droite, le raccordement de rayon R est situé à la partie supérieure.



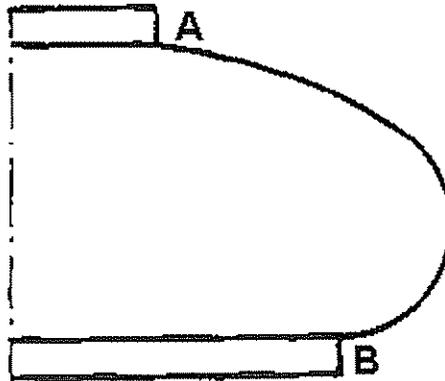
Tracé de l'échine droite

- Du point A abaisser la perpendiculaire.
- Du point B élever la perpendiculaire qui coupe le filet A en C.
- Diviser le segment BC en 3 parties égales qui sont BM, MN et NC.
- Sur la perpendiculaire abaissée du point A, tracer $AO = BM$.
- Joindre les points M et O et tracer la perpendiculaire au milieu du segment MO.
- Cette perpendiculaire coupe le prolongement de BC en O_1 .
- Les points O et O_1 sont les centres des raccordements.
- Tracer la ligne de raccordement passant par O_1 et O (ligne des centres).
- Tracer le profil de l'échine droite.



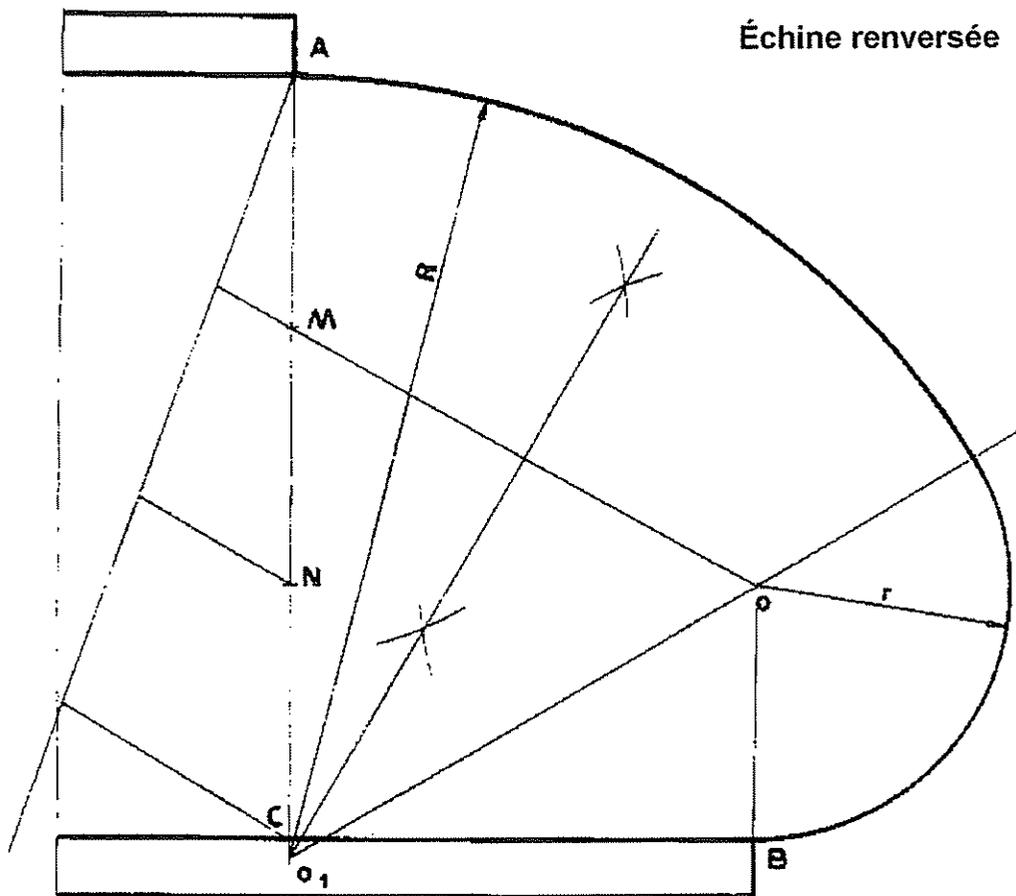
6. L'échine renversée ou bec de corbin

L'échine renversée ou bec de corbin est une moulure saillante dont le filet supérieur A est en retrait par rapport au filet inférieur B. Dans l'échine renversée le raccordement de rayon R est situé à la partie supérieure.



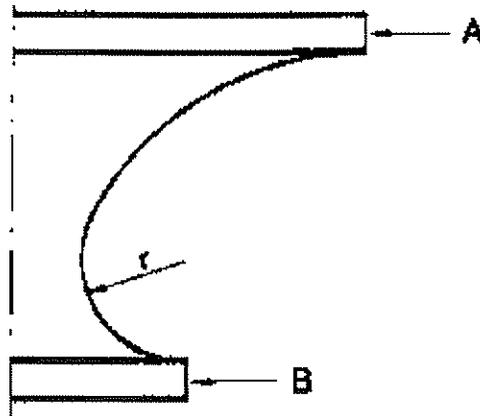
Tracé de l'échine renversée

- Le tracé de l'échine renversée est identique à celui de l'échine droite.



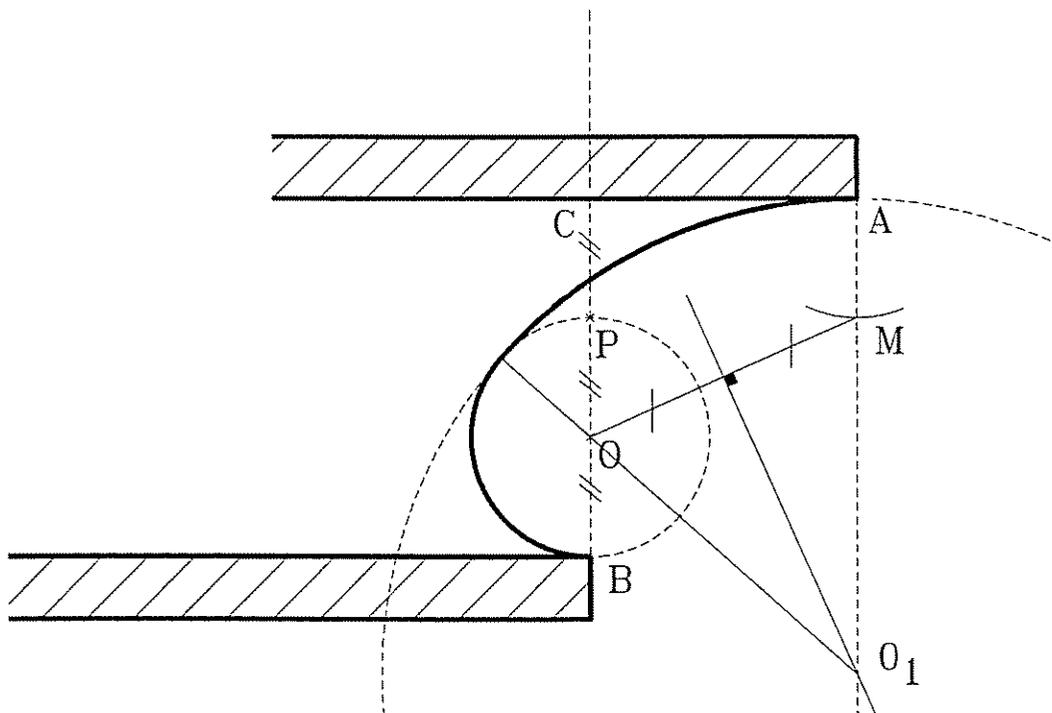
7. La scotie droite

La scotie droite est une moulure en creux dont le filet supérieur A est en saillie par rapport au filet inférieur B. Dans la scotie droite le raccordement de rayon R est situé à la partie inférieure.



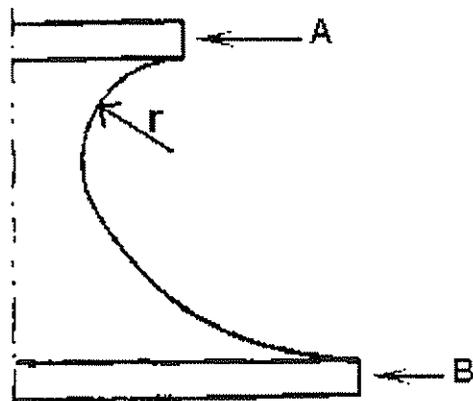
Tracé de la scotie droite

- Du point A abaisser la perpendiculaire.
- Du point B élever la perpendiculaire qui coupe le filet A en C.
- Diviser le segment BC en 3 parties égales qui sont BO, OP et PC.
- Sur la perpendiculaire abaissée du point A - Tracer AM = BO.
- Joindre les points O et M et tracer la perpendiculaire au milieu du segment OM.
- Cette perpendiculaire coupe le prolongement de AM et O₁.
- Les points O et O₁ sont les centres.
- Tracer la ligne de raccordement passant par O et O₁ (ligne des centres).
- Tracer le profil de la scotie droite.



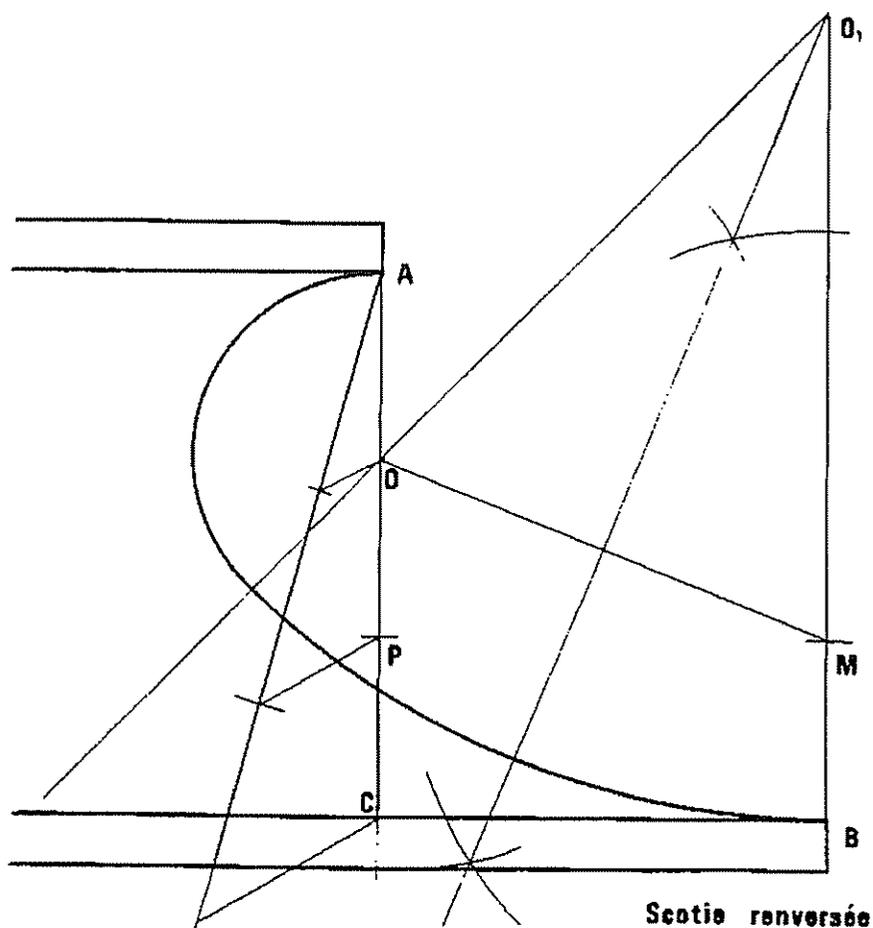
8. La scotie renversée

La scotie renversée est une moulure en creux dont le filet supérieur A est en retrait par rapport au filet inférieur B. Dans la scotie renversée le raccordement de rayon R est situé à la partie supérieure.



Tracé de la scotie renversée

- Le tracé de la scotie renversée est identique à celui de la scotie droite.



6 - Raccordements

GENERALITES SUR LES FIGURES COMPLEXES

On donne le nom de figures complexes à des données géométriques constitués par un assemblage d'arcs de cercles de rayons égaux ou inégaux de même sens ou de sens contraire et de segments de droites tangents ou non tangents à ces arcs.

Tels sont les arcs et voûtes construits en maçonnerie et taille de pierre.

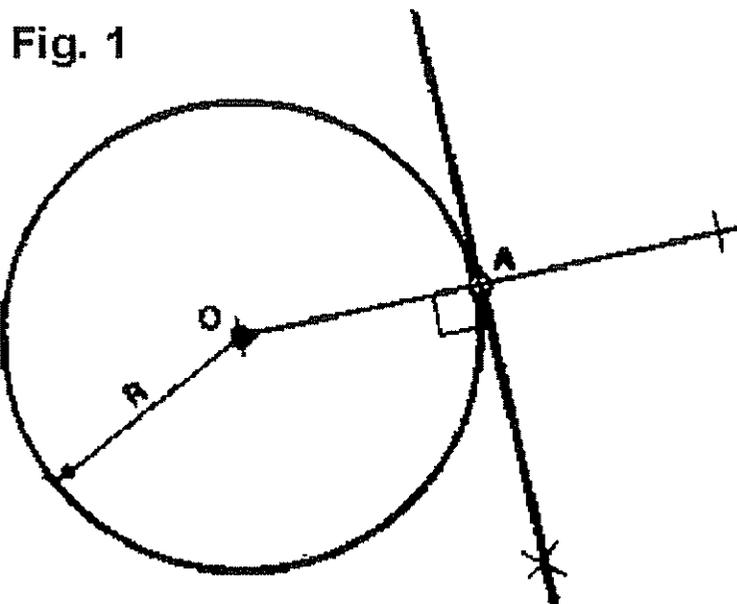
CONSTRUCTIONS DE TANGENTES

1. Définition

Une tangente est une droite qui a un point commun et un seul, avec une circonférence. Cette tangente est perpendiculaire à l'extrémité du rayon qui aboutit au point de contact.

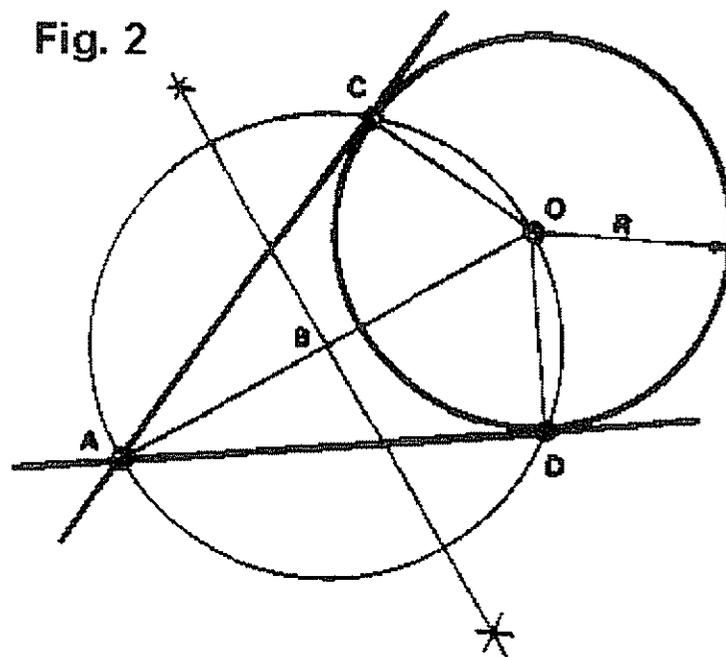
2. Tracé de la tangente en un point A d'une circonférence

- Tracer la circonférence de rayon R.
- Tracer le rayon OA.
- Élever en A la perpendiculaire à ce rayon (Fig. 1).



3. D'un point A, extérieur à une circonférence, tracer les tangentes (Fig. 2)

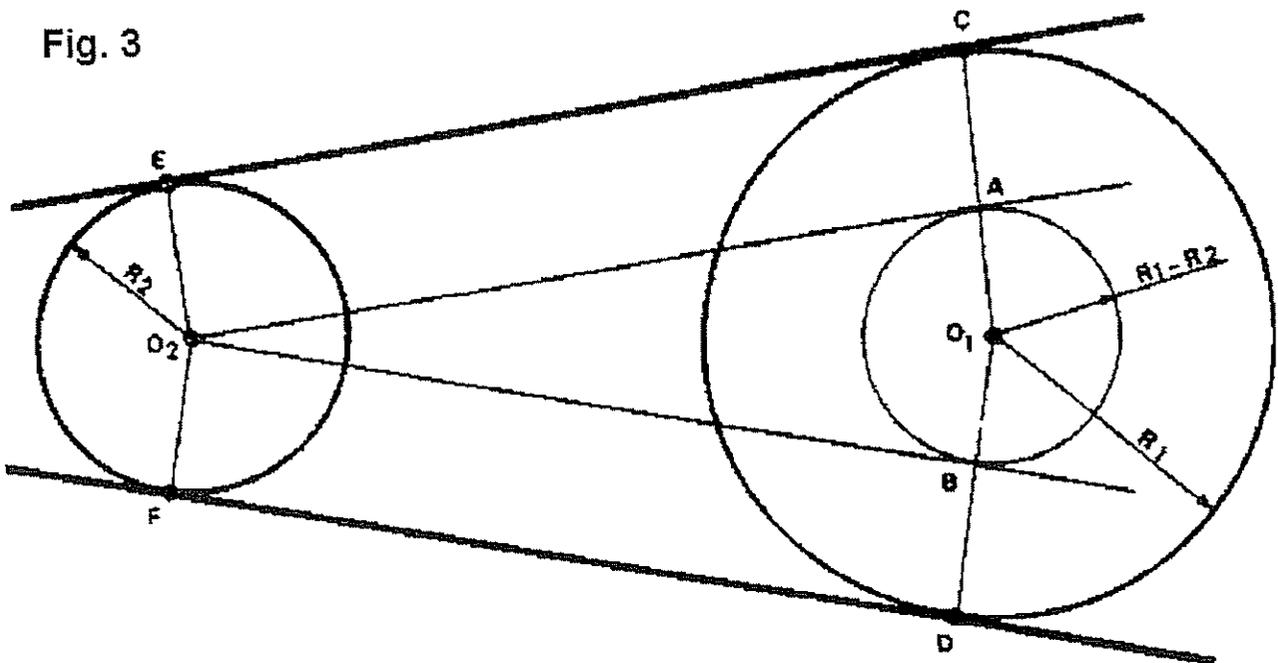
- Tracer la circonférence de centre O et prendre un point A, extérieur à la circonférence.
- Tracer le segment OA.
- Tracer la médiatrice du segment OA ; elle coupe OA en B.
- Avec B comme centre, tracer la circonférence de rayon BO coupant la circonférence de centre O en C et D.
- Joindre AC et AD ; ce sont les tangentes recherchées.



4. Tracé des tangentes communes extérieures à deux circonférences (Fig. 3)

- Tracer les deux circonférences.
- Tracer la circonférence de centre O_1 et de rayon $R_1 - R_2$.
- Tracer les tangentes $O_2 A$ et $O_2 B$ à cette circonférence.
- Tracer $O_1 A$ et $O_1 B$ qui coupe la circonférence entre O et D .
- Tracer $O_2 B$ parallèle à $O_1 C$ et $O_2 F$ parallèle à $O_1 D$.
- Joindre $B O$ et FD ; ce sont les tangentes recherchées.

Fig. 3



- Les constructions sont identiques à celles du paragraphe 3, sauf que l'on trace une circonférence de rayon $R_1 + R_2$. (Fig. 4)

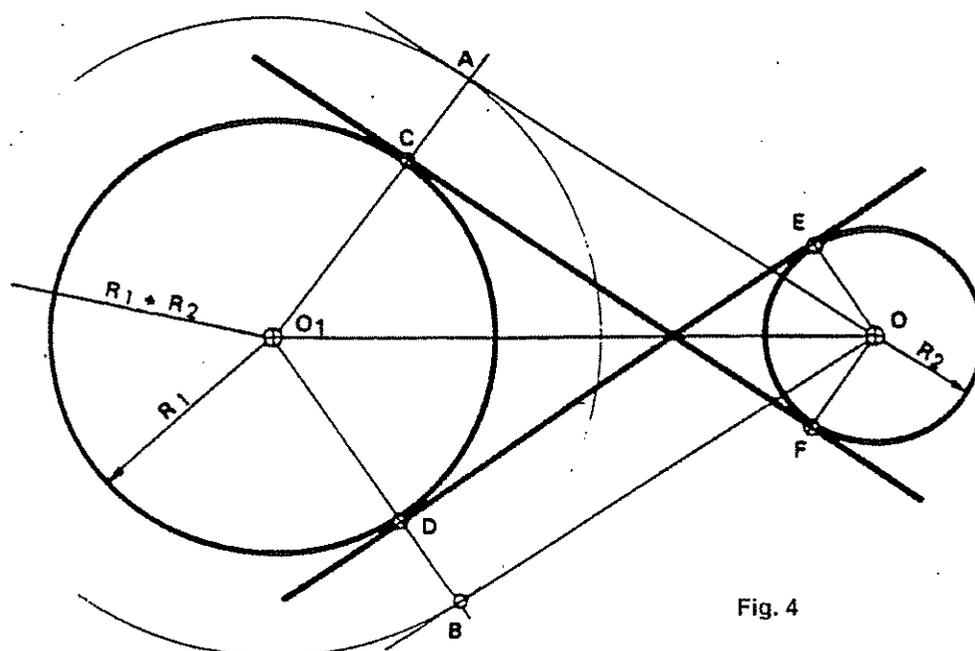


Fig. 4

RACCORDEMENTS

1. Généralités

Pour que le tracé de ces lignes complexes soit agréable à l'œil et reflète le réel, il faut et il suffit d'observer les quelques règles qui suivent :

Avant de passer à l'encre ou de renforcer par un trait continu fort, le tracé au crayon, il faut indiquer par un petit trait fin transversal au crayon les points de changement de rayon ou les points de raccordement des courbes et des droites ; il convient, à ce sujet, de rappeler les principes de géométrie suivants.

1. Le raccordement d'une courbe et d'une droite s'effectue au point de tangente de la droite sur la courbe, c'est-à-dire à l'extrémité du rayon perpendiculaire à la droite. (Fig. 5)

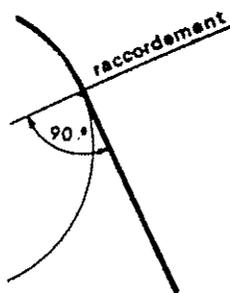


Fig. 5

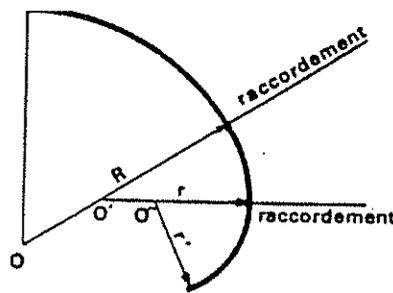


Fig. 6

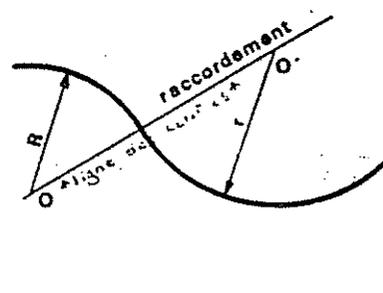


Fig. 7

2. Le raccordement de 2 courbes de même sens et de rayons différents s'effectue sur le prolongement de la droite qui joint les 2 centres D'O'' et OO' (Fig. 6) . Ligne des centres.
3. Le raccordement de 2 courbes de sens différents se fait à l'intersection avec la droite qui joint les 2 centres OO' (Fig. 7). Ligne de centres.

Dans la pratique :

- Pour la mise au net d'un dessin ; l'esquisse étant tracée, on y place avec précision les points de raccordement d'après ce qui précède, puis on commence les traits continus forts, par les courbes que l'on raccorde ensuite avec les droites.
- Il vaut mieux arrêter le tracé légèrement avant le point de raccordement et le reprendre légèrement après, à main levée (crayon ou plume), (Fig. 8) que d'outrepasser le point normal de raccordement (Fig. 9).

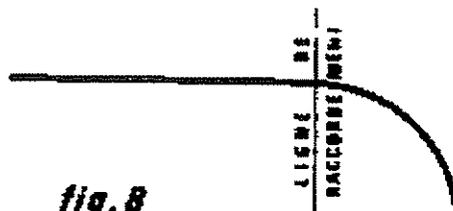


fig. 8

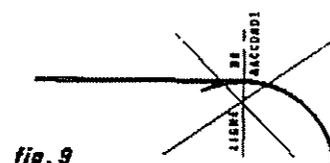
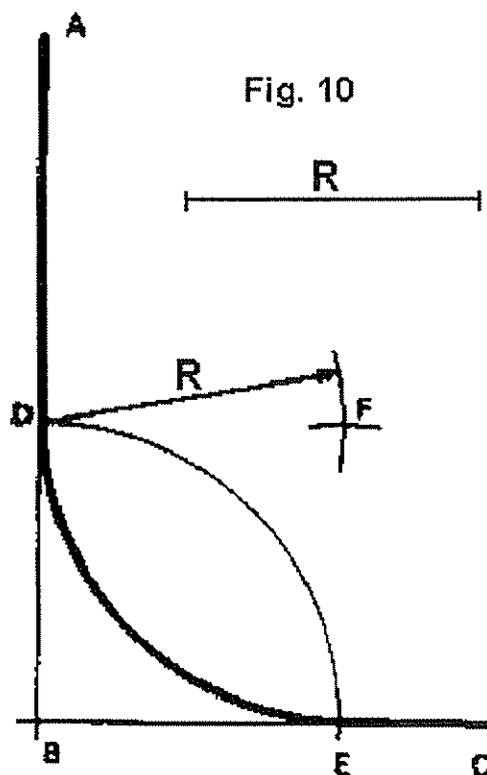


fig. 9

2. Raccordement de deux droites perpendiculaires (Fig. 10)

- Tracer les deux droites perpendiculaires AB et BC.
- Prendre une ouverture de compas égale au rayon du raccordement.
- Du point B comme centre, décrire un arc de cercle qui coupe AB et BC en D et E.
- Avec la même ouverture de compas et des points D et E comme centres, tracer deux arcs de cercle qui se coupent en F.
- Le point F est le centre du raccordement, les points D et E sont les points de tangente.



3. Raccordement de deux droites données par une circonférence de rayon donné (Fig. 11)

- Tracer les deux droites AB et CD et le rayon R.
- Tracer deux parallèles M et M' aux droites AB et CD à une distance R.
- Ces deux parallèles se coupent en O qui est le centre du raccordement.
- Tracer du point O les perpendiculaires à AB et CD, on obtient les points G et F qui sont les points de tangence.

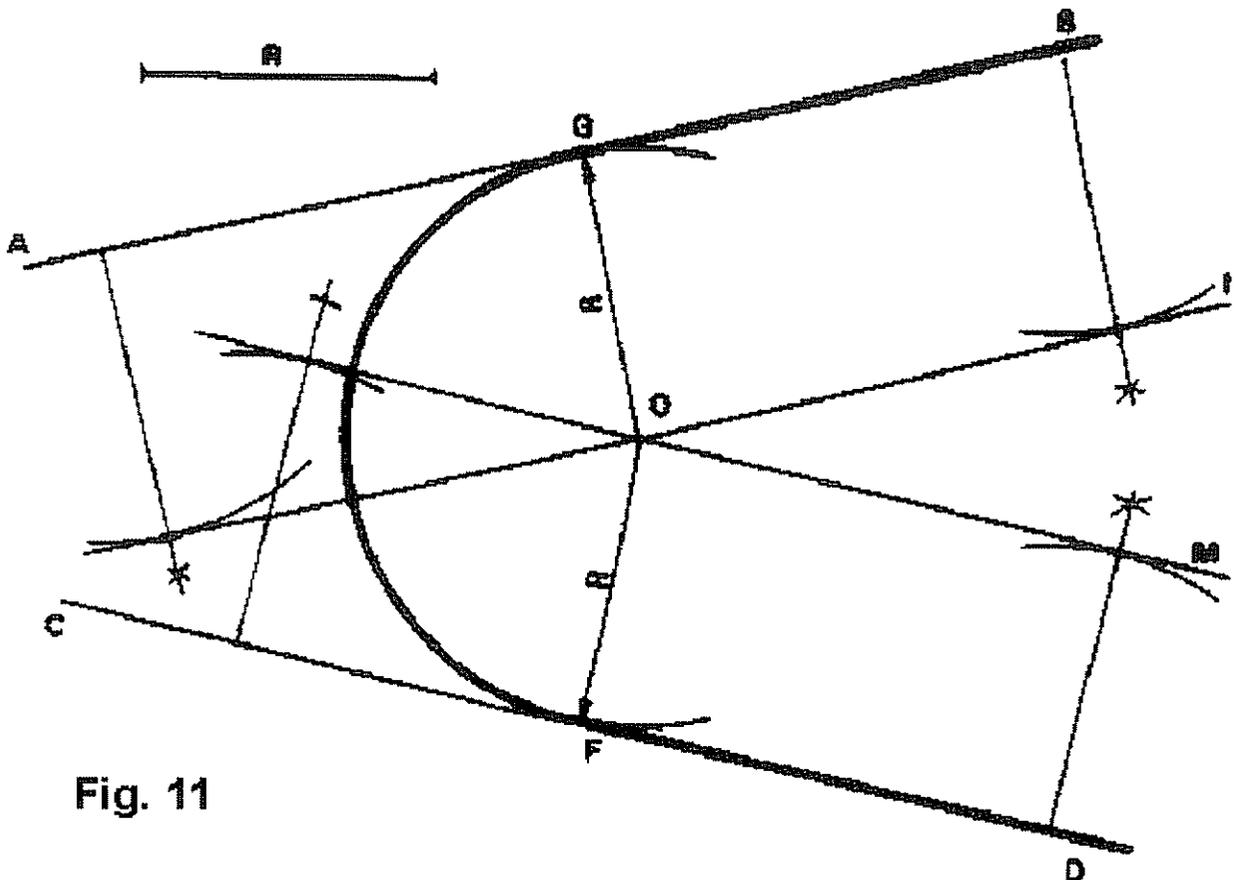


Fig. 11

4. Raccordement d'une droite avec une circonférence (Fig. 12)

- Tracer la droite AB et la circonférence ainsi que le rayon R donné.
- Tracer la parallèle MN à la droite AB à une distance R.
- Du point O comme centre, avec un rayon égal à $R + r$, tracer un arc de cercle qui coupe MN en C.
- Le point C est le centre du raccordement.
- Joindre OC, on obtient le point D.
- Du point C, abaisser une perpendiculaire à AB, on obtient le point E.
- Les points D et E sont les points de tangence.
- Du point C comme centre, avec une ouverture de compas égale à R, tracer l'arc DE qui est le raccordement recherché.

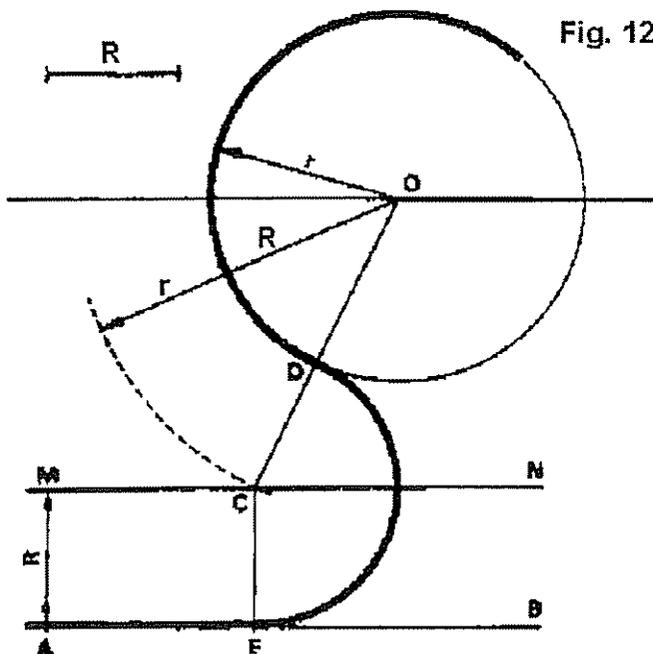


Fig. 12

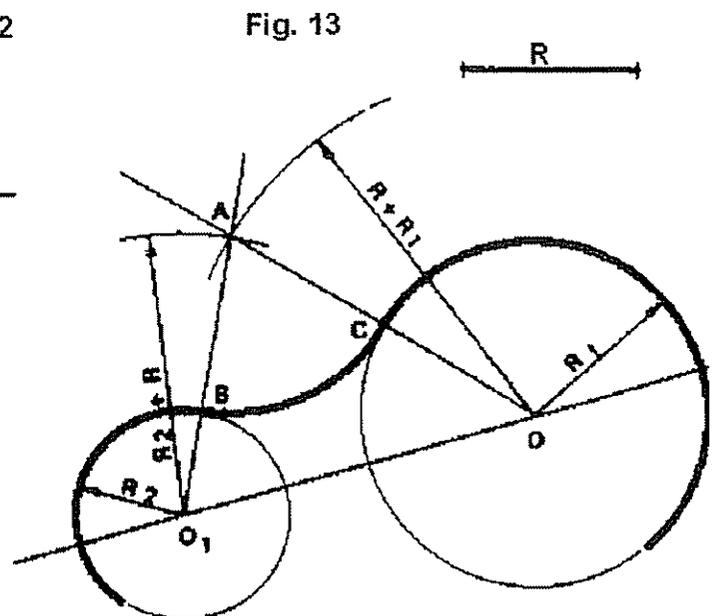


Fig. 13

5. Raccordement extérieur de deux circonférences

1^{er} cas : Raccordement concave (Fig. 13)

- Tracer les deux circonférences, ainsi que le rayon R donné.
- Du point O comme centre, avec un rayon égal à $R_1 + R$, décrire un arc de cercle.
- Du point O_1 avec un rayon égal à $R_2 + R$, décrire un arc de cercle qui coupe le précédent en A.
- Le point A est le centre du raccordement.
- Joindre OA et O_1A , on obtient les points B et C.
- Les points B et C sont les points de tangence.
- Du point A comme centre, avec une ouverture de compas égale à R, tracer l'arc BC qui est le raccordement recherché.

2^{ème} cas : Raccordement convexe (Fig. 14)

- Tracer les deux circonférences, ainsi que le rayon R donné.
- Du point O comme centre, avec un rayon égal à $R - R_1$, décrire un arc de cercle.
- Du point O_1 comme centre, avec un rayon égal à $R - R_2$, décrire un arc de cercle qui coupe le précédent en A.
- Le point A est le centre du raccordement.
- Joindre AO et AO_1 en prolongeant au-delà des circonférences, on obtient les points B et C.
- Les points B et C sont les points de tangence.
- Du point A comme centre, et avec une ouverture de compas égale à R, tracer l'arc BC qui est le raccordement cherché.

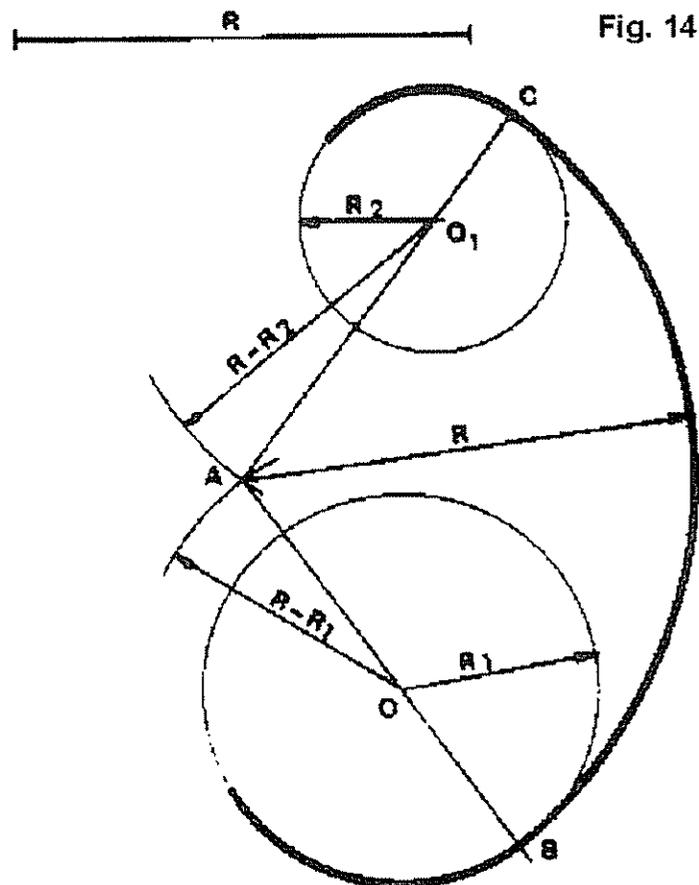


Fig. 14

NOTA :

Pour la mise au net des raccordements, l'esquisse étant tracée placer avec précision les points de raccordement. Puis, commencer à repasser les courbes en traits continus forts, ensuite les droites. Il ne faut jamais dépasser le point normal de raccordement délimité par la construction.

7 - Tracés de la plate-bande

Calcul de la hauteur

La hauteur minimale à donner au linteau ou à la plate-bande s'obtient au moyen du tracé géométrique suivant. Soit AB l'intrados, rechercher sur l'axe, vers le bas, le sommet O du triangle équilatéral ABO. Au point A, mener la perpendiculaire à AO ; sa rencontre avec l'axe de la baie détermine la hauteur minimale.

Division de la plate-bande

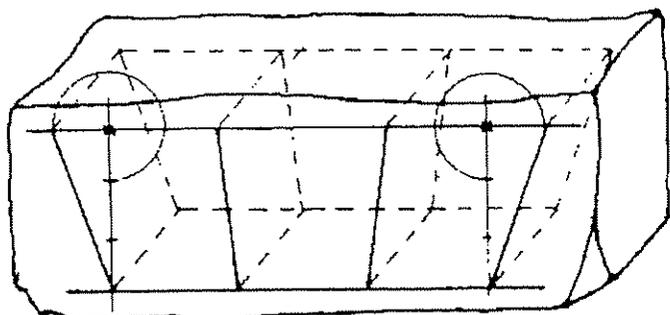
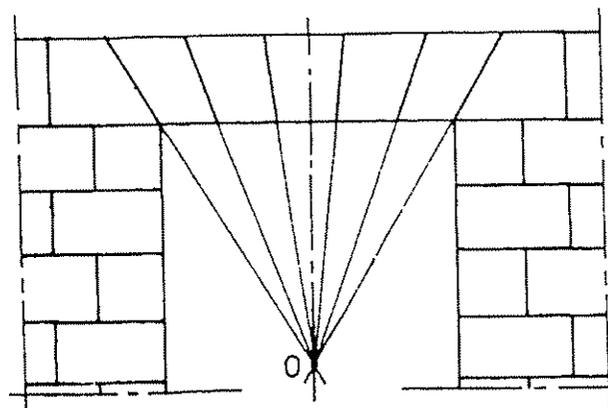
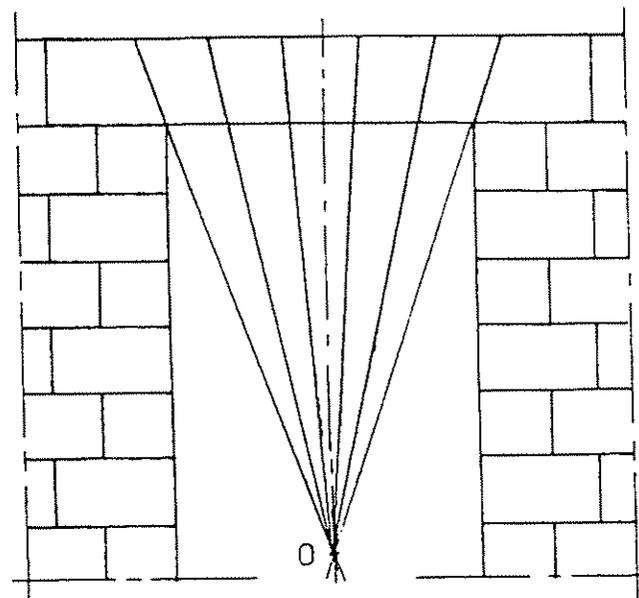
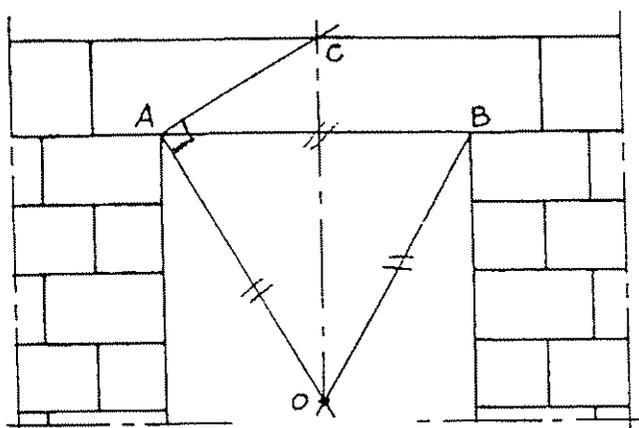
On applique le théorème de Thalès.

Tracé des joints

fig. 1 *La méthode la plus souvent employée* sur l'axe de la baie, en partant de l'intrados, porter une fois et demie l'ouverture de la baie. On obtient le point O, foyer des joints.

fig. 2 *La méthode la plus ancienne* le point O est le sommet du triangle équilatéral ayant pour côté la largeur de la baie.

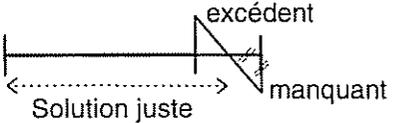
fig. 3 *La méthode de chantier* diviser la hauteur de la plate-bande en 3 et reporter la mesure trouvée sur l'extrados à l'extérieur de la ligne du tableau prolongé. Ensuite, diviser l'intrados et l'extrados en un même nombre de parties égales (Thalès).



8 - Tracés des arcs

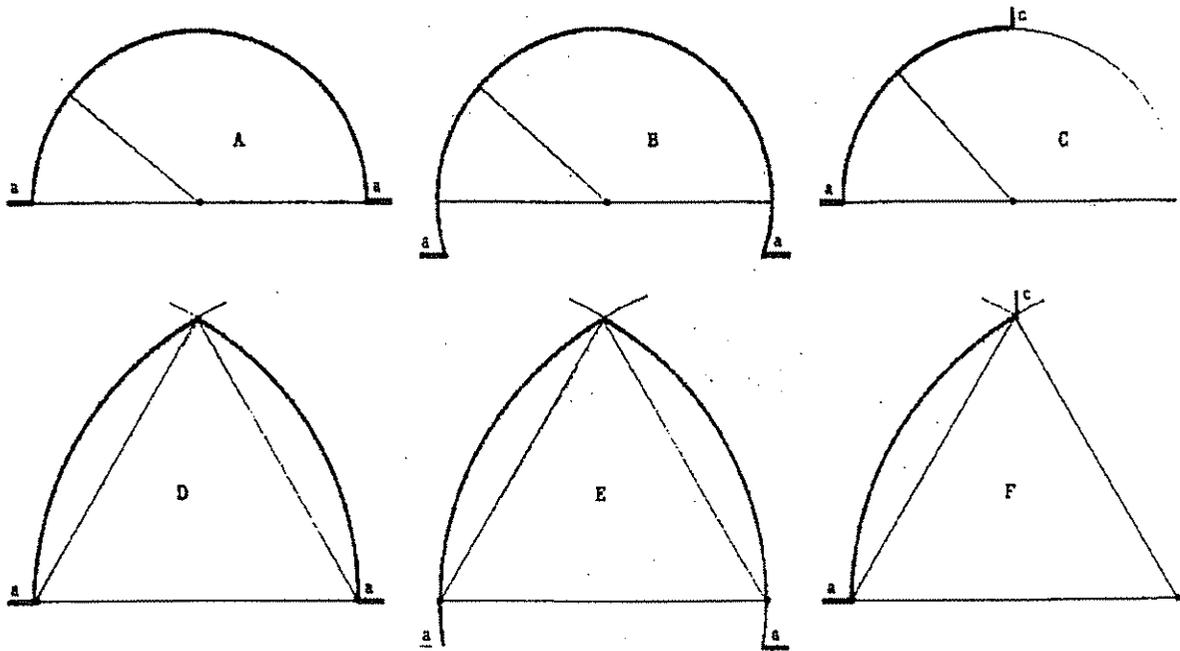
Division de l'arc

1. L'arc en plein cintre peut être divisé en parties rigoureusement égales grâce à la construction géométrique permettant la division d'un cercle en x arcs égaux.
2. Dans tous les cas (même pour l'arc en plein cintre), on peut appliquer le tracé utilisé pour la plate-bande.
3. On peut aussi utiliser la méthode par tâtonnements (méthode chantier).

- a) On essaie la distance A_1 5 fois \times trop court. 
- b) On essaie la distance A_2 5 fois \times trop long. 
- c) 

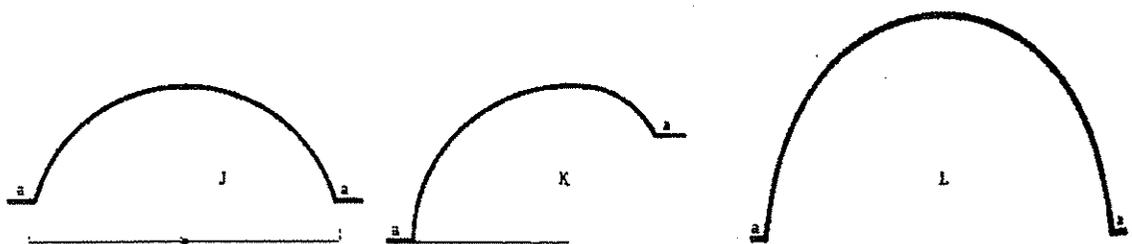
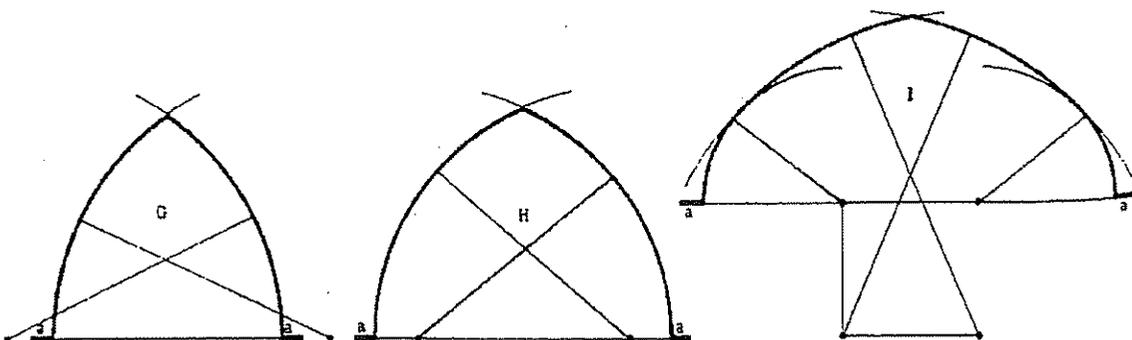
Tracé des joints

Ils rayonnent à partir des différents points de centres qui ont généré les courbes.



- A. Arc en plein-cintre
- B. Arc plein centre outrepassé
- C. Demi-arc plein-cintre
- D. I. Arc brisés
- E. Arc en tiers-point outrepassé
- F. Demi-arc en tiers point
- G. Arc en lancette
- H. Arc brisé surbaissé
- I. Arc brisé aplati
- J. Arc segmentaire
- K. Arc rampant
- L. Arc en chaînette

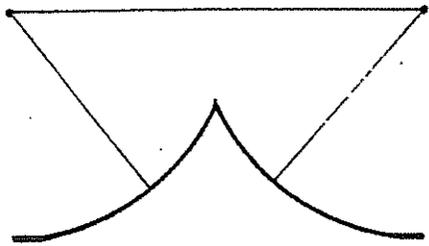
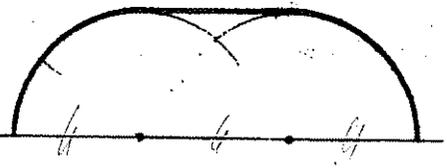
a. Naissance



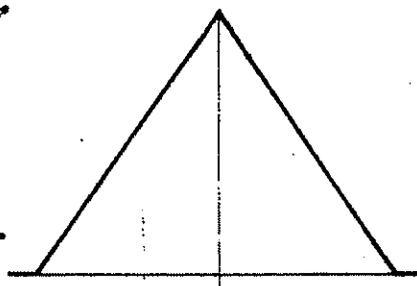
Arc en anse-de-panier à trois centres



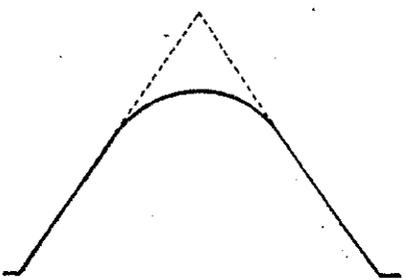
Arc déprimé



Arc infléchi

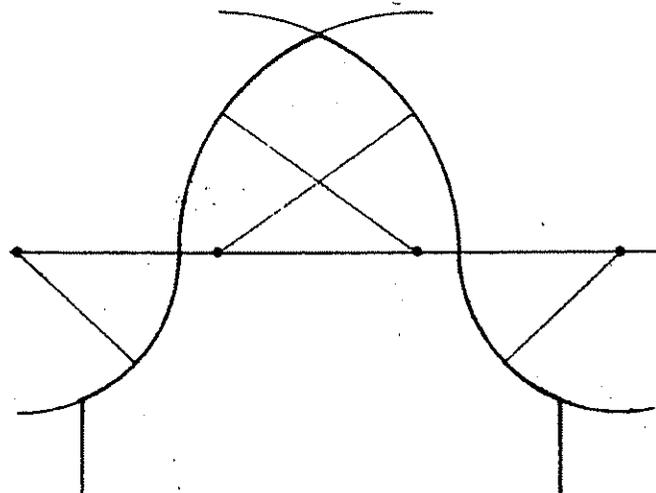


Arc en mitre



Arc en mitre émoussé

Arc en doucines affrontées

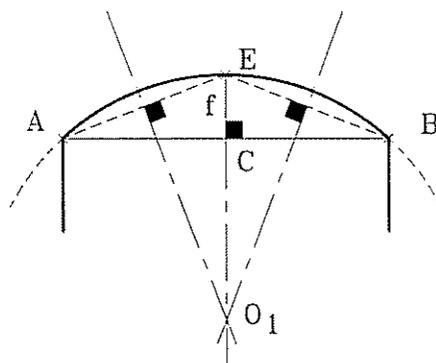


LES ARCS

1. Arc surbaissé

On connaît AB son ouverture et F sa flèche ou montée, tracer un axe perpendiculaire à AB en C.

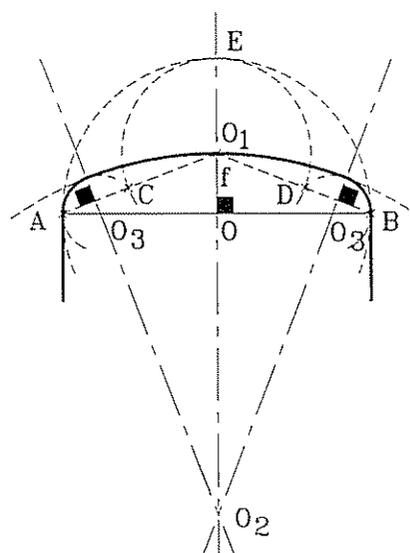
- $CE = F$.
- Tracer les médiatrices de AE et BE. Elles se coupent en O_1 , centre de l'arc AB.
- De O_1 tracer un arc de rayon $R = O_1B$ passant par \widehat{AEB}



2. L'anse de panier à 3 centres

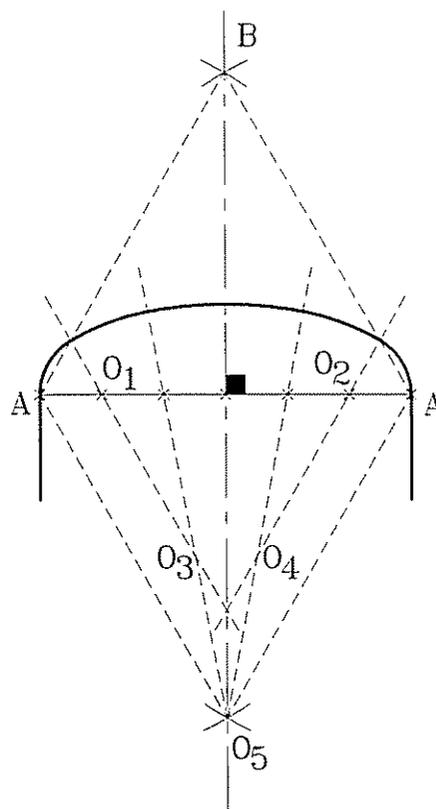
On connaît AB, son ouverture et F sa flèche ou montée.

- Tracer l'axe, on obtient O.
- Tracer le demi-cercle AB de centre O et de rayon $R = OA$, il coupe l'axe en E.
- Tracer les cordes O_1A et O_1B .
- Sur OE, prendre le point O_1 tel que $O_1O = F$ et tracer un cercle de centre O_1 et de rayon $r = O_1E$. Ce cercle coupe AO_1 en C et BO_1 en D.
- Tracer les médiatrices de AC et BD. Elles coupent AB en O_3 et se coupent entre elles en O_2 .
- O_2 est le centre de l'arc de rayon $R = O_2, O_1$.
- Les deux points O_3 sont les centres des arcs de rayon $R_1 = O_3B = O_3A$.



3. L'anse de panier à 5 centres

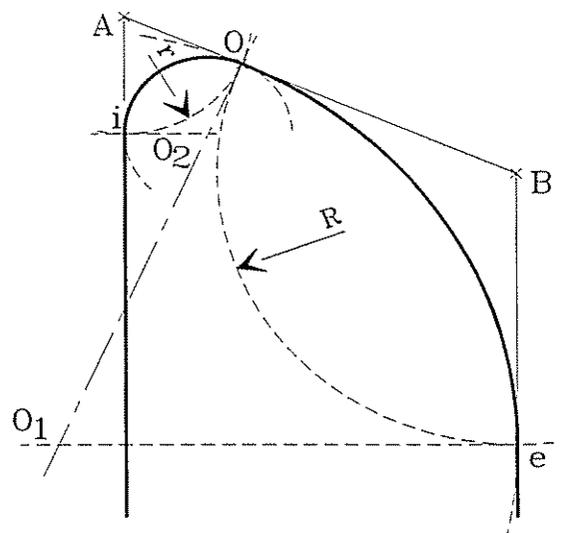
la largeur étant donnée, construire les triangles équilatéraux ABA' et AO_5A' , diviser AA' en 6 parties égales et tracer O_1O_3 et O_2O_4 parallèles à AO_5 et $A'O_5$.



4. Arc rampant à deux centres

AB est connu. Le point de tangence O étant choisi, tracer la perpendiculaire OO₁ à AB.

De A tracer le cercle de rayon $r = AO$ coupant AF en i. Tracer la perpendiculaire à AF en i coupant OO₁ en O₂. O₂ = centre du cercle de rayon O₂O déterminant la partie haute de l'arc. O₁ = centre du cercle de rayon O₁O déterminant la partie basse de l'arc.



L'arc rampant.

Tracé de l'arc rampant, connaissant l'ouverture ou portée et la ligne de rampe (Fig. 1).

Tracer l'axe de l'ouverture xx' qui coupe la ligne de rampe AB en d . Tracer un arc de cercle de centre d et de rayon dB , coupant l'axe en e . Tracer de e la perpendiculaire à AB qui coupe l'horizontale aB en U et l'horizontale AC en U_1 . U et U_1 sont les centres de cercles recherchés.

Tracé d'un arc rampant connaissant l'ouverture, la ligne de rampe et le point de contact tangent à la courbe (Fig. 2).

Tracer la ligne de rampe BC . Déterminer le point tangent T . En T , élever la perpendiculaire xx' à BC . Tracer les arcs de cercle respectifs de rayon CT et BT qui coupent respectivement CD en e et AB en f . Tracer les perpendiculaires en e à CD et en f à AB ; celles-ci coupent $x'x$ en U et U_1 .

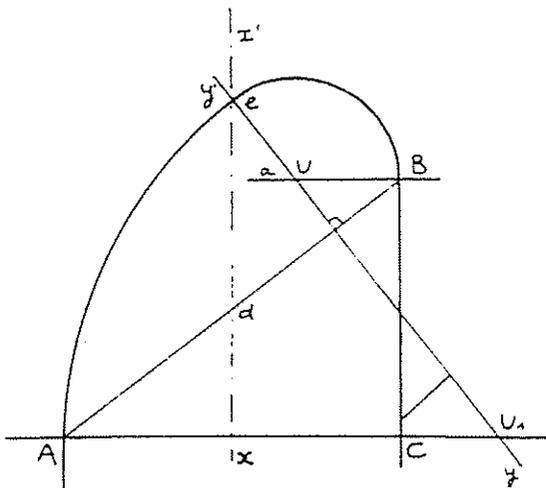


Fig. 1

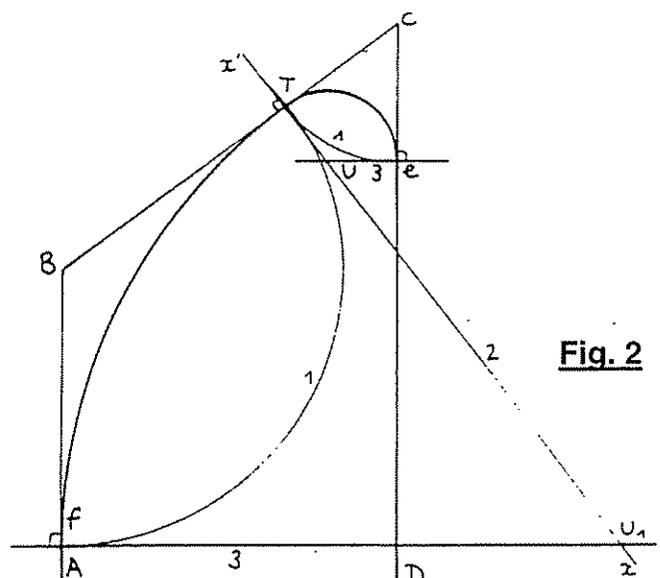


Fig. 2

Tracé d'un arc rampant par points coordonnés (Fig. 3).

Déterminer la portée et la ligne de rampe.

Tracer le demi-cercle de rayon $Oa = OB$; partager la ligne de rampe en x parties égales. Des points a, b, c, \dots , obtenus mener les verticales parallèles aux jambages et les perpendiculaires à AB : ces dernières coupent le demi-cercle en des points que l'on rabat sur les verticales (vers la gauche, ici).

Tracé des joints des claveaux d'un arc rampant (Fig. 4).

Les joints rayonnent vers les centres, mais il faut que la clef soit symétrique (l'axe de la clef passant par le centre du petit arc).

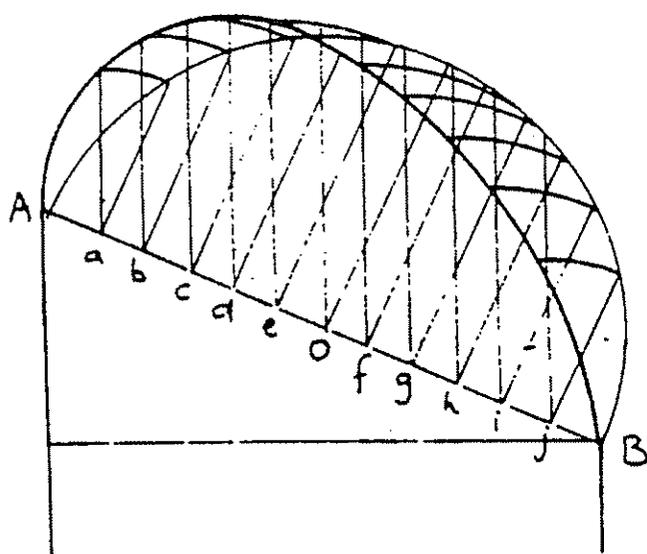


Fig. 3

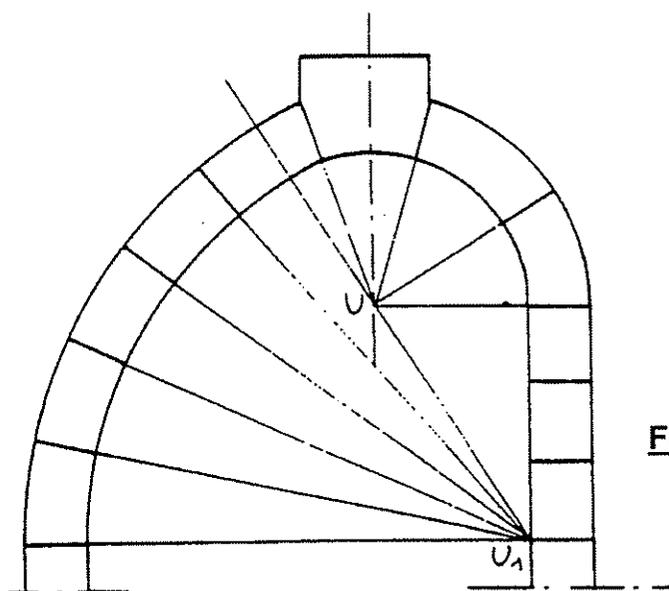
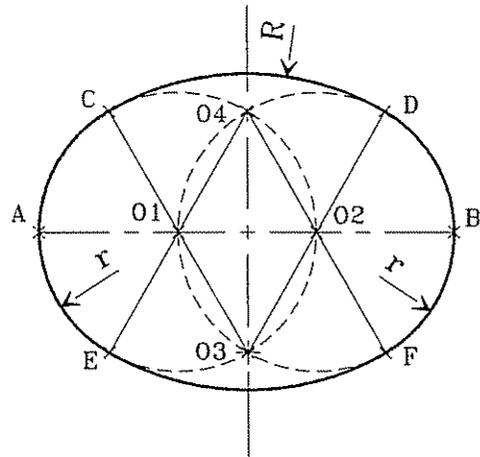


Fig. 4

OVALES ET ELLIPSE

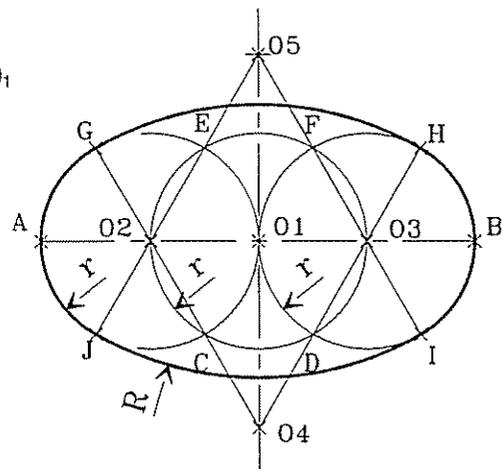
1. Ovale au tiers

- Diviser AB en 3 parties égales.
- Tracer deux cercles de centres O_1 et O_2 et de rayon $r = \frac{AB}{3}$. Ils se coupent en O_3 et O_4 .
- $O_3 O_1$ coupe le cercle de centre O_1 en C, $O_4 O_1$ le coupe en AE, $O_3 O_2$ coupe le cercle de centre O_2 en D, $O_4 O_2$ le coupe en F.
- Tracer l'arc CD de rayon $R = O_3 C$ et de centre O_3 .
- Tracer l'arc EF de même rayon et de centre O_4 .
- Les arcs EC et DF appartenant aux cercles sont déjà tracés.



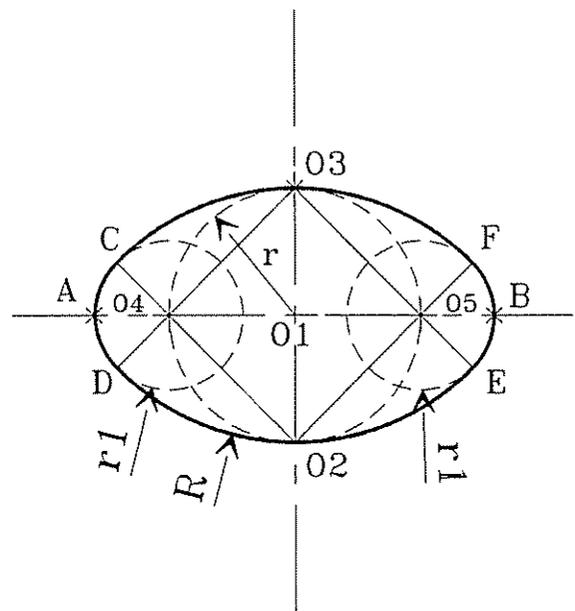
2. Ovale au quart

- Diviser AB en 4 parties égales.
- Tracer 3 cercles de rayon $r = \frac{AB}{4}$ et de centre O_1 , O_2 , O_3 , ils se coupent e-f-c-d.
- Tracer $O_2 E$ et $F O_3$ se coupant en O_4 .
- Tracer $O_3 D$ et $O_2 C$ se coupant en O_5 .
- O_4 centre de l'arc GH.
- O_5 centre de l'arc JI.
- O_3 centre de l'arc HI.
- O_2 centre de l'arc JG.



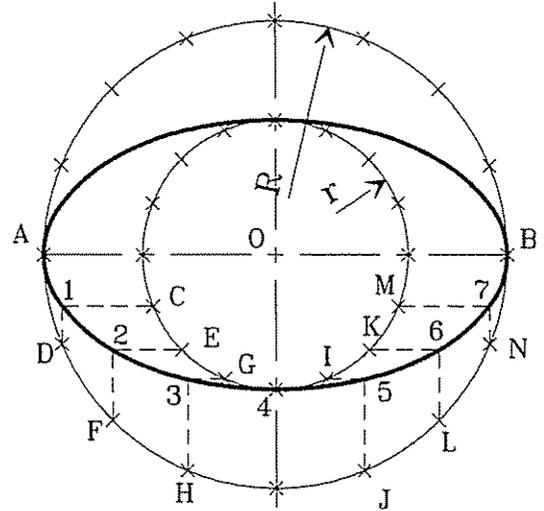
3. Ovale dont le petit axe est connu

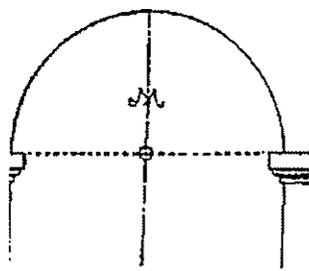
- Tracer le cercle de centre O_1 et de rayon $r = \frac{\text{axe}}{2}$ coupant AB en O_4 et O_5 et l'axe connu en O_3 et O_2 .
- De O_2 , tracer $O_2 C$ et $O_2 F$.
- De O_3 , tracer $O_3 D$ et $O_3 E$.
- Tracer les arcs CF et DE de rayon R et de centre O_2 et O_3 .
- Tracer les arcs CD et EF de rayon r_1 et de centre O_4 et O_5 .



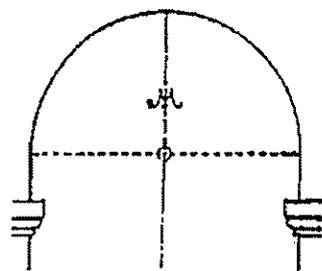
4. Ellipse dont les 2 axes sont connus

- Tracer les cercles de centre O et de rayon $r =$ petit axe et $R =$ grand axe.
- Tracer les génératrices coupant les deux cercles en D F H J L N et C E G I K M etc.
- Des points de génératrice D F H J K N etc tracer des droites perpendiculaires à AB.
- Des points de génératrice C E G I K M etc tracer des parallèles à AB, on obtient 1-2-3-4-5-6-7 etc.
- Joindre les points par une courbe représentant l'ellipse..

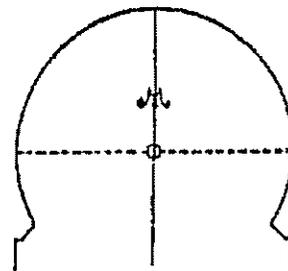




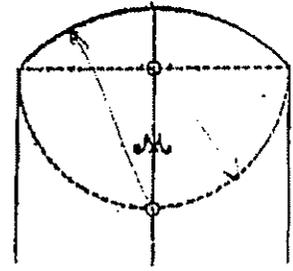
Arc plein cintré



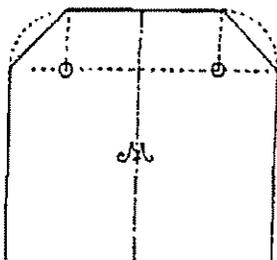
Arc surhaussé



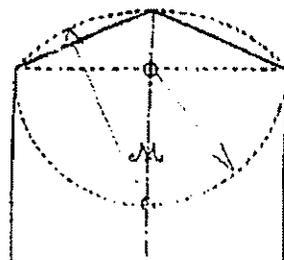
Arc en fer à cheval ou arc outrepassé



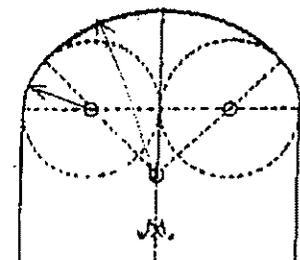
Arc segmentaire ou bombé



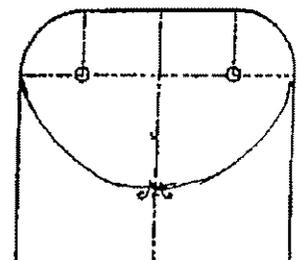
Arc ogivaire tronqué



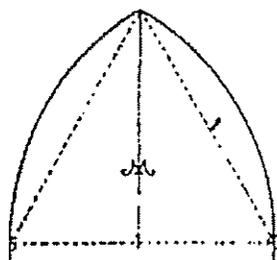
Arc brisé



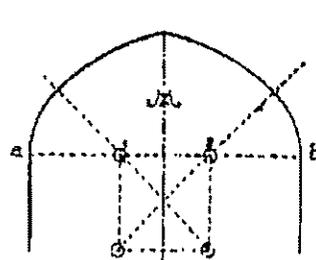
Arc surbaissé ou arc en anse de panier



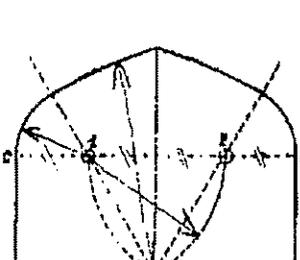
Arc déprimé



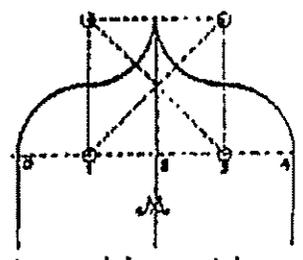
Arc ogive en liers point



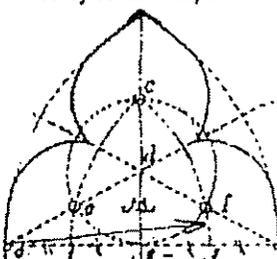
Arc en ogive surbaissé



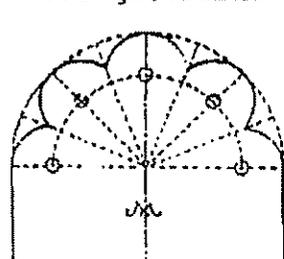
Arc Tudor



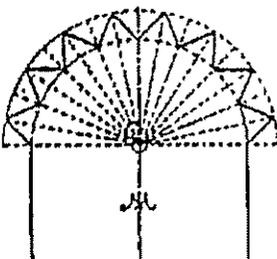
Arc en accolade ou en talons



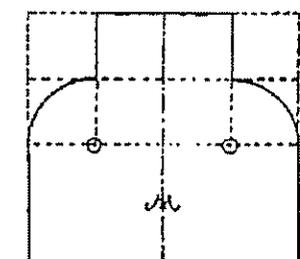
Arc trilobé



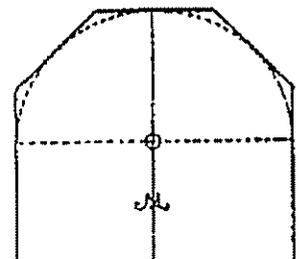
Arc quintilobé



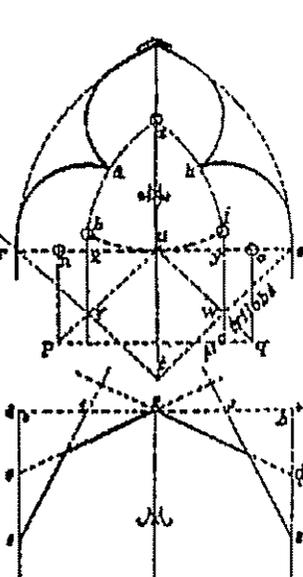
Arc zigzagué



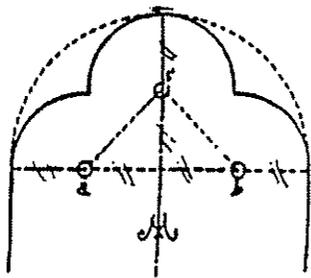
Bata formée d'un ligneau droit avec concavité de consoles



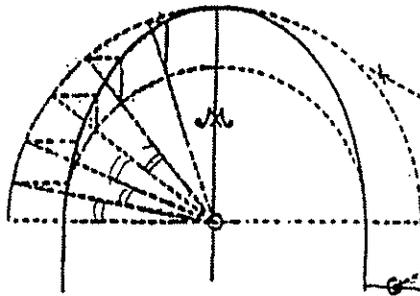
Arc polygonal



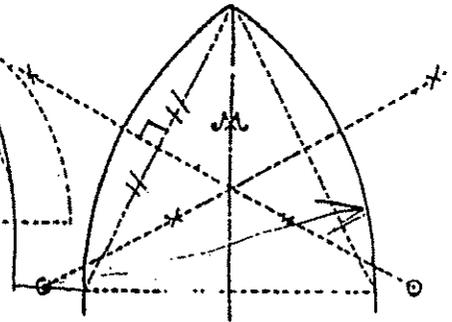
Arc polygonal



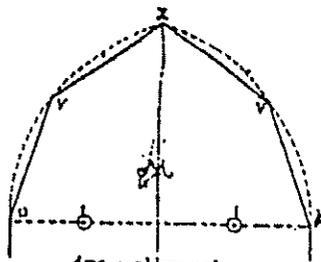
Arc trilobé



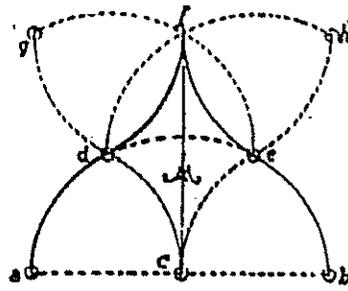
Arc elliptique



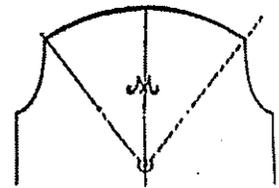
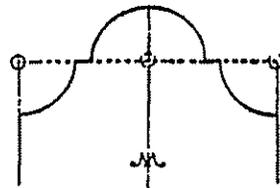
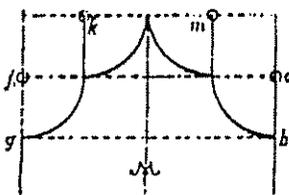
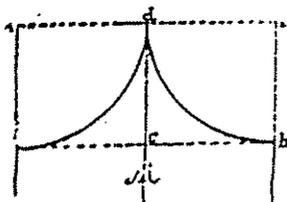
Arc ogive en lancette



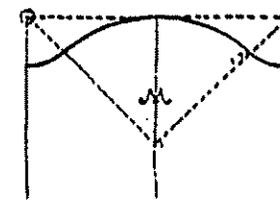
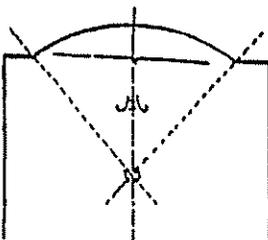
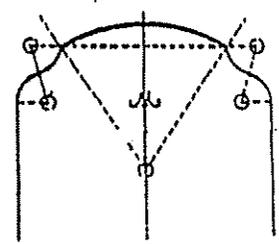
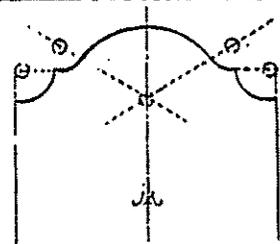
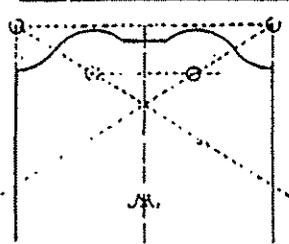
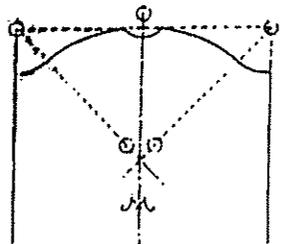
Arc polygonal

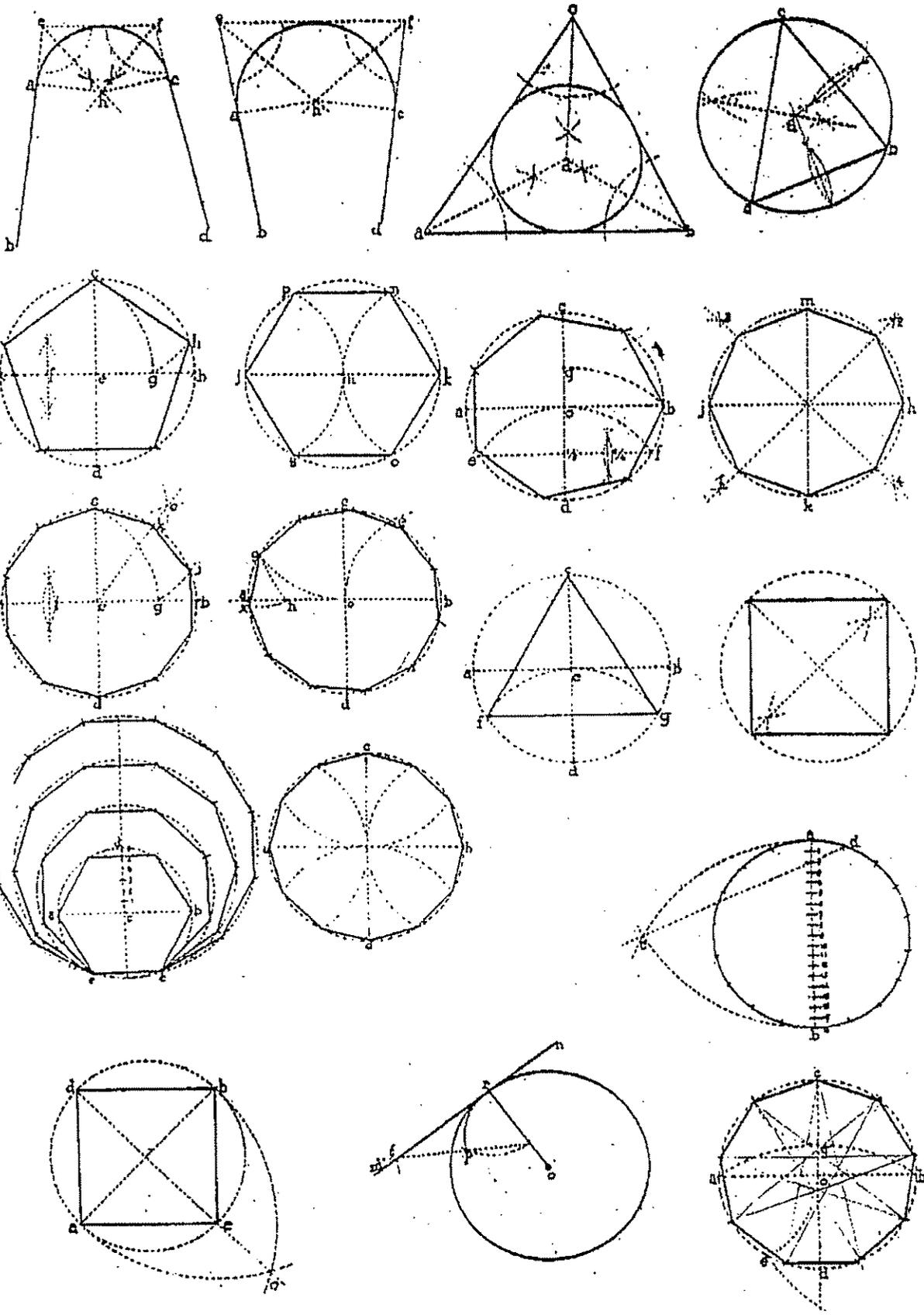


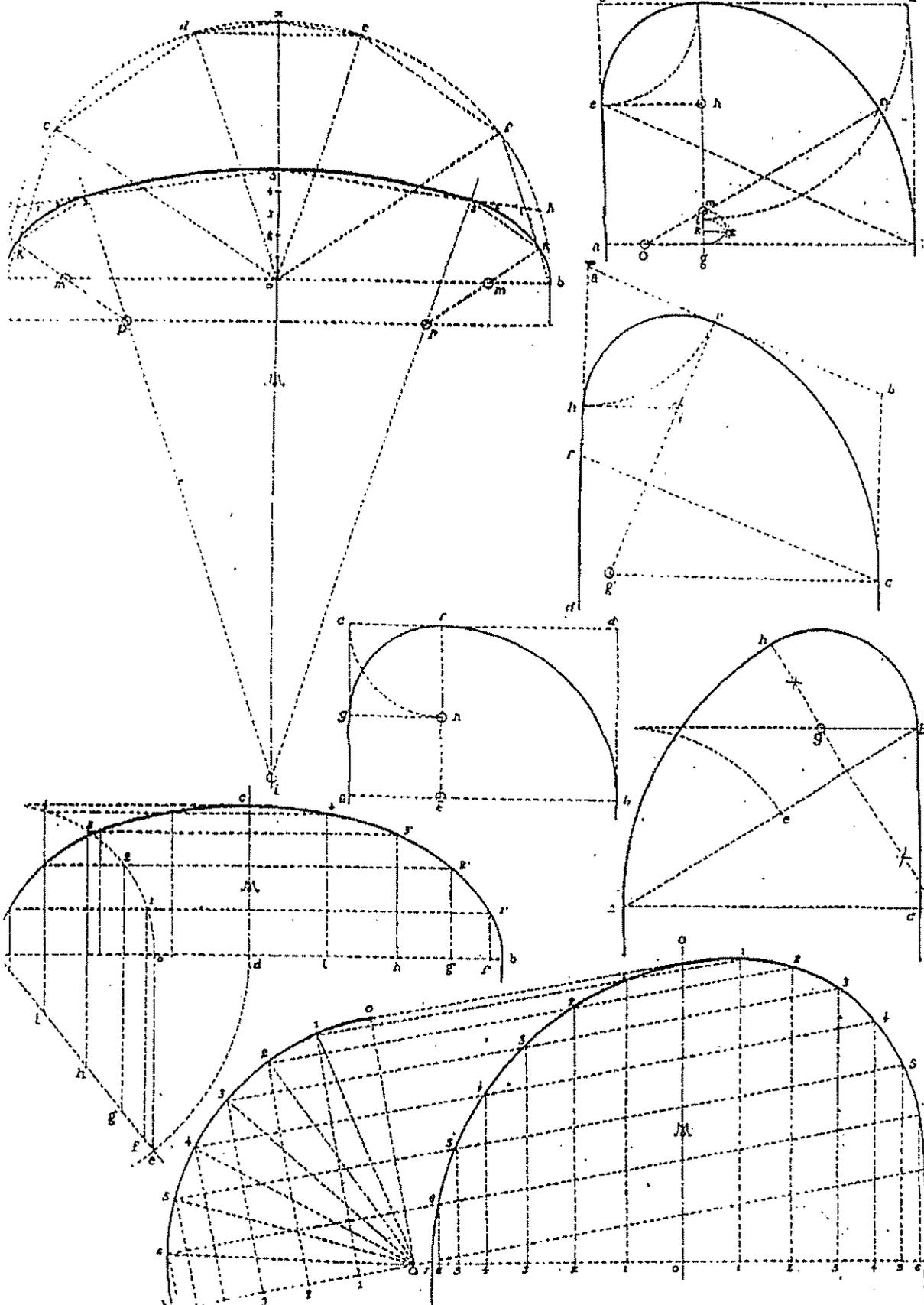
Arc en accolade

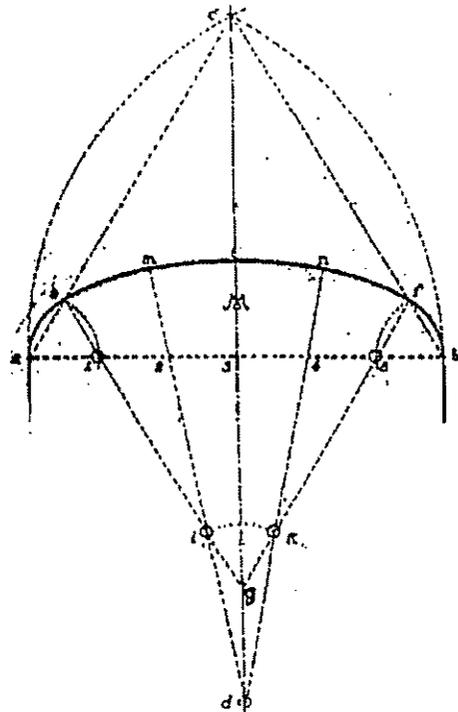
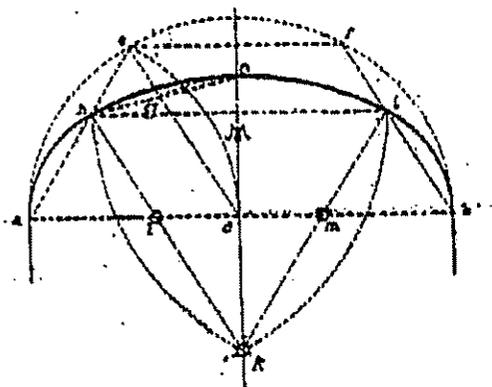
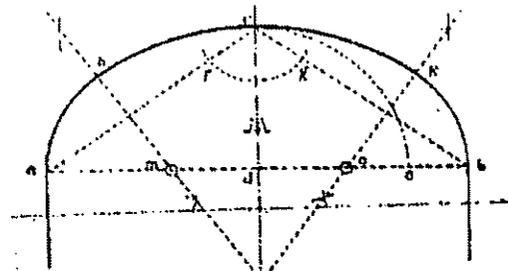
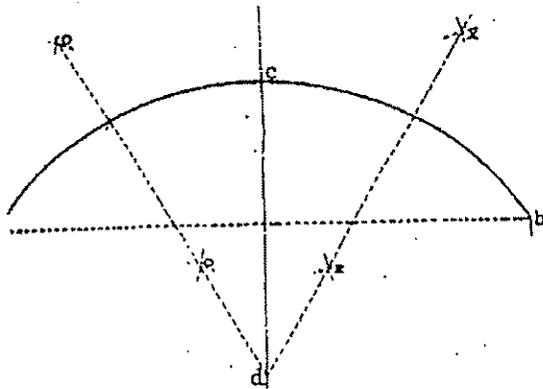
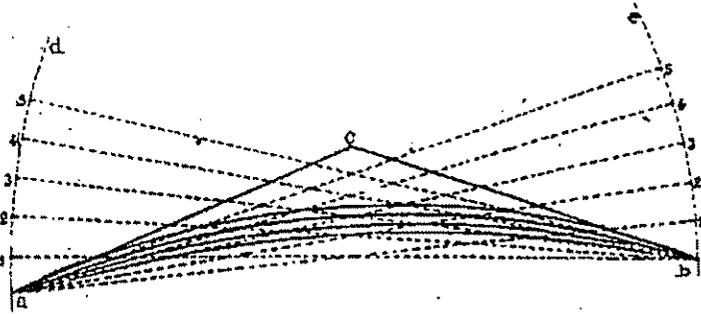
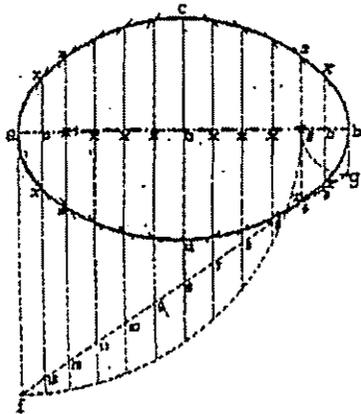
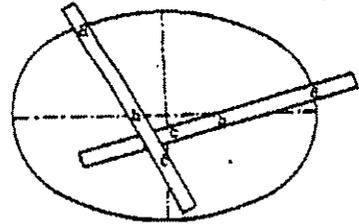
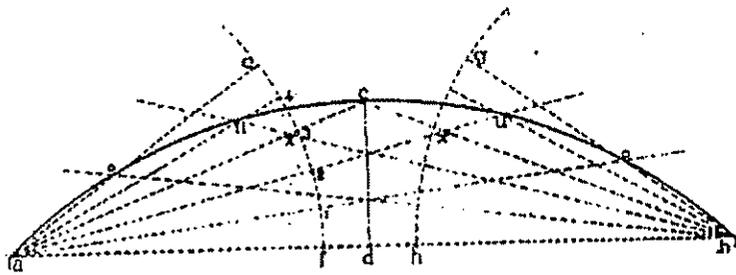


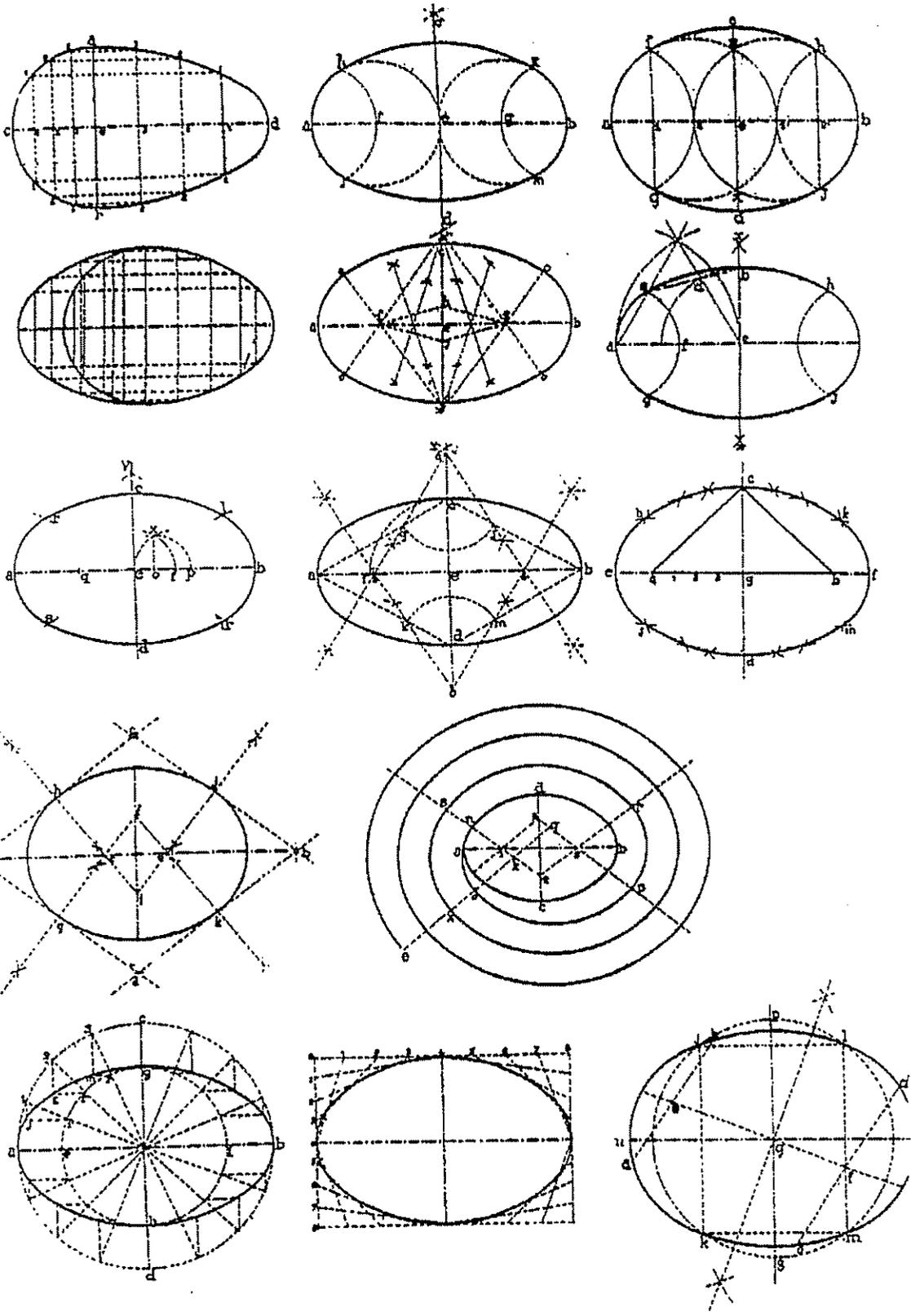
Fastons

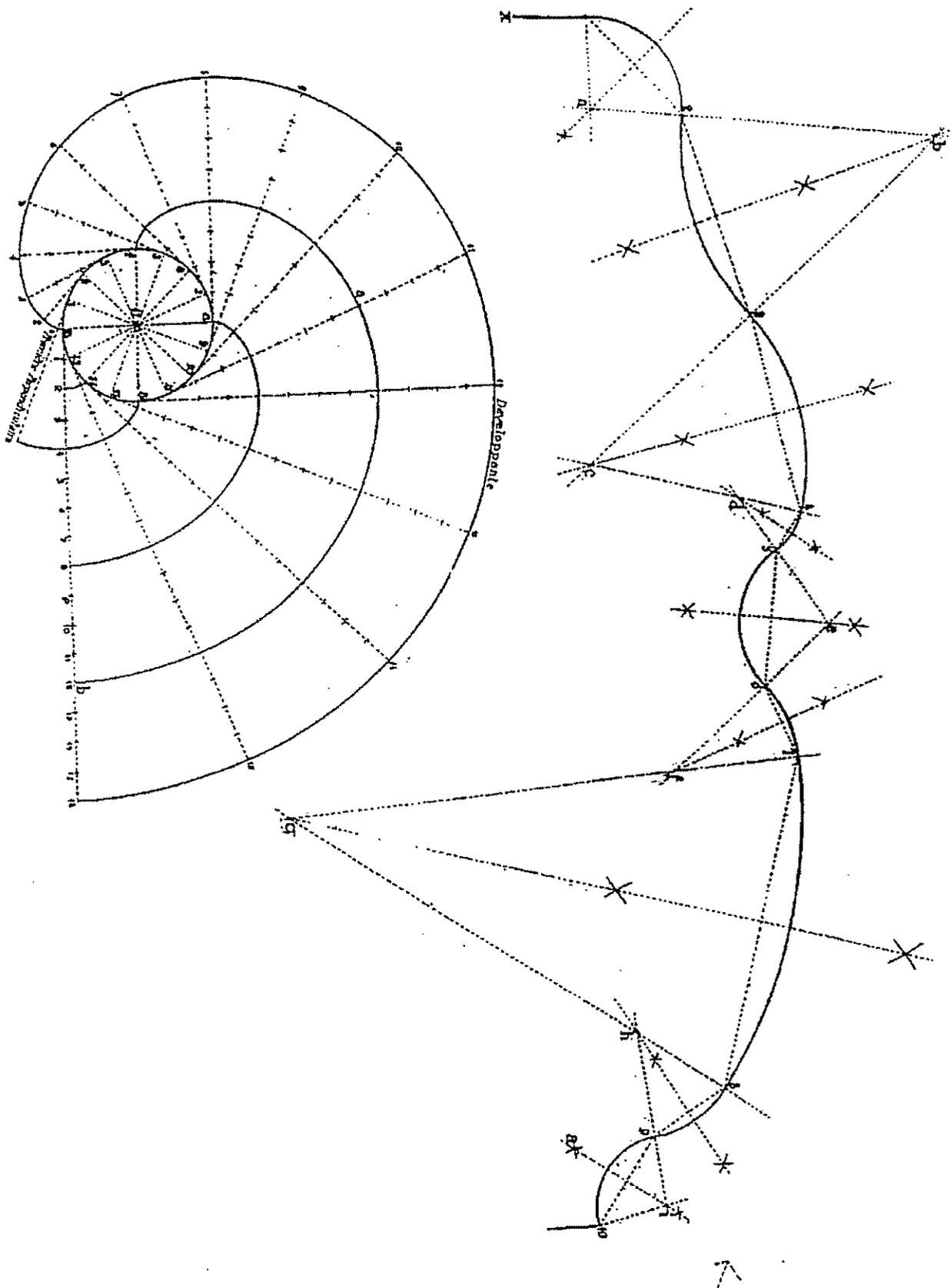








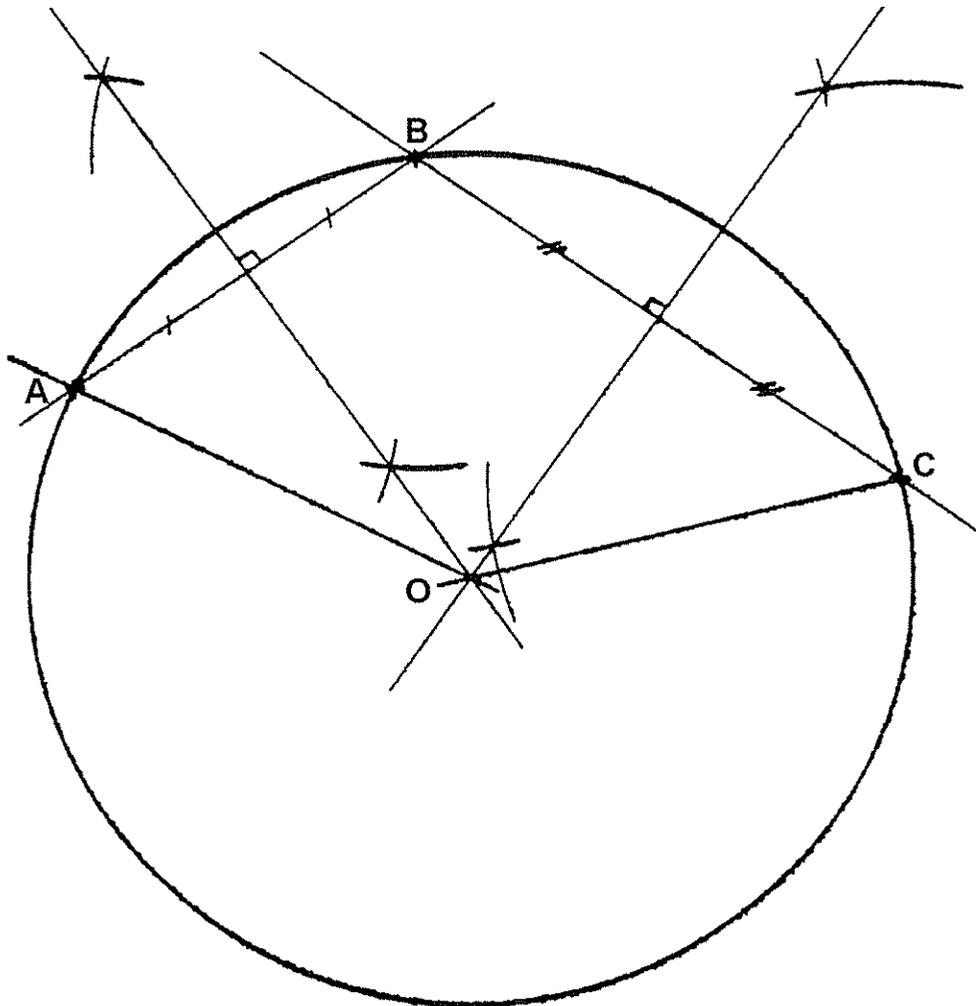




9 - Tracés de figures complexes

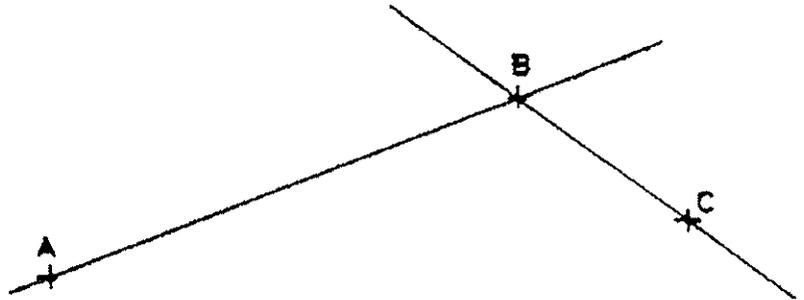
TRACE D'UNE CIRCONFERENCE PASSANT PAR 3 POINTS

- Soit 3 points A, B et C.
- Tracer les droites AB et BC.
- Élever, au compas, les perpendiculaires médiatrices aux droites AB et BC.
- Ces médiatrices se coupent en O, qui est le centre de la circonférence passant par A, B et C.
- Conclusion : $R = OA = OB = OC$.
- Nota : Le même principe est utilisé pour tracer un arc de cercle passant par 3 points (Exemple ci-dessous : A B C).



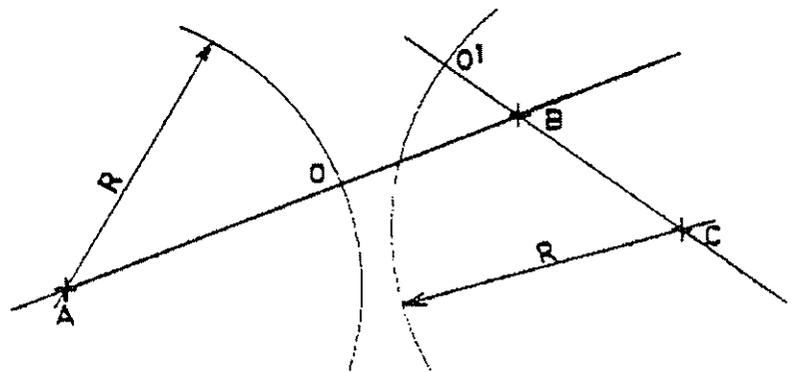
TRACE D'UN ARC DE CERCLE A CENTRE INACCESSIBLE (Passant par trois points)

1. Tracer les droites passant par AB et BC.

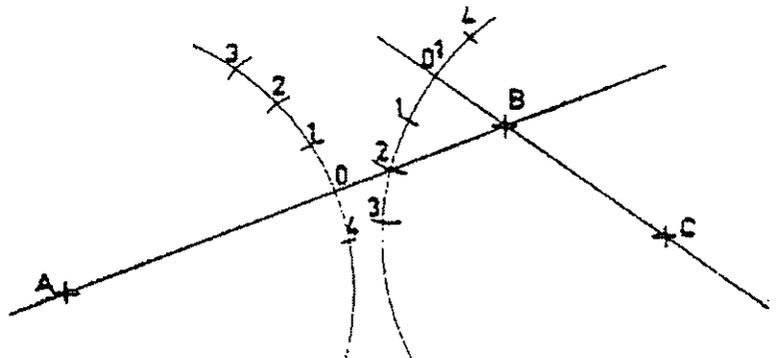


2. Des points A et C, tracer cercles de rayon R quelconque.

Ces arcs coupent en O la droite AB, et en O1 la droite BC.



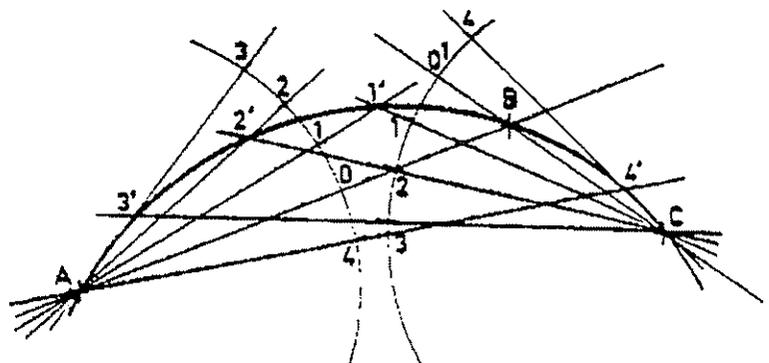
3. A partir des points O et O1, diviser les 2 arcs de cercles, en parties égales, au compas, avec une ouverture constante.



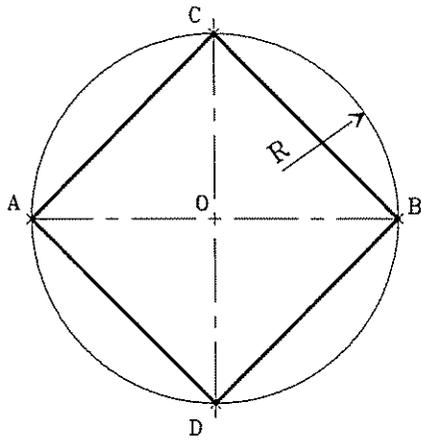
4. Tracer les droites passant pas :
A1 et C1
A2 et C2, etc.

Ces droites se coupent en 1', 2', etc qui sont des points appartenant à l'arc de cercle recherché.

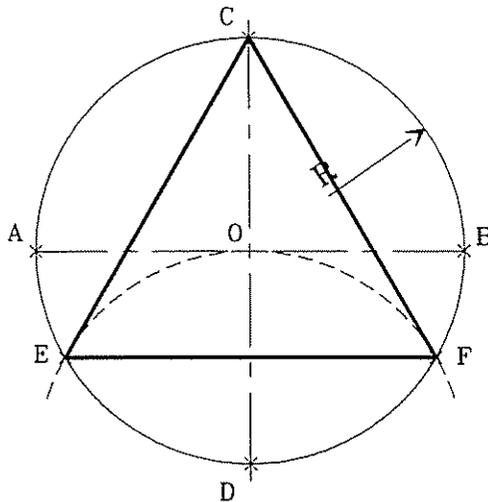
Joindre, à main levée, les points de la courbe ainsi déterminée.



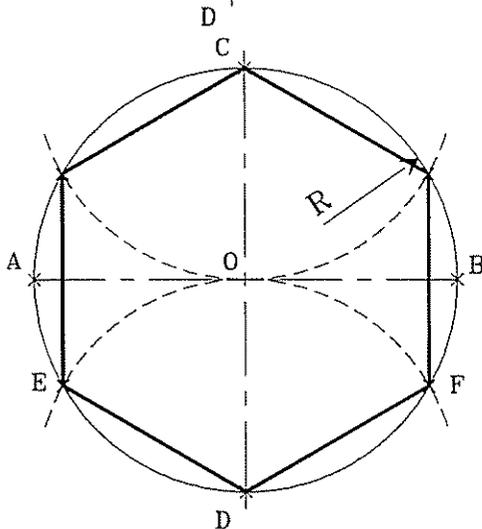
POLYGONES



1. Le carré inscrit dans un cercle (4 côtés).
 - Tracer les arcs perpendiculaires AB et CD se coupant en O.
 - Tracer le cercle de rayon $R = \frac{AB}{2}$ et de centre O.
 - Joindre AC - CB - BD - DA qui forment les côtés du carré.

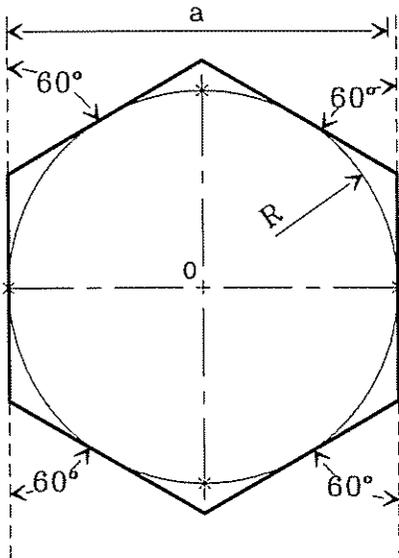


2. Le triangle équilatéral inscrit dans un cercle (3 côtés).
 - Tracer les axes AB et CD se coupant en O.
 - Tracer le cercle de rayon R et de centre O $R = AO$.
 - Tracer un arc de cercle de rayon R, de centre D et coupant le cercle en E et F $R = AO$.
 - Joindre CE - CF - FE qui forment les côtés du triangle.

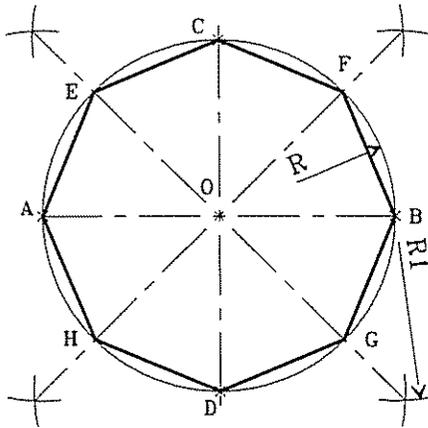


3. L'hexagone inscrit dans un cercle (6 côtés).
 - Tracer les axes XY et AB se coupant en O.
 - Tracer le cercle de rayon R et de centre O $R = AO$.
 - De A et B, tracer deux arcs de rayon R coupant le cercle en E et F, joindre AF - FE - ED - BD - CA côtés de l'hexagone.

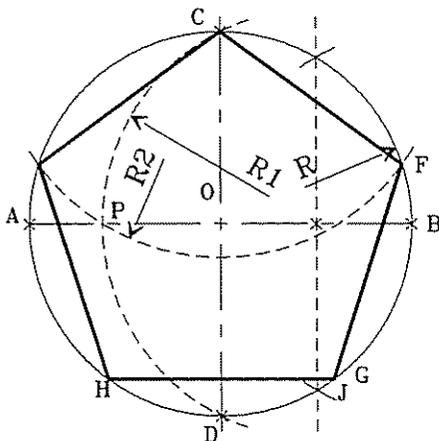
POLYGONES



1. Hexagone tangent à un cercle (6 côtés).
 - On connaît la largeur du plat a.
 - Tracer un cercle de rayon $R = \frac{a}{2}$.
 - Tracer les côtés tangents avec l'équerre à 60° et le Té.

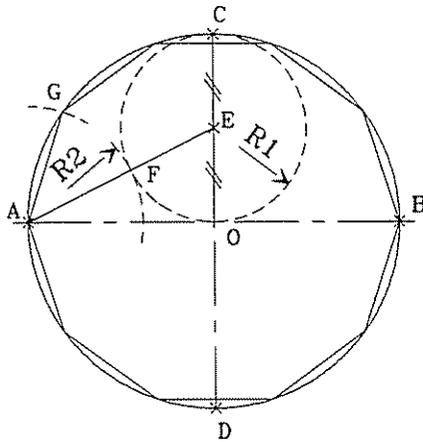


2. Octogone inscrit dans un cercle (8 côtés).
 - Tracer les axes AB et CD se coupant en O.
 - Tracer un cercle de rayon $R = \frac{AB}{2}$ et de centre O.
 - Tracer les génératrices divisant le cercle en 8 parties égales
Prendre R1 quelconque. On obtient E-F-G-H.
 - Joindre AE, EC, CF, FB, BG, GD, DH et HA.

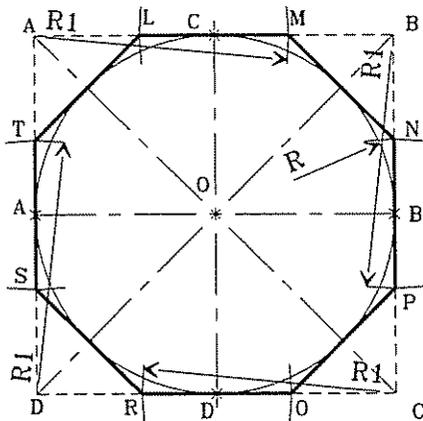


3. Pentagone inscrit dans un cercle (5 côtés).
 - Tracer les axes AB et CD se coupant en O.
 - Tracer un cercle de rayon $R = \frac{AB}{2}$ et de centre O.
 - Du point B, tracer un arc de rayon R coupant le cercle en I et J.
 - Joindre IJ qui coupe AB en M.
 - Tracer de M un arc de cercle de rayon MC coupant AB en P.
 - Tracer de C un arc de cercle de rayon $R2 = CP$ coupant le cercle en E, EC est un côté du pentagone.
 - Des points C, F, G, tracer un arc de rayon $R2 = EC$.
 - Joindre les points EC, CF, FG, GH, HE.

POLYGONES

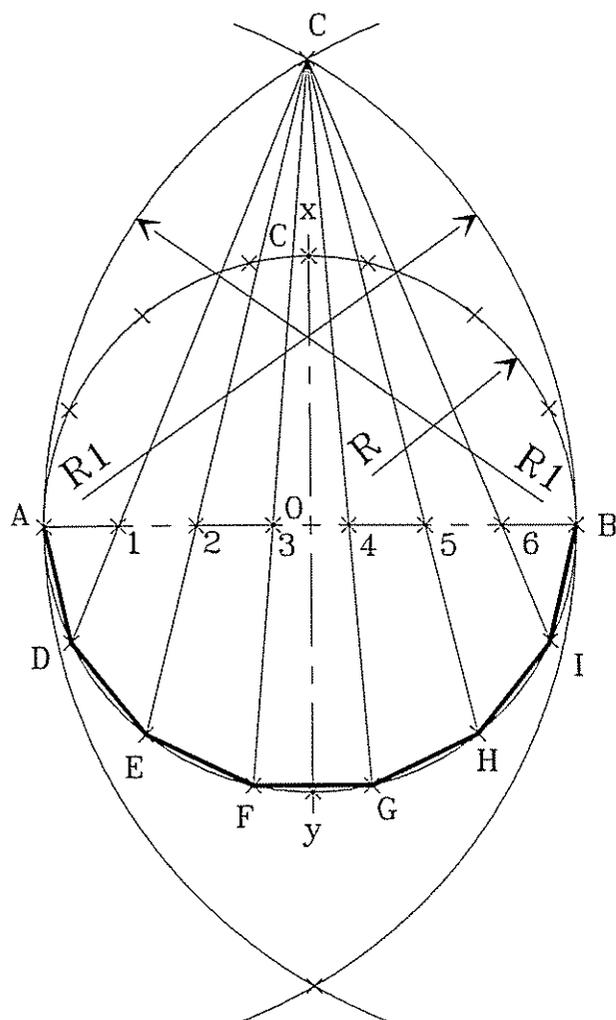


1. Décagone inscrit dans un cercle (10 côtés).
 - Tracer les axes AB et CD se coupant en O.
 - Tracer le cercle de rayon R et de centre O.
 - Tracer la médiatrice de OC coupant OC en E.
 - Tracer de E un cercle de rayon $R_1 = \frac{OC}{2}$.
 - Joindre AE coupant le cercle de centre E en F.
 - Tracer de A un arc de cercle de rayon $R_2 = AF$ coupant le cercle de centre O en G.
 - $AG =$ côté du décagone.
 - Partant de A tracer les 10 côtés.



2. Octogone inscrit dans un carré (8 côtés).
 - Tracer le carré ABCD.
 - Tracer les diagonales AC et DB se coupant en O.
 - Tracer de A, B, C et D les arcs de cercle de rayon $R_1 = AO = CB = OC = OD$.
 - Les arcs coupent le carré en L, M, N, P, Q, R, S et T.
 - Joindre les points les segments obtenus forment les côtés de l'octogone.

- NOTA : On peut procéder d'une autre manière.
- Tracer un cercle tangent aux côtés du carré et de rayon $R = \frac{AB}{2}$.
- Ce cercle coupe les diagonales en E, G, F et H.
- Tracer les côtés tangents à E, G, F, H à l'aide du Te et de l'équerre à 45°.



3. Polygones de N côtés - 12 - 14 - 16 - 18 etc.

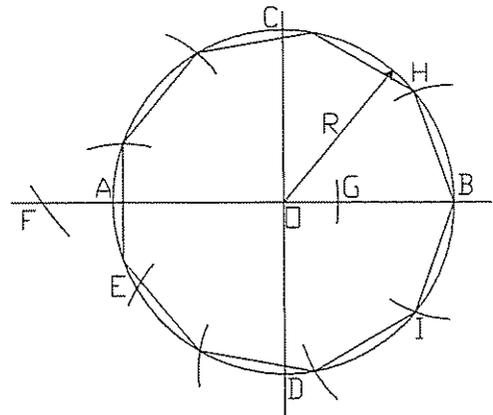
- Tracer deux axes AB et XY se coupant en O.
- Tracer un cercle de centre O et de rayon $R = \frac{AB}{2}$.
- Tracer deux arcs de cercle de centre A et B et de rayon $R1 = AB$. Ces arcs se coupent en C.
- Diviser le segment AB en N parties égales. On obtient 1', 2', 3', 4', 5' et 6'.
- Joindre C1 C2 C3 C4 C5 et C6 qui coupent le cercle en D E F G H et I.
- Joindre ces points qui donnent la moitié du polygone recherché.
- Refaire la même construction pour l'autre demi-cercle reporter 7 fois le côté AD.

POLYGONES INSCRITS

Diviser une circonférence en 9 parties égales.

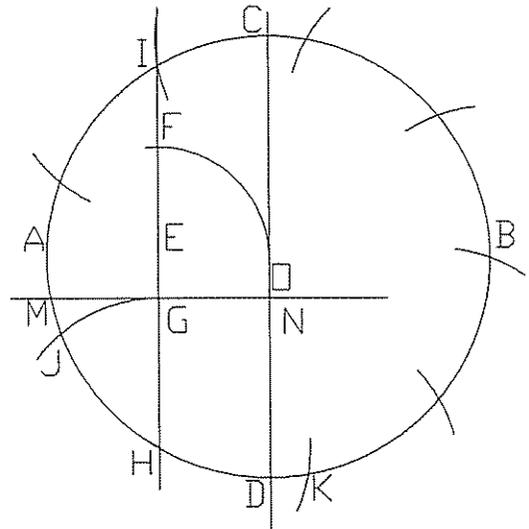
1^{ère} solution :

Tracer AB et CD, diamètres perpendiculaires.
Porter : OD en DE ⊙, CE en CF, FC en FG, BG en BH et BI.
BH = BI = 1/9 de la circonférence.



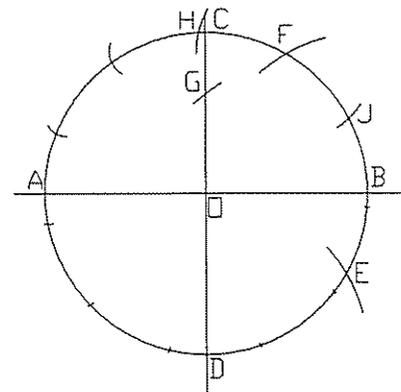
2^e solution :

Tracer AB et CD, diamètres perpendiculaires rayon R.
Mener IH médiatrice de AO ; EO = AE = R/2.
Rabattre O en F sur IH
Mener MN médiatrice de FH ; GH = GF.
Porter HG en HJ et HK.
HJ = HK = 1/9 de la circonférence.



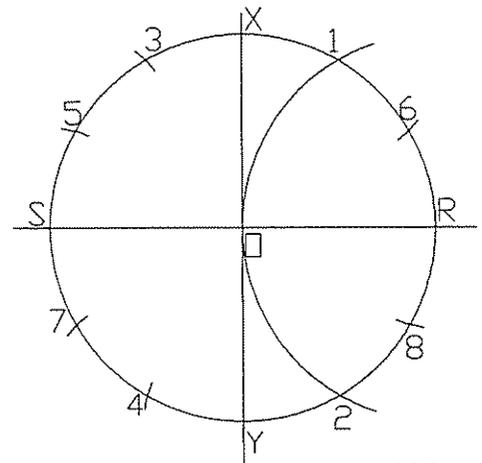
Diviser une circonférence en 11 parties égales.

Tracer AB et CD, diamètres perpendiculaires.
Porter BO en BF, et DO en DE.
Porter ensuite EF en EG sur CD, et FG en FH et FJ.
FH = FJ = 1/11 de la circonférence.



Diviser en 12 une circonférence dont on donne 2 diamètres perpendiculaires RS et XY.

Des points R, S, X, Y comme centres et avec un rayon OR, tracer les arcs coupant la circonférence :
du point R : en 1 et 2 - du point S : en 3 et 4 - du point X : en 5 et 6 - du point Y : en 7 et 8.

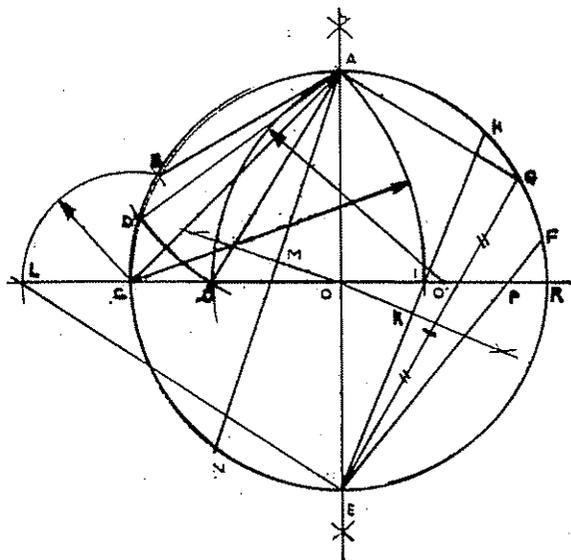


POLYGONES INSCRITS

TABLEAU DES CONSTRUCTIONS DES PRINCIPAUX POLYGONES INSCRITS.

AE perpendiculaires à CR.

- EG TRIANGLE EQUILATERAL. AG + R.
- AC CARRE
- AD' PENTAGONE
- AN 5 POINTES
- Ab HEXAGONE
- EH 8 pointes
- DO DECAGONE
- EF 10 POINTES
- BC DODECAGONE.
- OI PENTADECAGONE.
- OK 16 COTES.
- OM 20 COTES.



Pour construire une polygone étoilé.

Construire le polygone correspondant et réunir régulièrement les sommets non consécutifs.

Diviser un cercle en n parties égales.

Soit $n = 11$.

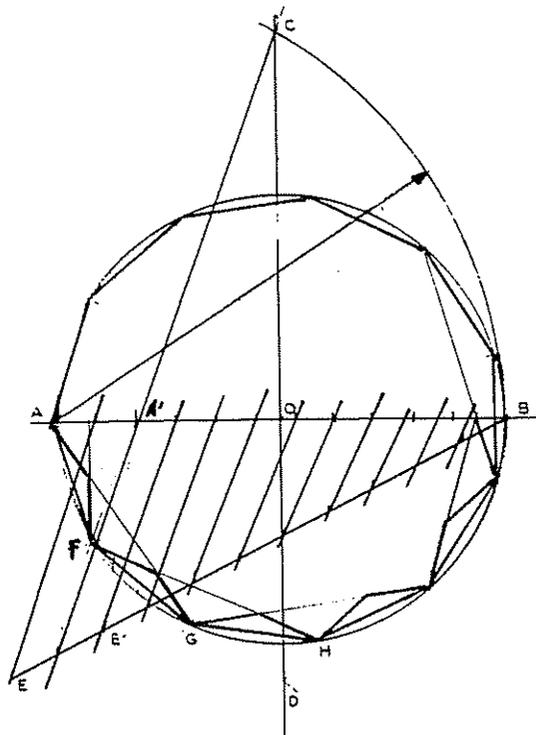
CD perpendiculaire à AB.

Diviser AB en 11 (V. Planche 11).

$BC = AB - AA' = 2/11 AB$.

Joindre C et A' et prolonger jusqu'en F.

$AF = FG = GH = \dots$



POLYGONES REGULIERS	NOMBRE DE COTES	VALEUR DU COTE C EN FONCTION DU RAYON DU CERCLE CIRCONSCRIT
TRIANGLE EQUILATERAL	3	1,732
CARRE	4	1,414
PENTAGONE	5	1,175
HEXAGONE	6	1,000
HEPTAGONE	7	0,868
OCTOGONE	8	0,765
DECAGONE	10	0,618
DODECAGONE	12	0,518

Exemple : calcul du côté d'un pentagone de rayon 30 mm.

$$\text{Côté} = 30 \times 1,175 = 35,25 \text{ mm.}$$

SPIRALE

1^{er} Tracé de la développante de la circonférence de centre O et de rayon R = 7.

Tracer la circonférence de R = 7.

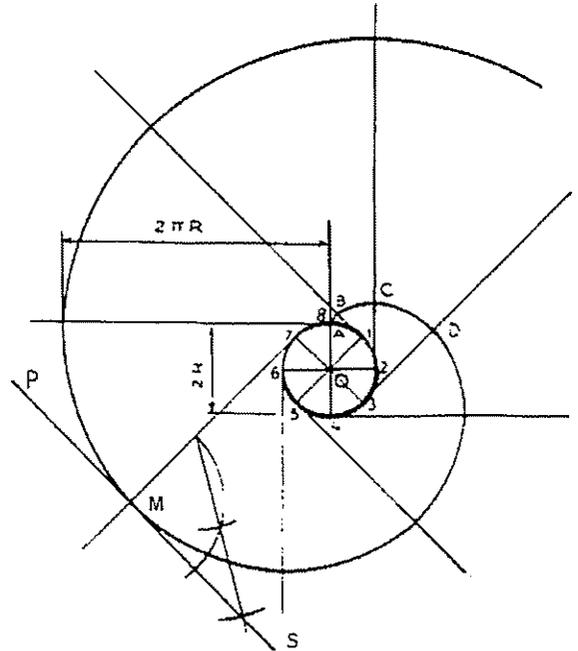
La diviser en huit et mener les 8 tangentes : 1B - 2 C - 3 D, etc...

Du centre 1, tracer l'arc AB.

Du centre 2, tracer l'arc BC.

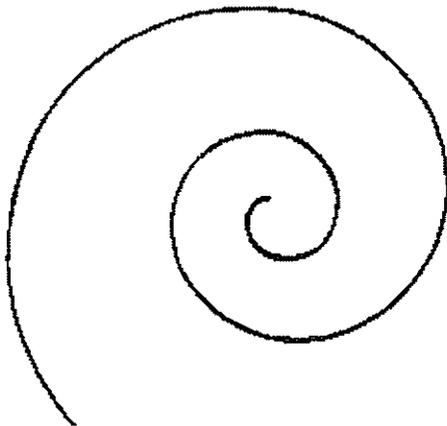
Du centre 3, tracer l'arc CD, etc...

$$1B = \frac{2\pi R}{8} = \frac{\pi R}{4} ; 2C = \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi R}{2} ; 3D = \frac{3\pi R}{4} \text{ etc.}$$



2^e Mener une tangente, en M, à cette courbe.

Cette tangente est la perpendiculaire PS élevée, en M à la tangente 7M de la circonférence.



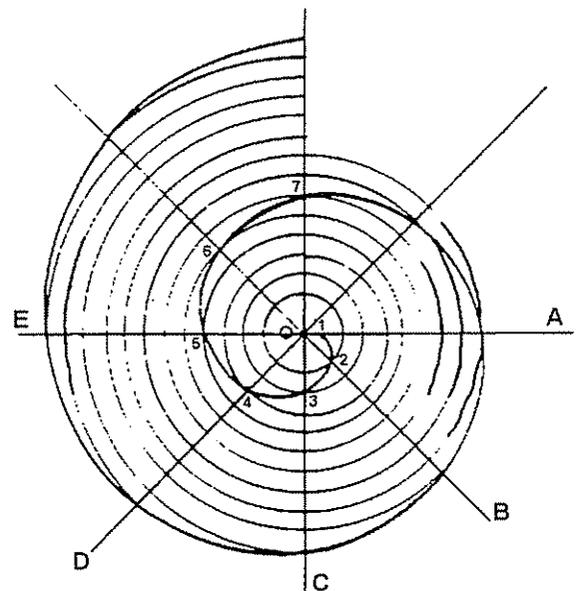
Construire une spirale en déroulant un fil autour d'un cylindre.

Construire une spirale par points.

Porter des axes régulièrement espacés, 8 par exemple.

Subdiviser ces axes, par exemple de 3 en 3 mm.

Réunir le point 1 de l'axe OA avec 2 de OB, 3 de OC, etc...



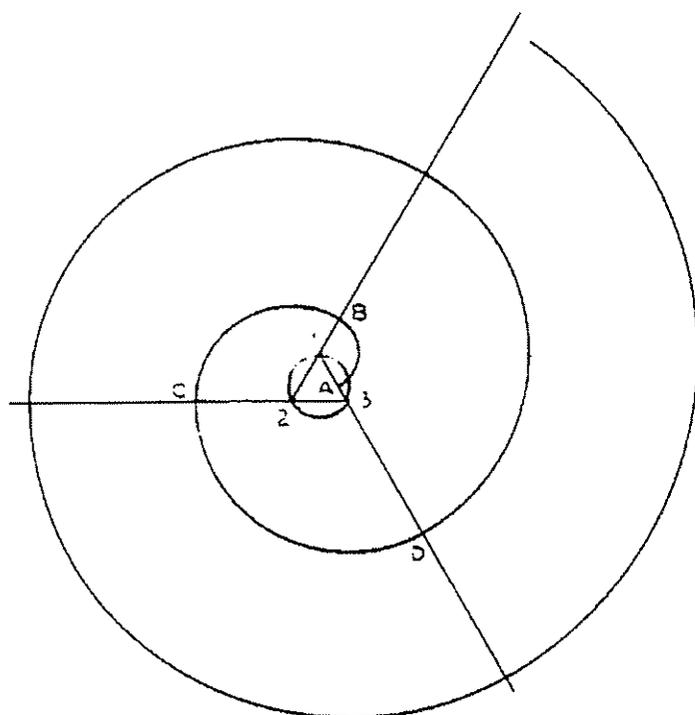
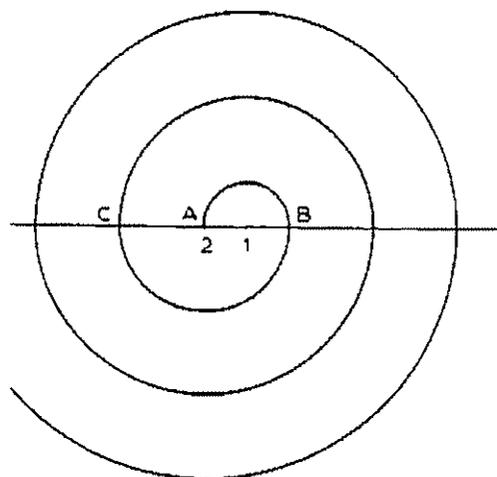
SPIRALE

Construire une fausse spirale a 2 centres.

Du centre 1, tracer la demi-circonférence AB.

Du centre 2, raccorder une deuxième dem-circonférence BC à la première.

Revenir au centre 1, etc...



Construire une fausse spirale a 3 centres.

Du centre 1, tracer un tiers de circonférence AB.

Du centre 2, raccorder un deuxième arc BC.

Du centre 3, raccorder un troisième arc CD.

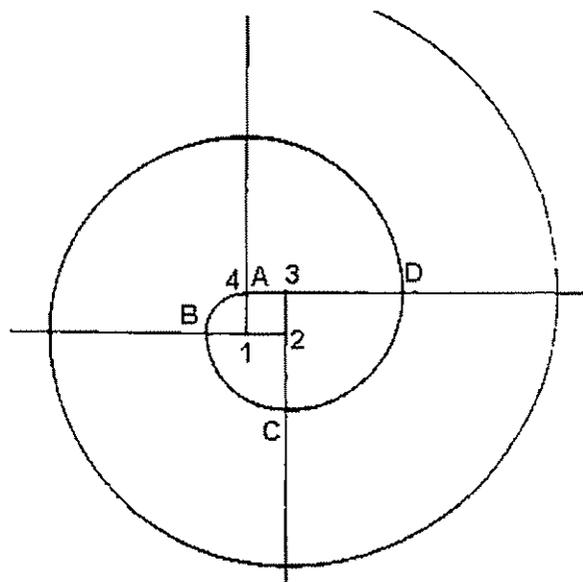
Revenir au centre 1, etc...

Construire une fausse spirale a 4 centres.

Du centre 1, tracer l'arc AB.

Du centre 2, raccorder l'arc BC à l'arc AB.

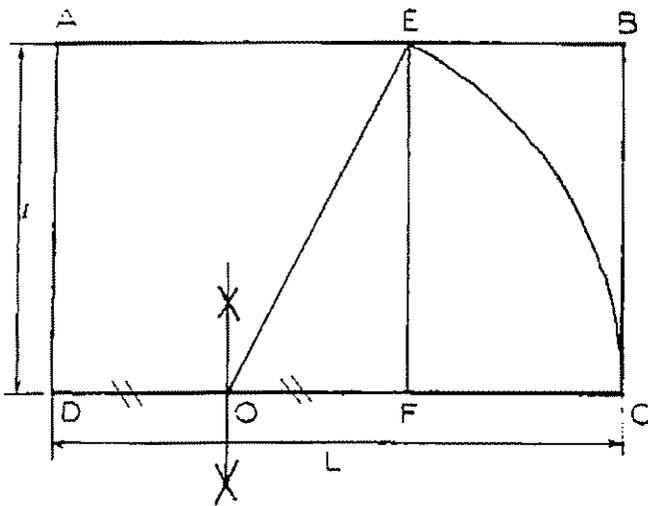
Du centre 3, raccorder l'arc CD, etc...



LE « NOMBRE D'OR »

$$\frac{l}{L} = \frac{L}{L+l} = \frac{0,618}{1} = \frac{1}{1,618}$$

CONSTRUCTION DU « RECTANGLE D'OR » ABCD.

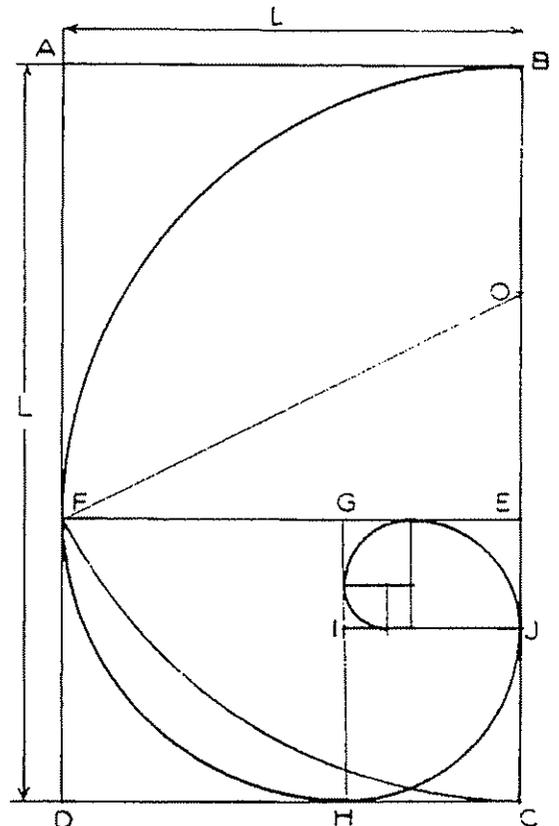


Construire le carré AEFD.
Du milieu O de DF, porter la longueur OE sur le prolongement de DF.
Compléter le rectangle de côtés AB et CD dont le rapport est le « Rapport d'or » :

$$\frac{l}{L} = \frac{L}{L+l} = \frac{0,618}{1} = \frac{1}{1,618}$$

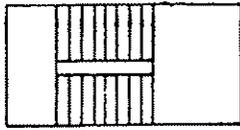
CONSTRUCTION DE LA « SPIRALE D'OR ».

1. Construire le « rectangle d'or » ABCD.
2. Dans le carré ABEF, de côté AB = l, tracer l'arc BF, de centre E et de rayon BE = l.
3. Construire le carré DFGH de côté FD = L - l.
Tracer l'arc FH, de centre C et de rayon FG = L - l.
4. Construire le carré CHIJ de côté HC = l - (L - l).
Tracer l'arc HJ de centre I et de rayon HI = l - (L - l).
etc...

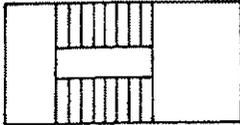


10 - Escaliers

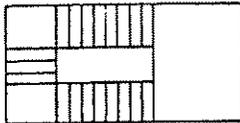
ESCALIERS



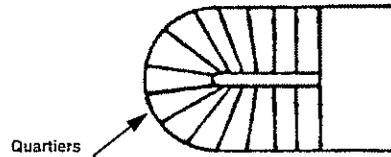
ESCALIER AVEC
VOLEE DROITE



ESCALIER AVEC
VOLES DROITES
ET JOURS

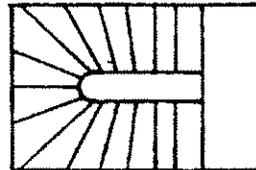


ESCALIER AVEC
PALIERS D'ANGLES
ET VOLEES DROITES



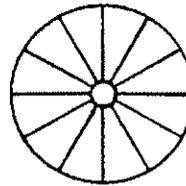
Quartiers
tournants

ESCALIER
BALANCE

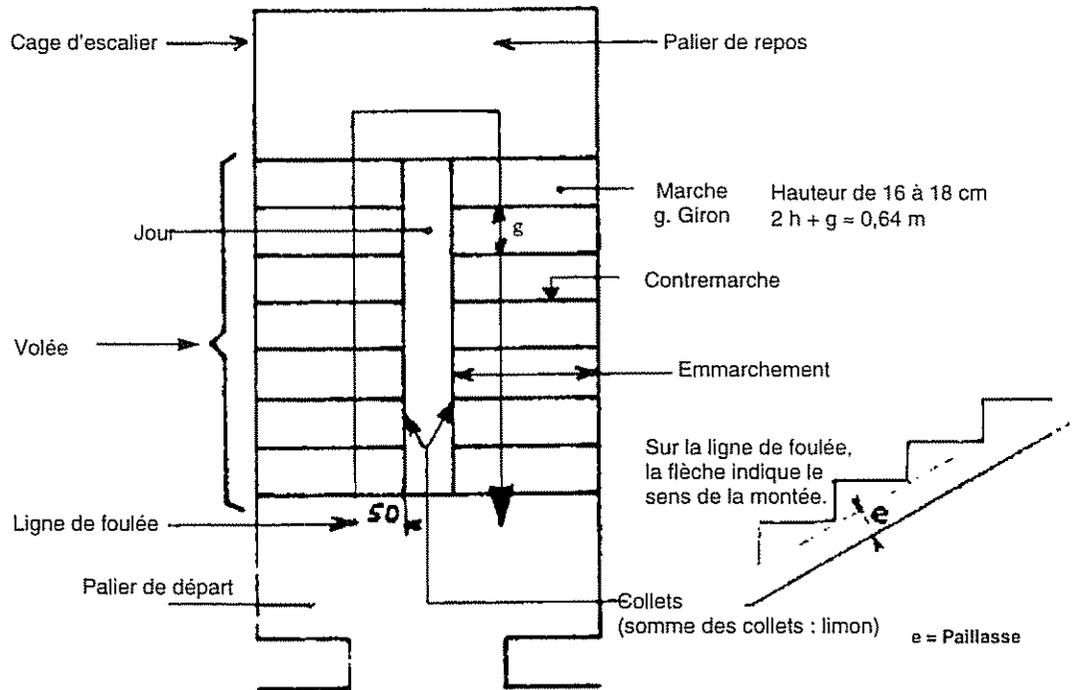
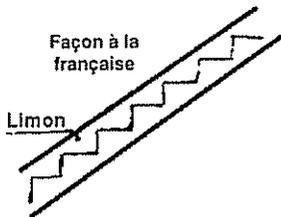
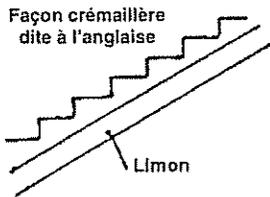


ESCALIER
BALANCE

ESCALIER COMPORTANT
DES PARTIES DROITES
ET DES PARTIES
BALANCEES



ESCALIER CIRCULAIRE
à noyau plein ou creux



Les volées comportent un ensemble de 16 à 20 marches.

TERMES OU ELEMENTS CONSTITUTIFS	SYMBOLES ET DIMENSIONS
<p>Marche : dessus horizontal avec ou sans nez de marche.</p> <p>Contremarche : paroi verticale «contre la marche ».</p> <p>Emmarchement : largeur d'escalier.</p> <p>Palier intermédiaire ou de repos.</p> <p>Paillasse porteuse d'épaisseur « S ».</p> <p>Volée :</p> <p>Ensemble { marches contremarches paillasse compris entre deux paliers.</p> <p>Mur d'échiffre : il borde l'escalier et lui sert d'appui.</p> <p>Plancher haut et plancher bas.</p> <p>Revêtement soit en marbre, carrelage, moquette</p> <p>Tracé de l'escalier par quadrillage de l'escalier droit (ou balancé) de l'étage inférieur.</p> <p>Tracé de la « crémaillère » sur le mur.</p> <p>Palier d'arrivée.</p> <p>Autres termes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trémie : c'est l'ouverture réservée dans le plancher pour l'usage de l'escalier. • Ligne de foulée : c'est la trajectoire suivie par une personne qui monte ou descend l'escalier. • Cage d'escalier : partie du logement réservée à l'escalier bordé par les murs de la « cage ». 	<p>g : largeur de marche sans le nez appelé <i>giron</i>. $25 \text{ cm} \leq g \leq 32 \text{ cm} \approx$</p> <p>h : hauteur de chaque contremarche : $15 \leq h \leq 19 \text{ cm} \approx$</p> <p>☞ Règle de Blondel :</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center;"> $2h + g = 60 \text{ à } 65 \text{ cm} \approx$ (longueur d'un pas moyen) </div> <p style="text-align: center;">EXEMPLE D'UTILISATION :</p> <ul style="list-style-type: none"> • hauteur de contremarche : 17 cm. • $60 - (2 \times 17) \leq \text{giron} \leq 65 - (2 \times 17)$ soit : $26 \text{ cm} \leq g \leq 31 \text{ cm}$ <p>S : épaisseur de la paillasse $8 \text{ cm} \leq s \leq 12 \text{ cm} \approx$</p> <p>H : hauteur d'échappée $\geq 200 \text{ cm}$.</p> <p>Ht : hauteur totale à franchir entre sols finis.</p> <p>W : largeur d'escalier ou emmarchement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • en pavillon $\geq 80 \text{ cm}$ • en collectif $\geq 120 \text{ cm}$. <p>☞ Emplacement de la ligne de foulée :</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • au milieu de la largeur d'escalier si l'embranchement est $\leq 100 \text{ cm}$. • à 50 cm du côté jour si la largeur d'escalier est $> 100 \text{ cm}$. </div>

Conventions de représentation (NF P 02-001)

■ EN PLAN

Le plan de coupe est toujours situé à + 1,00 m du sol fini.

◇ Couper les escaliers au milieu de la septième contremarche et marquer celle-ci par un trait renforcé ②, ③.

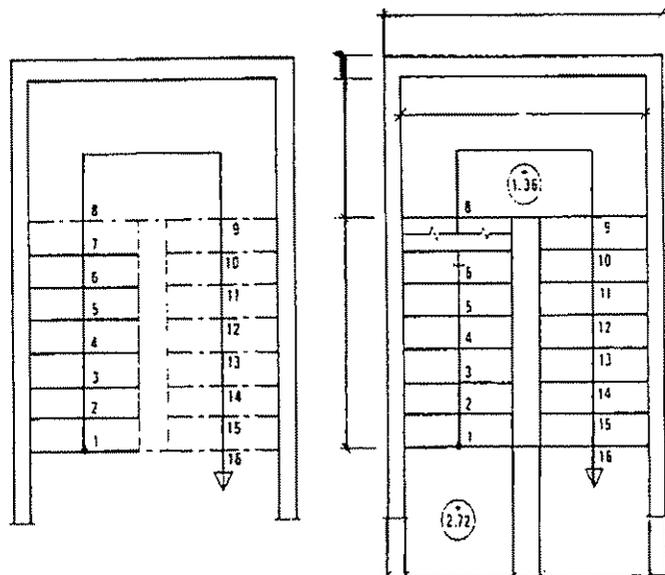
◇ Cas d'un seul niveau ②.

– Tracer en trait fort les arêtes vues des marche n° 1 à 6.

– Représenter par un trait mixte fin (type K) les arêtes des marches situées au dessus du plan de coupe. Exemple : marches n° 8 à 16.

◇ Cas de plusieurs volées superposées ③.

• Représenter par un trait continu fin :



② CAS D'UN SEUL NIVEAU

③ CAS DE VOLEES SUPERPOSEES

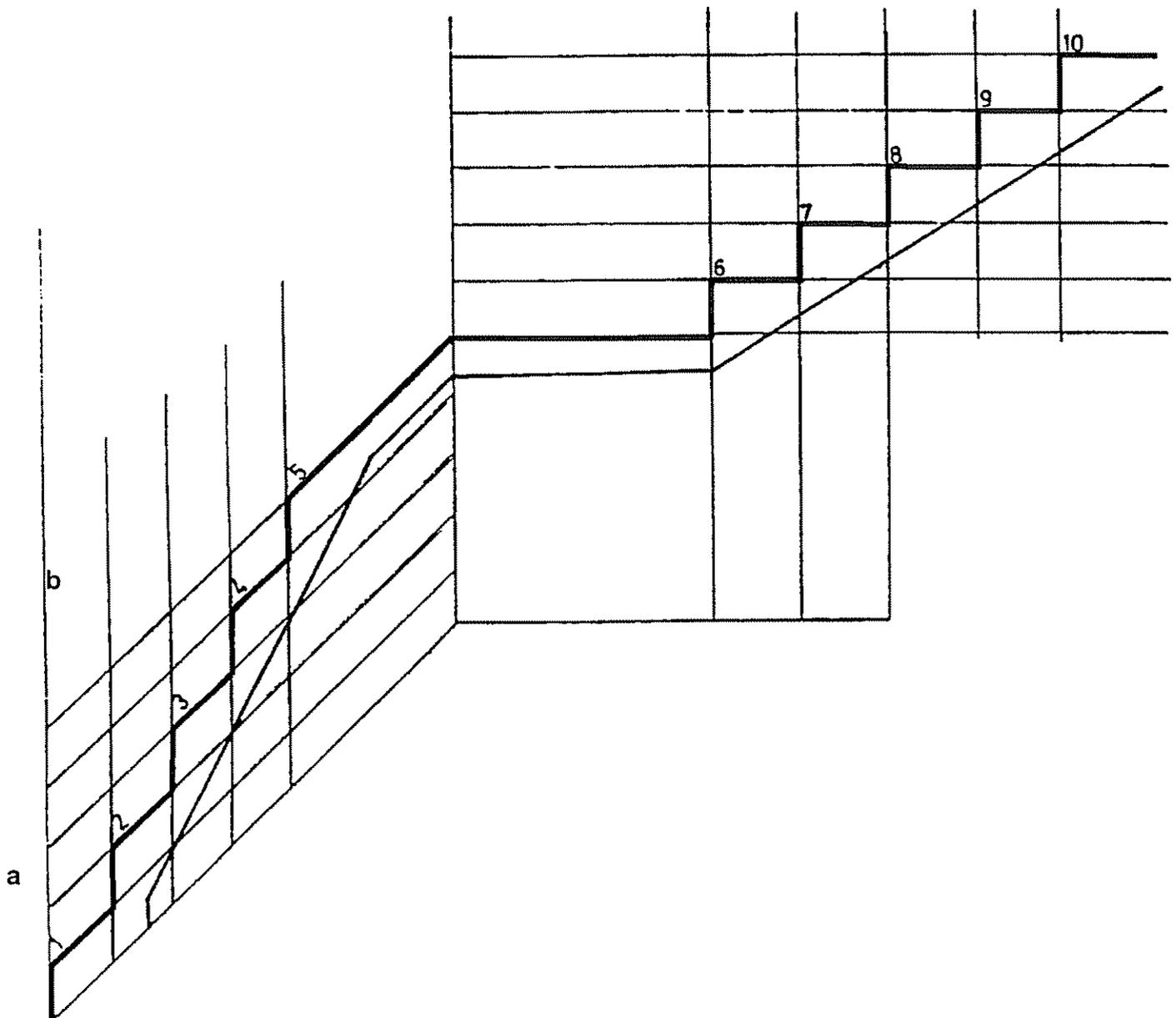
REALISATION DES ESCALIERS

1. Escalier droit

Implantation - tracé

- a) Les hauteurs des contremarches sont portées en cotes cumulées (horizontales sur le mur).
- b) Les largeurs du palier et des marches sont portées aussi en cotes cumulées (verticales sur le mur).

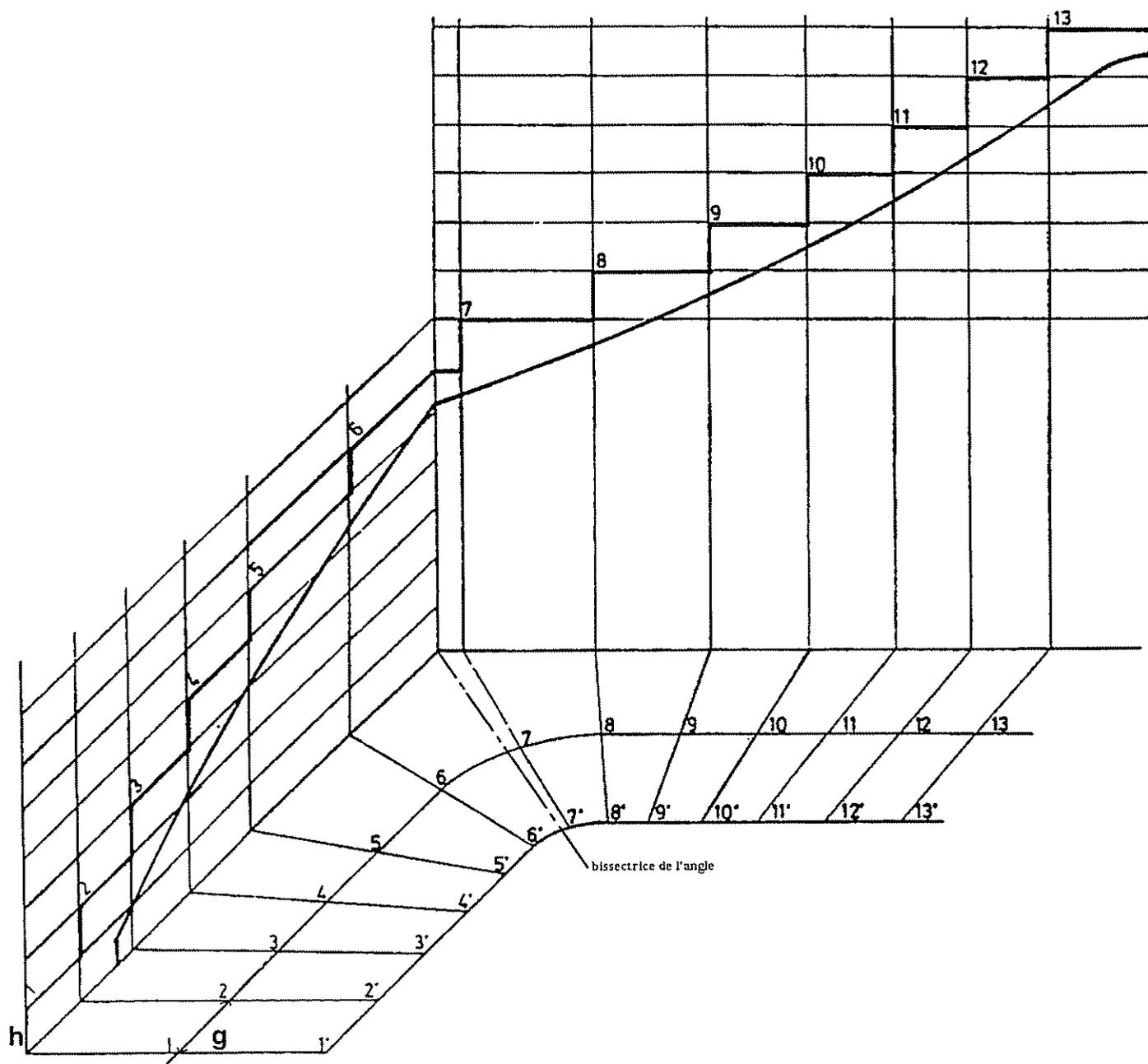
Les nez-de-marches sont déterminés par l'intersection horizontale par rapport à la verticale.



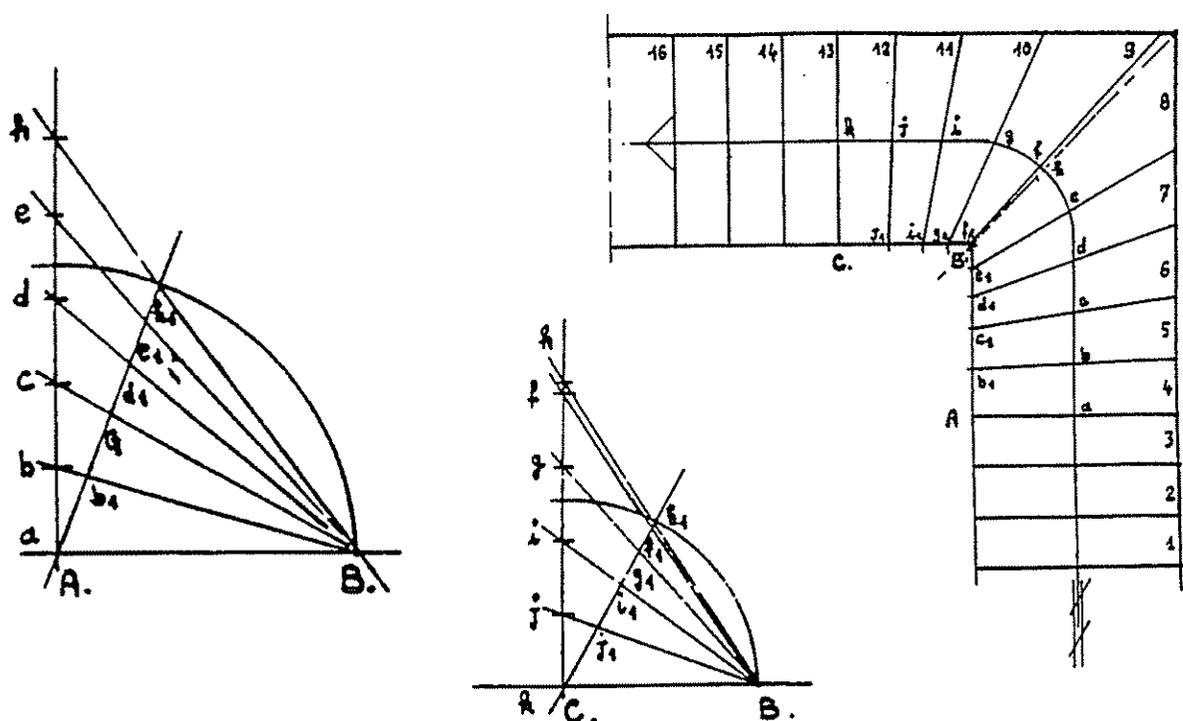
2. Les escaliers balancés

Implantation - tracé

L'épure de balancement par la herse est relevée sur le mur ou sur le coffrage vertical.



BALANCEMENT D'UN ESCALIER METHODE DE LA HERSE

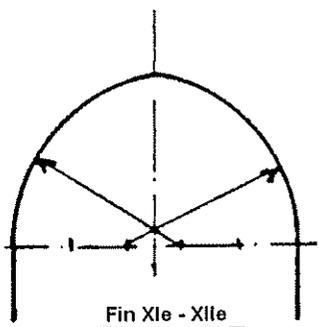


1. Déterminer g et h.
2. Tracer la ligne de foulée.
3. Porter la largeur des marches (g) sur la ligne de foulée.
4. Déterminer la partie à balancer (quatre à cinq marches de part et d'autre de la bissectrice de l'angle d'escalier).
5. Tracer les herses A,B et C,D.
 - a) Horizontalement une longueur égale à A B.
 - b) En A tracer une perpendiculaire à A,B.
 - c) Porter sur cette perpendiculaire les giron des marches à balancer (a,h pour avoir le développé de la ligne de foulée).
 - d) Joindre les points obtenus (a,b,c...) au point B.
 - e) De A comme centre avec un rayon égal à A B, tracer une circonférence qui coupe la dernière oblique (hB).
 - f) Joindre B à A pour obtenir les dimensions des collets des marches (a1, b1, c1, d1...).
6. Sur l'épure en plan à partir de A et sur A B on reporte les dimensions des collets de la herse(a1, b1, c1, d1...).
7. Sur l'épure en plan joindre a.a1, b.b1, c.c1..., pour avoir le nez-des-marches balancées en plan.

REMARQUES :

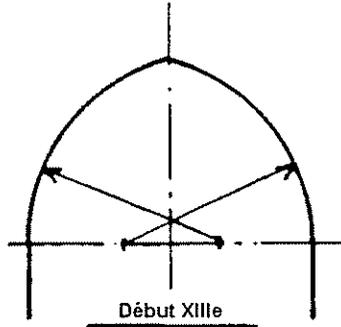
Les développements de limons et crémaillères restent à faire à partir de l'épure en plan.
Il faut refaire une herse pour la deuxième partie de l'escalier en partant de C vers B et non pas de B vers C.

11- Roses et fenestrages



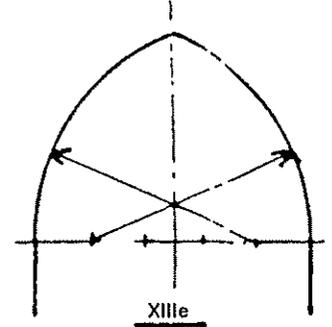
Fin XIe - XIIe

Arc brisé obtus quinte points



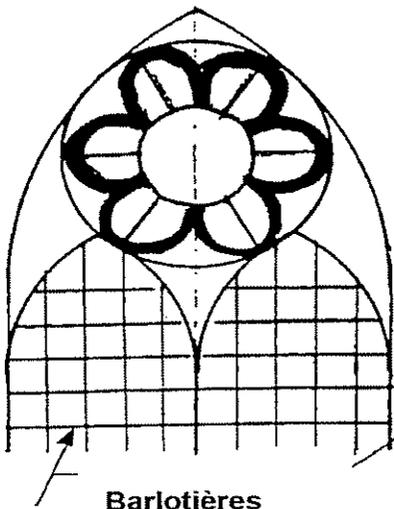
Début XIIIe

Arc brisé obtus tiers points

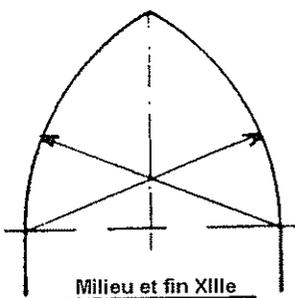
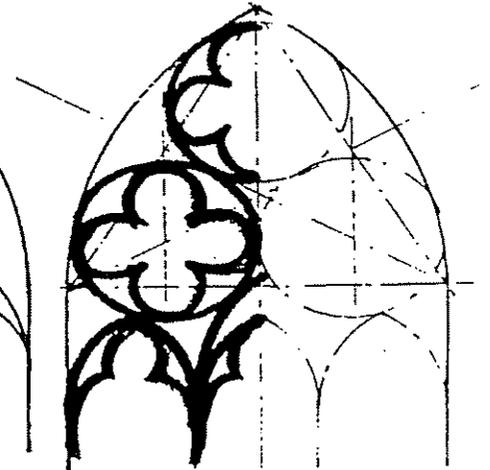
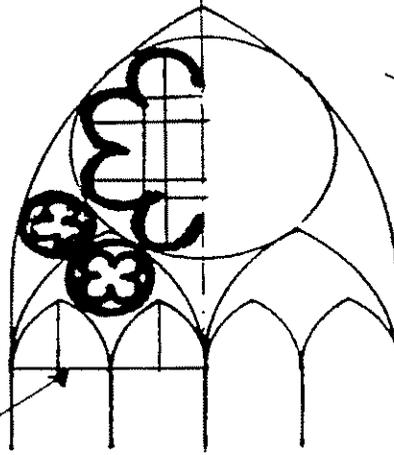


XIIIe

Arc obtus quinte points

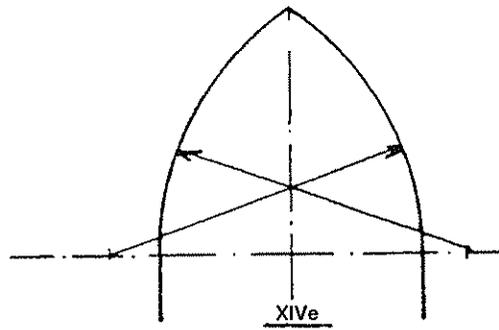


Barlotières



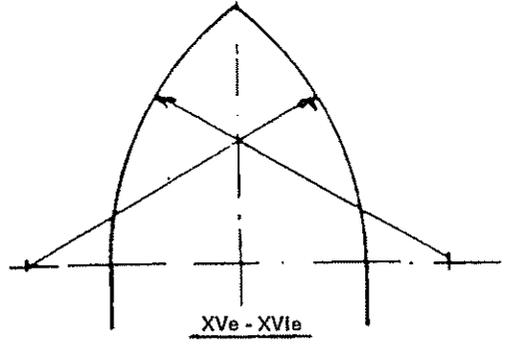
Milieu et fin XIIIe

Arc équilatéral



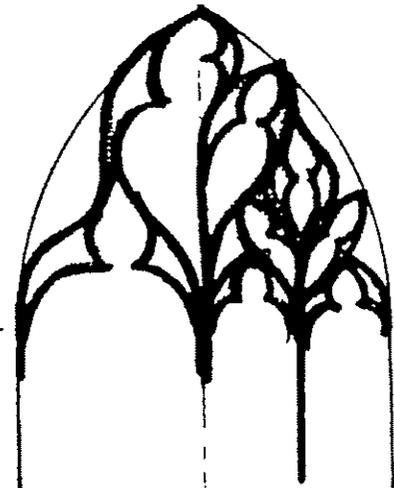
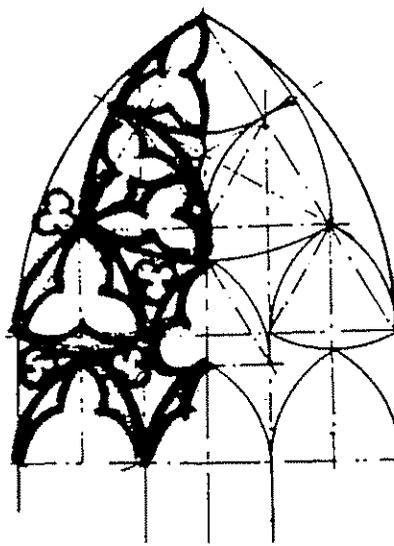
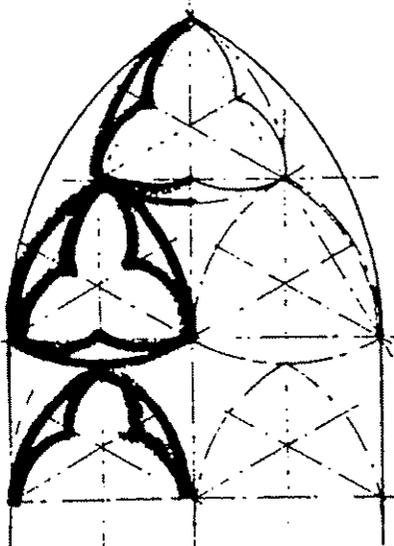
XIVe

Lancette quinte points



XVe - XVIe

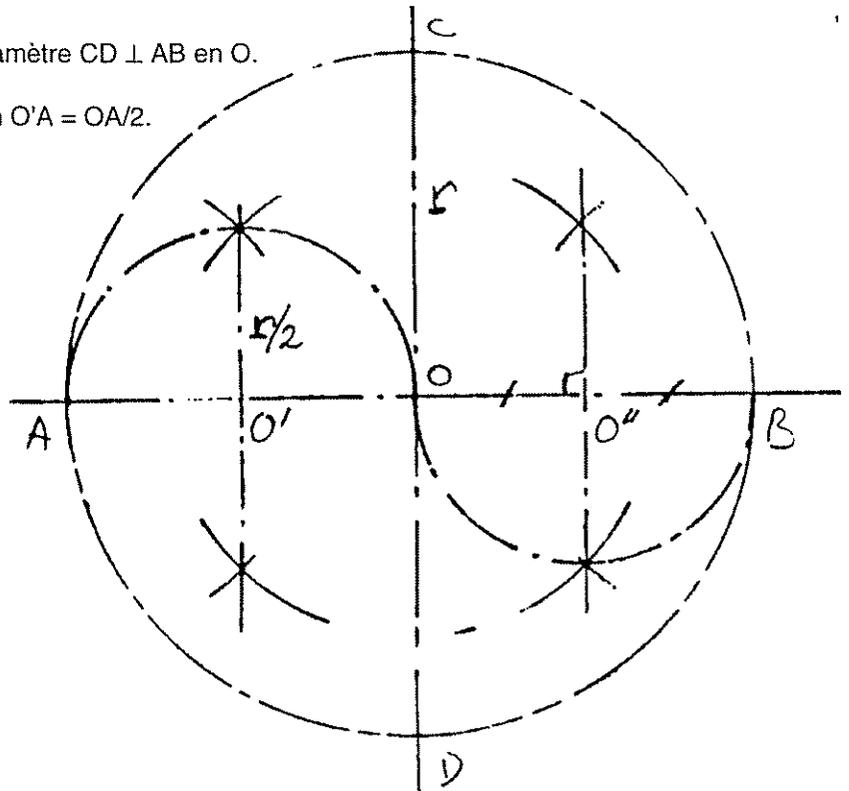
Lancette tiers points



Flamboyant

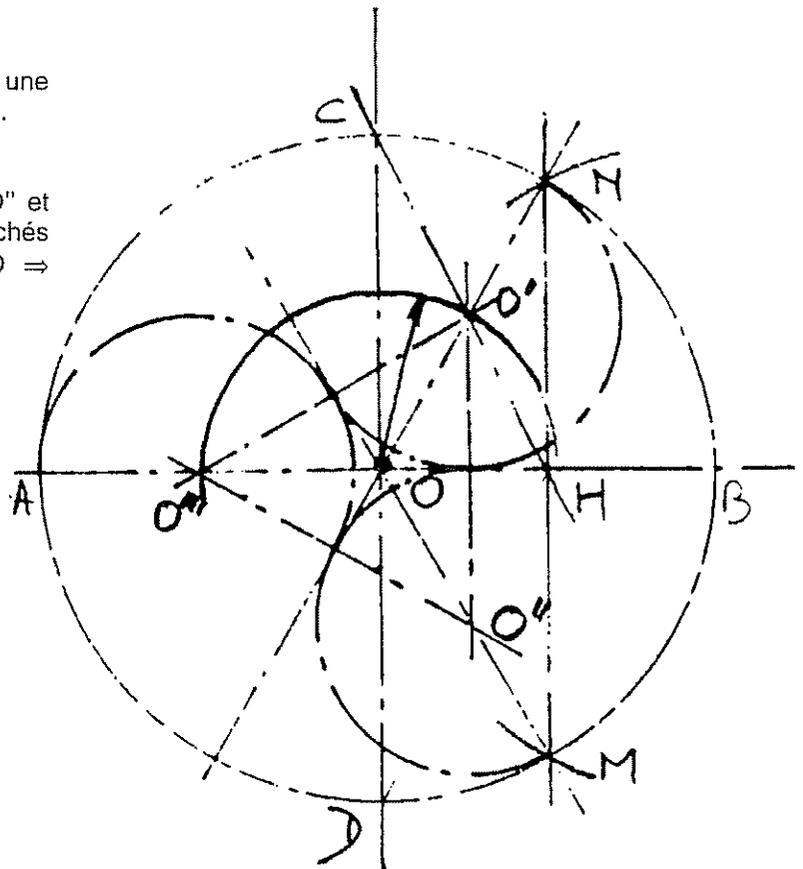
ROSES

1. Diamètre AB cercle de centre O - Diamètre CD \perp AB en O.
2. Médiatrice de OA et OB \Rightarrow O' et O''.
3. Cercle de centre O' et O'' et de rayon O'A = OA/2.



BIFLAMME

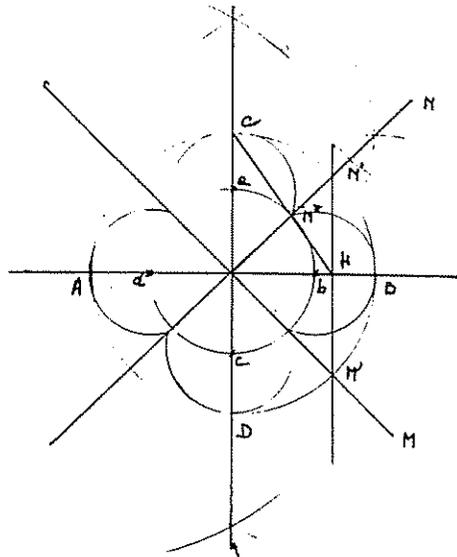
1. Idem.
2. A partir de B, avec le compas ayant une ouverture égale à BO. (r), tracer N et M.
3. NM coupe AB en H.
4. CH coupe ON en B'.
5. Cercle de rayon OO' coupe OM en O'' et OA en O''', centre des 3 cercles cherchés tangente intérieurement au cercle O \Rightarrow rayon O'''A).



TRIFLAMME

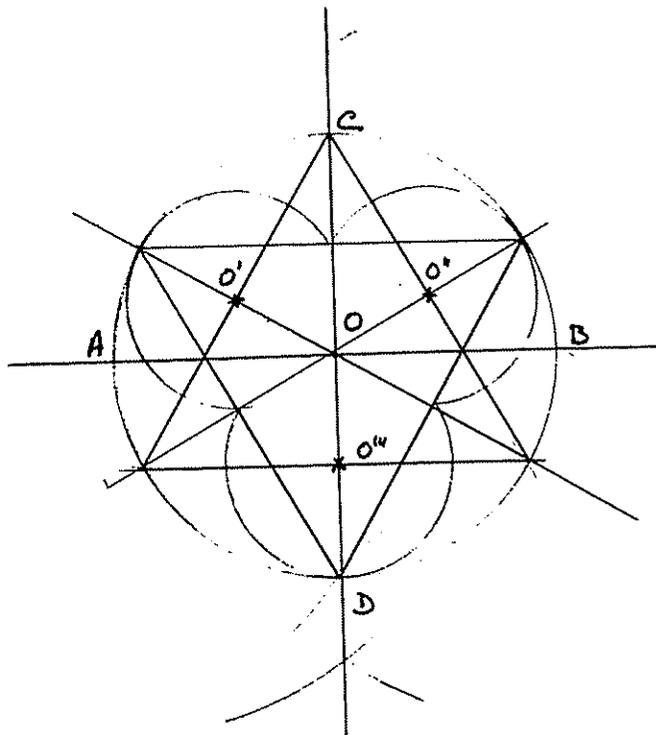
1. Idem
2. ON bissectrice de \widehat{BOC} , OM bissectrice de \widehat{BOD}
3. Tracer $N'M'$ qui coupe AB en H
4. Tracer CH qui coupe ON en N''
5. Cercle de rayon ON'' coupe AB et CD en a, b, c, d centre de cercle cherchés (tangents A intérieurement au cercle O)

QUADRIFLAMME



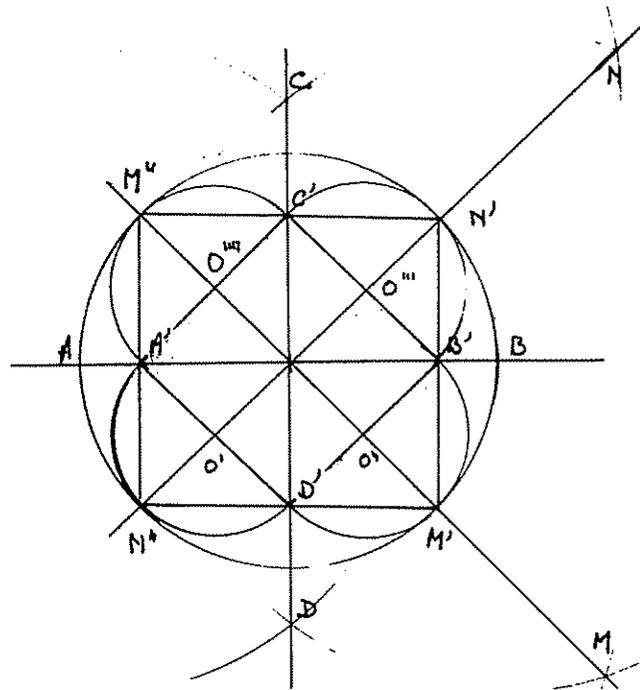
1. Idem
2. Diviser le cercle en 3 (faire un hexagone en reportant le rayon sur la circonférence sommet sur 2.
3. De chaque sommet du triangle tracer une droite passant par O , qui coupe le côté opposé en un des centres cherchés
4. rayon $O'O = r/2$

TRILOBE



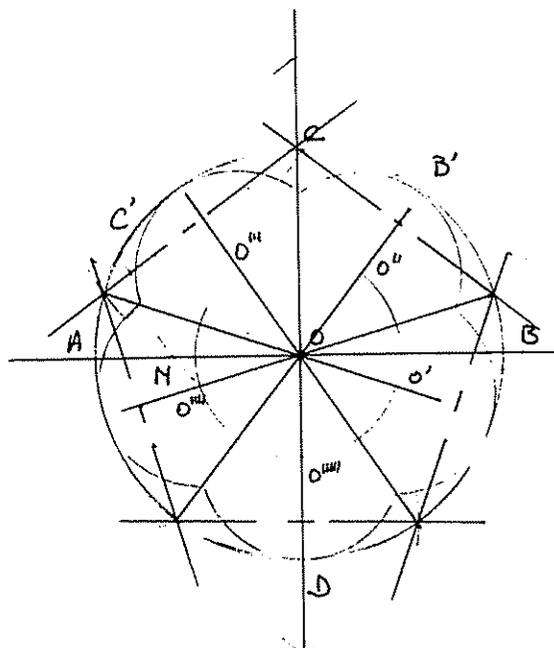
1. Idem
2. de B et de C, avec la même ouverture de compas, obtenez N, NO est bissectrice de $\widehat{BOC} \Rightarrow$ angles à 45° même chose pour M
3. On obtient le carré $N'M'N''M''$
4. Il coupe AB et CD en $A'B'$ et $C'D'$ - Tracer le carré $A'C'B'D'$
5. Tracer les diagonales de $N'M'N''M''$ elles coupent le carré $A'C'B'D'$ en O'''' , O''' , O'' et O' - centres des cercles cherchés, de rayon $O'O=r/2$

QUADRILOBE



1. Idem
2. $BB'=CC'=OB=r$
3. de B' comme centre ; avec $B'C'$ comme rayon, couper AB en N
4. CN est le côté du pentagone
5. une droite issue du sommet (c) du pentagone et passant par O coupe le cercle de centre P et de rayon $r/2$ en O' centre d'un des cercles cherchés de rayon $r/2$.

QUINTILOBE



12 - Relevés

RELEVES

Le relevé doit comporter tous les renseignements (situation, cotes, détails, mouluration, matériau...) qui permettront la mise au net ultérieure. Il est effectué en général à main levée.

Il est plus rapide et plus sûr d'effectuer le relevé à 2 ou 3, le premier faisant le dessin tandis que les autres prennent les mesures et les formes.

Conseil

Il est préférable d'utiliser des feuilles quadrillées, qui faciliteront le tracé et le respect des proportions. La mise en page est à déterminer suivant l'importance de l'ouvrage à relever et laissée à l'initiative personnelle.

Il est indispensable d'identifier chaque feuille pour éviter les confusions (notation personnelle).

Il est nécessaire d'appliquer les principes du dessin (niveau de référence, axes, vues, coupes...). Il est préférable de ne pas surcharger les feuilles : les détails seront situés sur des feuilles différentes pour leur donner de meilleures proportions et faciliter la cotation et la lecture.

Les cotes ne sont pas cumulées, mais il ne faut pas oublier de prendre les cotes totales pour vérifier les premières par cumul.

Pour relever une base, il faut déterminer son plan géométrique (triangulation), sa hauteur et le profil du jambage. Pour relever une courbe, il faut mesurer la flèche et la corde (en plusieurs endroits). Pour relever un fenestrage, il faut partir des axes des moulures constituant les éléments (meneaux, flammes, lobes...).

Il ne faut pas oublier de situer l'emplacement des joints.

Matériel

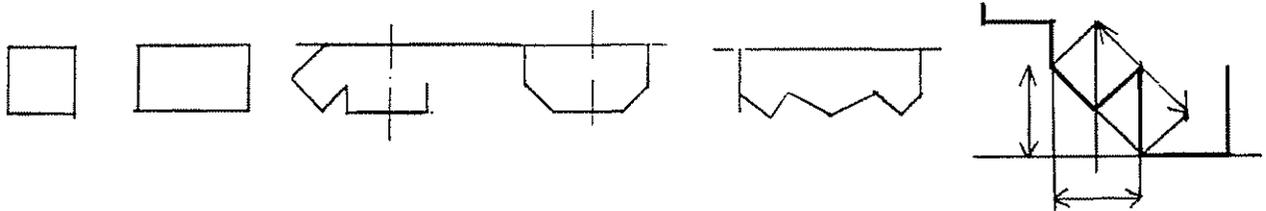
Toujours utile : ruban adhésif, punaises, crayon, gomme, ciseaux, compas.

Parties droites : règle, équerre, fil à plomb, mètre.

Moulures : conformateur (ou peigne à moulures), bande de plomb.

Pour relever une base

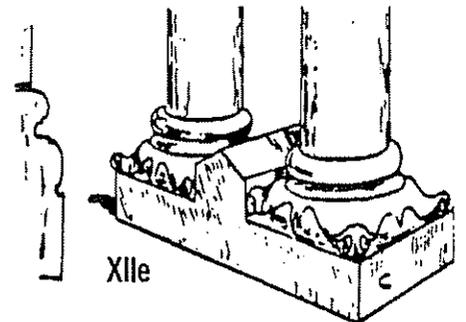
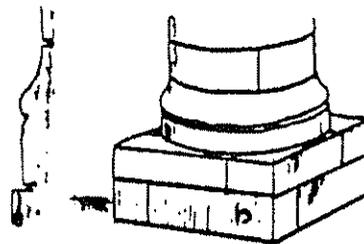
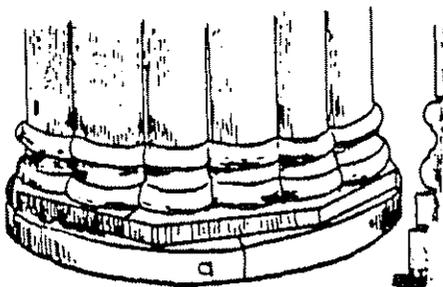
1. Relever le plan géométriquement du socle (à l'horizontale), par exemple, socles carré, rectangulaire, polygonal :



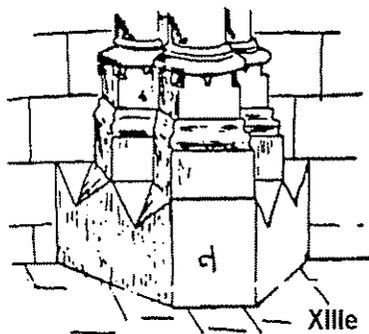
2. Prendre un alignement par rapport à un nu ; à partir de cet alignement, relever les cotes des points intéressants possibles à relever, (en cherchant la triangulation pour confirmer ces points).

A partir du XIII^e, on rencontre sur les bases des colonnettes engagées qui descendent sur un glacis.
Dans ce cas :

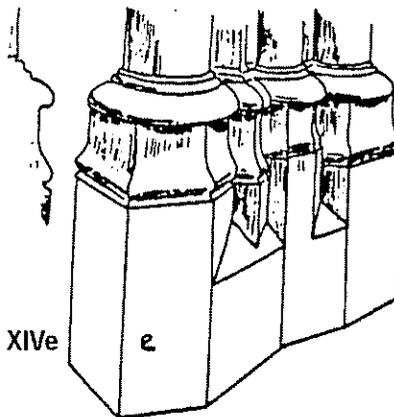
- Procéder de la même façon pour repérer les colonnettes sur le plan ou le croquis d'élevation.
- Relever les formes géométriques du socle de ces colonnettes.
- Situer ces socles par rapport au socle le plus important.



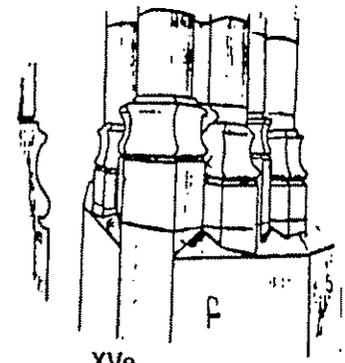
Xe



XIIIe



XIVe



XVe

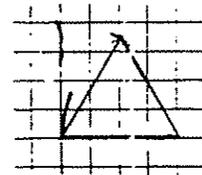
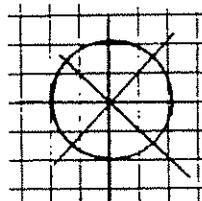
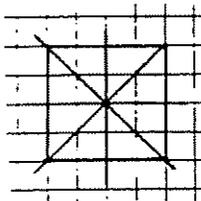
Pour relever un fenestrage

(Le relevé d'une rose se fait selon les mêmes principes).

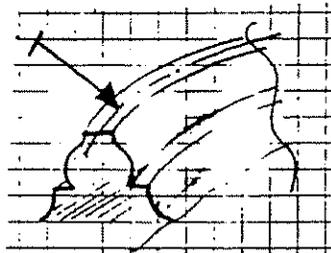
1. Se réserver un certain temps d'observation pour :

- ☞ **Rechercher quelle a été la trame initiale** qui a déterminé le tracé du réseau primaire (tracé directeur), c'est-à-dire les bases géométriques du tracé :

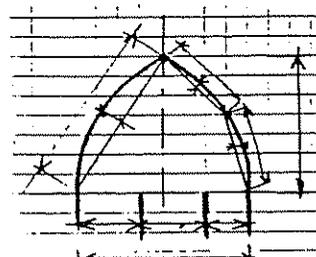
Le carré ou ses divisions, le cercle ou ses divisions, le triangle équilatéral, ses divisions, ses multiples, les médiatrices, les bissectrices.



- ☞ **Rechercher les divisions du fenestrage** dans sa hauteur et son ouverture (meneau, linteau...). Dans un fenestrage les arcs prolongent les meneaux : leurs axes sont tous tangents entre eux et constituent une « résille ». C'est cette résille qu'il va falloir bien relever sans tenir compte pour l'instant du profil de la moulure ; on choisira comme repère pour la prise des cotes l'axe de celle-ci. Les profils extérieurs et intérieurs doivent être relevés une seule fois. La trame doit être reconstituée (axe du réseau).



2. Relever l'ouverture, la hauteur, les cordes et les flèches si possible (si l'arc est important, faire des repères et relever plusieurs flèches et cordes), les divisions s'il y en a (meneau, linteau - les points de repère sont pris à l'axe).



Triangulation : le relevé des cordes, le relevé des flèches, le repère des nus différents pour les redents se font à partir d'un niveau connu (la ligne des naissances, ligne fictive qui souvent se matérialise par un joint horizontal) et d'un axe vertical. Ces principes s'emploient également pour situer les redents qui sont des remplissages des bases géométriques initiales. Pour le relevé des redents, lorsque cela est possible, se servir d'un calque.

GROS ŒUVRE

TAILLE DE PIERRE

**RESSOURCES FORMATIVES
LIVRET HISTOIRE ET STYLES**



Votre avenir
nous engage

Direction Technique Toulouse
Département Bâtiment Travaux Publics



Taille de Pierre

RESSOURCES FORMATIVES

UN VRE HISTOIRE ET STYLES

LIVRET HISTOIRE ET STYLES

	Sommaire	Page	2
	Questionnaire	Page	3 à 5
	Graphique des influences	Page	6
1 -	Architecture égyptienne	Page	7 à 14
2 -	Architecture grecque	Page	15 à 24
3 -	Architecture romaine	Page	25 à 37
4 -	Architecture byzantine	Page	38 à 41
5 -	Architecture romane	Page	42 à 66
6 -	Architecture gothique	Page	67 à 92
7 -	Architecture Renaissance	Page	93 à 104
8 -	Architecture baroque	Page	105 à 133

Questionnaire

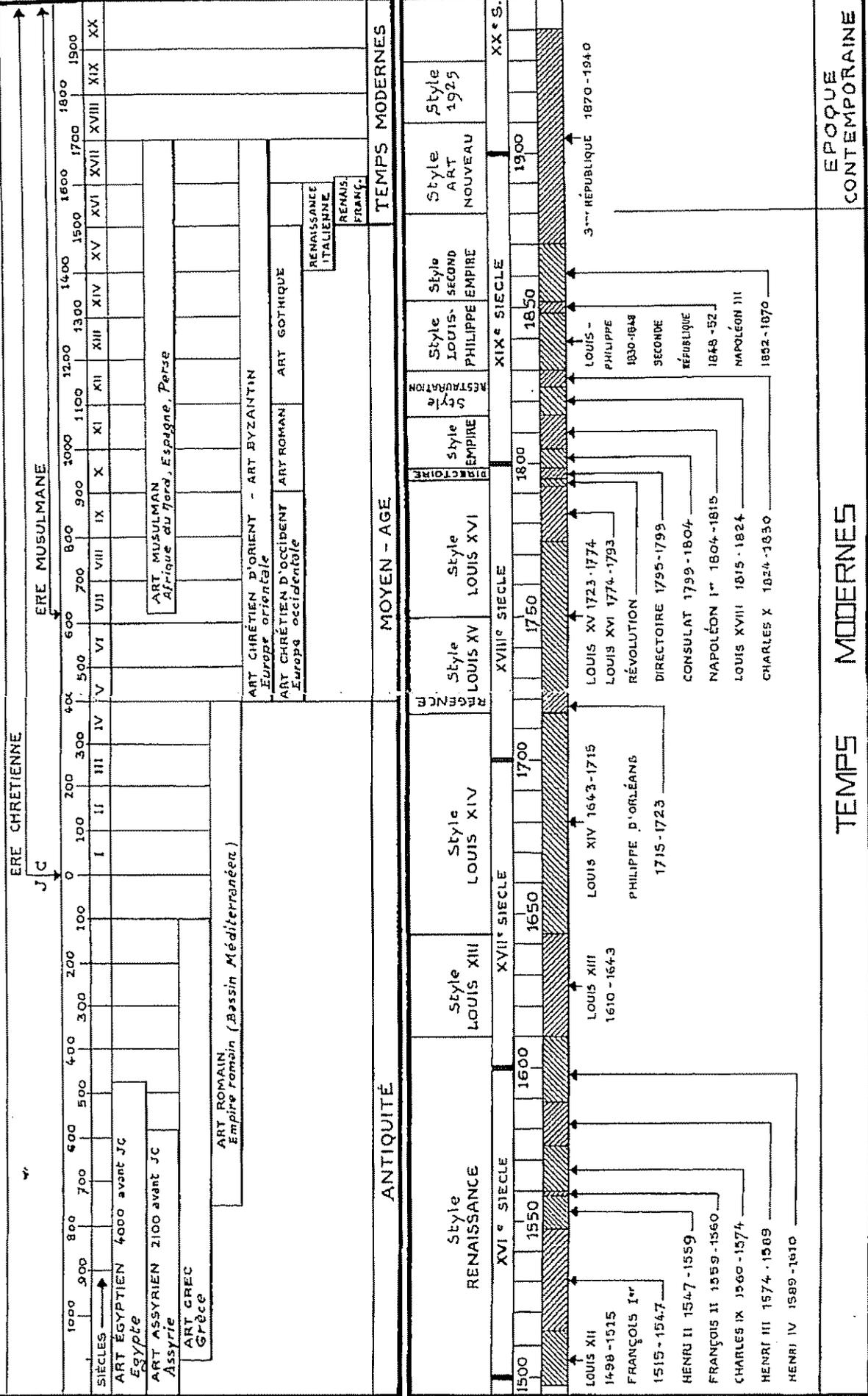
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
21	HS	Quelles sont les styles architecturaux en France du X ^e au XVI ^e siècle ?	
135	HS	Quelle était la fonction principale de la pierre de taille dans les siècles passés ?	
151	HS	Qu'est-ce qu'une archivolte ?	
157	HS	Qu'est-ce que la poutre de gloire ?	
164	HS	Qu'est-ce qu'un acrotère ?	
194	HS 5	Citer 3 éléments permettant de caractériser un édifice roman.	
201	HS 6	Citer 3 éléments permettant de caractériser un édifice gothique.	
255	HS 2	Citer les ordres classiques.	

Date : CFPA de : Nom :

N °	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
277	HS 2	Qu'est-ce qu'un portique ?	

ECHELLE DE COMPARAISON CHRONOLOGIQUE DE L'EVOLUTION ARTISTIQUE DANS L'HISTOIRE



1 - Architecture égyptienne

L'ARCHITECTURE EGYPTIENNE

(3100 av. JC - 30 av. JC)

PERIODE HISTORIQUE

C'est en Egypte que s'ouvre l'histoire de l'architecture. Il est impossible de fixer des dates : on en est réduit à classer les monuments d'après les numéros d'ordre des dynasties.

On peut dire cependant que l'architecture égyptienne a environ 6000 ans, l'âge des premières dynasties. L'art égyptien naît dans le delta du Nil (Memphis) et connaît ses premières périodes d'éclat avec les 4^{ème} et 5^{ème} dynasties (pyramides de Gizeh). Après un ralentissement entre les 14^{ème} et 18^{ème} dynasties, le centre de la civilisation se fixe à Thèbes ; la 19^{ème} dynastie, où l'art égyptien a le plus de puissance et d'éclat, est contemporaine de Moïse et remonte à 15 siècles avant notre ère ; la 26^{ème} se termine à la conquête par les Perses, soit au 6^{ème} siècle : c'est l'instant où l'art grec commence.

EVENEMENTS HISTORIQUES

3100 - 2650 av. JC	La formation de l'Egypte antique. Le roi Djoser.
2650 - 2160 av. JC	L'ancien empire.
2100 - 1780 av. JC	Le moyen empire.
1580 - 1085 av. JC	Le nouvel empire. Aménophis IV ou Akhénaton, Tout-Ank-Amon, Ramès II.
1000 - 30 av. JC	La basse époque. L'Egypte est envahie par Alexandre le Grand. La dynastie des Ptolémées. Cléopâtre et Antoine. L'Egypte est conquise par les Romains.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

L'architecture égyptienne met au point - pour ses temples - le système de construction basé sur les colonnes et les architraves.

Alors que la construction ordinaire, en briques d'argile, connaît la voûte en berceau (construite par tranches verticales et non par assises convergentes) et le dôme, il n'y a pas de voûtes en pierre, sinon avec le système des encorbellements. La voûte proprement dite - à poussées - apparaît en germe dans des arcs de décharge avec seulement deux voussoirs : son emploi ne sera pas généralisé.

Les pyramides - produits les plus spectaculaires de l'architecture égyptienne - sont formées d'un noyau couvert d'un revêtement assisé, ravalé depuis le sommet.

LES MATERIAUX

L'Égypte est pauvre en bois à bâtir ; il est importé du Liban.

Les égyptiens utilisent du grès et du calcaire qui constituent les monolithes des poutres et des dalles de plafond. Ils emploient aussi le granite et d'autres pierres très dures (basalte) pour les obélisques et des statues colossales.

Ils emploient aussi l'albâtre et les briques.

LE LANGAGE DECORATIF

Les murs sont décorés au sommet d'une corniche en gorge et le long des arêtes, d'une moulure en baguette.

Les premières colonnes empruntent leur forme au règne végétal : les architectes donnent au fût l'aspect de la tige du lotus, au chapiteau celui de la fleur.

Les chapiteaux ont eu des formes variées :

- lotiformes (lotus)
- campaniformes
- papyriforme (papyrus)
- hatoriques (image de la tête de la déesse Hator - vache).

L'ornement ne se constitue que vers la 12^{ème} dynastie ; les éléments dominants sont l'enroulement, la rosace et la palmette.

Les figures sculptées qui ornent les édifices égyptiens sont soit des statues entièrement modelées soit des images plates en bas-relief.

TYPLOGIE

Les types essentiels de l'architecture égyptienne sont les temples et les tombeaux.

Les temples comprennent systématiquement un sanctuaire, une grande salle et des pièces de service réservées aux prêtres et une cour pour accueillir les adorateurs.

Les tombes se composent d'un caveau et d'une chapelle. Au cours du temps, elles ont connu une évolution :

- mastabas (copie d'une maison)
- pyramides (normale, à degrés, à profil brisé)
- hypogées (tombes souterraines).

Les statues colossales apparaissent très tôt (le Sphinx de Gizeh, est à l'origine un monolithe) et de sculptures isolées, deviendront peu à peu éléments d'architecture avec les files de colosses adossés aux piliers des portiques et les rangées de sphinx ou de béliers qui bordent l'accès aux temples ...

L'URBANISME

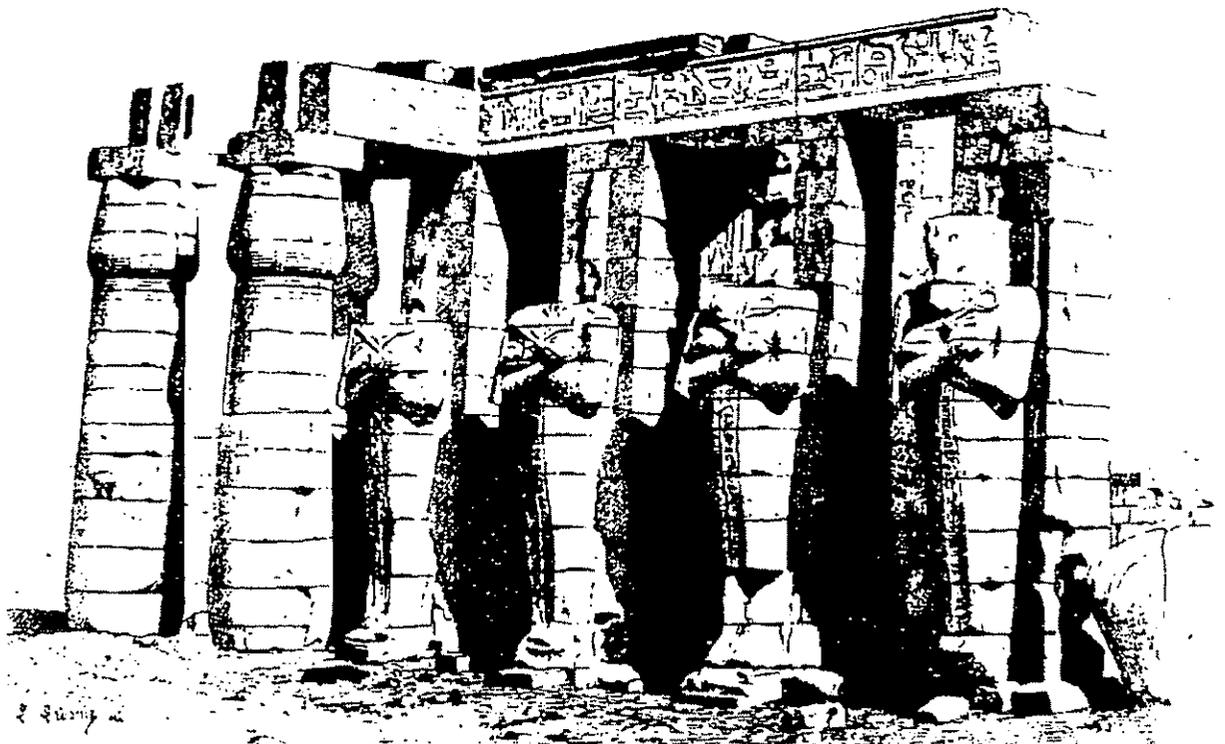
Comme type d'un tracé de ville, on peut citer Tell-el-Armana. Mais cette capitale, bâtie d'un jet par Akhenaton est une exception : l'architecture égyptienne ne s'intéresse pas à la forme urbaine et les villes ordinaires ne répondaient pas à cet idéal de régularité.

Les palais n'ont pas l'aspect solennel des temples : ils sont constitués de pavillons disséminés dans des jardins qu'enferment de hautes murailles.

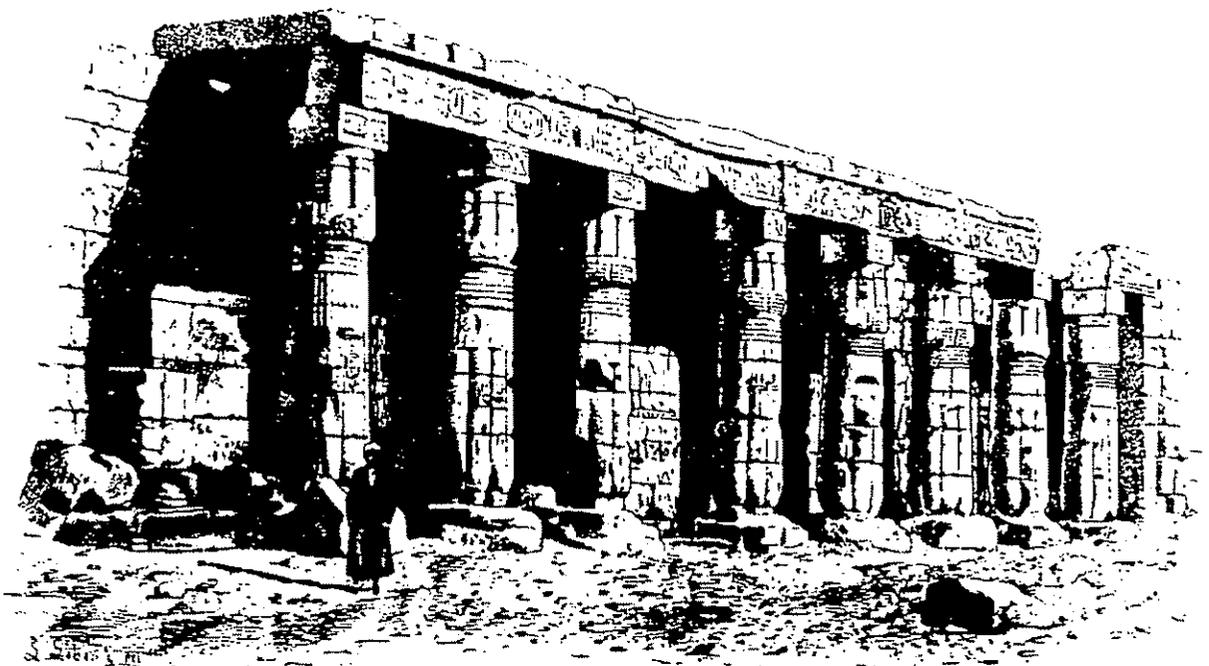
NOTES DIVERSES

Si l'Égypte a pu emprunter aux Chaldéens des techniques pour ses constructions en argile, elle n'a pu emprunter à des contrées dépourvues de pierre les méthodes de son architecture en pierre. Par ailleurs, l'Égypte n'avait rien à recevoir des peuples occidentaux - encore à demi barbares - mais ceux-ci avaient tout à apprendre d'elle.

ART EGYPTIEN

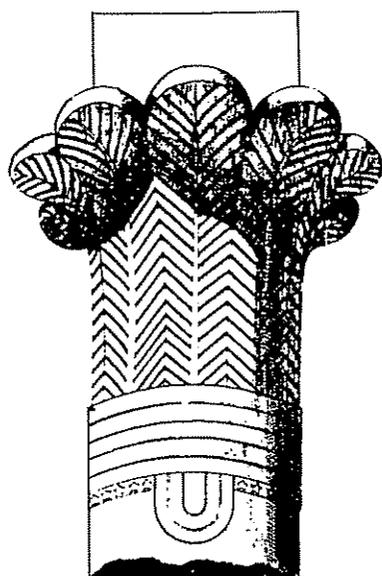


CARIATIDES DU RAMESSEION A THEBES

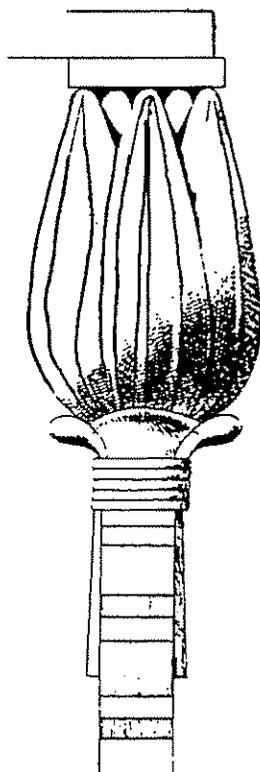


TEMPLE DE GOURNAH

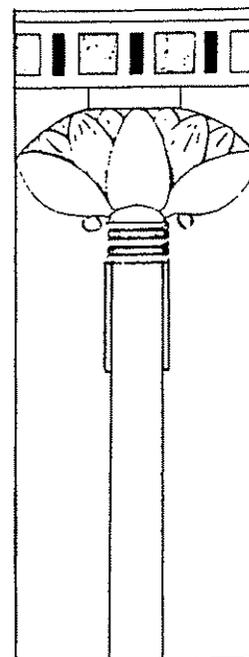
ART EGYPTIEN



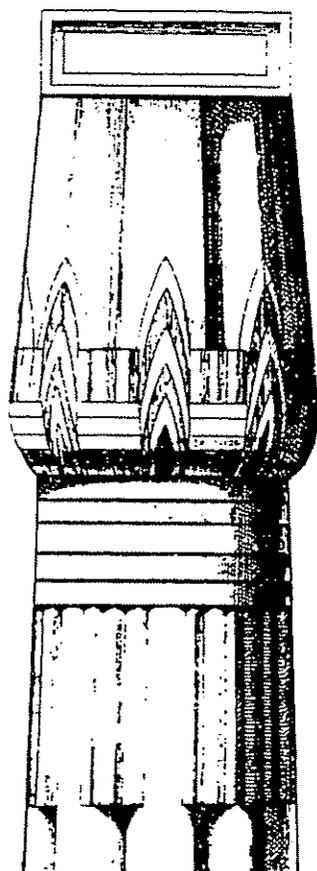
CHAPITEAU A PHILOE



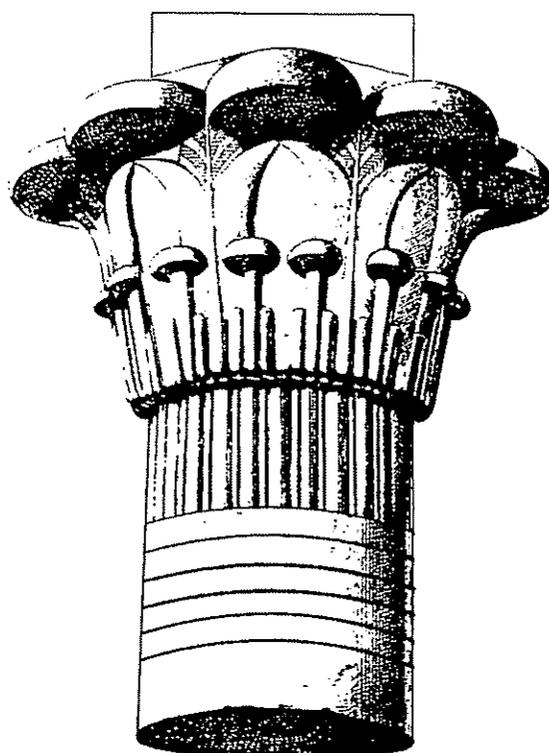
CHAPITEAU EN BOUTON DE LOTUS



CHAPITEAU EN LOTUS BLANC

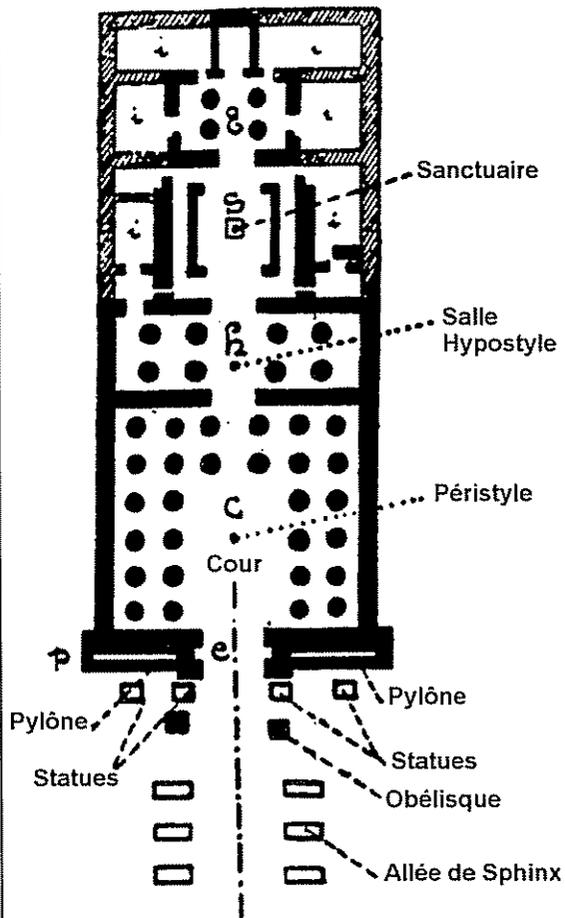


CHAPITEAU A KARNAK

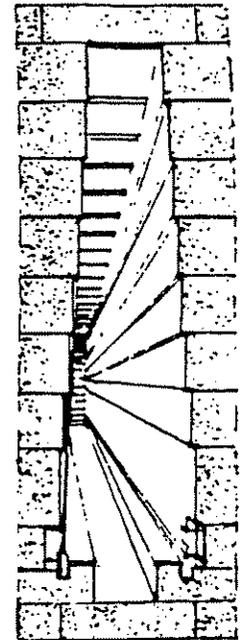


CHAPITEAU A PHILOE

PLAN DE TEMPLE

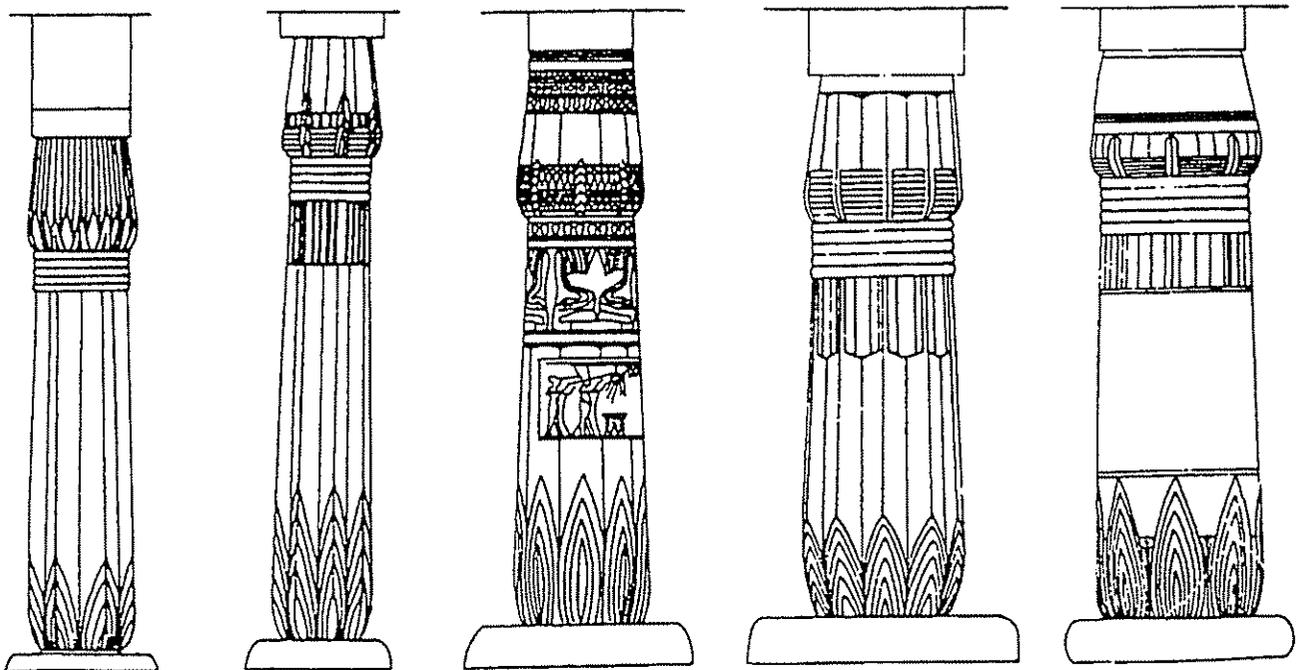


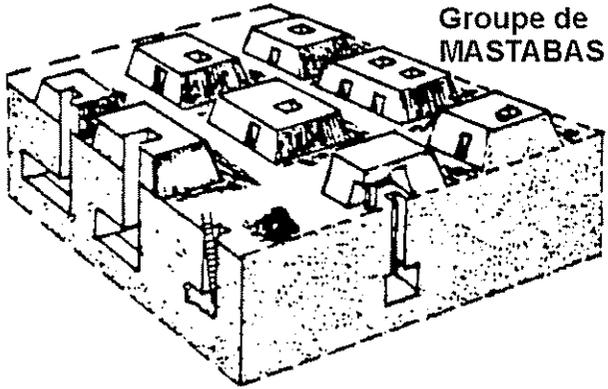
CHEOPS : le caveau.
Dalles de décharge en calcaire.



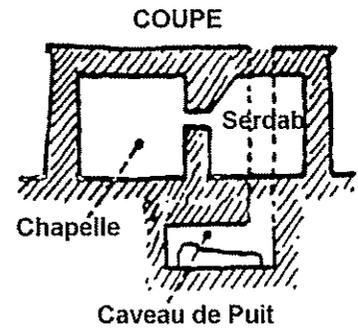
KHEOPS : la grande galerie en encorbellement.

EVOLUTION DE LA COLONNE PAPYRIFORME « A CHAPITEAU FERME »



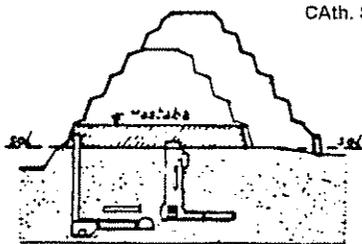


Groupe de MASTABAS

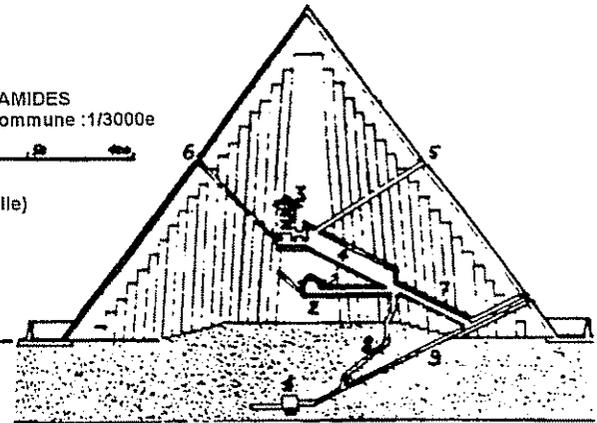
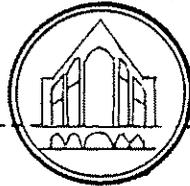


COUPE

LES PYRAMIDES
Echelle commune : 1/3000e

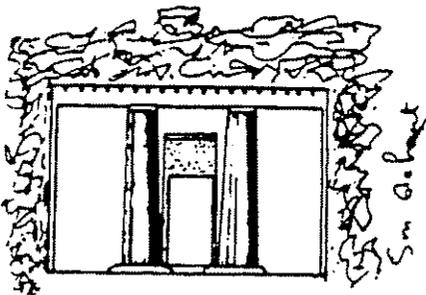


CAth. St Etienne BOURGES (à l'échelle)

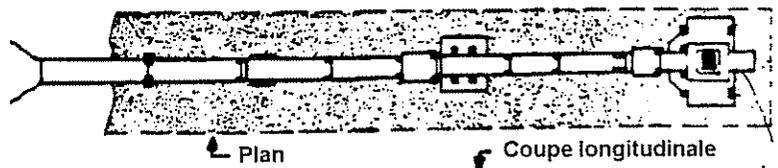


PYRAMIDE A DEGRES DE DJESER, SAKKARAH
IIIe Dynastie ; 2675 AC

PYRAMIDE DE KHEOPS A GISEK ; IVe Dynastie, 2570 AC.



HYPOGEE : PORTIQUE D'ENTREE
d'une tombe du Moyen Empire à
DENI HASSAN. # 1900 AC. Ech 1/200 ?



HYPOGEE : Tombe de RAMSES IV, vallée des rois, LOUKSOR # 1100 AC.
Echelle 1/1000e

2 - Architecture grecque

L'ARCHITECTURE GRECQUE

PERIODE HISTORIQUE (VIIe s. av. JC - Ier s. av. JC)

L'architecture grecque est une évolution des architectures crétoise et mycénienne (1450 av. JC environ).

Elle va du VIIe siècle av. JC au Ier siècle av. JC, qui marque l'entrée de la Grèce dans l'Empire romain.

Elle s'étend même en dehors du territoire grec, en Sicile, dans le sud de l'Italie, en Asie Mineure, et elle fait sentir son influence jusqu'en Inde grâce à la conquête d'Alexandre le Grand.

Elle est au sommet de sa splendeur au Ve siècle av. JC, lors de la construction de l'Acropole d'Athènes.

Elle est divisée d'habitude en trois périodes :

- La période archaïque.
- L'âge d'or.
- La période hellénistique.

EVENEMENTS HISTORIQUES

1450 av. JC	Conquête de la Crète par les Mycéniens. Pénétration de la culture crétoise dans l'aire géographique grecque.
VIIIe - VIIe siècle av. JC	Les Grecs (Doriens) deviennent colonisateurs et fondent des villes en Sicile et en Italie du Sud.
546 av. JC	Les Perses conquièrent les villes grecques d'Asie Mineure.
490 av. JC	A Marathon, les grecs battent Darius Ier, roi de Perses, qui avait tenté de conquérir la Grèce.
480 - 479 av. JC	Défaite des Perses du roi Xerxès, commandant de la deuxième invasion.
442 - 429 av. JC	Périclès gouverne Athènes.
431 - 404 av. JC	Guerre entre Sparte et Athènes, défaite d'Athènes.
323 av. JC	Mort d'Alexandre le Grand après la conquête de l'Asie.
146 av. JC	Conquête de la Grèce par Rome qui en fait une province.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

L'architecture grecque met au point et perfectionne le système de construction basé sur la colonne, l'architrave, le toit à double pente. Tous les temples grecs sont construits de la façon suivante : une série de colonnes, des architraves reposant sur ces colonnes, une charpente pour couvrir le tout.

A la fin de la période grecque, on assiste aux premières tentatives de construction de coupoles (la Tour des Vents), technique qui sera mise au point et approfondie par les Romains.

LES MATERIAUX

Les Grecs emploient beaucoup le marbre. Les colonnes sont de marbre. Les plus grandes sont composées de plusieurs tambours et les plus petites sont monolithes. L'architrave est toujours monolithe. Tous les éléments de la décoration, frises, statues, sont eux aussi en marbre.

On utilise le bois pour la couverture ; le bronze, le cuivre, l'or, l'argent, l'ivoire et l'albâtre pour les accessoires.

LE LANGAGE DECORATIF

Les Grecs inventent et mettent au point le langage des ordres d'architecture qui deviendront la règle pour les Romains à travers l'œuvre de Vitruve - 1er siècle après JC - qui en attribuait aux dieux la création ; ils seront repris par la Renaissance italienne (XVe s.) et utilisés jusqu'à nos jours.

Les ordres créés par les Grecs sont au nombre de trois :

- Dorique.
- Ionique.
- Corinthien.

La colonne est l'élément caractéristique des ordres. Les Grecs élaborèrent les ordres lentement et les utilisèrent avec élasticité en les transformant au cours des siècles.

LES TYPOLOGIES

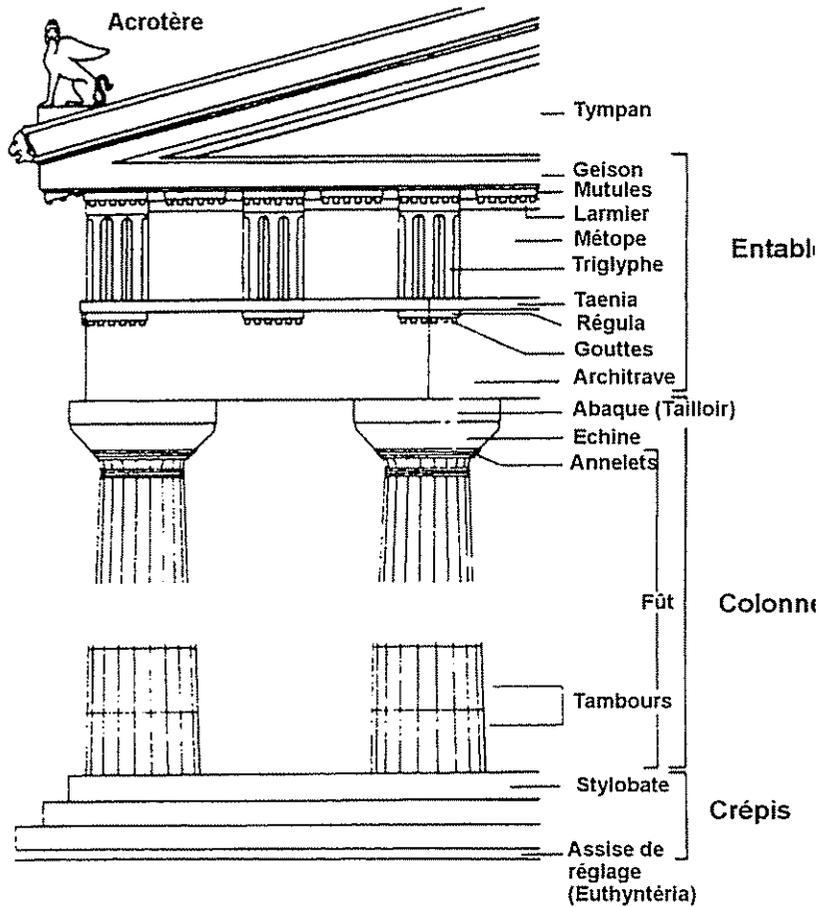
la typologie fondamentale de l'architecture grecque est représentée par le **temple** qui aura des appellations différentes suivant la disposition des colonnes du portique (élément existant dans chaque temple). Le **théâtre**, que les Grecs ont inventé, est un autre élément typologique fondamental de l'architecture grecque. Le Théâtre de Dyonisos (environ 330 av. JC) constitue le modèle du théâtre, tel qu'il est encore conçu aujourd'hui.

L'URBANISME

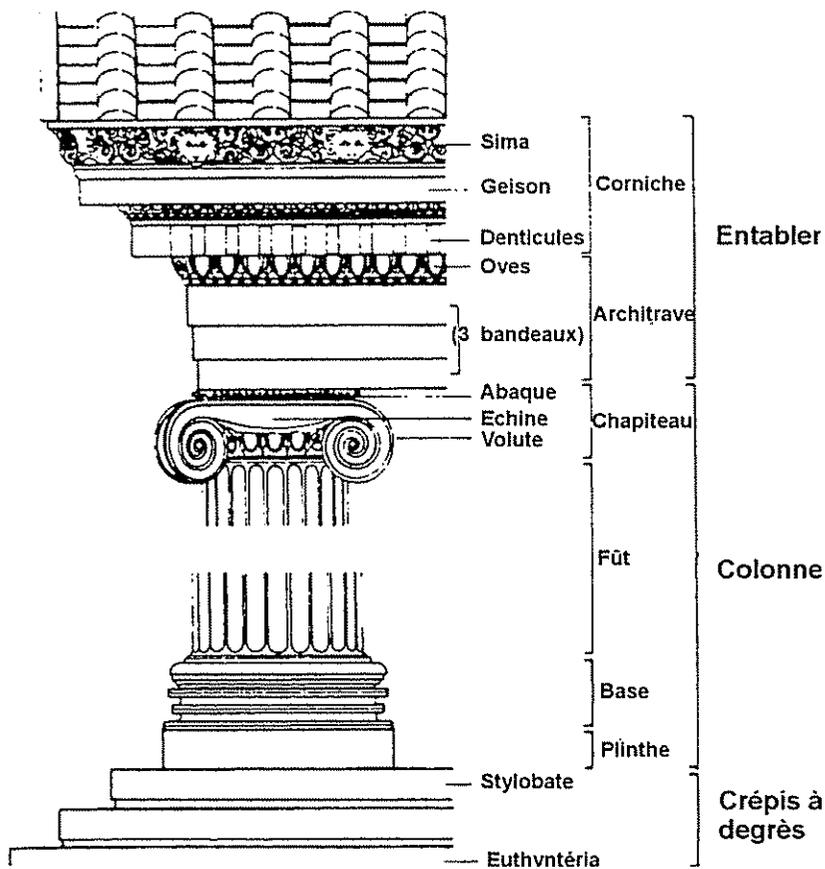
L'architecture grecque ne s'intéresse pas à la forme urbaine. Le temple grec est toujours construit au milieu d'un enclos sacré hors de la ville ou sur un terrain particulier, comme l'Acropole. La civilisation dite hellénistique des dernières années sera tout de même la première à étudier des formes géométriques précises de ville.

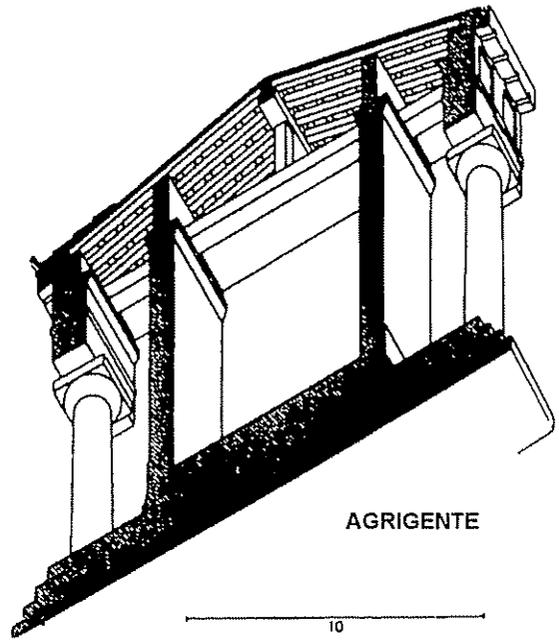
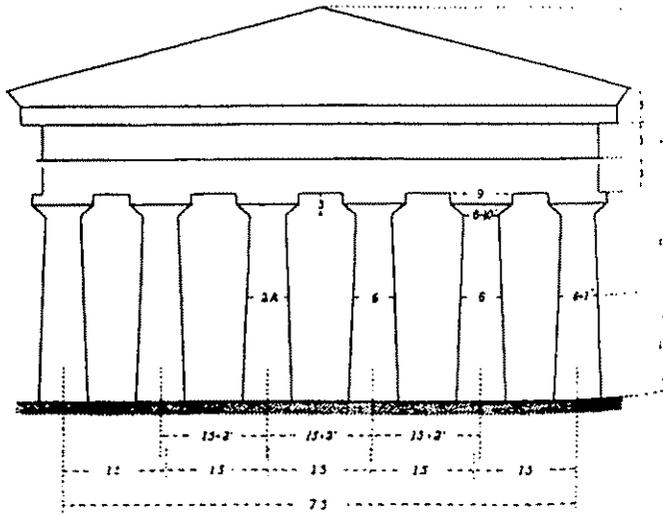
NOTES DIVERSES

L'architecture grecque est un mythe et un exemple pour les architectes à partir de la Renaissance, mais elle n'a été étudiée scientifiquement qu'à partir de 1750.

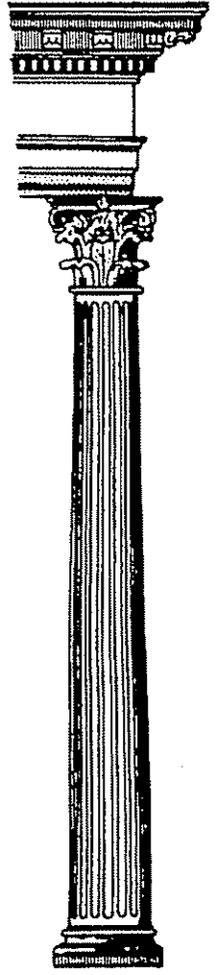
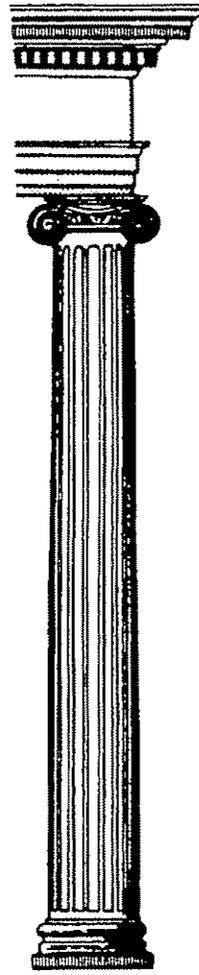
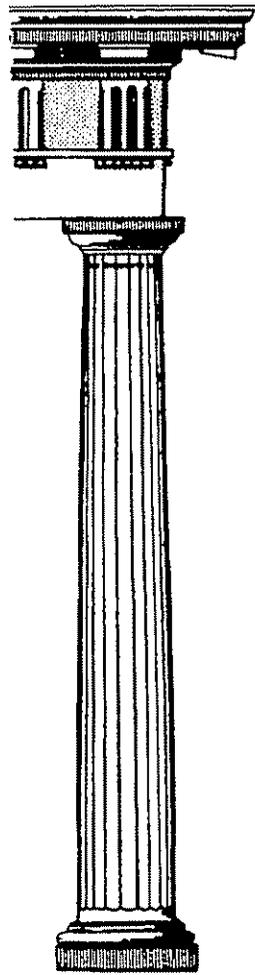
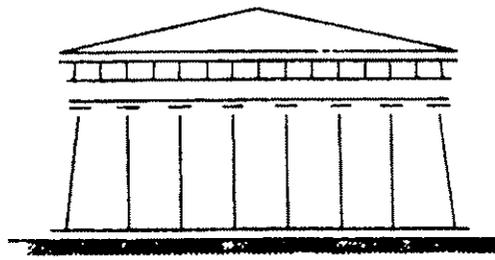
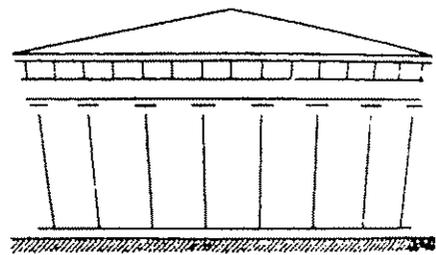
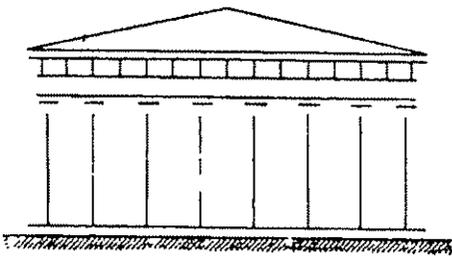


Schémas de l'élévation d'un temple dorique et d'un temple ionique (ici dépourvu de frise, comme c'est le plus souvent le cas en Asie Mineure).

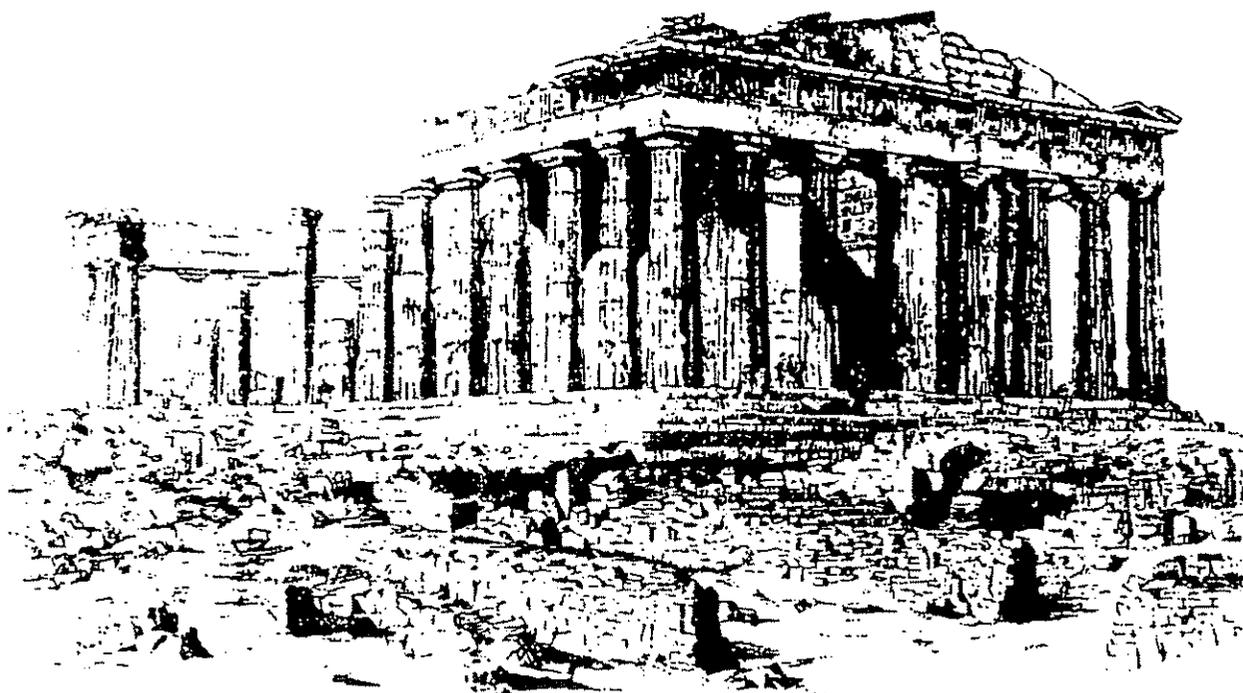




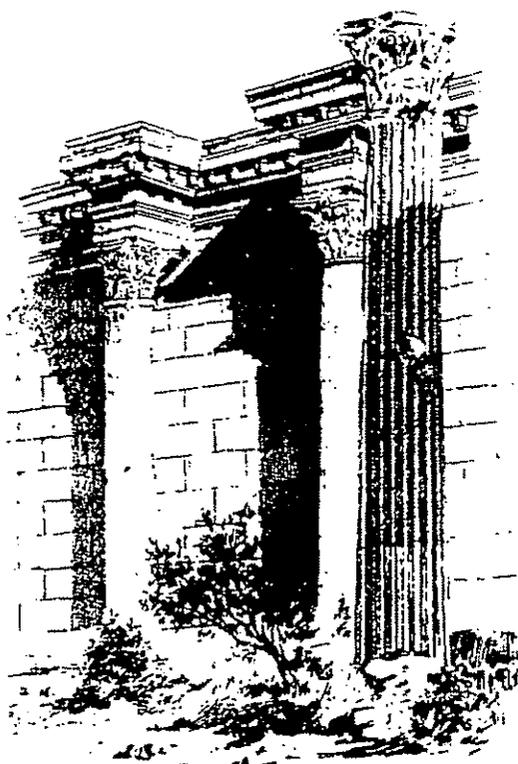
AGRIGENTE



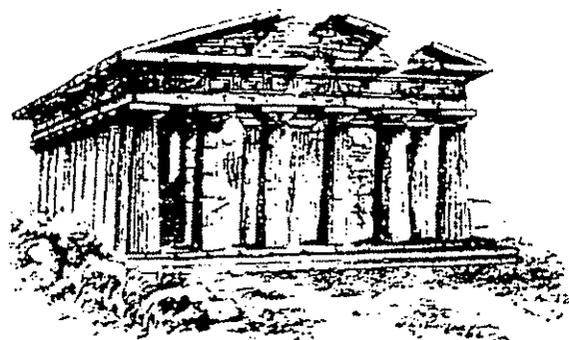
ART GREC



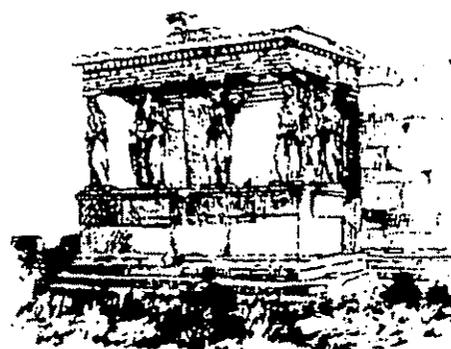
PARTHENON



PORTIQUE D'ADRIEN

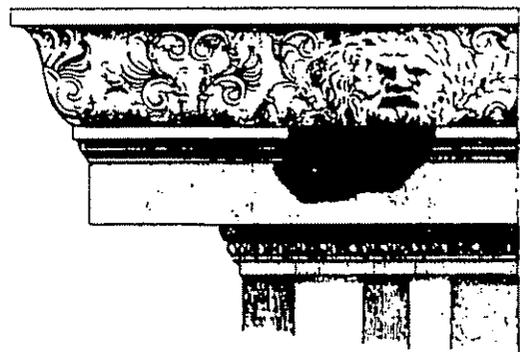
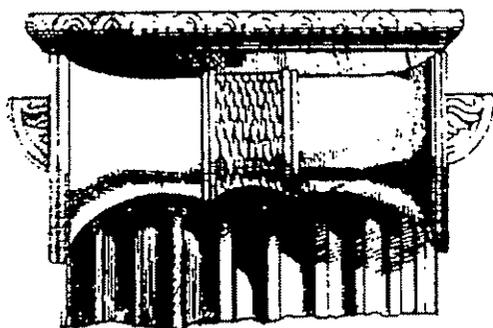
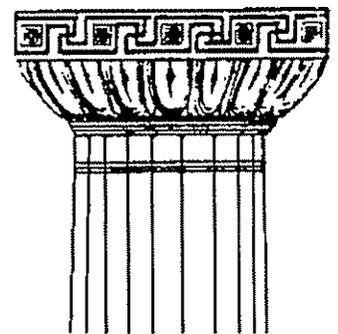
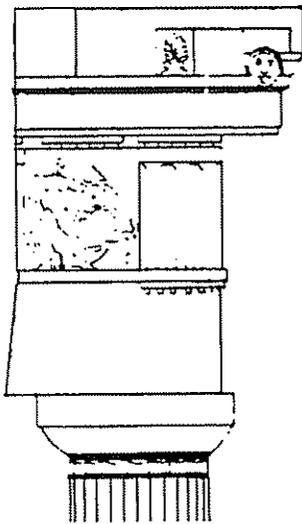
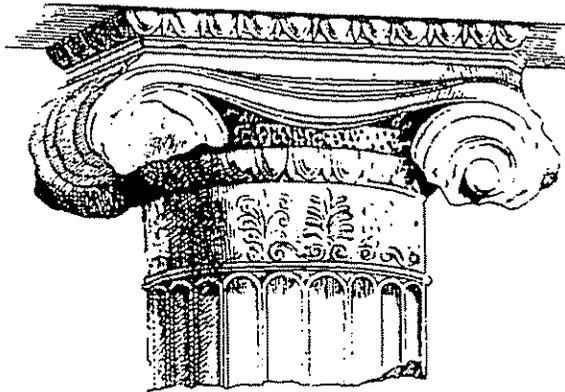
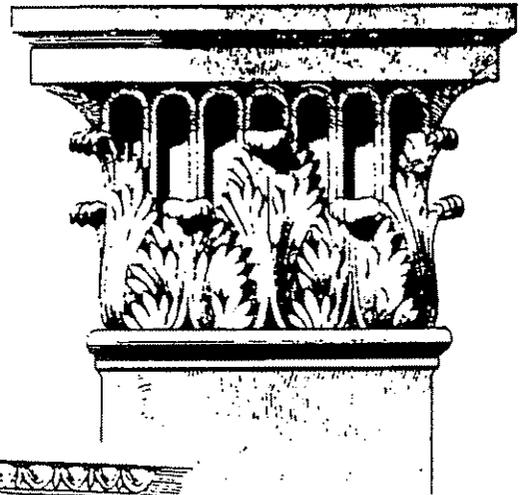
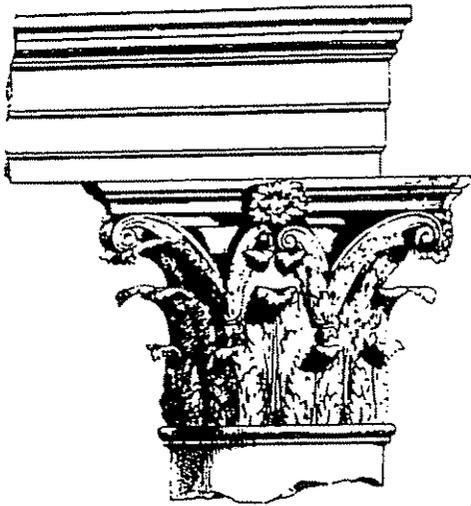


TEMPLE DE NEPTUNE A PAESTUM

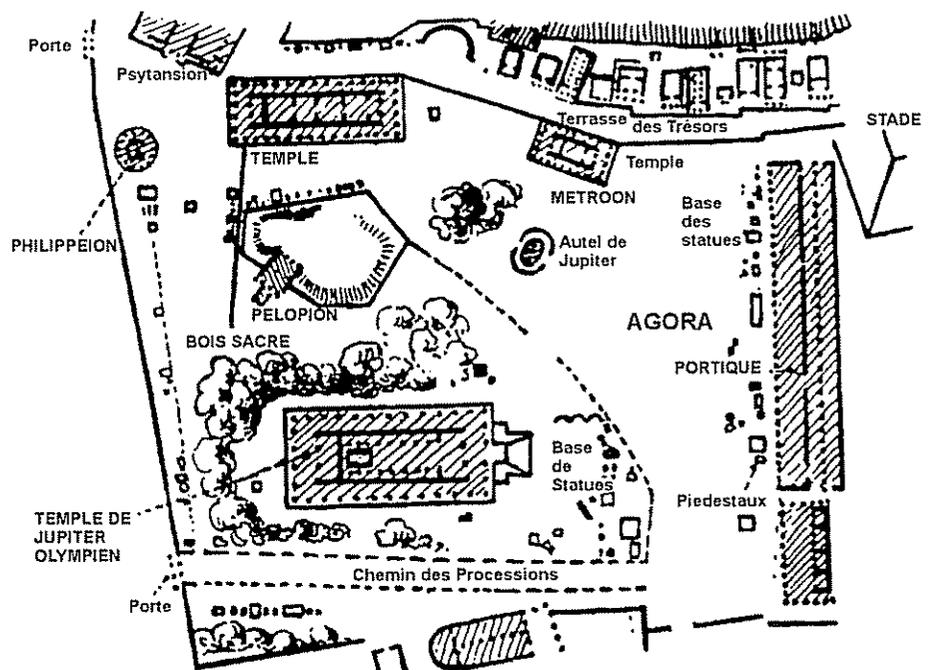
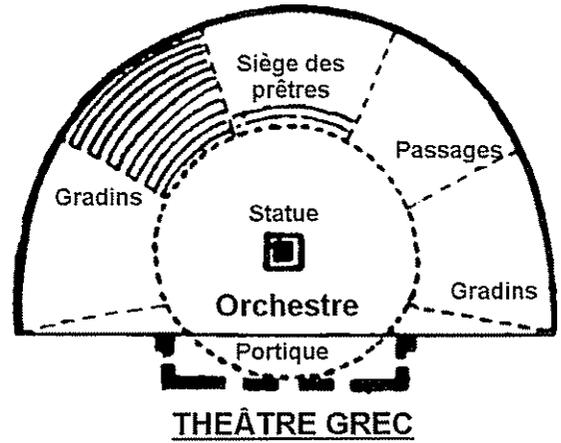
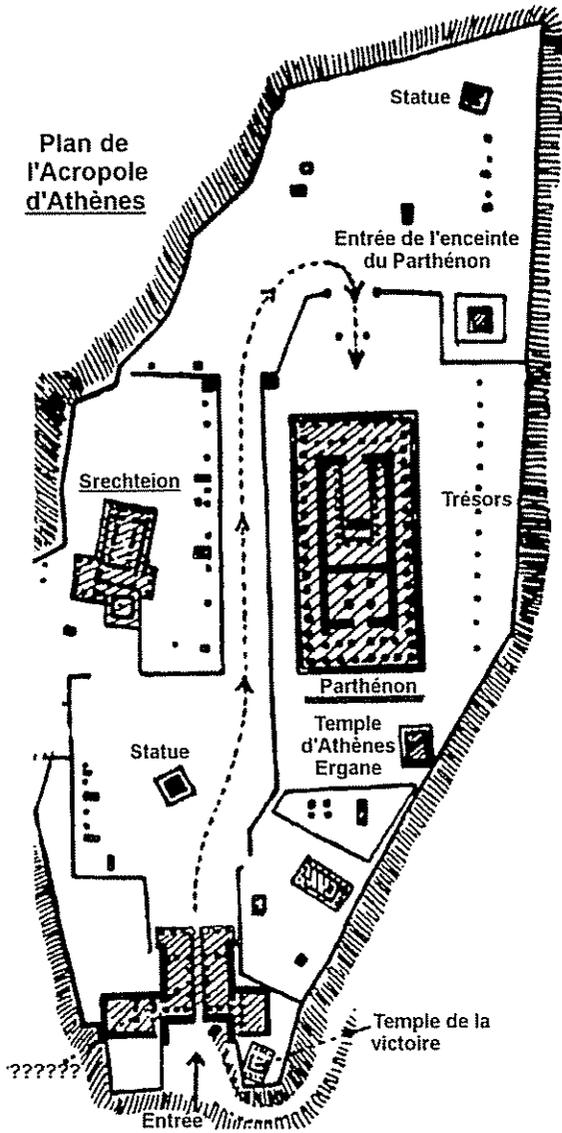


TEMPLE DE PANDROSE

ART GREC
Chapiteaux et entablements grecs



Plan de l'Acropole d'Athènes



Plan de l'enceinte sacrée d'Olympie

TABLEAU DES PROPORTIONS DES ORDRES
GRECS ET ROMAINS

M = Module = 1/2 DI

NOM DES ORDRES	HAUTEUR										Division du module
	De la colonne	Du chapiteau	De la base	De l'entablement	De l'architrave	De la frise	De la corniche	Entre-colonnement			
<i>Dorique grec</i>	5 1/2 DI	1/2 DI	0	2M col. Env.	1 DS	1 DS	3/4 DS	2 2/3 DI			0
<i>Ionique grec</i>	9 DI	1/2 DS	1/2 DI	1/4 col.	1 DS	1 DS	7/10 DS	3/4 DI			0
<i>Toscan romain</i>	14 M	1 M	1 M	1/4 col.	1 M	1 M 2p.	1 M 4p.	6 M 2/3			12
<i>Dorique romain</i>	16 M	1 M	1 M	1/4 col.	1 M	1 M 1/2	1 M 1/2	7 M 1/2			12
<i>Ionique romain</i>	18 M	2/3 M	1 M	1/4 col.	1 M 1/4	1 M 1/2	1 M 3/4	6 M 1/2			18
<i>Corinthien</i>	20 M	2 M 1/3	1 M	1/4 col.	1 M 1/2	2 M	2 M	6 M 2/3			18
<i>Composite</i>	20 M	2 M 1/3	1 M	1/4 col.	1 M 1/2	2 M	2 M	6 M 2/3			18

3 - Architecture romaine

L'ARCHITECTURE ROMAINE **(IIe s. av. JC - Ive s. ap. JC)**

PERIODE HISTORIQUE

Suivant l'exemple des architectures grecques et étrusque, l'architecture romaine se développe avec ses propres caractéristiques et s'éteint avec l'architecture byzantine.

On peut la subdiviser en trois périodes :

- La période républicaine.
- L'Empire.
- La période de la décadence.

Elle atteint son apogée au Ier siècle après JC dans la Rome d'Auguste.

EVENEMENTS HISTORIQUES

Les Guerres Puniques	Conquête définitive de l'Italie et destruction de la puissance maritime de Carthage.
44 av. JC	Mort de César, fin de la période républicaine et conquête définitive de la Grèce (44 av. JC.).
27 av. JC - 14 ap. JC	Période d'Auguste.
324 ap. JC - 337 ap. JC	L'Empereur Constantin transporte la capitale à Byzance ; fin de l'hégémonie romaine ; mort de Constantin et division de l'empire.
476 ap. JC	Le roi des Huns, Odoacre, destitue Romulus Auguste ; fin de l'empire romain d'Occident.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

Les romains possédaient de grands bâtiments couverts. Leur architecture est basée sur l'arc en plein cintre (moitié de cercle). La structure reposant sur l'arc (qui semble d'origine étrusque) permet d'utiliser des pierres de petites dimensions pour couvrir de grands espaces. Les romains réussissent à atteindre une portée de 24 mètres.

L'arc peut être construit sur chaque côté du bâtiment pour former une voûte en berceau. Si le bâtiment est circulaire, on peut construire une série d'arcs qui se croiseront en un point central et l'on obtiendra une coupole. Les romains découvriront aussi la voûte d'arêtes, intersection de deux voûtes en berceau.

LES MATERIAUX

Les romains ont une prédilection pour tout ce qui est dur et solide, c'est pour cette raison qu'ils utilisent tous les matériaux en pierre, comme les Grecs, mais aussi les briques et de solides blocs de ciment car ils ont à leur disposition le meilleur des ciments : le pouzzolane. Ils utilisent sans compter les mêmes matériaux que les Grecs pour la décoration.

LE LANGAGE FIGURATIF ET DECORATIF

Les romains reprennent les ordres inventés par les Grecs mais ils les adaptent à leurs exigences. Ils se servent d'un ordre nouveau : l'ordre composite, obtenu par le mélange du ionique et du corinthien.

Ils superposent les ordres suivant une règle tirant profit des caractéristiques statiques de chaque ordre :

- Le dorique, plus solide, au rez-de-chaussée.
- Le ionique au 1^{er} étage.
- Le corinthien au 2^{ème} étage.
- Le composite au 3^{ème} étage.

LES TYPOLOGIES

Contrairement à la simplicité typologique de l'architecture grecque et pour satisfaire aux exigences multiples des romains qui parsèment l'Europe, l'Asie et l'Afrique, de bâtiments et de villes, de nombreux types de bâtiments se créent : **le temple** sur plan rectangulaire ou sur plan circulaire, des **arcs de triomphe**, des bâtiments publics : **le forum**, **les basiliques** dont la typologie sera reprise par la suite par l'église catholique, **les thermes**, le théâtre qui se transforme en **arène**, **l'hippodrome**, les maisons, **les villas** urbaines et rurales.

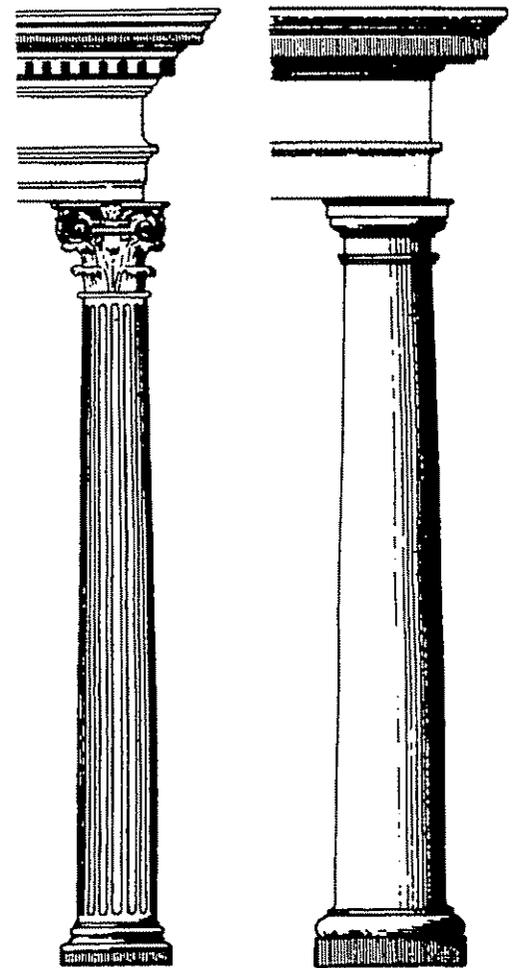
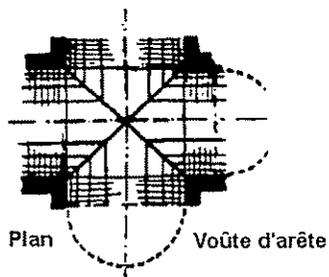
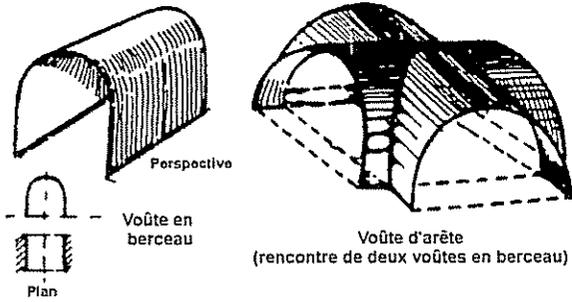
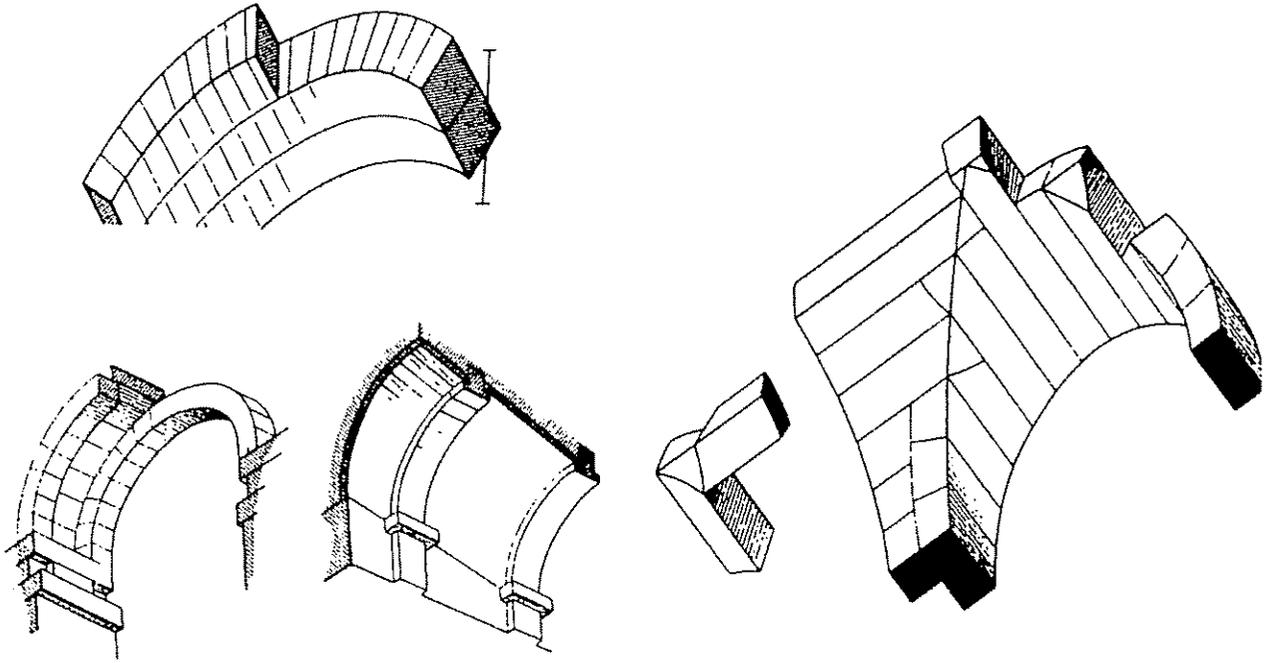
L'URBANISME

Assimilant les recherches de la période hellénistique, les romains sont très attentifs à la forme de la ville. Ils construisent de nouvelles villes, surtout selon le schéma du camp qui dérive de la forme du campement militaire, mais utilisent également le schéma en étoile. La première métropole, au sens occidental, naît avec Rome.

Elle n'est pas construite suivant un projet initial mais chacune de ses parties, successivement, est étudiée au niveau de l'urbanisme.

NOTES DIVERSES

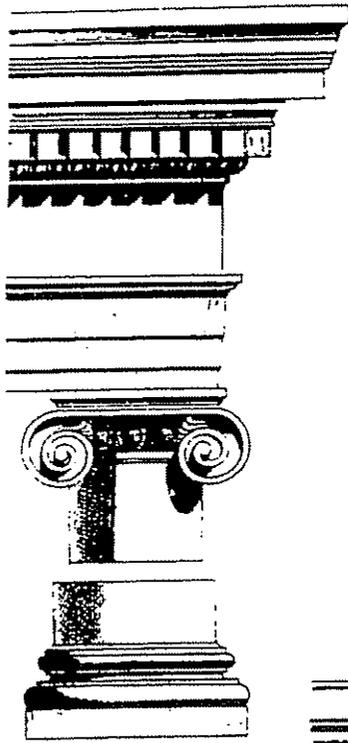
Rome et ses bâtiments seront toujours étudiés, pendant le moyen-âge également, en tant qu'exemples d'architecture. L'Empire romain sera un mythe politique et culturel, adopté en Europe de Charlemagne à Napoléon.



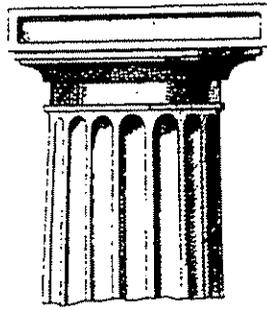
COMPOSITE

TOSCAN

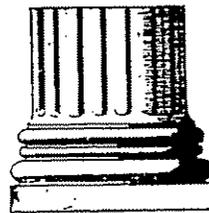
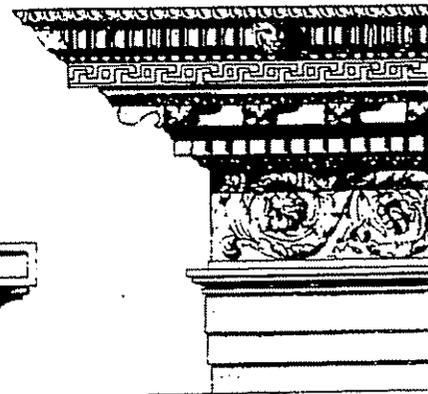
ART ROMAIN



1



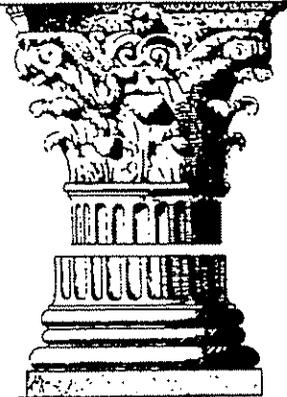
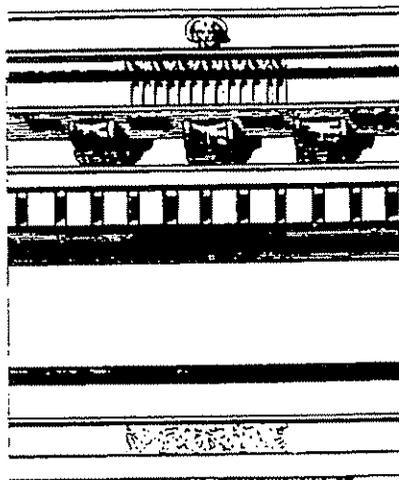
2



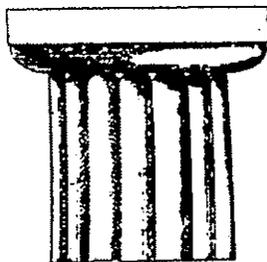
3



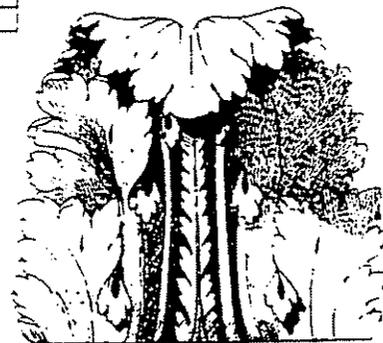
4



5



6



7

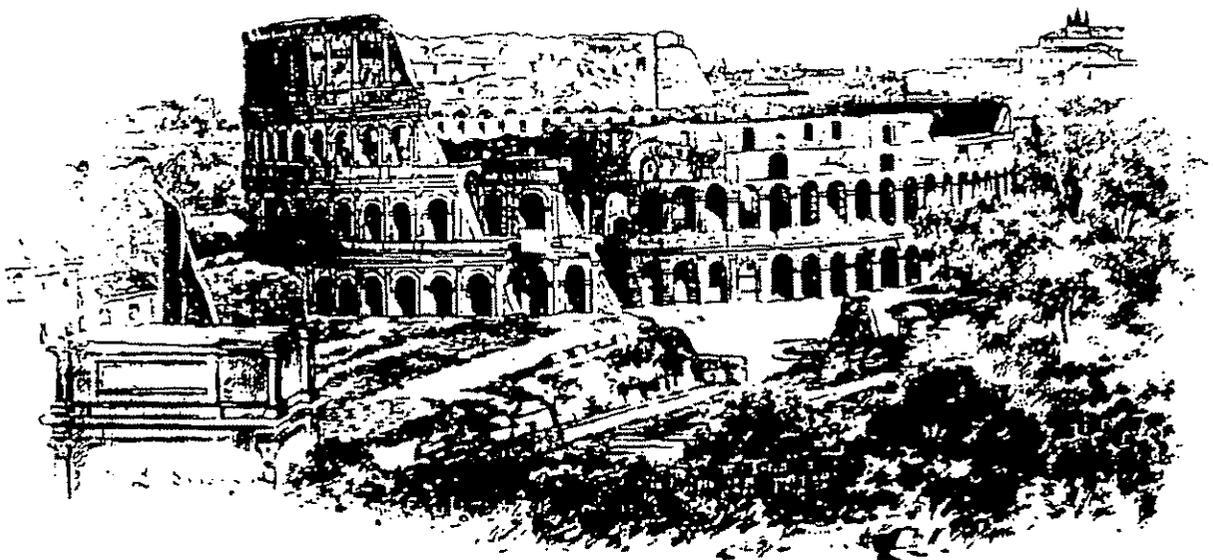
1. Entablement ionique
2. Chapiteaux doriques
3. Entablement corinthien (Nîmes)
4. Détail d'une feuille d'acanthé

5. Entablement corinthien (Temple de Jupiter Statori)
6. Chapiteaux doriques
7. Feuille d'acanthé d'ordre corinthien

ART ROMAIN

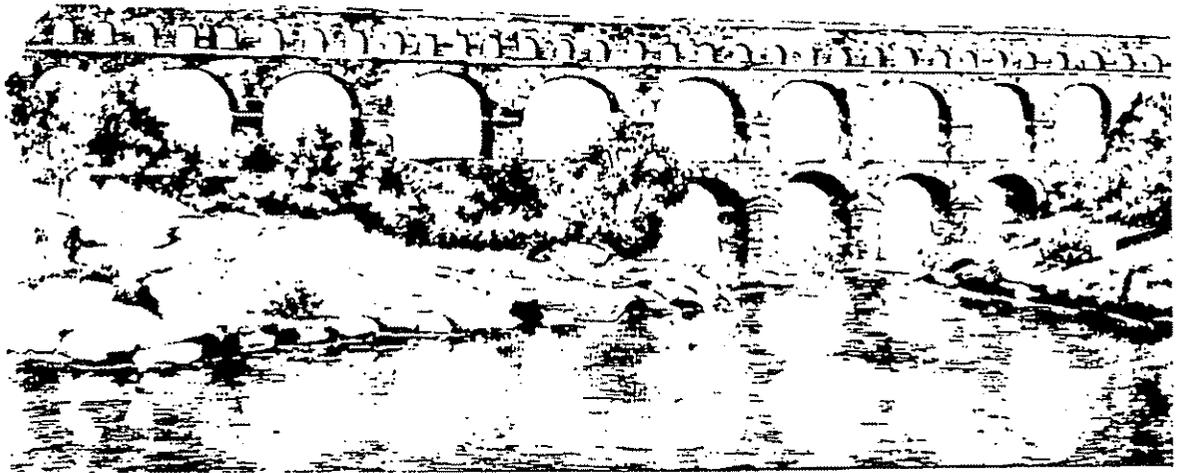


LE FORUM

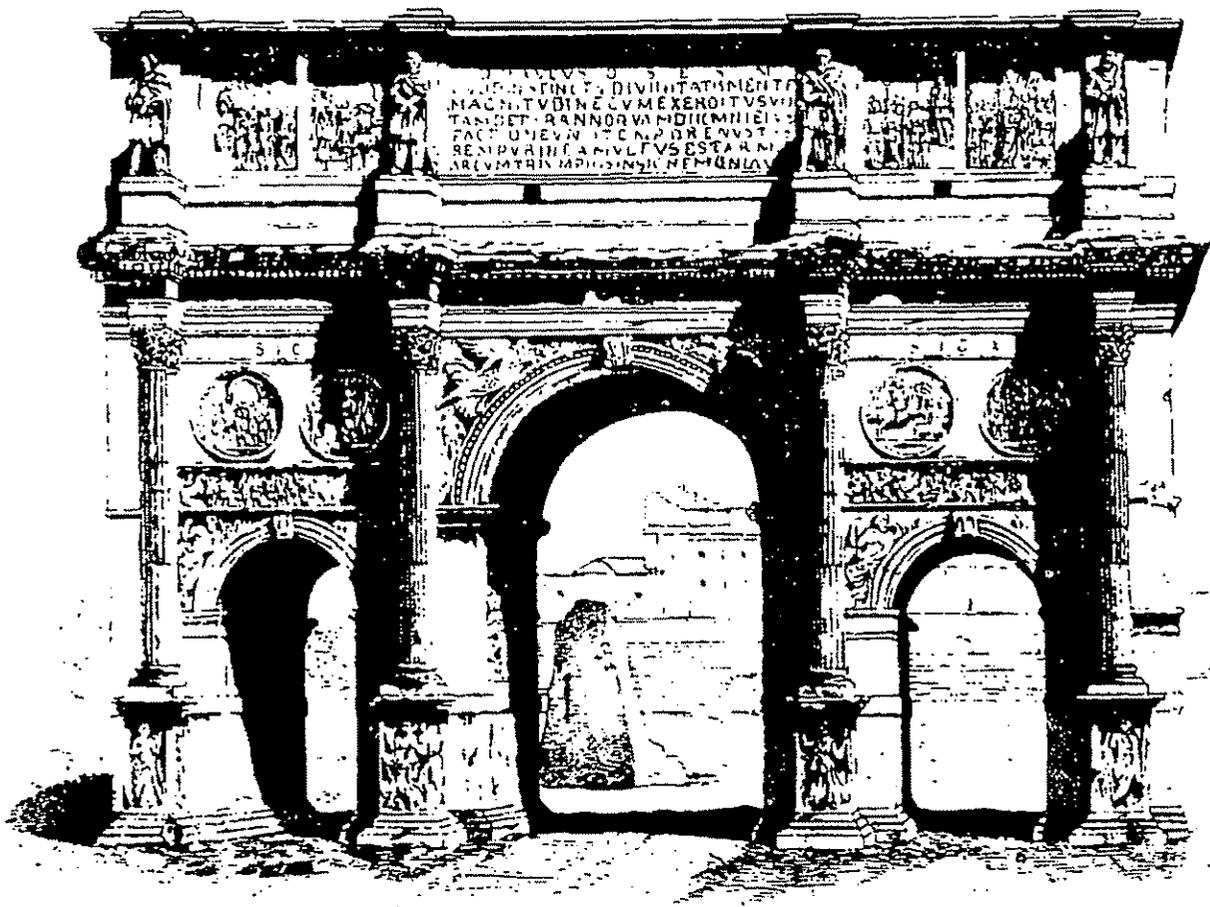


LE COLYSEE

ART ROMAIN



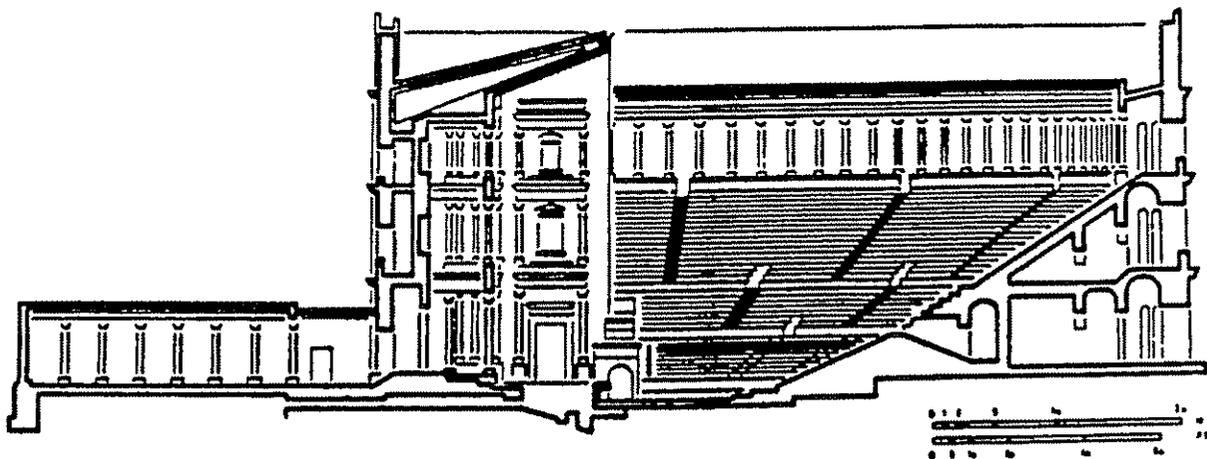
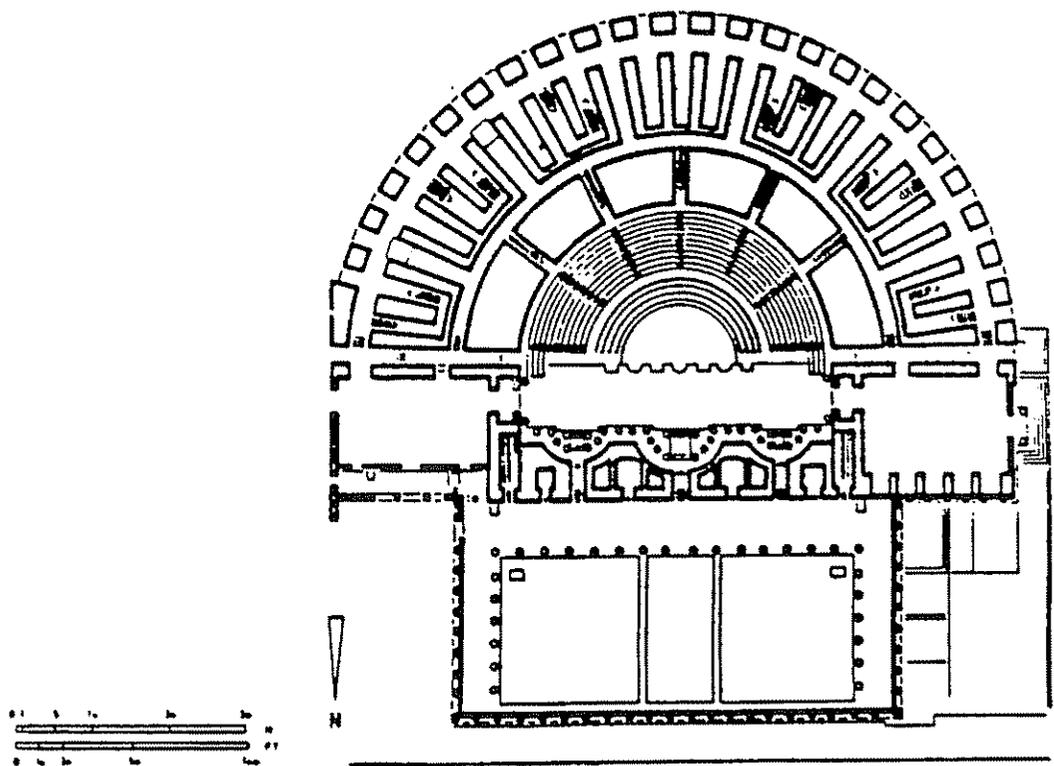
PONT DU GARD

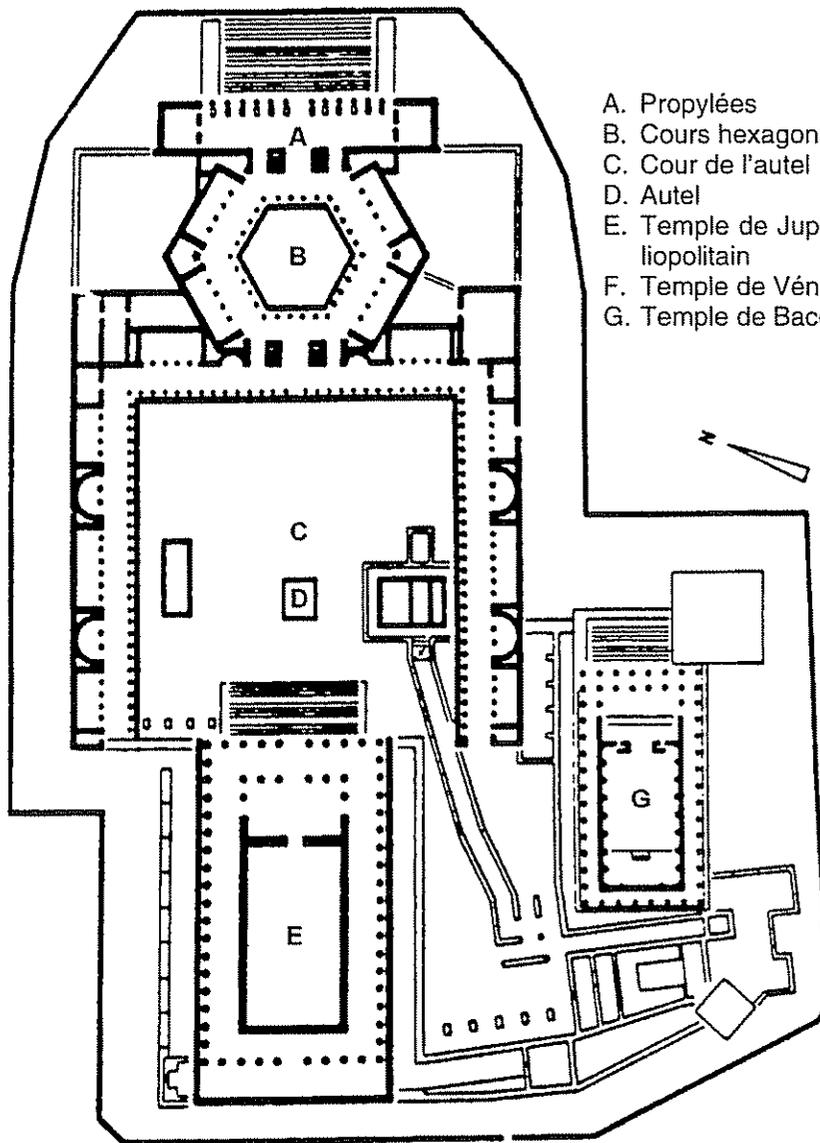
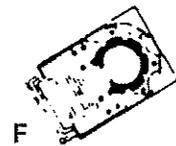
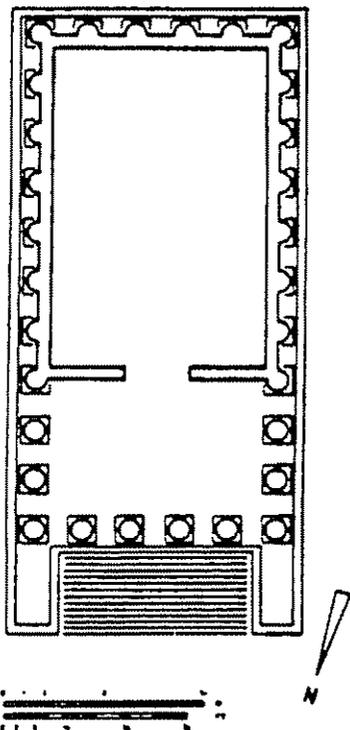
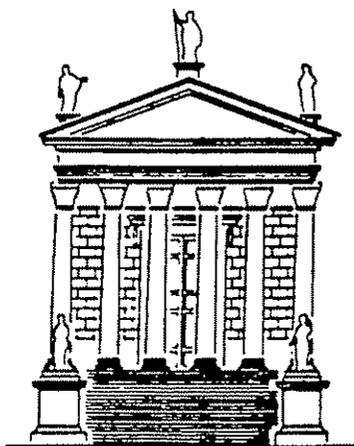


ARC DE CONSTANTIN A ROME

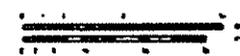
Le Théâtre de Sabratha

Plan : 1 : 1000 et coupe longitudinale 1 : 600

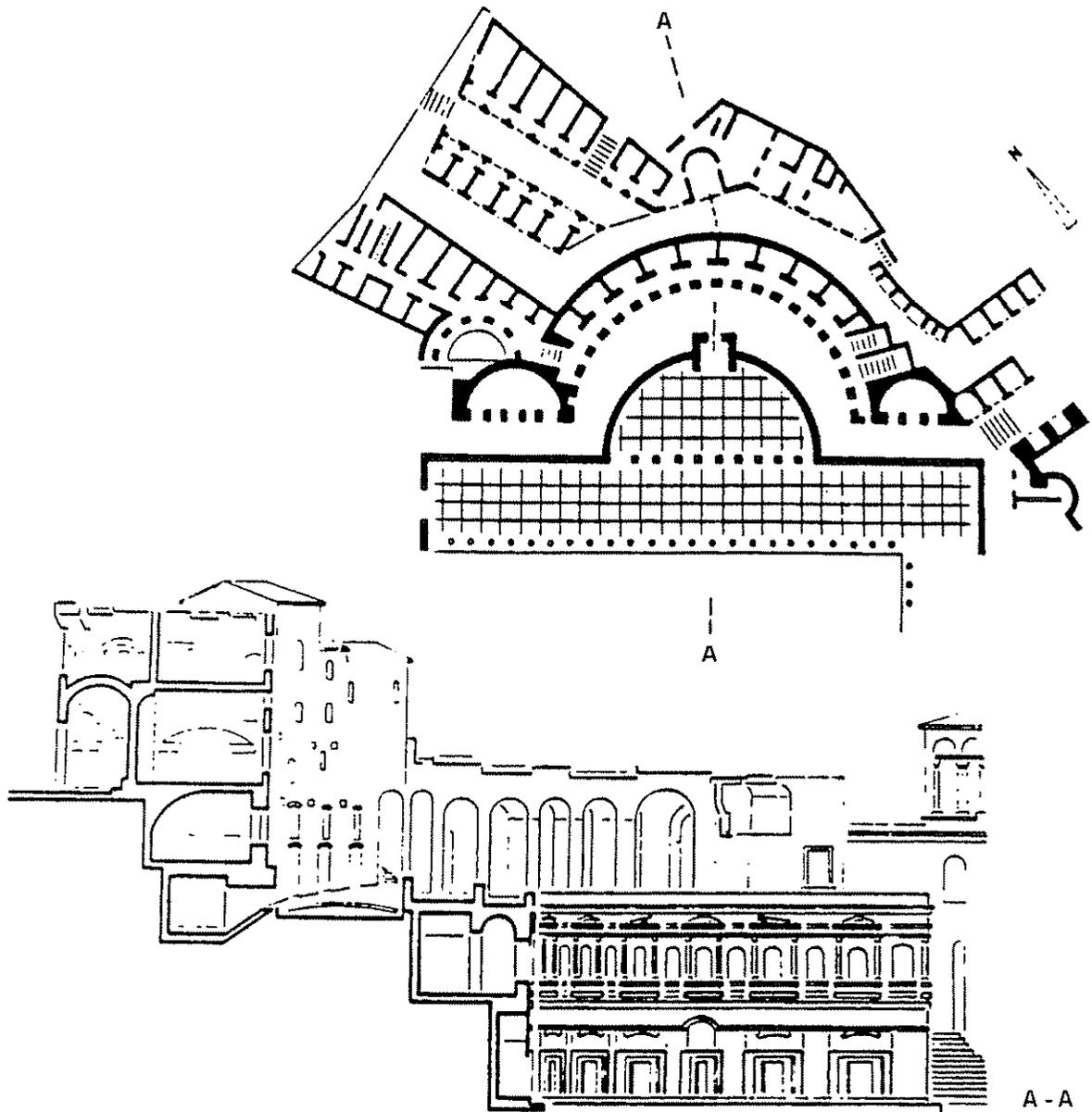




- A. Propylées
- B. Cours hexagonale
- C. Cour de l'autel
- D. Autel
- E. Temple de Jupiter héliopolitain
- F. Temple de Vénus
- G. Temple de Bacchus

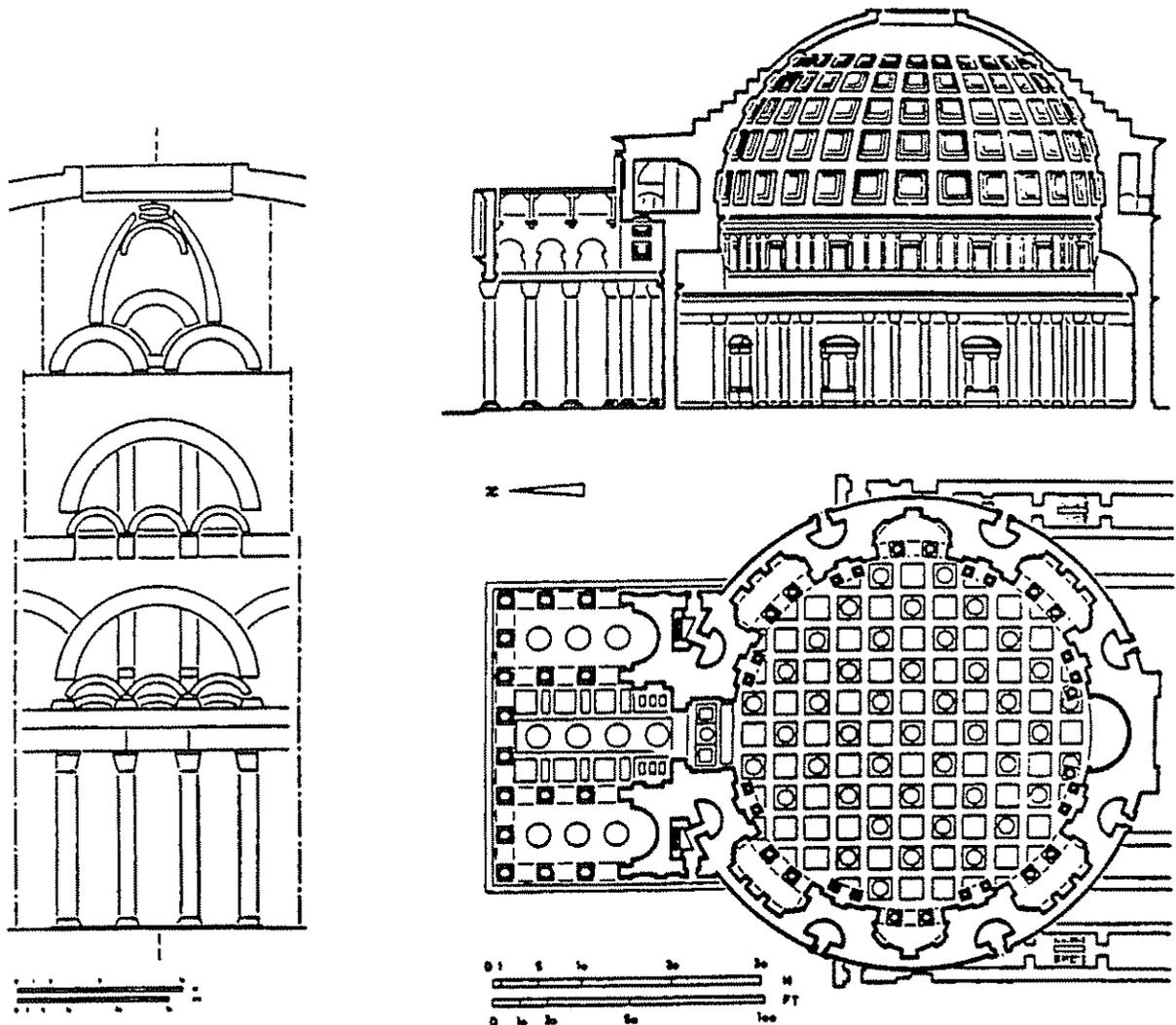


Les Marchés de Trajan à Rome
Plan 1 : 1500 et coupe 1 : 500

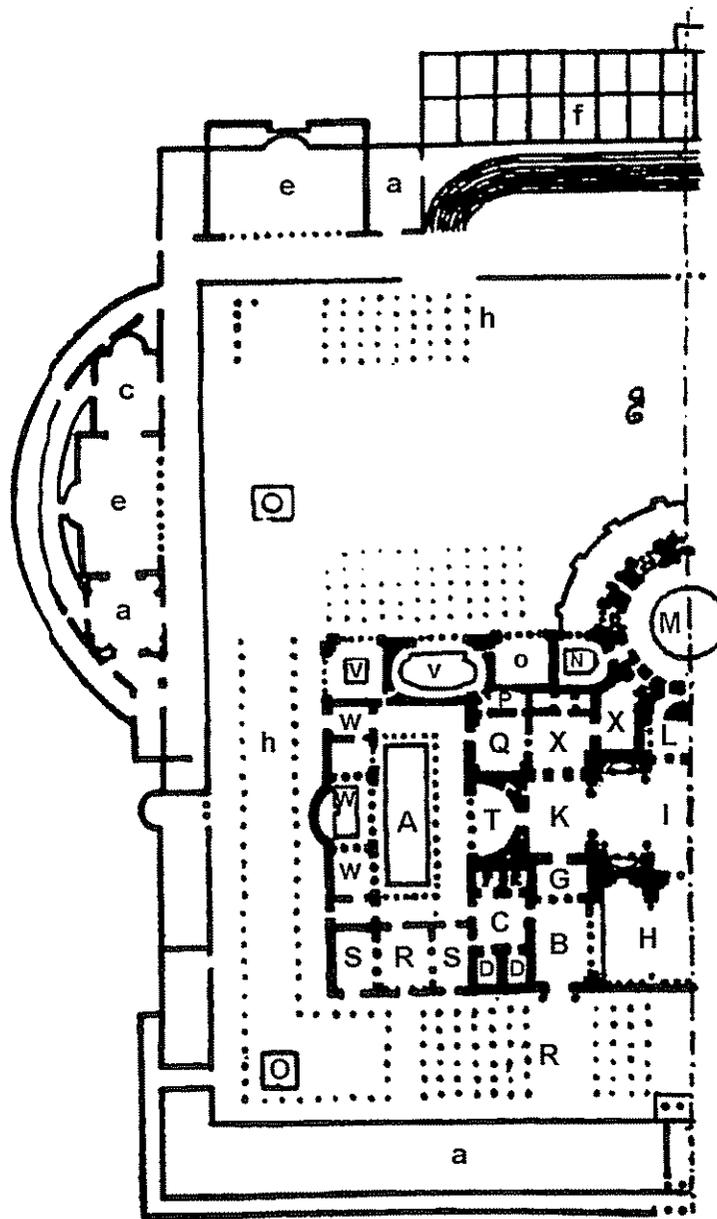
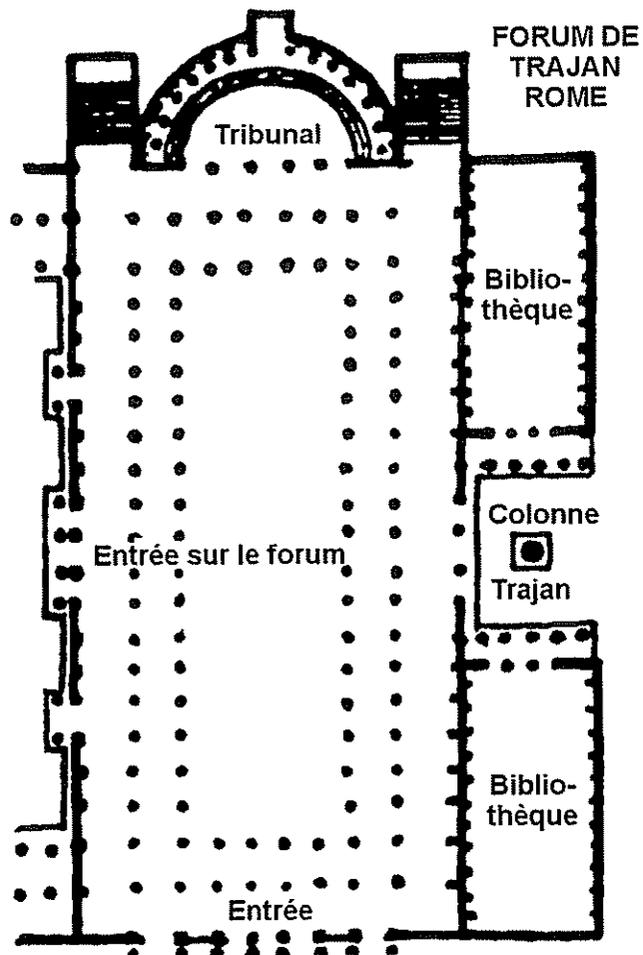


Le Panthéon à Rome

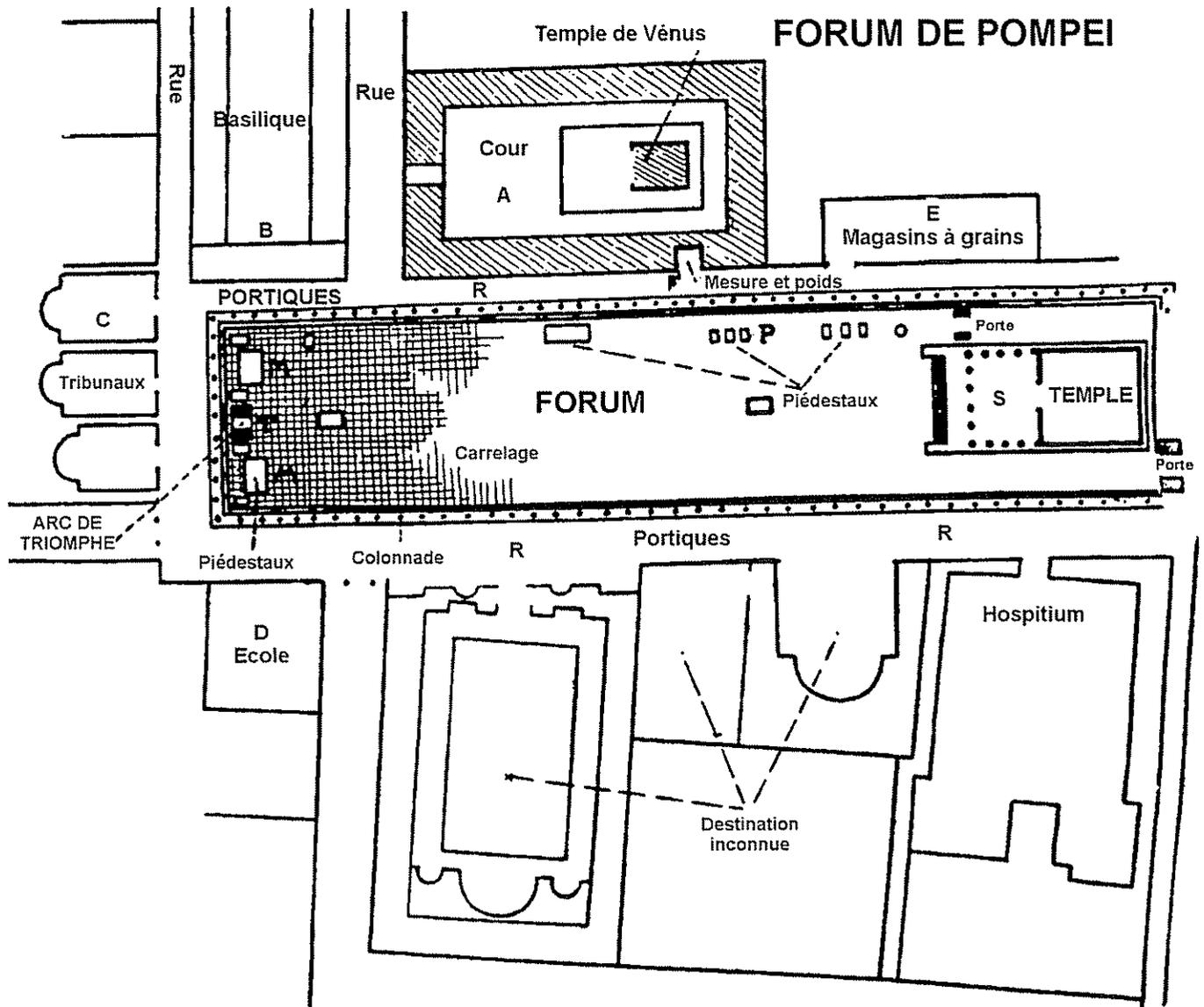
Développement des structures de la coupole 1 : 400, coupe longitudinale et plan 1 : 750.



PLAN DE LA BASILIQUE ULPIENNE



PLAN DES THERMES DE CARACALLA
(Une moitié)



Le forum était entouré des édifices civils et religieux les plus importants.

- A. Temple de Vénus
- B. Basilique
- C. Tribunaux
- D. Ecole
- E. Magasin à grains

- T. Arc de Triomphe
- M. Statues
- S. Temple

4 - Architecture byzantine

L'ARCHITECTURE BYZANTINE

(IVe - XVe siècle ap. JC)

PERIODE HISTORIQUE

L'architecture byzantine naît dans l'empire romain d'Orient mais il en existe des exemples aussi en Italie. Byzance, l'actuelle Istanbul, en est le foyer principal. L'architecture byzantine est un croisement des styles romains et orientaux. Elle va du IVe siècle au XVe siècle après JC et son influence se fait sentir en Russie et en Arménie encore au XVIe et au XVIIe siècle.

EVENEMENTS HISTORIQUES

316 après JC	Constantin est proclamé empereur.
313 après JC	La religion chrétienne est tolérée.
334 après JC	Constantin transfère la capitale à Constantinople, qui deviendra Byzance puis Istanbul.
337 après JC	L'empire romain est divisé en empire romain d'Occident et empire romain d'Orient, dont les histoires divergeront à partir de ce moment-là.
380 après JC	Théodore proclame le christianisme religion d'Etat.
582 après JC	Mouvements de révolte et de destruction dans la capitale de Ste Sophie. Elle sera reconstruite par Justinien.
1204 après JC	Croisade dirigée par Venise et conquête de Byzance par les Croisés. Début de la décadence de l'art byzantin.
1453 après JC	Chute de Constantinople sous l'assaut des Turcs. Fin de l'empire romain d'Orient.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

A l'avènement de la religion catholique, l'église devient le thème le plus important de l'architecture byzantine.

La technique romaine reste la technique fondamentale en ce qui concerne la couverture, la coupole étant la solution la mieux adaptée aux exigences liturgiques. De nombreuses innovations sont pourtant apportées : ce ne sont plus des murs continus qui supportent la coupole mais des éléments immenses insérés dans les angles de plans carrés ou circulaires, ou de plans encore plus complexes. Le passage du plan carré à la coupole s'effectue au moyen de pendentifs (petites portions de coupoles placées sur les arêtes du carré).

Encore très utilisée, la colonne perd son rôle d'élément principal de la statique de l'édifice. Des morceaux de la structure et de la décoration des temples païens sont souvent réutilisés.

LES MATERIAUX

La brique et le ciment sont les matériaux les plus utilisés pour la construction des parties statiques. Le marbre est très employé mais surtout en élément de décoration. Le développement de la décoration est exceptionnel, la matière et les techniques sont nouvelles et la mosaïque, formée de morceaux de marbre et de verre, prédomine grâce à sa meilleure adaptation au revêtement intégral de grandes structures statiques.

LE LANGAGE FIGURATIF ET DECORATIF

Les ordres, encore utilisés, perdent leur valeur canonique. La technique du trépan permet la décoration des chapiteaux qui prennent la forme d'un « panier » pour des raisons statiques. Pour surélever le système arc-colonne, on intercale le « piédrait » entre l'arc et le chapiteau. Une décoration de mosaïques aux dessins géométriques et non perspectifs des figures se développe.

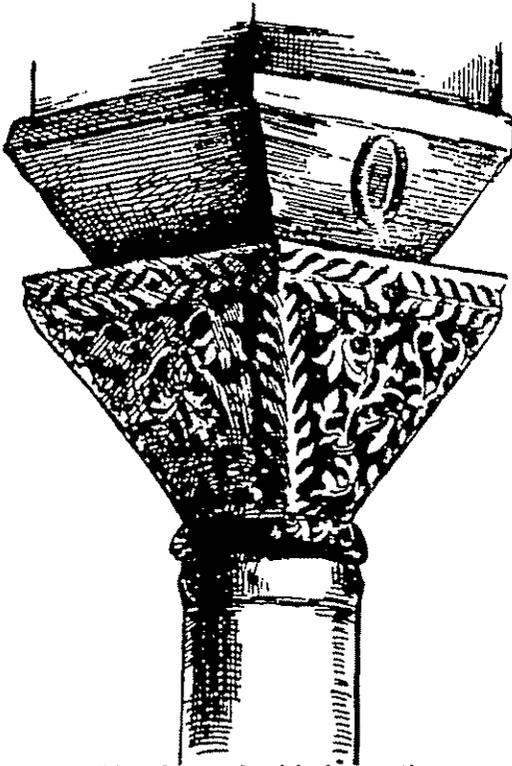
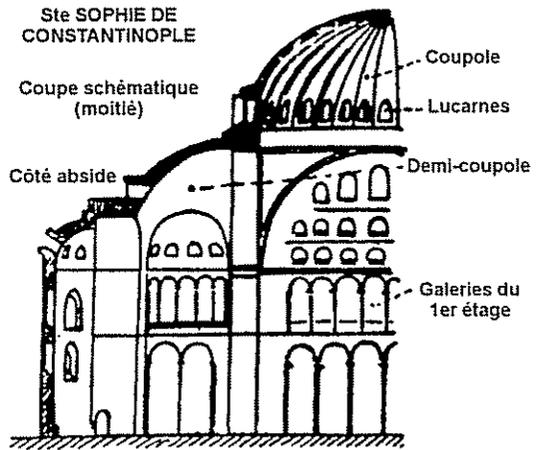
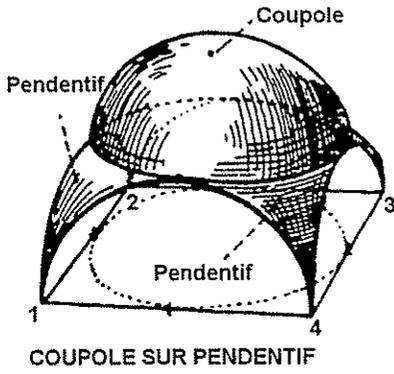
LES TYPOLOGIES

L'église est la typologie la plus importante de l'architecture byzantine. Des plans d'église originaux et en grand nombre sont mis au point. L'archétype fondamental peut se synthétiser en deux éléments :

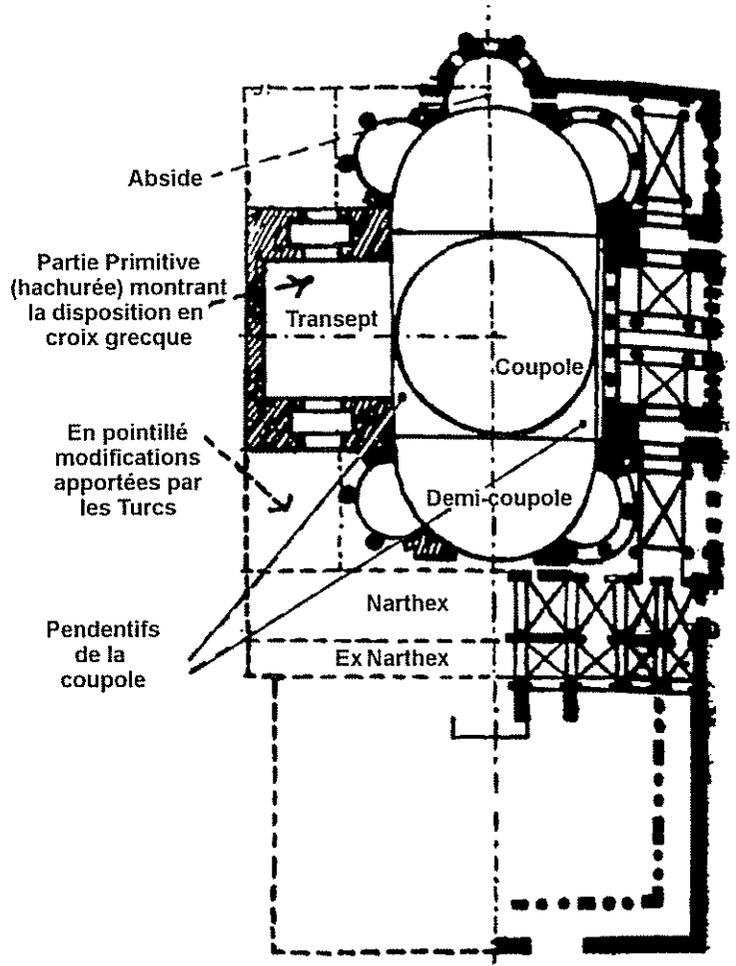
- **La coupole centrale unique**, entourée de zones accessoires représentées par les nefs et les absides qui lui sont rattachée (comme à Ste Sophie d'Istanbul).
- **La croix grecque à plusieurs bras**, plus ou moins égaux, couverte par des coupoles (comme à St Marc de Venise).

L'URBANISME

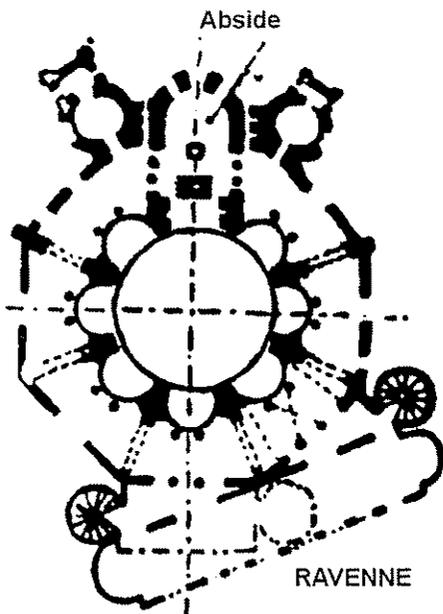
La tradition romaine se perpétue, même si les byzantins interviennent dans la ville au moyen d'éléments ponctuels plutôt qu'au niveau général.



Chapiteau double byzantin décoré de l'acanthé - (San Vital de Ravenne)



Ste SOPHIE DE CONSTANTINOPLE



PLAN DE L'EGLISE SAN-VITAL

5 - Architecture romane

L'ARCHITECTURE ROMANE

PERIODE HISTORIQUE

Il existe une continuité historique entre l'architecture romane et l'architecture chrétienne médiévale : cette période est appelée « paléo-chrétienne ». On peut dire qu'elle va de l'Edit de Constantin de 313 après JC, par lequel les chrétiens sortent des catacombes, jusqu'au roman, c'est-à-dire aux alentours de l'an 1000 environ (Xe siècle après JC).

L'architecture romane se développe d'après les exemples paléo-chrétiens, du Xe au XIIe siècles et se prolonge lentement par le gothique.

Le paléo-chrétien s'étend surtout à Rome et dans certaines zones d'Italie ; le roman gagne toute l'Europe et ses foyers principaux sont à Rome, Milan, St Gall en Suisse et Cluny en France.

EVENEMENTS HISTORIQUES

496 après JC	Clovis, roi des Francs, se convertit au christianisme.
VIIIe siècle	Charles Martel, roi des Francs, bat les arabes qui tentent d'envahir l'Europe.
800 après JC	Charlemagne est couronné à Rome empereur du Saint Empire romain.
877 après JC	Charles le Chauve décrète l'hérédité des fiefs : c'est la naissance de la féodalité.
910 après JC	Fondation du Monastère de Cluny.
1037 après JC	Conrad II aussi reconnaît l'hérédité des petits fiefs ; décadence de l'empire de la grande féodalité.
1057 après JC	Lutte entre la papauté et l'empire au sujet de l'investiture des évêques.
1096 - 1099	Première croisade.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

L'architecture paléo-chrétienne et l'architecture romane par la suite, délaisse la technique de la coupole byzantine au profit du toit à double pente (en charpente) sur plan de type basilical (plan rectangulaire).

Le roman adopte les techniques romaines suivantes :

- L'arc en plein cintre.
- Le plan rectangulaire.
- Les voûtes d'arêtes.

Ces trois techniques de construction donnent naissance à un nouveau type de construction très solide et assez articulé grâce à l'adjonction des nefs latérales (Fig. A - B - C - D).

LES MATERIAUX

Souvent construits en pierres ou en briques et en pierres alternées, les murs des édifices romans sont d'une épaisseur importante.

Bien que l'on utilise des colonnes ajoutées, les gros piliers de pierres travaillées restent caractéristiques du roman. La simplicité du style réduit les matériaux au strict minimum. La pierre, le marbre et la brique sont utilisés pour la décoration ; le bois pour les poutres de charpentes (Fig. B - C - I). Les murs sont souvent décorés de fresques.

LE LANGAGE FIGURATIF ET DECORATIF

Le roman abandonne presque totalement l'utilisation des ordres, désormais inutilisables pour les nouvelles structures.

C'est l'élément structural qui détermine les caractéristiques du style roman : les piliers, les arcs, les doubleaux, etc..., possèdent des caractéristiques nouvelles, différentes des exemples classiques (Fig. E).

LES TYPOLOGIES

L'église, foyer social, constitue la typologie fondamentale du roman. Nous trouverons ensuite le monastère.

L'église romane s'inspire de la typologie de la basilique paléo-chrétienne qui dérive à son tour de la basilique romaine, une vaste salle, longue et basse, d'un usage similaire à celui de la « Bourse ».

A Rome, certaines églises chrétiennes adaptèrent directement les restes de basiliques romaines. Successivement, le roman réélabora le plan basilical en y introduisant des bas-côtés, des absides et des transepts qui forment en plan la « Croix latine ».

Le château est un autre élément typologique du roman et il sera ensuite développé par le gothique.

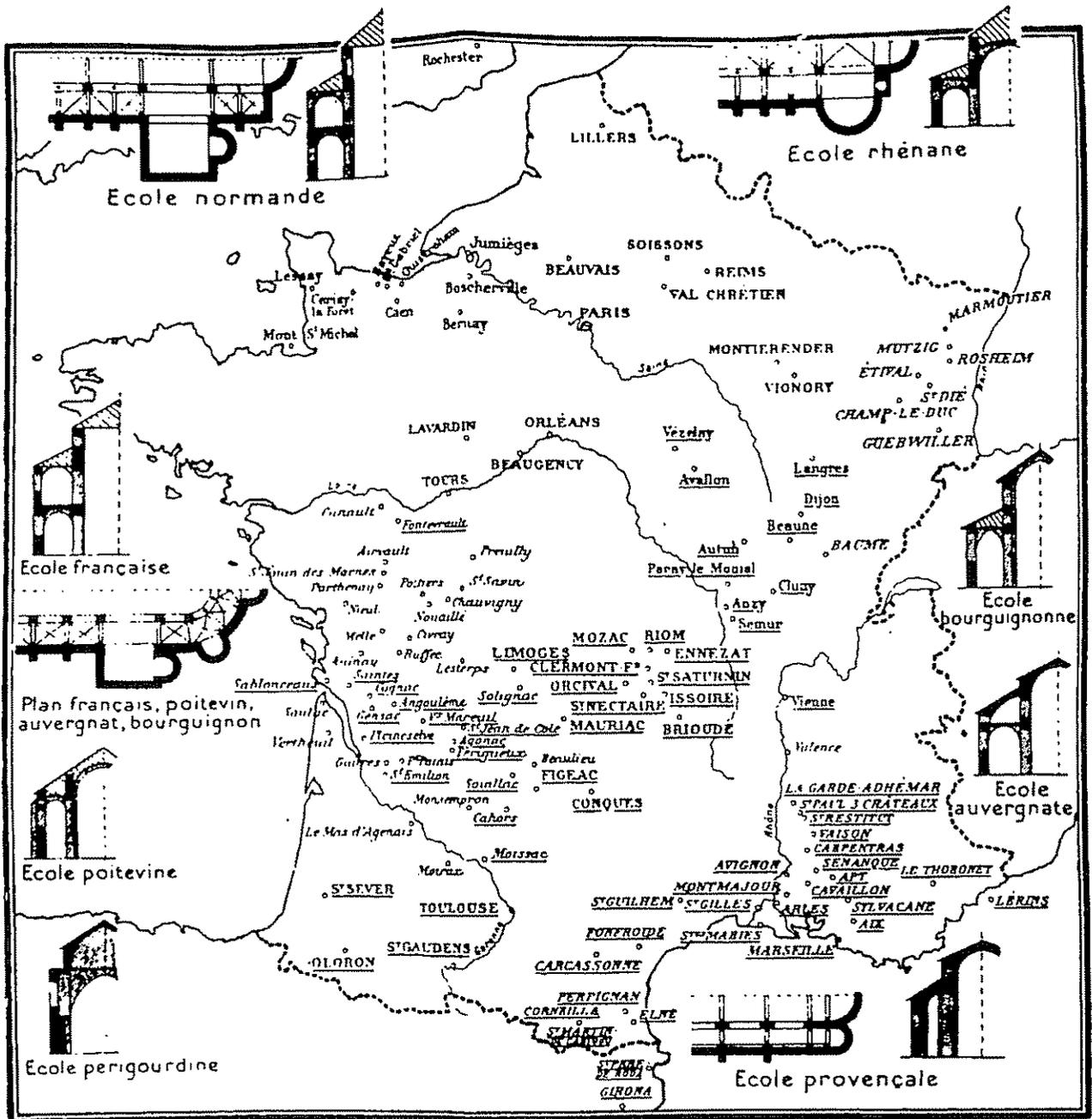
L'URBANISME

C'est justement à cette époque que l'on assiste au renouveau de la ville européenne ; le roman réutilise la ville romaine en y introduisant les propres églises, souvent même en dehors de la ville.

NOTES DIVERSES

L'architecture occidentale, qui avait peu produit pendant le « Haut Moyen-Age », renaît grâce au roman.

ECOLES ROMANE



LEGENDE :			
Caen	Ecole normande	ST-DIE	Ecole rhénane
REIMS	Ecole française	Melle	Ecole poitevine
		Périgueux	Ecole perigourdine
		RIOM	Ecole auvergnate
		Aulun	Ecole bourguignonne
		VALSON	Ecole provençale

ECOLE PROVENCALE

<i>PLAN</i>	Ni déambulatoire, ni chapelles rayonnantes ; très souvent, nef unique.
<i>VOUEMENT</i>	Nef : en berceau sur doubleaux à ressauts ; bas-côté : en demi-berceau
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Pas de triforium ; très petites fenêtres.
<i>PILIERs, etc</i>	Piliers à pilastres, très découpés, allongés dans le sens de l'axe ; arcades larges.
<i>DECORATION</i>	Intérieurs sobres ; influences antiques, lombardes, etc ; nervures simulées sous les culs-de-four.

ECOLE POITEVINE

<i>PLAN</i>	Déambulatoire
<i>VOUEMENT</i>	Nef : en berceau sur doubleaux ; bas-côté : berceau ou arêtes
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Ni triforium ni fenêtres.
<i>PILIERs, etc</i>	Grosses colonnes, puis piliers en quatre feuilles ; flèches conique renflées.
<i>DECORATION</i>	Façades très riches ; portes sans tympan.

ECOLE AUVERGNATE

<i>PLAN</i>	Déambulatoire, chapelles rayonnantes, quelquefois de nombre pair.
<i>VOUEMENT</i>	Nef : berceau plein-cintre lisse ; bas-côtés ; tribunes : demi-berceau.
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Triforium ; pas de fenêtres dans la nef.
<i>PILIERs, etc</i>	Piliers ; colonnes engagées, sans objet ; clocher octogonal sur transept ; ordonnance magnifique à l'extérieur du chevet et du transept.
<i>DECORATION</i>	Intérieurs sévères ; marqueterie dans les parements.

ECOLE PERIGOURDINE

<i>PLAN</i>	Pas de déambulatoire ; travées carrées ; pas de bas-côtés.
<i>VOUEMENT</i>	Coupoles sur pendentifs.
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Pas de triforium.
<i>PILIERs, etc</i>	Piliers carrés et massifs ou piliers à colonnes engagées.

ECOLE BOURGUIGNONNE

<i>PLAN</i>	Souvent pas de déambulatoire ; quelques avants-nefs très développées.
<i>VOUEMENT</i>	Nef : berceau brisé sur doubleaux, ou arêtes : bas-côtés : arêtes.
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Arcades brisées ; faux triforium : fenêtres.
<i>PILIERs, etc</i>	Piliers à pilastres ; clocher central.
<i>DECORATION</i>	Flore grasse : statuaire maigre ; pilastres cannelés.

ECOLE RHENANE

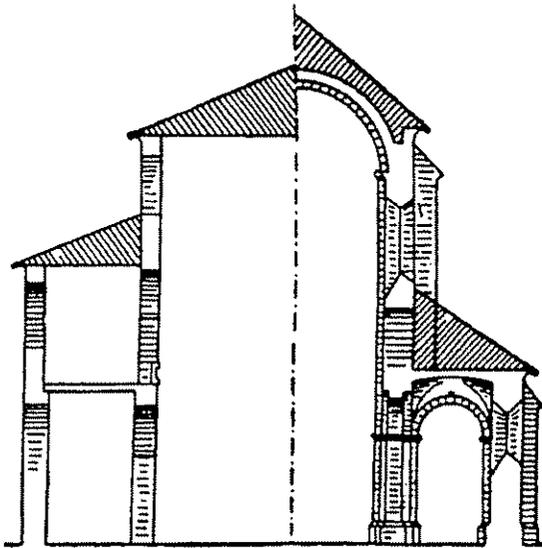
<i>PLAN</i>	Pas de déambulatoire ; absides au bout des bras du transept et même au fond ouest de la nef.
<i>VOUEMENT</i>	Nef : depuis le X ^{II} e siècle, voûtes d'arêtes bombées ; bas-côtés ; arêtes.
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Grandes arcades simples, plein-cintre ; pas de triforium ; fenêtres.
<i>PILIERs, etc</i>	Piliers alternés ; clocher central : flèches de charpente à 4 pans, dont les arêtes répondent au sommet des pignons élevés sur les 4 faces des tours.
<i>DECORATION</i>	Caractère rude ; influences lombardes : arcatures lombardes, galerie extérieure en haut des absides.

ECOLE NORMANDE

<i>PLAN</i>	Pas de déambulatoire ; le bas-côté du choeur ne contourne pas l'abside.
<i>VOUEMENT</i>	Nef : pas de voûte, quelquefois arcs transversaux ; bas-côtés ; arêtes ; tribunes : pas de voûte.
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Grandes arcades plein-cintre ; large triforium ; fenêtres en avant desquelles court une galerie.
<i>PILIERs, etc</i>	Quelquefois piliers alternés ; tour-lanterne carrée.
<i>DECORATION</i>	Décoration géométrique ; invention pauvre ; chapiteaux à godrons.

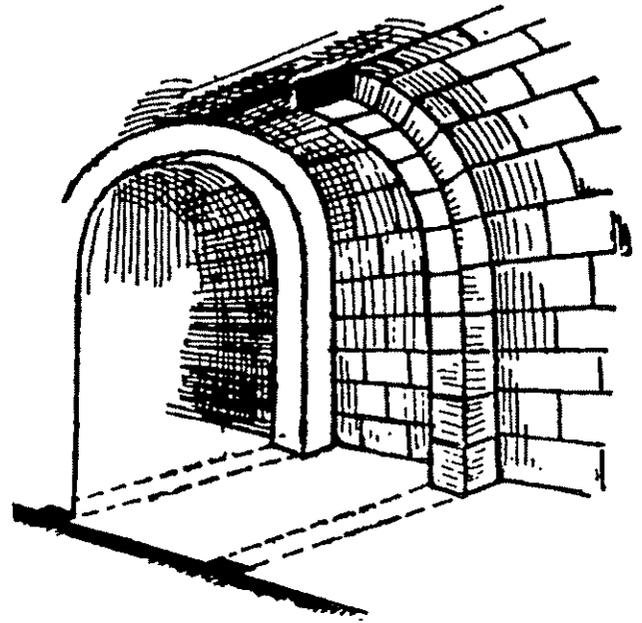
ECOLE FRANCAISE

<i>PLAN</i>	Déambulatoire et chapelles rayonnantes.
<i>VOUEMENT</i>	Nef : pas de voûte ; bas-côtés ; arêtes ; tribunes, pas de voûtes.
<i>ORDONNANCE INTERIEURE DE LA NEF</i>	Grandes arcades en plein-cintre ; triforium ; fenêtres.
<i>DECORATION</i>	Décoration pauvre.



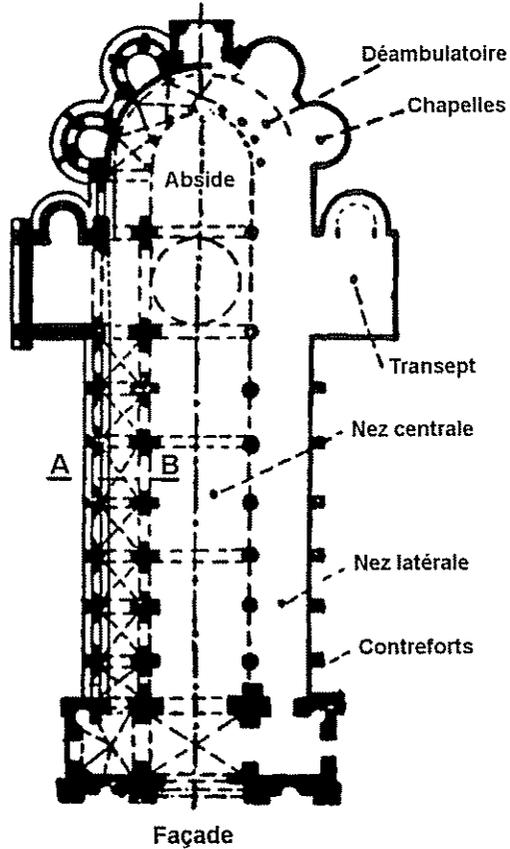
BASILIQUE LATINE ET
BASILIQUE ROMANE

Coupe en travers sur la nef.



ARCS DOUBLEAUX

PLAN D'UNE EGLISE ROMANE
ST PAUL D'ISSOIRE



Déambulatoire

Chapelles

Abside

Transept

Nez centrale

A

B

Nez latérale

Contreforts

Façade



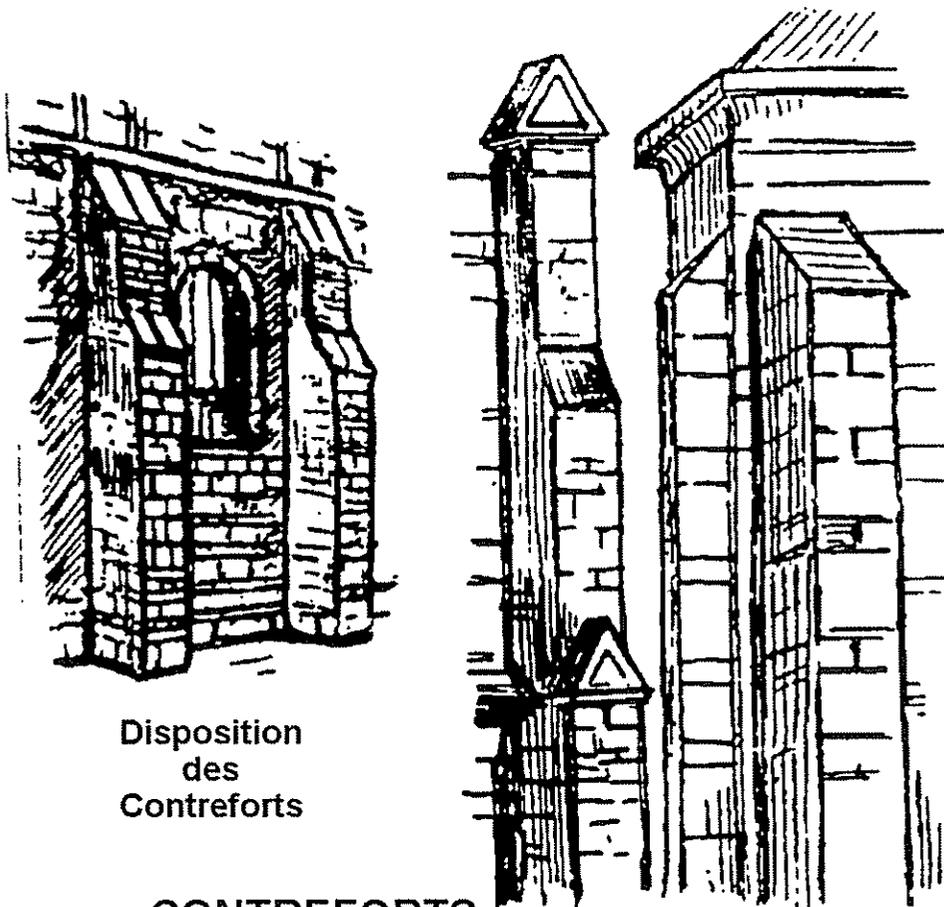
Piliers
rectangulaires



PLAN DES PILIERS

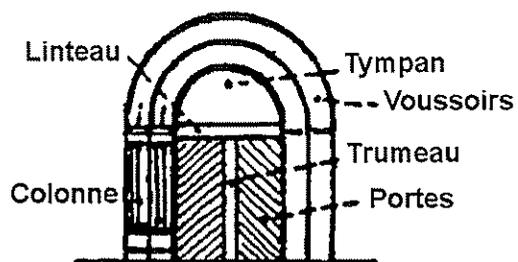


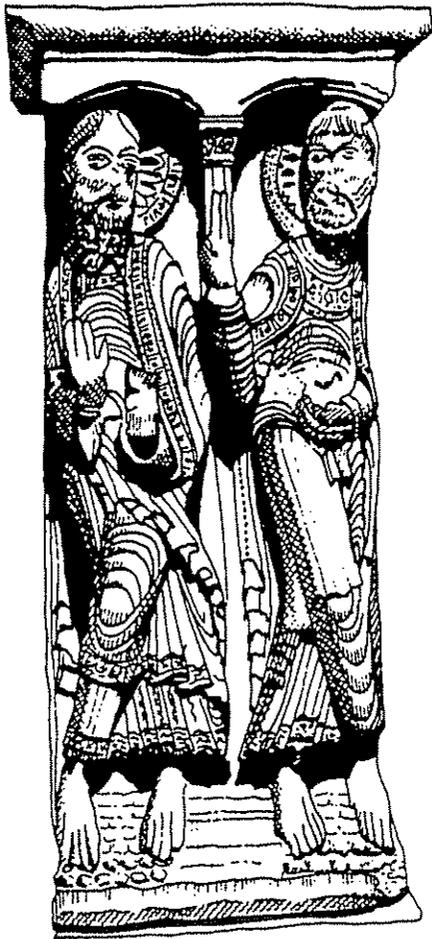
Piliers
cruiformes



Disposition
des
Contreforts

CONTREFORTS





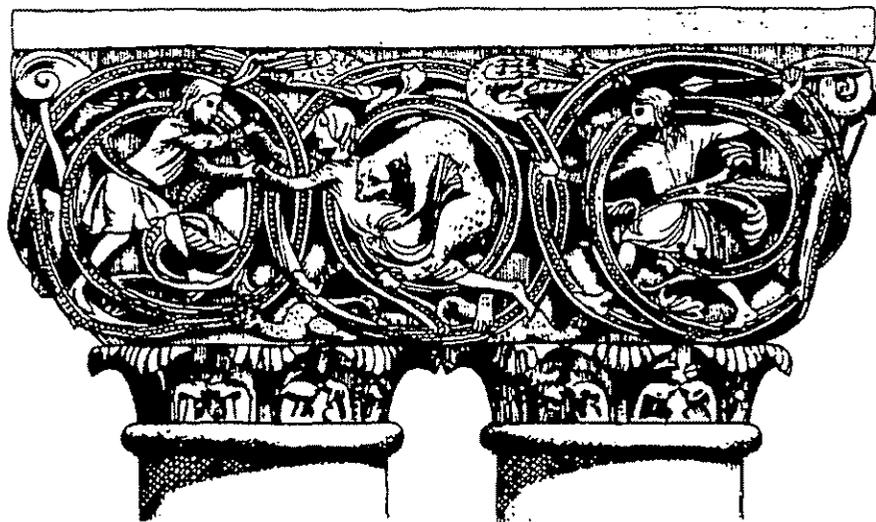
Toulouse (F), Saint-Etienne, salle capitulaire, Saint Pierre et Saint Paul. 1125 - 1134 (?). M. des Augustains.



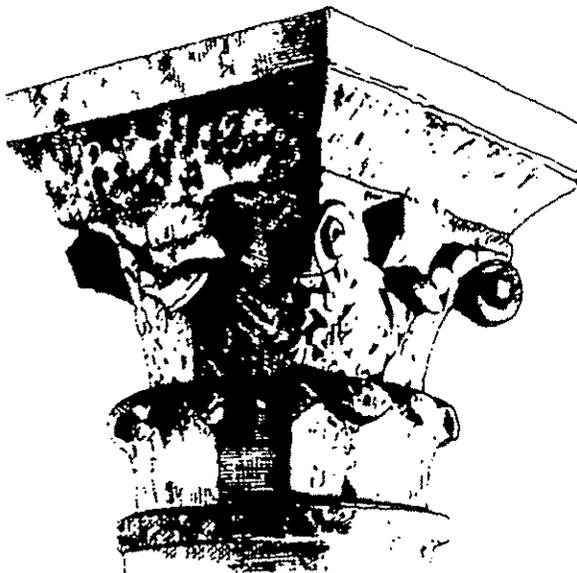
Toulouse (F), Saint-Etienne, Chapiteau du cloître : Hérode et Salomé. Vers 1120. M. des Augustains.



La Daurade (F) cloître. Chapiteau : Cène. 1115 - 1125 (2^e série). M. des Augustains. Toulouse.



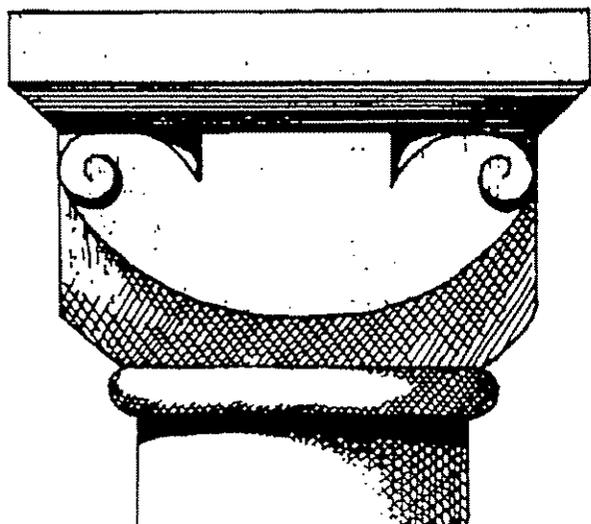
La Daurade (F), cloître de notre-Dame. Chapiteau : Chasse à l'ours. Vers 1180 - 1196 (3^e série). M. des Augustins. Toulouse.



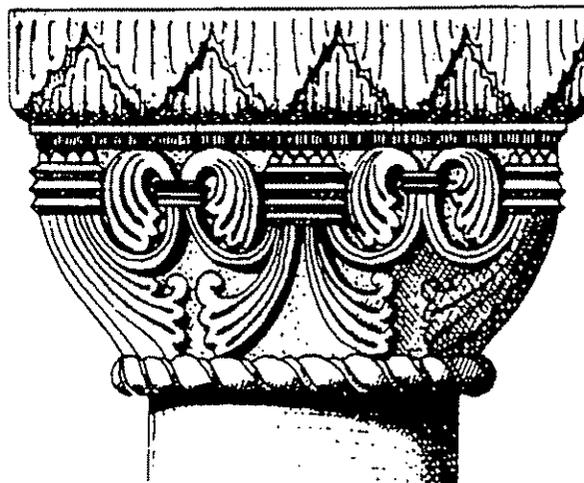
Bayeux (F), cathédrale, crypte. Chapiteau à « l'antique » avant 1077.



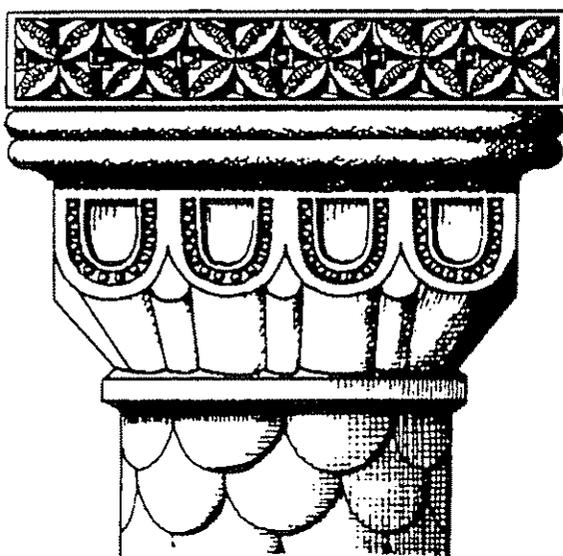
Caen (F), église abbatiale de La Trinité choeur. Chapiteau à décor animal vers 1070.



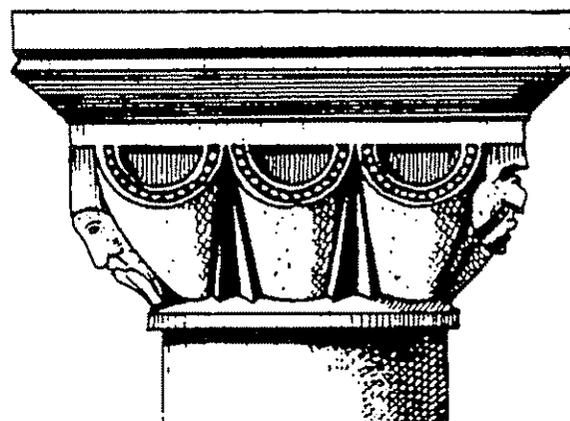
Lavington (GB), église, crypte. Compromis entre chapiteau cubique et chapiteau à volutes. XIIe siècle.



Northampton (GB), église Saint Pierre, nef. Chapiteau cubique à décor de feuillage. 2^e moitié du XIIe siècle.



Canterbury (GB), cathédrale, crypte. Chapiteau à godrons après 1070.



Caen (F), église abbatiale de La Trinité. Chapiteau à godrons de la partie haute de la nef XIIe siècle.



Saintes (F), abbaye de Saint-Europe, église haute. Chapiteau de la croisée du transept. Fin du XIe siècle.



Chauvigny (F), église Saint-Pierre. Chapiteau : Sirènes et têtes de lionnes. XIIe siècle.



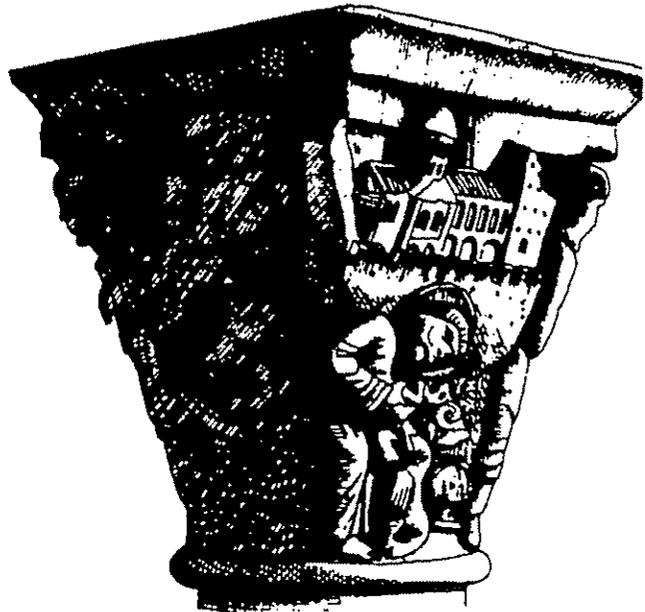
Clermont-Ferrand (F). Notre Dame-du-Port. Chap. du coeur : Combar des Vertus contre les Vices. XIIe siècle.



Mozat (F), abbatale Saint-Pierre. Chapiteau : Saintes Femmes au tombeau. Début du XIIe siècle.



Issoire (F), église Saint-Paul. Chapiteau du déambulatoire : Cène. Milieu du XIIe siècle.



Saint-Nectaire (F), église. Chapiteau : Légende de Saint Nectaire. Fin du XIIe siècle.



A

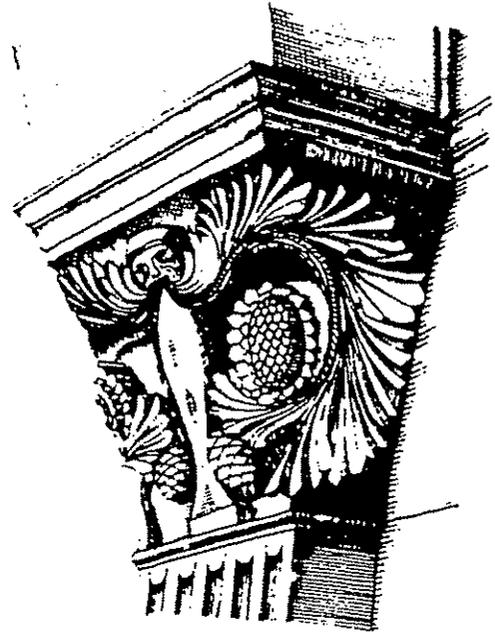


B

Cluny (F), église abbatiale. Chap. du choeur : A. Grammaire. B. Fleuves du Paradis. Fin du XIe siècle ou début du XIIe siècle. M. du Farinier. Cluny.



Autun (F), cathédrale Saint-Lazare.
Chapiteau de la nef : Fuite en Egypte.
1^{re} moitié du XII^e siècle.



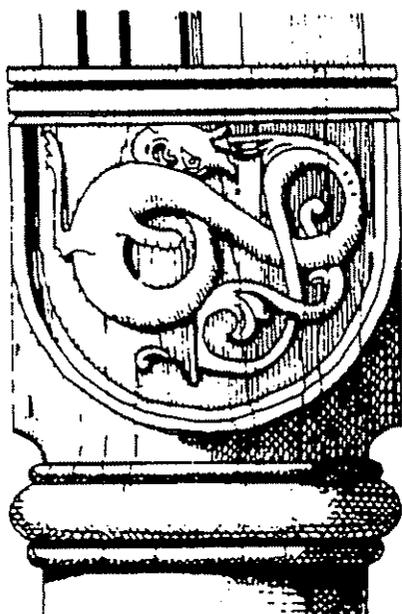
Autun (F), cathédrale Saint-Lazare.
Chapiteau d'un pilastre du bas-côté.
1^{re} moitié du XII^e siècle.



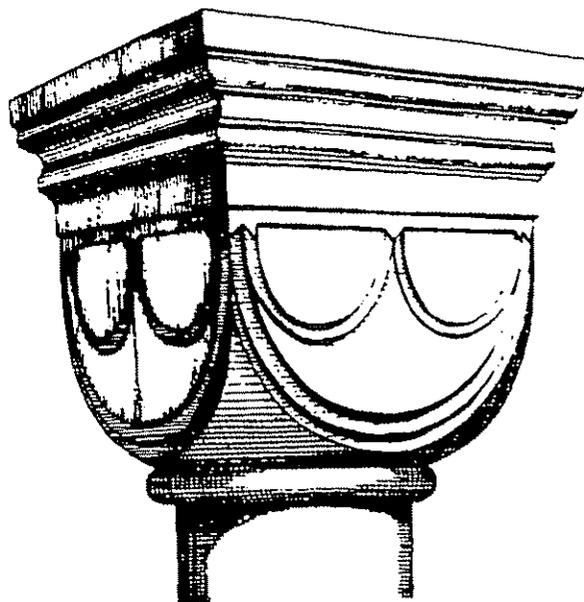
Saulieu (F), collégiale Saint-Andoche.
Chapiteau de la nef : Décor végétal. 1^{re}
moitié du XII^e siècle.



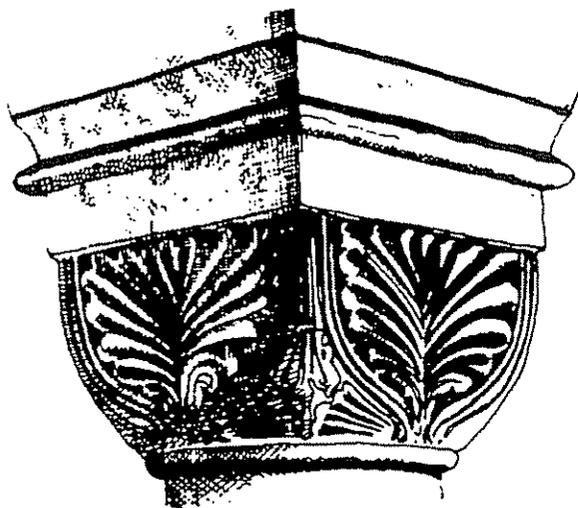
Plaimpied (F), abbatale Saint-Martin.
Chapiteau : Tentation du Christ. 1^{re}
moitié du XII^e siècle.



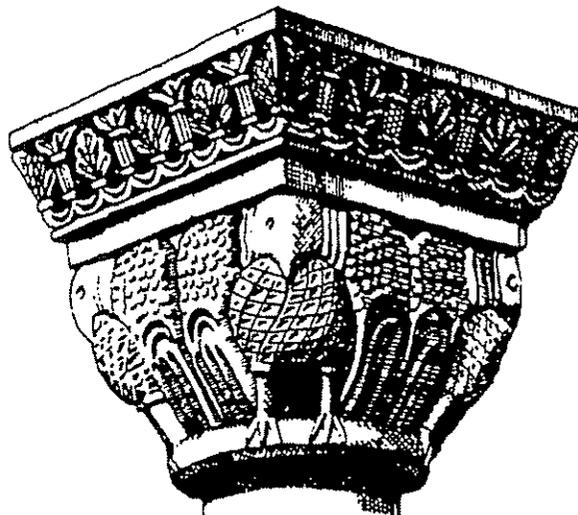
Sogn (N), église, nef. Chapiteau décoré en bois sculpté. XIIe siècle. (?).



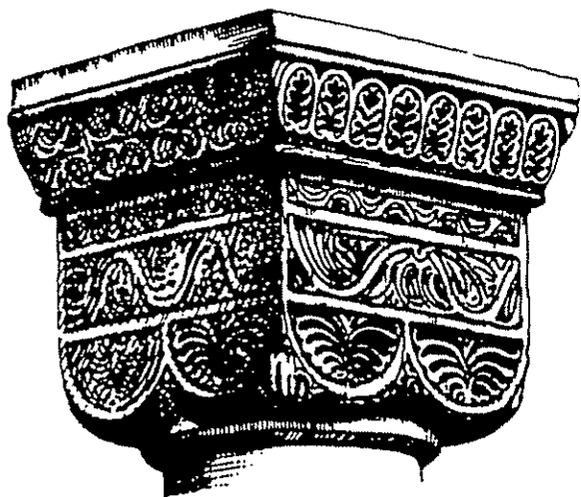
Paulinzella (RDA), église bénédictine. Chapiteau cubique avec lobe articulé. 1^{er} quart du XIIe siècle.



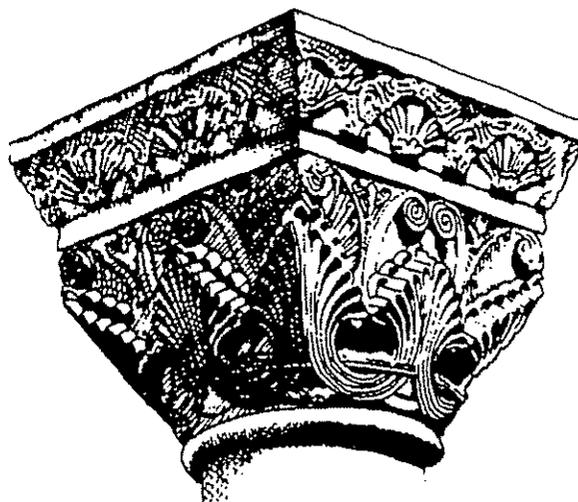
Doksany, Bohême du Nord, église. Chapiteau cubique à décor de palmettes. XIIe siècle.



Quedlinburg (RDA), collégiale, nef. Chapiteau cubique à décor animal. XIIe siècle.



Maarmoutier (F), abbatale, porche ouest. Chapiteau cubique à décor de palmettes et de rinceaux. Vers 1140.



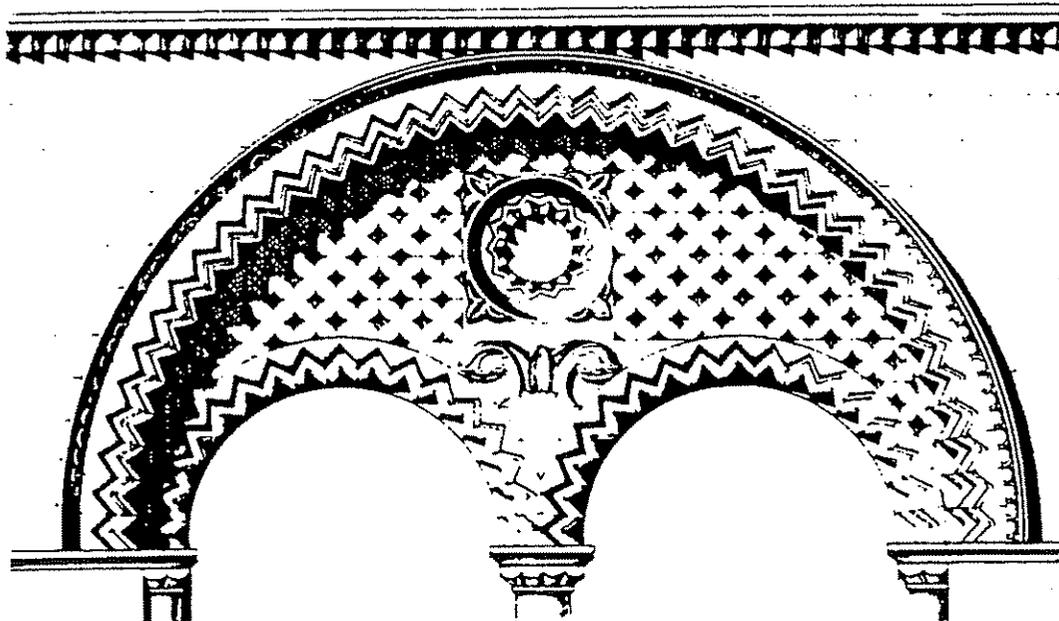
Hildesheim (D), église Saint-Michel, nef. Chapiteau en calice et « palmettes en éventail ». 1173 - 1182.



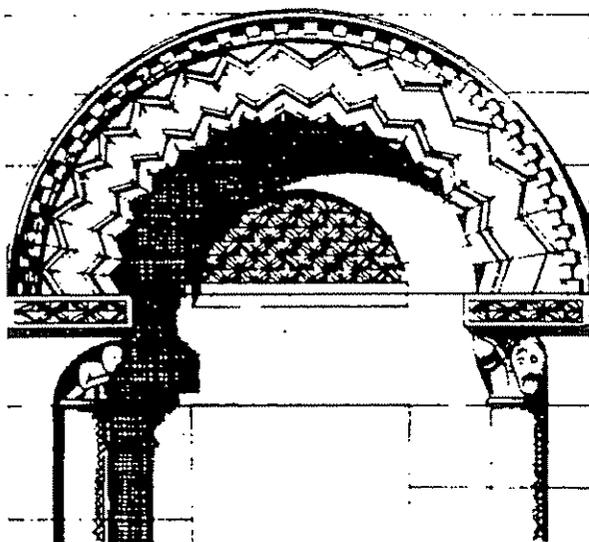
Bayeux (F), cathédrale Notre-Dame, côté nord de la nef. Ecoinçons des grandes arcades. Vers 1150.



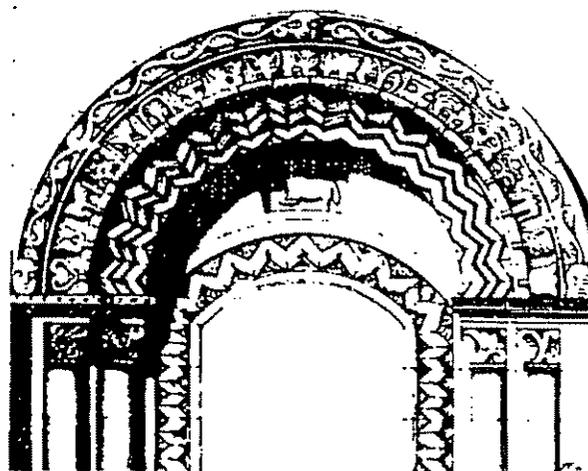
Bayeux (F), cathédrale. Détails du décor des écoinçons des grandes arcades de la nef. Vers 1150.



Rochester (GB), église. Décor géométrique des arcades du triforium de la nef. 1077 - 1107.



Cheux (F), clocher de l'église. Partie haute de la porte. Vers 1060 (?).



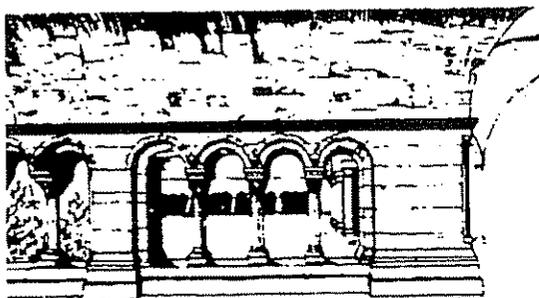
Saint-Contest (F), église. Voussoirs de la porte du choeur. Vers 1150 (?).



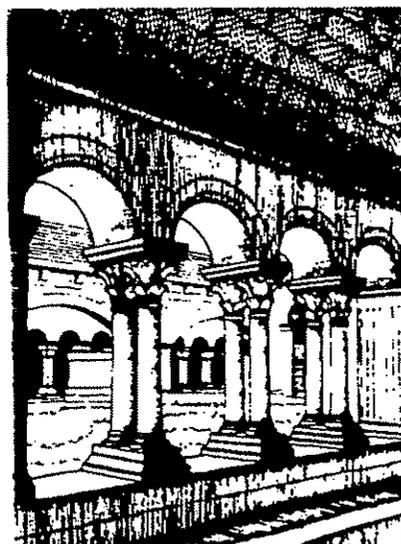
Moissac (F), cloître de l'abbaye. Vue sur la cour à travers les arcades. Achevé e 1100.



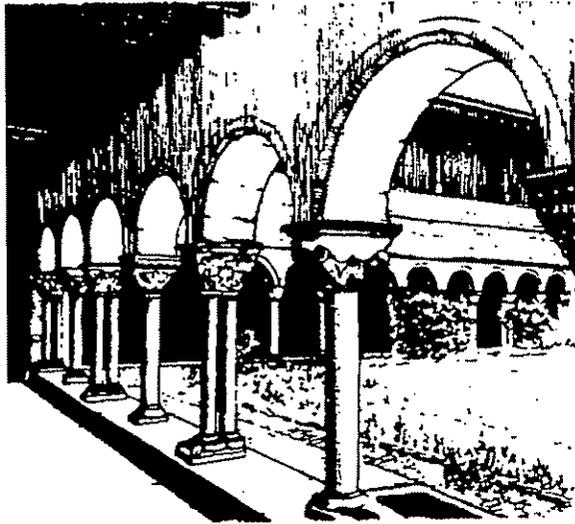
Silos (E), cloître de l'abbaye. Vue sur la cour par les arcades centrales de la galerie ouest. Début du XIIe siècle.



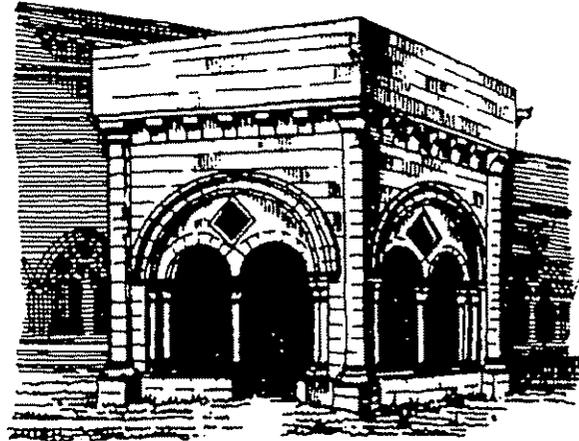
Bonn (D), cloître de la cathédrale. Vue intérieure sur les arcades de la galerie. 1126 - 1169 (?).



Montmajour (F), cloître de l'abbaye. Vue sur les arcades de l'intérieur d'une galerie. XIIe siècle.



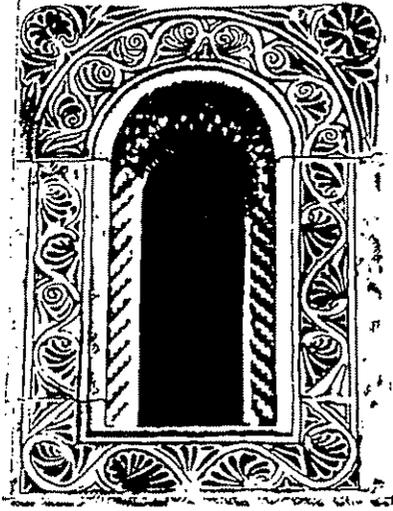
Saint-Lizier (F), cloître de la cathédrale. Vue sur la cour à travers les arcades de la galerie est. XIIe siècle.



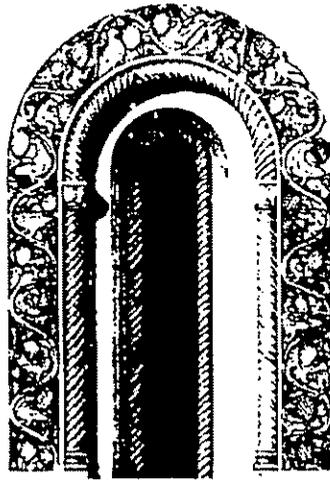
Poblet (E), cloître de l'abbaye. Vue extérieure de l'édicule comportant une fontaine. Fin du XIIe siècle.



Bâle (CH), cathédrale. Porte de Gallus, Tympan : Christ trônant : linteau : Vierges sages et Vierges folles. Fin du XIIe siècle.



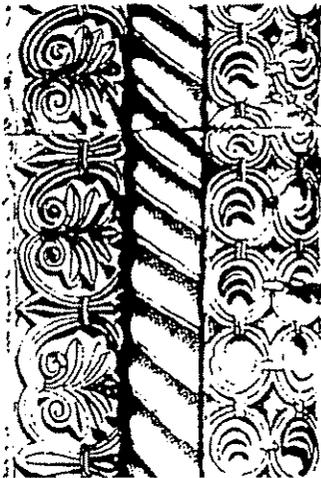
Murbach (F), abbatale Saint-Léger. Fenêtre décorée de la façade occidentale. 1134 - 1155.



Comô (I), église Sant'Abbondio. Décoration de la fenêtre absidiale. 1013 - 1095.



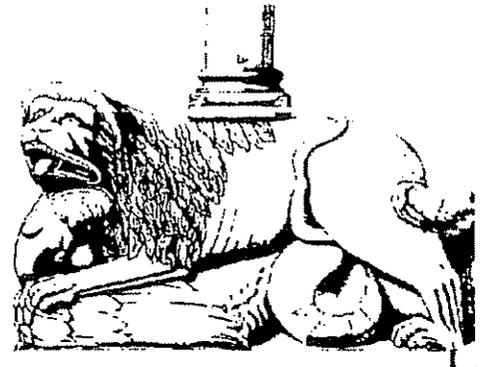
Pavie (I), église Saint-Michel, façade occidentale. Fragment du portail gauche. 1120 - 1150.



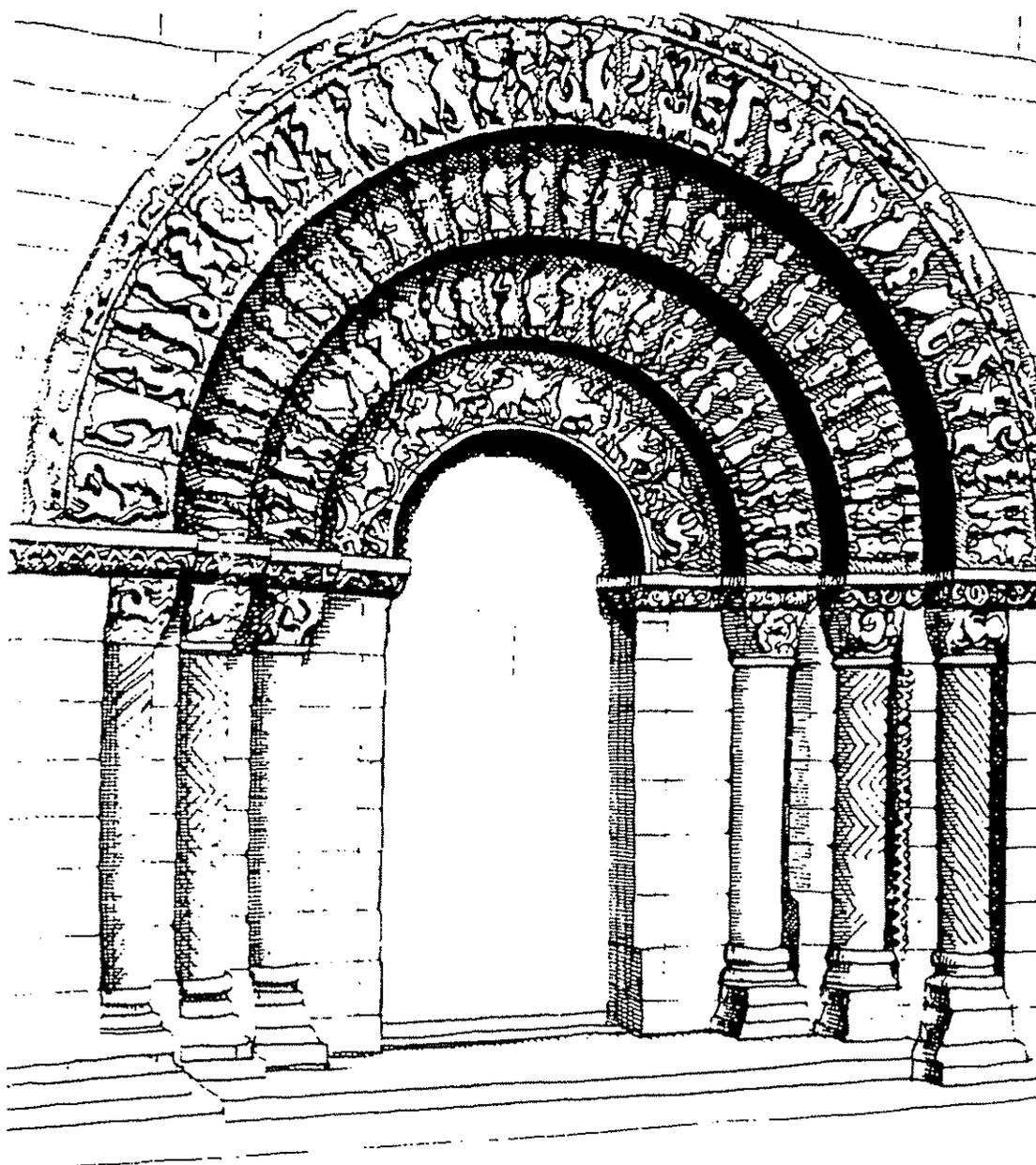
Mosheim (F), église Saint-Pierre et Saint-Paul. Fragment du décor du portail sur. 1150 - 1160.



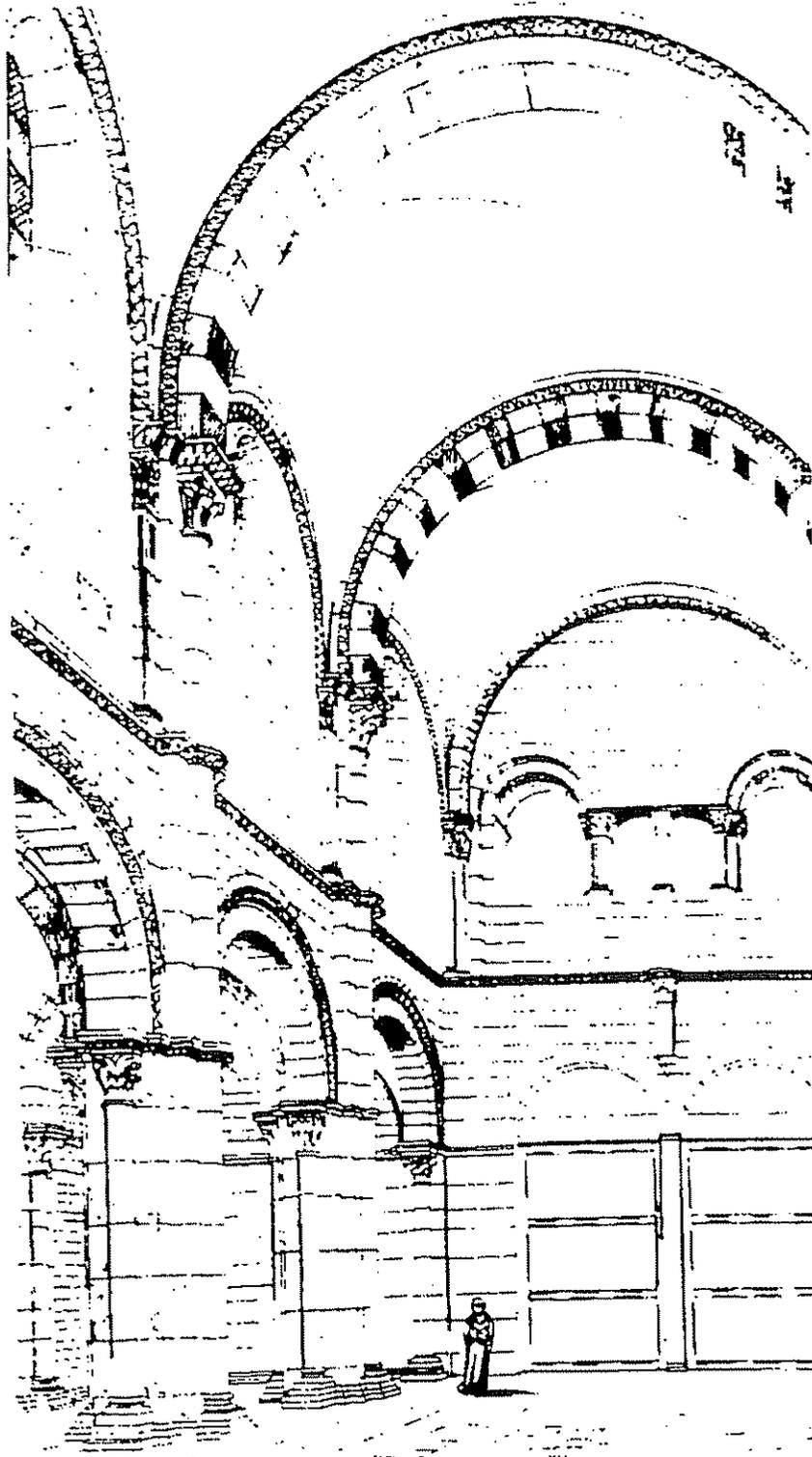
Modène (I), cathédrale pontificale. Socle d'une colonne : lion accroupi. 1160 - 1175.



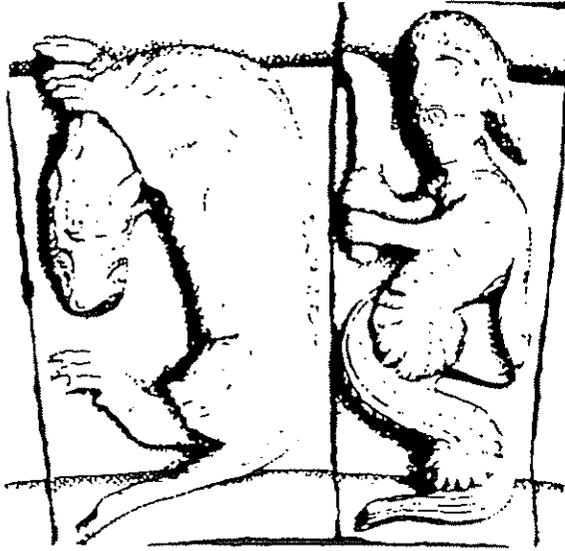
Vérone (I), cathédrale, porche de la façade occid. Socle d'une colonne : lion accroupi. 1130 - 1197.



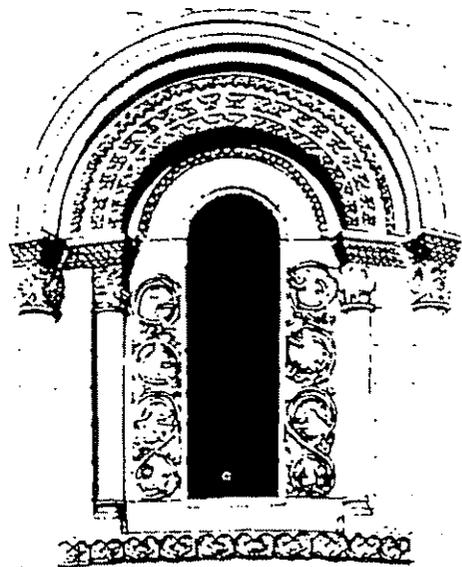
Aulnay (F), église Saint-Pierre. Portail sud du transept ; Vers 1130 - 1160.
Voitures ornées de personnages entourent la baie sans tympan.



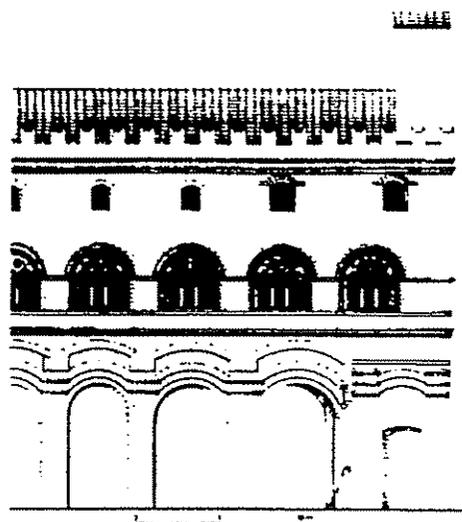
Abbatiale de la madeleine. Vézelay vue intérieure de l'église.



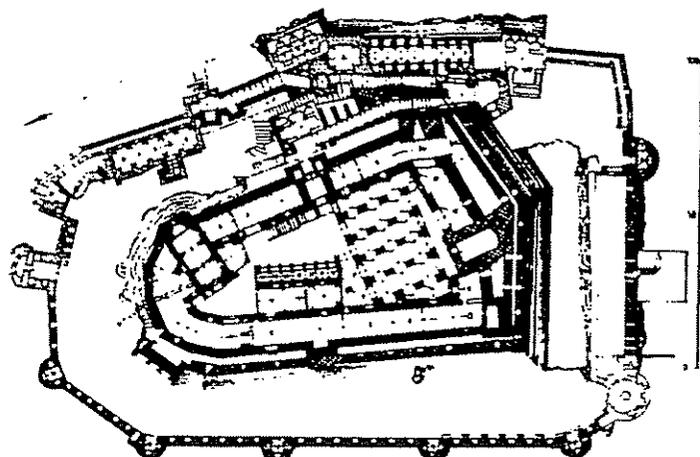
Aulnay (F), église Saint-Pierre. Portail sud du transept. Détail d'une des voussures. Vers 1139 - 1160.



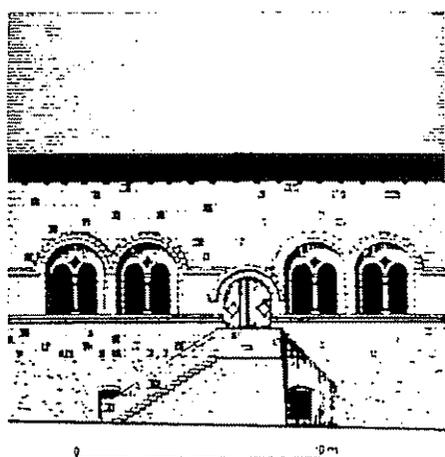
Aulnay (F), église Saint-Pierre. Fenêtre axiale de l'abside. Vers 1130 - 1160.



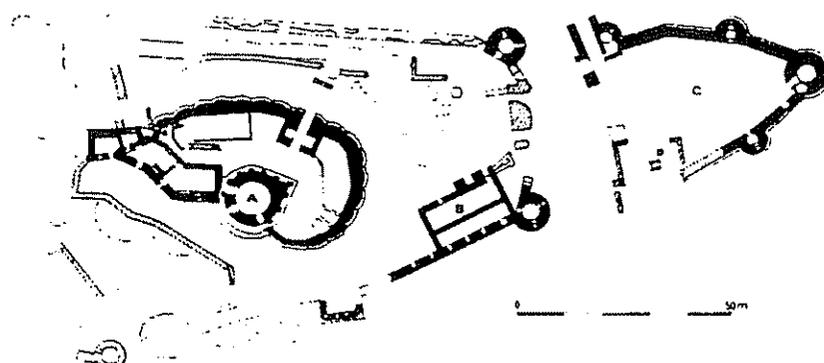
Orvieto (I), palais du Podestat. Façade romane avec salle de réunions ou marchés au rez-de-chaussée. XIIe siècle.



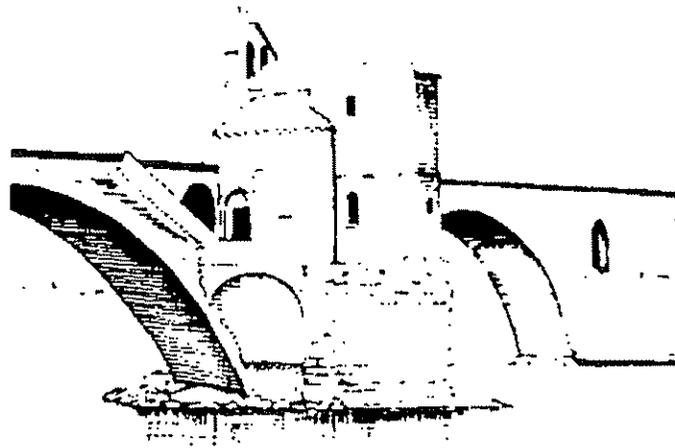
Crac des Chevaliers (SYR), château fort. Plan d'ensemble. 1^{re} moitié du XIIe siècle ; agrandi à la fin du XIIe et au début du XIIIe siècle.



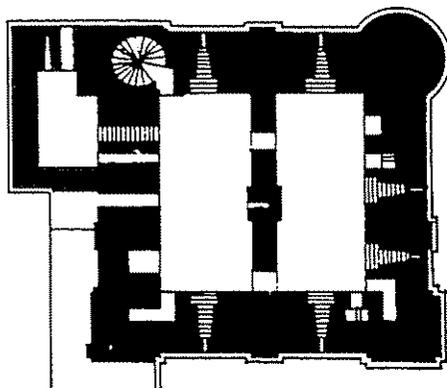
Angers (F), greniers Saint-Jean. Magasins de l'Hôtel-Dieu. Fragment de la façade latérale. Fin du XIIe siècle.



Les Andelys (F), château-gaillard. Plan des ruines. A. Donjon ; B. chapelle ; C. ouvrage avancé protégeant le point d'attaque. 1196.

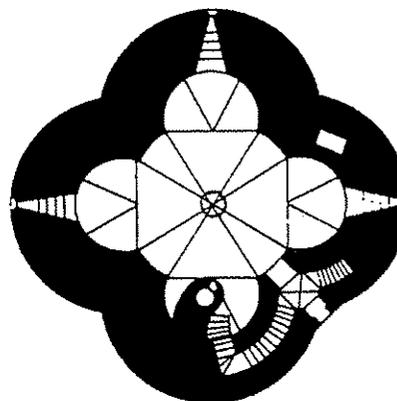


Avignon (F), pont. Vue sur la partie centrale avec la chapelle. 11 ?? - 1185.



0 5 10 m

Rochester (GB), donjon. Plan du rez-de-chaussée. 1088 - 1100 / 1165.



0 5 10 m

Etampes (F), donjon, dit la Tour Guinette. Plan du rez-de-chaussée. Vers 1140.

6 - Architecture gothique

LES GRANDES EPOQUES

Naissance dans l'Ile-de-france

1 ^{ER} Transition (Fin du XIIe siècle)	2 ^{ème} Primaire (XIIIe siècle) <i>Style à lancette</i>	3 ^{ème} Secondaire (XIVe siècle) <i>Style rayonnant</i>	4 ^{ème} Tertiaire (XVe siècle) <i>Style flamboyant</i>
<p>L'arc brisé se mélange avec l'arc en plein cintre. <i>(Pontigny, Saint-Germain-des-Prés).</i></p> <p><i>Emploi systématique des arcs diagonaux de la voûte.</i></p>	<p>Emploi de l'ogive aiguë. Baies accolées deux à deux sous une arche commune. Meneaux simples. Agrandissement du chœur. Gros piliers. Emploi de l'arc boutant. La nef devient plus haute. Prolongement des collatéraux autour du sanctuaire. Vitraux tons vifs. Ornementation prise dans la flore indigène.</p>	<p>Emploi de l'ogive équilatérale. Baies de plus en plus grandes. Meneaux très nombreux. Chapelle latérale le long des murs des nefs. Colonnes se groupent et deviennent maigres. Les arcs-boutants se terminent dans les culées avec clochetons. Le Triforium est éclairé par des fenêtres. Sculpture moins naïve mais plus sèche. Vitraux moins brillants de tons. Substitution du dessin à la couleur.</p>	<p>Emploi de l'ogive obtuse. Arcs en anse de panier. Meneaux courbes et tourmentés. Moulures anguleuses et prismatiques. Voûtes se compliquent. Clefs pendantes. Presque plus de chapiteaux. Bases très moulurées, souvent les nervures tournent en spirale, autour du pilier. Ornementation particulière : feuilles déchiquetées. Alourdissement du décor.</p>
<p>Périodes :</p> <p>Primaire, a commencé sous Philippe-Auguste et prend fin à la mort de saint Louis.</p> <p>Secondaire, de Philippe le hardi à Charles VI.</p> <p>Tertiaire, sous Charles VI.</p>			

ECOLES

Ecole de l'Île-de-France

Occupe la première place - beauté des proportions - audace plus grande que partout ailleurs - arcs-boutants extrêmement dégagés et légers.

Ecole de Bourgogne

Chapelle des transepts souvent rectangulaires - portails en plein cintre.

Ecole du sud-ouest

Pas de déambulatoire.

Ecole du Midi

Fidèle aux traditions romanes, ainsi, du reste, que l'école Auvergnate.

Ecole de Normandie

Formes sèches - statuaire rare.

INFLUENCES A L'ÉTRANGER

Beaucoup de cathédrales étrangères ont été construites par des architectes français ou sous leur influence.

Ecole anglaise

Influence Normande - pas de roses - abside carrée. - Cathédrales de Cantorbéry, de Lincoln (double transept), Salisbury, York, abbaye de Westminster.

Ecole Belge

Cathédrale d'Ypres - Sainte-Gudule de Bruxelles.

Ecole Allemande

Adaptation parfaite - Cathédrale de Cologne, Cathédrale de Strasbourg (1227).

Ecole Italienne

Les éléments essentiels de la construction sont délaissés, la décoration seule subsiste - Sainte Marie-des-fleurs de Florence, Cathédrales d'Orvieto et de Sienne.

Ecole Espagnole

Mélange avec les éléments arabes - Cathédrales de Burgos et de Tolède.

Scandinavie

Cathédrale d'Upsal.

PRINCIPAUX ARCHITECTES

Pierre de Montereau (la Sainte-Chapelle), Robert de Coucy et Jean d'Orbais (Reims), Mathieu de Loudun (Angers), Robert de Luzarches (Amiens), Jean de Chelles (notre-Dame de Paris), Guillaume de Sens (Cantorbéry), Pierre de Bonneuil (Upsal).

ECOLES GOTHIQUES

Ecole Normande. - **Plan** : dans les grandes églises, déambulatoire et chapelles rayonnante .- **Ordonnance intérieure de la nef** : galeries étroites dans l'embrasure des fenêtres.- **Piliers, etc.** : tour-lanterne; arcs parfois suraigus ; persistance des flèches carrées. - **Décoration** : motifs géométriques, notamment trèfles et quadrilobes ; stylisation monotone des feuillages : chapiteaux ronds et mous.

Ecole Bourguignonne. - **Voutement** : persistance de la voûte d'arêtes sexpartite ; arcs-boutants quelquefois supprimés. - **Ordonnance intérieure** : petites galeries dans les embrasures des fenêtres. - **Piliers, etc.** : tour centrale fréquente ; entre le formeret et la fenêtre, vide qui est clos en dessus par des dalles allant de l'un à l'autre et portant le chéneau : persistance du plein-cintre dans les portes. - **Décoration** : sculpture riche et plein, persistance de la corniche à corbeaux, de forme spéciale.

Ecole Champenoise - **Plan** : quelquefois chapelles rayonnantes carrées, avec deux colonnes entre la chapelle et le déambulatoire. - **Voutement** : variété dans le nombre des branches d'ogives. - **Ordonnance intérieure** : étroite galerie dans l'embrasure des fenêtre. - **Piliers, etc.** : entre le formeret et la fenêtre, vide au-dessus duquel est un berceau court qui porte chéneau. - **Décoration** : quelques chapiteaux ronds.

Ecole d'Aquitaine - Les provinces de l'Ouest qui sont au sud de la Loire ont deux types d'églises : à une nef, à trois nefs de hauteurs approximativement égale. Dans l'un et l'autre, la formule gothique est incomplètement développée : pas d'arcs-boutants, des murs épais, des contreforts massifs, une construction d'allure un peu lourde, des fenêtres médiocrement grandes.

Les indications suivantes se réfèrent aux édifices des XII^e, XIII^e siècles : le plan carré des voûtes entraîna la largeur égales des nefs : quand on fit des voûtes barlongues, on renonça au bombement et aux liernes multiples.

Eglises à trois nefs - **Plan** : dérivé du roman poitevin, mais modifié : pas de déambulatoire ; collatéraux à peu près aussi larges que la nef. - **Voutement** : voûtes de plan carré, bombées, sur ogives et sur liernes. - **Ordonnance de la nef** : ni triforium, ni fenêtres.

Eglises à une nef - **Plan** : dérivé de celui des églises à coupoles travées carrées. - **Voutement** : comme dans les églises à trois nefs. - **Ordonnance de la nef** : à mi-hauteur, galerie intérieure .

Ecole du Languedoc. - **Plan** : dérivé d'un plan roman à nef unique accompagnée de chapelles : pas de déambulatoires ; nef quelquefois très large, bordée, à droit et à gauche de chapelles séparées par des murs de refend formant contrefort. - **Ordonnance de la nef** : entre le débouché des chapelles, en bas, et le formeret, en haut petites fenêtres rondes ; les chapelles sont quelquefois à un étages. - **Décoration** : sobre ; quand les nervures sont en briques, le profil est compris en conséquence.

L'ARCHITECTURE GOTHIQUE

PERIODE HISTORIQUE (XIIe - XVe siècle)

Le gothique est un développement direct du roman même si, par la suite, et grâce aux découvertes de la construction et de la décoration, il s'en détachera complètement. C'est pour cette raison qu'il est difficile de savoir quand commence le gothique. 1099 peut être choisi comme date, au moment où les constructeurs romans de Durham tentèrent de réaliser l'arc en ogive expérimentalement.

Le gothique s'éteint à l'avènement de la Renaissance italienne à la fin du XVe siècle. Il survit pourtant encore dans certaines régions pendant plusieurs années, comme à Venise, et en Allemagne pendant tout le XVIe siècle ; on continuera à construire des églises en style gothique jusqu'au XVIIIe siècle en Angleterre, ce qui permettra une liaison directe avec le « revival » gothique, remise en vogue par le romantisme naissant du début du XIXe siècle.

EVENEMENTS HISTORIQUES

1122	Concordat de Worms. Fin de la Querelle des Investitures.
1162	Incursion des armées de Frédéric Barberousse contre les villes italiennes. Destruction de Milan.
1176	Défaite de Frédéric Barberousse à Legnano et reconnaissance des villes italiennes qui poursuivent leur croissance économique et politique. Splendeur de Venise et de Bruges.
1183	Paix de Constance.
1197	Mort d'Henri IV. Guerres entre les Guelfes et les Gibelins.
1250	Mort de Frédéric II.
1305	Clément VII transfère le siège du pape à Avignon où il reste jusqu'en 1377.
1414 - 1418	Concile de Constance.
1453	Les Turcs conquièrent Constantinople.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

Le gothique est constitué d'un système de construction dans lequel la poussée latérale exercée par la toiture en pierre est reprise, non par des murs épais, comme dans le roman, mais par des contreforts extérieurs à la nef. Au XIIIe et au XIVe siècles, au fur et à mesure que le style évolue, ce système s'améliore grâce à l'adjonction de murs et de contreforts, placés adéquatement pour contrebalancer les poussées, qui allègent la structure des murs de remplissage, ces derniers disparaissant au profit de grands vitraux chromatiques

Pour supporter ces vitraux, on utilisa des colonnes fines à l'intérieur des baies.

Les caractéristiques fondamentales du gothique sont les suivantes :

- L'arc en ogive servant à décharger le plus verticalement possible les poussées de la toiture.
- Les arcs rampants.
- Les doubleaux de la voûte.
- La modénature.

LES MATERIAUX

Par rapport au chantier roman, le chantier gothique constitue une floraison nouvelle d'inventions au sujet des matériaux : en plus des matériaux traditionnels, pierre, brique, marbre et bois, le gothique utilise le fer à plusieurs occasions, le zinc pour les toitures, le verre, l'or, l'argent, etc.

LE LANGAGE FIGURATIF ET DECORATIF

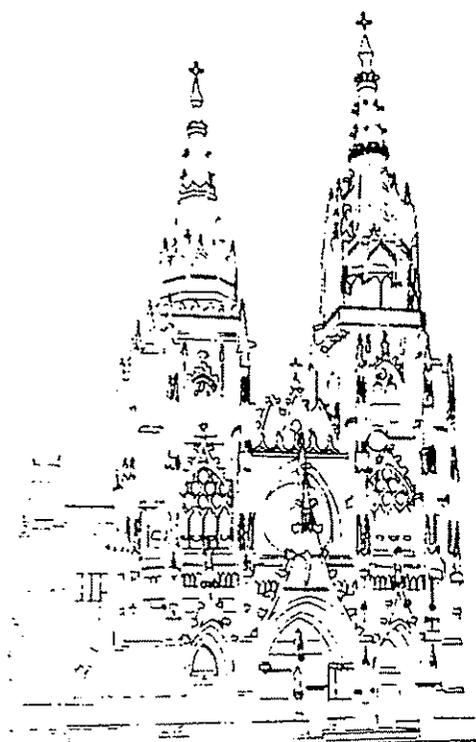
L'architecture gothique est une architecture de sculpture et expérimentale ; désormais le bagage classique est complètement abandonné. La structure et la décoration sont toutes les deux des inventions nouvelles. Chaque élément est taillé selon sa fonction, chaque décoration possède sa fonction structurale et sa forme originale. Le gothique est un style nouveau, lié au développement de la culture gothique.

LES TYPOLOGIES

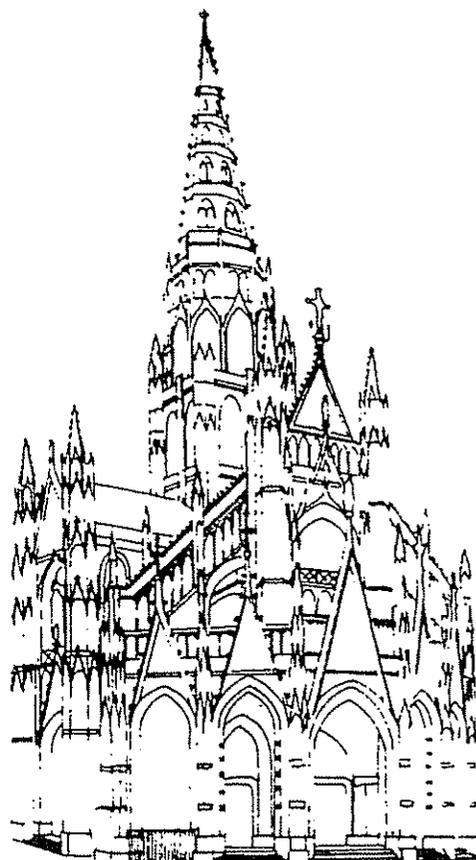
Si, comme l'architecture romane, l'architecture gothique trouve dans l'église sur plan basilical la typologie la plus représentative, elle commence aussi à en formuler de nouvelles ; chaque catégorie sociale construit ses propres typologies : le clergé bâtit des églises et des monastères, l'aristocratie des châteaux qui deviendront plus complexes techniquement grâce à des cours intérieures splendides ; les marchands édifient des palais et les corporations d'artisans leurs sièges publics, les municipalités des palais publics..

L'URBANISME

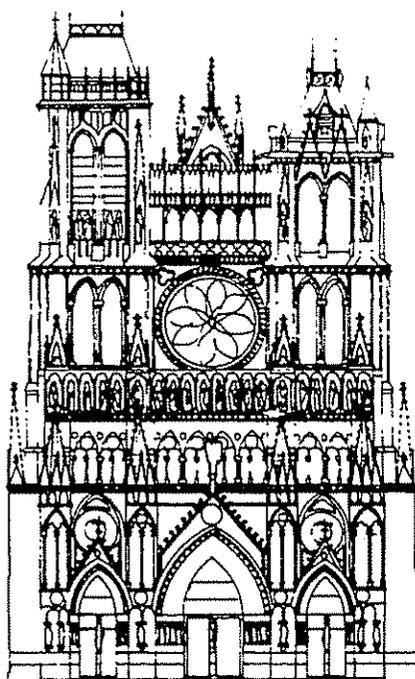
Les villes s'amplifient démographiquement et s'enrichissent ; bien que l'on ne puisse pas encore parler de plans régulateurs, les villes européennes s'écartent du schéma romain pour la première fois et se développent selon des critères nouveaux, la cathédrale et le palais municipal devenant les points culminants du dessin urbain. Les rues sont souvent spécialisées suivant les activités.



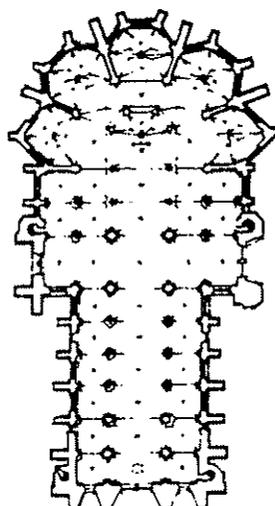
Elévation extérieure de
Notre-Dame-de-l'Epine (F),
1509 - 1524.



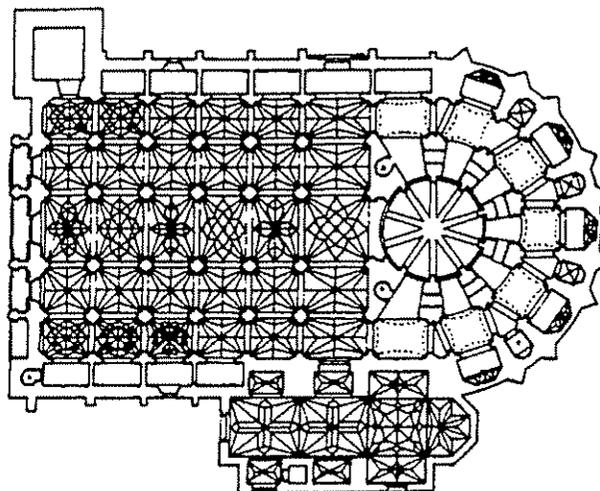
Elévation extérieure de
Saint-Maclou de Rouen (F),
1436 - 1520.



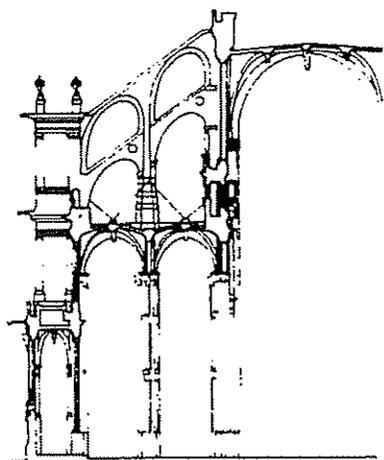
Façade de la cathédrale
d'Amiens (F), 1220, parties
supérieures terminées en
1402, rose du XVI^e siècle.



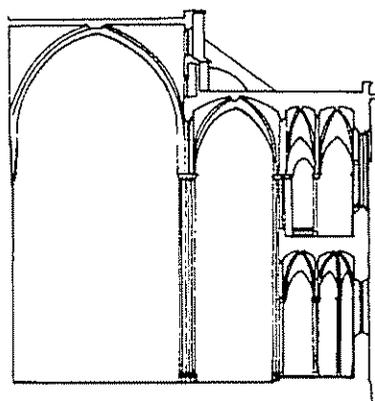
Plan de Notre-Dame-de-l'Epine (F), 1410 - 140, marthex 1509 - 1524.



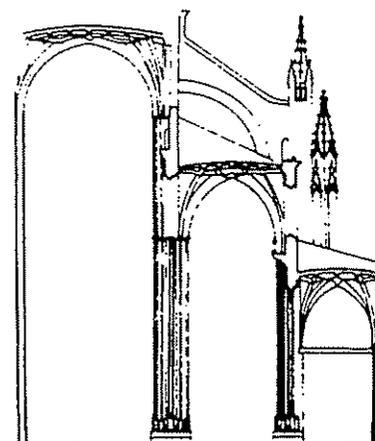
Plan de la cathédrale de Grenade (E), 1523 - 1703.



Coupe transversale de la nef, Saint-Eustache de Paris, commencé en 1532.

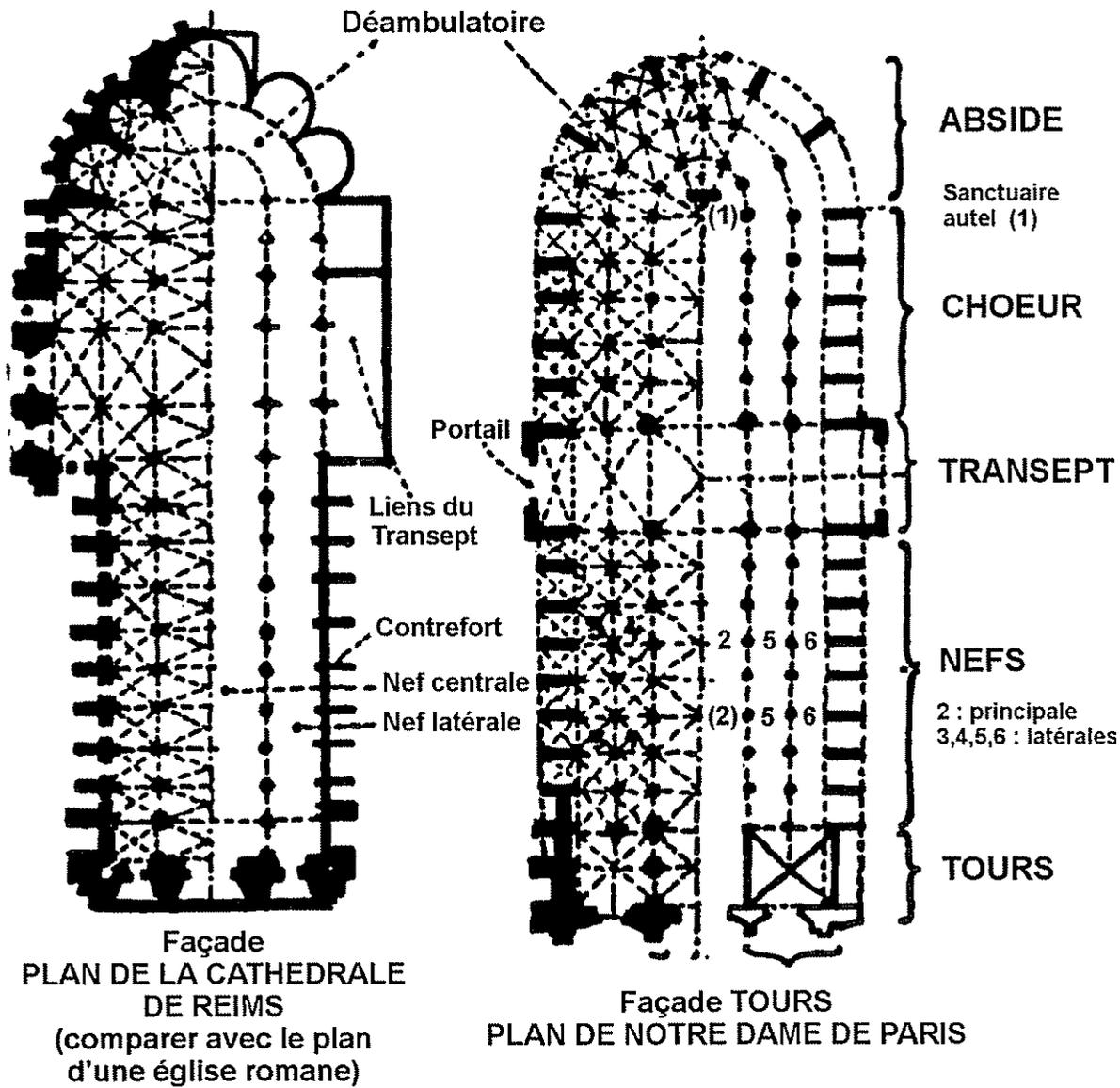


Coupe transversale de la nef, cathédrale de Barcelone (E), 1298 - XVe siècle



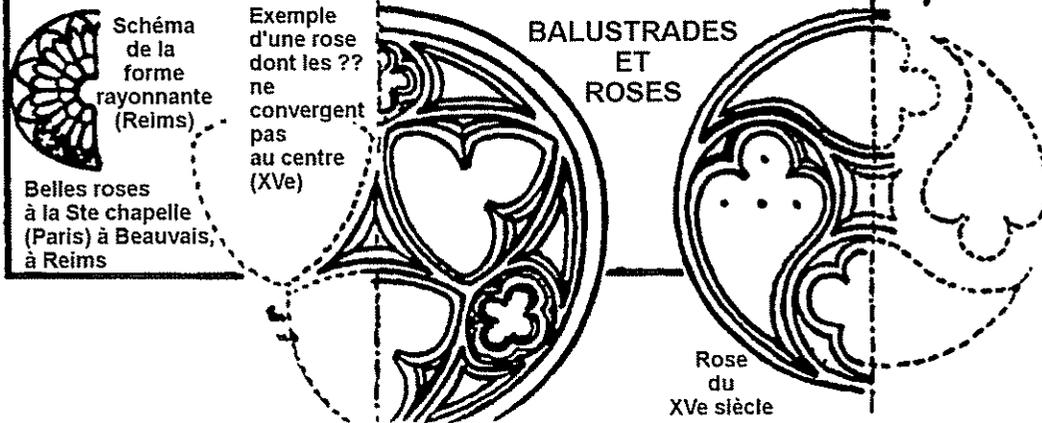
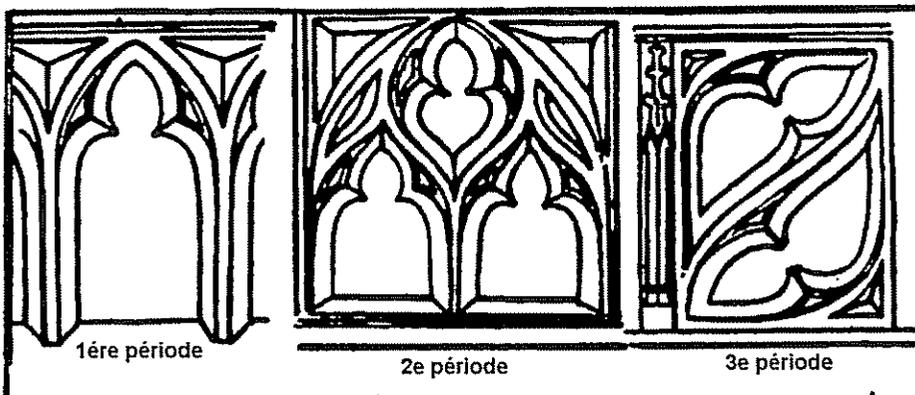
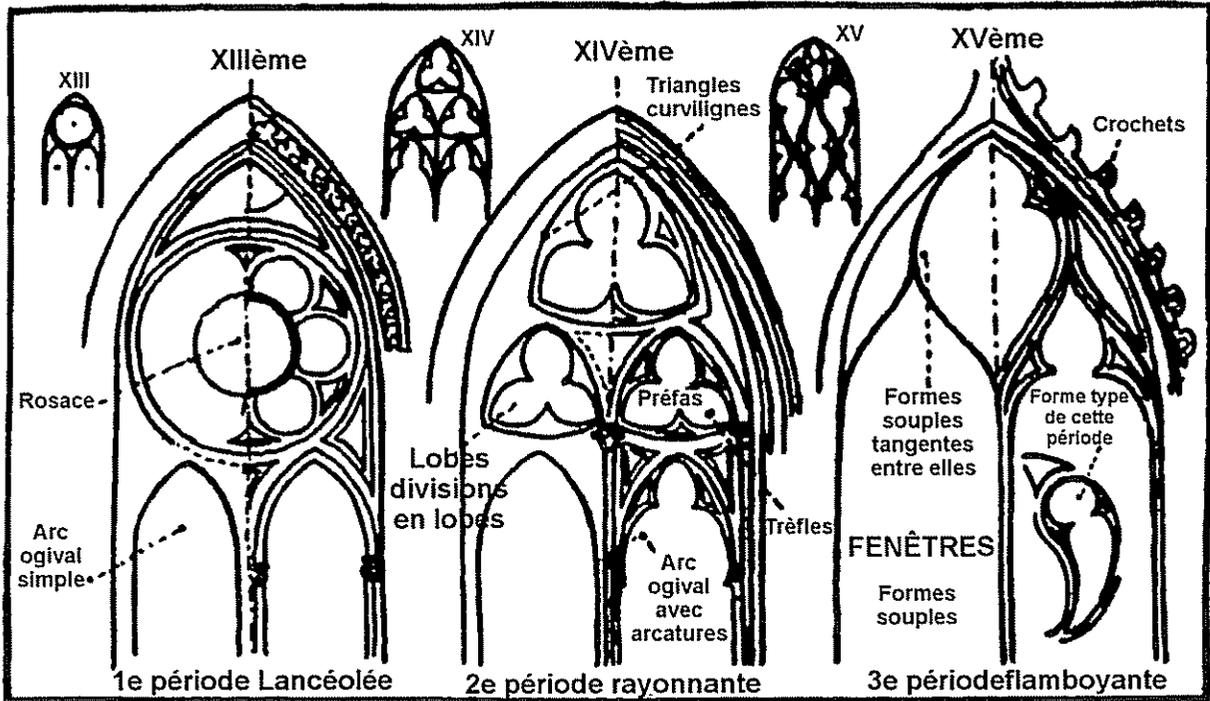
Coupe transversale de la nef, cathédrale de Salamanque (E), à partir de 1513.

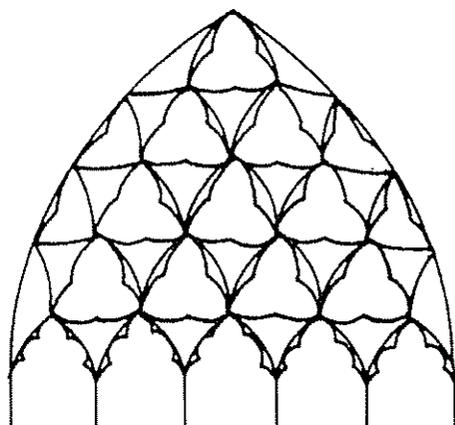
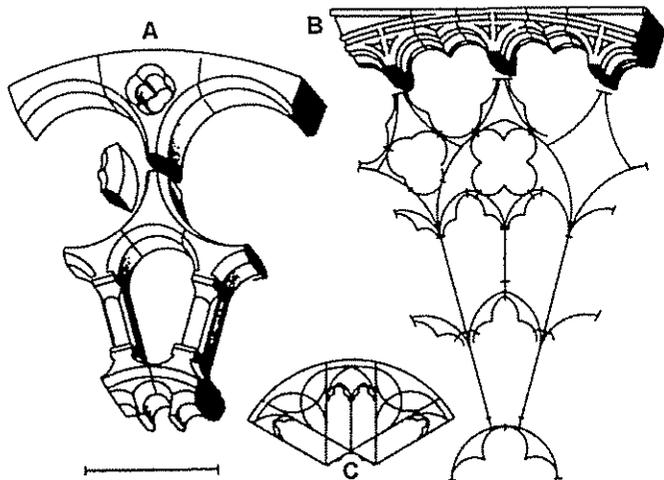
PLAN DES CATHEDRALES



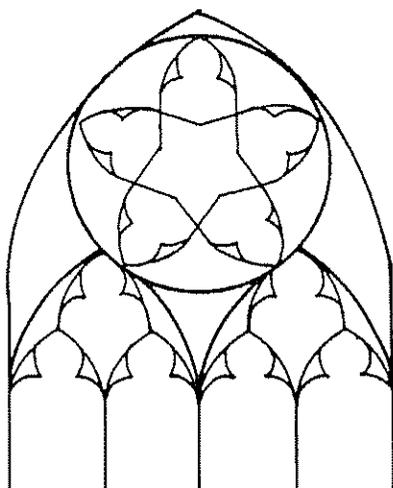
Façade
**PLAN DE LA CATHEDRALE
 DE REIMS**
 (comparer avec le plan
 d'une église romane)

Façade TOURS
PLAN DE NOTRE DAME DE PARIS

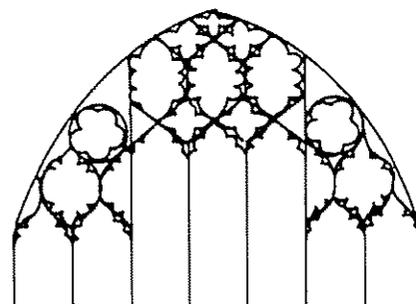




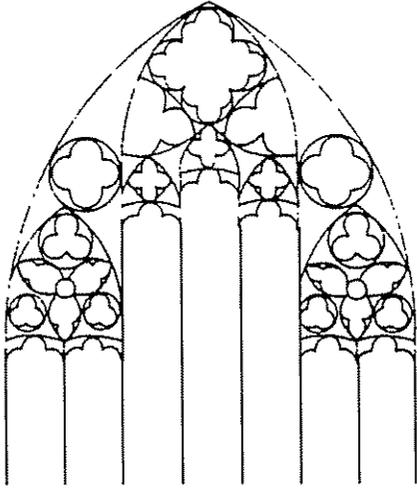
Fenêtre de la cathédrale de Wells (GB). Chapelle Notre-Dame, avant 1326.



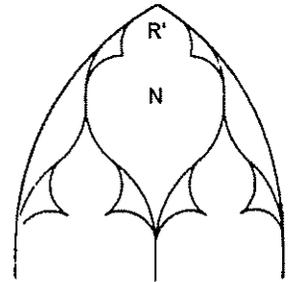
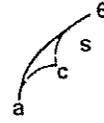
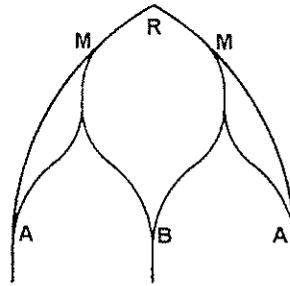
Fenêtre de Notre-Dame de Worms (D), première moitié du XIVe siècle.

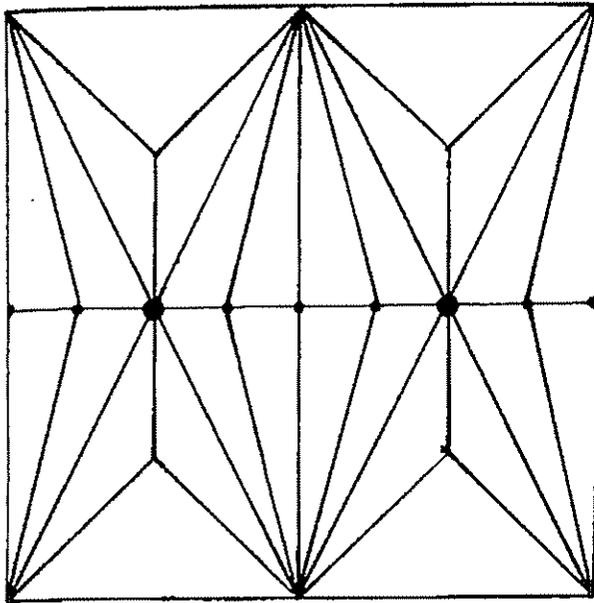


Fenêtre de la cathédrale de Wells (GB), chœur. 1329 - 1363.

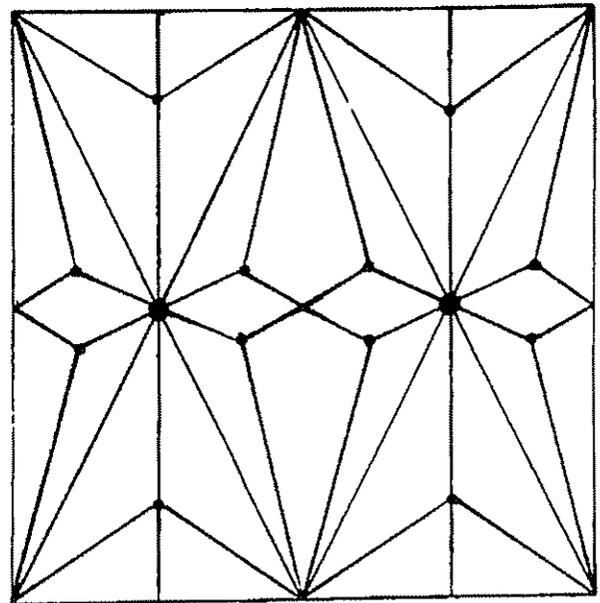


Fenêtre de Sainte-Catherine
d'Openheim (D). 1330 - 1340.

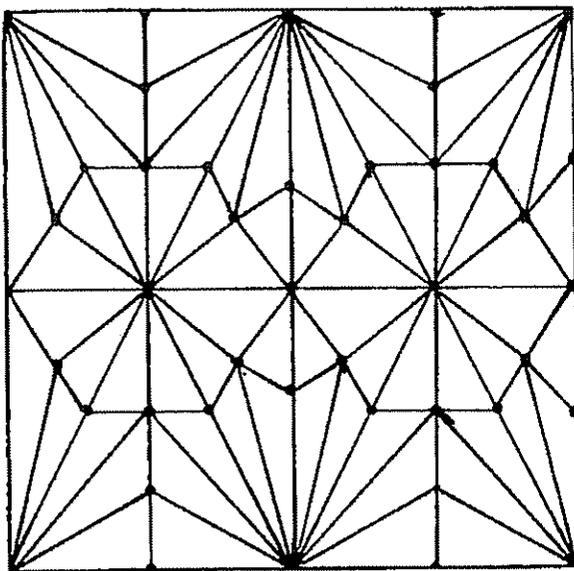




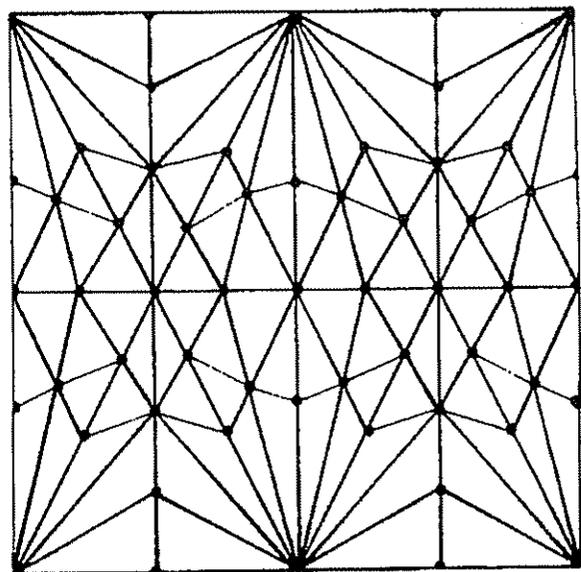
Dessin des voûtes du choeur, cathédrale de Lincoln (GB).



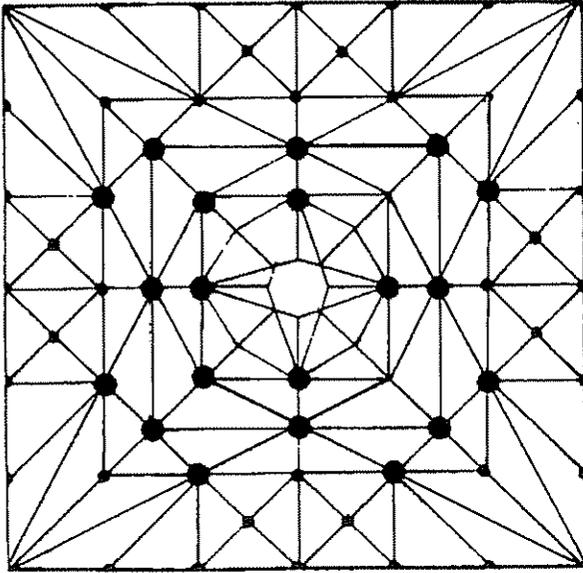
Dessin des voûtes de la chapelle inférieure, Saint-Etienne de Londres (GB). XIIIe siècle.



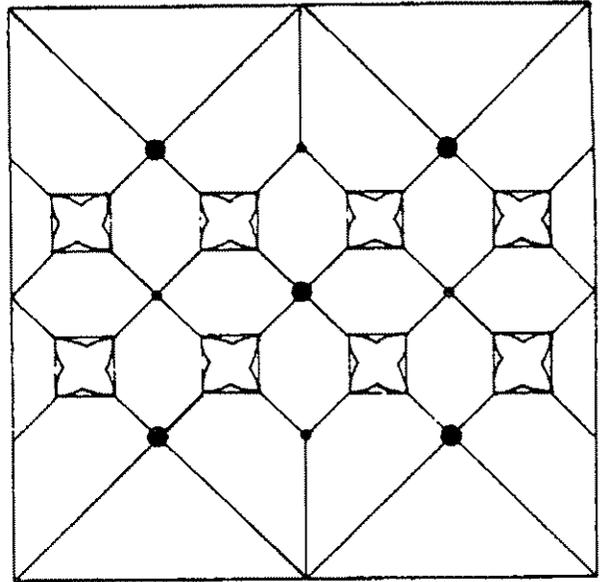
Dessin des voûtes du choeur, cathédrale d'Ely (GB), première moitié du XIVe siècle.



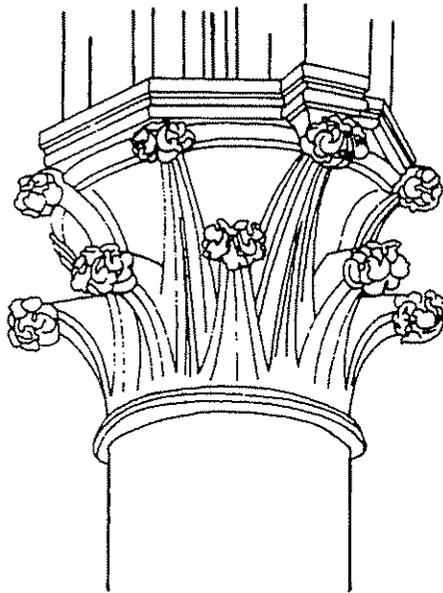
Dessin des voûtes de la chapelle Notre-Dame, cathédrale d'Ely (GB), première moitié du XIVe siècle.



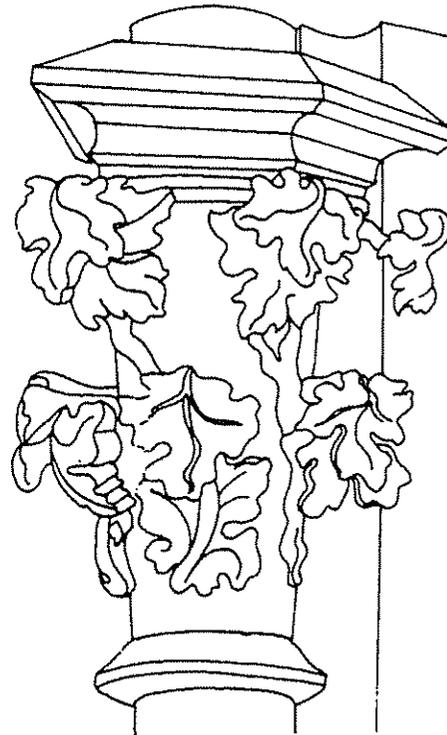
Dessin des voûtes de la croisée, abbatale de Tewkesbury (GB), second quart du XIVe siècle.



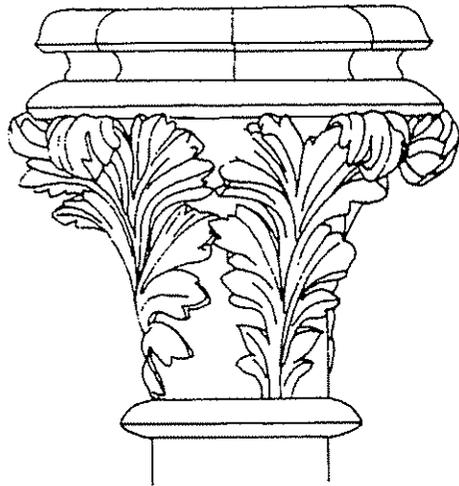
Dessin des voûtes de Saint Mary, collégiale d'Ottery (GB), à partir de 1337.



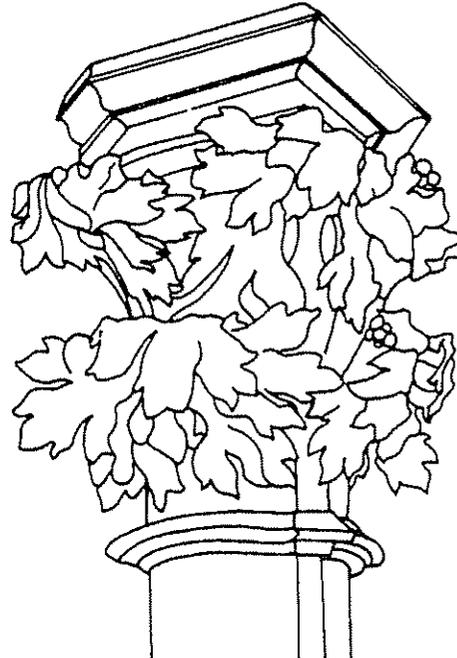
Chapiteau de l'église de Semur-en-Auxois (F), milieu du XIIIe siècle.



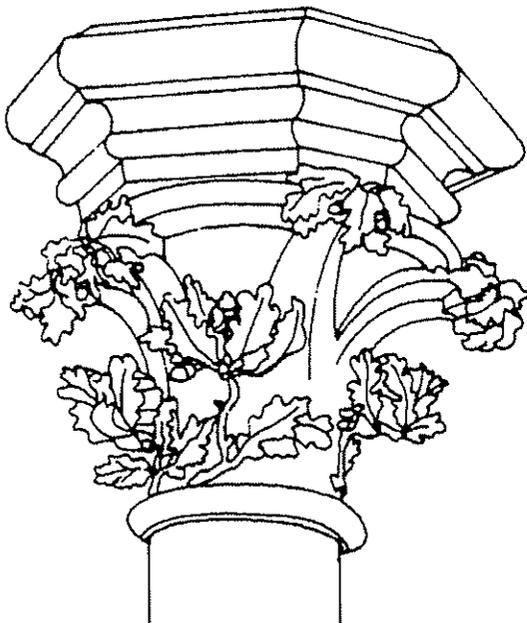
Chapiteau du chœur de Notre-Dame de Paris (F), après le milieu du XIIIe siècle.



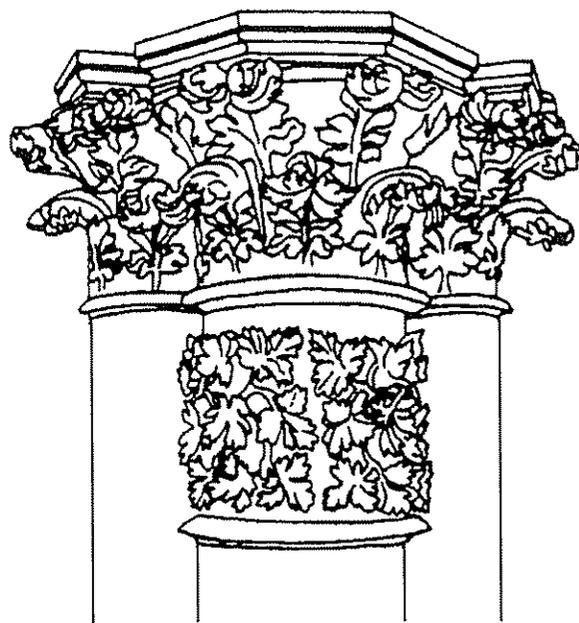
Chapiteau de l'église de Winpfen
i. T. (D), deuxième moitié du XIIIe
siècle.



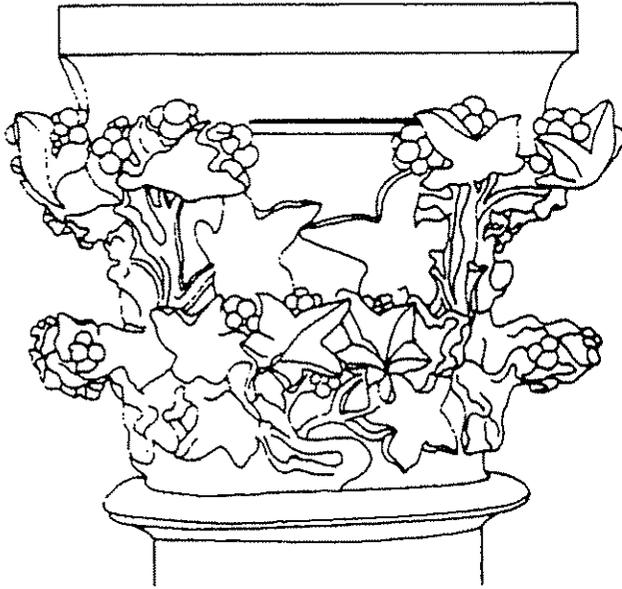
Chapiteau du chœur de Saint-
Nazaire de Carcassonne (F),
début du XIVe siècle.



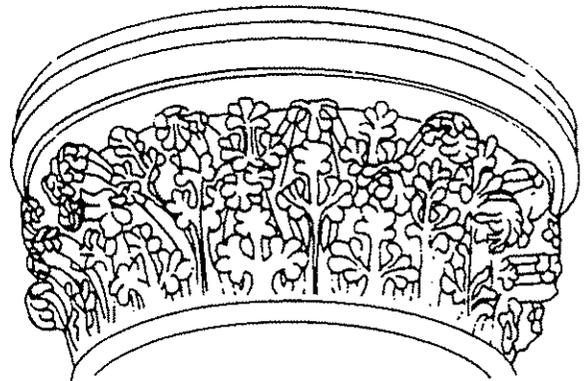
Chapiteau de la Sainte-Chapelle de
Paris (F). 1242 - 1248.



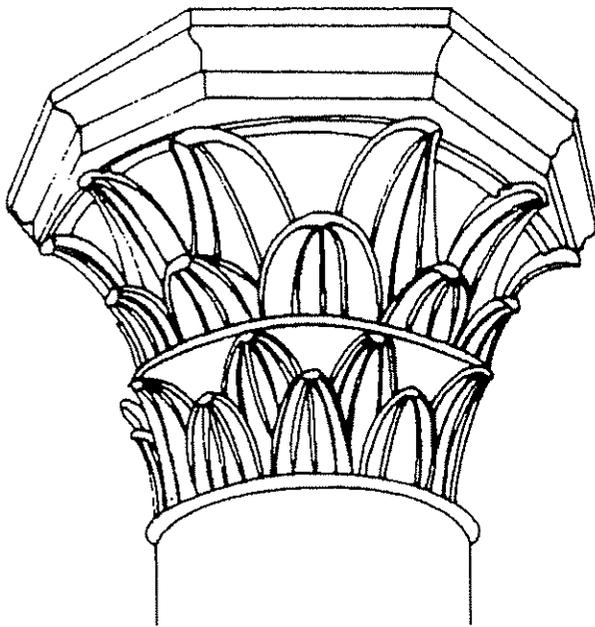
Chapiteau de la nef, cathédrale de
Reims (F), après 1210.



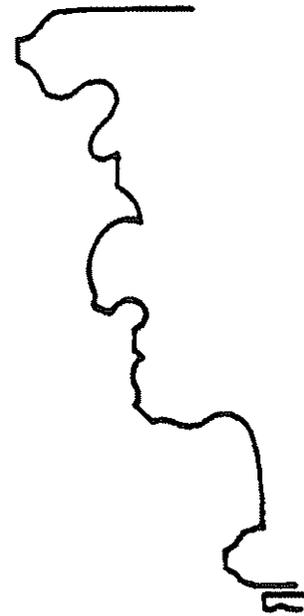
Chapiteau du Triforium, cathédrale de Reims (F), après 1210.



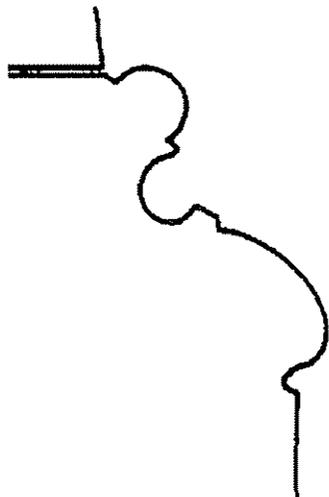
Chapiteau du chœur, cathédrale du Mans (F), après 1217.



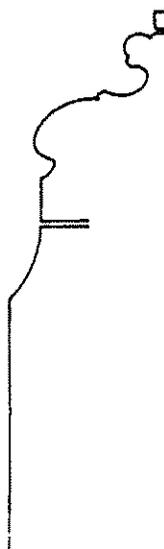
Chapiteau de la nef, abbatale de Longpont (F), début du XIIIe siècle.



Chapiteau de l'église conventuelle de Tintern (GB), fin du XIIIe siècle.



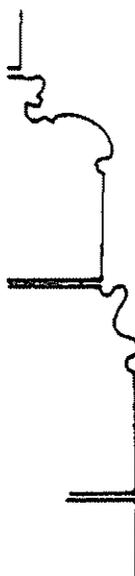
Profil de base d'une colonne, cathédrale de Laon (F), début XIIIe siècle.



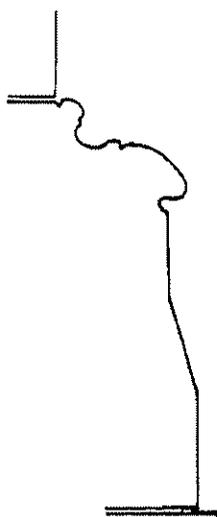
Profil de base d'une colonne, cathédrale de Chartres (F), après 1194.



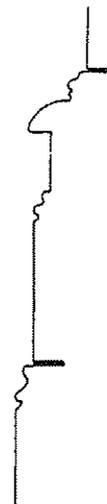
Profil de base, chapelles latérales de Notre-Dame de Paris (F), en. 1330.



Profil de base d'une colonne, cathédrale de Reims (F), après 1210.



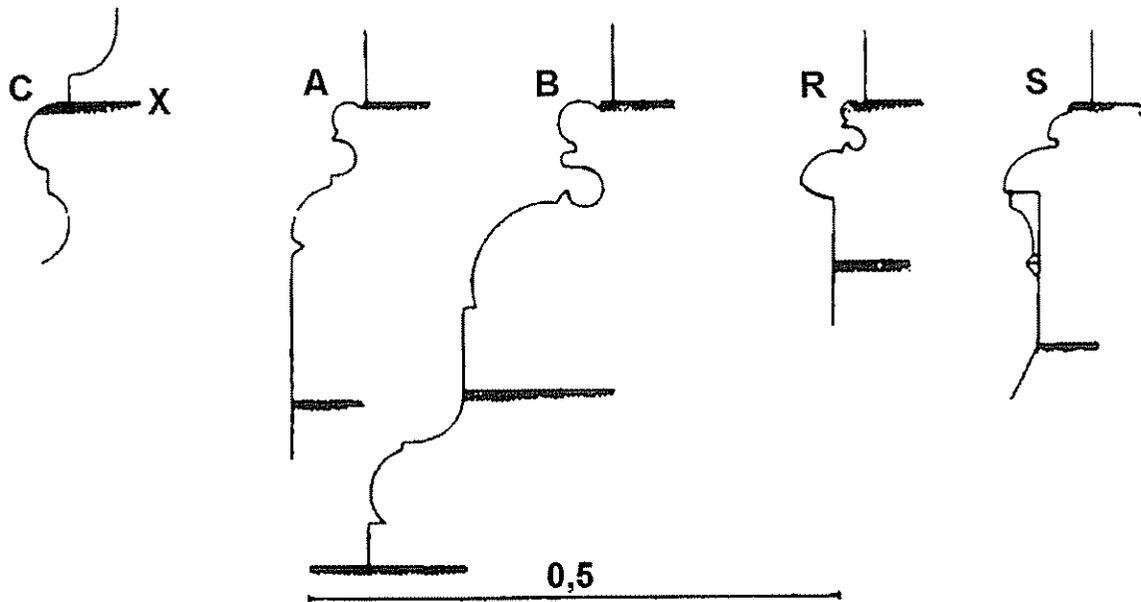
Profil de base d'une colonne, église de Semur-en-Auxois (F), milieu du XIIIe siècle.

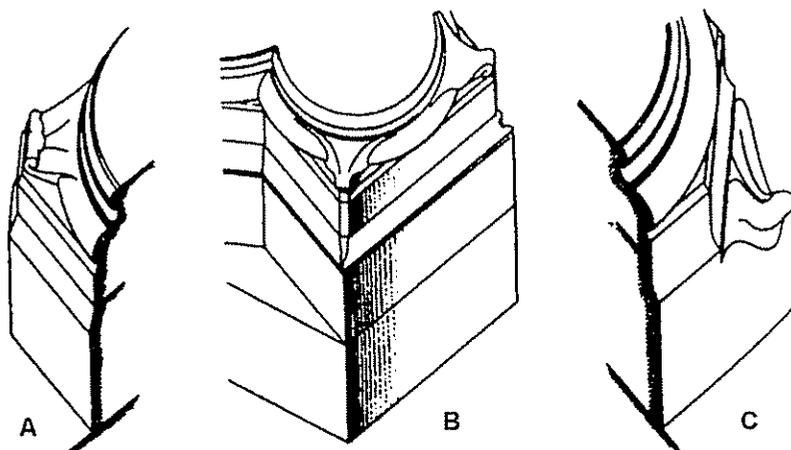
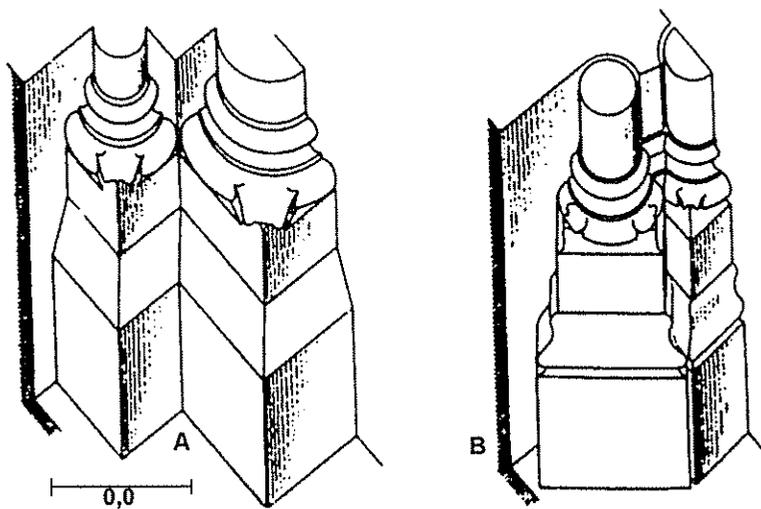
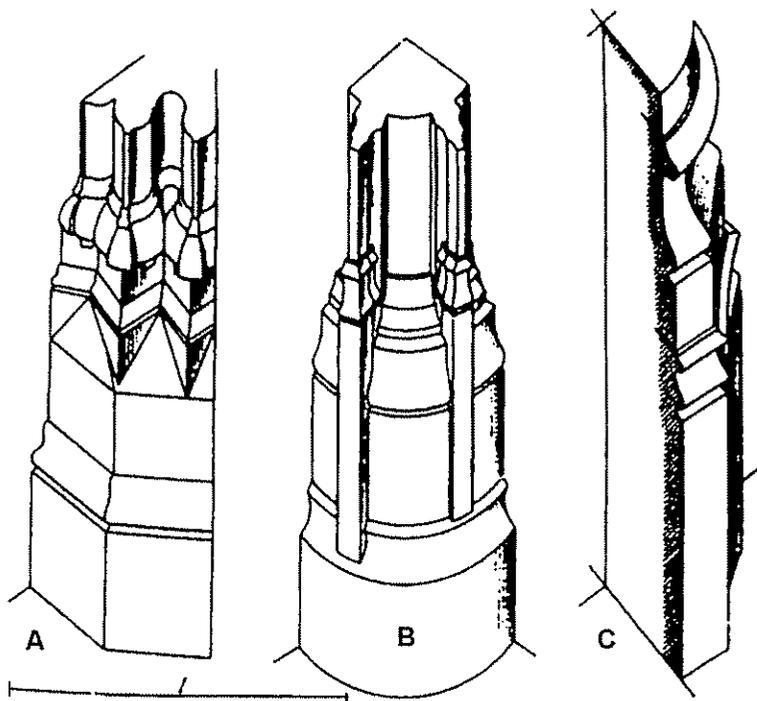


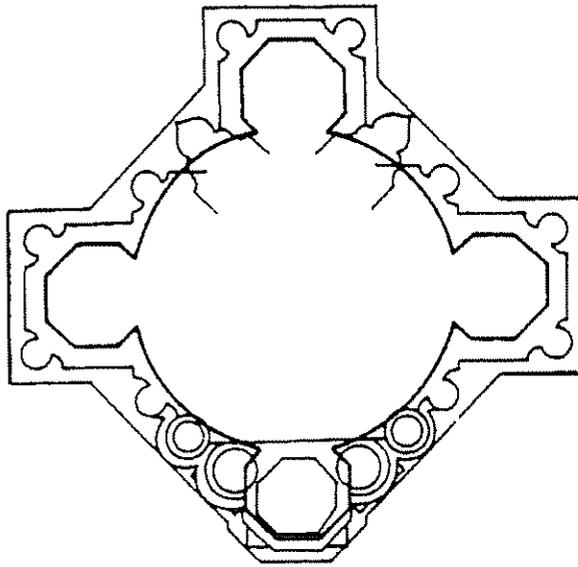
Profil de base d'une colonne, Saint-Nazaire de Carcassonne (F), début du XIVe siècle.

MODIFICATIONS SUCCESSIVES DU PROFIL DE BASE

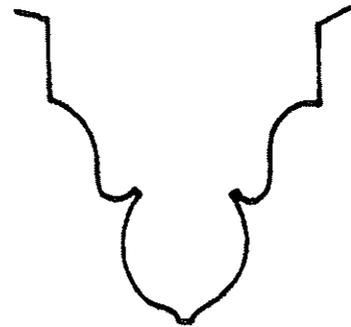
12^E siècle et commencement du 13^e.



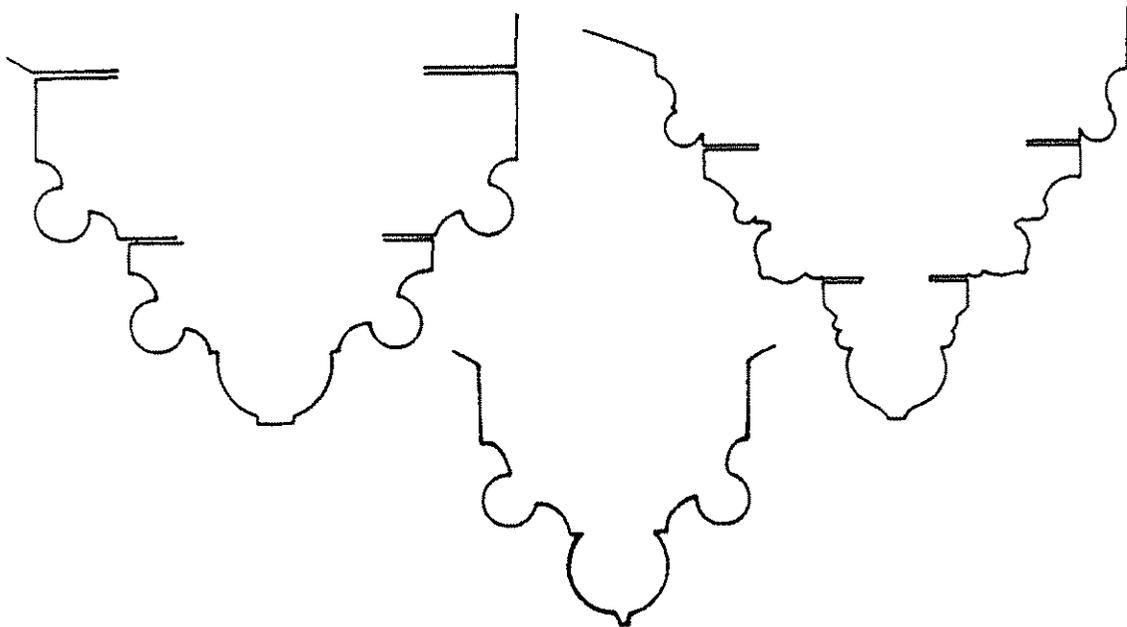




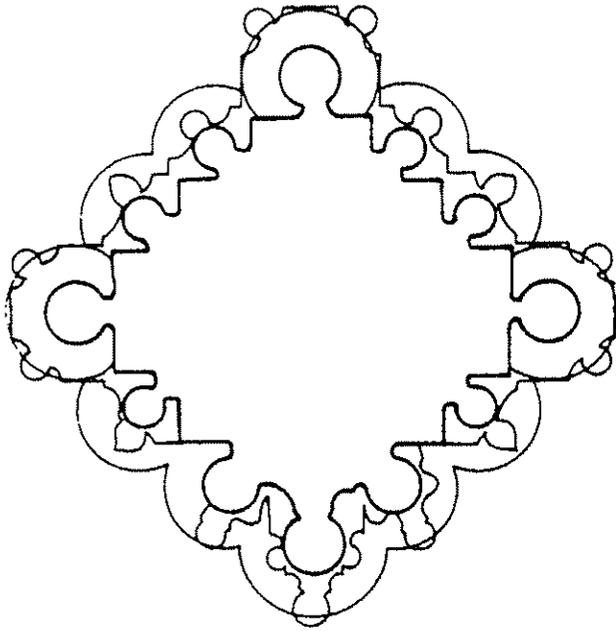
Plan de support de la nef, cathédrale de Chartres (F), après 1194.



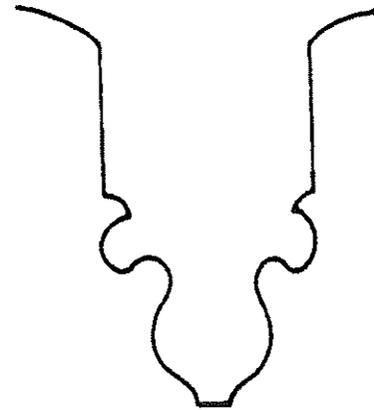
Profil d'arc doubleau, cathédrale de Reims (F), après 1210.



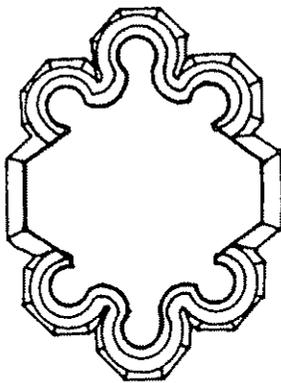
Profils d'arc. A g. Chartres (F), vers 1194 - u centre cathédrale d'Amiens (F), après 1220 - à droite Notre-Dame de Dijon (F), après 1220.



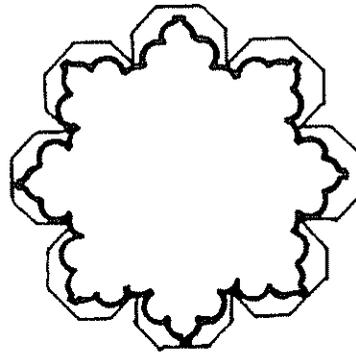
Plan de support de la nef, Saint-Denis (F), après 1231.



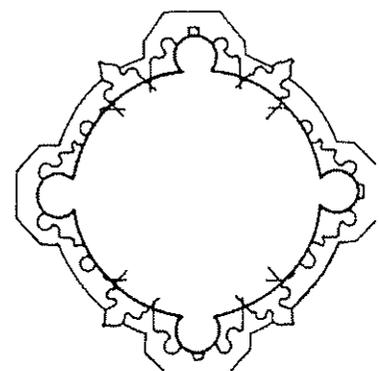
Profil d'arc doubleau, cathédrale de Troyes (F), après 1228.



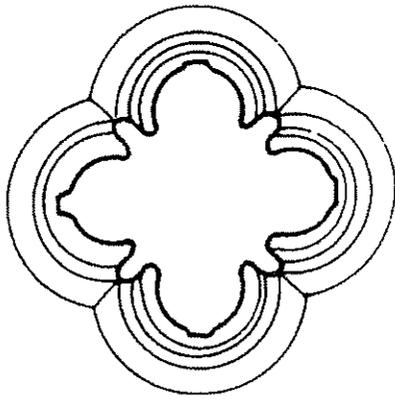
Plan de support de Notre-Dame d'Esslingen (D), première moitié du XIVe siècle.



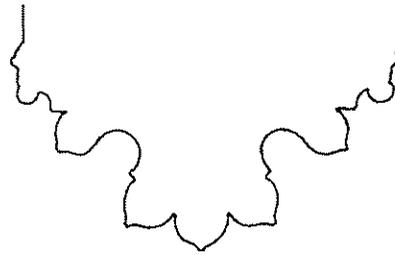
Plan de support du chœur, cathédrale de Lichfield (GB), second quart du XIVe siècle.



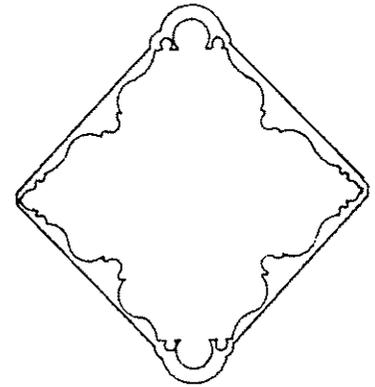
Plan de support, Sainte-Elisabeth de Marbourg (D), après 1235.



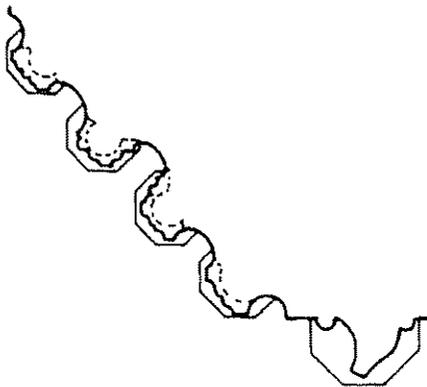
Plan du support de l'église de Bottisham (GB), XIVe siècle.



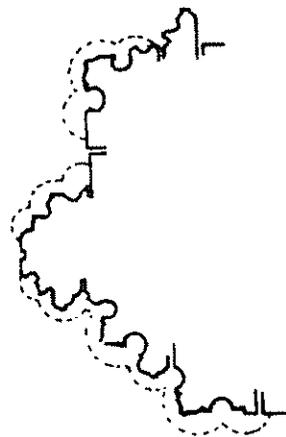
Plan de support du choeur, Saint-Nazaire de Carcassonne (F), début du XIVe siècle.



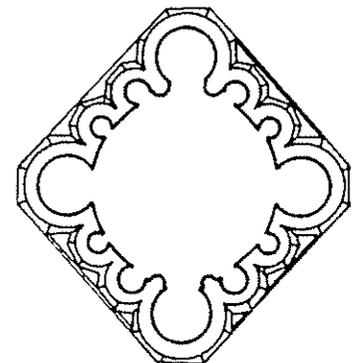
Plan de support du choeur, cathédrale de Bristol (GB), après 1298.



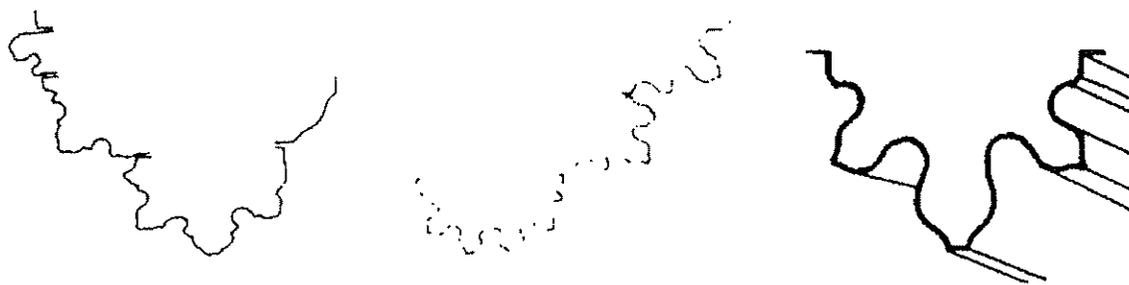
Profil d'arc du transept, Oxford (GB), Merton Collège, fin XIIIe, début du XIVe siècle.



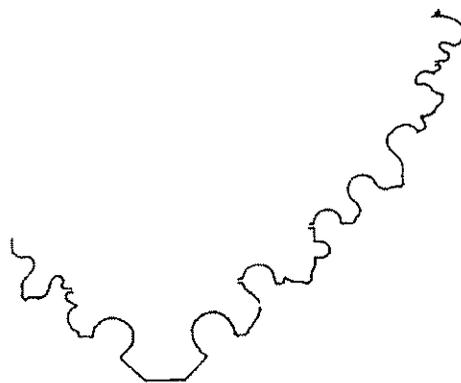
Profil d'arc de la nef, prieuré de Guisborough (GB), début XIVe siècle.



Plan de support de la nef, cathédrale de Cologne (D), après 1248.

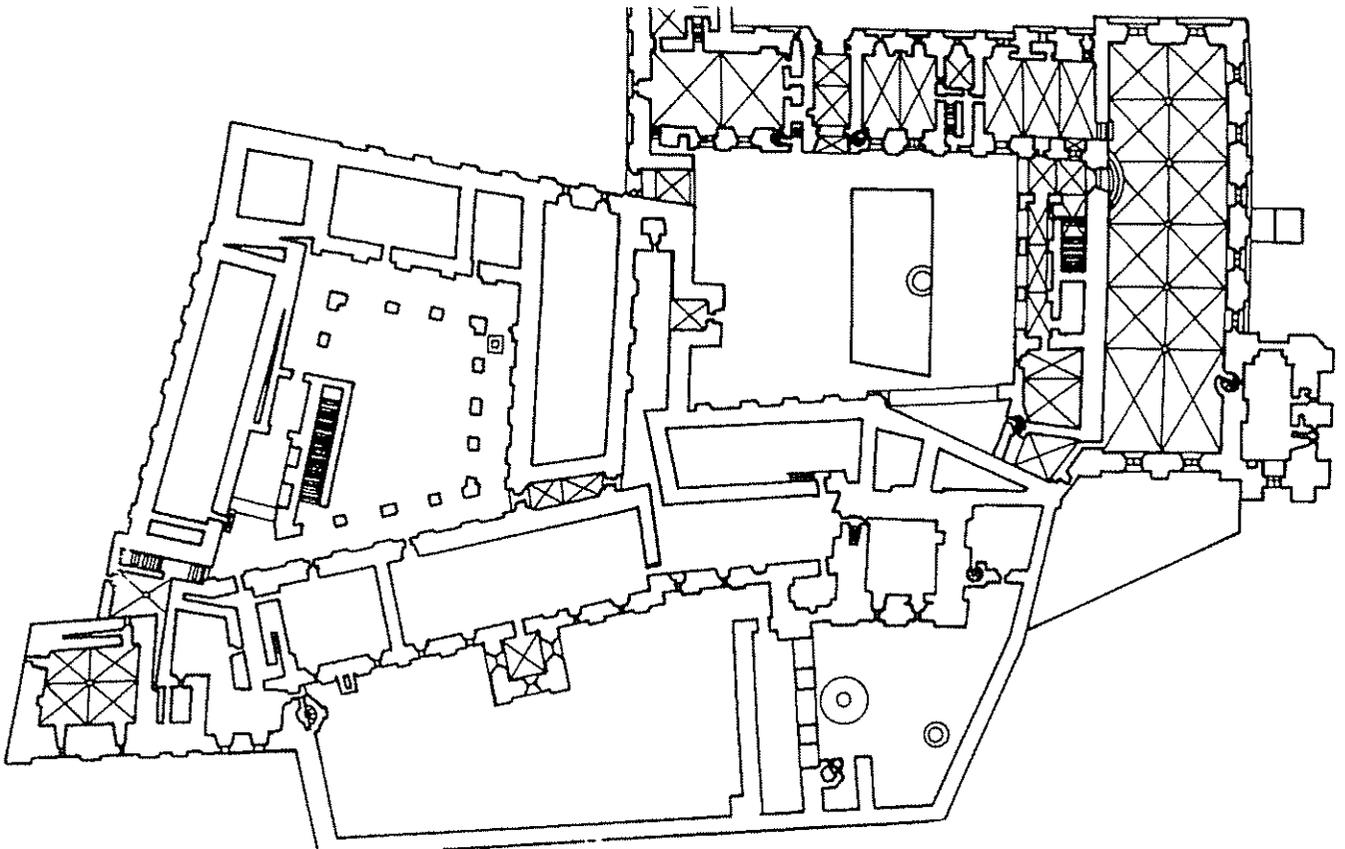


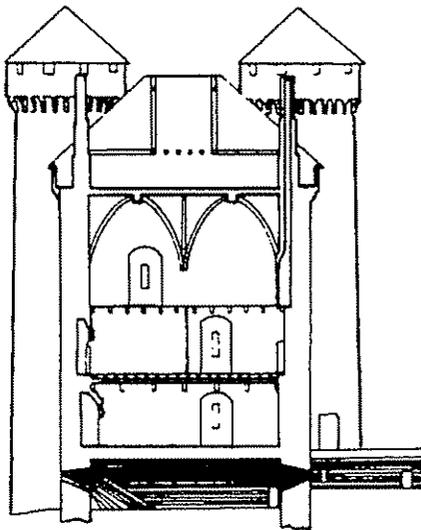
Profils d'arc. A g. Saint Mary de Beverley / choeur (GB), fin XIIIe - début XIVe siècle. Au centre Cathédrale de Lincoln / choeur (GB), 1256 - 1320. A droite Abbatale Saint Mary d'York / bas-côté (GB), fin du XIIIe siècle.



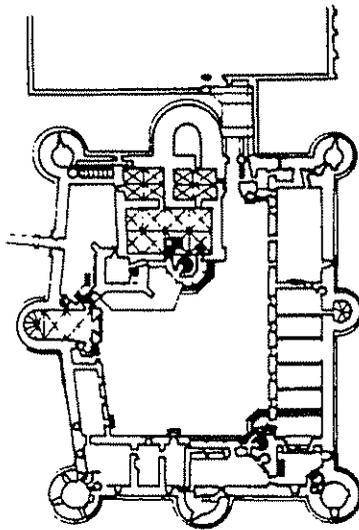
Profil d'arc du choeur, abbatale de Tintern (GB), achevé en 1287.

Plan du Palais des Papes d'Avignon (F), à partir de 1335.

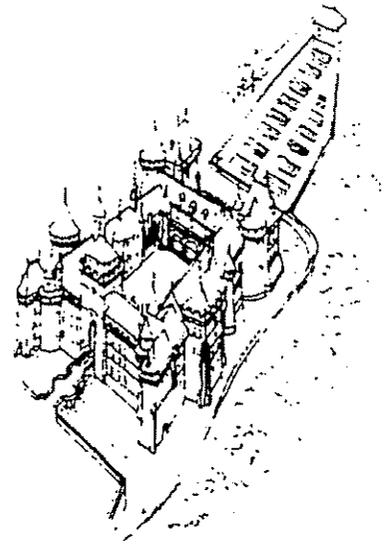




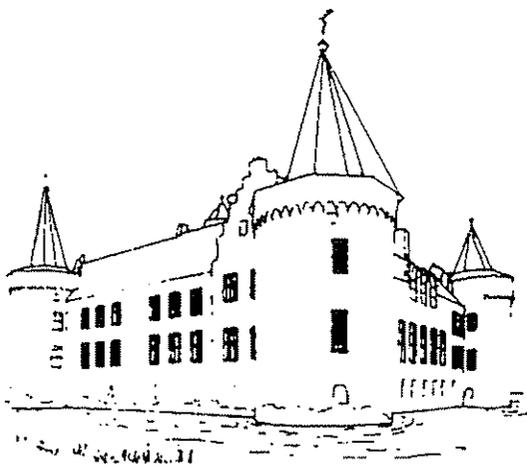
Coupe du donjon d'Anjony (F). XVe siècle.



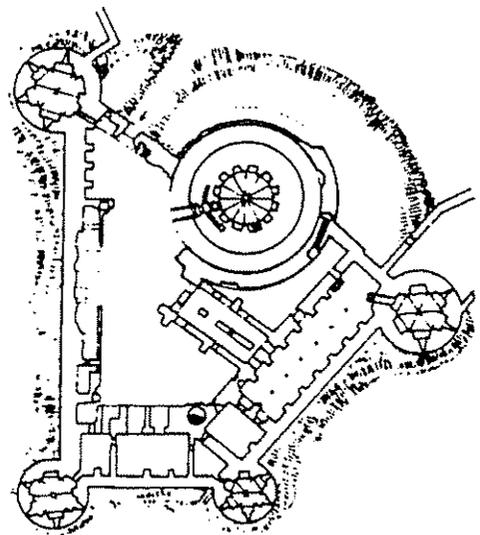
Plan du château de Pierrefonds (F). 1390 - 1420.



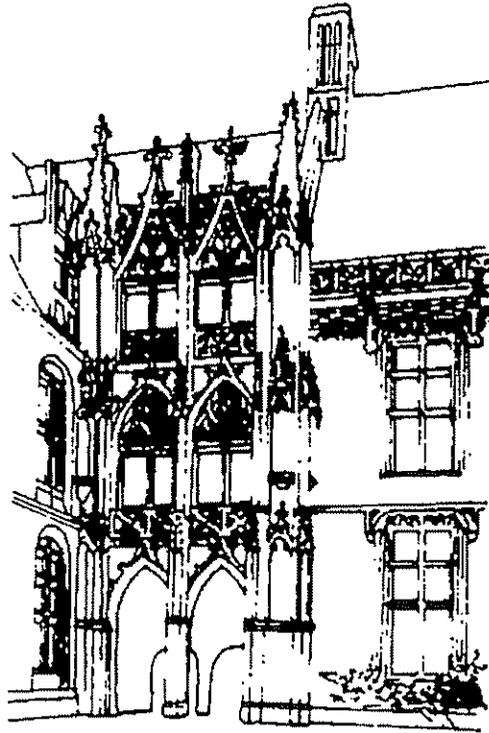
Reconstitution du château de Greil (F). env. De 1500.



Vue extérieure du château de Helmond (NL), début du XVe siècle.



Plan du château de Coucy (F), à partir de 1225, cours du XIVe siècle.



Escalier du château de Châteaudun (F).
XVe siècle.

7 - Architecture de la Renaissance

L'ARCHITECTURE DE LA RENAISSANCE

PERIODE HISTORIQUE (XVe - XVIe siècle et début du XVIIe)

C'est en Italie, à la fin du XVe siècle, que l'on assiste à la naissance de l'architecture dite Renaissance. Par rapport au gothique, c'est une rupture aussi bien esthétique que technique, même si la coupole de Brunelleschi (1420 - 1436), de conception renaissante mais gothique encore par l'utilisation de l'arc en ogive, fait la liaison. L'architecture de la Renaissance se développe par la suite dans toute l'Europe, d'abord en France, où elle deviendra le style prédominant pendant tout le XVIIe siècle, puis en Allemagne et plus tard en Angleterre (première moitié du XVIIe siècle). Le style Renaissance peut être échelonné selon trois périodes :

- Humaniste (jusqu'à la fin du XVe siècle).
- Renaissante (pour presque tout le XVIe siècle).
- Maniériste (fin du XVIe et début du XVIIe siècle).

L'architecture de la Renaissance se transforme en baroque à la moitié du XVIIe siècle, aussi bien en Italie que dans les autres pays catholiques.

EVENEMENTS HISTORIQUES

1456	G. Gutenberg imprime la Bible.
1492	Mort de Laurent le Magnifique. Découverte de l'Amérique par Christophe Colomb.
1494 - 1495	Expédition de Charles VII de France en Italie. Léonard de Vinci s'établit en France.
1504	L'Espagne conquiert la région de Naples et la France conquiert Milan.
1508 - 1510	Ligue de Cambrai : la Papauté, l'Espagne, la France, l'Empire contre la puissance vénitienne.
1517	Luther publie ses 95 thèses. La réforme luthérienne commence.
1519	Charles V empereur.
1521 - 1559	Guerre de Charles V contre la France.
1545	Ouverture du Concile de Trente.
1556 - 1598	Règne de Philippe II d'Espagne.
1571	Bataille de Lépante, Venise et l'Espagne battent les Turcs.
1618 - 1648	Guerre de Trente ans.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

Le gothique est une architecture expérimentale, caractérisée par des inventions techniques ; l'architecture de la Renaissance est une architecture obéissant à des normes, rationaliste et qui reprend les techniques romaines même si elle adopte les expériences du gothique.

On revient à l'arc en plein cintre et aux grandes coupes sphériques, à la colonne en tant qu'élément fondamental de l'architecture. On revient aussi à l'utilisation de l'architrave. L'arc en ogive est complètement abandonné.

LES MATERIAUX

Le marbre refait son apparition en même temps que la colonne. On utilise la pierre travaillée en bossages, rustiques ou bien continus.

Le style Renaissance reste tout de même un style riche parce qu'il utilise tous les matériaux connus ; une utilisation plus rationnelle du bois sera étudiée pour les poutres comme pour les fermes de charpente ; on commence à utiliser le stuc en tant qu'élément décoratif pour substituer le marbre, plus coûteux.

LE LANGAGE FIGURATIF

On revient à l'utilisation rigoureuse des ordres grâce à l'étude de l'architecture classique (romaine surtout).

Les constructeurs de la Renaissance utilisent l'ordre toscan (plus simple que le dorique mais lui ressemblant), le ionique, le corinthien et le composite.

Michel-Ange utilisera l'ordre géant (une colonne ou un pilastre s'élevant sur deux ou plusieurs étages), inventé par Bramante pour la maison de Raphaël.

Les constructeurs de la Renaissance effectuent des combinaisons infinies d'ordres classiques pour les adapter aux technologies nouvelles.

LES TYPOLOGIES

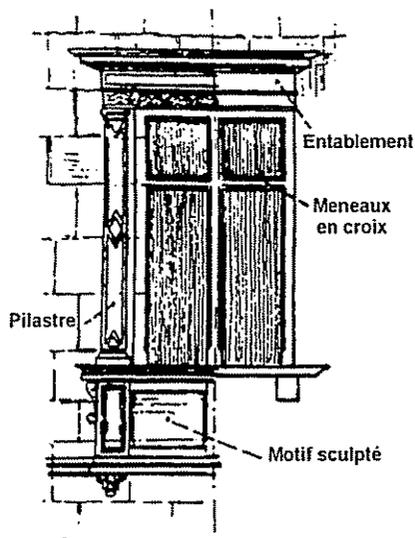
La Renaissance est une période de grands bouleversements sociaux et qui a connu une grande expansion de la construction et de l'urbanisme. La ville moderne et l'architecte, en tant que tel, naissent à ce moment-là.

On projette des typologies nouvelles pour les bâtiments qui existent déjà, comme les églises ; ou bien pour les bâtiments de type nouveau, comme les palais seigneuriaux de la ville ou de la campagne, les hôpitaux, les casernes, etc. Les églises sont principalement sur plan central.

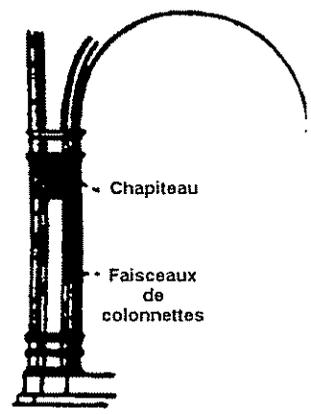
L'URBANISME

C'est grâce à la naissance de la nouvelle ville et aux nouveaux types de murs d'enceinte que les premiers plans régulateurs sont étudiés (ex. Rossellino à Ferrare), ainsi que des parcelles de villes, places, rues, palais articulés et complexes.

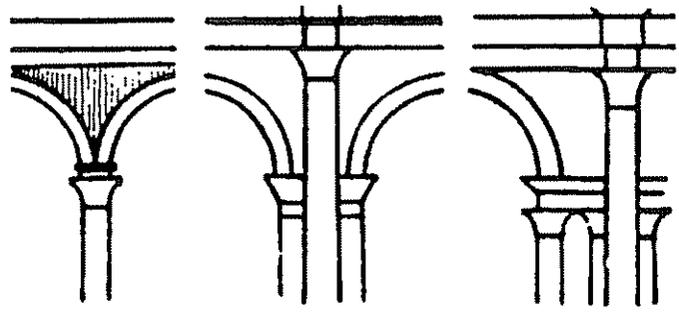
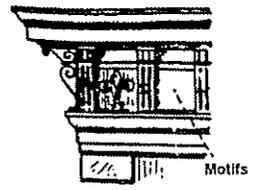
Des formes de ville sont étudiées, en grand nombre, mais elles ne sont toutes réalisées ; elles constituent pourtant la base de la technique moderne de l'urbanisme.



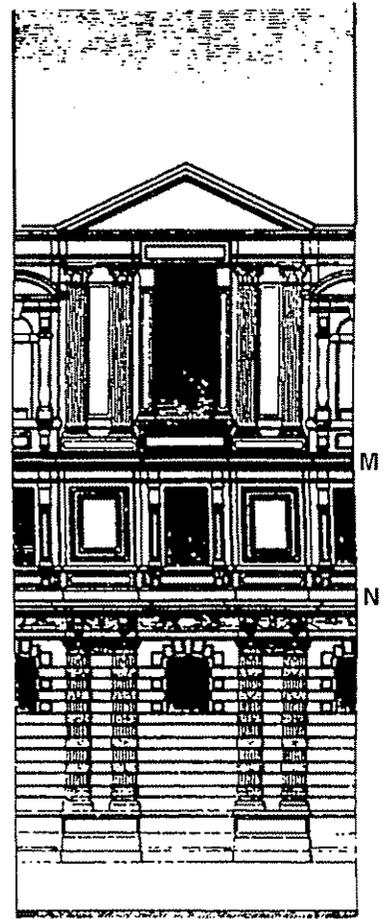
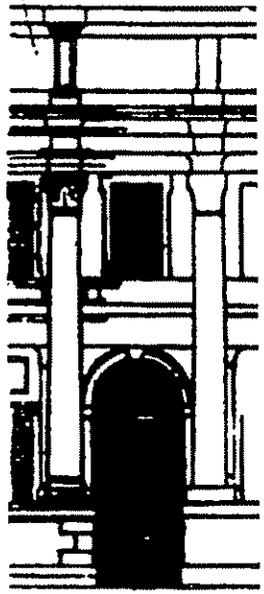
FENÊTRE

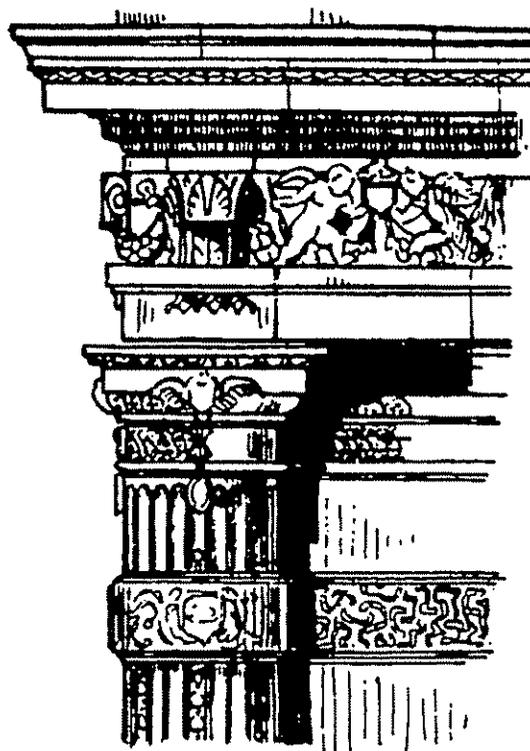


Loge des Lanzi

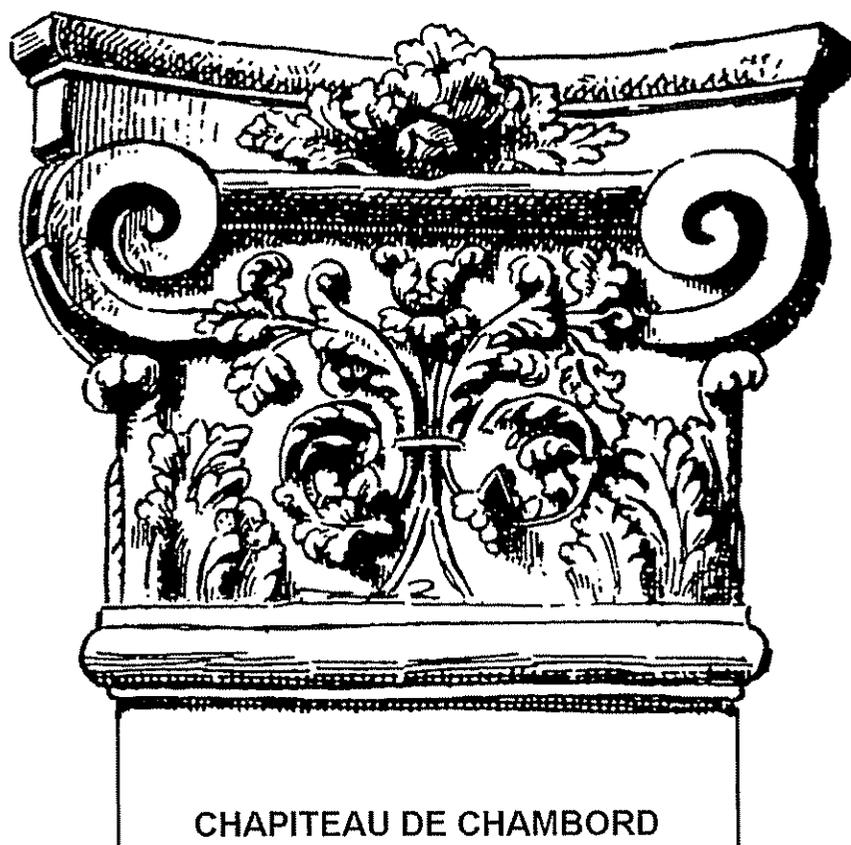


Athique

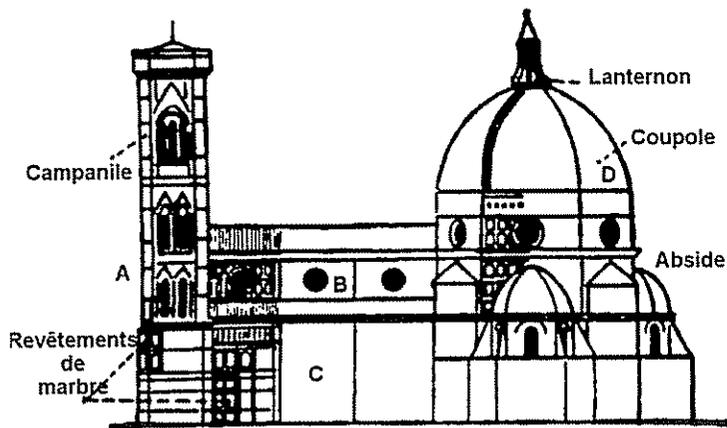




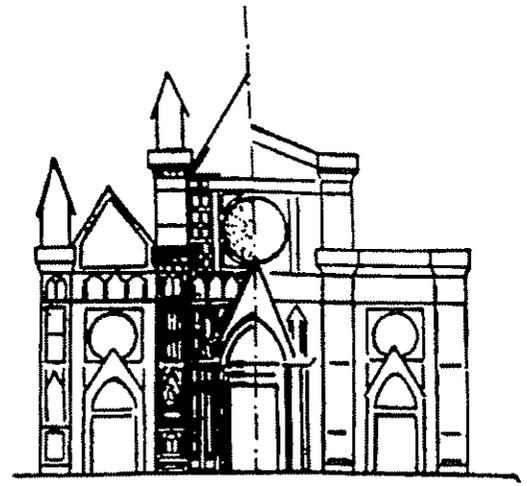
LA COLONNE FRANCAISE



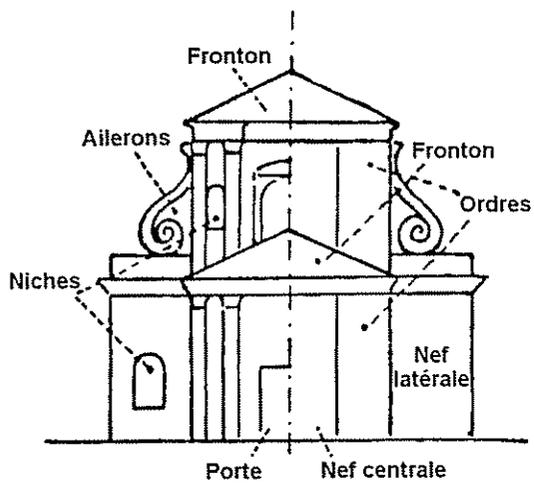
CHAPITEAU DE CHAMBORD

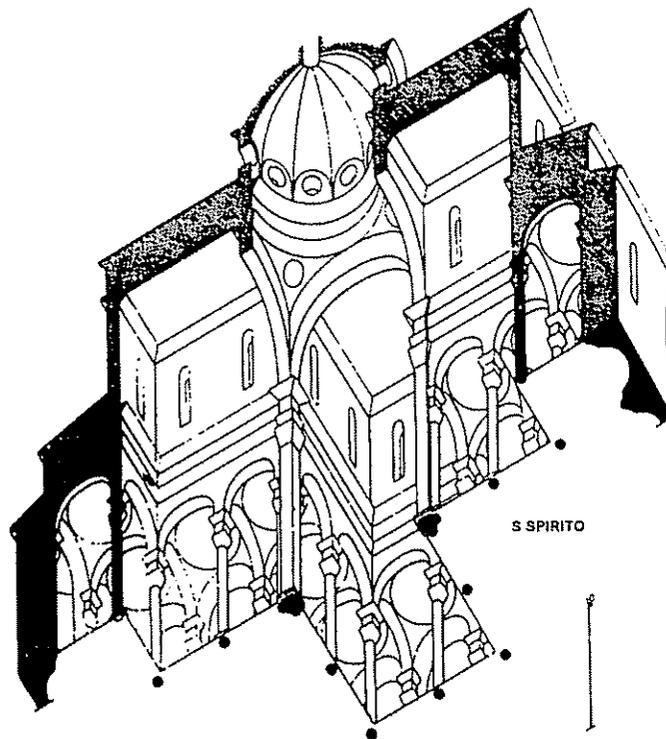
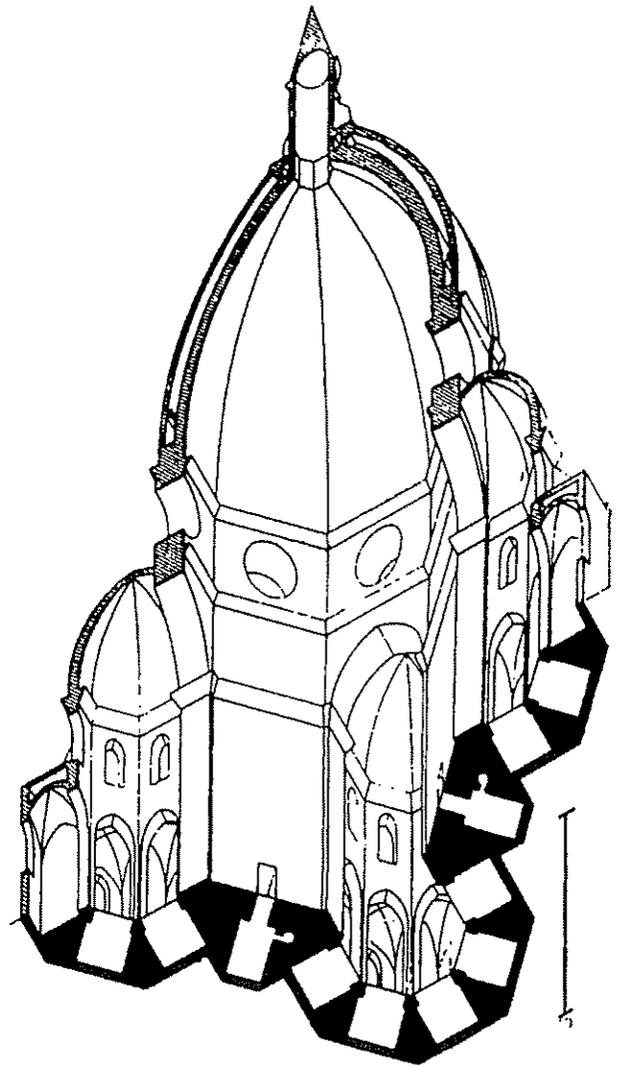


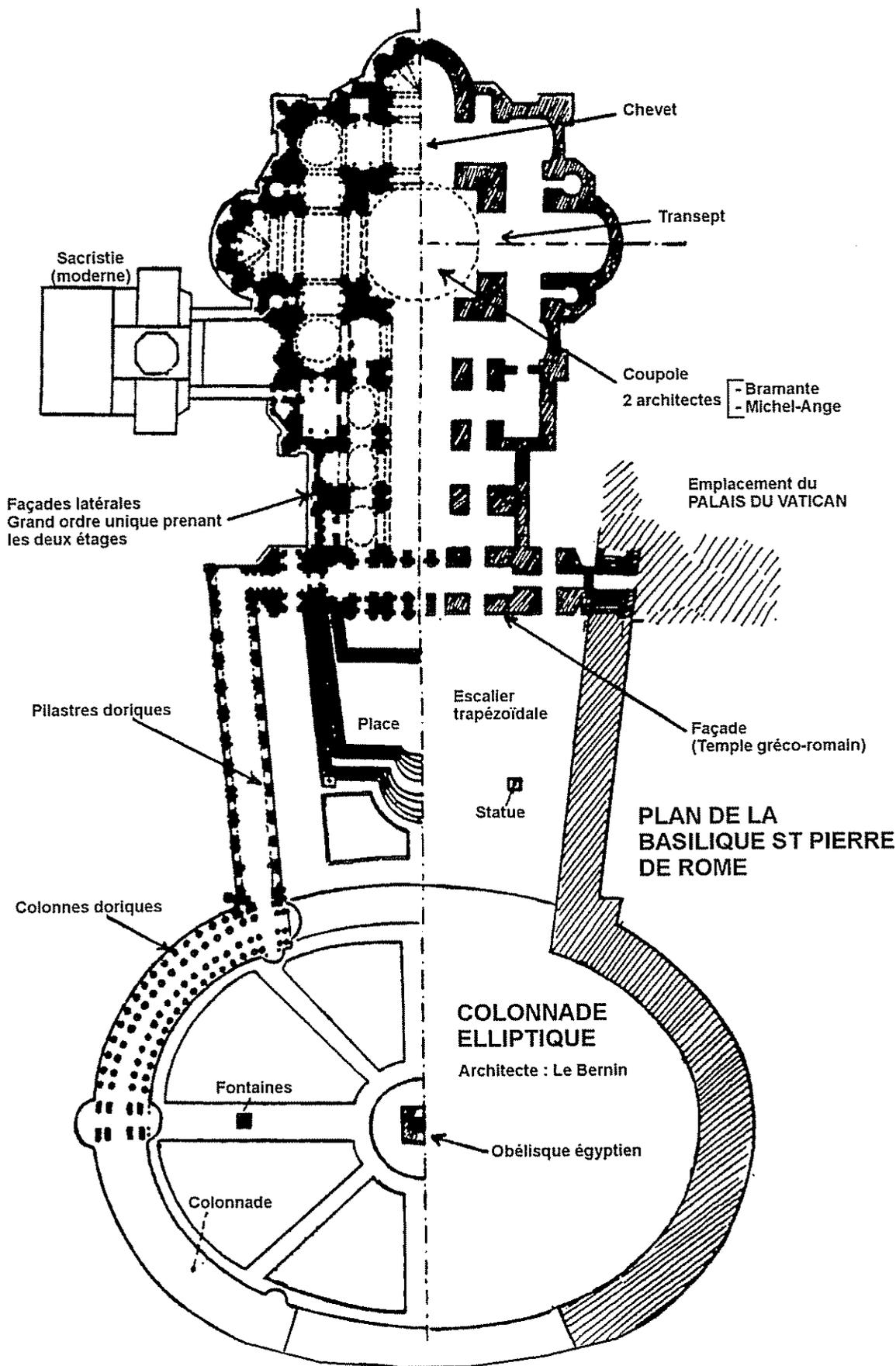
CATHEDRALE DE FLORENCE (vue de côté)

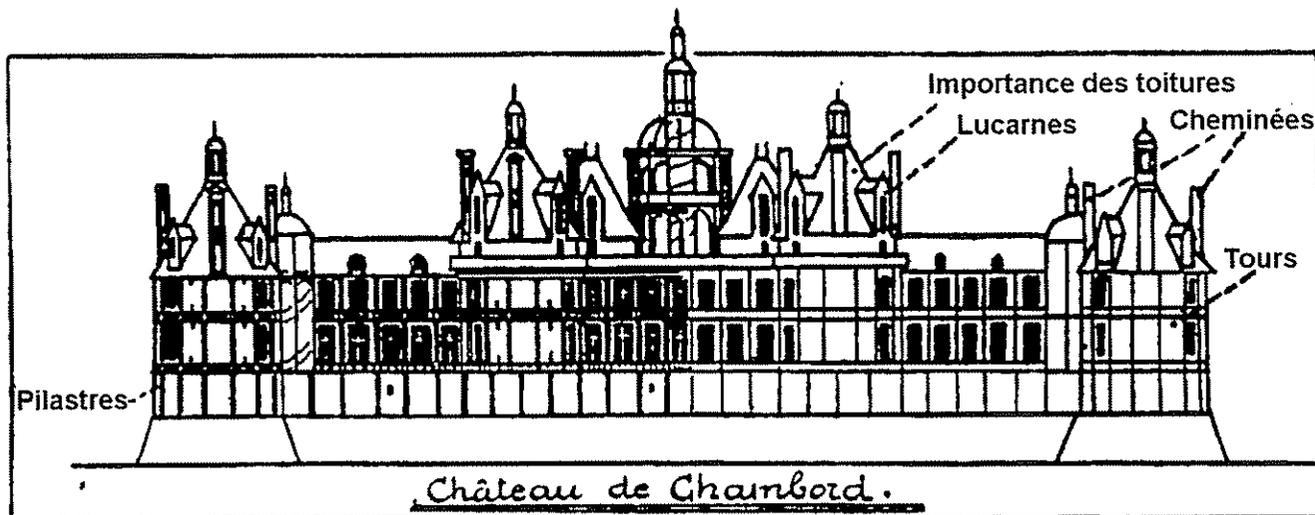
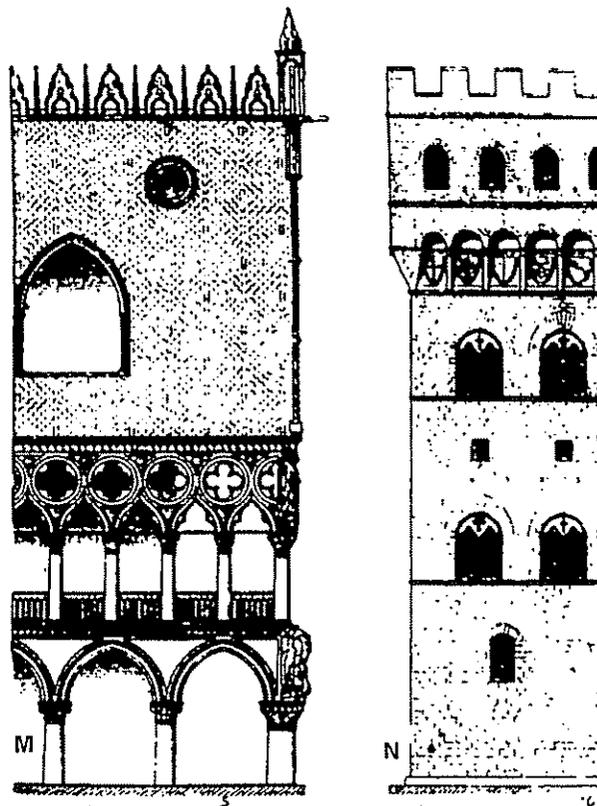
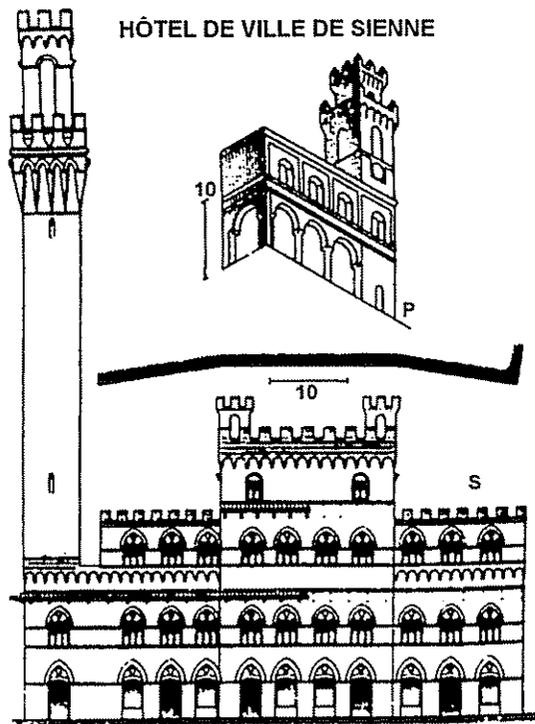


Dispositions des façades

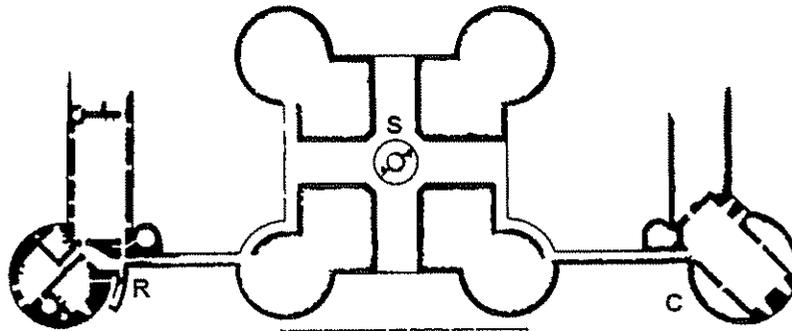




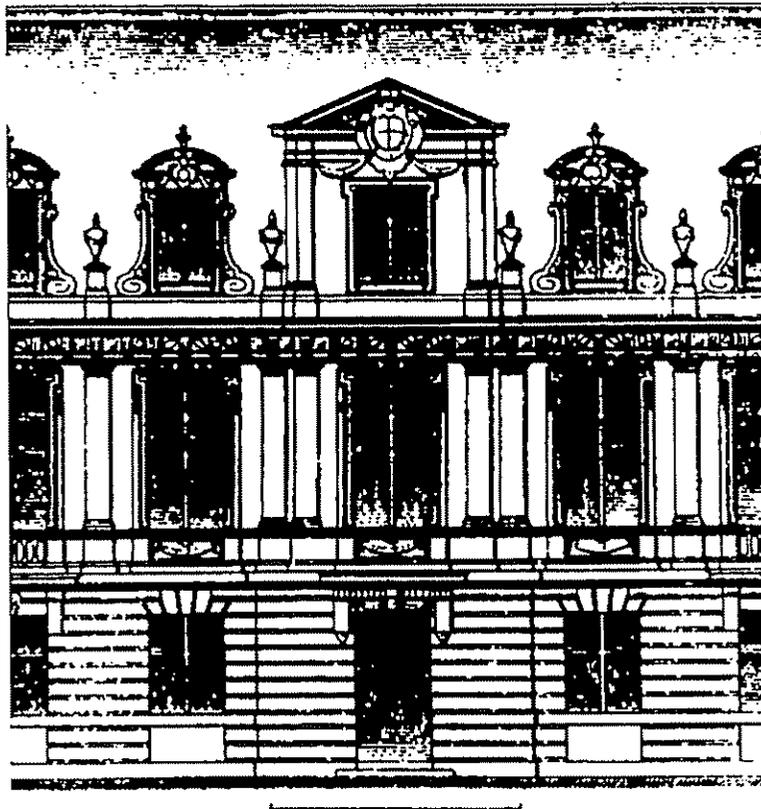




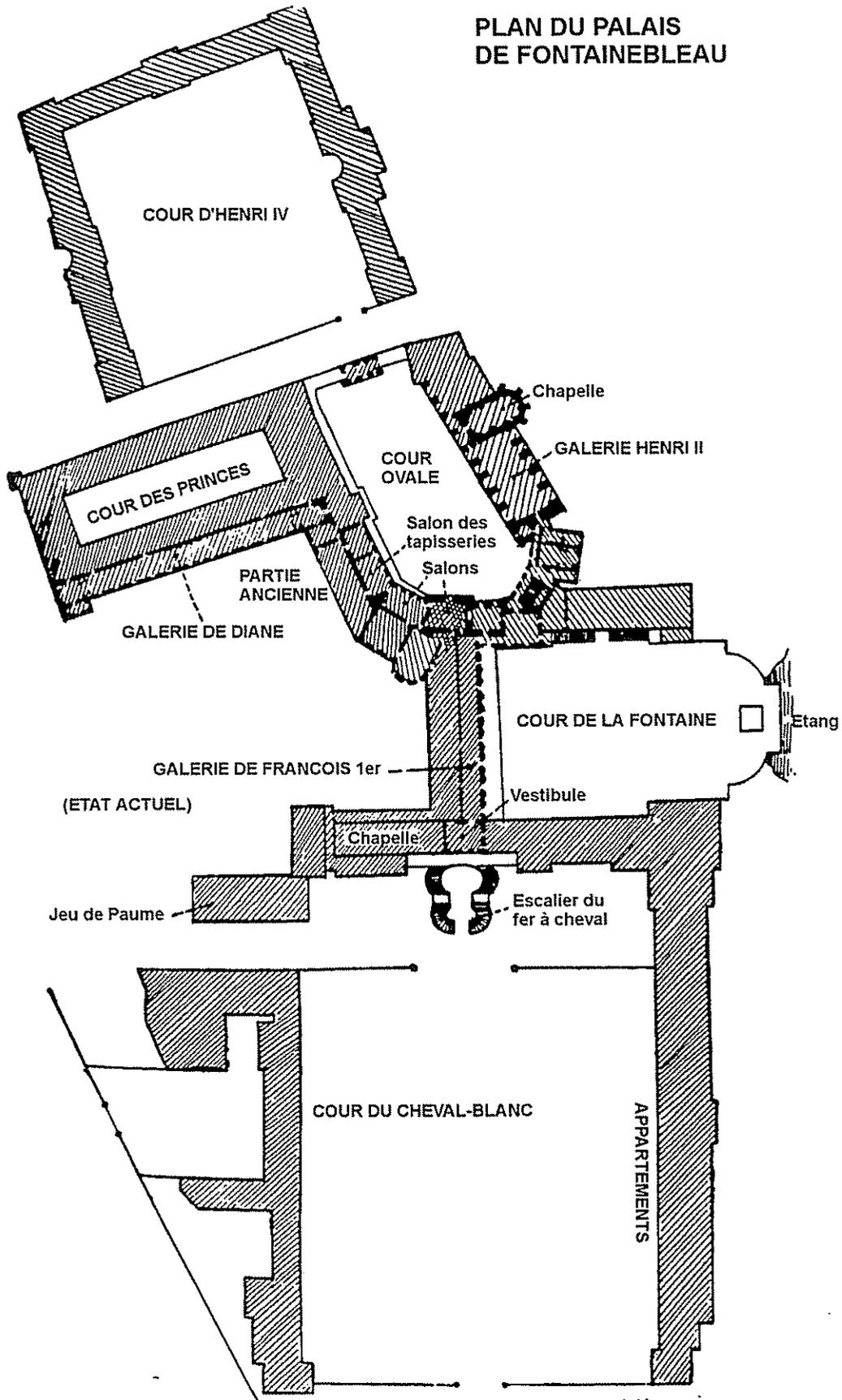
PLAN DE CHAMBORD



HÔTEL DE LIANCOURT



PLAN DU PALAIS DE FONTAINEBLEAU



8 - Architecture baroque

L'ARCHITECTURE BAROQUE

PERIODE HISTORIQUE (XVIIe - fin du XVIIIe siècle)

Le style dit baroque se développe en Italie lors de la crise de l'architecture de la Renaissance et, par la suite, dans les pays catholiques d'Europe et leurs colonies d'Amérique du Sud.

C'est à Rome, reliée aux directives culturelles et politiques de la Contre-Réforme, que naît cette architecture. Il n'y a pas de rupture entre la Renaissance et le baroque mais plutôt une réélaboration du lexique suivant des exigences nouvelles qui, tout en utilisant encore des éléments classiques, perdent de fait le contact avec le monde classique.

Le baroque peut être divisé en deux périodes :

- La première, le baroque proprement dit, qui dure jusqu'à la moitié du XVIIIe siècle.
- La seconde, prolongement de la première, qui se subdivise en deux courants contemporains, le rococo, évolution du baroque, et le rationalisme, première tentative de transformation du baroque, qui récupère le langage rigoureux du classique.

La crise du baroque pousse au retour philologique à l'architecture classique dans le néoclassique.

La France opposera toujours une certaine résistance au baroque et restera liée à des schémas de la Renaissance ; l'Angleterre, où la Renaissance a fait une apparition très tardive, possède très peu d'architecture baroque, ceci pour des raisons politiques précises (contrastes avec l'église catholique).

EVENEMENTS HISTORIQUES

1642	Guerre civile en Angleterre.
1643 - 1715	Règne de Louis XIV, Roi Soleil.
1648	Paix de Westphalie, fin de la guerre de Trente Ans.
1648 - 1658	Gouvernement de Cromwell en Angleterre.
1682 - 1725	Règne de Pierre-le-Grand en Russie.
1683 - 1699	Guerre austro-turque.
1689	Monarchie constitutionnelle en Angleterre.
1713	Les domaines espagnols d'Italie passent à l'Autriche.
1740 - 1780	Règne de Marie-Thérèse d'Autriche.
1776	Indépendance des Etats-Unis d'Amérique.
1789	Révolution française.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CONSTRUCTION

La rationalisme technique de la construction de la Renaissance se voit supplanté par le baroque qui est une recherche des possibilités optima des formes et des matériaux dans des solutions typologiques et structurales complexes.

Le baroque casse la géométrie simple des constructeurs de la Renaissance et la remplace par des recherches formelles très poussées qui, grâce aussi au progrès scientifique de l'époque, seront réalisées au moyen de techniques nouvelles de construction.

Un certain attrait pour les constructions verticales refait son apparition.

LES MATERIAUX

La période baroque permet la mise au point de techniques de construction et de décoration.

Après l'incendie de Londres de 1640, le fer est utilisé dans la construction, les techniques de l'architecture navale permettent une utilisation savante du bois.

On exploite toutes les possibilités du marbre, surtout pour une forme de décoration très en vogue : l'entaille de marbre.

C'est à cette époque que se développe le stuc et qu'il atteint sa plus grande finesse technique.

LE LANGAGE FIGURATIF

Le baroque, débarrassé de l'influence des classiques et poussé, par ses expériences esthétiques, à la recherche du merveilleux, utilise le langage classique avec la plus grande liberté en introduisant des motifs ingénieux qui sont souvent des éléments nostalgiques et grotesques.

LES TYPOLOGIES

Fondamentalement, l'église reste, avec le palais royal, la typologie permettant au baroque d'exploiter sa créativité. Des typologies liées à la nouvelle société en formation, maisons bourgeoises, activités industrielles et commerciales, grands systèmes de défense, se font jour.

L'URBANISME

Le baroque se penche sur la bille dans son ensemble et cherche à en faire un décor spectaculaire et majestueux.

La perspective rigoureuse de la Renaissance est brisée et la ville devient une succession d'espaces ouverts et fermés au moyen de perspectives asymétriques.

NOTES DIVERSES

Le jugement négatif qu'ont formulé les critiques néoclassiques sur la crise du baroque a poussé à la destruction de nombreux exemples.

- Essai de reconnaissance de l'architecture baroque -

Cinq sortes d'oppositions entre la Renaissance et le Baroque :
(Elles ne se révèlent indiscutables que dans les cas extrêmes).

La renaissance est linéaire et le Baroque pictural. « Dans le premier cas, l'accent porte sur les limites des objets, dans le second l'apparition joue hors de limites précises. »

Dans le Baroque, qui est « le flux des perspectives changeantes », il faut que « les formes respirent ». L'architecture de la Renaissance se présente par plans, celle du Baroque en profondeur.

L'une signifie des « formes fermées », fixes, sereines ; l'autre des « formes ouvertes », tendues, dynamiques, fluides, allant jusqu'à la dissolution.

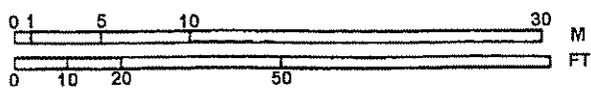
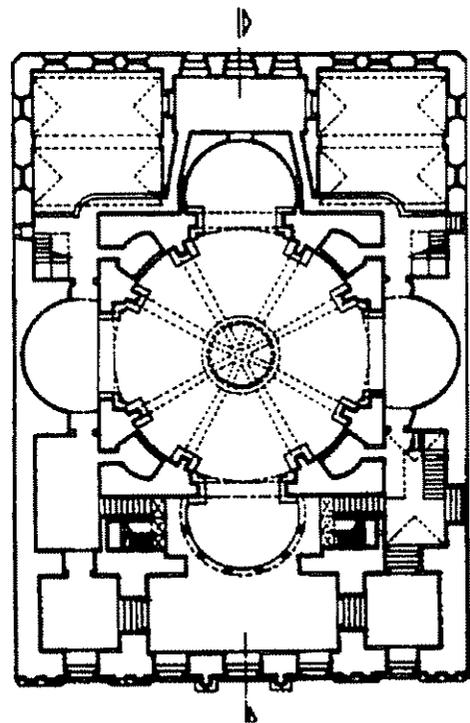
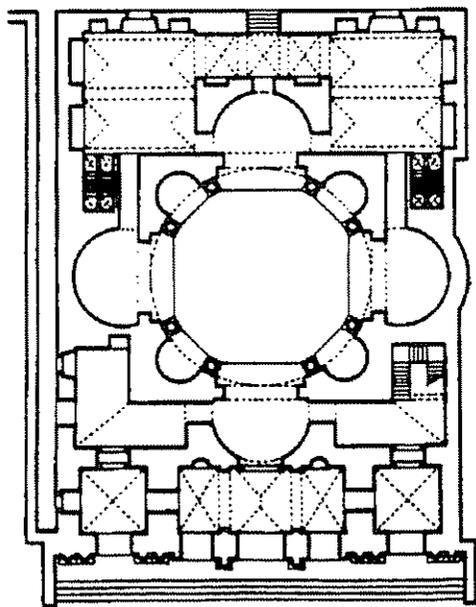
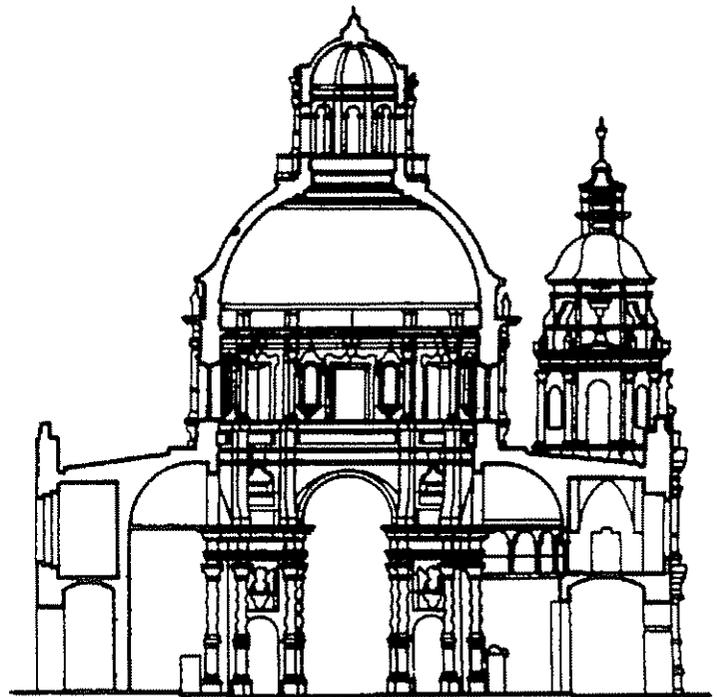
L'une est pluralité, l'autre unité ; l'une clarté absolue, l'autre clarté relative des objets présentés.

Le Baroque architectural consiste dans « l'interprétation des formes au sein d'ensembles dynamiques unifiés et animés par un mouvement de dilatation, l'effet produit sur le spectateur alliant l'instabilité à l'illusion théâtrale ».

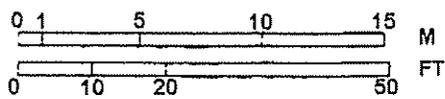
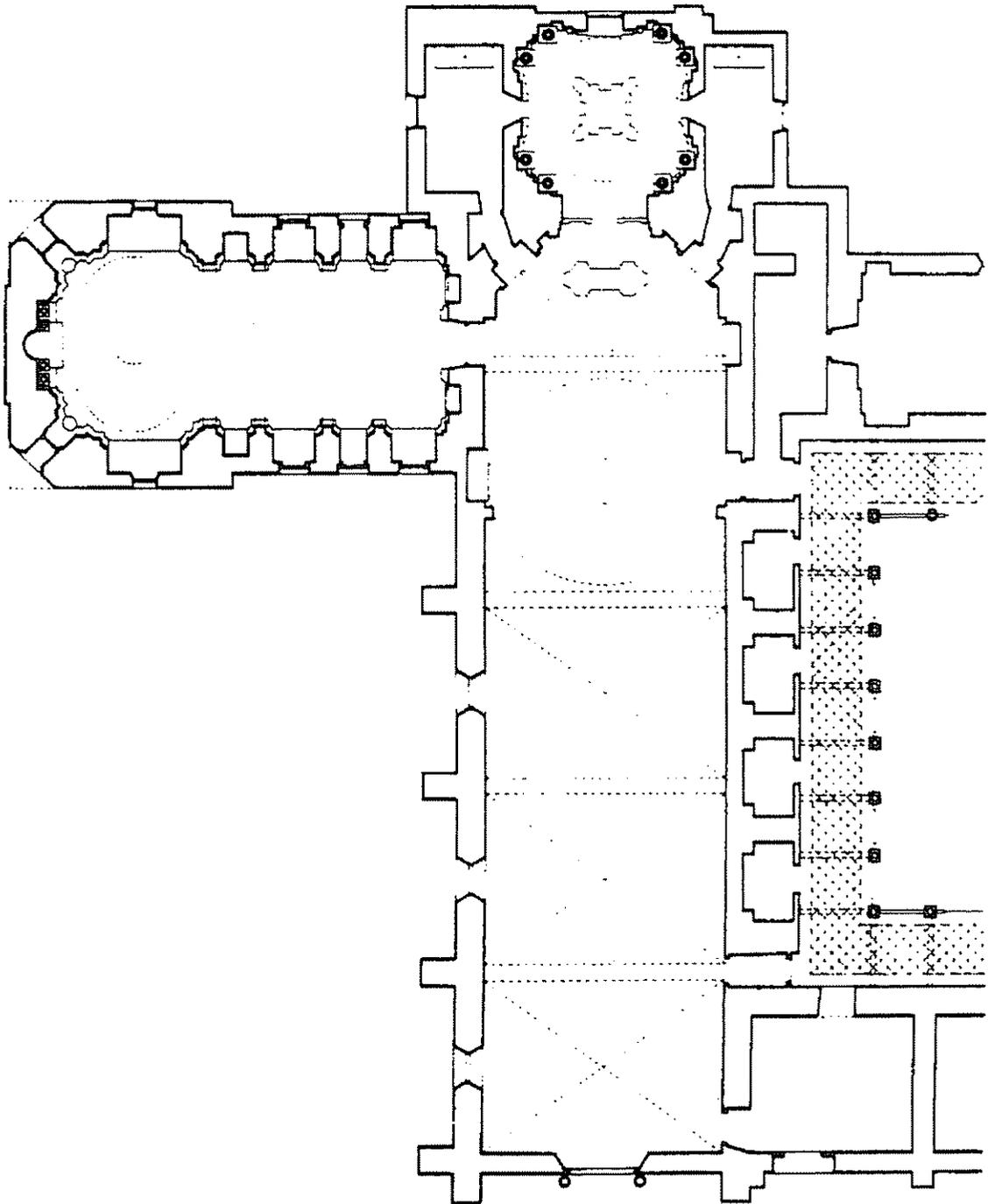
« Le déséquilibre constructif, la dissociation entre la structure et l'ornement, les ruptures d'unité, la suggestion dynamique, la propension au colossal et à l'effet ».

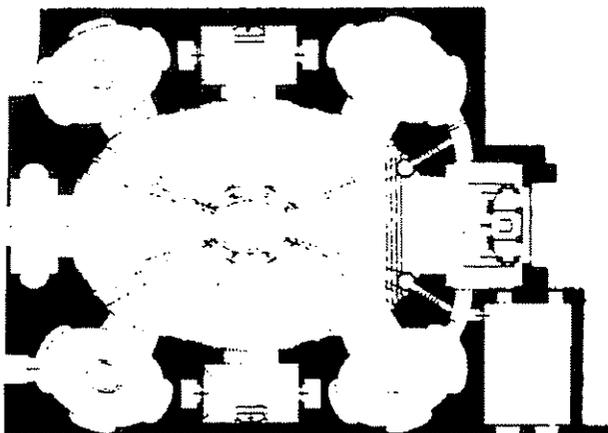
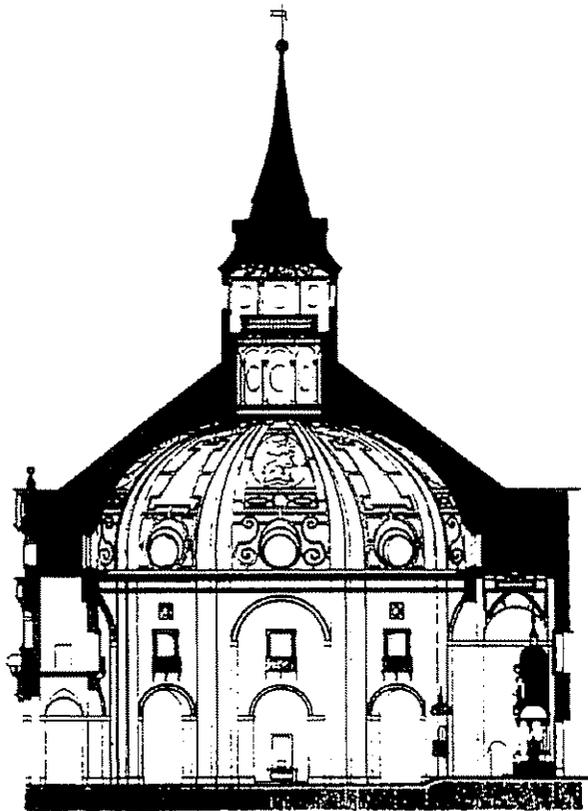
Nous pouvons considérer que l'architecture baroque doit présenter sinon la totalité, du moins un grand nombre des traits suivants : désir du grandiose, tendance à l'illusion, richesse du décor, dynamisme des lignes, du plan et de l'espace.

Eglise San Luis à Séville
Coupe et plans 1 :500

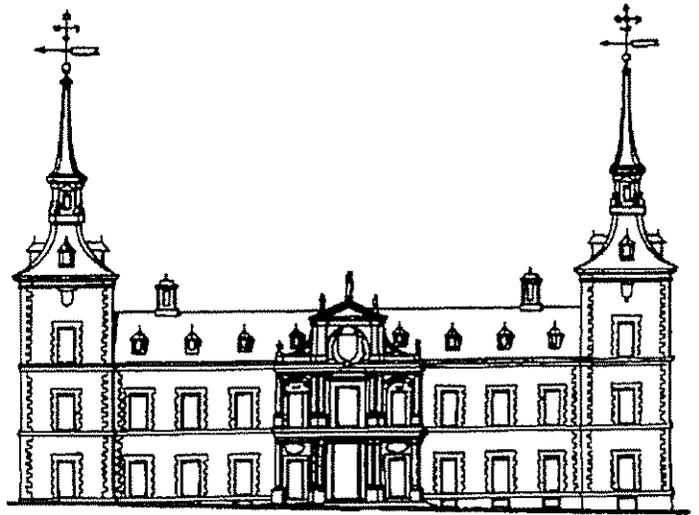


Chartreuse de Grenade
Plan 1 :400

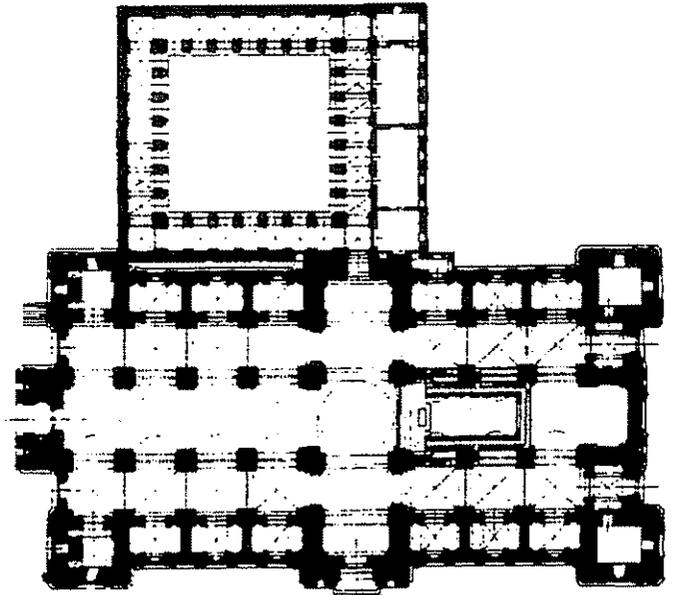




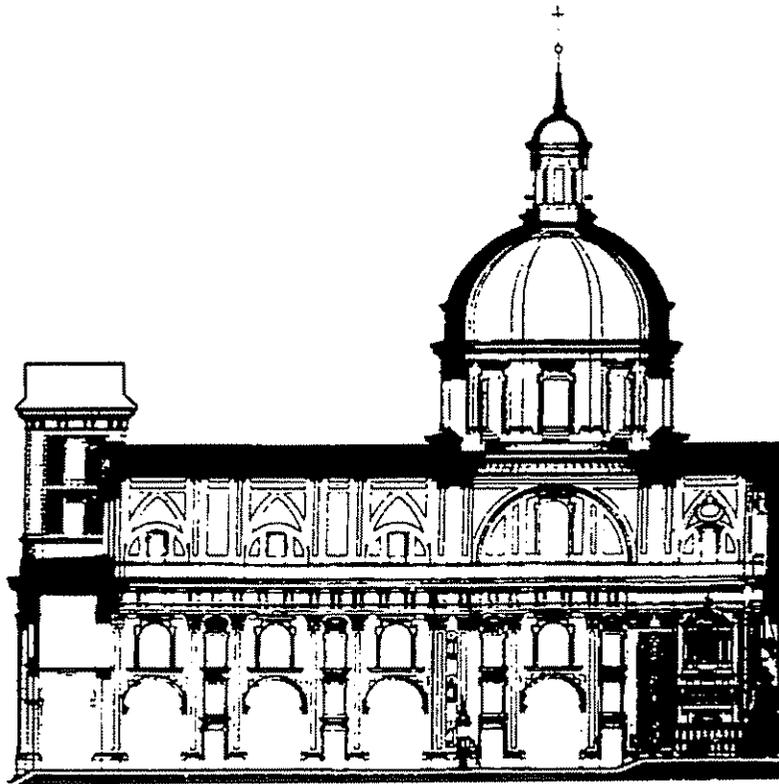
(Chapelle du Couvent des Bernadines, Alcalá de Henares, par J. G. de Mora : coupe et plan (d'après O. Schubert).



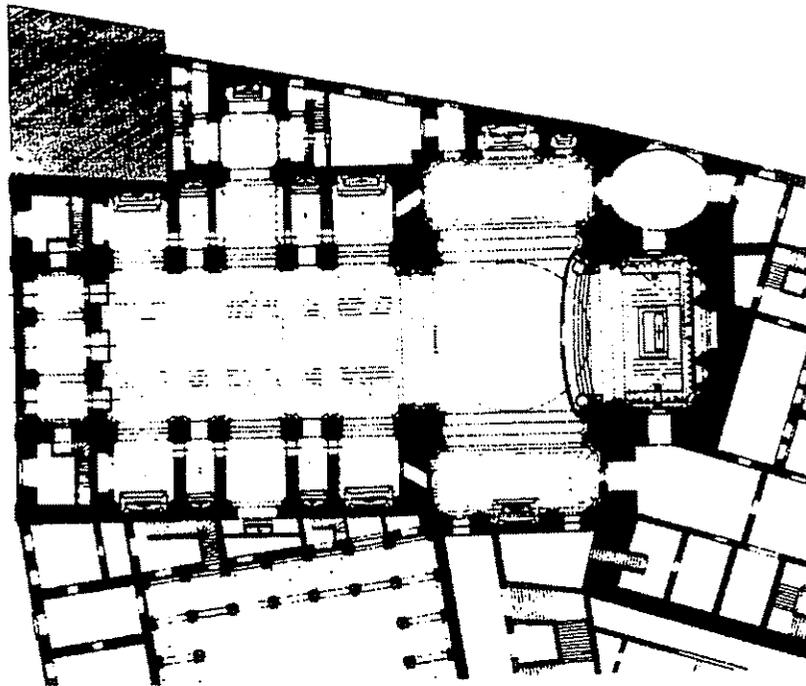
Carcel de Cote, ou prison de Madrid, actuellement Ministère des Affaires étrangères : façade par Juan Gomez de Mora, 1629 (d'après Kubler et So-

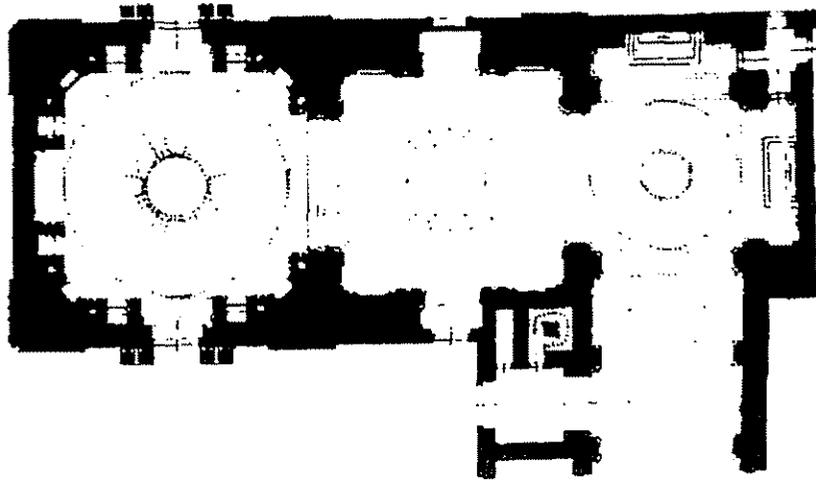


Cathédrale de Valladolid, par Juan de Herrera, 1585 : plan (d'après O. Schubert).

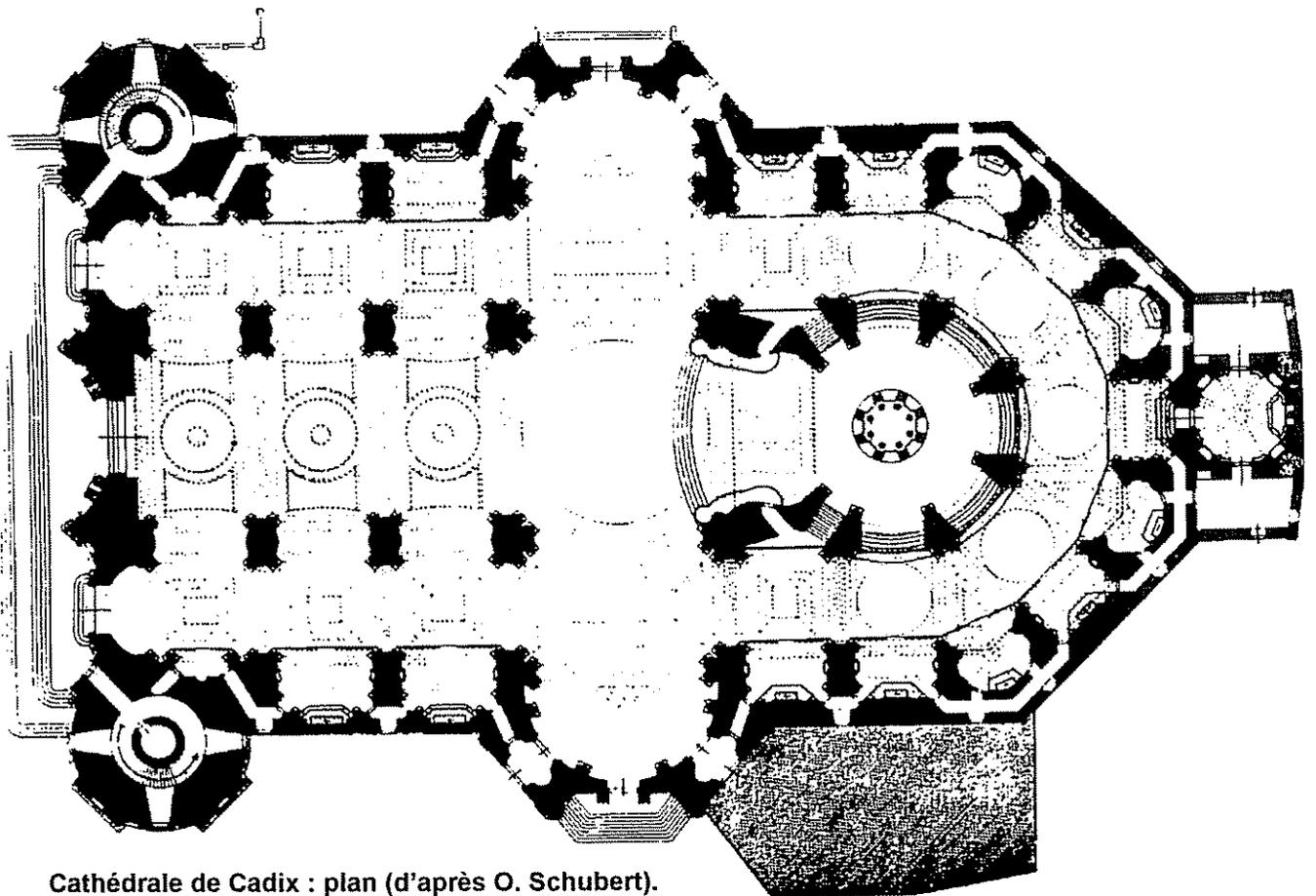


Eglise San Isidro El Real, Madrid : plan et coupe longitudinale (d'après O. Schubert).

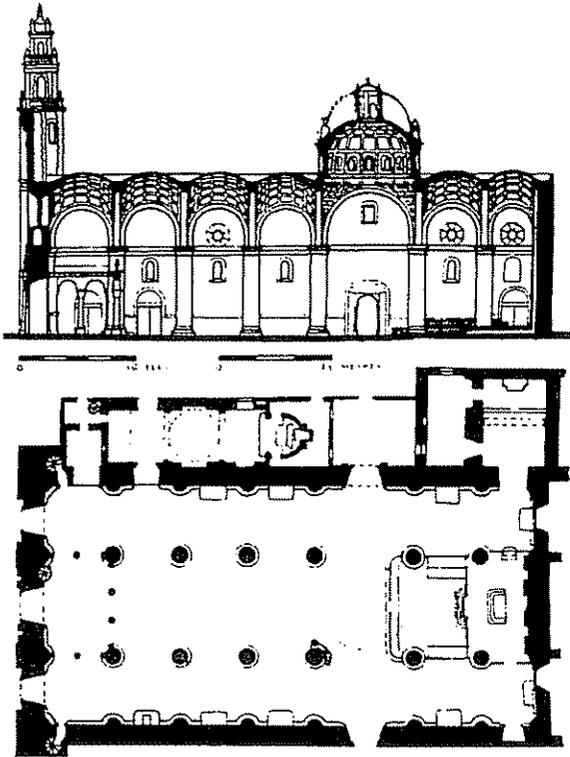




Chapelle San Isidro, église San Andrés, Madrid : plan (d'après O. Schubert).

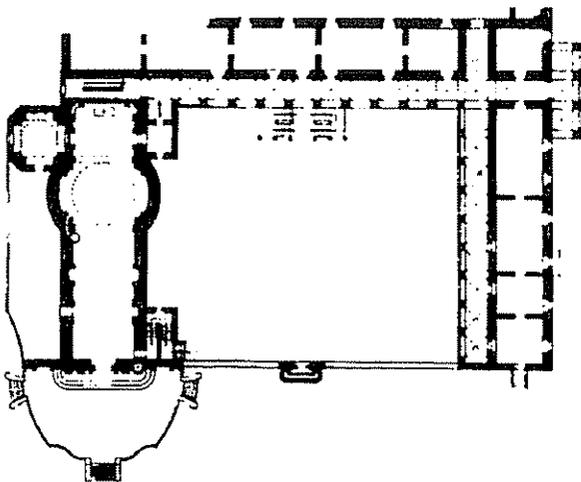
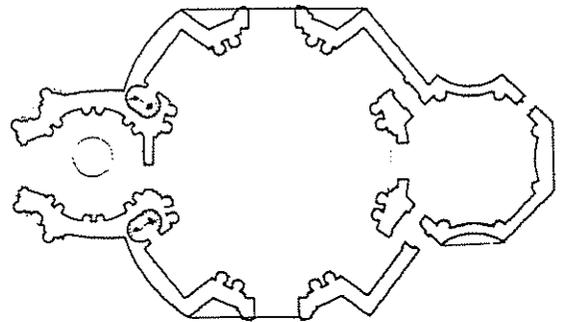


Cathédrale de Cadix : plan (d'après O. Schubert).

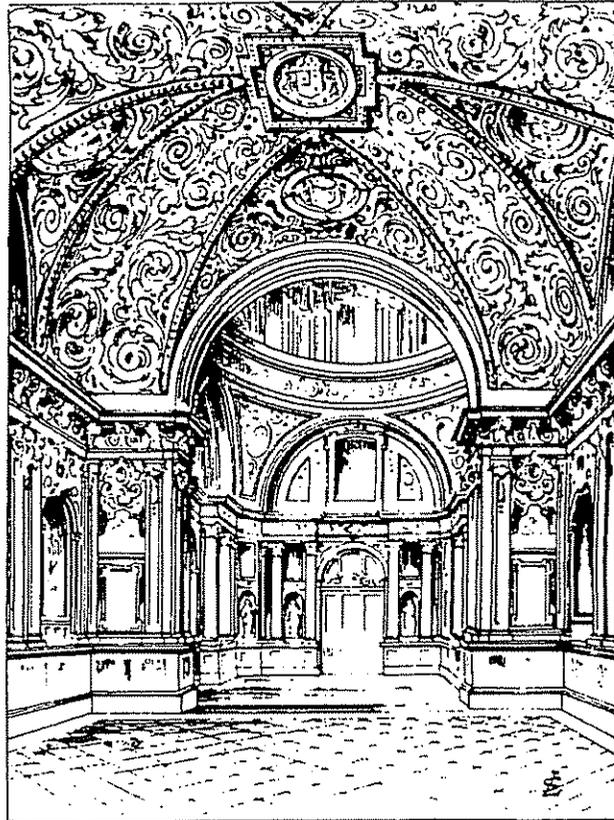


Cathédrale de Mérida, Yucatán, 1563 :
coupe longitudinale et plan (d'après Ku-
bler et Soria).

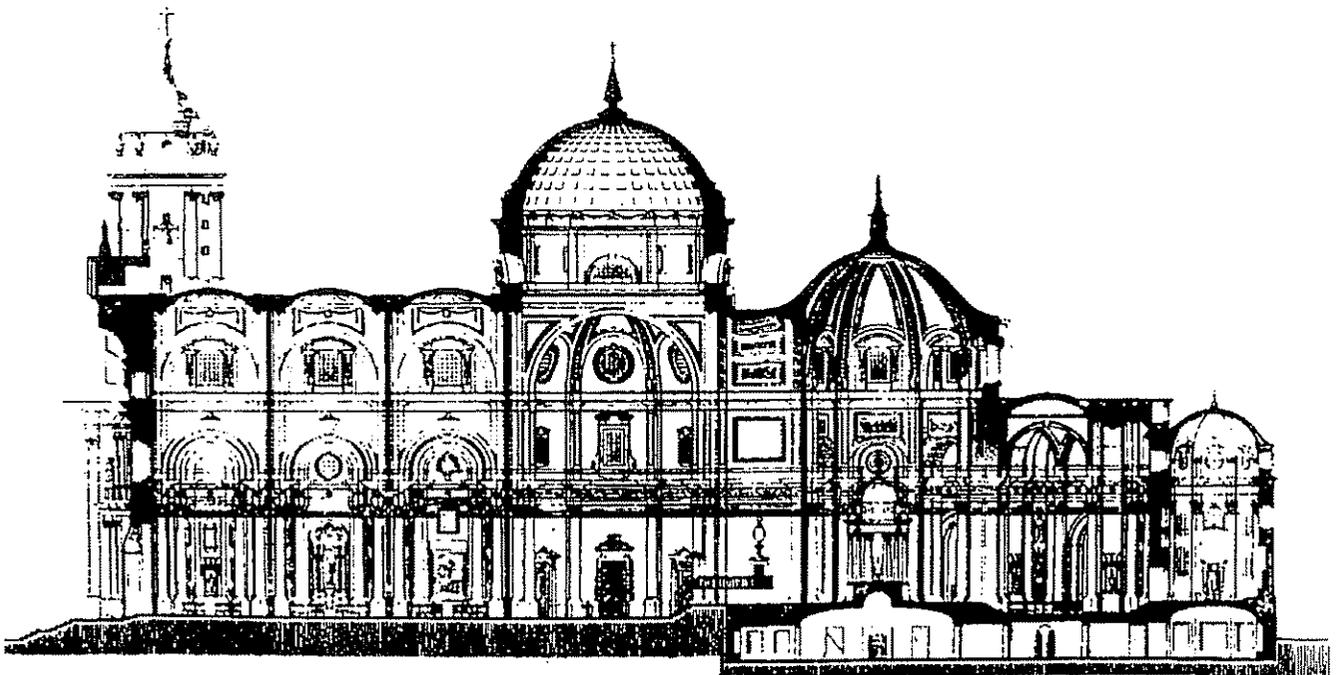
La Capilla del Pocito de Guadalupe, Mexi-
co, par Guerrer y Torres : plan.



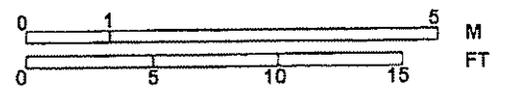
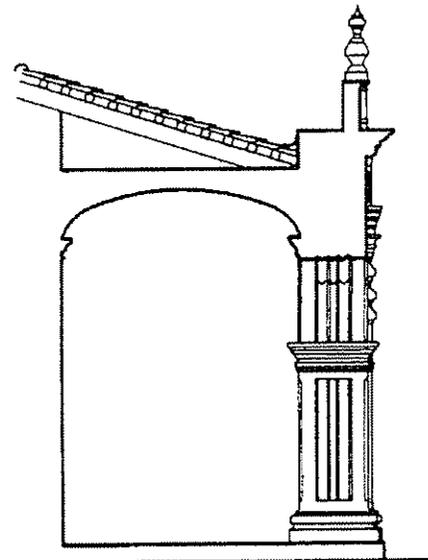
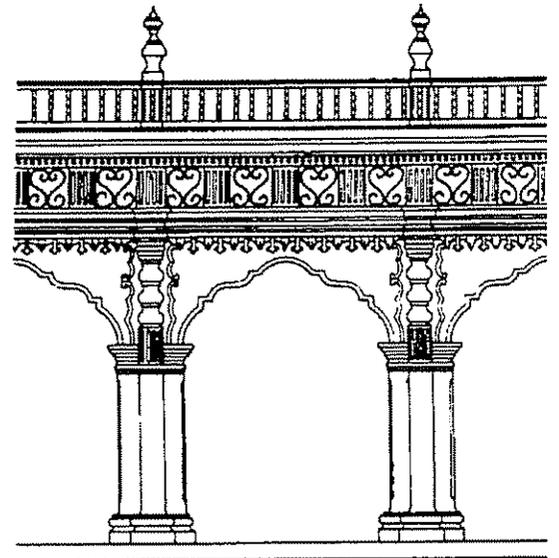
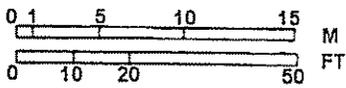
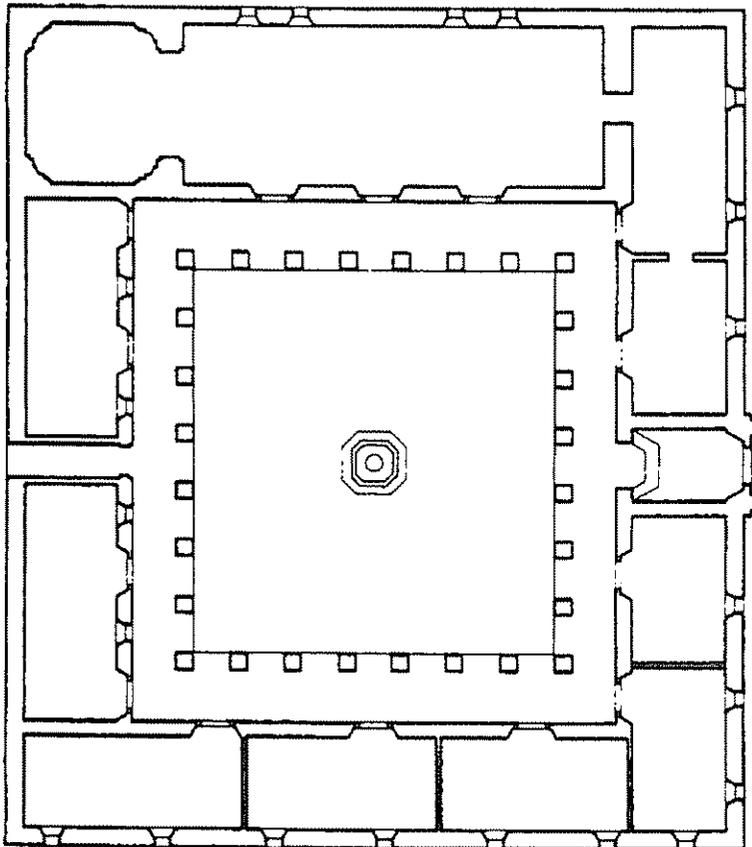
Eglise jésuite de Alta Gracia, Córdoba, Argentine :
plan (d'après Angulo Iniguez).



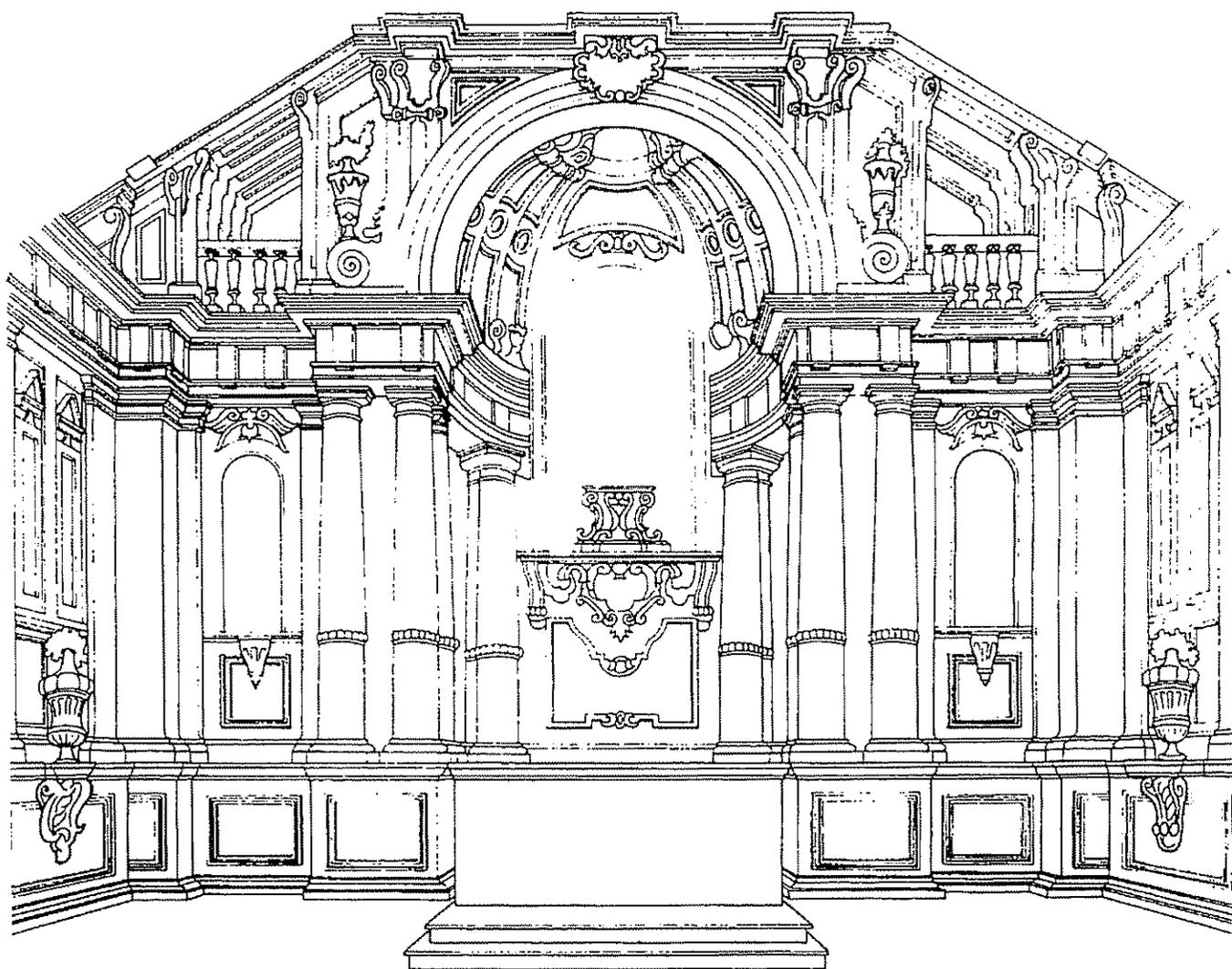
Eglise San Andrés, Madrid : décor (d'après O. Schubert).



Cathédrale de Cadix : coupe longitudinale (d'après O. Schubert).



Université San Carlos à Antigua (Guatemala) : plan 1 :500 - Elévation et coupe d'un portique 1 :100.



Projet de décor en trompe-l'œil pour l'église de Barcelos, par Antonio José Landi, XVIIIe siècle.

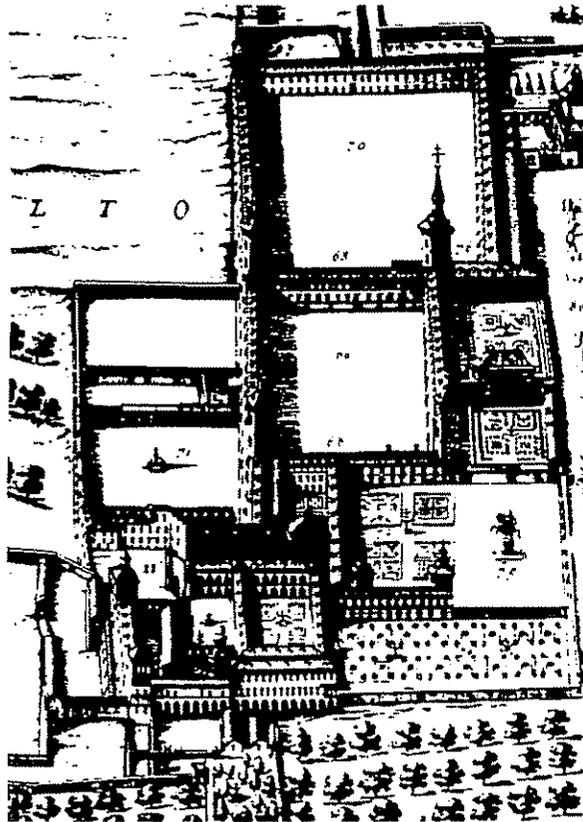
Urbanisme baroque. Urbanisme monarchique français.

Des qualités identiques ou, du moins, analogues à celles de l'architecture permettent de définir l'urbanisme baroque grâce à l'un de ses exemples les plus remarquables, la Rome du XVII^e et du XVIII^e siècle. Aux yeux de l'historien et même du voyageur un peu averti, se découvrent très vite les constantes auxquelles se relie les effets voulus par les constructeurs : la recherche de la surprise, le désir de grandeur et le rôle des eaux. Les deux premiers caractères expliquent qu'à défaut d'espaces réellement amples, l'illusion, la perspective feinte, le trompe-l'œil, les lignes contournées concourent à l'impression d'ampleur. Ils sont inséparables aussi de la flexibilité et du dynamisme, dont les monuments, considérés isolément, offrent des preuves multiples. Ainsi la ville est-elle traitée sensiblement de la même manière que le décor intérieur.

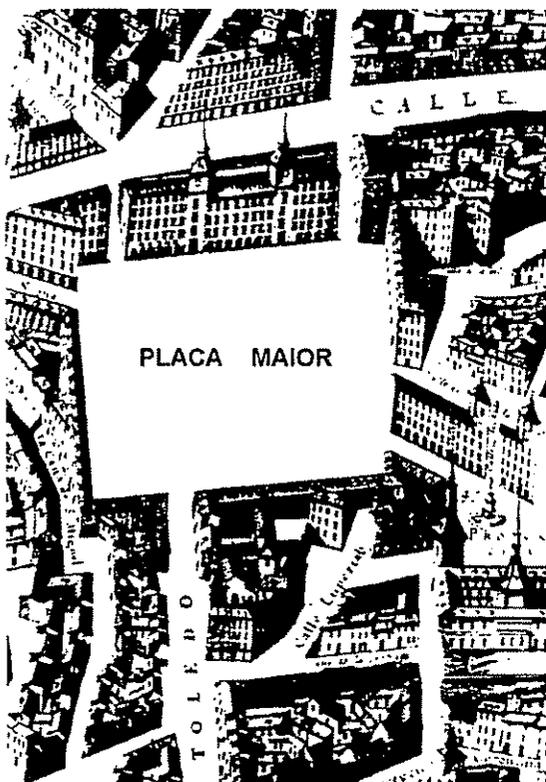
Dans le réseau de places et de voies qu'avait tracé Sixte-Quint (1585 - 1590) à partir des églises de pèlerinage, la Rome baroque s'est développée magnifiquement grâce à la spéculation mathématique et à l'imagination créatrice. Comme l'a bien vu M. Pierre Charpentrat, la colonnade de Saint-Pierre du bernin ne doit pas être considérée en tant que « clôture » ; constituant « une architecture ambiguë, le contraire d'un mur », elle doit être comprise comme « pure organisation de l'espace, actualisation gratuite d'un rêve d'urbaniste ». L'escalier de la place d'Espagne, par A. Specchi et F. de Sanctis, concilie « l'ascendance avec la dilatation, avec les pulsations de l'espace urbain du Seicento ». La place et la fontaine de Trévi, due à Niccolò Salvi, montrent, avec une gracieuse majesté, « l'urbanisme de la surprise et du pittoresque ». Le palais, grâce à la primauté de l'étage noble au relief des toits, aux façades centrées, les églises, les fontaines, prises aussi comme points importants des perspectives, s'intègrent dans la cité. Au total, rues et places, organisées selon des axes savants, absorbent et mettent en même temps en valeur les monuments ; chaque édifice se pose en nuance d'un ensemble homogène, à l'image de la société contemporaine.

Si fastueuse et subtile qu'elle fût, l'expérience romaine n'épuisait pourtant pas les possibilités de l'urbanisme baroque. Ainsi dans la capitale des Habsbourg, à Vienne, on aurait cherché en vain un réseau analogue de places et d'avenues. Au long des rues étroites, l'accent était conféré par le rythme accentué et non plus seulement suggéré des façades : puissance des soubassements, primauté insistante de l'étage noble, parfois doublé ; pesanteur des frontons ; rôle remarquable des parties centrales.

Surtout la France de Louis XIV et de Louis XV a offert des modèles qui, indépendamment du jugement porté sur leur style, ne peuvent être passés sous silence. Il n'est pas question ici de déterminer la part exacte de Classicisme et de baroque que comporte l'art monarchique français. Un examen serein suggère que sa dominante fut classique, spécialement dans les extérieurs, les façades, mais que les nuances baroques et rocaille ont abandonné dans les fêtes et le domaine décoratif. Il importe essentiellement ici de rappeler combien il était difficile, au XVIII^e siècle, pour des souvenirs liés au roi de France par le sang, les mariages dynastiques ou l'admiration, de ne pas être impressionnés - en dehors de tout choix stylistique - par les deux manifestations les plus typiques de l'art bourbonnien, classiques en leurs modèles français, mais susceptibles de se baroquer à l'étranger : le palais et la place royale. Le premier, dont Versailles a réalisé le type parfait, ne servait plus seulement de résidence au prince, de cadre aux manifestations de la vie platinée, mais de siège au gouvernement. Placé en dehors des grandes villes, il mettait le roi et la Cour, grâce aux jardins et aux parcs, en contact direct avec la nature. La place royale - celle des Victoires, la place Vendôme - unissait la conception d'un vaste ensemble urbain et l'hommage dû au souverain, représenté par sa statue.



L'Alcazar et la place du Palais : détail du plan de Teixeira. 1656 (photo Bibliothèque nationale. Paris).

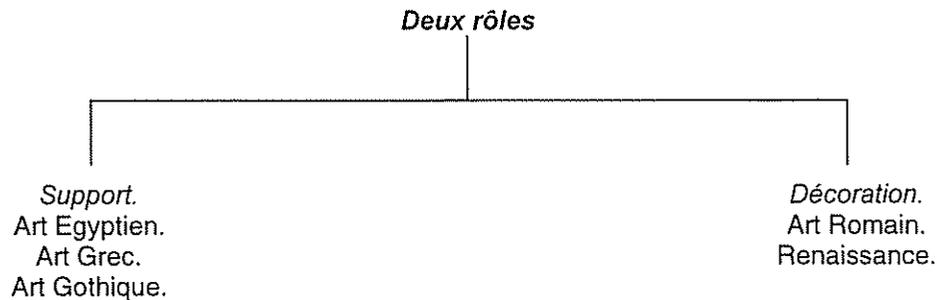


Le Palais du Buen Retiro, Madrid : détail du plan de Teixeira, 1656.

RÔLE - Transformation et évolution de quelques formes architecturales*

A. ELEMENTS

Colonnes



Portiques

Egypte : réservés pour les temples.

Grèce : promenoirs : écoles de philosophie - Lycées - (Le Poecile).

Art Romain : application aux théâtres, marchés, bains et maisons particulières (extension).

Moyen Âge } Le porche devient un abri et non plus un lieu de promenade }
a- Poche au-devant des églises.
b- Cloître.
c- Halles.

Renaissance : loges abritant les oeuvres d'art (Loggia dei Lanzi, Florence).

Style Louis XIV : colonnades : Louvre.

Temps modernes : promenoirs : Cour des Tuileries - Place des Vosges - Rue de Rivoli - Trocadéro.

Frontons

Egypte : inconnu (nature du climat n'a pas fait sentir la nécessité d'une toiture à deux pentes).

Grèce : continuation sur la façade du toit à deux pentes.

Réservé aux temples seuls (temple d'Égine, Parthéon, etc.).

Art Romain : adopté dans les constructions civiles.

Pente des rampants plus accentuée que dans l'art grec.

Usage dans toutes les parties de la construction où il n'a pas plus raison d'être (dessus de portes, de fenêtres, etc... il devient un élément décoratif).

Renaissance : simples motifs décoratifs - Frontons courbés.

Application aux meubles - Frontons brisés.

Temps modernes : imitation antique : Panthéon, Madeleine, etc.

Coupoles

Egypte, Grèce : néant.

Art Romain : premières applications monumentales : Panthéon.

Art Byzantin : coupoles sur pendentifs : Sainte-Sophie.

Art Perse et Musulman : variétés dans les profils, coupoles bulbeuses (art Russe).

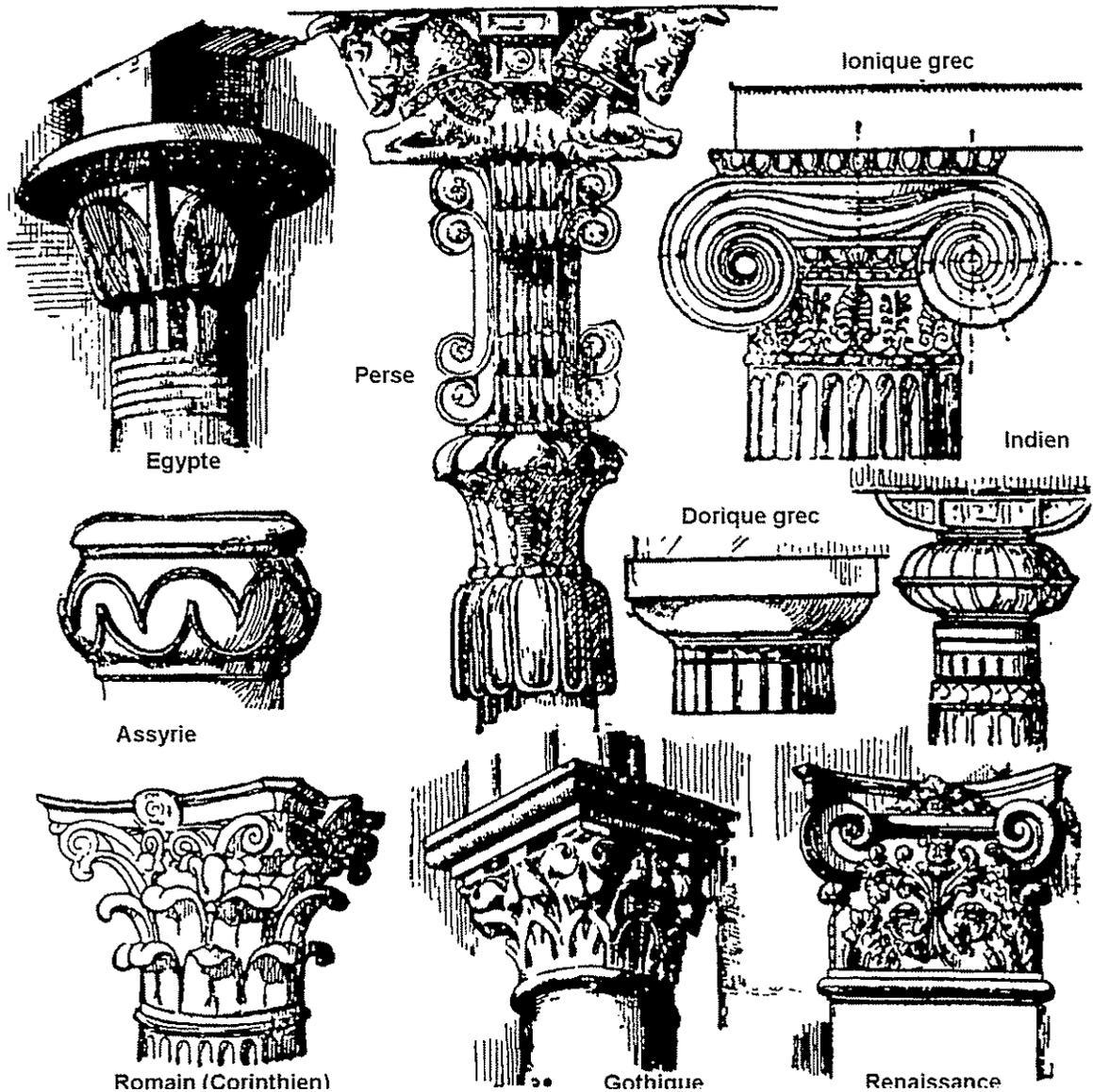
Art Indien : coupoles des pagodes à côtes, striées et à étages.

Renaissance : coupoles des édifices religieux : Sainte-Marie des Fleurs, Saint-Pierre de Rome.

* Les comparaisons entre divers éléments ou divers motifs appartenant tous à une même catégorie permettent d'établir les différences et de saisir très nettement les changements d'aspect et l'évolution des formes; nous donnons ici un aperçu très rapide et très succinct de ce travail, que nous avons du reste l'intention de développer plus tard.

ADDENDA

Temps modernes : double coupole des Invalides.
Eglises Saint-Paul à Londres sur plan octogonal.
Panthéon de Paris : trois coupoles superposées.



Roses

Art chrétien : oculus au-dessus de l'entrée principale des basiliques - pas de divisions intérieures.

XIIe siècle : premières divisions intérieures - formes en trèfle et en quatre-feuilles.

XIIIe siècle : rose d'élargi - divisions intérieures multiples (Reims), emploi restreint dans le Midi.

XIVe siècle : grandes dimensions (Rouen).

XVe siècle : divisions extrêmement nombreuses (Strasbourg).

Renaissance : usage rare - dimensions réduites (Sainte-Clotilde aux Andelys).

Chapiteaux

Diversité infinie - chaque époque a ses chapiteaux nettement caractéristiques, mais dans une même époque on peut en trouver dont les détails soient très variés (par exemple, dans le style gothique, il serait difficile de trouver plusieurs chapiteaux identiques).

B. FORMULES PARTICULIERES A CERTAINS STYLES

Egypte : pyramides.

Assyrie : terrasses étagées.

Art Grec : ordres.

Art Byzantin : coupoles sur pendentifs.

Art Romain : coupoles et voûtes.

Art Roman : contreforts.

Art gothique : travée d'ogive - arc-boutant.

Style Louis XV : rocaille.

Formes Ornementales particulières à chaque style

Arabesques et grottesques

Art Romain : peintures de Pompéi - fantaisies architecturales.

Moyen âge : grottesques des chapiteaux, clefs de voûte, etc.

Renaissance : triomphe de l'arabesque.

Style Luis XIV : Bérain.

Cartouche

Egypte : cartouches à hiéroglyphes.

Art Grec et Romain : néant.

Moyen âge : banderoles (origine dans l'écu ou blason féodal).

Renaissance : jolis cartouches dans les panneaux à arabesques.

Louis XIII : très grande importance - bords découpés en lanières.

Louis XIV : cartouches décorés de mascarons et d'attributs guerriers.

Louis XV : fantaisies non symétriques - coquilles.

Louis XVI : cartouches ovales - encadrements classiques.

Animaux

Art Egyptien : animaux sacrés - le scarabée - le sphinx.

Art Assyrien : taureaux ailés.

Art Perse : chapiteau à taureaux.

Art Grec : supports de tables - pieds de lion à griffes - rythons - bijoux - bucranes - centaures - persistance de la forme sphinx - décor des vases ; frises d'animaux.

Art Romain : griffons - aigles.

Art Byzantin : animaux affrontés.

Art Chrétien : animaux employés comme symbole.

Moyen âge : gargouilles - chimères, montres.

Renaissance : sirènes - montres fantaisistes des arabesques - faïences de Bernard Palissy.

Style Louis XIV : arabesques de Bérain : singes, chèvres, chiens, etc...

Style Louis XV : coquillages.

Style Louis XVI : colombes.

Style Empire : sphinx - cygnes - aigles.

Flore

Egypte : lotus.

Assyrie : pomme de pin.

Art gréco-romain : acanthe.

Moyen âge : acanthe épineuse.

XIIIe siècle : flore indigène : chêne, vigne, fraisier, fougère, iris, trèfle, etc...

XIVe siècle : marronnier, la luzerne, le pied-de-vache, l'érable, etc...

XVe siècle : le persil, le chou frisé, le chardon, la chicorée.

Renaissance : acanthe classique.

Louis XIV : acanthe ample et grasse.

Louis XV : acanthe découpée et contournée, palmes, roseaux.

Louis XVI : acanthe classique - fleurs en bouquets ou en guirlandes.

TABLEAU COMPARATIF

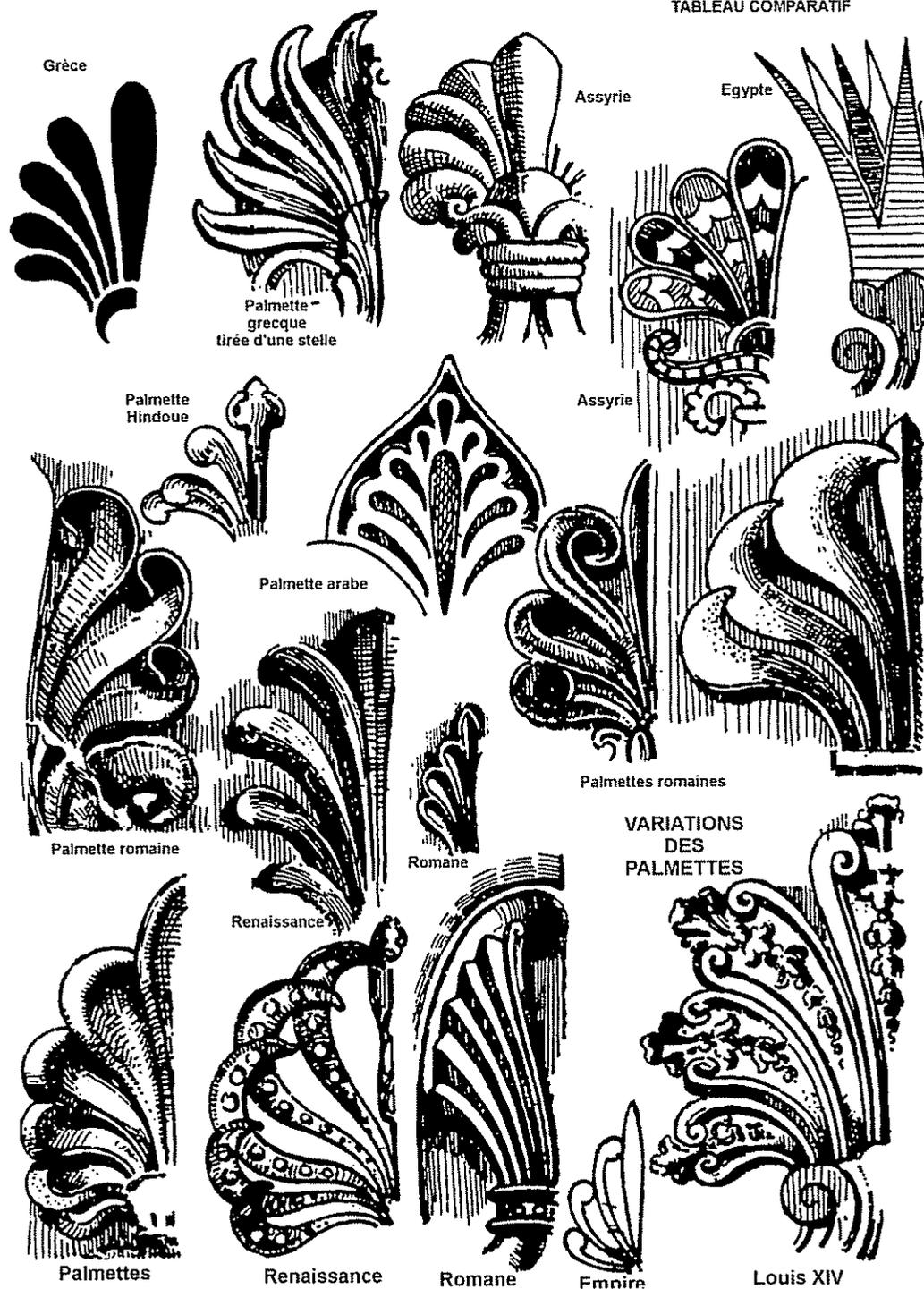
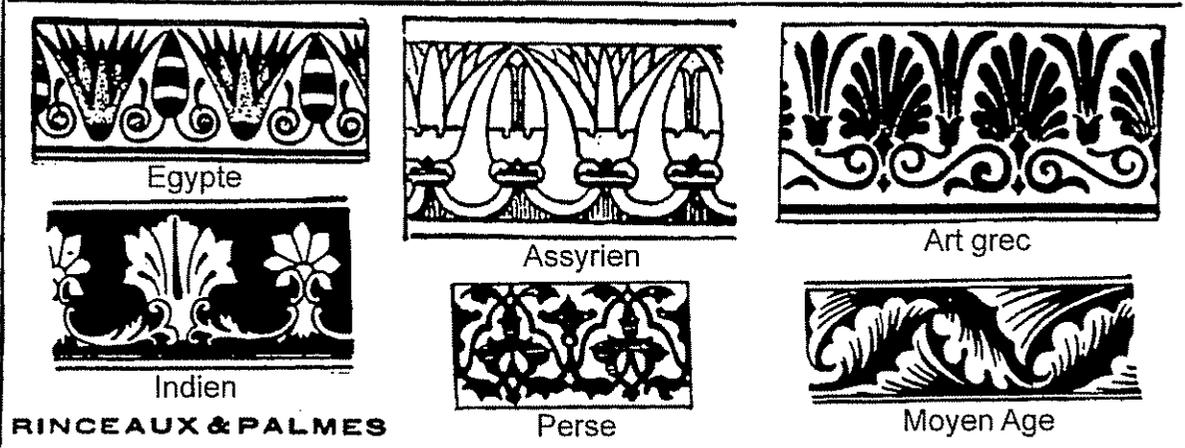
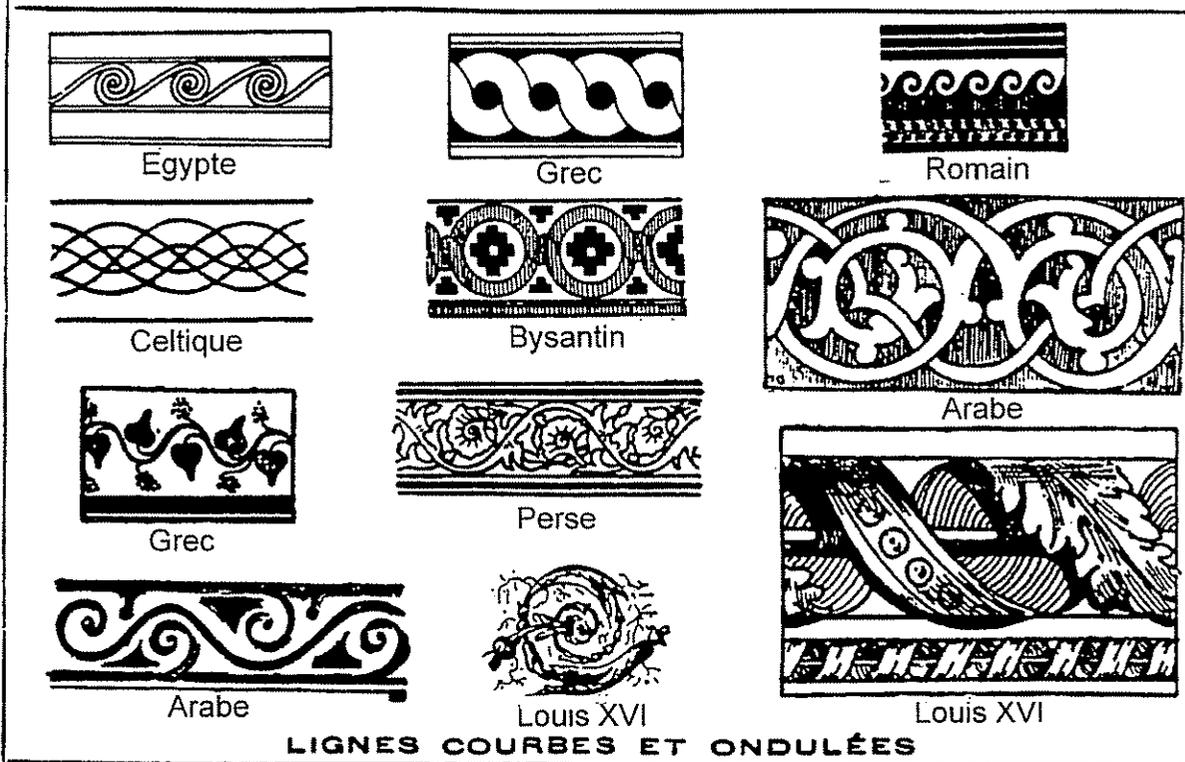
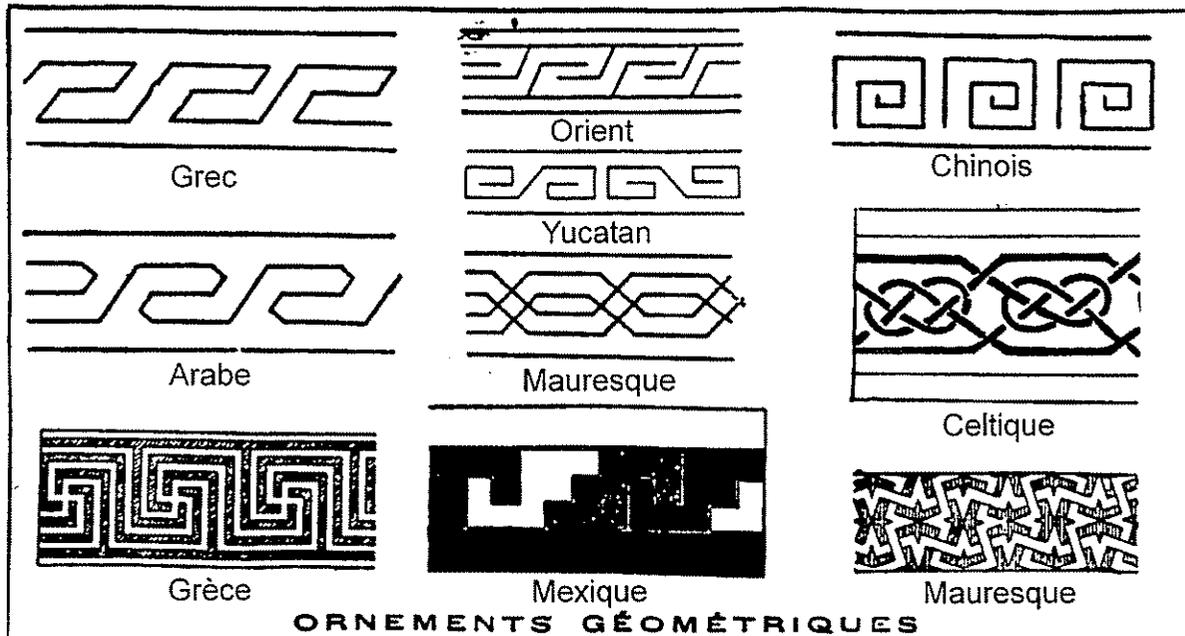


Tableau comparatif de quelques ornements géométriques et floraux



BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GENERAUX

- | | |
|--------------------|---|
| ANDRE MICHEL | <i>Histoire de l'art - 1905.</i> |
| ED. GUILLAUME | <i>Histoire de l'art et de l'Ornement.</i> |
| BAYET | <i>Précis d'histoire de l'art</i> (Bibliothèque de l'Enseignement des beaux-arts - 1908). |
| ROGER PEYRE | <i>Histoire des beaux-arts.</i> |
| S. REINACH | <i>Apollo</i> (leçons professées à l'école du Louvre) - 1910. |
| DIRECTION MUNTZ | <i>Le Musée d'art</i> (Photographies). |
| CHOISY | <i>Histoire de l'Architecture.</i> |
| L. MAGNE | <i>Leçons sur l'histoire de l'art.</i> |
| L. BENEDITE | <i>Histoire des beaux-arts.</i> |
| A. ROUX | <i>Précis d'Histoire de l'art et de la Civilisation.</i> |
| A. LENOIR | <i>Anthologie d'art</i> (Superbes photographies). |
| MAILLART | <i>Athènes.</i> |
| ELIE FAURE | <i>Histoire de l'art.</i> |
| LUBKE | <i>Essai de l'histoire de l'art.</i> |
| RAYET | <i>Etudes d'Archéologie d'art.</i> |
| BEULE | <i>Causeries sur l'art.</i> |
| COURAJOD | <i>Leçons professées à l'école du Louvre.</i> |
| SEROUX D'AGINCOURT | <i>Histoire de L'art par les monuments.</i> |
| BONNARD | <i>Manuel d'Archéologie monumentale.</i> |
| E. BOSC | <i>Dictionnaire raisonné d'Architecture - 1876 - 1880.</i> |
| TAINÉ | <i>Philosophie de L'art - 1881.</i> |
| S. REINACH | <i>Manuel de Philologie classique.</i> |
| G. BOISSIER | <i>Promenades archéologiques.</i> |
| A. DE CAUMONT | <i>Abécédaire d'Archéologie - 1871.</i> |
| HOURTICQ | <i>Histoire de L'art (France) - 1911.</i> |
| L. DESHAIRS | <i>L'art des origines à nos jours. (2 volumes).</i> |
| L. REAU | <i>Histoire universelle des Arts. (3 volumes).</i> |
| L. HOURTICQ | <i>Encyclopédie des Beaux-arts.</i> |

Pour avoir l'analyse des oeuvres, les détails descriptifs et la critique, consulter les ouvrages suivants :

1° ANTIQUITE

GROSSE	<i>Les débuts de L'art - 1902.</i>
G. MASPERO	<i>L'Archéologie égyptienne (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
G. PERROT ET CH. MASPERO	<i>Histoire de L'art dans l'antiquité (t 1 et 2).</i>
O. RAYET ET G. MASPERO	<i>Monuments de L'art antique (t 1).</i>
A. MARIETTE	<i>Itinéraire de la Haute Egypte - 1880.</i>
BEULE	<i>Fouille et découvertes.</i>
MASPERO	<i>Lectures historiques - 1890.</i>
	<i>Histoire ancienne des peuples de l'Orient.</i>
PRISSE D'AVESNES	<i>Histoire de L'art égyptien.</i>
SOLDI	<i>La sculpture égyptienne.</i>
BABELON	<i>L'Archéologie orientale (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
E. DE SARZEC	<i>Découvertes en Chaldée - 1834.</i>
HEUZEZ	<i>Un Palais Chaldéen.</i>
E. BOTTA	<i>Monuments de Ninive - 1849.</i>
PLACE ET THOMAS	<i>Ninive et l'assyrie - 1867.</i>
F. LENORMANT	<i>Manuel de L'histoire ancienne de l'Orient.</i>
FLANDIN ET COSTE	<i>Voyage en Perse - 1851.</i>
DIEULAFOY	<i>Art antique de la Perse - 1885.</i>
SAYCE	<i>The Monuments of the Hittites.</i>
RENAN	<i>Mission en Phénicie - 1864.</i>
CECCALDI	<i>Monuments antiques de Chypre et de Syrie.</i>
CLERMONT - GANNEAU	<i>L'Imagerie phénicienne - 1880.</i>
DE SAULCY	<i>histoire de L'art judaïque - 1858.</i>
M. DE VOGUE	<i>Le Temple de Jérusalem.</i>
S. REINACH	<i>Voyage archéologique en Grèce et en Asie Mineure.</i>
DIEHL	<i>Promenades archéologiques en Grèce.</i>
G. GOUGNY	<i>L'Art antique, choix de lectures.</i>
WINCKELMANN	<i>Histoire de L'art chez les anciens - 1802.</i>
K.O MULLER	<i>Manuel d'archéologie de L'art - 1832.</i>
CHIPIEZ	<i>Histoire critique des origines et de la formation des ordres grecs.</i>
HITTORF	<i>L'Architecture polychrome chez les Grecs - 1851.</i>
LECHAT	<i>Le Temple grec.</i>
MAGNE	<i>Le Parthénon.</i>
M. COLLIGNON	<i>Fouilles de l'Acropole d'Athènes (Revue des Deux Mondes).</i>
BEULE	<i>L'Acropole d'Athènes - 1853.</i>
LALOUX ET MONCEAUX	<i>Restauration d'Olympie.</i>
RAYET	<i>Monuments de L'art antique - 1880.</i>
SCHLIEMANN	<i>Mycènes et Tyrinthe.</i>
M. P. GIRARD	<i>La Peinture antique - 1892.</i>
E. A. GARDNER	<i>Handbook of Greck sculpture - 1907.</i>
COLLIGNON	<i>Histoire de la sculpture grecques - 1892 - 1897.</i>
P. PARIS	<i>La sculpture antique.</i>
H. LECHAT	<i>La sculpture attique avant Phidias.</i>
A. DUMONT ET CHAPLAIN	<i>Les Céramiques de la Grèce propre - 1881 - 1890.</i>
POTTIER	<i>Les statuettes de terre cuite dans l'antiquité - 1890.</i>

RAYET ET COLLIGNON	<i>Histoire de la Céramique grecque - 1888.</i>
BEULE	<i>Le Peintre Apelles.</i>
M. COLLIGNON	<i>Phidias - 1886</i>
F. RAVAISSON	<i>La Vénus de Milo - 1871.</i>
G. PERROT	<i>Praxitèle - 1905.</i>
HEUZEY	<i>Les Figurines antiques du Musée du Louvre - 1883.</i>
E. GEBHART	<i>Dictionnaire des antiquités grecques et romaines.</i>
E. TALBOT	<i>Mythologie grecque et latine.</i>
E. CURTIUS	<i>Histoire grecque.</i>
HEUZEY	<i>Du principe de la draperie antique - 1893.</i>
CH. PICARD	<i>La sculpture antique (Manuels d'histoire de L'art).</i>

Sur les découvertes archéologiques grecques consulter : la *Revue archéologique*, la *Gazette des Beaux-arts* et le *bulletin de correspondance hellénique*.

CHOISY	<i>L'art de bâtir chez les Romains.</i>
MARTHA	<i>L'art étrusque - 1889.</i>
THEDENAT	<i>Le Forum romain et les Forums impériaux.</i>
GUSMAN	<i>Pompéi.</i>
DESGODETZ	<i>Les édifices antiques de Rome.</i>
J. MARTHA	<i>Archéologie étrusque et romaine (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
DAREMBERG ET SAGLIO	<i>Dictionnaire des antiquités grecques et romaines - 1877.</i>
FROEHLER	<i>La colonne Trajane - 1872.</i>
R. ROCHETTE	<i>Choix de peintures de Pompéi.</i>
BAYET	<i>L'art byzantin (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
J. LABARTHE	<i>Le palais impérial de Constantinople et ses abords - Sainte-sophie, le Forum Augustéon et l'Hippodrome - 1861.</i>
DIEHL	<i>Ravenne - 1886.</i>
F. DE VERNEILH	<i>L'Architecture byzantine en France - 1851.</i>
PERATE	<i>L'art chrétien (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
M. DE ROSSL	<i>Rome souterraine.</i>
M. DE VOGUE	<i>Les églises de Terre sainte et l'architecture civile et religieuse de la Syrie centrale du IVe au VIIe siècle.</i>
G. MILLET	<i>Le Monastère de Daphné.</i>
MICHEL PALEOLOGUE	<i>L'art chinois (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
G. LE BON	<i>La civilisation de l'Inde.</i>
J. BOURGOIN	<i>La civilisation des Arabes.</i>
OWEN-JONES	<i>Les Arts arabes.</i>
GIRAULT DE PRANGEZ	<i>L'Alhambra - 1825 - 1842.</i>
PRISSE D'AVESNES	<i>Essai sur l'Architecture des Arabes et des Mores.</i>
	<i>Monuments de l'art arabe.</i>

2° ART GALLO-ROMAIN ET ART ROMAN

S. REINACH	<i>Les gaulois dans l'art antique - 1889.</i>
BARRIERE C. FLAVY	<i>Les Arts industriels de la Gaule du Ve au VIIe siècle - (3 vol) - 1901.</i>

ANTHYME SAINT-PAUL	<i>Histoire monumentale de la France - 1883.</i>
J. QUICHERAT	<i>Mélanges d'Archéologie et d'Histoire -1886.</i>
J. BRUTAILS	<i>Précis d'Archéologie du moyen âge - 1908.</i>
F. DE VERNEILH	<i>L'architecture byzantine en France - 1851.</i>
R. DE LASTEYRIE	<i>Etudes sur la sculpture française du moyen âge - 1902.</i>
MÉRIMÉE	<i>Peintures de Saint-Savin - 1845.</i>
H. LAFFILLÉE	<i>La peinture murale en France avant la Renaissance - 1904.</i>
L. LABANDE	<i>Etudes d'Histoire et d'archéologie romanes (Provence et Languedoc) - 1902.</i>
A. DE ROCHEMONTEIX	<i>Les églises romanes de la Haute Auvergne.</i>
E. RUPIN	<i>L'Abbaye et les Cloîtres de Moissac - 1897.</i>
CH. POREE	<i>L'Abbaye de Vézelay - 1909.</i>
V. RUPRICH-ROBERT	<i>L'architecture normande aux XIe et XIIe siècles - 1884 - 1889.</i>
CLERISSEAU	<i>Les antiquités de France.</i>
CLEUZIQU	<i>L'art national.</i>
ENLARD	<i>Manuel d'archéologie française.</i>
VIOLLET-LE-DUC	<i>Dictionnaire d'architecture française.</i>
L. CHATEAU	<i>Dictionnaire du Mobilier.</i>
CORROYER	<i>Histoire de l'Architecture en France.</i>
REVOIL	<i>L'architecture romane (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
	<i>L'architecture romane du midi de la France.</i>

3° ART GOTHIQUE

GONSE	<i>L'architecture gothique.</i>
VERDIER ET CATTOIS	<i>L'architecture civile et domestique au moyen âge et à la Renaissance - 1858.</i>
ED. CORROYER	<i>L'Abbaye du Mont-Saint-michel -1871.</i>
GAILHABAUD	<i>L'architecture du Ve au XVIe siècle.</i>
VITRY ET BRIERE	<i>L'église abbatiale de Saint-Denis et ses tombeaux - 1908.</i>
M. AUBERT	<i>La Cathédrale Notre-Dame de Paris - 1909.</i>
F. DE GUILHERMAY	<i>Description de la Sainte-Chapelle.</i>
Abbé BULTEAU	<i>Monographie de la cathédrale de Chartres - 1902.</i>
G. DURAND	<i>La Cathédrale d'Amiens - 1913.</i>
E. MOREAU-NELATON	<i>La Cathédrale de Reims - 1915.</i>
GOSSET	<i>Monographie de la cathédrale de Reims - 1894.</i>
CROZES	<i>Monographie de Sainte-Cécile d'Albi - 1873.</i>
E. MALE	<i>L'art religieux en France (4 vol.).</i>
V. VITRY ET BRIERE	<i>Documents sur la sculpture française au moyen âge - 1904.</i>
E. LEFEVRE-PONTALIS	<i>Le château de Coucy - 1909.</i>
VIOLLET-LE-DUC	<i>Histoire d'une forteresse - 1874.</i>
DE BAUDOT	<i>La Cité de Carcassonne - 1878.</i>
A. PERRAULT-DABOT	<i>La sculpture française du moyen âge.</i>
A. KLEINCLAUSZ	<i>L'art en Bourgogne - 1894.</i>
A. LABITTE	<i>Claus Sluter - 1905.</i>
H. MARTIN	<i>Les manuscrits.</i>
	<i>Les miniaturistes français - 1906.</i>

L.. BOUCHOT
G. BENOÎT
O. MERSON
LABARTE

Les primitifs français - 1904.
La peinture française à la fin du XVe siècle - 1901 - 1902.
Les vitraux (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).
Histoire des Arts industriels.

4° RENAISSANCE - TEMPS MODERNES

GEBHART
MUNTZ
BERTEAUX
PALUSTRE

COINDET
REYMOND
VENTURI
CH. BLANC
CH. PERKINS
BURCKHARDT
CH. CLEMENT
M. P. MANTZ
L. HOURTICQ
LEON DE LABORDE
A. BERTHY
DU CERCEAU
E. DAVID
BOUCHOT
L. VITET
A. BABEAU
E. LE NAIL
LAFENESTRE
LAFILLEE
A. GERMAIN
E. MOLINIER
H. BOUCHOT
GELIS-DIDOT
DALBON
L. GILLET
DEHSAINES

H. HAVARD
MAX ROOSES
F. MICHEL
LEFORT
L. SLVAY
LOUIS VIARDOT
GONSE
P. LACROIX

Les origines de la Renaissance en Italie - 1879.
Les précurseurs de la Renaissance.
L'art dans l'Italie méridionale - 1904.
L'architecture de la Renaissance (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).
Histoire de la peinture en Italie.
La sculpture florentine.
Storia dell'arte Italiana - 1901 - 1903.
Histoire de la Renaissance en Italie.
Les sculpteurs italiens - 1869.
Le Cicérone (traduction de Gérard).
Michel-Ange, Léonard de Vinci et Raphaël - 1881.
Les chef-d'œuvre de la peinture italienne - 1870.
La peinture des origines au XVIe siècle.
La Renaissance des Arts à la Cour de France.
La Renaissance monumentale en France - 1864.
Le plus excellents bâtiments de France.
Histoire de la sculpture française - 1853.
Les primitifs français (Librairie Plon-Nourrit).
Le Louvre - 1853.
Le Louvre et son histoire - 1896.
Le château de Blois - 1875.
Jean Fouquet - 1905.
La peinture murale en France avant la Renaissance.
Les Clouets.
Les meubles du moyen âge et de la Renaissance.
Les portraits au crayon des XVIe et XVIIe siècles - 1884.
La peinture décorative en France du XIe au XVIe siècle.
Les origines de la peinture à l'huile - 1904.
La peinture en Europe au XVIIe siècle.
Histoire de l'art dans la Flandre, l'Artois et le Hainaut avant le XVe siècle -1886.
Histoire de la peinture hollandaise.
L'œuvre de Rubens - 1888.
Les musées d'Allemagne : Cologne, Munich, Cassél.
La peinture espagnole.
L'art espagnol - 1887.
Les musées d'Espagne.
La sculpture française depuis le XIVe siècle - 1895.
Lettres, Sciences et Arts au XVIIe siècle.

H. LEMONNIER	<i>L'art français au temps de Richelieu et de Mazarin - 1895.</i>
A. VALABREGUE	<i>Les frères le Nain.</i>
H. BOUCHITTE	<i>Le poussin, sa vie, ses oeuvres - 1858.</i>
A. FONTAINE	<i>Les doctrines d'art en France, de poussin à Diderot - 1918.</i>
E. BOURGEOIS	<i>Le grand siècle - 1896.</i>
A. GENEVAY	<i>Le style sous Louis XIV - 1886.</i>
H. JOUIN	<i>Charles Le Brun et les arts sous Louis XIV - 1889.</i>
H. HAVARD	<i>Les Boullés - 1893.</i>
A. HOUSSAYE	<i>L'art français du XVIIIe siècle - 1860.</i>
P. BOSQ	<i>Versailles et les Trianons.</i>
HAVARD	<i>Dictionnaire de l'Ameublement et de la décoration depuis le XIIIe siècle.</i>
. ROSENTHAL	<i>Du romantisme au réalisme.</i>
S. BLONDEL	<i>L'art à l'époque de la révolution.</i>
R. DE LA SIZERANNE	<i>La peinture anglaise contemporaine.</i>
CH. BLANC	<i>Ecole française.</i>
LAFENESTRE	<i>La peinture française du XIXe siècle.</i>
L. BENEDITE	<i>Le musée du Luxembourg.</i>
H. MAREIL	<i>Les sculpteurs français du XIXe siècle - 1905.</i>
GARNIER	<i>La peinture française au XIXe siècle - 1905.</i>
HAVARD	<i>Histoire de la Verrerie et de l'Emallerie.</i>
G. VOGT	<i>Histoire de l'Orfèvrerie française.</i>
CH. DECK	<i>La porcelaine (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
E. MUNTZ	<i>La Faïence.</i>
C. DE CLARAC	<i>La Tapisserie.</i>
P. DE NOLHAC	<i>Le Louvre et les tuileries.</i>
A. DE CHAMPEAUX	<i>Histoire du château de Versailles.</i>
E. PROMENTIN	<i>Les monuments de Paris.</i>
A. DE CHAMPEAUX	<i>Les maîtres d'autrefois.</i>
MOLINIER	<i>Le meuble (2 vol.) (Bibliothèque de l'Enseignement des Beaux-arts).</i>
P. LAFOND	<i>Le mobilier aux XVIIe et XVIIIe siècles.</i>
GUILMARD	<i>L'art décoratif et le mobilier sous la République et l'empire.</i>
L. FOCILLON	<i>Les maîtres ornemanistes (Librairie Plon-Nourrit).</i>
	<i>La Peinture aux XIXe et Xxe siècles.</i>

LES MAITRES DE L'ART

Collection de monographies d'artistes publiées sous le haut patronage du Ministère de l'instruction publique et des Beaux-arts.

Volumes parus (Librairie Plon) :

BOTTICELLI

Par CH. DIEHL, professeur à la Faculté des Lettres de l'université de Paris.

CHARDIN

Par EDMOND PILON.

DAVID

Par LEON ROSENTHAL, professeur au lycée Louis-le-Grand.

ALBERT DURER

Par MAURICE HAMEL, professeur au lycée Carnot.

GERICAULT

Par LEON ROSENTHAL, professeur au lycée Louis-le-Grand.

GHIRLANDAIO

Par H. HAUVETTE, chargé de cours à la Faculté de Lettres de l'Université de Paris.

GROS ŒUVRE

TAILLE DE PIERRE

**RESSOURCES FORMATIVES
LIVRET OUVRAGES EN PIERRE**



Votre avenir
nous engage

Direction Technique Toulouse
Département Bâtiment Travaux Publics



Taille de Pierre

RESSOURCES FORMATIVES

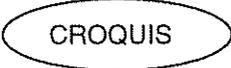
LVRET/OUVRAGES EN PIERRE

LIVRET OUVRAGES DE PIERRE

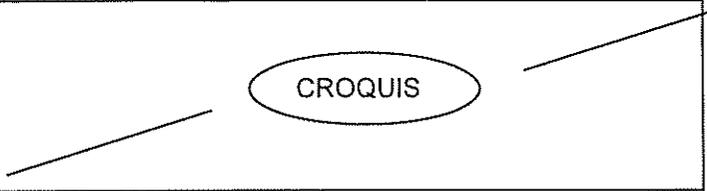
1 -	Questionnaire	Page	3 à 5
2 -	Murs	Page	6 à 24
3 -	Saillies	Page	25 à 29
4 -	Piliers et colonnes	Page	30 à 32
5 -	Moulures	Page	33 à 38
6 -	Baies	Page	39 à 42
7 -	Plates-bandes	Page	43 à 47
8 -	Arcs	Page	48 à 51
9 -	Oeils de bœuf	Page	52 à 55
10 -	Voûtes	Page	56 à 62
11 -	Coupoles et trompes	Page	63 à 67
12 -	Balustrades	Page	68 à 71
13 -	Escaliers et perrons	Page	72 à 82
14 -	Fenestrages	Page	83 à 89
15 -	Édifices	Page	90 à 95
16 -	Stabilité des ouvrages	Page	96 à 100

1 - Questionnaire

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
1	OP 12	Définir et représenter sur 1 croquis : le giron, l'emmarchement, la ligne de foulée, l'échappée, le collet, le limon.	
2	OP 12	Soit un escalier droit qui doit franchir une hauteur de 1,40 m et dont la reculée est de 2,08 m : à l'aide de la formule de Blondel, calculer les dimensions des marches.	
12	OP 5	Quel est le rôle d'une feuillure ? d'un ébrasement ?	
15	OP 7	Citer et dessiner 3 formes d'intrados surbaissés.	
22	OP 14	Situer sur ce plan les différentes parties d'une église. Cf. Plan d'église	
38	OP 7	Qu'appelle-t-on : - Arc surhaussé ? - Arc surbaissé ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
49	OP 9	Quelle différence y a-t-il entre une voûte d'arêtes et une voûtes en arc de cloître ?	
50	OP 9	Dessiner un sommier de voûte d'arêtes et un sommier de voûtes en arc de cloître.	

2 - Murs

La taille des pierres a pour objet l'exécution de toutes les parties du bâtiment qui sont en pierre de taille.

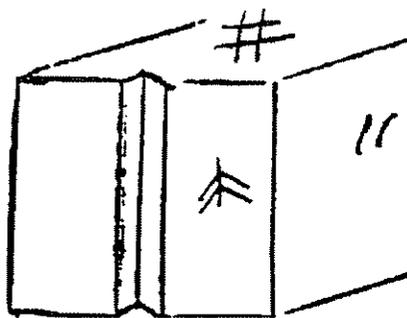
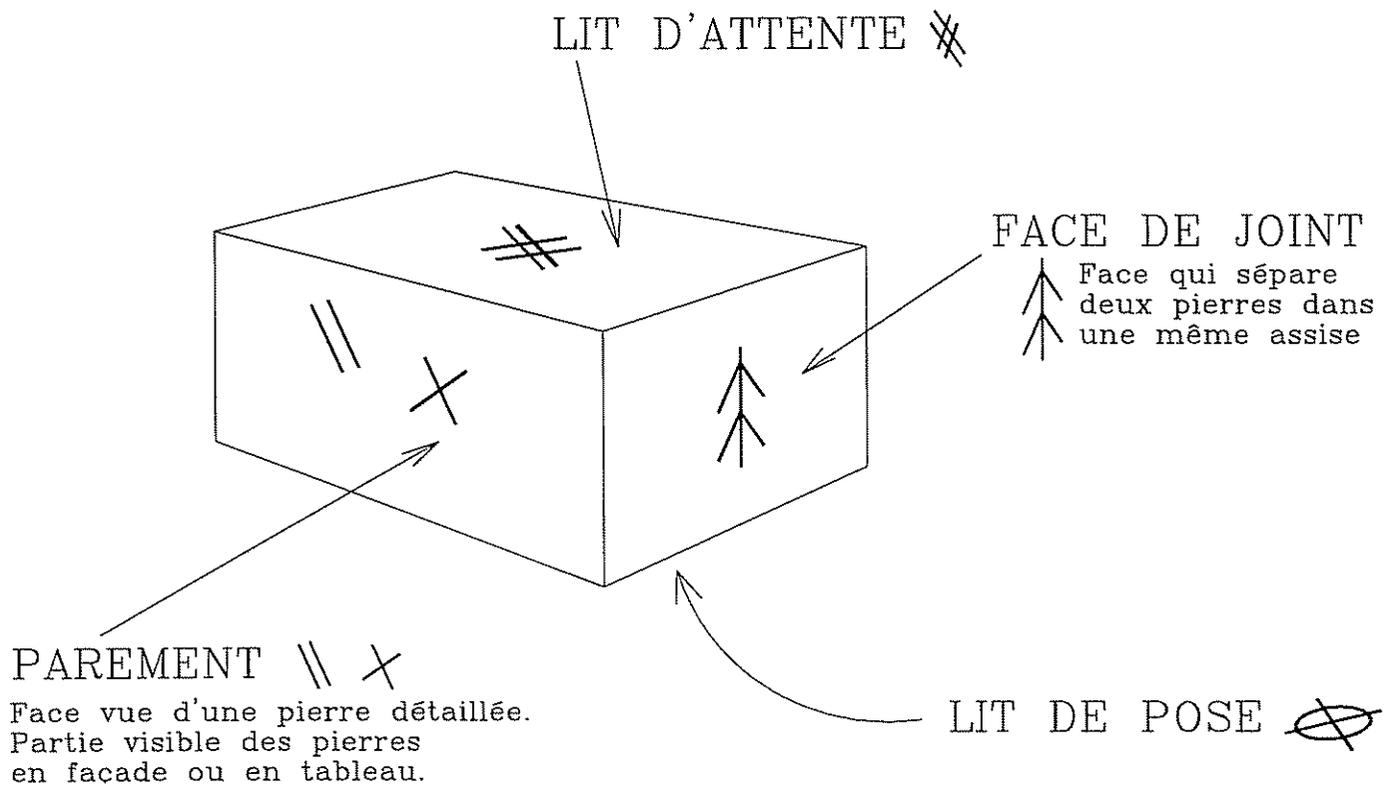
Il faut pour cela : connaître la nature des pierres à employer, savoir utiliser l'outillage approprié à la taille à la pose et au ravalement.

Il faut aussi trouver, au moyen du dessin, les dimensions et les formes des morceaux constituant un ensemble architectural (stéréotomie) - (coupe des pierres).

La coupe des pierres comporte 3 opérations :

- Le projet (plan d'ensemble)
- Le tracé des pierres (épures, levé des panneaux, traçage)
- L'exécution (taille).

SIGNES CONVENTIONNELS DES LITS



FACE DE TÊTE



Face contiguë à un parement, située en retour d'un angle et faisant elle-même parement.

CONTRE PAREMENT **CP**

Face opposée au parement.

Les murs sont des ouvrages de maçonnerie d'épaisseur variable, composés de matériaux solides, juxtaposés et superposés, liés ou non entre eux, pour former un ensemble stable. Ils sont destinés à porter, à clore ou à séparer et doivent résister à l'action des différentes forces qui les sollicitent.

Différentes appellations de murs suivant leurs fonctions.

Le mur de fondation pratiqué dans le sol, il sert de base à la construction.

Le mur de cave ou de sous-sol adossé au terrain qu'il retient, souvent il est aussi le mur de fondation.

Les gros murs comprennent les murs formant l'enceinte d'un bâtiment, qu'ils soient porteurs ou non, ainsi que les murs intérieurs épais, dans ce cas généralement porteurs.

Le mur de soubassement assis sur la fondation, c'est le départ de la construction hors sol, souvent il se différencie du reste de l'édifice par son importance et la taille de son parement.

Le mur de façade appelé aussi gouttereau quand il doit recevoir le cheneau, il limite la construction à l'extérieur, supporte les planchers et la charpente. La façade principale percée de nombreuses ouvertures est toujours la mieux exposée, nous y trouvons généralement l'entrée d'honneur.

Les murs rideaux Dans une construction, composée d'une ossature en acier ou en béton, leur fonction est de séparer l'intérieur de l'extérieur. Ils sont également les murs de façades.

Le mur pignon, mur latéral, limitant la construction sur ses côtés, il s'élève jusqu'au dessous du toit, en le profil et supporte les pannes de charpente. Il est appelé coupe feu s'il surmonte la toiture entre deux propriétés. Le mur pignon peut être aussi mur de façade.

Le mur de refend transversal ou longitudinal, il divise le bâtiment, supporte le plancher et les conduits de cheminées, perpendiculaire à la façade, élevé jusqu'au toit il remplace la charpente (ferme) et supporte les pannes.

Le mur de cloison de faible épaisseur divise un appartement.

Le mur d'allège partie du mur de façade comprise entre le plancher et l'appui d'une baie, souvent son épaisseur est réduite.

Le mur dossier construit pour adosser des cheminées, surmonte la toiture.

Le mur bahut de faible hauteur, mais puissant est employé comme garde-corps, parapet de pont, il peut être surmonté de grilles.

Le mur en décharge est soulagé d'un poids excessif par des arcs de décharge.

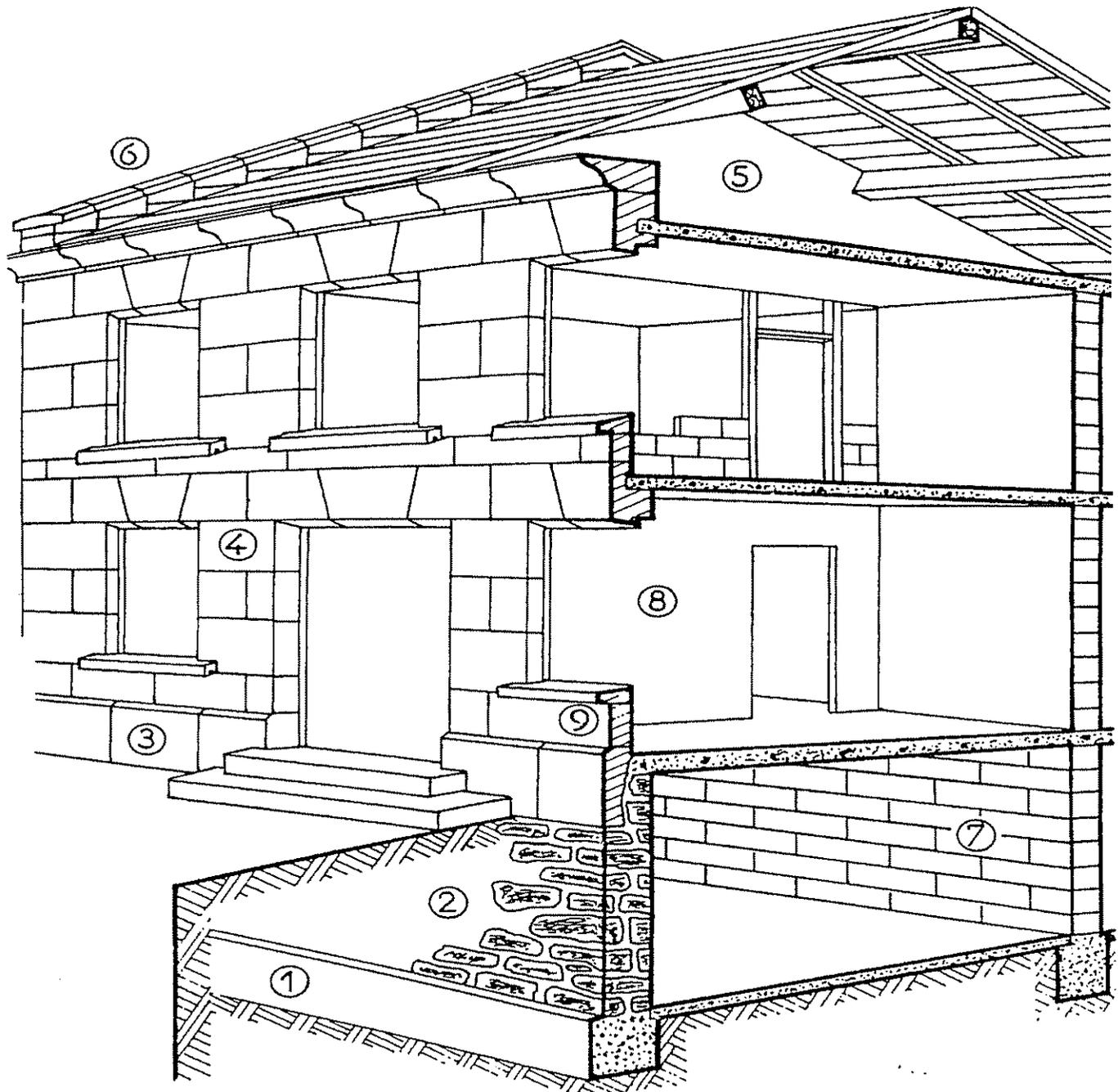
Le mur en retour est construit perpendiculairement à un autre mur avec lequel il forme équerre.

Le mur mitoyen est commun à deux propriétés qu'il sépare.

Le mur de clôture délimite un espace, une propriété, il ne supporte aucune charge.

Le mur de soutènement ou terrassé est destiné à maintenir des terres ou des remblais, pour résister aux poussées, il peut être construit incliné, en talus ou en gradins.

Le mur en aile, courbe, rampant ou en talus, il est utilisé pour arc buter un ouvrage, soutenir les berges d'un fleuve, protéger les culées d'un pont.



① Fondation

② Mur de sous sol

③ Soubassement

④ Façade

⑤ Pignon mitoyen

⑥ Mur coupe feu

⑦ Refend

⑧ Cloison

⑨ Allège

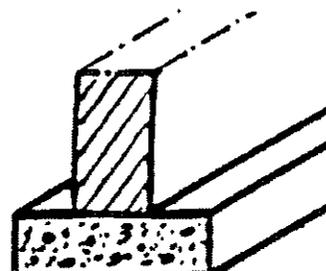
LES FONDATIONS

La fondation est la partie de construction qui transmet toutes les charges aux couches résistantes du sol.

En fonction de la NATURE et de la QUALITE DES SOLS, différents MODES DE FONDATIONS sont utilisés :

FONDATIONS EN RIGOLES

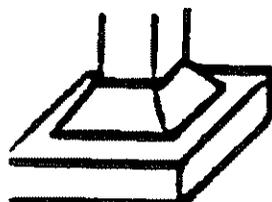
- Conviennent pour les constructions légères,
- Sont généralement peu profondes,
- Leur largeur n'excède guère celle du mur à soutenir.



FONDATIONS SUR SEMELLES

(Isolées ou filantes)

- Souvent en béton armé,
- Leur forme et leurs dimensions sont définies en fonction des charges à supporter.



FONDATIONS SUR RADIER GENERAL

- Adoptées pour les constructions qui nécessiteraient des semelles presque jointives,
- Cette solution est adoptée lorsque le terrain est peu résistant mais homogène sur l'ensemble de la surface du radier.

FONDATION SUR PUIITS

- Permettent de reporter de fortes charges sur des couches résistantes à grande profondeur.



FONDATIONS SUR PIEUX

(Battus ou moulés dans le sol)

- Des techniques différentes permettent soit de faire porter la base du pieu sur le BON SOL, soit de considérer que la cohésion du pieu au terrain est suffisante pour absorber les charges.

Pour classer les murs on peut se baser sur la nature et la position des surfaces qui les limitent.

Celles-ci peuvent être : planes, cylindriques, coniques ou gauches.

La combinaison de ces quatre espèces engendrent d'autres variétés.

Généralités Différents types de murs

Les murs à surfaces planes comprennent : les murs droits, les murs biais, les murs en talus, les murs biais en talus, les murs rampants et les murs rampants en talus.

Le mur droit est compris entre deux plans verticaux parallèles.

Le mur en talus a l'un de ses plans incliné, lorsque le mur doit résister à des poussées s'exerçant alternativement sur les deux faces, les deux parements sont inclinés.

Le mur en biais est compris entre deux plans verticaux, mais non parallèles en plan l'épaisseur du mur varie d'une manière continue.

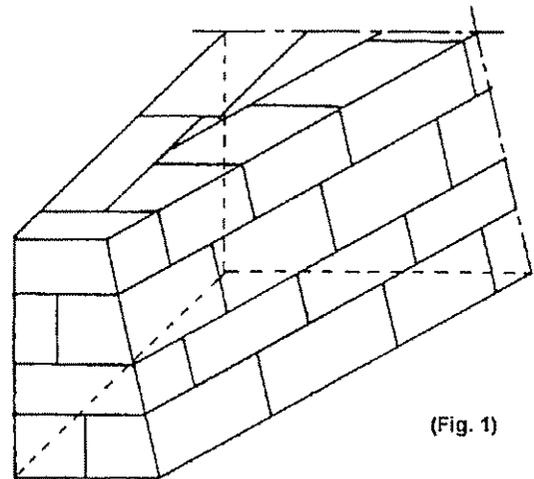
Le mur biais en talus est une combinaison de deux murs précédents, son épaisseur varie en plan et en coupe verticale (Fig. 1).

Le mur rampant est un cas particulier du mur en talus dans lequel l'inclinaison plus considérable se trouve dans le sens de la longueur.

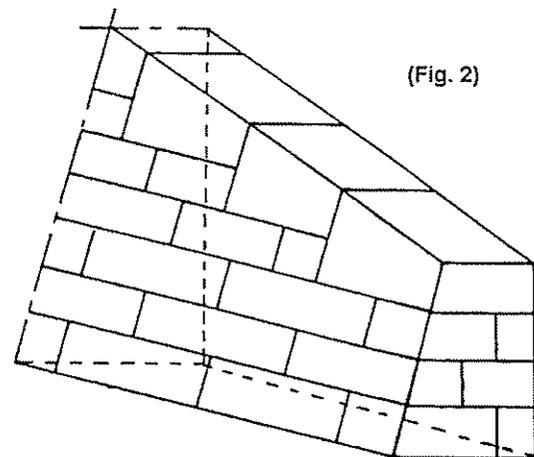
Le mur rampant en talus est la combinaison du mur rampant et du mur en talus, sa face supérieure doit avoir une largeur constante (Fig. 2).

Les murs à surfaces cylindriques se subdivisent en murs cylindriques droits et murs cylindriques obliques.

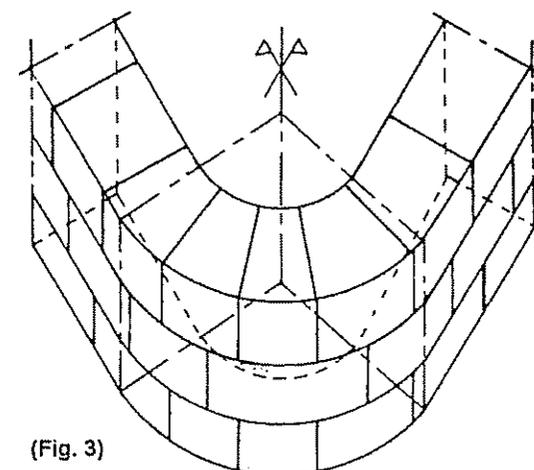
Le mur cylindrique droit est compris entre deux surfaces cylindriques à génératrices verticales, ces surfaces peuvent avoir des bases circulaires elliptiques ou quelconques (Fig. 3).



(Fig. 1)



(Fig. 2)



(Fig. 3)

Parement brettelé. Même exécution que pour le parement rustiqué, mais obtenu avec le marteau taillant brettelé.

Parement layé. Succession de traces plus ou moins irrégulières laissées par la laye (à tranchant droit).
Layage machine sillons, régulièrement espacés.

Parement smillé. Dressé à la broche, les coups sont rapprochés les uns des autres sous forme de sillons parallèles comme dans le parement broché.

Parement taloté. Obtenu à la boucharde avec plaquettes à 4, 9 ou 16 dents.

Parement bouchardé. Comme le parement taloté, avec plaquettes plus fines.

Parement charrué. Spécial au grès, se fait à l'aide de la charrue, ciseau large de 8 à 20 cm, donne l'apparence d'une ciselure avec une grande régularité.

Parement peigné. Spécial au grès se fait à l'aide du peigne, (sorte de rustique tout métal) donne un aspect proche du parement rustiqué.

Parement scié. Reste brut de sciage, soit scié par scie à lames sur châssis, passe-partout, scie à chaînes, fil hélicoïdal, scie à disque.

Parement ravalé. Obtenu au chemin de fer.

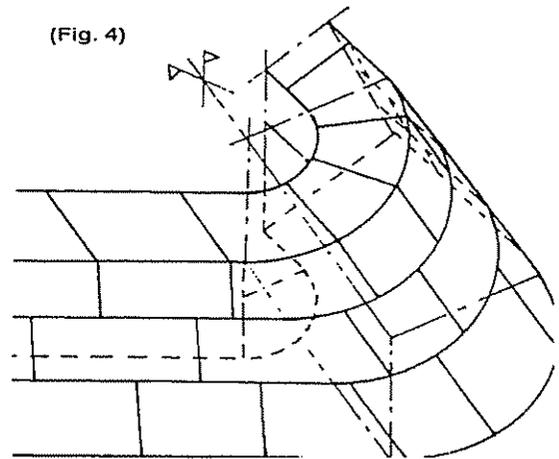
Parement égrisé. Présentant une surface unie couverte de fines rayures de directions quelconques obtenues à l'aide de meules et d'abrasifs (grès).

Parement adouci. Même procédé pour le parement égrisé, avec emploi de meule et d'abrasif plus fins.

Parement poli mat. Même principe que pour les parements égrisés et adoucis. Rayures très fines approchant le poli brillant.

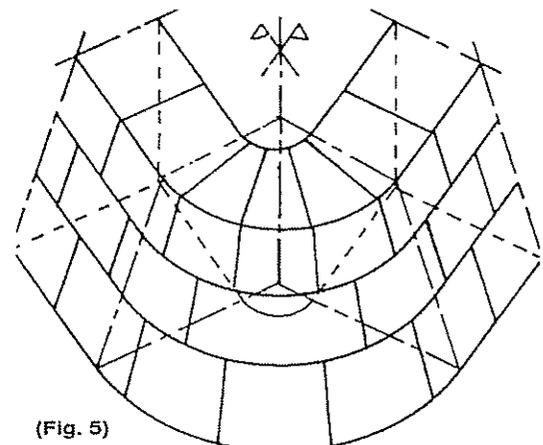
Parement poli brillant. Opération complétant la précédente, par le passage au feutre et de potée d'étain.
Aucune rayure ne reste visible et la lumière se réfléchit sur la pierre.

Le mur cylindrique oblique est compris entre deux surfaces cylindriques à génératrices obliques, ces surfaces peuvent avoir également des bases circulaires, elliptiques ou quelconques (Fig. 4).

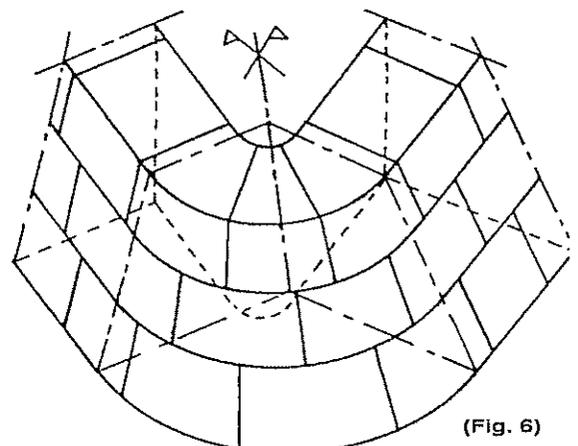


Les murs à surfaces coniques se subdivisent également en murs coniques droits et murs coniques obliques.

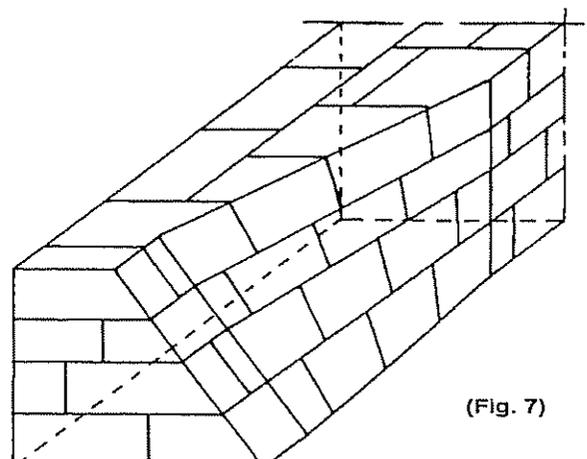
Le mur conique droit est compris entre deux surfaces coniques ayant pour axe vertical (Fig. 5).



Le mur conique oblique est compris entre deux surfaces coniques mais leur axe est incliné. Comme les murs cylindriques, les murs coniques peuvent avoir des bases circulaires, elliptiques ou quelconques (Fig. 6).



Les murs à surfaces gauches sont employés concurremment avec les murs droits, cylindriques, coniques et de différents talus pour leur raccordement (Fig. 7).



On nomme appareil de mur la disposition apparente des matériaux employés pour sa construction.

L'appareil varie suivant la nature des matériaux, leur taille, les habitudes locales et l'aspect que l'on désire obtenir. Chaque mode d'architecture a adopté un appareil qui lui est particulier, en se soumettant toutefois à des règles communes. L'examen d'un appareil conduit souvent à reconnaître l'époque d'une construction.

Les divers appareils de murs employés de nos jours, peuvent se classer en deux catégories.

1. Les appareils réglés.
2. Les appareils non réglés.

1. Les appareils réglés comprennent tous les appareils qui nécessitent une taille précise pour obtenir des assises de hauteurs égales et des lits horizontaux.

Maçonnerie de pierre de taille

L'appareil à assises régulières (Isodomon des grecs). Toutes les assises ont la même hauteur. Les pierres sont disposées de manière que les joints verticaux d'une assise correspondent au milieu des pierres placées au dessous et au dessus.

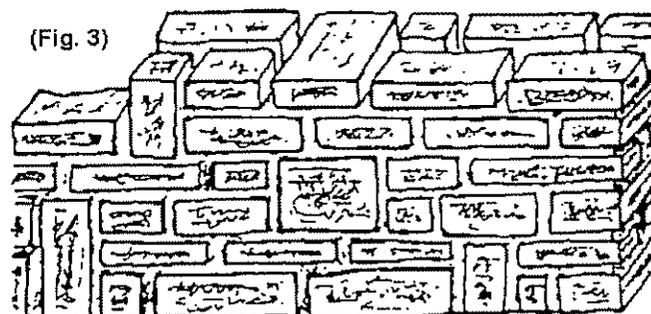
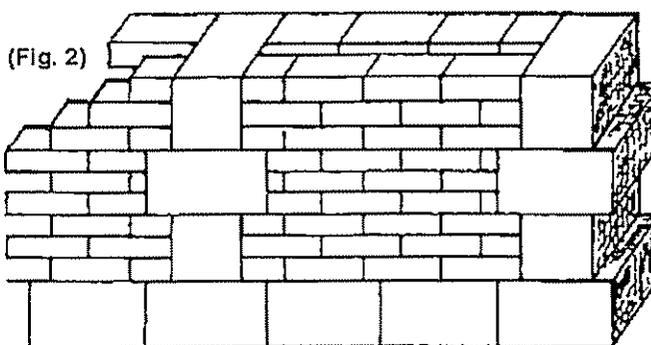
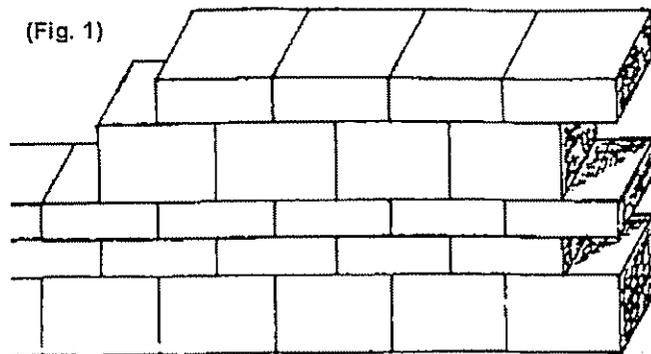
L'appareil à assises alternées (Pseudo-isodomon) comme l'indique son nom, il se compose d'assises d'inégales hauteurs qui s'alternent en se superposant. Ces deux appareils exigent des pierres de longueur identique, aussi est-il courant de ne pas respecter cette règle, toutefois, les joints verticaux de deux assises qui se superposent ne doivent jamais correspondre mais avoir un décrochement d'un minimum de 10 cm (Fig. 1).

L'appareil composite ou mixte (appareil romain) consiste à alterner des rangs de briques avec un ou plusieurs rangs de pierres. On peut obtenir des effets décoratifs en associant la pierre de taille et la brique en damier, en chaîne verticale, chaîne d'angle, jambages de baies, plates-bandes, etc. (Fig. 2).

Maçonnerie de moellons

L'appareil moderne ou mosaïque moderne, chaque pierre dont le parement est un parallélogramme rectangle, doit être taillée avec exactitude, sa disposition peut être horizontale ou verticale.

Un calepin et un ordre de montage sont nécessaires pour la pose qui exige beaucoup de soins (Fig. 3).



L'appareil assisé : les moellons doivent se présenter d'épaisseur uniforme, la longueur variant il est bon d'alterner les moellons courts et les plus longs ainsi que les assises d'épaisseurs inégales. Les joints doivent tous se recouper d'une assise à l'autre.

2. Les appareils non réglés : les pierres employées de hauteurs et de formes toutes différentes, ont leurs joints et leurs lits irréguliers. Ces appareils s'adressent plus particulièrement aux maçonneries de moellons.

L'appareil cyclopéen : dans la Grèce antique, les blocs parfois énormes étaient posés tels quels laissant entre eux des vides bouchés par des pierres plus petites.

De nos jours, cet appareil n'est que très rarement employé. Les pierres grossièrement taillées sont posées à sec ou à bain de mortier sans souci des joints, des pierres plus petites viennent boucher les vides trop importants.

L'appareil polygonal comprend tous les appareils dont le parement de chaque pierre est limité par des lignes droites.

L'appareil opus incertum ou opus incertum, c'est-à-dire à joints incertains, le parement polygonal est à nombre de côtes quelconque, les angles saillants doivent épouser approximativement les angles rentrants formés par les pierres déjà en place. Chaque parement de pierre doit être sensiblement identique et l'ensemble avoir une apparence ordonnée (Fig. 4).

L'appareil mosaïque : les pierres sont très soigneusement taillées suivant des polygones réguliers (Fig. 5).

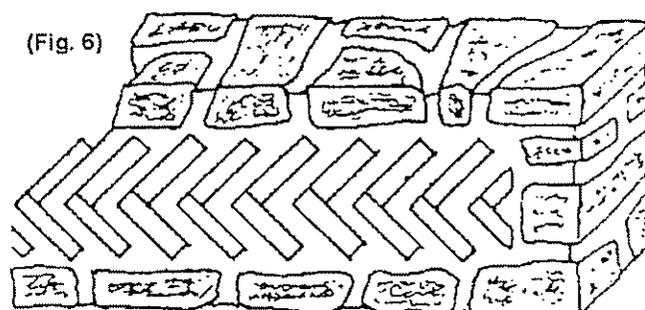
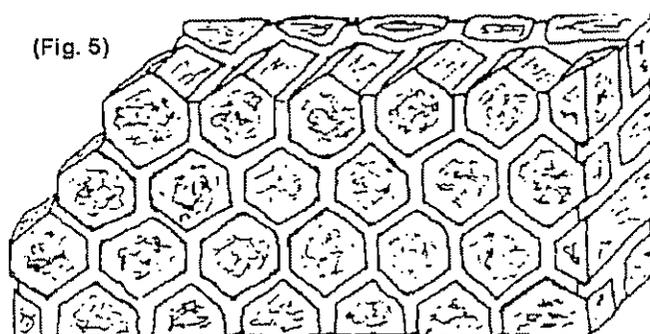
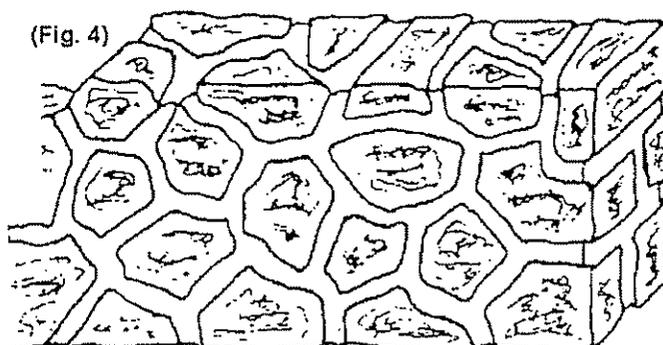
L'appareil mosaïque brouillée comme le précédent mais à nombre de côtés quelconques.

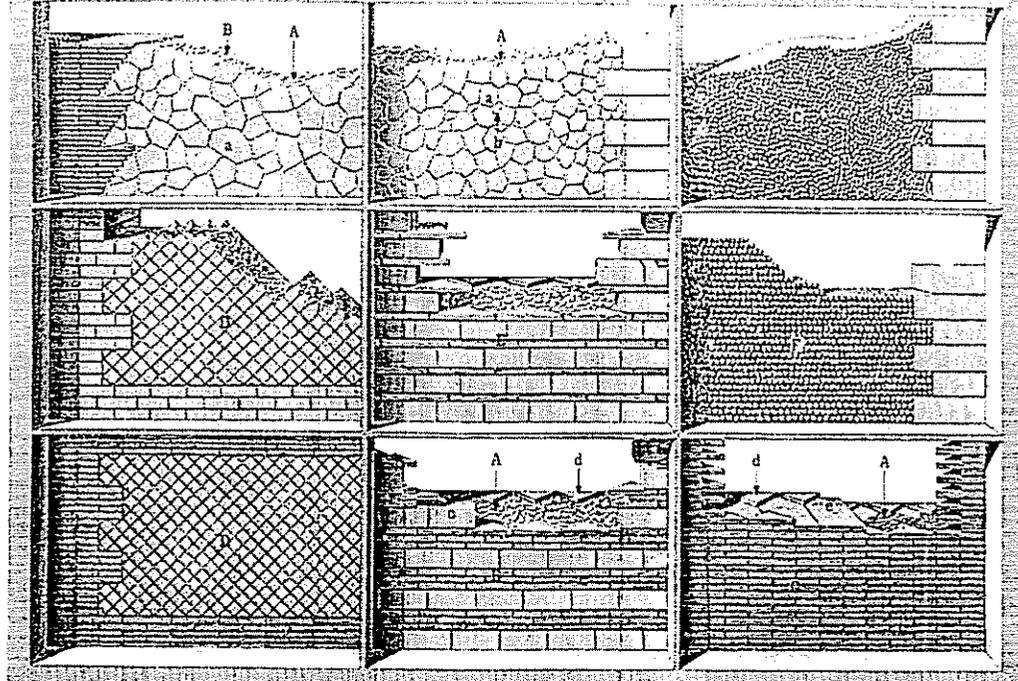
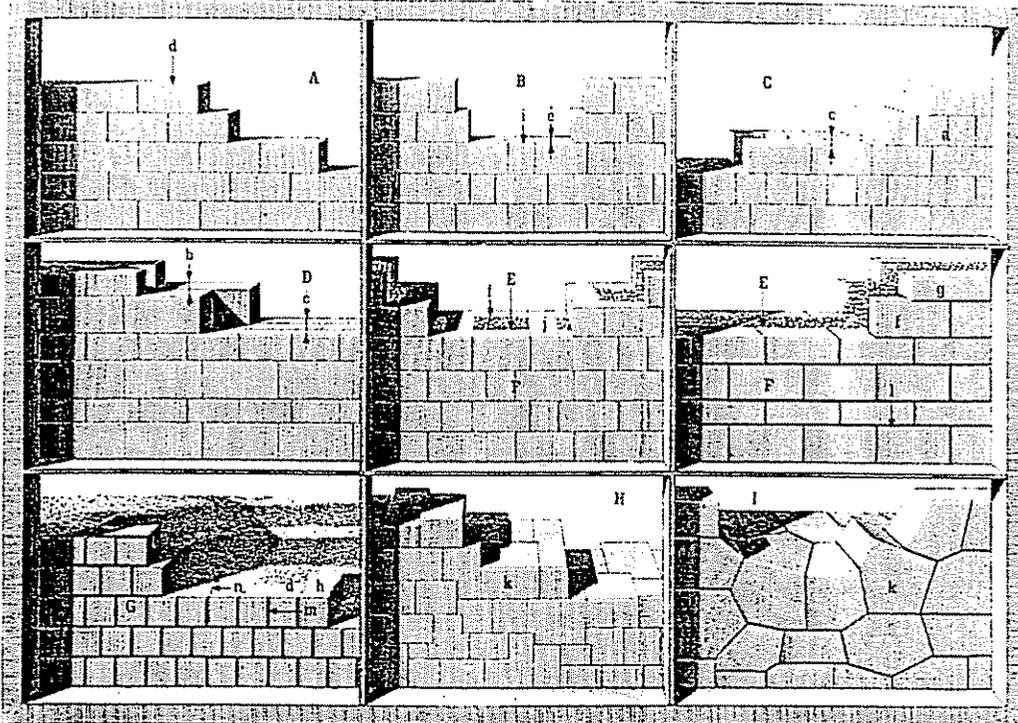
L'appareil mosaïque rayonnante : de gros moellons épars semblent être le centre d'attraction de plus petits disposés autour.

L'appareil maçonnerie ordinaire : composé de moellons bruts de taille sommaire, est réservé pour les maçonneries devant recevoir un enduit.

L'appareil composite : très proche de l'appareil composite pierres de taille et briques, il est constitué de rangs de moellons assisés, ou en opus qui s'alternent avec des rangs de briques (Fig. 6).

Dans certaines régions des lits de galets remplacent la pierre et permettent de réaliser des ouvrages très décoratifs et pittoresques.





[62]

- A. Appareil simple (55), régulier, allongé, plein-sur-joint (56)
 B. Appareil double (55), régulier (56), harpé (59), en carreaux et boutisses (56)
 C. Appareil triple (55), régulier, à alternance d'assises cubiques et d'assises allongées (56)
 D. Appareil tripl d'assises régulières allongées (56)
 E. F. Maçonnerie fourrée (55)
 E Fourrure (55)
 F. Appareil de revêtement (55)
 G. Appareil de revêtement (55), régulier, plein-sur-joint, en carreaux et boutisses (56), à bossages en table simulant (63) un appareil cubique (56)

- H. Appareil double, polygonal rectangle (55)
 I. Appareil double, polygonal (55)
 a. Assise parpaigne (58), cubique (56) en boutisses (58)
 b, c, d. Assise allongée (56), en carreaux (58)
 b. Assise double (55)
 c. Assise triple (55)
 d, e, f, g. Carreau (58)
 e. Carreau double (58)
 f. Carreau de champ (58)
 g. Carreau à plat (58)
 h, i, j. Boutisse (58)
 i. Boutisse parpaigne (58)

- j. Boutisse parpaigne (58) formant chaînage (60)
 k. Pierre de taille (53)
 l. Joint refendu (58)
 m. Faux-joint (58)
 n. Tenon (54)

- E. Appareil mixte de revêtement (55) à alternance d'assises régulières (56)
 F. Appareil réglé (56)
 G. Appareil de revêtement (55) régulier, allongé, plein-sur-joint (56)

- a. Moellon à tête dressée (53)
 b. Caillou (53)
 c. Pierre de taille (54) en carreau (58)
 d. Brique à queue triangulaire (53)
 e. Brique en boutisse parpaigne (58)

[64]

- A, B. Maçonnerie fourrée (55)
 A. Fourrure (55)
 B. Appareil de revêtement irrégulier (55)
 C. Blocage de cailloux (55)
 D. Appareil réticulé (57)

Empilage et stabilité des ouvrages en maçonnerie

Les matériaux dont on dispose pour la construction des ouvrages en maçonnerie (pierres naturelles, béton, briques d'argile cuite, etc.) se mettent en œuvre par empilage. L'ensemble des règles propres à l'empilage constitue « l'art de maçonner ».

1. MATERIAUX

Presque tous les matériaux utilisés sont anisotropes, c'est-à-dire qu'ils sont orientés, qu'ils possèdent des caractéristiques différentes suivant la direction qui sert à les évaluer. La condition principale est que chaque matériau remplisse sa fonction avec sécurité (avant toute autre considération d'économie ou d'effet plastique) ; il y a donc lieu de les poser de telle sorte qu'ils présentent la meilleure résistance aux efforts auxquels ils sont soumis.

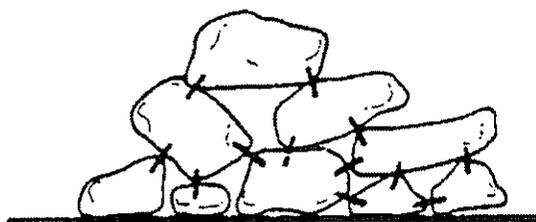
Comme leur résistance à la traction est faible, on les dispose de telle sorte qu'ils ne travaillent qu'à la compression, c'est-à-dire :

- Pour les pierres naturelles : suivant leur lit de carrière.

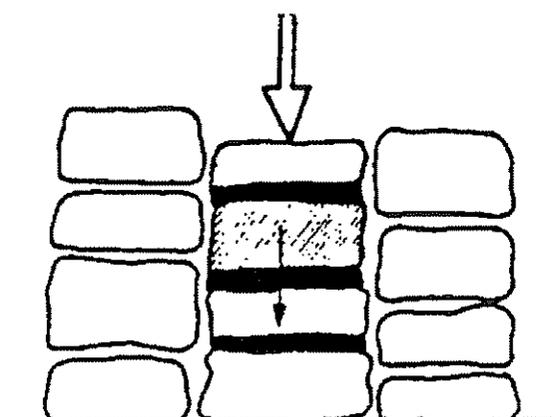
2. ORGANISATION DE LA MAÇONNERIE

Entassement brut

Contacts ponctuels, localisés au hasard, stabilité précaire.
C'est le cas du tas de graviers, de mur en pierres sèches.



Contact et frottement par point



Contact et frottement sur 1 élément

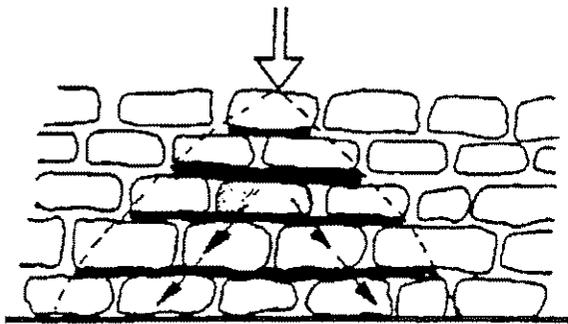
Superposition par piles

Les charges ne sont pas réparties dans l'ensemble du mur ; d'où tassements locaux ; c'est ce qu'il ne faut pas faire en matière d'appareil.

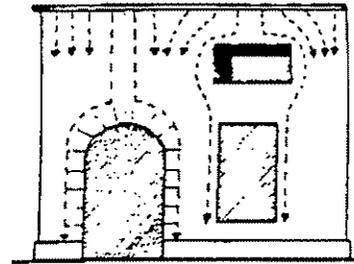
Maçonnerie appareillée

L'organisation de la maçonnerie doit être telle qu'elle permette une parfaite cohésion de l'ouvrage, la totale transmission et la répartition des charges en utilisant la notion de frottement.

Ce frottement dispersé sur l'ensemble des joints confère aux maçonneries l'extraordinaire souplesse que l'on constate dans les vieilles constructions où, s'il est assez rare d'assister à l'écroulement d'un mur, il est fréquent d'observer d'innombrables désordres, sans que cela mette en péril l'ouvrage lui-même.



Appareil ordonné



Façade percée de baies

Il permet aussi, dans le cas de façade percée de baies, de dévier les lignes de force du réseau statique de part et d'autre des ouvertures.

Pour faciliter cette déviation des lignes de forces on utilise l'artifice du clavage en arc ou du linteau rigide.

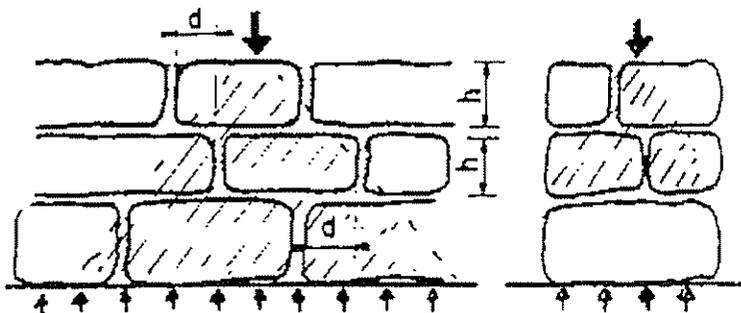
3. REGLES DE L'EMPILAGE

Décalage des joints

Les joints doivent être décalés d'assise en assise non seulement dans le plan de la façade, mais aussi dans le plan transversal de cette dernière.

Cette disposition a pour but :

- De répartir sur l'ensemble de l'ouvrage, les pressions et charges localisées.
- De s'opposer à tout effort de traction qui pourrait se développer dans la maçonnerie (effet de retrait, variation de température, tassement des fondations, etc.).

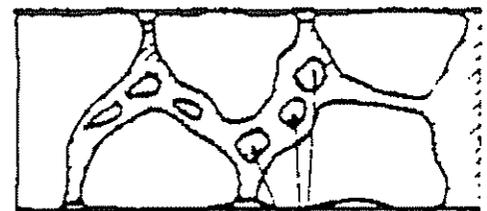


Maçonnerie de moellons

$$(d \geq \frac{h}{2})$$



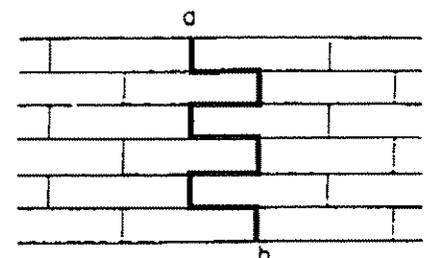
Eviter les contacts par points



Garnis

La ligne brisée ab et par voie de conséquence la surface de liaison sera plus importante et présentera une meilleure résistance à ces efforts.

Par ailleurs, toute lésion accidentelle se répartit en de multiples fissures ce qui permet à la maçonnerie de s'adapter sans céder brusquement, ainsi à la maçonnerie est articulée et acquiert une certaine souplesse.



La ligne brisée ab définit le plan de contact

APPAREILLAGE DE MOELLONS

On appelle appareil la disposition des pierres d'une maçonnerie.

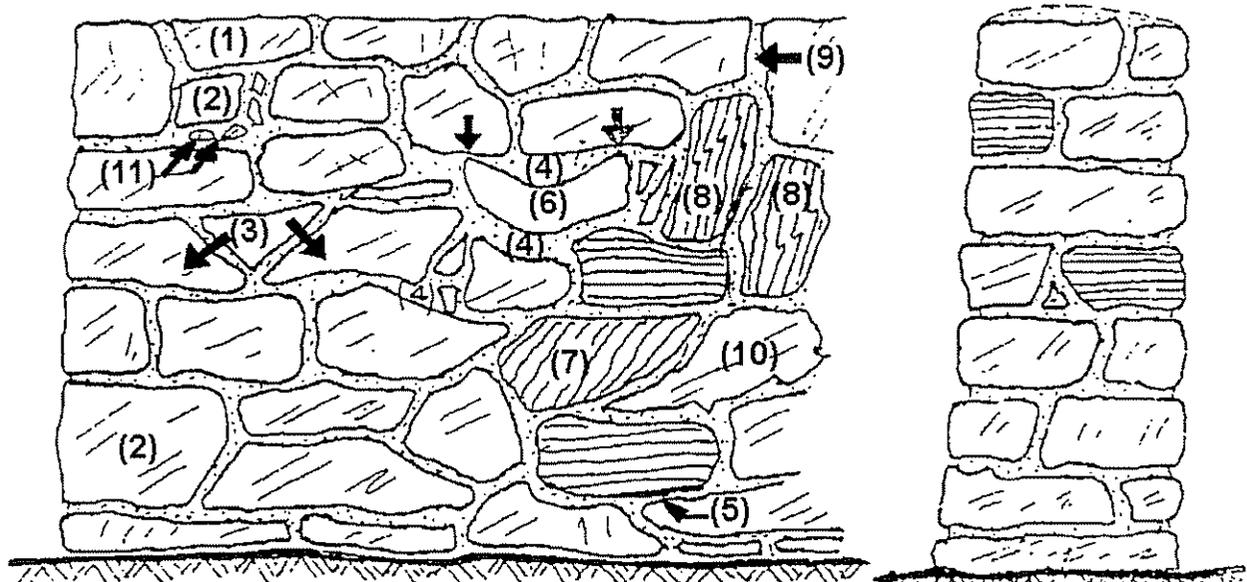
La présentation de cet appareil dépend des pierres employées et de la façon dont le parement a été traité.

La pierre offre un matériau résistant et le grand nombre de carrières existantes offre des pierres aux caractéristiques variées. Il importe donc de définir, dans chaque cas, le genre de maçonnerie le mieux adapté au matériau et de réaliser la mise en œuvre de celle-ci, selon la technique particulière qu'il implique.

Ces modalités exigent une parfaite connaissance des matériaux. L'aspect de la maçonnerie dépend donc, d'une part de la pierre choisie et, d'autre part, de l'habilité et du coup d'œil de l'exécutant. C'est à lui qu'incombe la tâche, selon les directives générales données par le maître d'œuvre, de réaliser un appareil solide et esthétique, en maintenant un équilibre entre la qualité et le prix de revient.

L'appareillage dit en « opus incertum », se réalise avec de matériaux bruts, tels qu'ils proviennent de la carrière.

L'exécution de telles maçonneries implique certaines règles indiquées par le croquis ci-dessous.



- 1 - Une pierre sur trois doit être une boutisse distance maximum 1,8.
- 2 - S'efforcer d'employer des blocs de même surface en parement.
- 3 - Éviter les effets de coins.
- 4 - Éviter les joints trop épais.
- 5 - Éviter les joints trop serrés.
- 6 - Éviter les moellons à face concave.
- 7 - Éviter la pose à lit incliné.
- 8 - Éviter les moellons posés en délit.
- 9 - Éviter les coups de sabre.
- 10 - Éviter les moellons à angles vifs.
- 11 - Éviter la pose d'éclats en parement.

Les moellons sont des pierres utilisées sans être entièrement dégrossies, qui par leur faible volume et leur caractère de pierre brute, s'opposent à la pierre de taille.

Ils proviennent soit de bancs trop minces pour fournir de belles pierres, soit de blocs présentant des poils ou autres défauts qui les rendent impropres à être employés comme pierres de taille.

La taille et la pose des moellons sont généralement effectuées sur le tas par le même ouvrier, sauf pour les appareillages avec calepin, dont la taille peut avoir lieu en carrière.

Dénomination des moellons.

Les moellons bruts provenant de la carrière sans aucune taille, ils sont dits ébousinés, une fois débarrassés du bousin qui les enrobe (Fig. 1).

Les moellons tranchés, le parement reste brut de tranchage aux coins ou mécanique, ils sont dits éclatés lorsque le parement de taille grossière est obtenu, par éclatement au marteau.

Les moellons têtus, les lits et les joints sont dressés à la masse et à la pointe du têt, le parement restant brut.

Les moellons piqués ou pointés, également têtus, le parement est façonné à la pointe et présente des traces de percussions très régulières.

Les moellons parementés, d'abord têtus, le parement est ensuite chassé selon une ligne droite afin d'obtenir un léger bossage et des arêtes nettes.

Les moellons smillés, taillés comme les précédents, le parement est exécuté avec soin au rustique pour la pierre demi-dure, à la pointe fine pour la pierre dure.

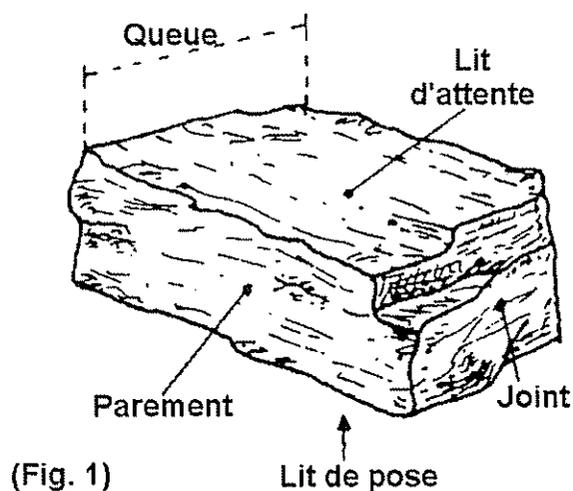
On appelle moellons assisés ou d'appareil, les pierres convenablement taillées, prêtes à la pose. Suivant leur volume et la place qu'ils occupent dans le mur, on distingue :

Les carreaux, de faible queue, carrés ou rectangulaires, ils sont posés en parement sur leur longueur.

Les panneresses, rectangulaires, la face vue est très grande et fait liaison sur le parement.

Les parpaings, taillés à la largeur du mur, ils présentent une de leurs faces sur chacun des parements intérieur et extérieur.

Les boutisses, comme les parpaings traversent le mur et assurent le liaisonnement des deux parements, leurs faces vues sont moins importantes.



(Fig. 1)

Les libages, moellons sans parement défini, ils sont noyés dans l'épaisseur de la maçonnerie.

Les garnis, éclats et déchets de taille disposés avec les libages, ils servent à remplir les vides dans le corps du mur.

Les lancis, pierres à un seul parement dont la longueur pénètre dans l'épaisseur du mur.

Les chaînes ou jambés-boutisses, renforcements verticaux jouant le rôle de piliers dans un mur ; elles sont exécutées en pierres de gros appareil afin d'avoir plus de résistance que la maçonnerie ambiante (Fig. 2). Le parement des chaînes est souvent décoré de bossages.

Les bossages : brut éclaté, ciselé, en table, arrondi, en chanfrein, en pointe, de diamant, sont les plus courants.

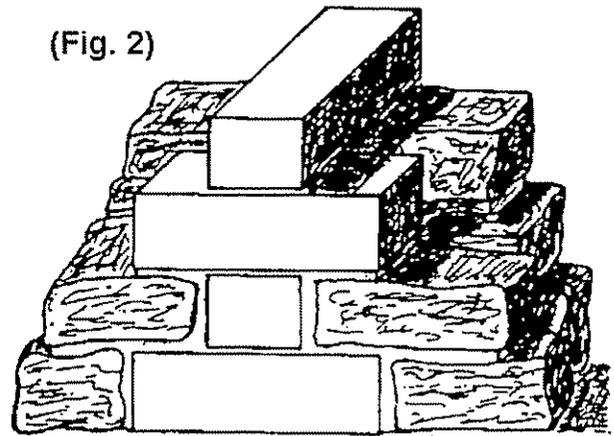
Les pierres d'angle, possèdent deux parements l'un perpendiculaire à l'autre. Appareillées en besace c'est-à-dire le parement le plus long alternativement dirigées dans deux directions, elles forment une chaîne d'angle.

Les jambés-étrières, pierres se trouvent à la rencontre de deux murs, dont l'un se prolonge au-delà de leur point de rencontre.

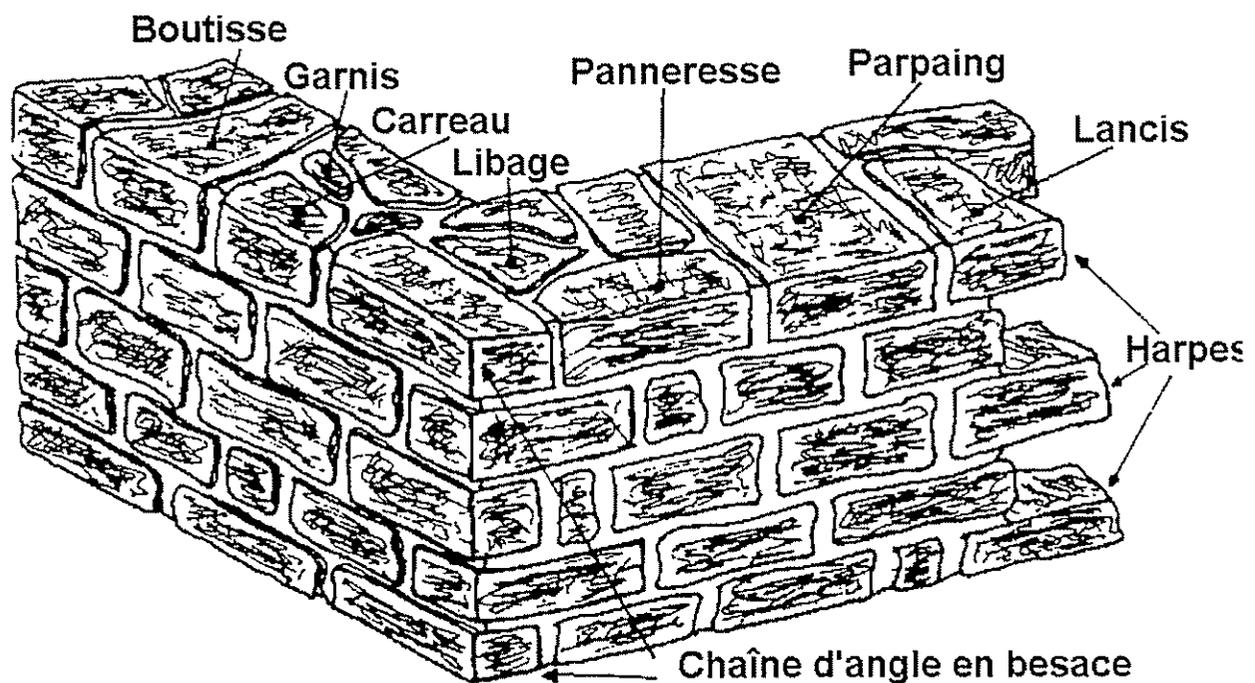
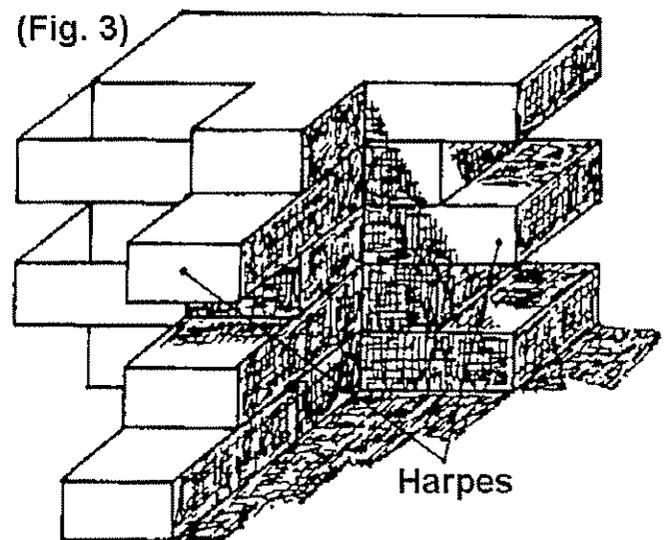
Le pilier construit avec ces pierres, porte également le nom de jambe-étrière (Fig. 3).

Les harpes ou pierres d'attente, font saillie à l'extrémité d'un mur pour liaison avec une construction future ; on applique ce terme également aux saillies des pierres, tournées vers l'intérieur du mur ou de côté, en parement.

(Fig. 2)



(Fig. 3)



Le parement. Ses principales tailles.

Quelles soient dures ou tendres, les pierres reçoivent pour leur parement, une taille qui dépend de l'aspect que l'architecte désire donner, suivant la construction et l'utilisation que l'on veut en faire.

Les principaux parements sont :

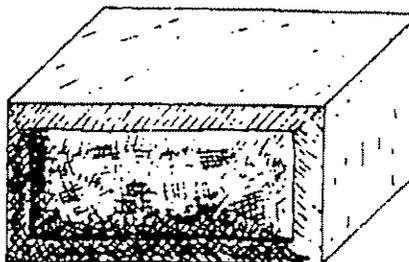
- 1 - Le parement tranché
- 2 - Le parement bossagé
- 3 - Le parement broché
- 4 - Le parement ciselé
- 5 - Le parement pointé
- 6 - Le parement rustiqué
- 7 - Le parement brettelé
- 8 - Le parement layé
- 9 - Le parement smillé
- 10 - Le parement taloté
- 11 - Le parement bouchardé
- 12 - Le parement charrué
- 13 - Le parement peigné
- 14 - Le parement scié
- 15 - Le parement ravalé
- 16 - Le parement égrisé
- 17 - Le parement adouci
- 18 - Le parement poli mat
- 19 - Le parement poli brillant

Le parement tranché est adapté plus particulièrement pour les pierres dures et le granit. Il est obtenu par tranchage aux coins. Ce travail peut être exécuté à l'aide d'une cliveuse, dont les couteaux exercent de part et d'autre du bloc une pression opposée.

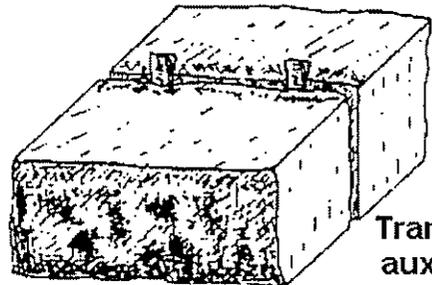
Le parement bossagé. C'est le nom que l'on donne, au parement saillant des pierres dans une façade. Le bossage peut être exécuté de différentes façons suivant l'aspect que l'on veut obtenir.

Nous distinguons principalement les bossages suivants :

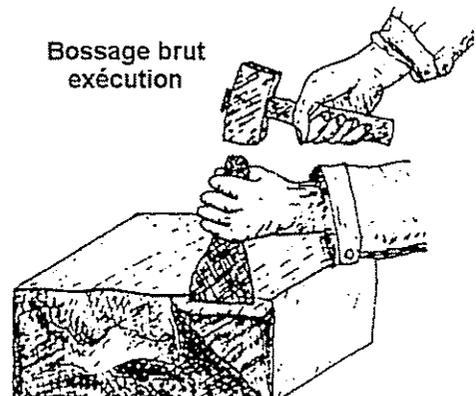
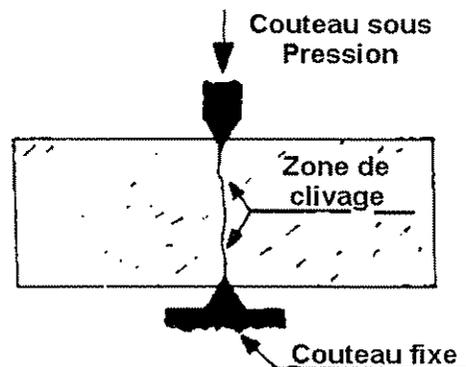
- | | | |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 - Brut éclaté | 4 - En chanfrein | 7 - Arrondi |
| 2 - Ciselé | 5 - En pointe de diamant | 8 - A ornements divers. |
| 3 - En table | 6 - Vermiculé | |

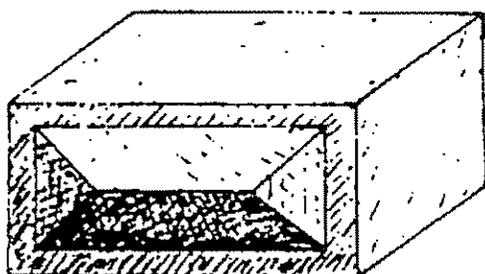
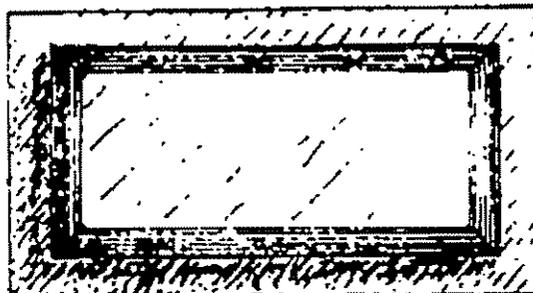
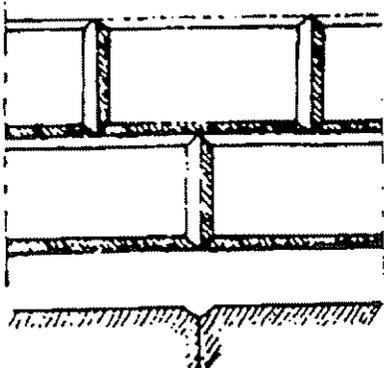
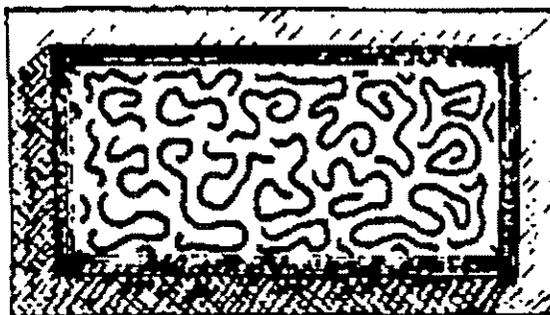
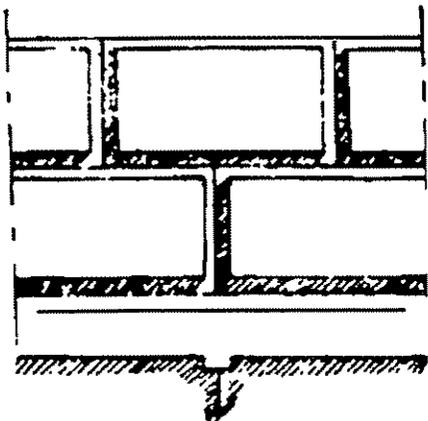


Bossage ciselé



Tranchage aux coins





Le bossage est réservé principalement aux soubassements afin de produire une effet décoratif déterminé.

Parement broché. Silons parallèles, obtenus à la broche, le plus souvent à 45°. Cette taille est aussi obtenue à la machine pour la pierre dure.

Parement ciselé. Entièrement dressé au ciseau. Les ciselures pouvant former un décor.

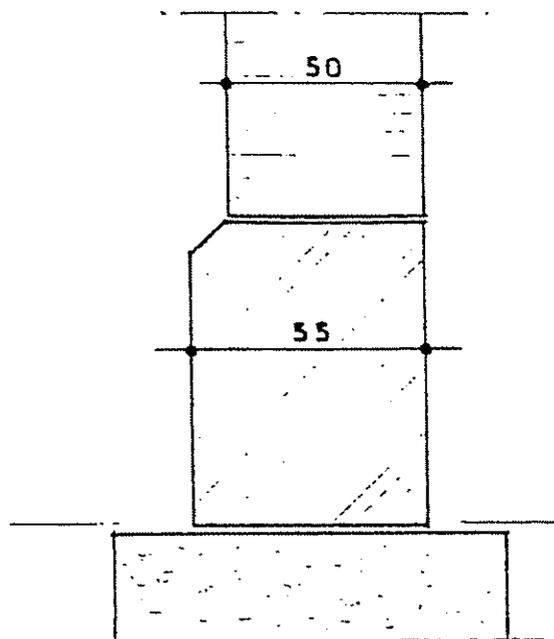
Parement pointé. Traces de percussion irrégulières laissées par la broche tenue perpendiculairement ou légèrement oblique.

Parement rustiqué. Traces rapprochées, laissées par le marteau rustique à grain d'orge.

3 - Saillies

LES SAILLIES

1 - Le soubassement



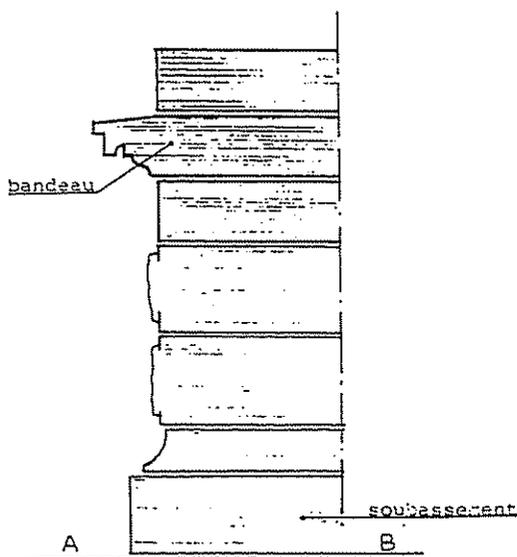
Le soubassement, partie basse du mur, qui prend assise sur la fondation ou sur le mur de cave, est constitué de préférence, en matériaux durs pour éviter les montées d'humidité provenant du sol et les dégradations dues aux chocs.

Lorsque le soubassement est en pierre, il doit être soit massif, soit en placage.

La saillie du soubassement varie entre 2 et 6 cm et peut avoir un profil simple ou mouluré.

Protection de la partie basse

Surtout contre l'eau et les chocs :



– Rejeter de la partie basse, les eaux de pluie par des bandeaux de soubassement en pierre dure, de formes appropriées.

– Éviter les remontées d'humidité :

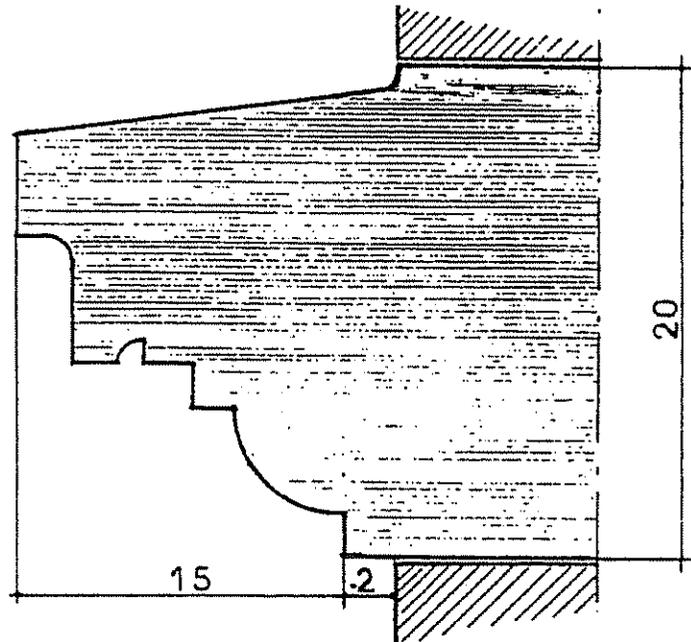
- par assises en pierres dures de toute l'épaisseur du mur,
- par couches d'étanchéité au niveau du sol. (plomb, ardoise, mortier plus hydrofuge).

– Résister aux chocs avec une base en pierre dure d'au moins 0,90 m et jusqu'à 2 m de hauteur, soit plane ou ayant une partie décorative, bossage, etc...

LES SAILLIES

2 - Les bandeaux

Les bandeaux sont des assises horizontales dont la hauteur, en général, ne dépasse pas 20 cm et la saillie 4 à 12 cm par rapport au nu général.



Les bandeaux ceignent la construction et constituent des éléments de composition en façade.

Les bandeaux doivent être en pierre dure ou ferme lorsqu'ils sont en matériaux moins résistants il est bon de les protéger par une feuille de métal (zinc ou plomb).

Leur face supérieure doit présenter une légère pente vers l'extérieur pour l'écoulement des eaux de pluie.

La sous-face du bandeau doit comporter un larmier pour éviter aux eaux de ruissellement de faire des traînées sur les faces inférieures du mur.

Protection des murs

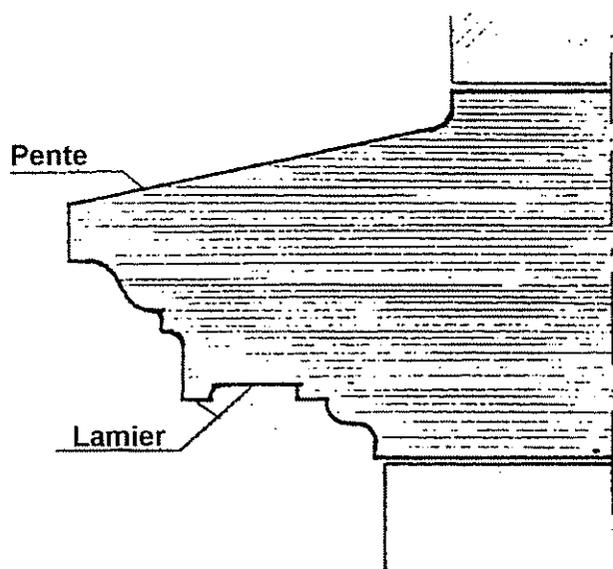
Les murs doivent résister aux intempéries (vent, pluie, gel), contre l'humidité et les agents agressifs (humidité tellurique, fumée) et aussi contre le feu et les chocs.

LES SAILLIES

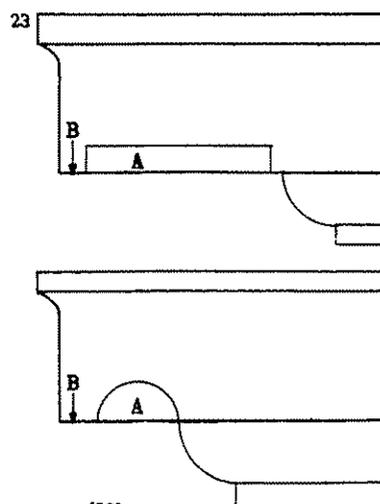
3 - Le couronnement

La partie essentielle du couronnement est constituée par la corniche.

Le soin apporté à la construction de cet élément a souvent été négligé dans les constructions récentes. En effet, la corniche n'est pas seulement un élément décoratif, c'est avant tout un élément fonctionnel dont le rôle est de protéger le mur en rejetant rapidement et le plus loin possible les eaux de pluie.



Corniche en pierre



[23]

Larmier

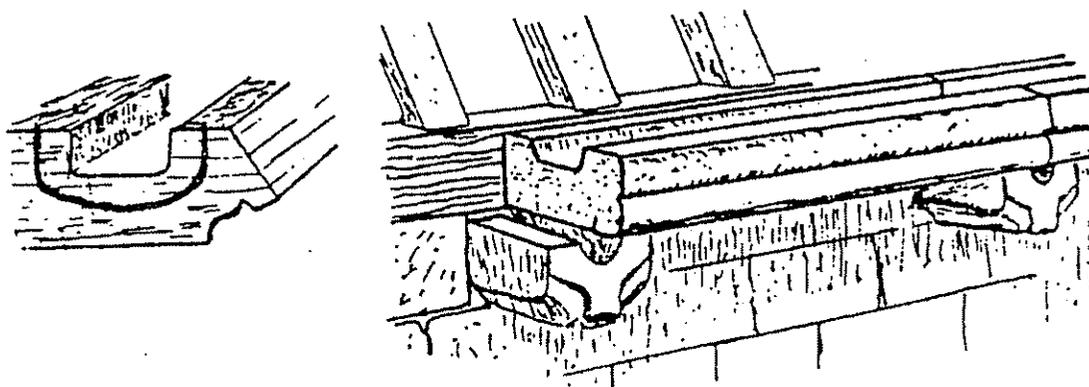
A. Mouchette

B. Coupe-larme

Sur un bâtiment couvert en terrasse ou couronné par un acrotère, la corniche protège les sommets des murs de façade.

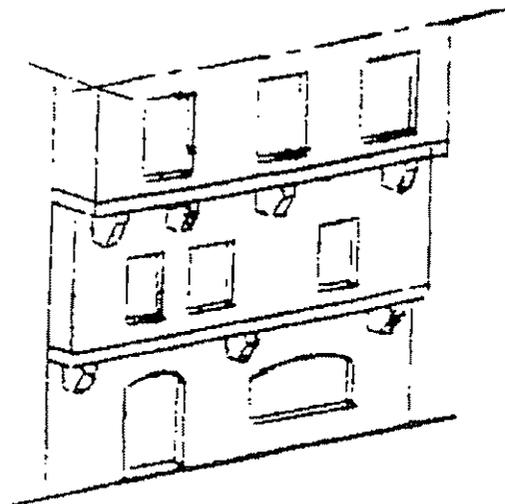
Sur un bâtiment couvert par une toiture, la corniche soutient l'égout qui est le plus possible en avant du mur de façade, pour rejeter très loin les eaux de pluie.

Les blocs doivent être assez gros pour contenir tout le profil et traverser toute l'épaisseur du mur. Les profils sont nombreux et de proportions variées (classiques, modernes).

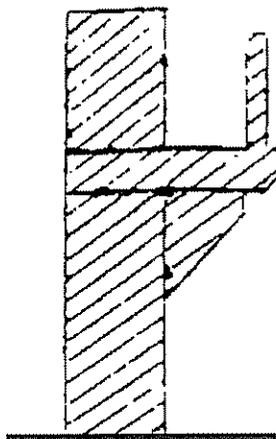


ENCORBELLEMENTS

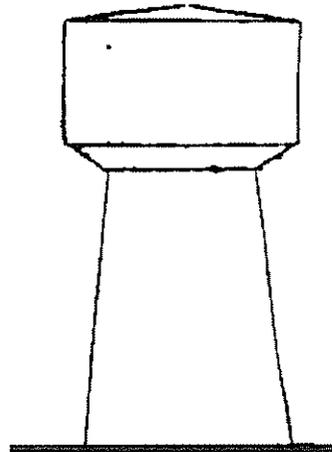
Habitation



Balcon



Château d'eau

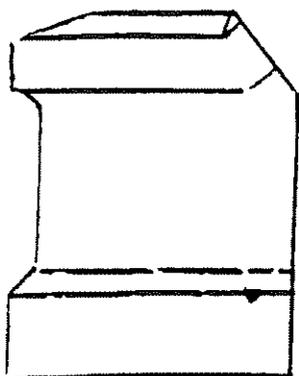


On appelle encorbellement toute construction en porte à faux par rapport au corps principal de l'ouvrage.

Par exemple des assises superposés avançant les unes sur les autres ou encore lorsque les corbeaux les soutiennent.

Un balcon, une corniche, une tourelle, constituent des construction en encorbellement.

PIERRE DE CULEE



DES SOCLES FORMANT CULEES

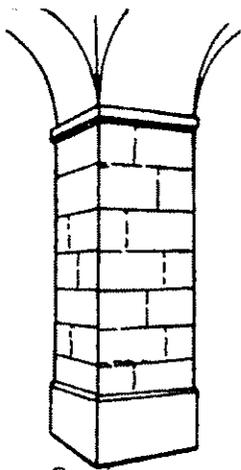
La culée est un élément de construction massive destinée à supporter les poussées.

Dans le cas présent, la culée sera le morceau de pierre occupant l'extrémité inférieure du socle d'un mur rampant.

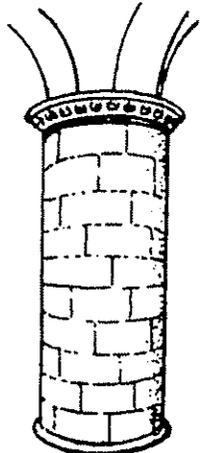
De part sa position et sa forme, ce morceau doit supporter les poussées de la rampe.

4 - Piliers et colonnes

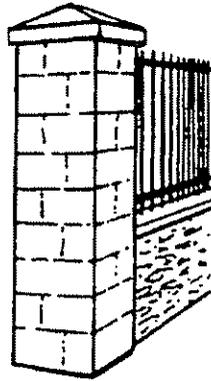
PILIERS



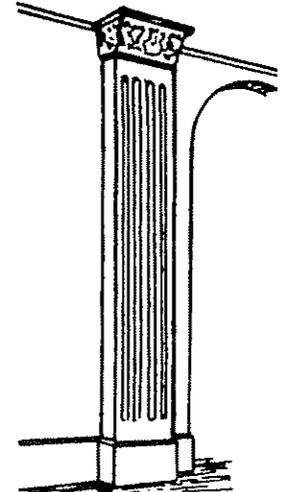
Carre



Cylindrique



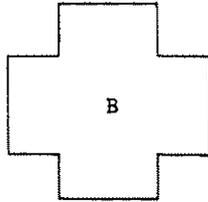
De clôture



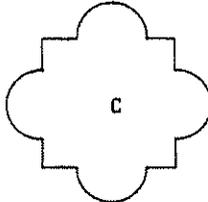
Pilier canonic



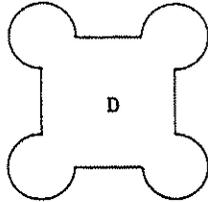
A



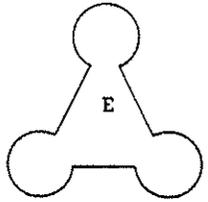
B



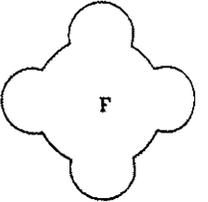
C



D

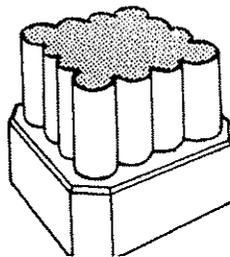


E

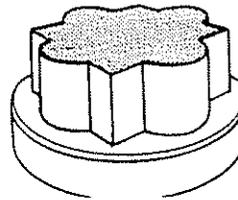


F

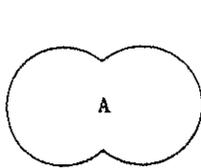
- A. Pilier carré
 B. Pilier cruciforme
 C. Pilier à noyau carré flanqué de colonnes
 D. Pilier à noyau carré cantonné de colonnes
 E. Pilier à noyau triangulaire cantonné de colonnes
 F. Pilier à noyau cylindrique flanqué de 4 colonnes.



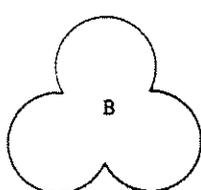
Pilier fasciculé de plan carré



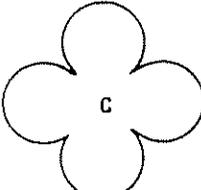
Pilier carré flanqué de colonnes engagées



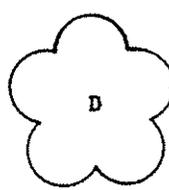
A



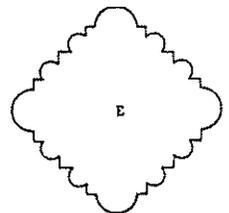
B



C

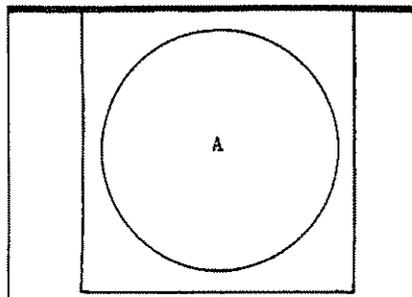


D

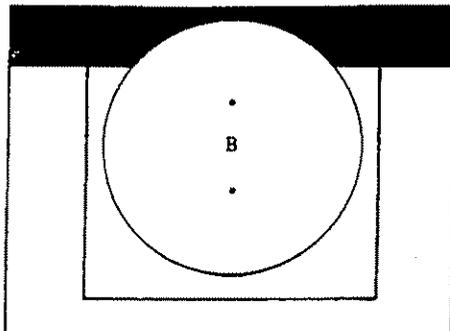


E

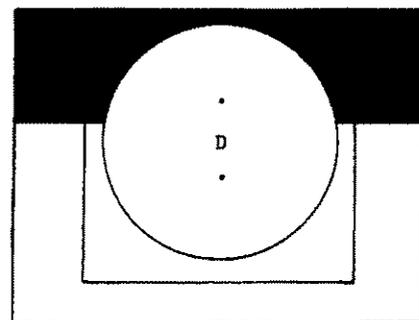
- A. Pilier de deux colonnes
 B. Pilier de trois colonnes
 C. Pilier de quatre colonnes
 D. Pilier fasciculé
 E. Pilier composé



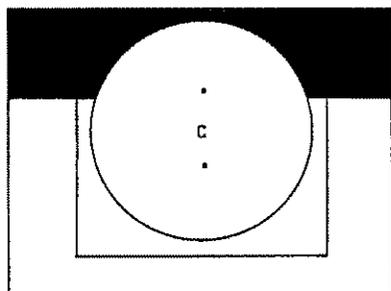
A. Colonne adossée



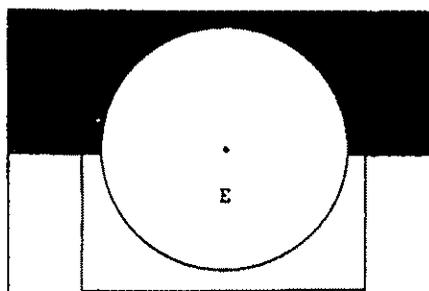
B. Colonne engagée de moins du tiers



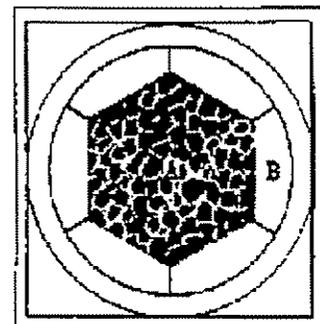
C. Colonne engagée du tiers



D. Colonne engagée de plus tiers

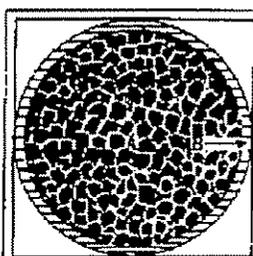


E. Colonne engagée de la moitié

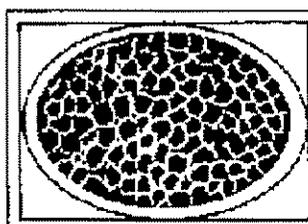


A. Colonne à fourrure

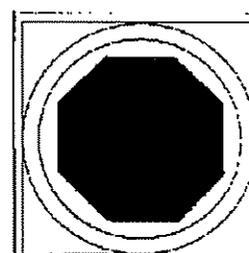
B. Appareil de revêtement



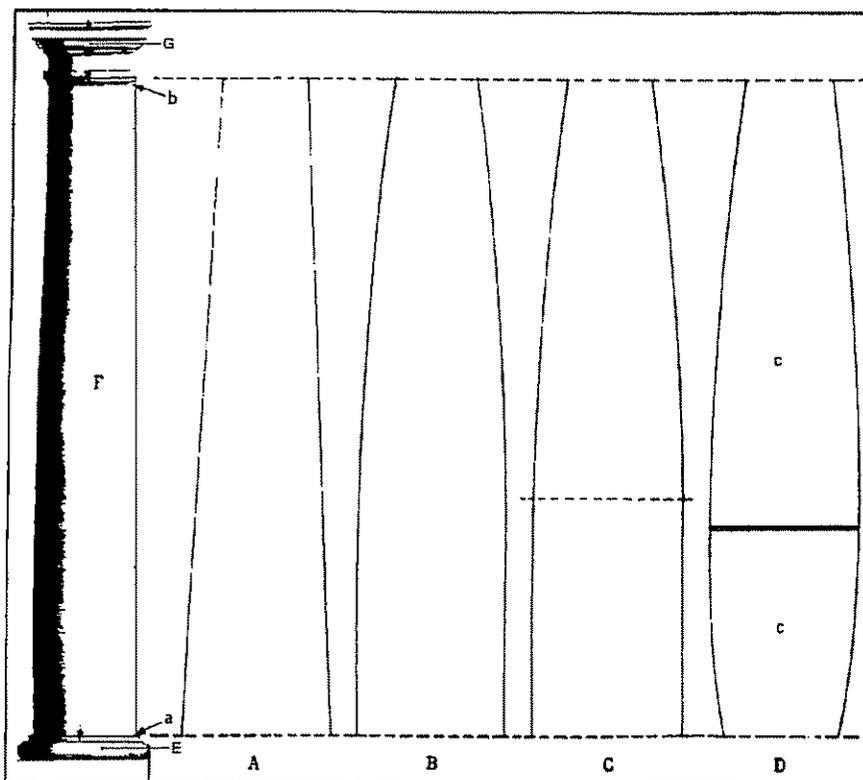
Colonne en blocage



Colonne ovale



Colonne octogonale

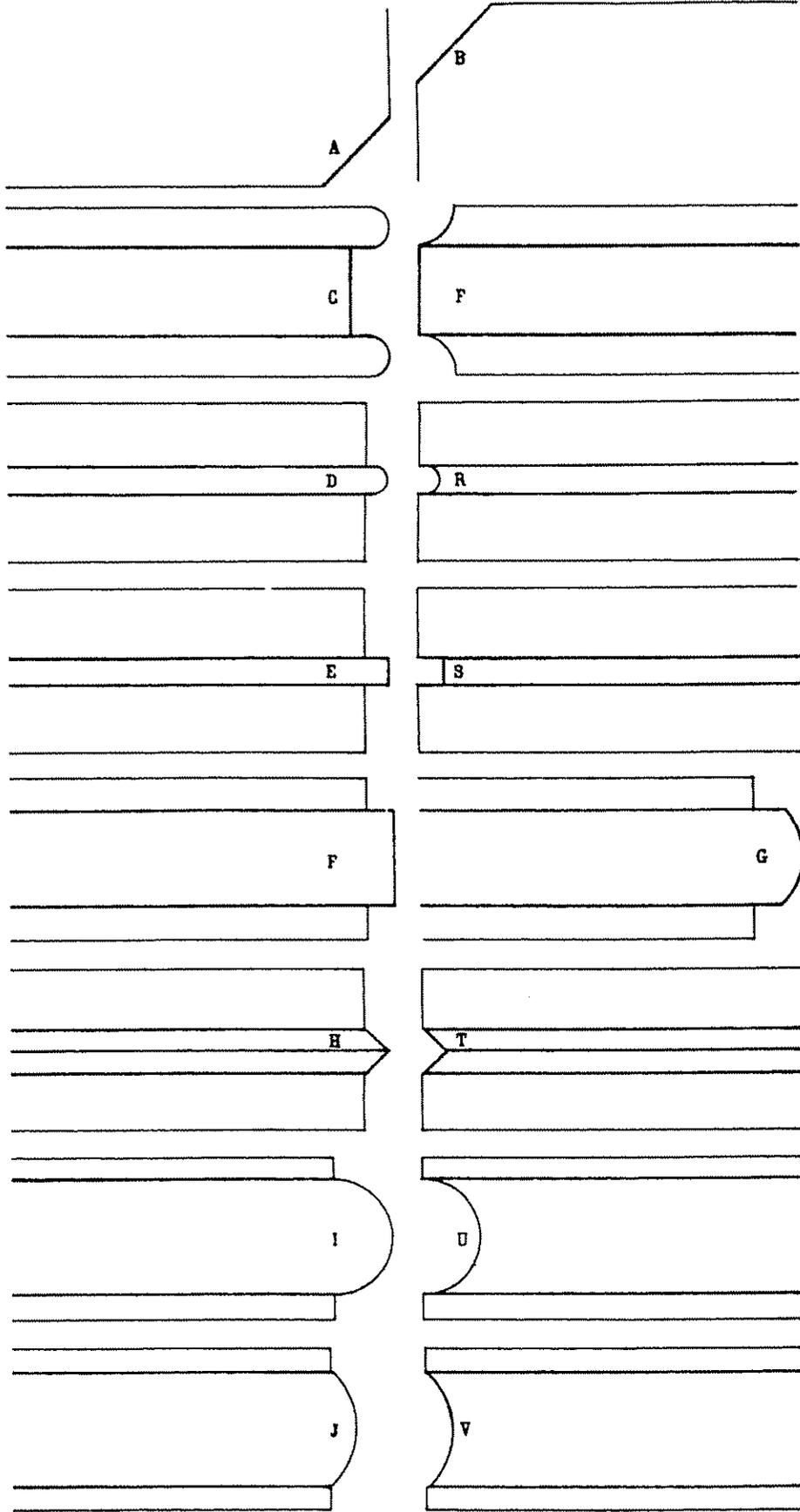


- A. Colonne tronconique
- B. Colonne galbée du bas
- C. Colonne galbée du tiers
- D. Colonne renflée
- E. Base
- F. Fût
- G. Chapiteau

- a. Apophyge inférieur
- b. Apophyge supérieure
- c. Tronçon

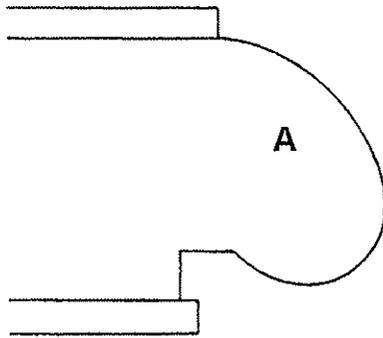
5 - Moulures

MOULURES

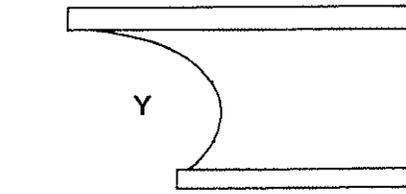
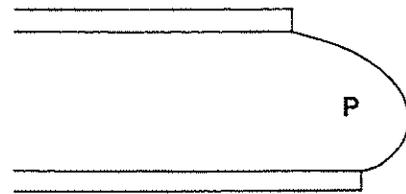
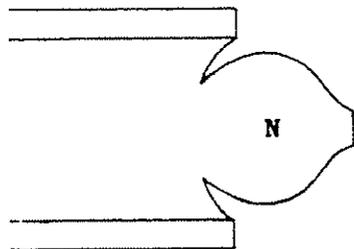
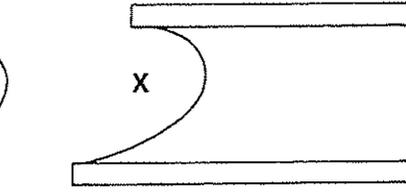
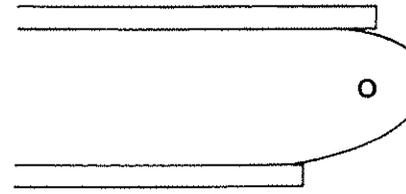
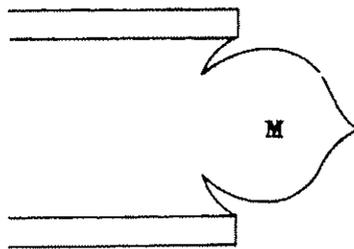
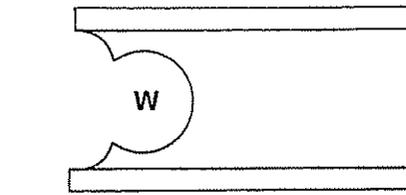
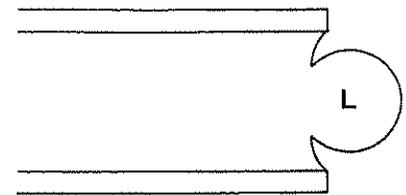
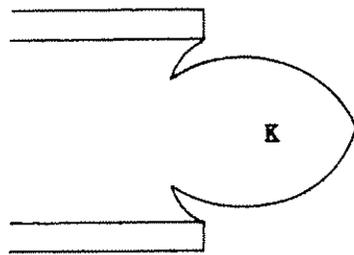
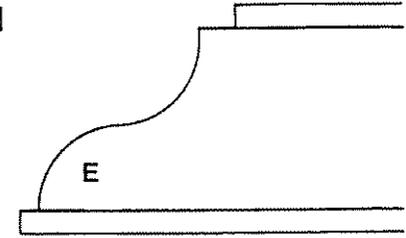
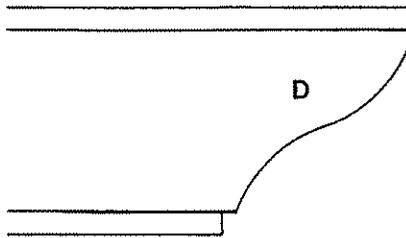
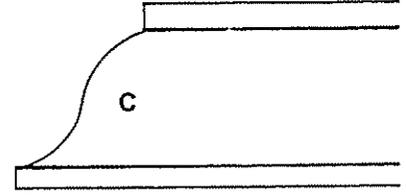
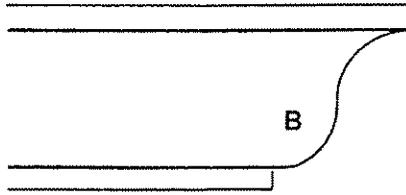


- A. Chanfrein droit
- B. Chanfrein renversé
- C. Bande
- D. Baguette
- E. Réglet
- F. Bandeau
- G. Bandeau bombé
- H. Chanfrein-double
- I. Tore à profil demi-circulaire
- J. Tore à profil segmentaire
- R. Canal
- S. Canal plat
- T. Onglet
- U. Gorge à profil demi-circulaire
- V. Gorge à profil segmentaire.

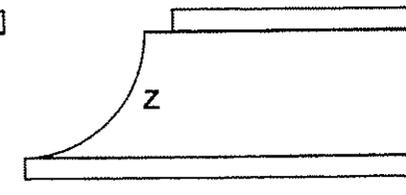
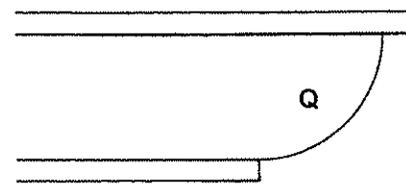
Corps de moulures



- A. Bec-de-corbin
- B. Doucine droite
- C. Doucine renversée
- D. Talon droit
- E. Talon renversé.

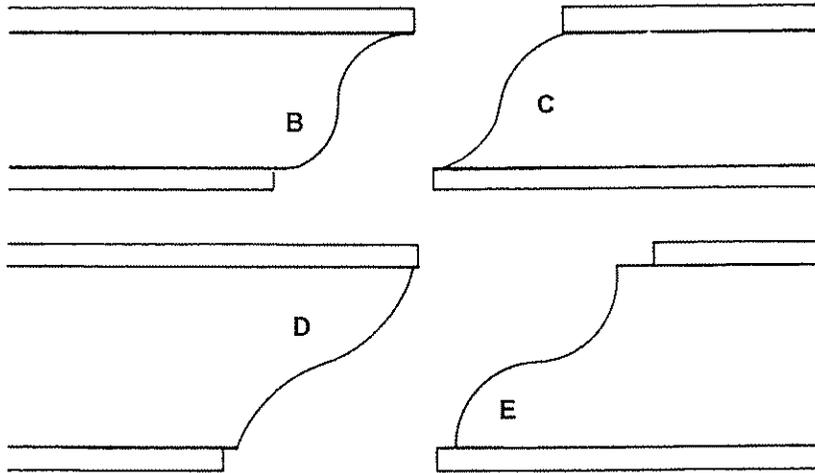
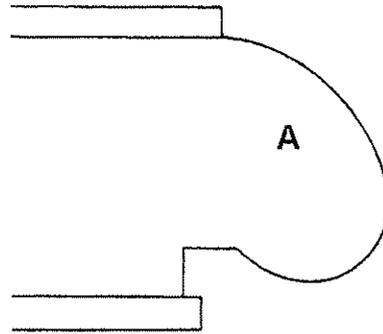


- K. Tore en amande
- L. Tore à profil outrepassé
- M. Tore à bec
- N. Tore à listel
- O. Tore en demi-cœur droit
- P. Tore en demi-cœur renversé
- Q. Quart-de-rond droit
- W. Gorge à profil outrepassé
- X. Scotie renversée
- Y. Scotie droite
- Z. Cavet renversé.



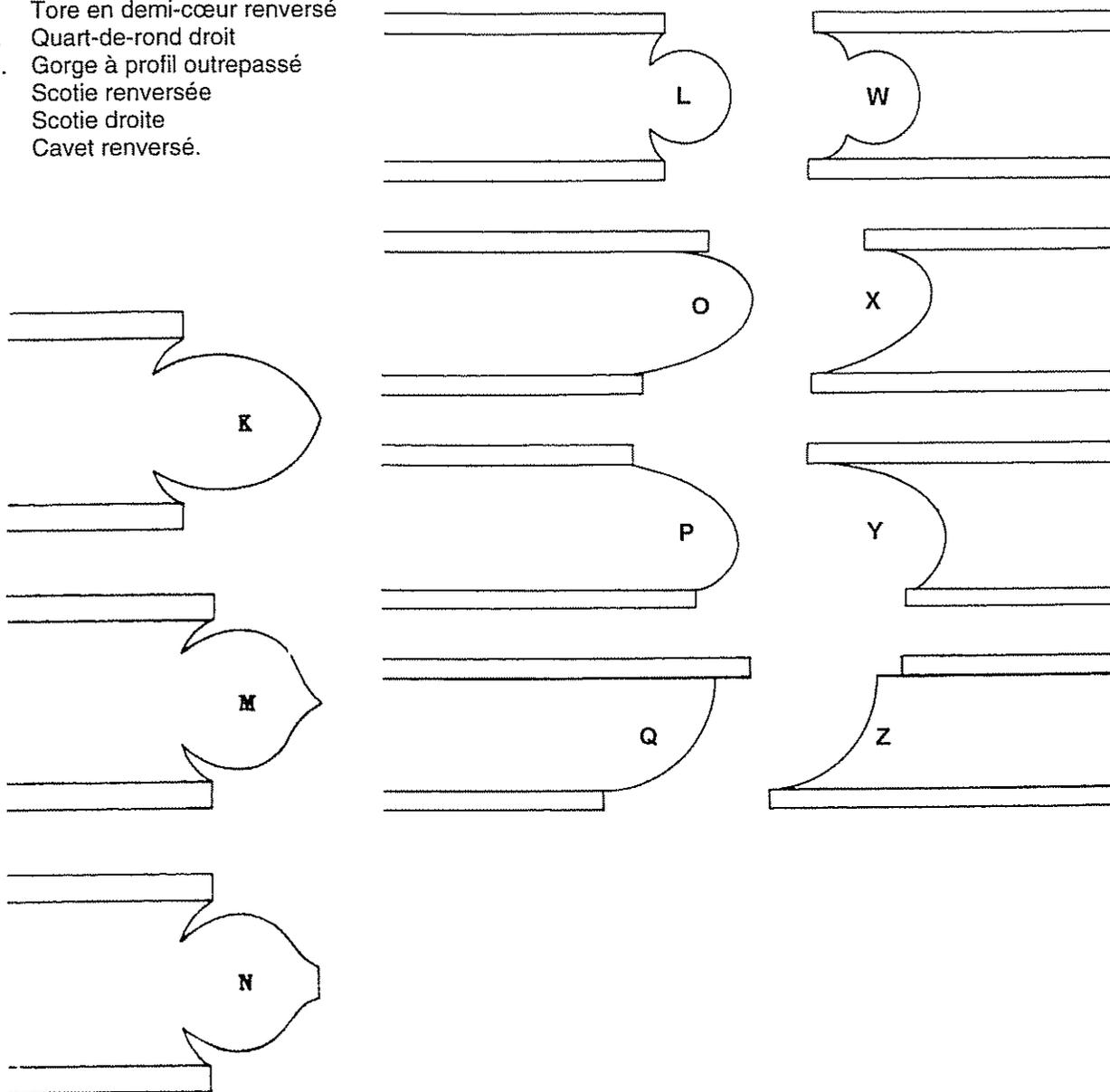
Corps de moulures

- A. Bec-de-corbin
- B. Doucine droite
- C. Doucine renversée
- D. Talon droit
- E. Talon renversé.

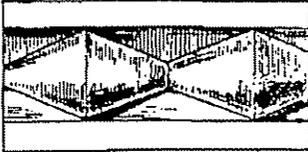


Corps de moulures (suite)

- K. Tore en amande
- L. Tore à profil outrepassé
- M. Tore à bec
- N. Tore à listel
- O. Tore en demi-cœur droit
- P. Tore en demi-cœur renversé
- Q. Quart-de-rond droit
- W. Gorge à profil outrepassé
- X. Scotie renversée
- Y. Scotie droite
- Z. Cavet renversé.



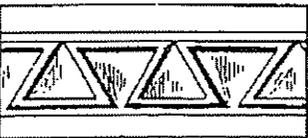
PRINCIPAUX ORNEMENTS SCULPTES



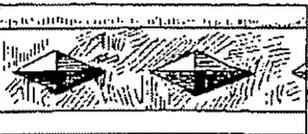
Fuséaux



Pointe de diamant



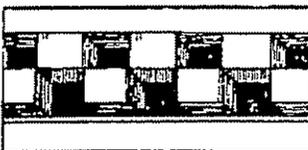
Felle.



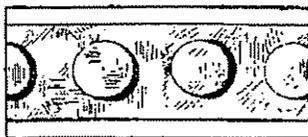
Têtes de clous



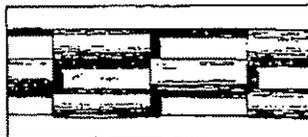
Chevrons bûlés



Damier



Besants



Billetes



FIG. 153. — CABLE ET TORSADÉ.



FIG. 164. — RUBANS.

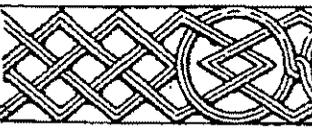


FIG. 165. — ENTRELACS.



FIG. 166. — GRECQUES.



FIG. 167. — ONDES.

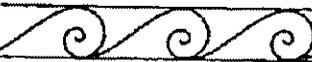


FIG. 168. — POSTES.



FIG. 169. — DENTICULES.



FIG. 170. — OVES.



FIG. 171. — RAIS DE CŒUR.



FIG. 172. — PERLES.



FIG. 173. — GODRONS.



FIG. 174. — TÊTES DE CLOU.



FIG. 175. — ÉTOILES.

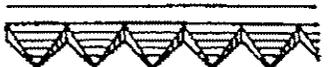


FIG. 176. — DENTS DE SCIE.



FIG. 177. — DENTS D'ENGRENAGE.



FIG. 178. — FESTONS.



FIG. 179. — BESANTS.

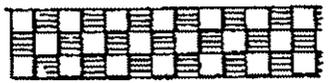


FIG. 180. — ÉCHIQUIER.

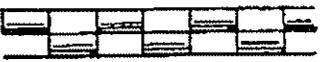


FIG. 181. — BILLETES.



FIG. 182. — FRETES.



FIG. 183. — CHEVRONS.



FIG. 184. — TRIANGLES ALTERNES.

6 - Baies

Les ouvertures LES PORTES - LES FENÊTRES

Introduction

Dans une construction des ouvertures ou baies sont prévues pour permettre le passage aux hommes, aux animaux, à l'air et à la lumière.

Leurs formes très variées sont généralement de dimensions proportionnées à l'édifice ou sont fonction de leurs utilisations. Suivant leur usage nous distinguons deux sortes d'ouvertures :

Les portes et les fenêtres.

Généralités

La porte : ce mot désigne à la fois l'ouverture ou baie pratiquée dans le mur, l'appareil en pierre ou brique qui l'encadre et la construction en bois ou fer qui l'obture à volonté. Les portes sont créées pour servir d'accès ou d'issues au niveau du sol, elles sont généralement de forme carrée ou rectangulaire, la partie supérieure qui soutient le mur au dessus du vide, peut être droite ou courbe.

Parties constitutives d'une porte

L'encadrement d'une porte se compose de trois parties. A la partie inférieure le seuil, sur les côtés deux montants verticaux appelés jambages (ou piédroits ou encore dosserets), à la partie supérieure pour fermeture un linteau ou une plate-bande ou un arc.

Le seuil : pierre massive, posé en travers de la porte au niveau du sol intérieur, avec une légère pente vers l'extérieur, le seuil peut être surélevé et en avancée sur la façade, il devient alors une marche.

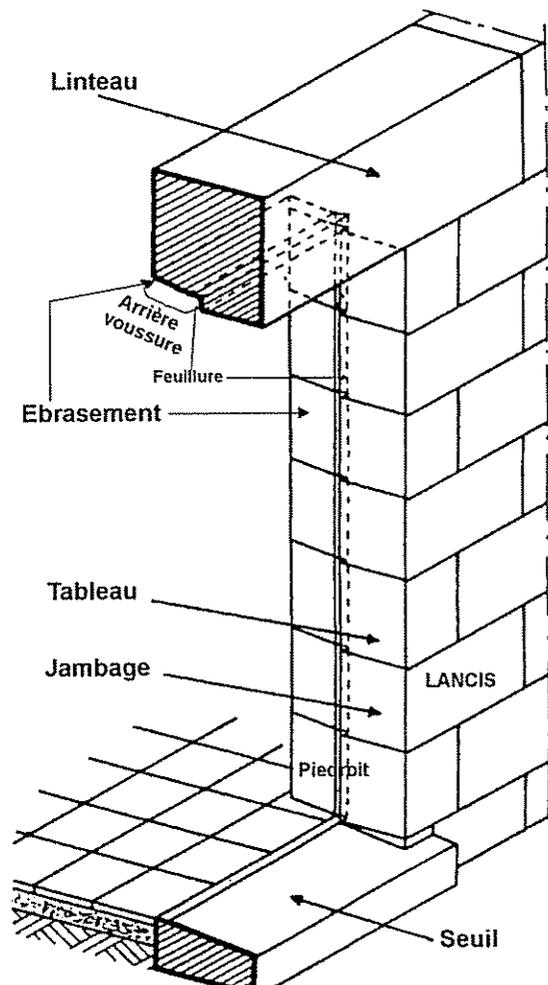
Les jambages : se composent de lancis superposés et appareillés en harpes.

Les jambages possèdent : un tableau au parement perpendiculaire à la façade et compris entre la menuiserie et le parement extérieur du mur. Un ébrasement situé entre le tableau et l'intérieur de la construction l'ébrasement s'évase vers le dedans pour faciliter et permettre l'ouverture des vantaux à plus de 90°.

Une feillure : entaille à angle droit, pratiquée dans l'ébrasement, en arrière du tableau pour le logement des vantaux ou des huisseries (châssis).

Le linteau est un élément monolithe, posé horizontalement pour couvrir la baie, il est supporté par les jambages, il prend le nom de plate-bande lorsqu'il est appareillé et d'arc lorsque la face entre tableaux est concave.

Les tableaux des fermetures de baies prennent le nom d'intrados ou douelles, les fermetures arrières correspondant aux ébrasements sont appelés arrières voussures.



Le portail : porte principale d'un édifice religieux, désigne également la façade où se trouve cette porte, ainsi que l'ensemble tableaux et ébrasements extérieurs formant abri aux portes (Fig. ci-dessous).

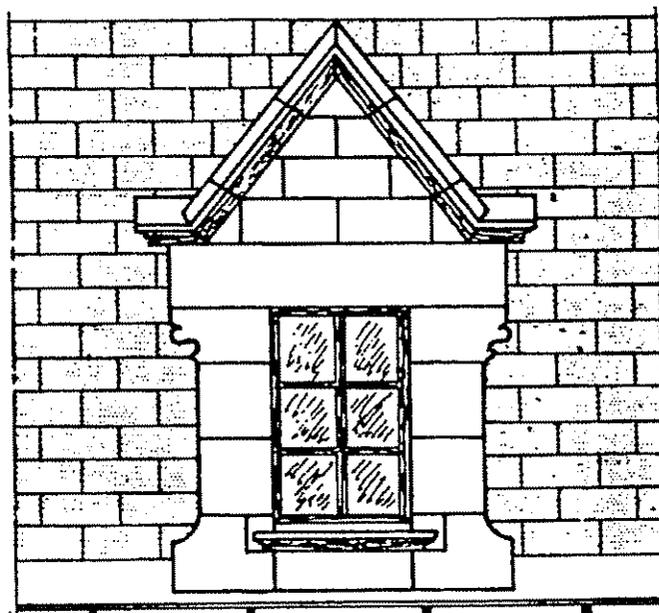
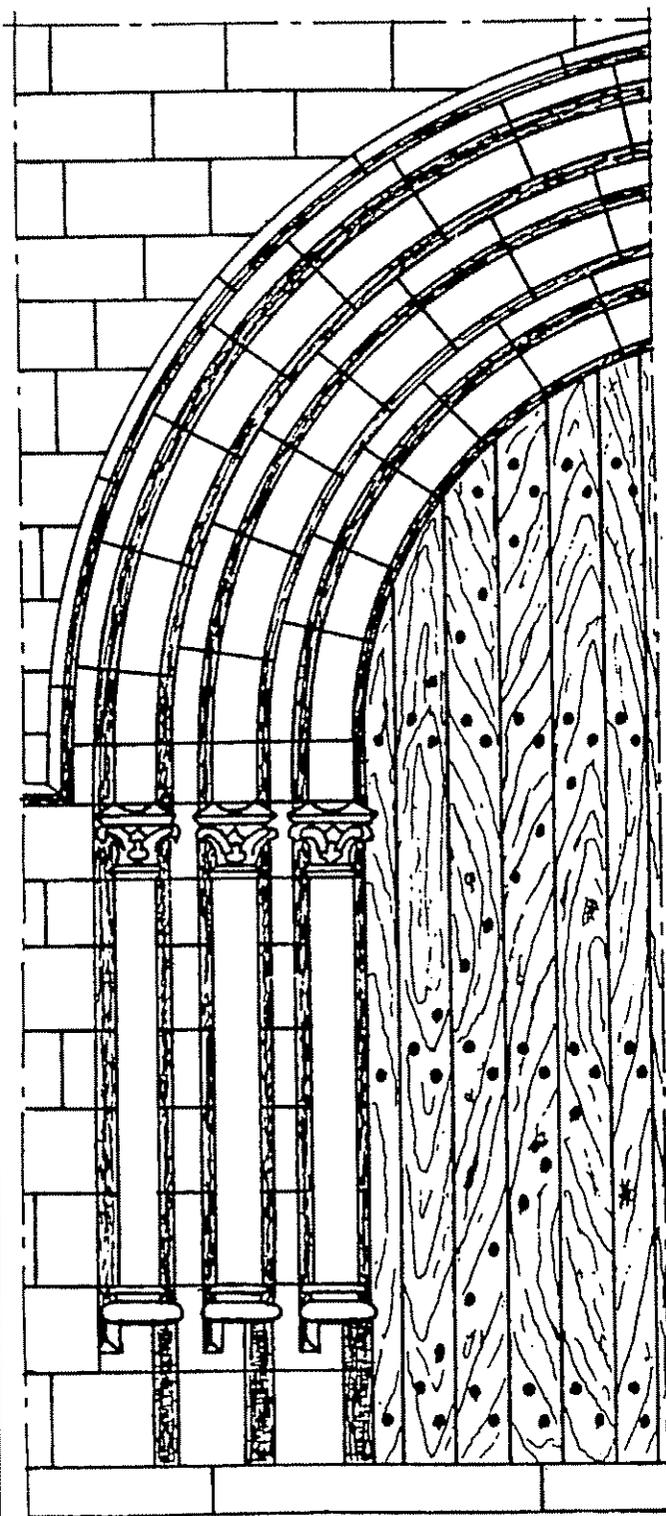
Ce qui distingue le portail du porche c'est que le portail ne présente pas comme le porche une avancée en hors d'oeuvre, mais dépend des portes elles-mêmes.

Les différentes fenêtres

Les baies de magasins pour l'exposition des marchandises très larges, closes par des glaces, fermées à leur partie supérieure par une arcature de pierre, u linteau de béton, de fer ou de bois, ces derniers sont parfois renforcés par un pilier ou une colonne.

Les lucarnes établies dans le plan du mur de façade, elles sont destinées à donner du jour dans les combles. Elles se composent de 2 jambages avec joues en maçonnerie, faisant angle droit avec la façade.

Souvent elles se terminent par un linteau ou une plate bande appareillée surmontés d'un petit fronton triangulaire, courbe ou en gradins.



Les barbicanes ou jours de souffrance sont laissés dans les murs en élévation pour la ventilation et dans les maçonneries des murs de soutènement pour l'écoulement des eaux d'infiltration.

Les meurtrières semblables aux barbicanes, ouvertures étroites et hautes, mais très évasées, percées dans les murailles des ouvrages fortifiés, elles permettaient l'observation et l'envoi des projectiles.

Généralités

La fenêtre : baie ménagée dans un mur laisser pénétrer l'air et la lumière.

Même terminologie que la porte, souvent nous pouvons la considérer comme une porte dont on aurait rempli sur une certaine hauteur, la partie inférieure par un mur d'allège supportant l'appui de la croisée.

L'appui doit avoir : une partie horizontale, face à la feuillure sur laquelle repose la croisée.

Un rejingot en forme de congé pour éviter la pénétration de l'eau sous la menuiserie, suivi d'une partie large faisant saillie sur la façade et accusant une légère pente pour l'écoulement des eaux de pluie (glacis).

Sous la partie en saillie de l'appui une goutte d'eau (ou larmier) est prévue pour que l'eau ne ruisselle pas le long du mur d'allège (Fig. 1).

Les différentes portes

Les baies libres : elles permettent le passage facile d'une pièce à une autre et ne reçoivent aucune menuiserie, les jambages ne comportent ni ébrasement, ni feuillure.

Les portes-fenêtres : baies servant en même temps de portes et de fenêtres.

Les portes charretières ou cochères très larges et hautes afin de permettre le passage de véhicules lourds, elles peuvent recevoir comme fermeture, une arcature de pierre ou une plate-bande appareillée, un linteau de béton, de fer ou de bois.

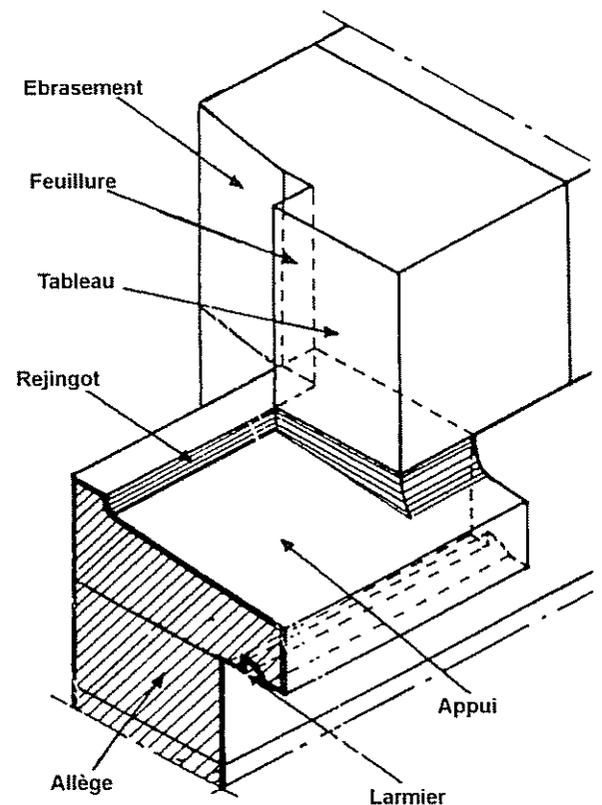
En tableau et scellés dans le sol des chasses roues protègent les jambages qui doivent être renforcés par un harpage lié au restant du mur. Les jambages peuvent comprendre tableau, feuillure et ébrasement ou faire tableau dans toute l'épaisseur du mur.

Les jambages des portes charretières percées dans les murs de clôture, sont appelés pilliers et souvent ne reçoivent aucune fermeture à leur partie supérieure.

Les portes de garages remplacent en quelque sorte les portes cochères, les chasses roues disparaissent, les tableaux sont le plus souvent de toute la largeur du mur, selon les fermetures qui doivent obturer la baie, les plus courantes sont : les rideaux, portes coulissantes ou à bascules.

Les portes pour piétons : pratiquées dans les murs pour desservir un point déterminé ou éviter l'ouverture des grandes portes, elles sont le plus souvent à un vantail.

Le porche entrée monumentale d'un édifice, avec un avant corps couvrant les portes. Le porche est très souvent richement décoré.



7 - Plates-bandes

LES LINTEAUX ET PLATE-BANDES

Généralités

Le linteau est l'élément monolithe qui recouvre une baie, son intrados doit être plan et horizontal.

Le linteau doit être taillé de préférence dans une pierre possédant assez de résistance pour supporter une charge transversalement à sa longueur.

Si le linteau doit franchir une ouverture assez grande il peut être soulagé par un arc de décharge (D) qui a pour effet de reporter sur les côtés ou supports le poids de la maçonnerie placée au-dessus (**Fig. 1**).

Deux pierres disposées en triangle au-dessus du linteau font office d'arc de décharge.

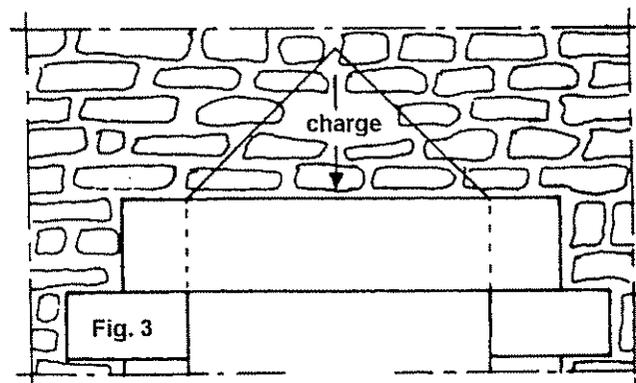
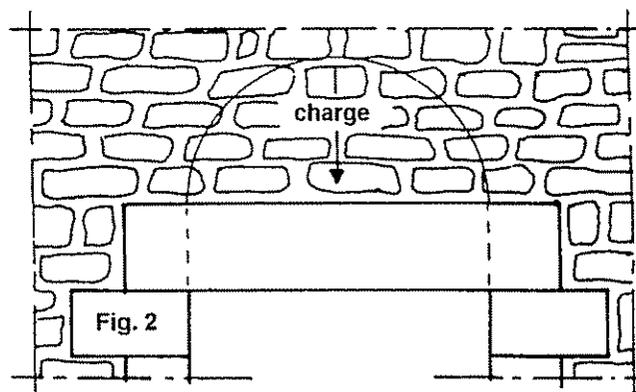
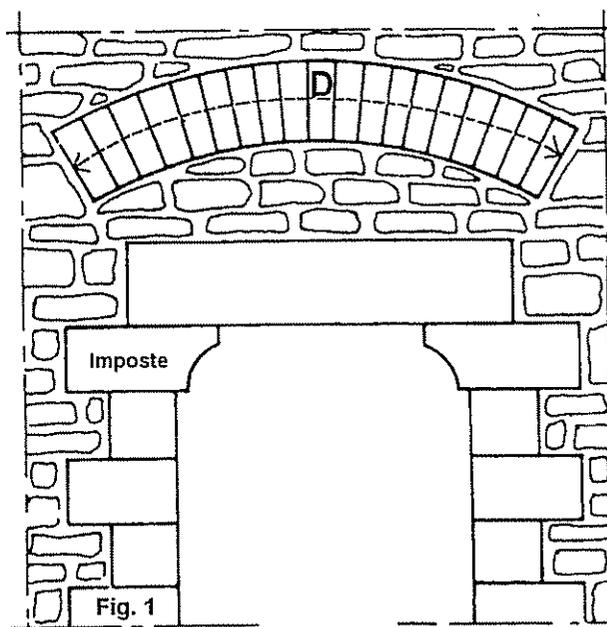
On diminue quelquefois la portée du linteau au moyen de corbeaux ou de consoles disposés en tableaux (**Fig. 1**) (impostes).

Calcul de la charge d'un linteau

Les matériaux qui composent la maçonnerie au-dessus d'un linteau s'arc-boutent les uns aux autres, le volume qui charge réellement le linteau est limité par une courbe fictive que l'on considère comme étant un demi-cercle au-dessus de l'extrados, ayant pour rayon la demie largeur de l'ouverture (**Fig. 2**).

Une autre thèse tend à faire admettre que le volume de la charge occupe le triangle dont les côtés sont inclinés à 45° sur le linteau (**Fig. 3**).

En connaissant le poids spécifique de la maçonnerie on peut approximativement évaluer la charge que devra supporter tel linteau.



La plate-bande est un linteau appareillé c'est-à-dire qu'elle se compose d'un nombre impair de pierres appelées claveaux. Il en résulte qu'il y en a toujours un au milieu de la portée qui remplit l'office et prend le nom de clef. Les deux claveaux des extrémités qui reposent sur les jambages et reçoivent la poussée de la plate-bande sont les sommiers.

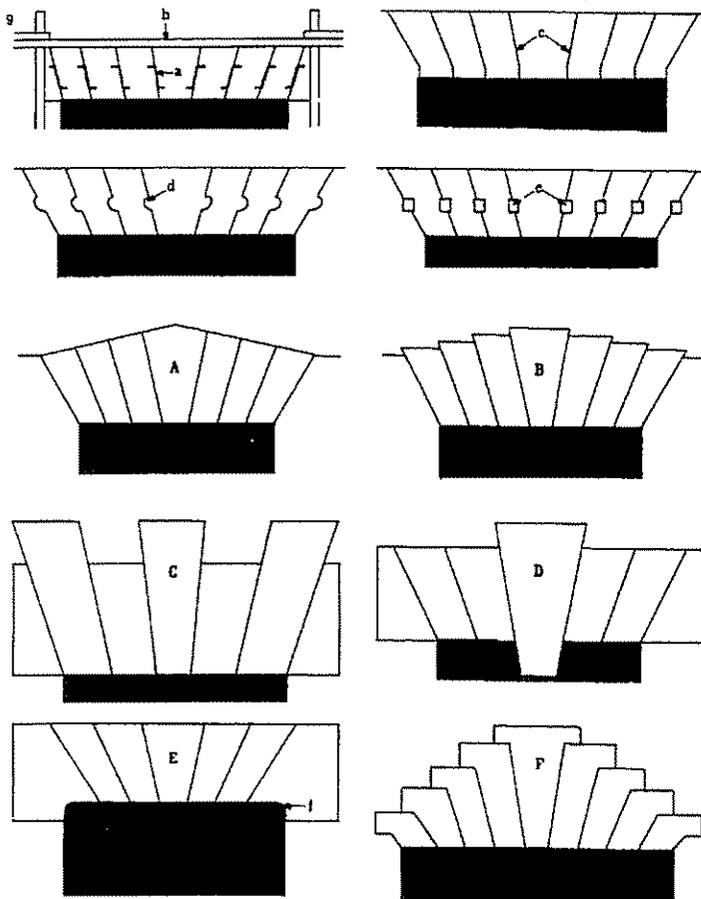


Plate-bande

- A. Plate-bande en bâtière
- B. Plate-bande à extrados en escalier
- C. Plate-bande à claveaux passants un-sur-deux
- D. Plate-bande à clef passante et pendante
- E. Plate-bande à soffite surélevé
- F. Plate-bande à crossettes en escalier.

- a. Agrafe
- b. Tirant
- c. Lit brisé
- d. Tenon
- e. Clavette
- f. Cavet d'adoucissement.

Plate-bande formée d'une clef et de deux sommiers

- A. Clef
- B. Sommier.

- a. Tête de claveau
- b. Lit en coupe
- c. Tenon interne.

Les fenestrages sont de grandes baies appareillées en plein cintre ou en ogive, avec remplage intérieur. Nous les trouvons dans les grandes constructions civiles ou religieuses.

Les fenêtres à meneaux possèdent un ou plusieurs montants de pierre que l'on appelle meneaux, ainsi que des traverses divisant l'ouverture.

Les lunettes ouvertures circulaires ou elliptiques, elles sont ménagées dans les voûtes et coupoles pour leur éclairage.

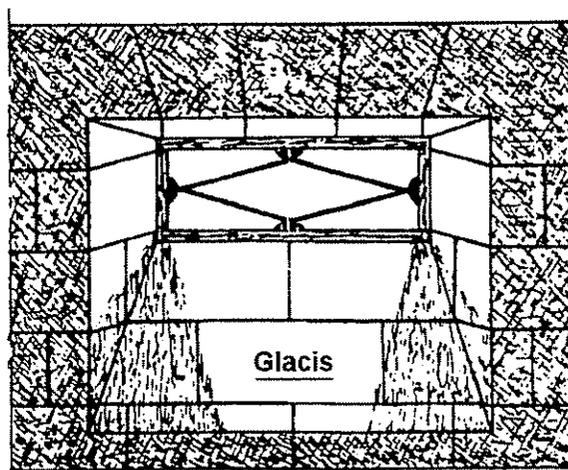
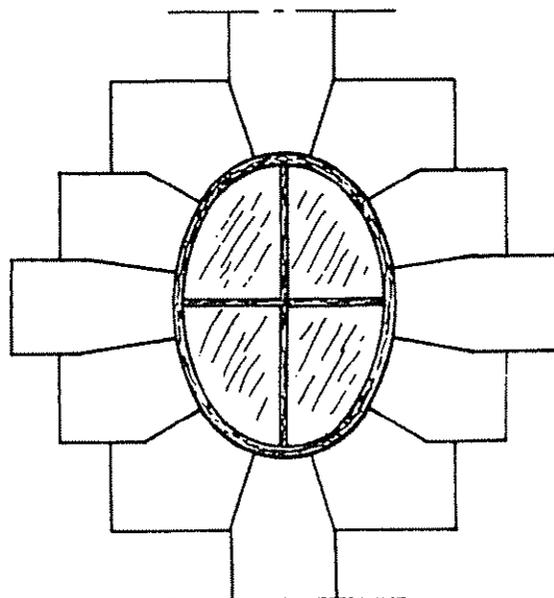
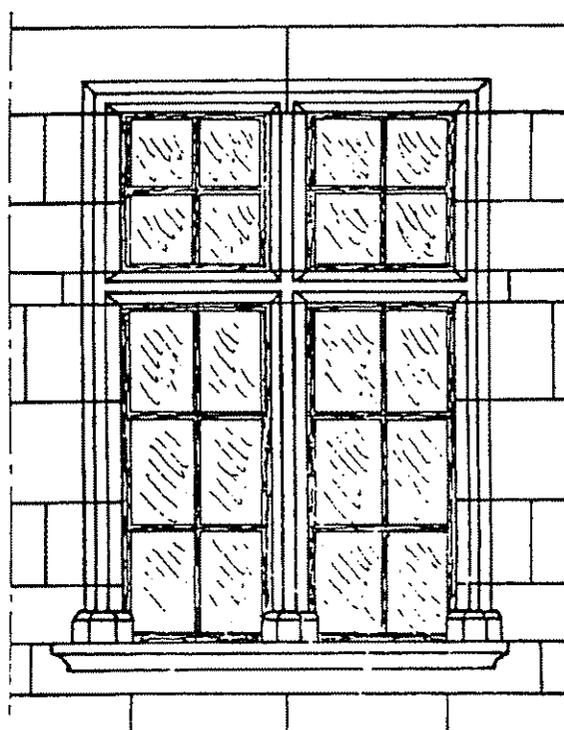
Les oculi baies circulaires avec un ébrasement intérieur également circulaire, étaient pratiqués dans les pignons des églises primitives.

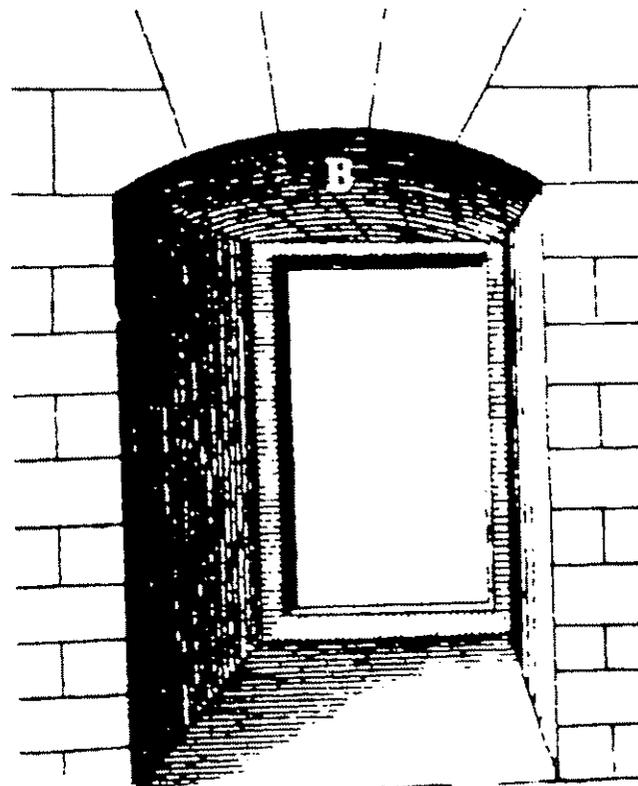
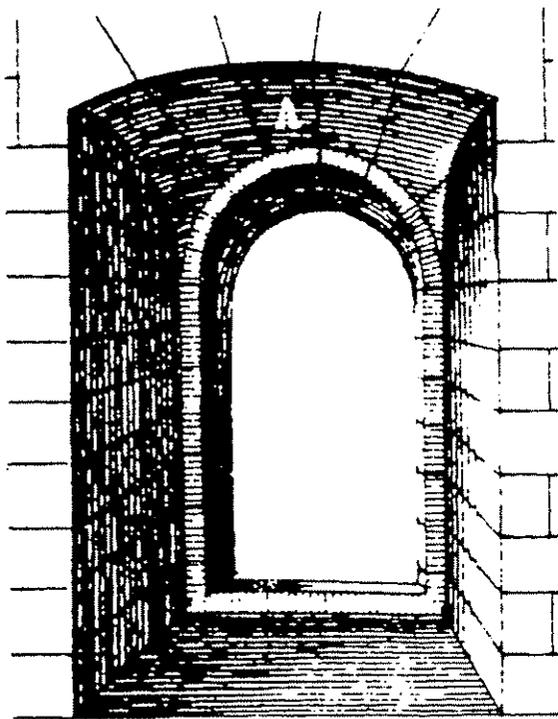
Les roses c'est le nom que l'on donne aux ouvertures circulaires percées dans les parois des églises du moyen âge.

Les yeux de bœufs de forme circulaire, ovale ou elliptique, ils permettent l'éclairage et l'aération des petites pièces, tourelles et greniers, ils sont souvent sans appui, le châssis est posé en feuillure ou en applique, le mur comportant ou non un ébrasement.

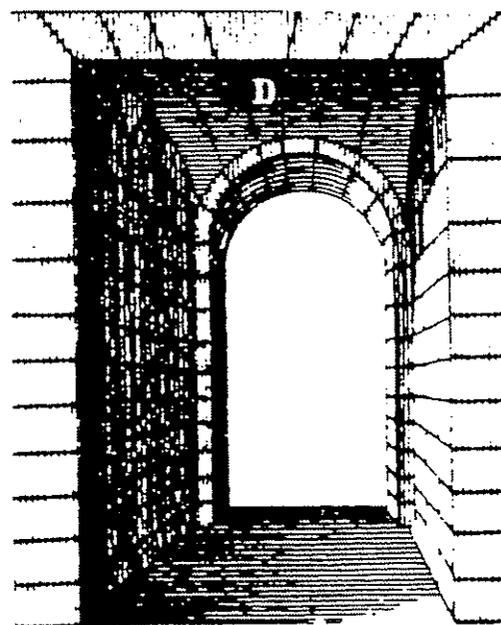
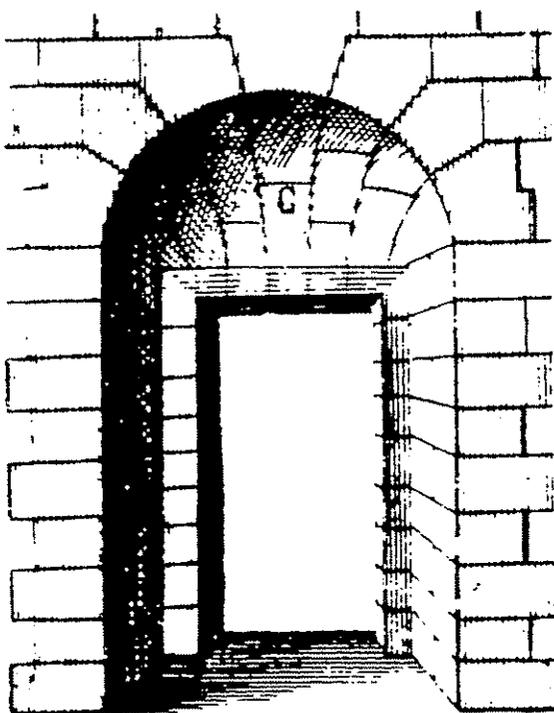
Les soupiraux sont ménagés dans les soubassements pour la ventilation et l'éclairage des caves et sous-sol l'appui à forte pente doit se trouver au minimum à 10 cm du sol, l'ouverture défendue par un barreaudage solide est obligatoirement de faible hauteur, à moins que le plancher intérieur ne soit surélevé.

Afin d'augmenter autant qu'il est possible l'éclairage, les ébrasements sont largement ouverts et la partie inférieure appelée glacis est en plan fortement incliné vers l'intérieur du local.





- A. Arrière voussure de Marseille
- B. Arrière voussure réglée segmentaire, à base horizontale
- C. Arrière voussure de Saint-Antoine
- D. Arrière voussure de Montpellier.



8 - Arcs

DEFINITIONS

ARC. N. M. ARCH. Construction de forme courbe dont les deux extrémités s'appuient sur des points solides.

Les Grecs n'employaient pas les arcs, ils construisaient des architraves monolithes, pour franchir les vides. Mais les romains adoptèrent l'arc en plein cintre pour franchir les vides, et les constructeurs romans l'ont utilisé, surhaussé ou surbaissé, jusqu'à la fin du XIe siècle.

Au XIIe siècle, l'arc en tiers-point est le point de départ d'un système nouveau de construction.

La Renaissance adopta particulièrement l'arc en anse de panier et l'arc en accolade : puis l'arc en plein cintre fut à nouveau couramment utilisé dans l'Architecture classique.

Par leurs proportions, on distingue tout d'abord les arcs suivants :

Arc plein cintre. Celui qui comprend exactement un demi-cercle.

Arc surhaussé, exhaussé ou surmonté. Celui dont la hauteur est plus grande que celle du plein cintre.

Arc surbaissé. Celui dont la hauteur est plus petite que la demi-portée.

On distingue par ailleurs, quant à la forme

L'arc aigu ou en lancette. Arc surhaussé en forme d'ogive très aiguë.

L'arc aplati. Arc surbaissé à quatre centres déterminés par un carré abaissé de la corde de l'arc et dont les côtés sont égaux au tiers de cette corde.

L'arc bombé ou en segment de cercle. Arc de cercle qui a son centre au-dessous de sa naissance.

L'arc brisé ou en tiers-point. Arc composé de deux courbes qui se coupent, tracé soit avec 2 centres, soit avec 4 centres.

L'arc déprimé. Arc surbaissé formé d'une ligne horizontale recourbée à ses deux extrémités.

L'arc ellipsoïdal ou elliptique. Arc surhaussé formé de la moitié d'une ellipse.

L'arc en accolade ou arc en talon. Arc infléchi alternativement, concave à la naissance et convexe au sommet.

L'arc en doucine. Qui est formé de la même manière mais en sens inverse.

L'arc infléchi ou à contre-courbures. Qui présente l'aspect de deux talons tangents à leur sommet, ou arc qui présente deux courbes tangentes à leur sommet.

L'arc lancéolé. Arc aigu qui va en se rétrécissant au-dessous de son plus grand diamètre.

L'arc outrepassé. Arc de cercle dont la circonférence se prolonge au-dessous du diamètre horizontal passant par le centre.

L'arc rampant. Arc dont les naissances sont à des hauteurs différentes.

L'arc Tudor. Arc surbaissé composé de deux arcs de cercle aux naissances, prolongés par deux lignes droites qui se coupent à angles obtus.

L'arc trilobé, quin trilobé. Qui est formé de la réunion de trois ou cinq lobes.

Enfin, par leur destination, on distingue :

L'arc-boutant. Arc extérieur qui par sa position est destiné à contrebuter la poussée d'une voûte.

L'arc ogive ou arc diagonal. Chacun des arcs qui, en se croisant en X soutiennent la voûte dans l'architecture gothique.

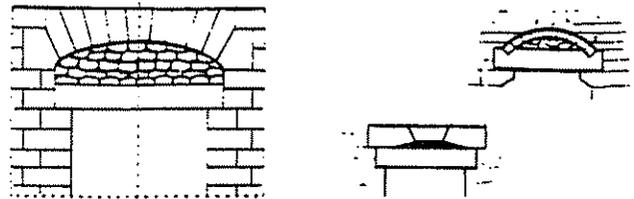
Chacun de ces arcs est généralement en plein cintre voir le mot *voûte*.

L'arc triomphal. Se dit dans une église, de l'arc doubleau qui sépare le transept du chœur.

Fréquemment on trouve une poutre, dite de *trionphe* scellée en partie haute des piliers de cet arc, et portant un Christ.

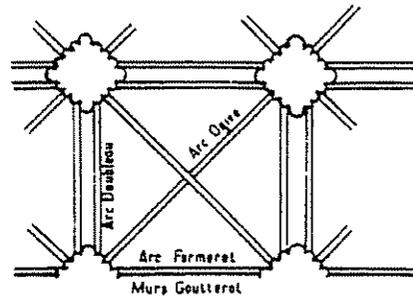
L'arc de décharge. Arc noyé dans une construction, au-dessus d'un vide, ou d'une partie faible de construction pour reporter la charge ou le poids des constructions supérieures, sur des points d'appui dont la stabilité est assurée.

L'arc diaphragme. Arc doubleau qui porte un mur, en pignon, dans le comble.



Arcs de décharge.

L'arc formeret. Arc supportant l'un des murs latéraux d'une église le mur gouttereau ou le mur du bas-côté et la retombée d'une voûte d'arête ou d'une voûte gothique.

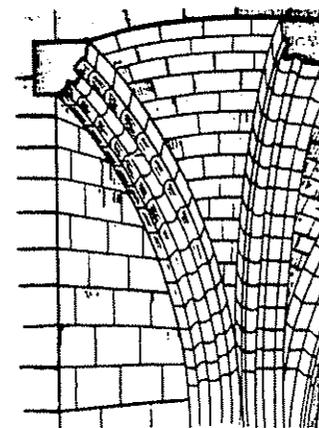


Voûte sur croisée d'ogive.

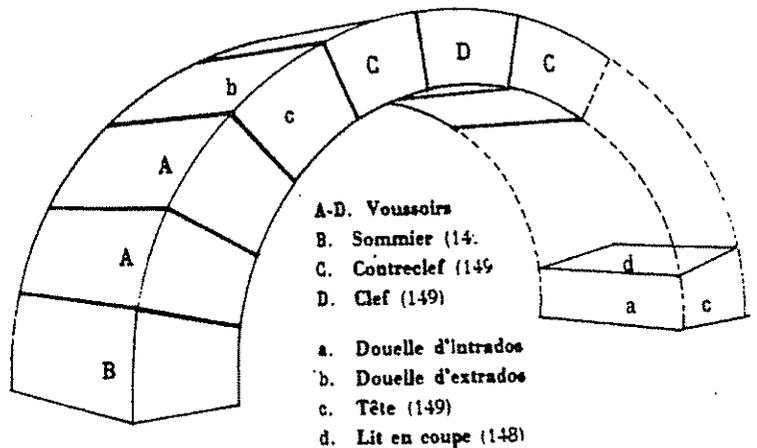
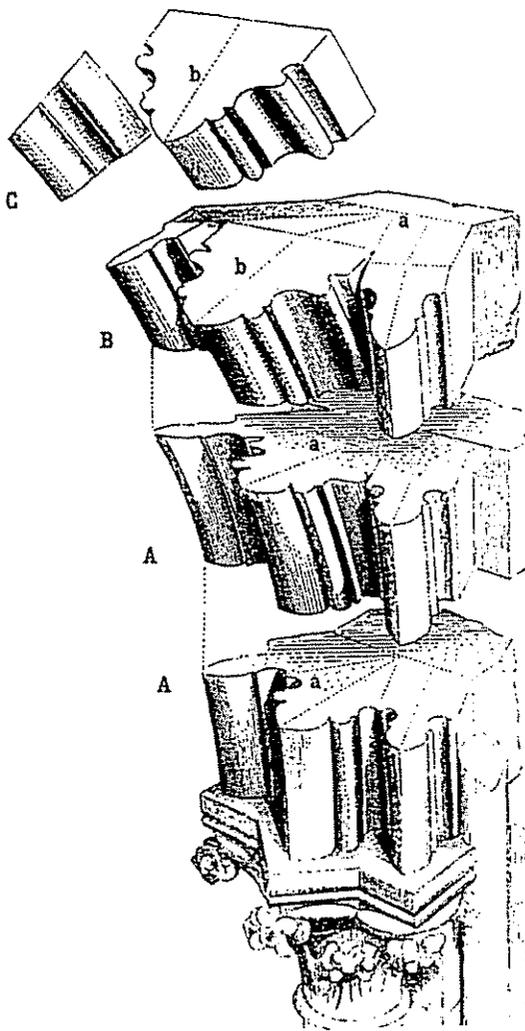
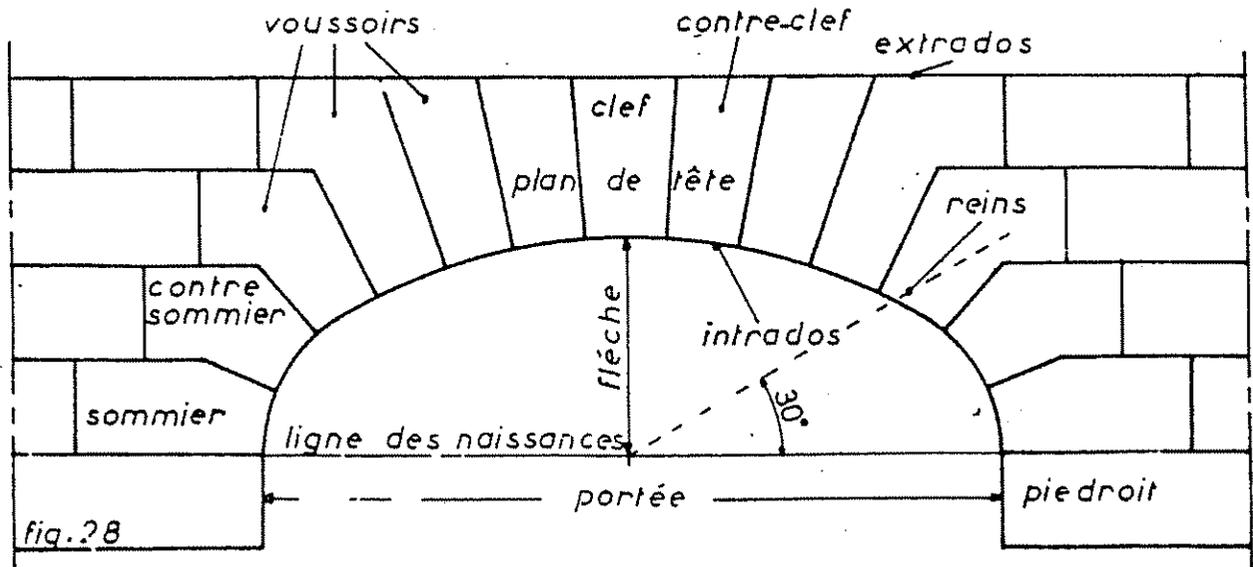
L'arc doubleau. Arc en saillie sur l'intrados d'une voûte, perpendiculairement à la génératrice de cette voûte, pour la renforcer : c'est une *doubleure*.

Dans l'architecture gothique, l'arc doubleau est l'arc directeur qui réunit un pilier de la nef au pilier vis-à-vis.

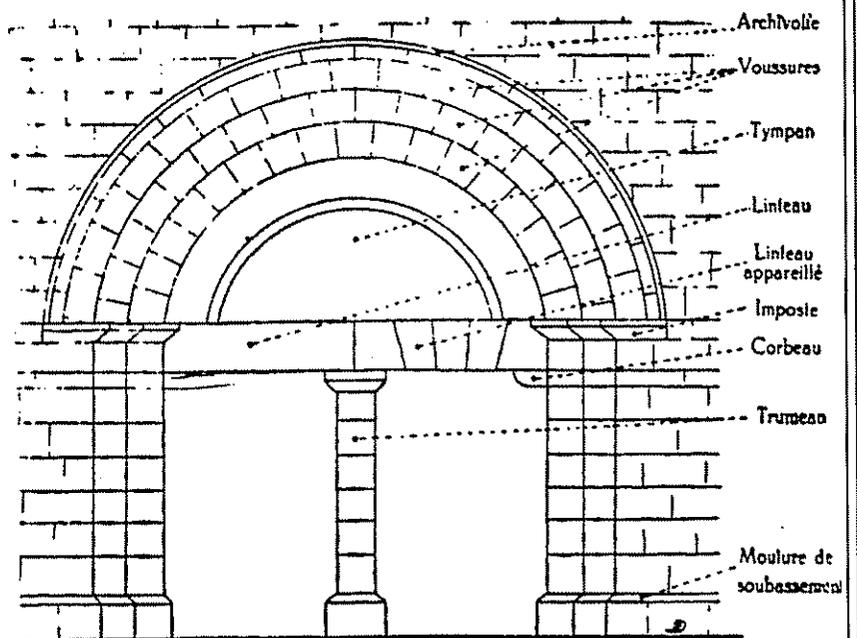
Par extension : l'arc directeur remplissant la même fonction dans les bas-côtés.



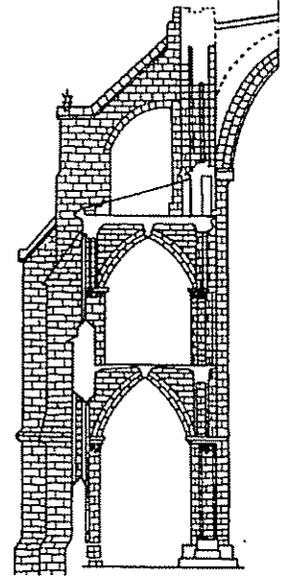
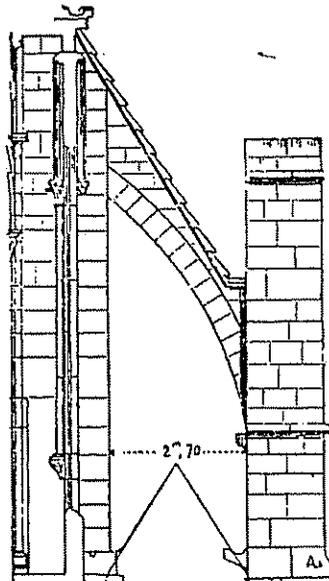
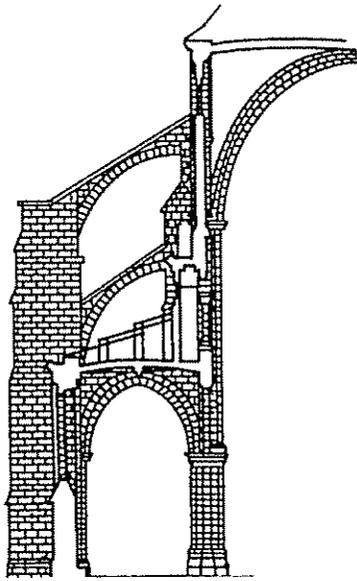
Arc doubleau.



- A. Tas-de-charge de deux assises (130)
- B. Sommier à crossettes (149)
- C. Voussoir (148)
- a. b. Lit (53)
- b. Lit en coupe (148)

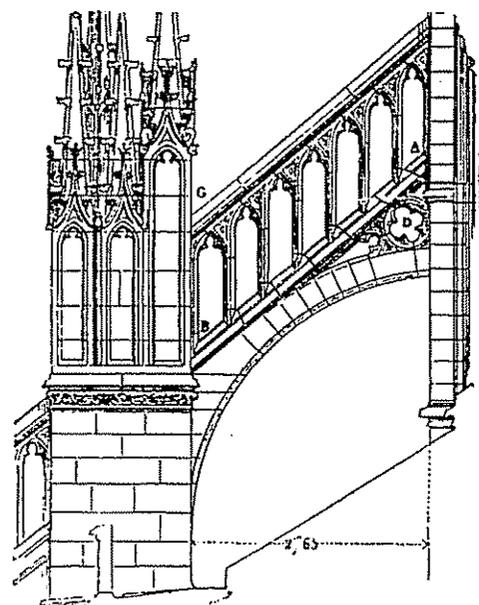
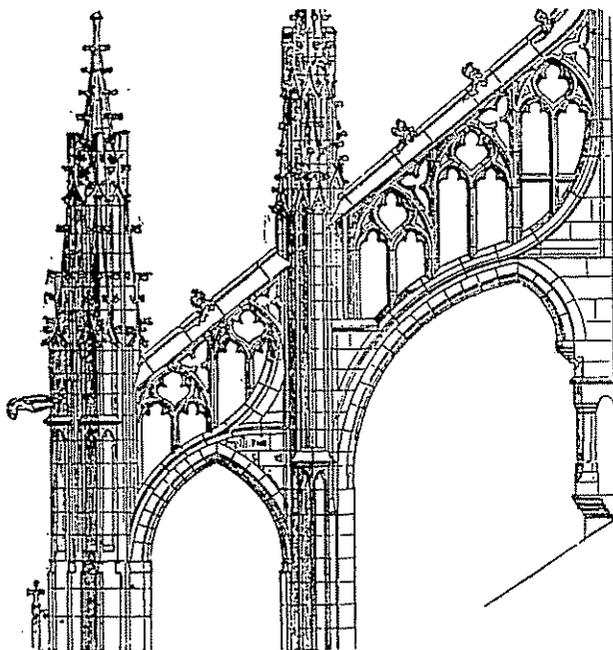
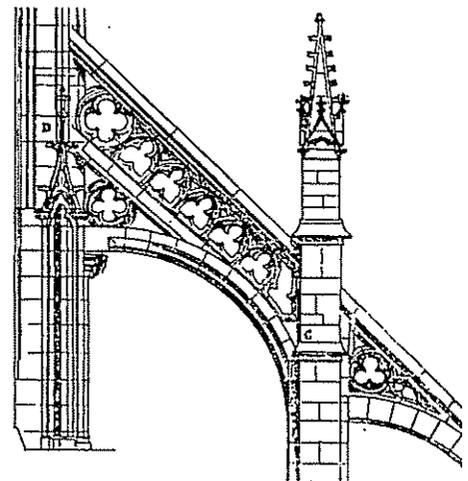
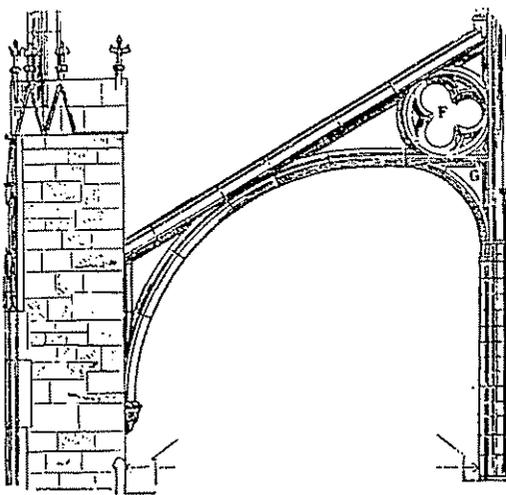


— ÉLÉMENTS D'UNE PORTE D'ÉGLISE.



Batterie d'arcs-boutants

- A. Arcs superposés
- B. Arcs successifs
- C. Culée (123)
- D. Culée intermédiaire
- E. Etrésillonnement
- a. Tête d'arc-boutant



9 - Œil-de-boeuf

DEFINITIONS

ARC. N. M. ARCH. Construction de forme courbe dont les deux extrémités s'appuient sur des points solides.

Les Grecs n'employaient pas les arcs, ils construisaient des architraves monolithes, pour franchir les vides. Mais les Romains adoptèrent l'arc en plein cintre pour franchir les vides, et les constructeurs romans l'ont utilisé, surhaussé ou surbaissé, jusqu'à la fin du XIe siècle.

Au XIIe siècle, l'arc en tiers-point est le point de départ d'un système nouveau de construction.

La Renaissance adopta particulièrement l'arc en anse de panier et l'arc en accolade ; puis l'arc en plein cintre fut à nouveau couramment utilisé dans l'Architecture classique.

Par leurs proportions, on distingue tout d'abord les arcs suivants :

Arc plein cintre. Celui qui comprend exactement un demi-cercle.

Arc surhaussé, exhaussé ou surmonté. Celui dont la hauteur est plus grande que celle du plein cintre.

Arc surbaissé. Celui dont la hauteur est plus petite que la demi-portée.

On distingue par ailleurs, quant à la forme

L'arc aigu ou en lancette. Arc surhaussé en forme d'ogive très aiguë.

L'arc aplati. Arc surbaissé à quatre centres déterminés par un carré abaissé de la corde de l'arc et dont les côtés sont égaux au tiers de cette corde.

L'arc bombé ou en segment de cercle. Arc de cercle qui a son centre au-dessous de sa naissance.

L'arc brisé ou en tiers-point. Arc composé de deux courbes qui se coupent, tracé soit avec 2 centres, soit avec 4 centres.

L'arc déprimé. Arc surbaissé formé d'une ligne horizontale recourbée à ses deux extrémités.

L'arc ellipsoïdal ou elliptique. Arc surhaussé formé de la moitié d'une ellipse.

L'arc en accolade ou arc en talon. Arc infléchi alternativement, concave à la naissance et convexe au sommet.

L'arc en doucine. Qui est formé de la même manière mais en sens inverse.

L'arc infléchi ou à contre-courbures. Qui présente l'aspect de deux talons tangents à leur sommet, ou arc qui présente deux courbes tangentes à leur sommet.

L'arc lancéolé. Arc aigu qui va en se rétrécissant au-dessous de son plus grand diamètre.

L'arc outrepassé. Arc de cercle dont la circonférence se prolonge au-dessous du diamètre horizontal passant par le centre.

L'arc rampant. Arc dont les naissances sont à des hauteurs différentes.

L'arc Tudor. Arc surbaissé composé de deux arcs de cercle aux naissances, prolongés par deux lignes droites qui se coupent à angles obtus.

L'arc trilobé, quin trilobé. Qui est formé de la réunion de trois ou cinq lobes.

Enfin, par leur destination, on distingue :

L'arc-boutant. Arc extérieur qui par sa position est destiné à contrebuter la poussée d'une voûte.

L'arc ogive ou arc diagonal. Chacun des arcs qui, en se croisant en X soutiennent la voûte dans l'architecture gothique.

Chacun de ces arcs est généralement en plein cintre voir le mot *voûte*.

L'arc triomphal. Se dit dans une église, de l'arc doubleau qui sépare le transept du chœur.

Fréquemment on trouve une poutre, dite de *triomphe* scellée en partie haute des piliers de cet arc, et portant un Christ.

L'arc de décharge. Arc noyé dans une construction, au-dessus d'un vide, ou d'une partie faible de construction pour reporter la charge ou le poids des constructions supérieures, sur des points d'appui dont la stabilité est assurée.

L'arc diaphragme. Arc doubleau qui porte un mur, en pignon, dans le comble.

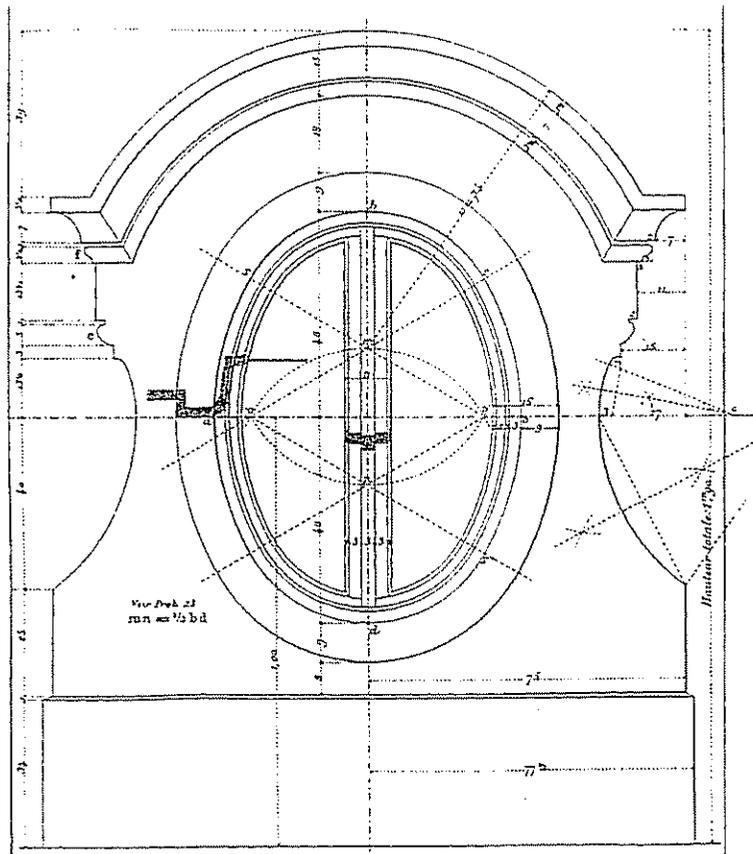
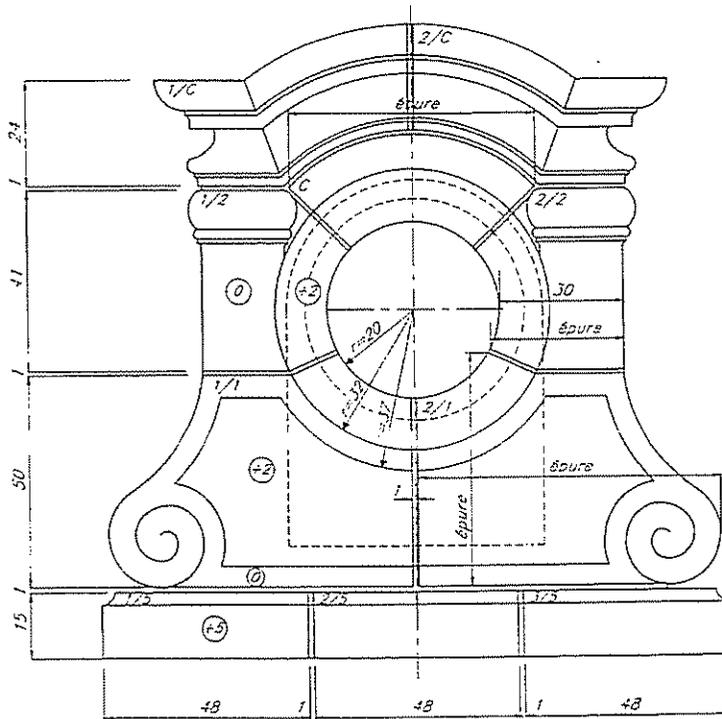
L'arc formeret. Arc supportant l'un des murs latéraux d'une église le mur gouttereau ou le mur du bas-côté et la retombée d'une voûte d'arête ou d'une voûte gothique.

L'arc doubleau. Arc en saillie sur l'intrados d'une voûte, perpendiculairement à la génératrice de cette voûte, pour la renforcer : c'est une *doublure*.

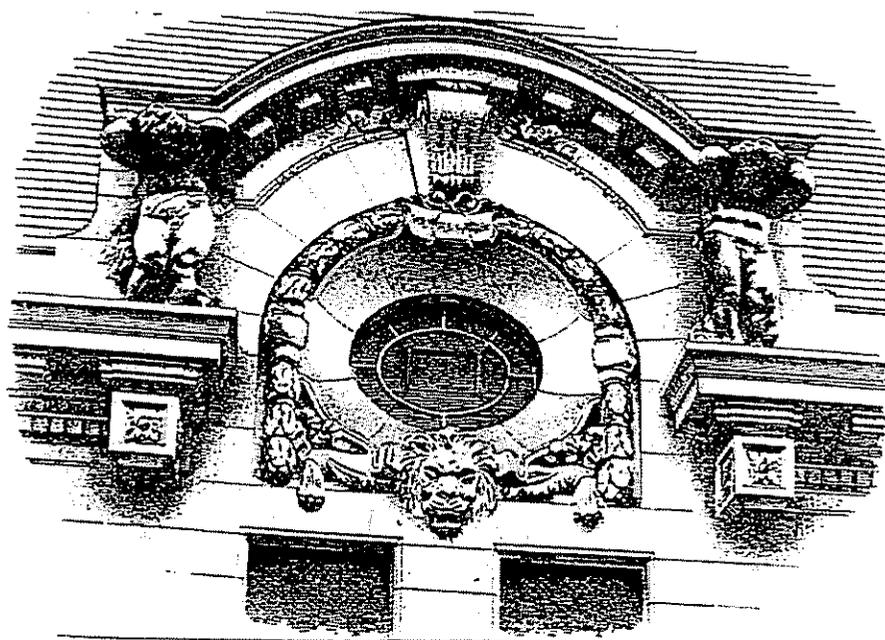
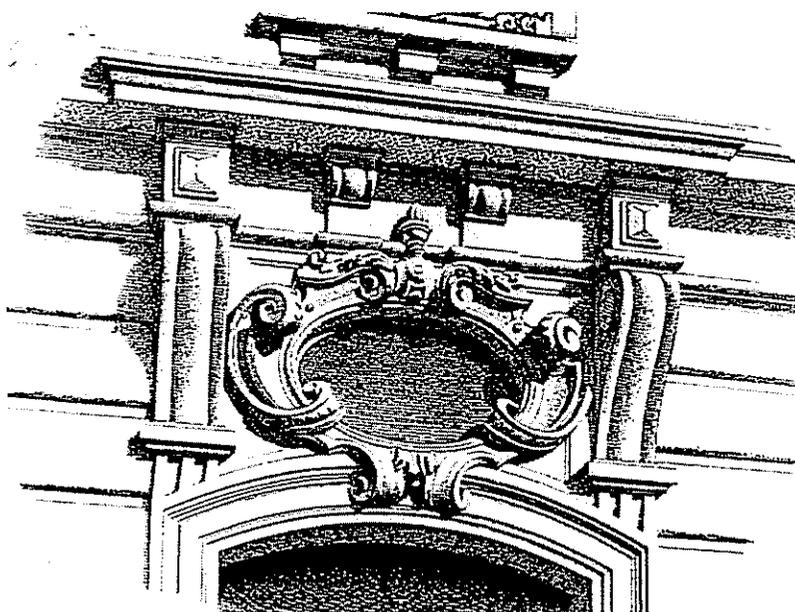
Dans l'architecture gothique, l'arc doubleau est l'arc directeur qui réunit un pilier de la nef au pilier vis-à-vis.

Par extension : l'arc directeur remplissant la même fonction dans les bas-côtés.

OEIL DE BOEUF



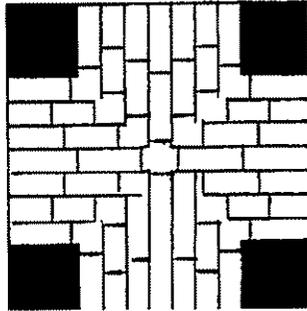
OEIL DE BOEUF



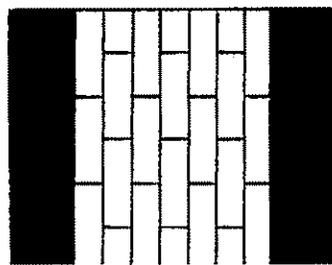
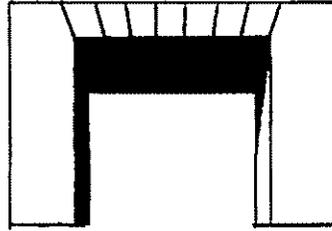
10 - Voûtes

VOÛTES PLATES

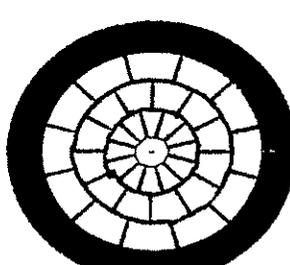
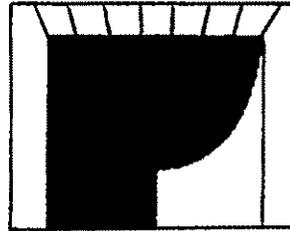
Voûte plate appareillée sur le plan d'une croisée de voûtes en berceau



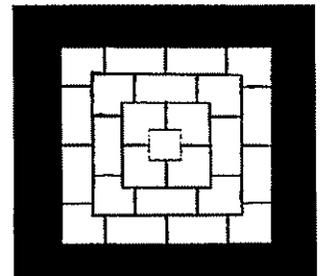
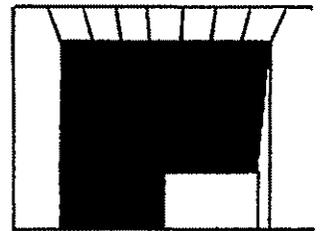
Voûte plate appareillée sur le plan d'une voûte en berceau



Voûte plate appareillée sur le plan d'une coupole

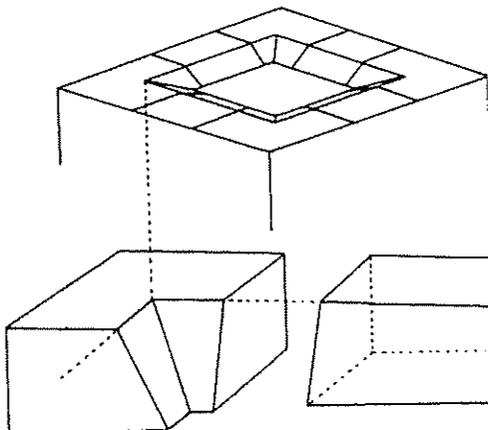


Voûte plate appareillée sur le plan d'une voûte en arc-de-cloître



Voûte plate : peut s'appareiller en arc de cloître

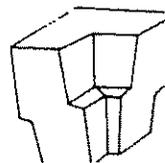
Voûte d'arête



Voûte plate appareillée en arc de cloître

Par exemple pour plafond d'une salle couverte par une voûte en arc de cloître.

Peut s'ouvrir par le haut mais pas les côtés à moins de soutenir ces côtés par un dispositif spécial d'arc ou de plate bande.

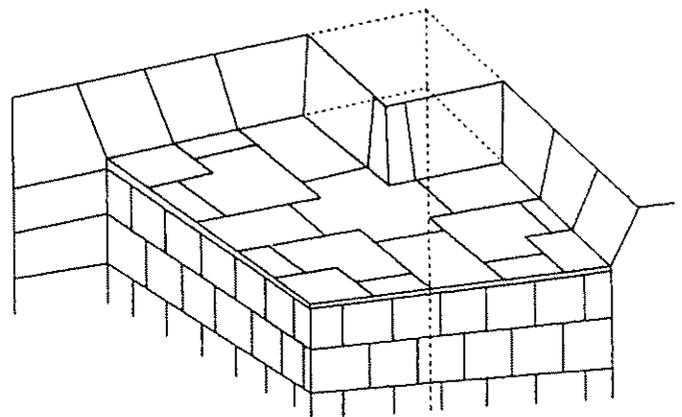


Dans certains monuments, les voussoirs sont taillés avec un redent au milieu pour s'appuyer les uns sur les autres.

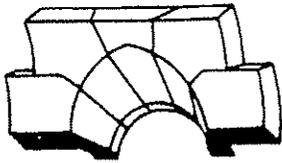
Voûte plate appareillée en voûte d'arête

Vue en dessous

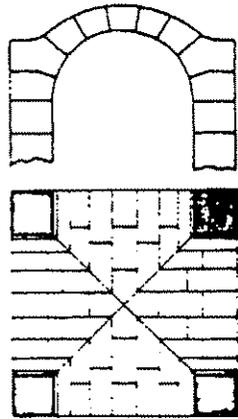
La pierre d'angle et le piedroit sont enlevés.



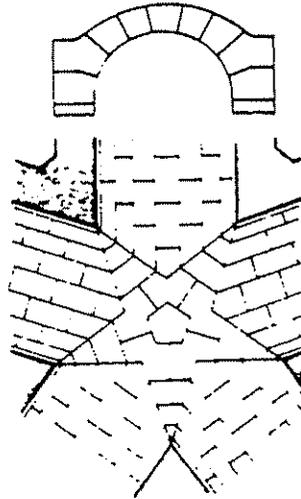
VOÛTES COMPOSEES



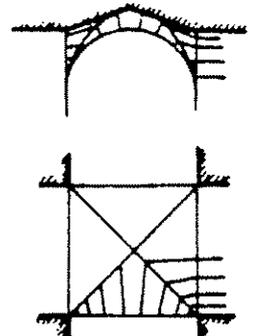
Lunette



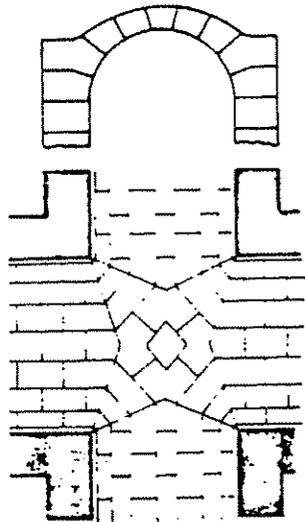
Voûte d'arête



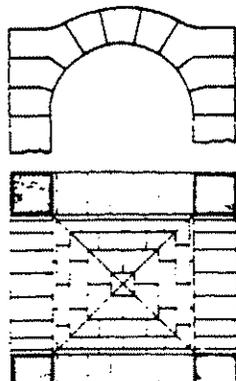
Voûte d'arête pentagonale



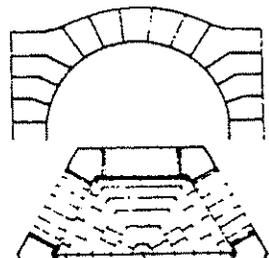
Voûte en bonnet d'évêque de forme conique (intersection de cônes)



Voûte d'arête à double arêtier



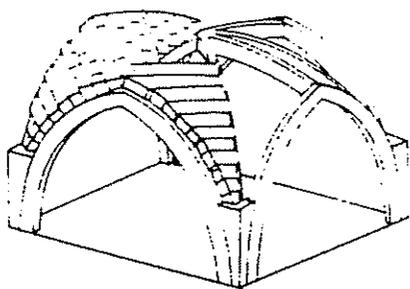
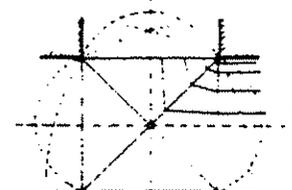
Voûte en arc de cloître simple



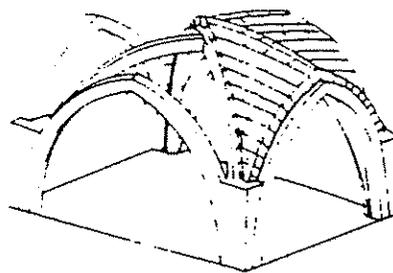
Voûte en arc de cloître sur plan hexagonal



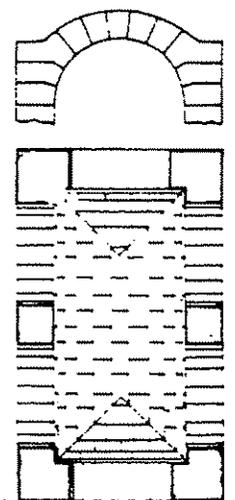
Voûte en bonnet d'évêque de forme elliptique (intersection d'ellipsoïde de révolution)



Voûte domicale

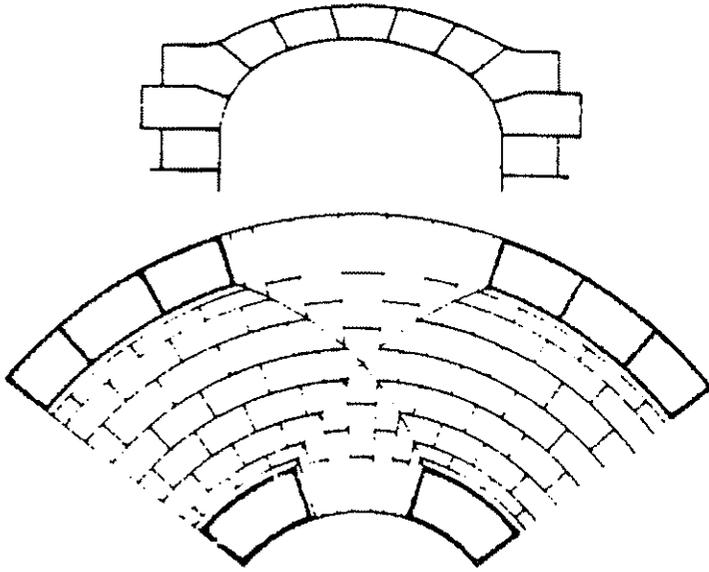


Voûte sur croisée d'ogive

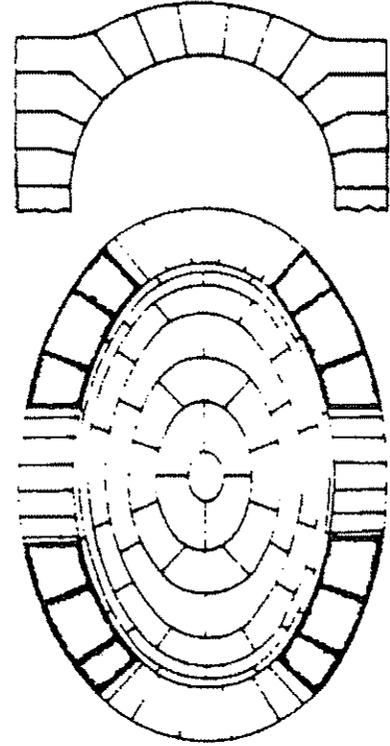


Voûte en arc de cloître (partie du milieu en berceau)

VOÛTES DE REVOLUTION

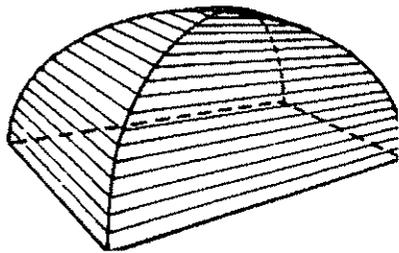
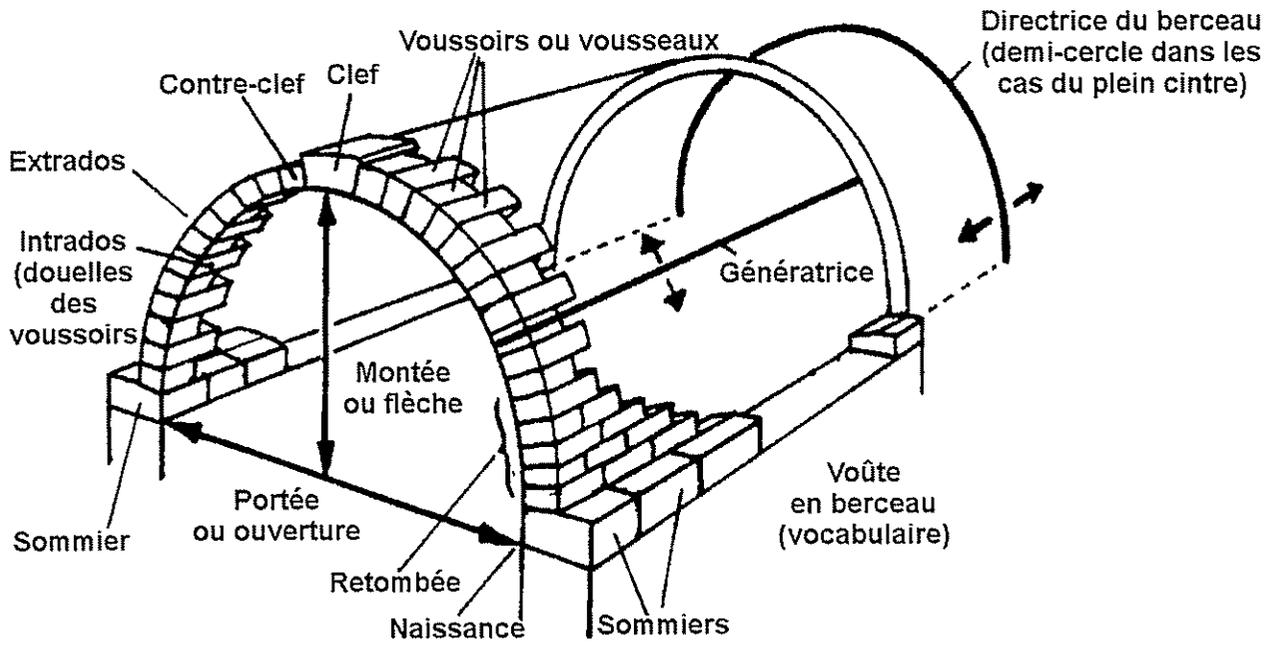


Voûte d'arête dans une voûte annulaire

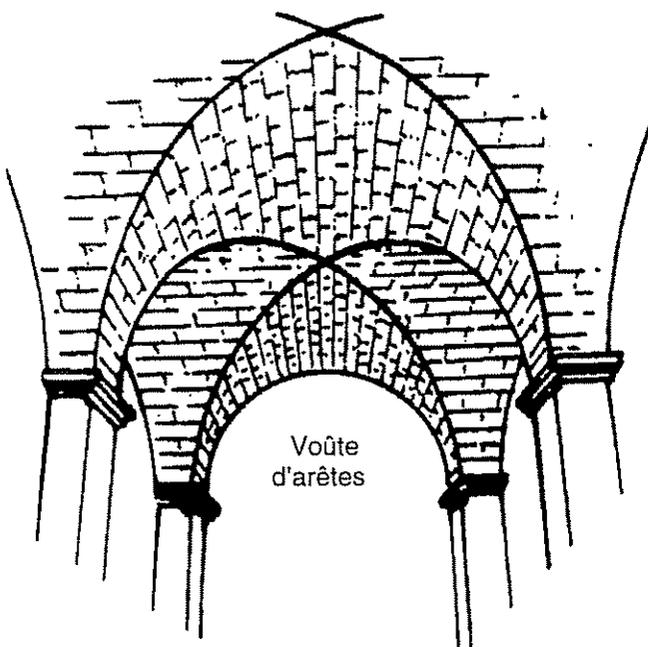


Voûte elliptique

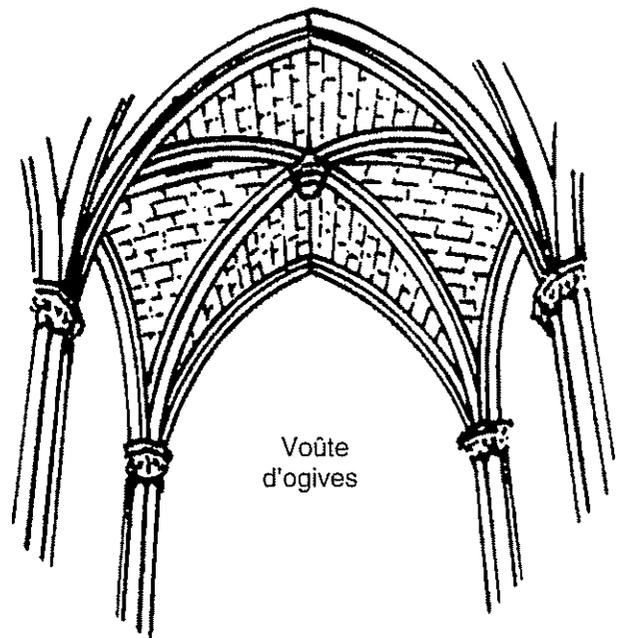
VOÛTES



Voûte en arc-de-cloître



Voûte d'arêtes

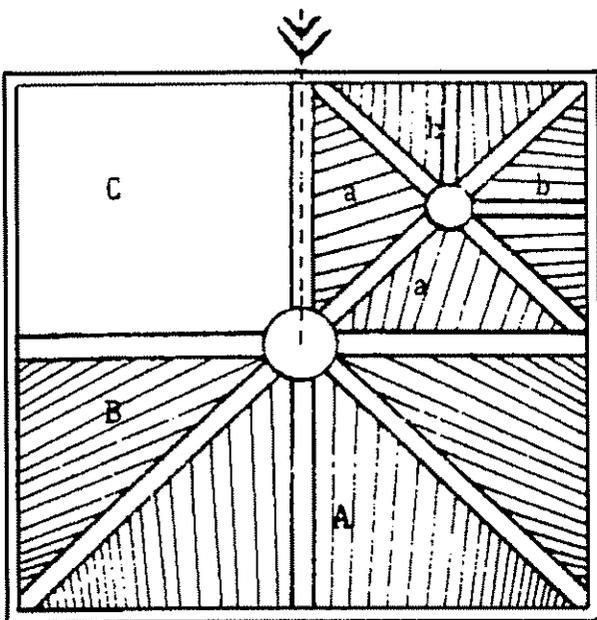
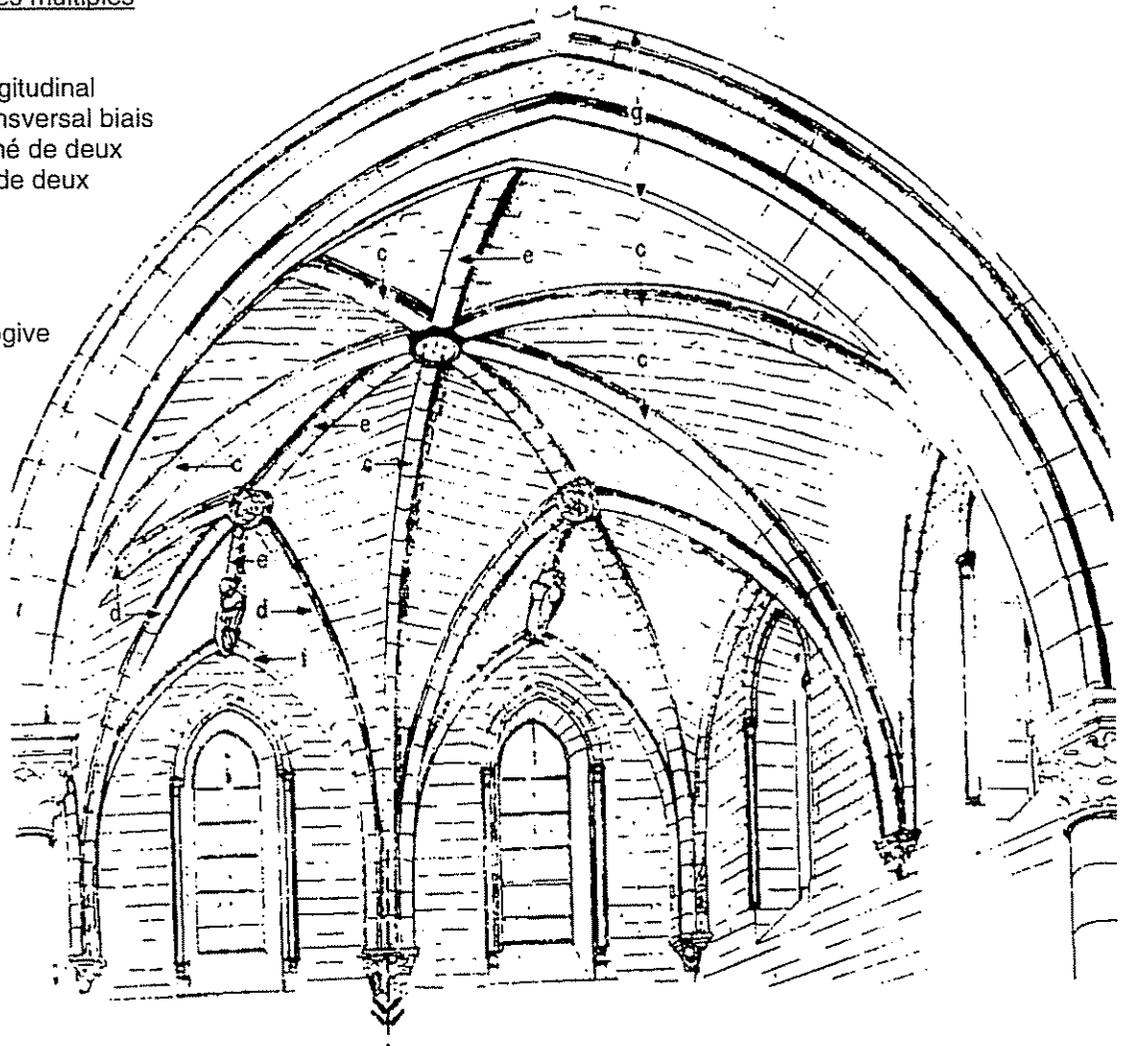


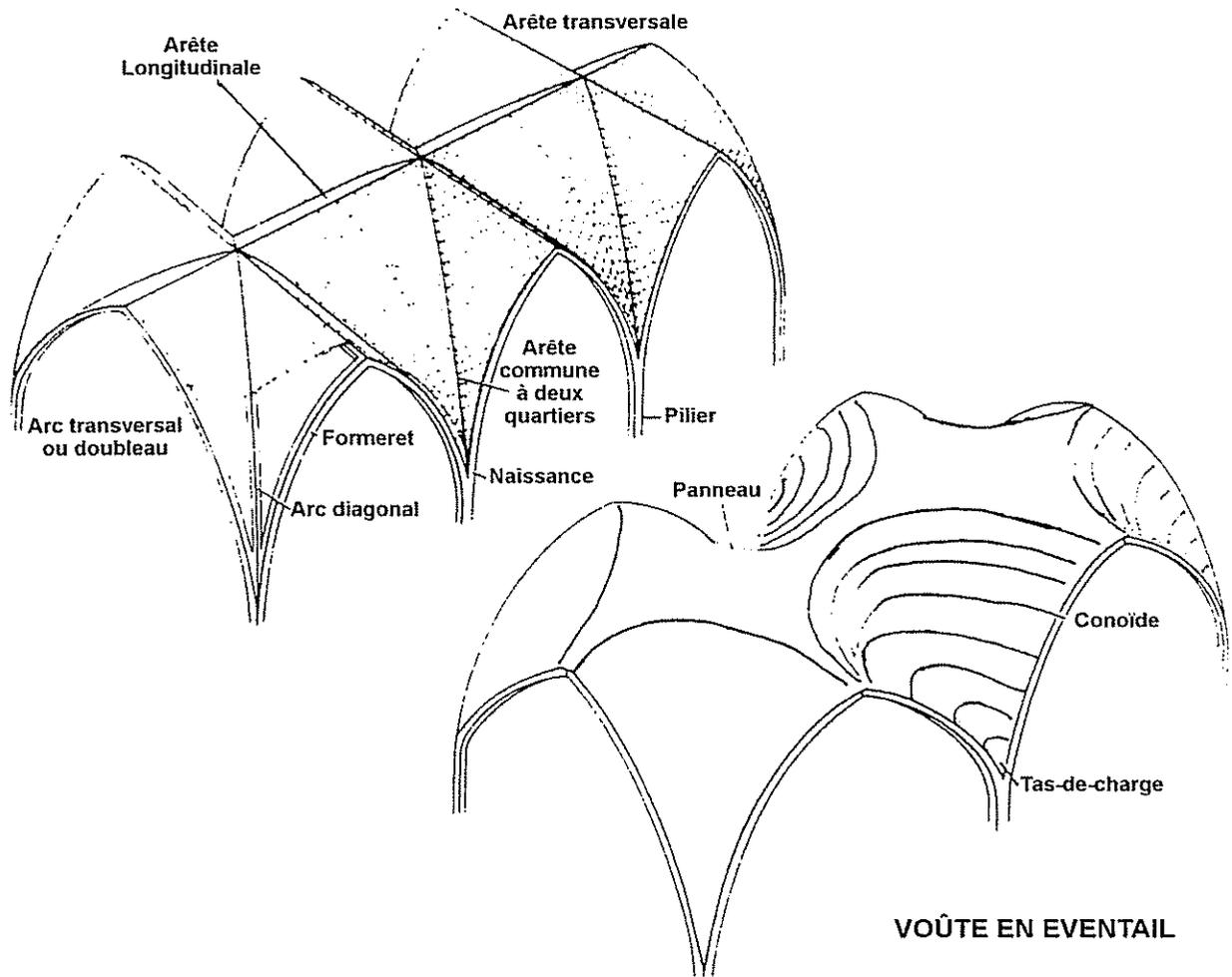
Voûte d'ogives

Voûte à nervures multiples

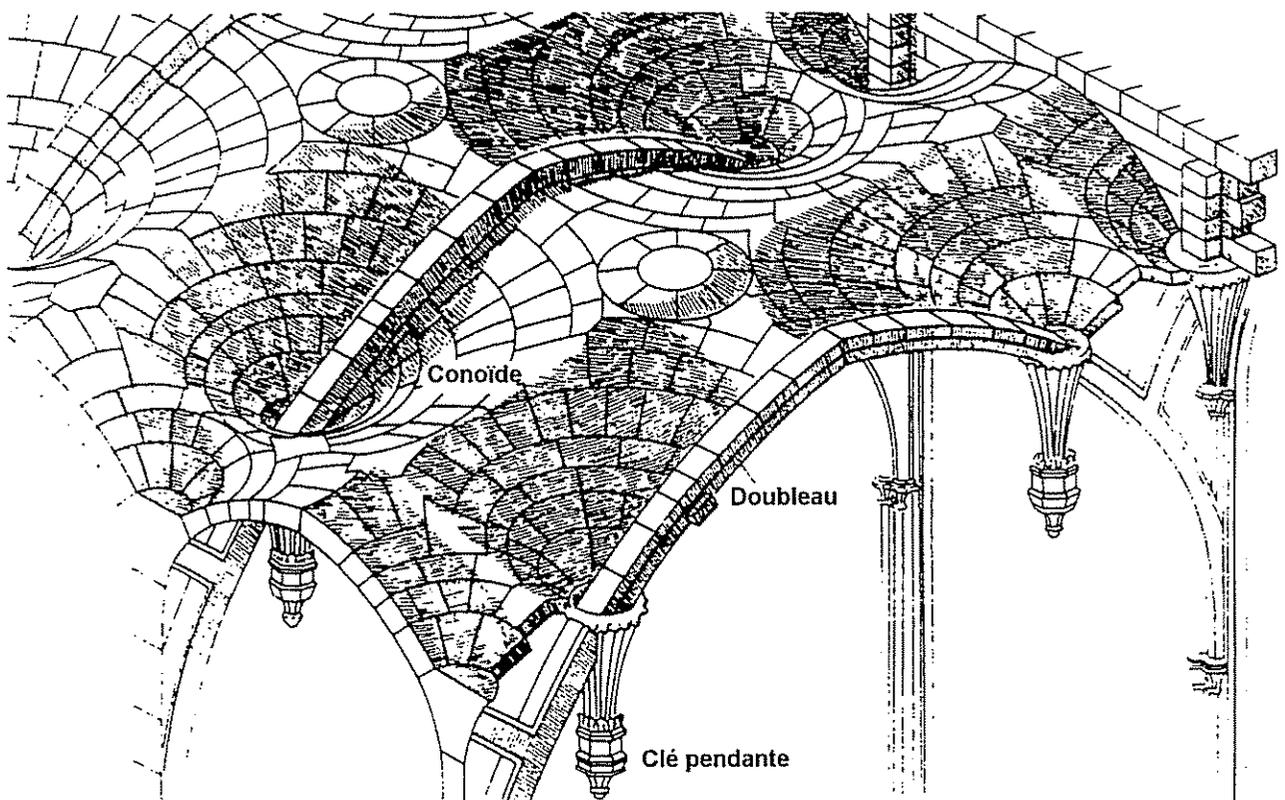
- A. Quartier longitudinal
- B. Quartier transversal biais
- C. Canton formé de deux voûtains et de deux lunettes

- a. Voûtain
- b. Lunette
- c. Branche d'ogive
- d. Tierceron
- e. Lierne
- f. Formeret
- g. Doubleau

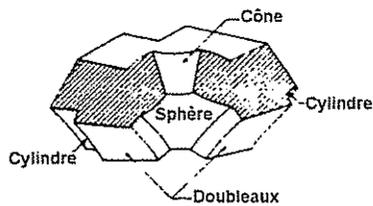




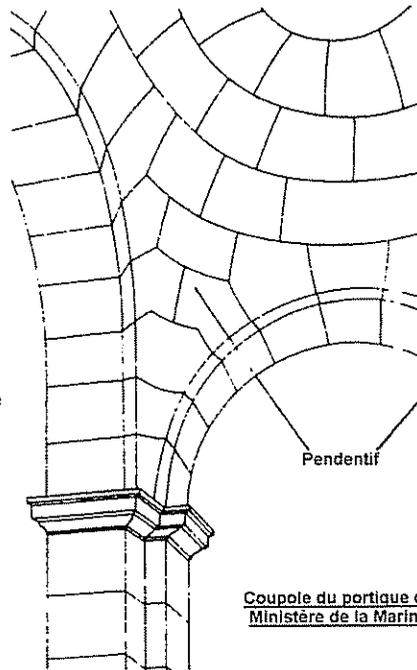
VOÛTE EN EVENTAIL



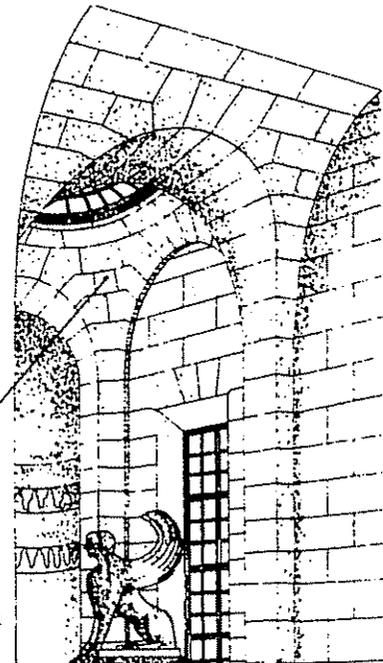
11 - Coupoles et trompes



Perspective d'un voussoir



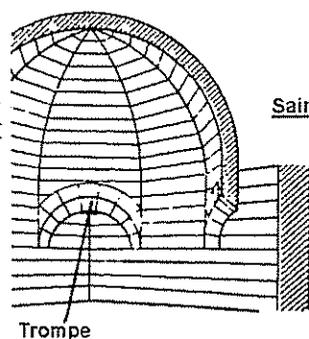
Coupole du portique du Ministère de la Marine



Coupole sur le palier de l'escalier Daru au Louvre

Lorsque la coupole est montée sur une salle carrée, ce qui est habituel, il faut *racheter le carré*, c'est à dire passer du plan carré de la salle au plan circulaire ou octogonal de la voûte. On y parvient par des *trompes* ou par des *pendentifs*.

Le principe de la coupole sur trompes consiste essentiellement à construire de biais, dans un angle de la pièce, un arc sur lequel on monte ensuite un petit mur qui forme pan coupé. Que l'on répète l'opération dans chaque angle, et on aura transformé le carré en octogone. On pourra poser alors sur cette assiette octogonale soit une calotte également octogonale, soit, en trichant un peu pour les raccordements, une calotte hémisphérique, on tourne, pour soutenir le pan coupé, au lieu d'un arc posé de biais, une trompe proprement dite, c'est à dire une voûte formant saillie sur l'angle rentrant.



Coupole sur trompes

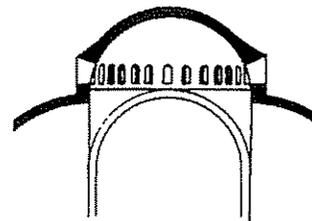
Coupole sur pendentif

On coiffe le carré avec une demi-sphère dont l'équateur lui est circonscrit. On tranche les 4 côtés par les plans verticaux AB, BC, CD, DA = 4 demi cercles.

Stabilité de la coupole sur pendentif

Coupole simple : alors que voûte sphérique donne poussée rayonnante, ici, poussées principales localisées aux 4 points d'appuis. En plus, poussée sur les arcs. Si on a deux berceaux, P se décompose sur les piédroits.

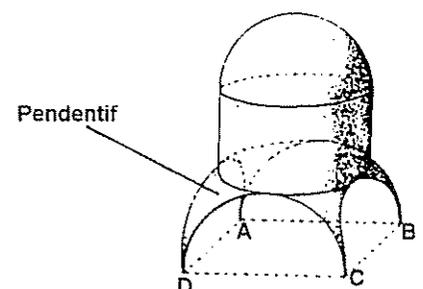
Si ABCD sont points d'appui isolés ; précautions habituelles (contrebutée, points assez gros, charge verticale, etc...).



Sainte Sophie

Comme pour coupole sphérique, on peut supprimer la clef et toute une partie de la calotte (voussoirs horizontaux formant un arc se contrebutent d'eux-mêmes ; d'où pendentifs surmontés d'une coupole, ou d'un tambour et d'une coupole. Il y a alors plusieurs problèmes de stabilité superposés.

Saint Pierre de Rome



APPAREILLAGE DE DOMES ET COUPOLES

Les contraintes principales s'exercent suivant les méridiens. On dispose donc les assises perpendiculairement à ces lignes, c'est à dire en couronnes suivant les parallèles. Les joints montants sont croisés d'une assise à l'autre. On rend ainsi la maçonnerie plus résistante aux tractions qui peuvent prendre naissance près de la ceinture dans le sens de ces parallèles, et risquaient de provoquer des fissures suivant les méridiens.

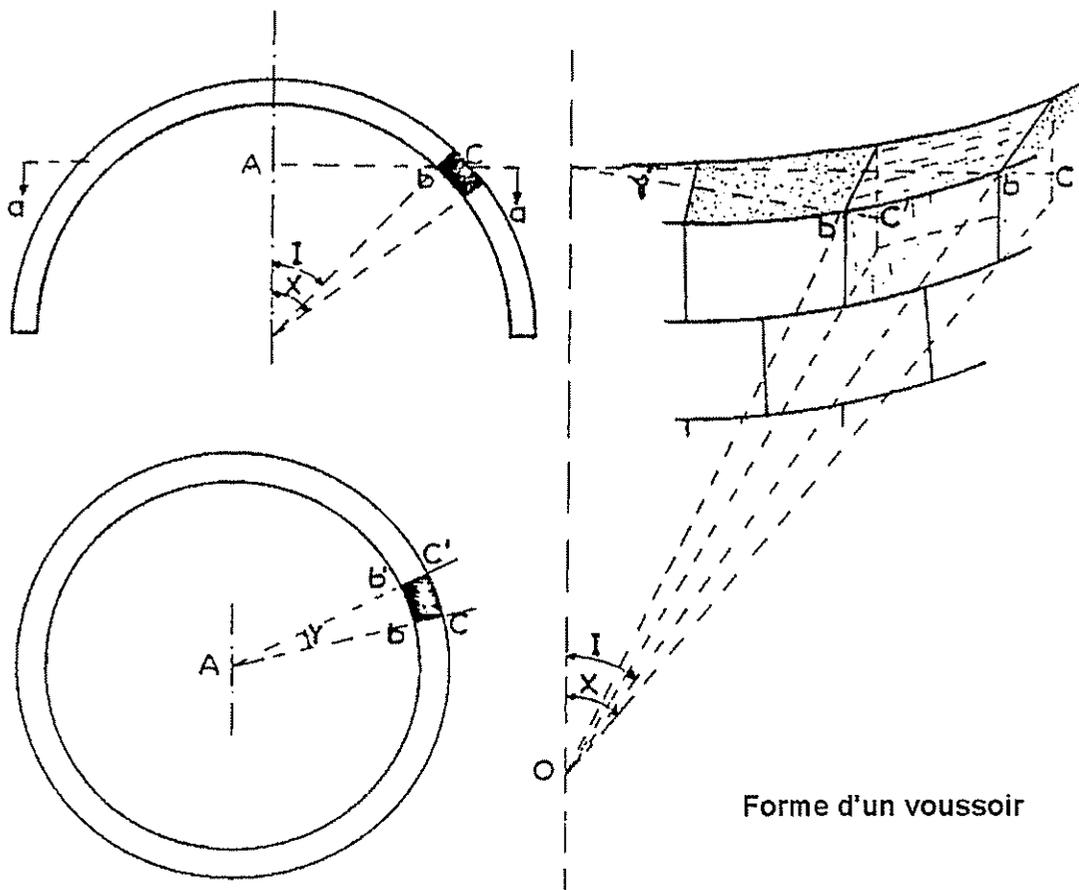
L'appareillage se fait généralement en pierre. Les voussoirs ont leur face de parement en forme de trapèze ; les faces d'assises sont des portions de cônes d'angles de sommet X et I ; les faces de joint sont des portions de plans méridiens faisant entre eux l'angle y à mesurer suivant les droites AbC et $A'B'C'$.

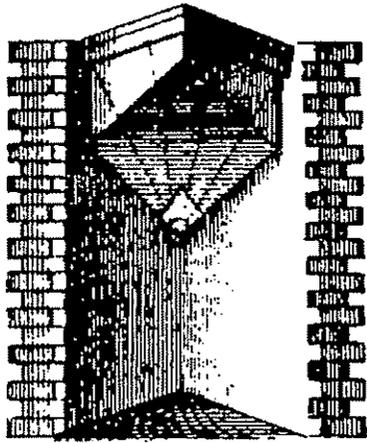
Assez loin du sommet, une taille en parallélépipède rectangle peut convenir, l'erreur commise étant assez faible pour être rattrapée par l'épaisseur des joints.

Les voûtes sont montées sur cintre, assise par assise repérées sur le couchis en se centrant au sommet sur l'axe du pivot.

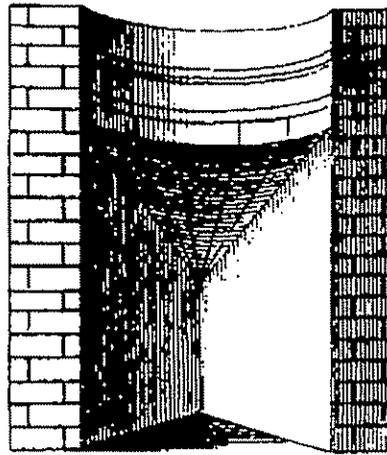
Pour atténuer les effets du retrait du mortier de jointoiment, les assises sont montées incomplètement : les pierres situées le long de quatre, six ou huit méridiens équidistants, repérés d'avance, sont posés à sec.

Ce n'est qu'une fois arrivé près du sommet, et après quelques jours de séchage, que l'on fiche les joints laissés vides en partant de la ceinture, avec du mortier sec que l'on mate fortement.

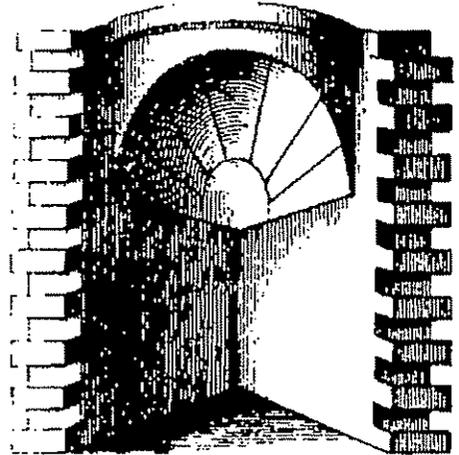




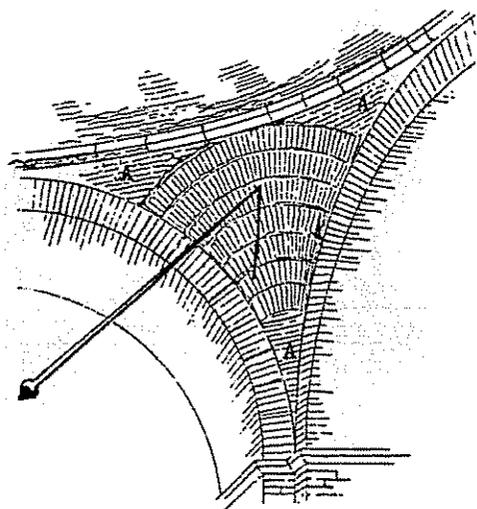
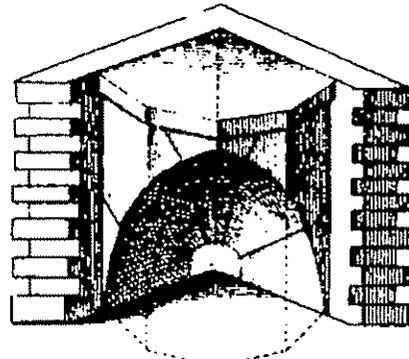
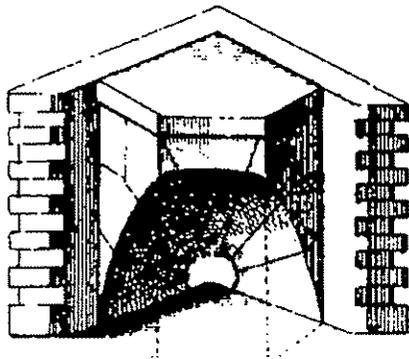
Trompe plate sous le coin



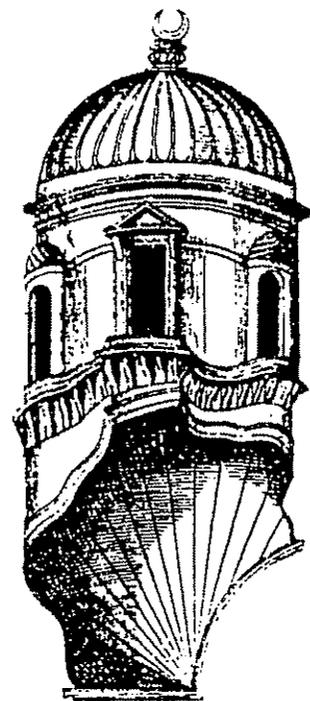
Trompe plate sous un pan concave



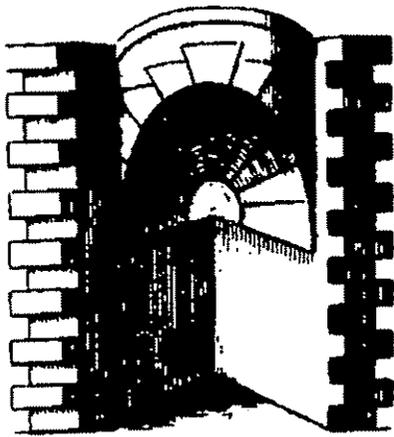
Trompe nichée sous un ouvrage circulaire



Pendentif appareillé en rouleaux



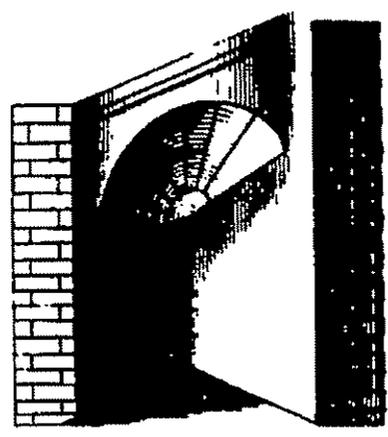
Trompe onnée



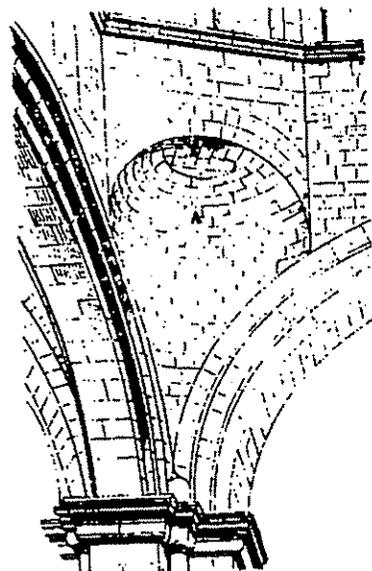
Trompe sous un ouvrage circulaire



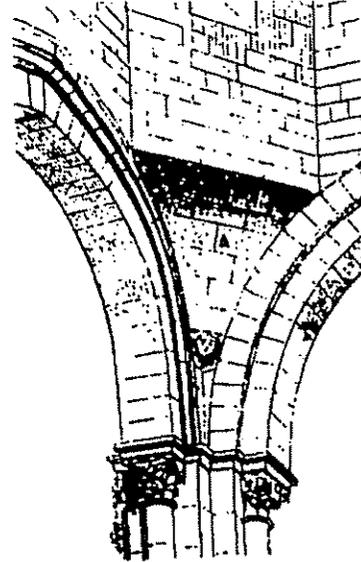
Trompe plate sur-le-plan et sous un ouvrage circulaire



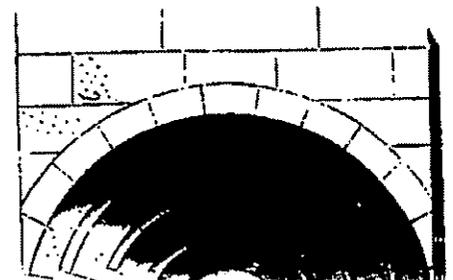
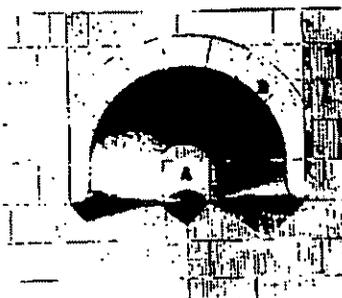
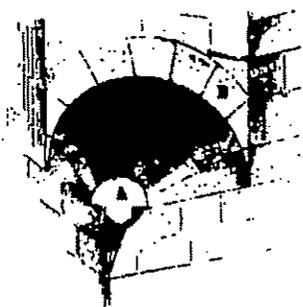
Trompe rampante sous un ouvrage circulaire



Trompe en cul-de-four déprimé



Trompe en demi-berceau



12 - Balustrades

LES BALUSTRADES

DEFINITION

C'est un garde-corps placé sur un balcon, une galerie, une terrasse ou un escalier.

TERMES TECHNIQUES

La balustrade est composée de trois parties essentielles. Le **socle**, les **balustres** et la **main courante**. Le socle peut être en pierre ou en béton.

Les balustres de formes variées, se composent d'une base, d'un fût et d'un chapiteau. Ils peuvent être ronds (Fig. 1), carrés (Fig. 2), ou comporter ces deux formes (Fig. 3). Dans les parties rampantes, on peut les conserver droits (Fig. 4), ou les déformer suivant la pente (Fig. 5). Ils peuvent être en pierre ou en béton moulé.

Le dessus de la main courante doit avoir une légère pente des deux côtés afin que l'eau ne puisse y séjourner. Au-dessous on peut prévoir une rainure pour rejeter les gouttes d'eau. La section rabattue Fig.6 montre le profil de la main courante et du socle.

Pour renforcer la balustrade on place de loin en loin des dés en pierre sur lesquels reposent les dalles de la main courante (Fig. 6).

Les balustrades peuvent être constituées avec d'autres éléments que les balustres. On peut employer des briques pleines (Fig. 7), des demi-cylindres en poterie (Fig. 8), de la pierre sculptée (Fig. 9).

DIMENSIONS A RESPECTER.

BALUSTRADES

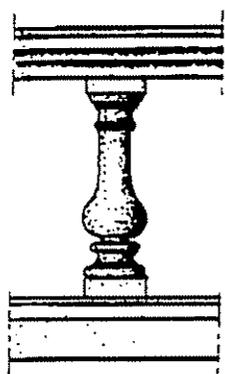


Fig. 1

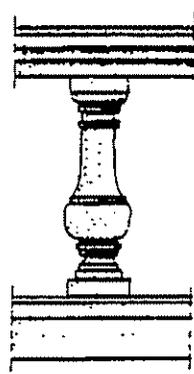


Fig. 2

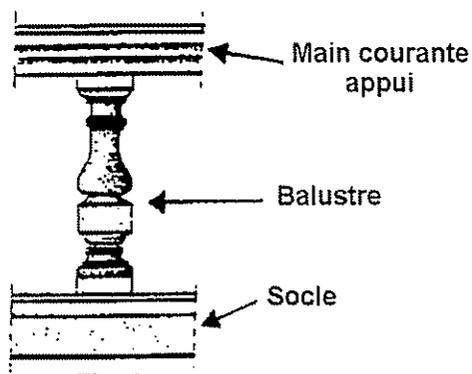


Fig. 3

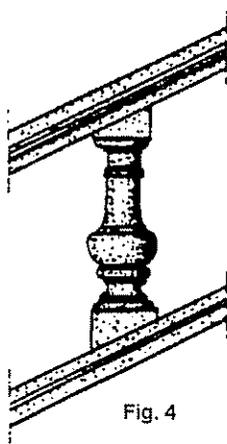


Fig. 4

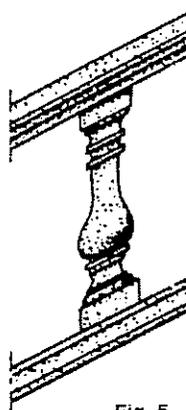
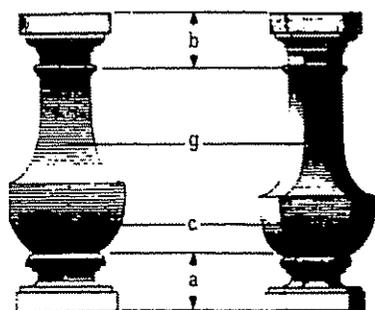
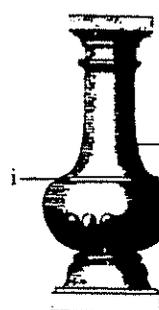


Fig. 5



A

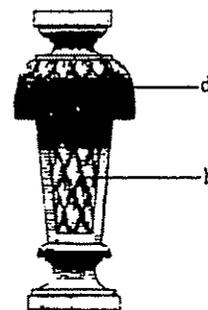
B



C



C



D



E

- A. Balustre carré en poire
- B. Balustre octogonal en poire
- C. Balustre en poire
- D. Balustre en gaine avec panse
- E. Balustre en gaine

- a. Piédouche
- b. Chapiteau
- c. Panse galbée en quart de rond
- d. Panse galbée en quart de rond renversé
- e. Panse galbée en demi-cœur
- f. Panse galbée en tore
- g. Col galbé en cavet
- h. Gaine
- i. Filet

BALUSTRADES

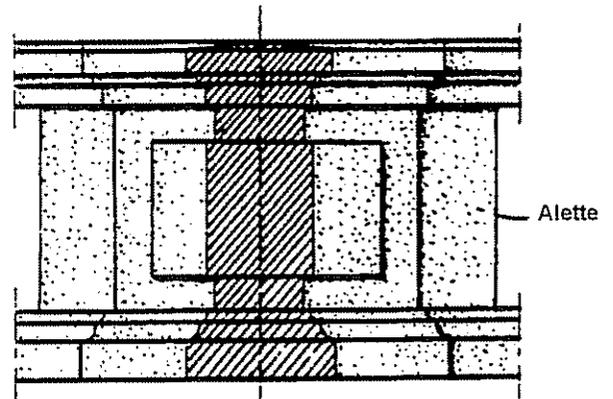
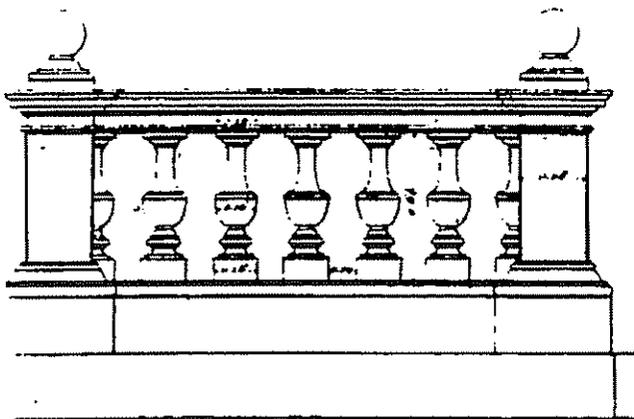
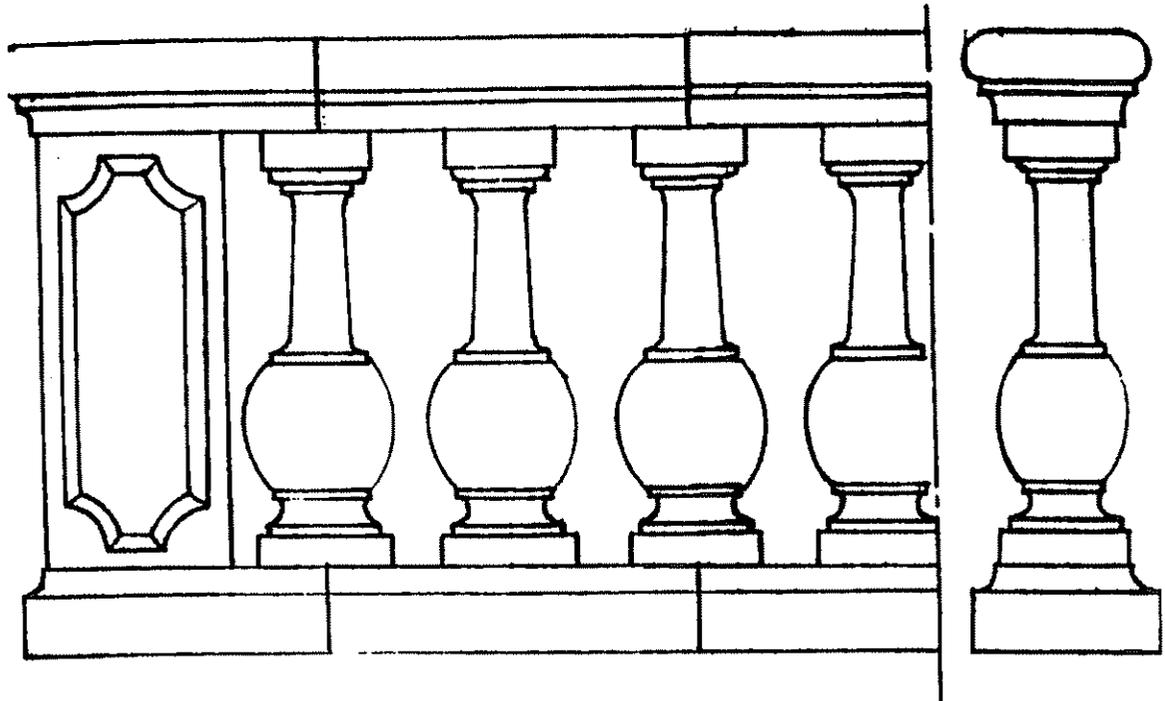


Fig. 6

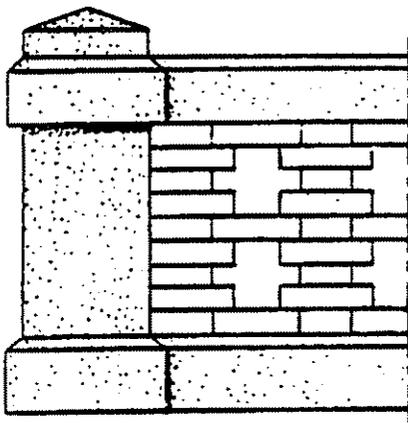


Fig. 7

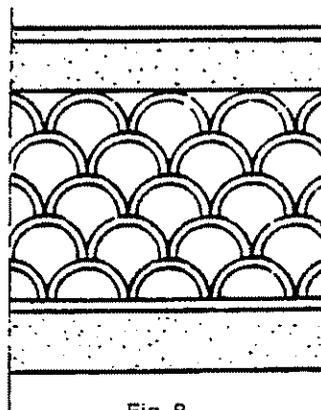


Fig. 8

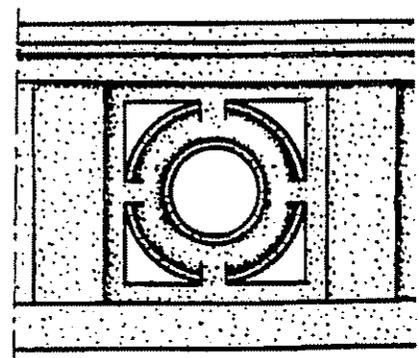


Fig. 9

13 - Escaliers et perrons

L'ESCALIER

DEFINITION ET VOCABULAIRE GENERAL

L'escalier est une série de degrés horizontaux qui permettent de mettre en communication 2 niveaux différents. L'escalier est déterminé par plusieurs contraintes :

- ⇒ La hauteur à franchir (montée)
- ⇒ L'encombrement (cage)
- ⇒ La pente (inférieure à 45°)
- ⇒ L'échappée (2 m minimum).

Vocabulaire : les dimensions

* **Cage d'escalier**

Espace vide entre 2, 3 ou 4 parois verticales dans lequel peut être placé un escalier.

* **Emmarchement**

C'est la longueur des marches, c'est à dire la largeur de l'escalier.

* **Hauteur**

Dimension mesurée à la verticale entre deux marches ; invariable dans le même escalier.

* **Ligne de foulée / giron**

La ligne de foulée est une ligne située à une distance constante du jour de l'escalier sur laquelle se fait la division de façon à avoir un giron constant ; elle se situe à environ 0,50 m de la rampe ; dans le cas d'un emmarchement inférieur à 1 m, au milieu. Le giron est la portion de ligne de foulée prise sur une marche ; invariable dans le même escalier.

* **Échappée**

Hauteur libre de passage à l'aplomb des nez de marche (minimum 2,00 m).

* **Montée / reculée**

La montée c'est la distance à franchir mesurée à la verticale entre les niveaux des sols finis de départ et d'arrivée ; la reculée c'est la distance à franchir mesurée à l'horizontale.

Vocabulaire : les éléments

* **Volée**

Ensemble de marches et de contremarches pris entre 2 paliers successifs (pas plus de 20 marches).

* **Palier**

Espace plan ménagé entre deux volées d'escalier pour diviser la montée d'un étage (palier de repos) ou pour en varier le sens de marche (palier de virage).

* **Marche / contremarche / nez**

La marche est la partie de niveau sur laquelle s'appuie le pied ; la contremarche lui est perpendiculaire ; le nez est la rencontre de ces deux plans.

* **Mur d'échiffre / crémaillère**

L'échiffre indique l'ensemble des parties rampantes ; le mur d'échiffre est le mur qui porte une pièce rampante ; la crémaillère est le tracé de l'escalier sur le mur du côté des queues de marche.

* **Jour / limon**

Ensemble de marches et de contremarches pris entre 2 paliers successifs (pas plus de 20 marches).

* **Queue de marche / collet**

La queue de marche est la plus grande largeur d'une marche dans un escalier balancé, le collet étant la plus petite.

* **Rampe / main courante**

La rampe est la partie qui garantit des chutes possibles ; elle est terminée par une main courante sur laquelle on s'appuie en montant ou en descendant (h = 0,90 à 1,05m).

REGLES PRINCIPALES

L'embranchement doit avoir une largeur suffisante pour permettre le passage de deux personnes.

Le giron sera d'au moins 0,25 cm nez compris pour la pose du pied.

La contremarche ne devrait pas dépasser 0,18 cm.

La détermination du giron(g) et de la contremarche (h) peut s'établir suivant la formule :

$2h - g = 0,62 \text{ m}$ (0,62 m étant considéré comme la longueur d'un pas d'ordinaire).

Soit : $(2 \times 0,17) - 0,25 = 0,62$

Ou : $(2 \times 0,18) - 0,26 = 0,62$.

Dans le cas d'une volée droite ou tournante au milieu de laquelle est intercalé un palier de repos, celui-ci doit avoir une profondeur en harmonie avec la longueur du pas. Cette profondeur est donnée par la formule suivante :

$$p = g - z(2h - g)$$

(p. profondeur du palier, g. giron, z. nombre de pas qu'il faut faire sur le palier, h. hauteur de la marche).

Le giron doit être le même pour toutes les marche d'une même volée et cette règle est également valable pour les escaliers à quartier tournant.

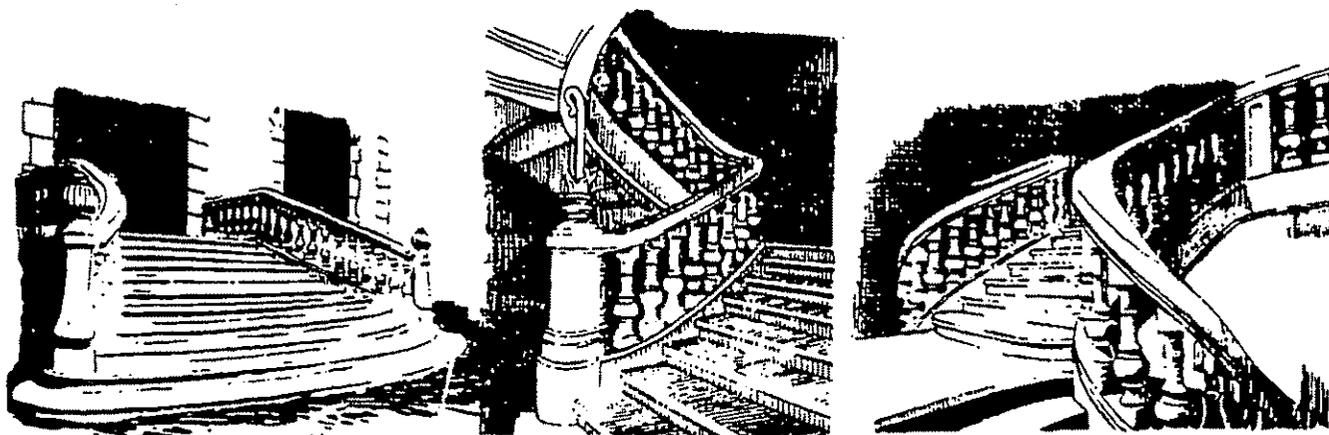
Le nombre de marches est donné par la hauteur de l'étage divisée par la hauteur de la contremarche moins un.

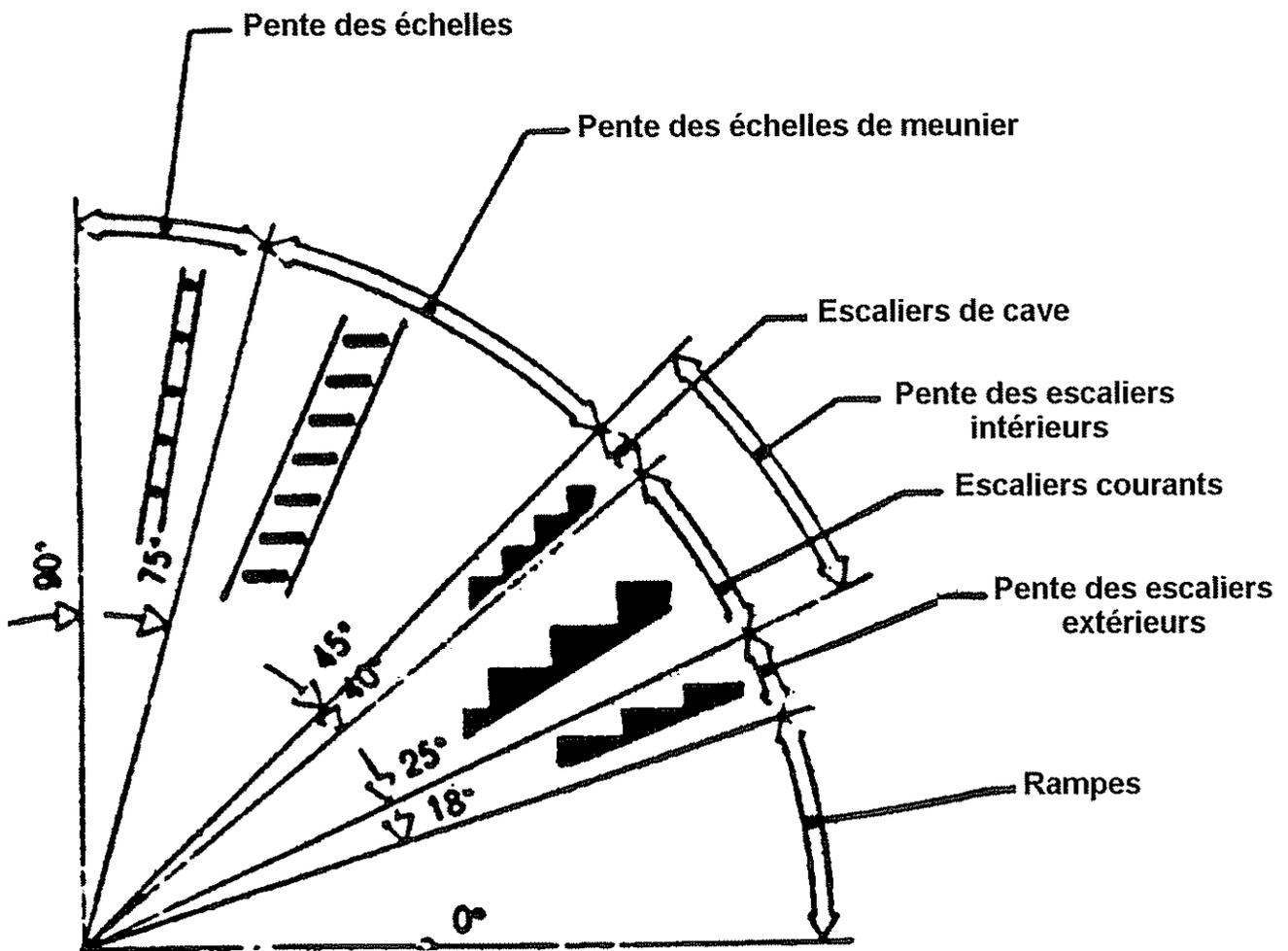
Dans ce cas, le giron relevé dans la partie droite doit être semblable à celui relevé dans la partie tournante sur la ligne de foulée.

L'échappée sera d'au moins 2,00 m, soit 12 marches, la treizième pouvant être superposée à la première.

Les volées doivent avoir, de préférence, un nombre impair de marches.

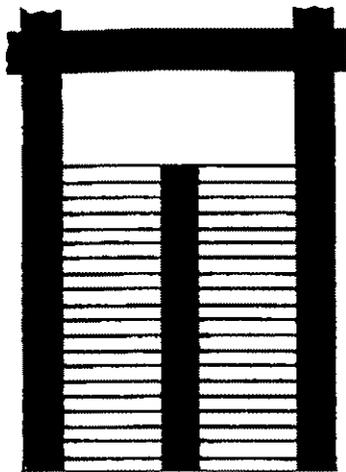
Escaliers exécutés dans la belle pierre marbrière de Puygiron. A gauche : perron d'une villa au Puy (Haute-Loire), au centre : départ de la rampe et à droite ; volée centrale suspendue de l'escalier à limon de l'hôtel de la Croix d'Or à Velence.



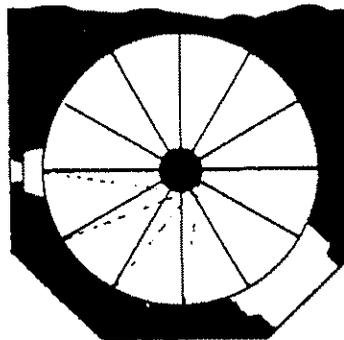


Pente des escaliers

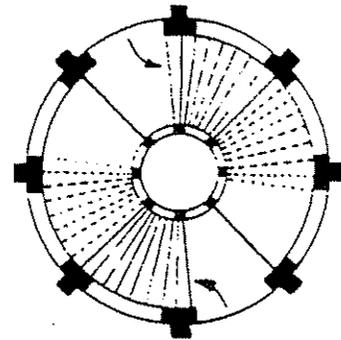
DE L'ANTIQUITE...



Escalier droit à palier, composé de volées parallèles séparées par un mur de refend. C'est ainsi que sont conçus et réalisés les escaliers des thermes, des théâtres et amphithéâtres romains.

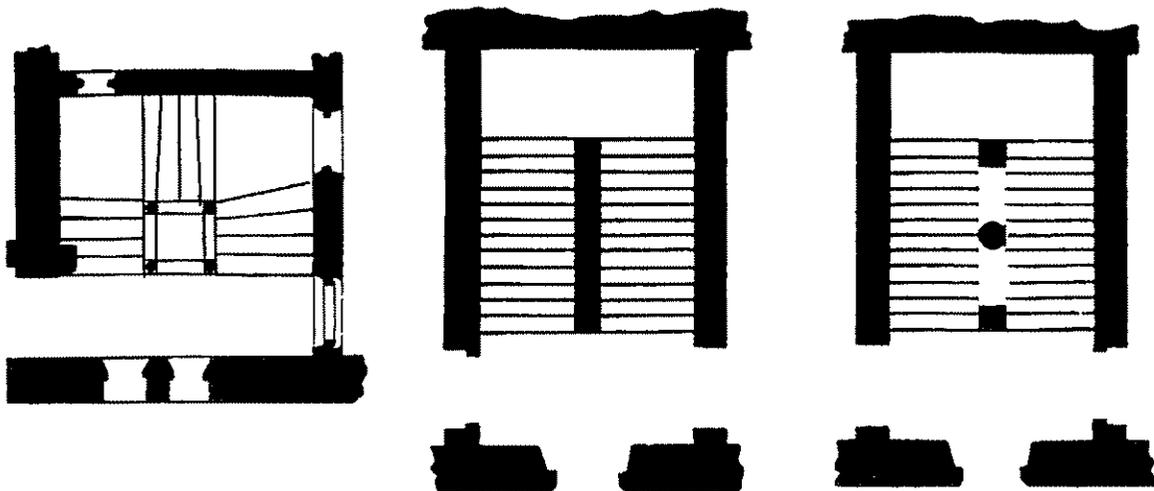


Le Moyen-Age adopte la formule « à vis ». Enfermées dans une cage cylindrique, les marches rayonnent autour d'un noyau central dont elles portent chacune un élément.



Avec le début de la Renaissance une tendance nouvelle se fait jour progressivement : le noyau central élargi est également évidé. Il est déterminé par une série de piliers (Ci-dessus exemple de Chambord).

A LA RENAISSANCE...

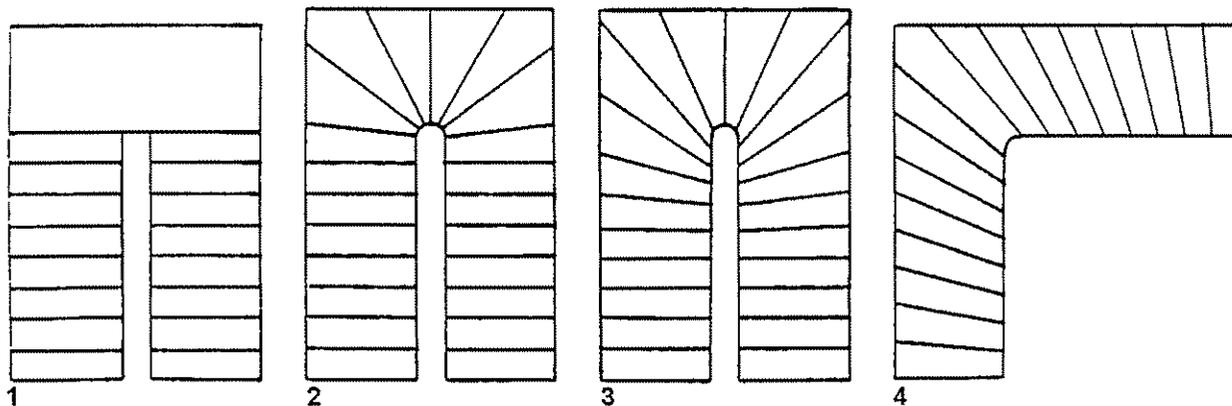


Cage carrée, noyau évidé formé par quatre piliers supports de voûtes sur lesquels reposent les marches, volées droites et paliers de repos, tel est l'exemple de l'escalier de l'Hôtel de Ville d'Aix-les-Bains.

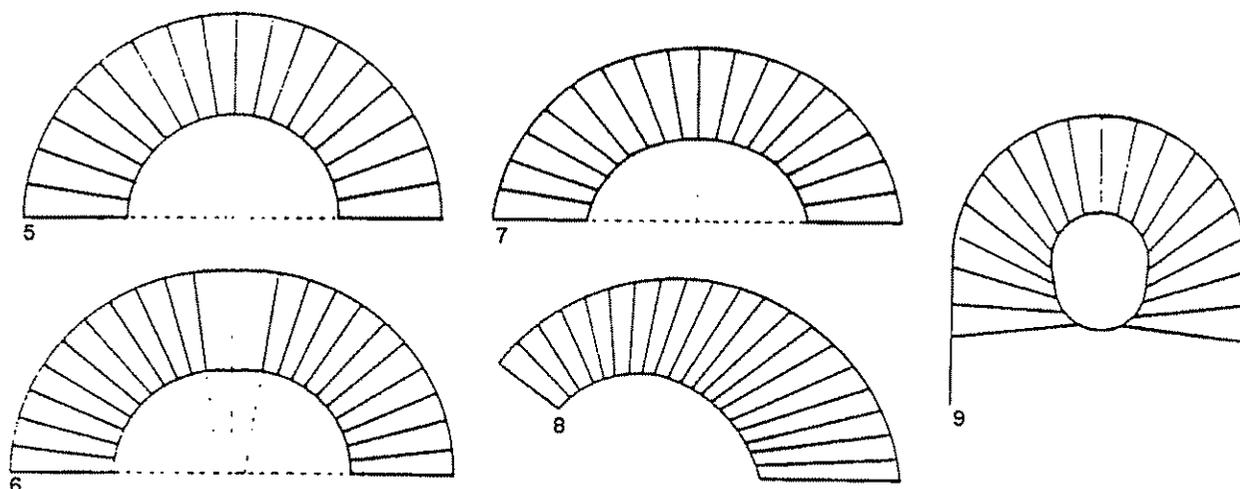
La Renaissance consacre également le retour pur et simple à la solution romaine : escalier droit à palier et volées parallèles séparées par un mur de refend. Le plan type ci-dessus ne diffère en rien du premier.

Parmi les nombreuses applications de la précédente solution, voici celle adoptée au Château de Montal. Le mur séparatif est remplacé par trois piliers réunis par des arcs et sur lesquels retombe une série de voûtes.

ESCALIERS



MODERNES



Parmi les nombreuses et diverses formules d'escaliers adoptées depuis la Renaissance, nous avons retenu les principales et les plus couramment utilisées :

1. Escalier droit à palier : la plus simple de toutes les solutions et certainement la plus ancienne. Volées parallèles, paliers rectangulaires - marches régulières et parallèles.
- 2 et 3. Escalier à double quartier tournant. Ce type, sujet à de multiples adaptations quant au plan, est d'un usage extrêmement répandu. La volée comporte deux parties droites, parallèles et régulières reliées par une partie cintrée. La détermination de la forme et du nombre de marches tournantes est un des problèmes les plus importants du tracé de l'escalier. La fig. 2 montre le tracé le plus simpliste avec marches rayonnantes exactement sur le centre de la partie tournante. Dans ce cas (à ne pas faire) la brusque cassure qui se produit dans le mouvement des marches rend l'escalier d'un usage très dangereux. On remédie à cet inconvénient par le « balancement » d'un certain nombre de marches (Fig. 3).
4. Escalier à quartier tournant. Même principe que dans le cas précédent. L'exemple dessiné ici montre la meilleure solution possible pour ce genre d'escalier : toutes les marches sont « balancées », assurant par là une parfaite régularité dans le mouvement des marches sur toute la longueur de la volée.
5. Escalier tournant demi-circulaire d'un usage fréquent. Le plan est un demi-cercle, les marches semblables et rayonnantes. Nous verrons, dans la suite de notre étude qu'en fonction de certaines données dimensionnelles, le plan d'un tel escalier ne peut pas toujours être un demi-cercle parfait.
6. Escalier à double quartier tournant. Il s'agit en fait d'un escalier semi-circulaire dans lequel est intercalé un palier de repos. La forme et les dimensions de ce palier doivent être déterminées de façon à assurer la régularité du pas de l'utilisateur.
7. Escalier tournant en « anse de panier ».
8. Escalier tournant en forme de corne d'abondance.
9. Escalier tournant de forme ovale.

LES ESCALIERS

Calcul direct par tableau

Hauteur de la marche	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,180 m	1,80	1,98	2,16	2,34	2,52	2,70	2,88	3,06	3,24	3,42	3,60
0,175 m	1,75	1,925	2,100	2,275	2,450	2,625	2,800	2,975	3,150	3,325	3,50
0,170 m	1,70	1,87	2,04	2,21	2,38	2,55	2,72	2,89	3,06	3,23	3,40
0,165 m	1,65	1,815	1,98	2,145	2,310	2,475	2,640	2,805	2,970	3,135	3,30
0,160 m	1,60	1,76	1,92	2,08	2,24	2,40	2,56	2,72	2,88	3,04	3,20
0,155 m	1,55	1,176	1,872	2,028	2,170	2,325	2,480	2,635	2,790	2,945	3,10
0,150 m	1,50	1,65	1,80	1,95	2,10	2,25	2,40	2,55	2,70	2,85	3,00

Mode d'emploi : choisir la hauteur d'étage désirée dans le tableau, elle correspond à un nombre de marches et à une hauteur de marche. Plusieurs solutions sont possibles à 2 cm près, qui seront compensés en première marche en + ou -.

LES PERRONS

DEFINITION

Un perron est un escalier de quelques marches, placé à l'extérieur du bâtiment et permettant l'accès au rez-de-chaussée.

La hauteur est généralement peu importante, la surélévation du rez-de-chaussée n'ayant pour but que de préserver de l'humidité.

TERMES TECHNIQUES

Le **giron** est la longueur prise entre l'arête ou **nez** de cette marche et la projection de l'arête de la marche supérieure (Fig. 1). La distance entre les plans horizontaux de deux marches successives est la **hauteur de la marche**.

L'**emmarchement** est la longueur de la marche (Fig. 1). Pour supporter les marches ou les dalles en pierre, on construit un massif de maçonnerie présentant des gradins, lorsque la hauteur à gravir est plus élevée, et pour éviter un massif onéreux, on fait porter les marches sur des **murs d'échiffre** (Fig. 2) ou sur une demi voûte en maçonnerie ou en béton armé.

Dans le cas de marches ayant un emmarchement constant, on peut prolonger les murs d'échiffre au delà des marches et former un garde-corps, on obtient alors des **murs de rampant** (Fig. 3).

On ne peut donner parfois aux marches un giron suffisant dans ce cas on creuse le devant de la marche en plan oblique de façon à obtenir un plat plus important, c'est le **pas de souris** (Fig. 5). La marche placée devant le seuil a souvent une largeur double de celle des autres marches, on l'appelle **marche palière**. Les marches peuvent être taillées de manière à former elles-mêmes claveaux de voûte (Fig. 6).

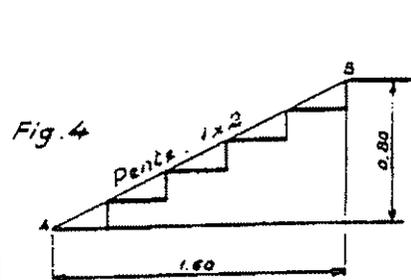
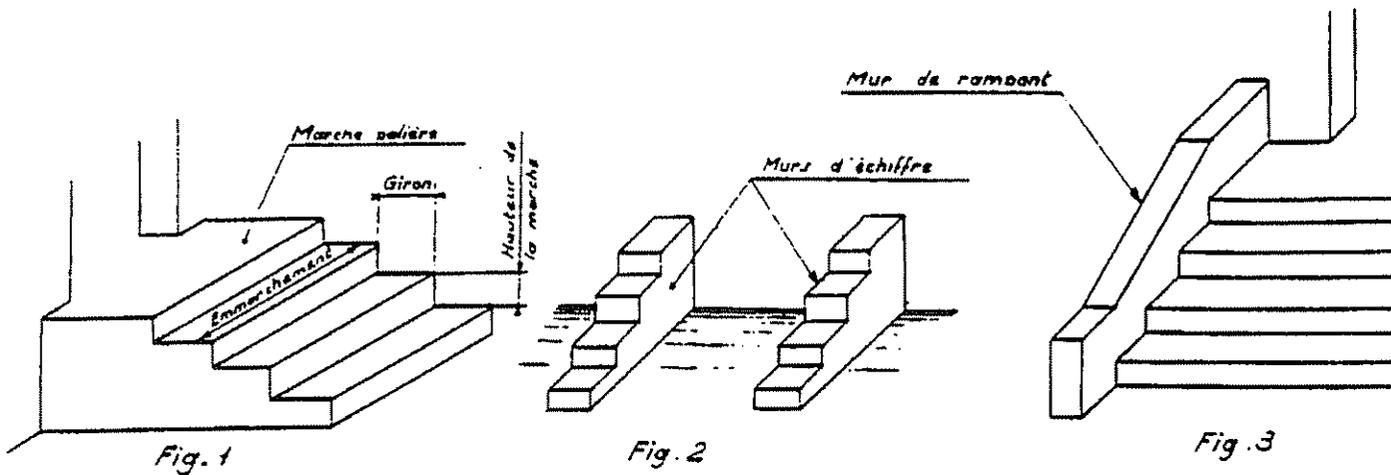
MATERIAUX

Divers matériaux sont adoptés pour la construction des perrons, pierre, brique, ciment, béton armé, marbre,...

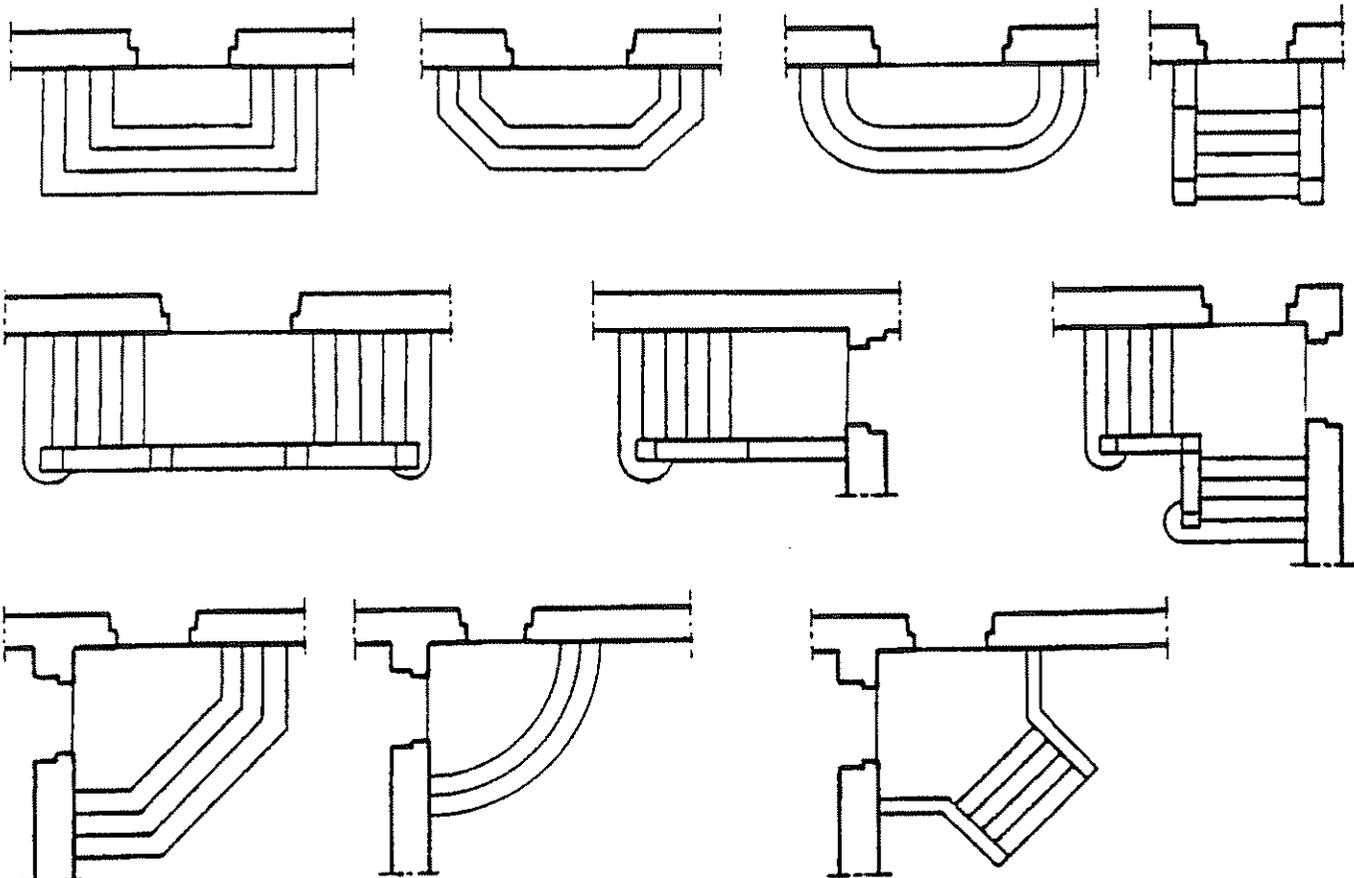
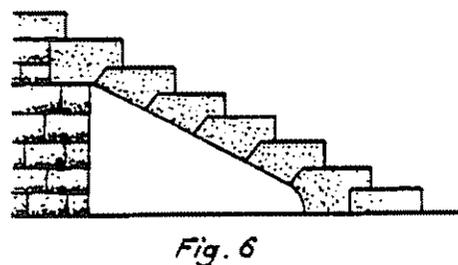
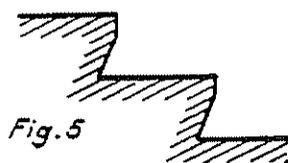
CALCUL

Les marches d'un perron doivent être établies de manière à donner le meilleur profil. Leur construction indépendante et leur emplacement extérieur permettent de donner à ces escaliers tout le développement qu'ils réclament, sauf dans quelques cas particuliers.

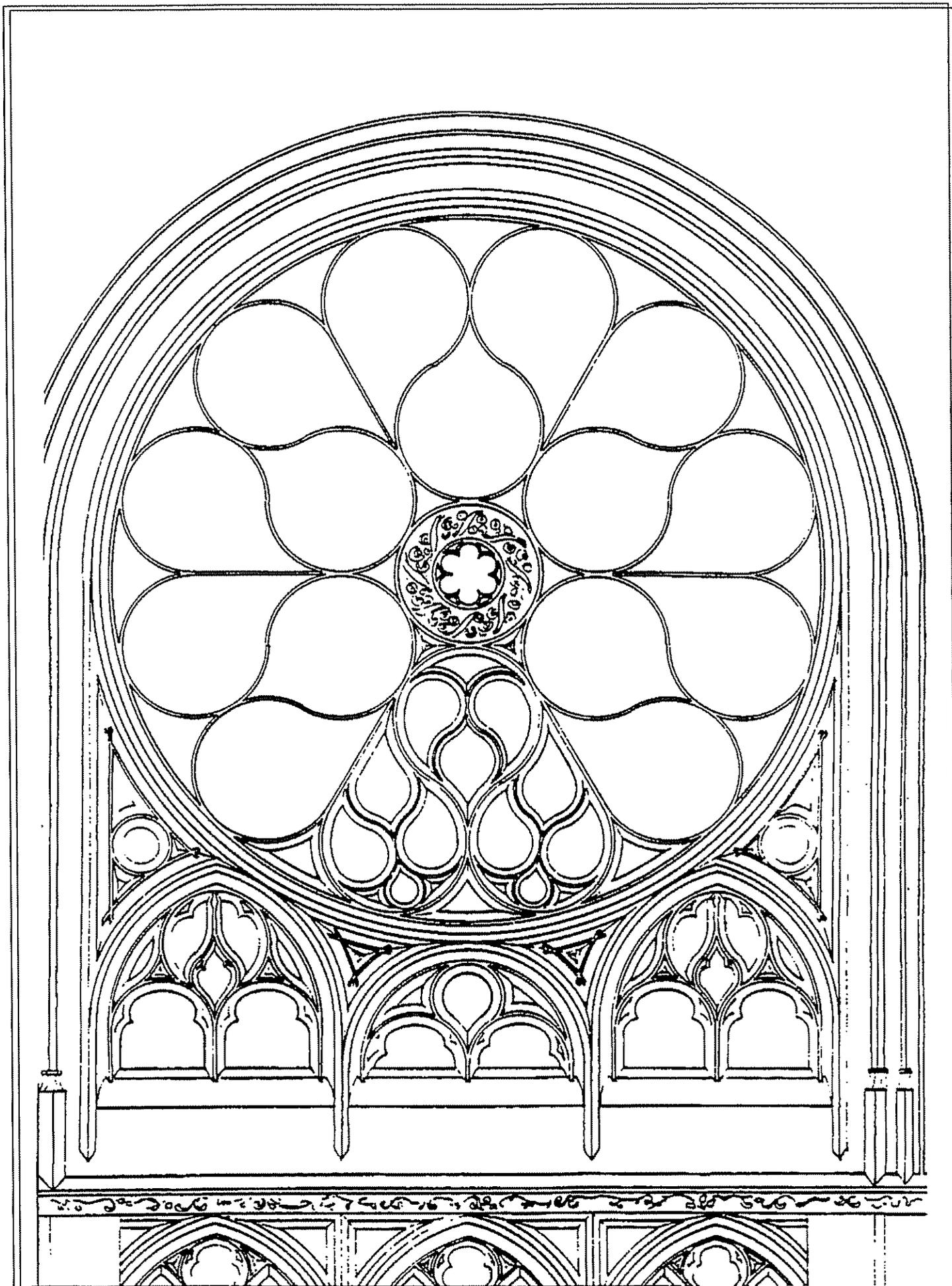
LES PERRONS

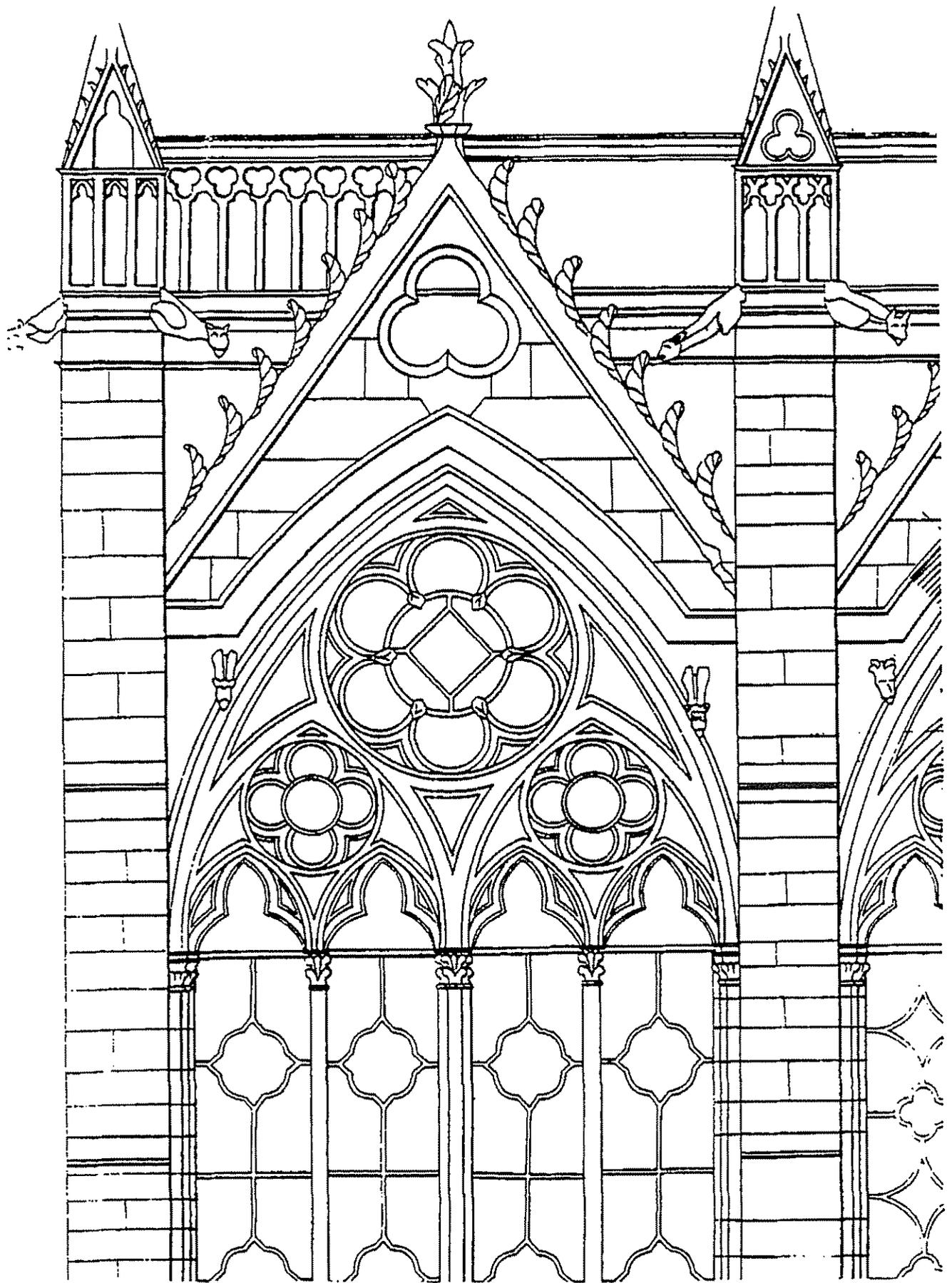


PAS DE SOURIS

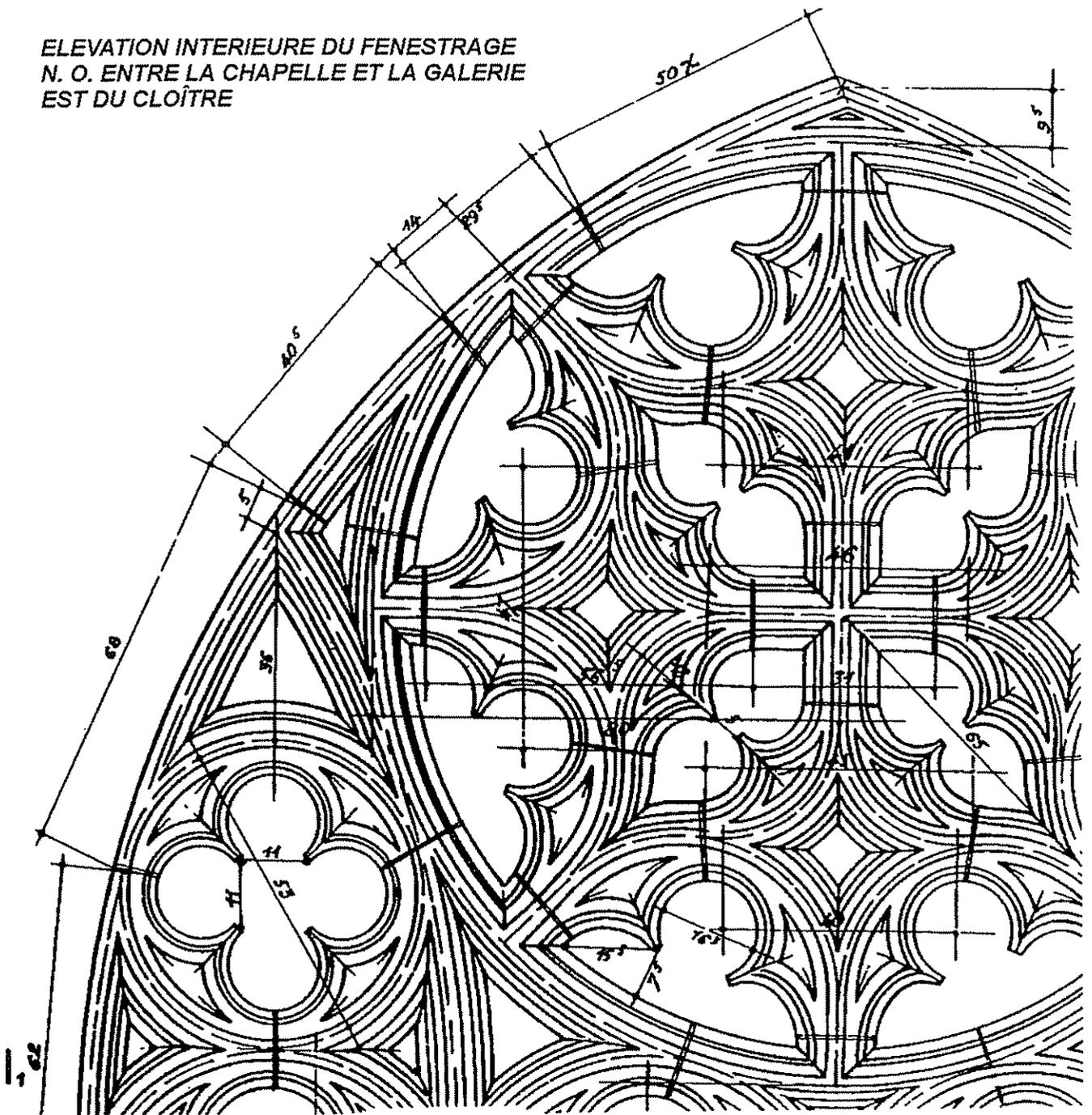


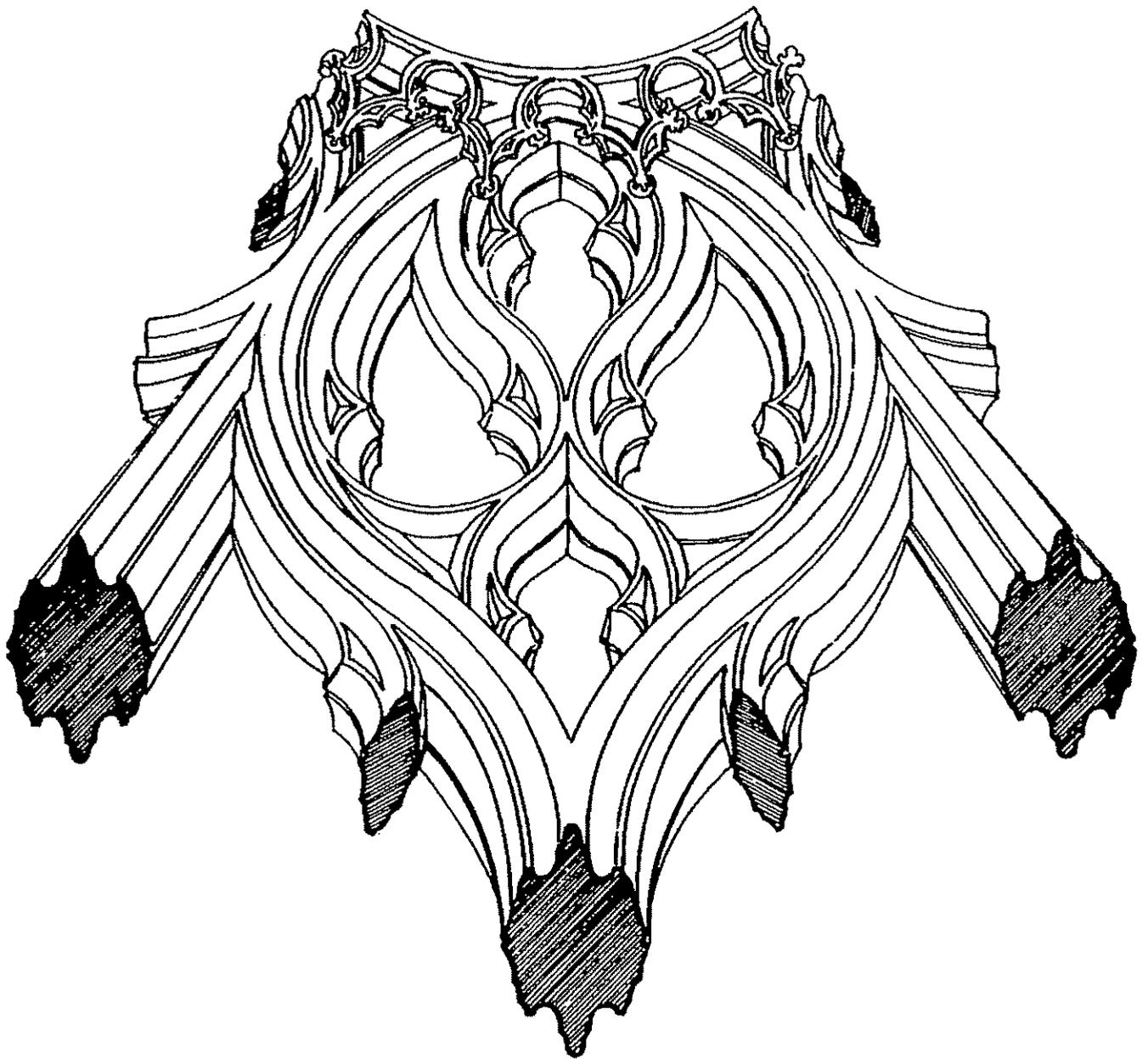
14 - Fenestrages

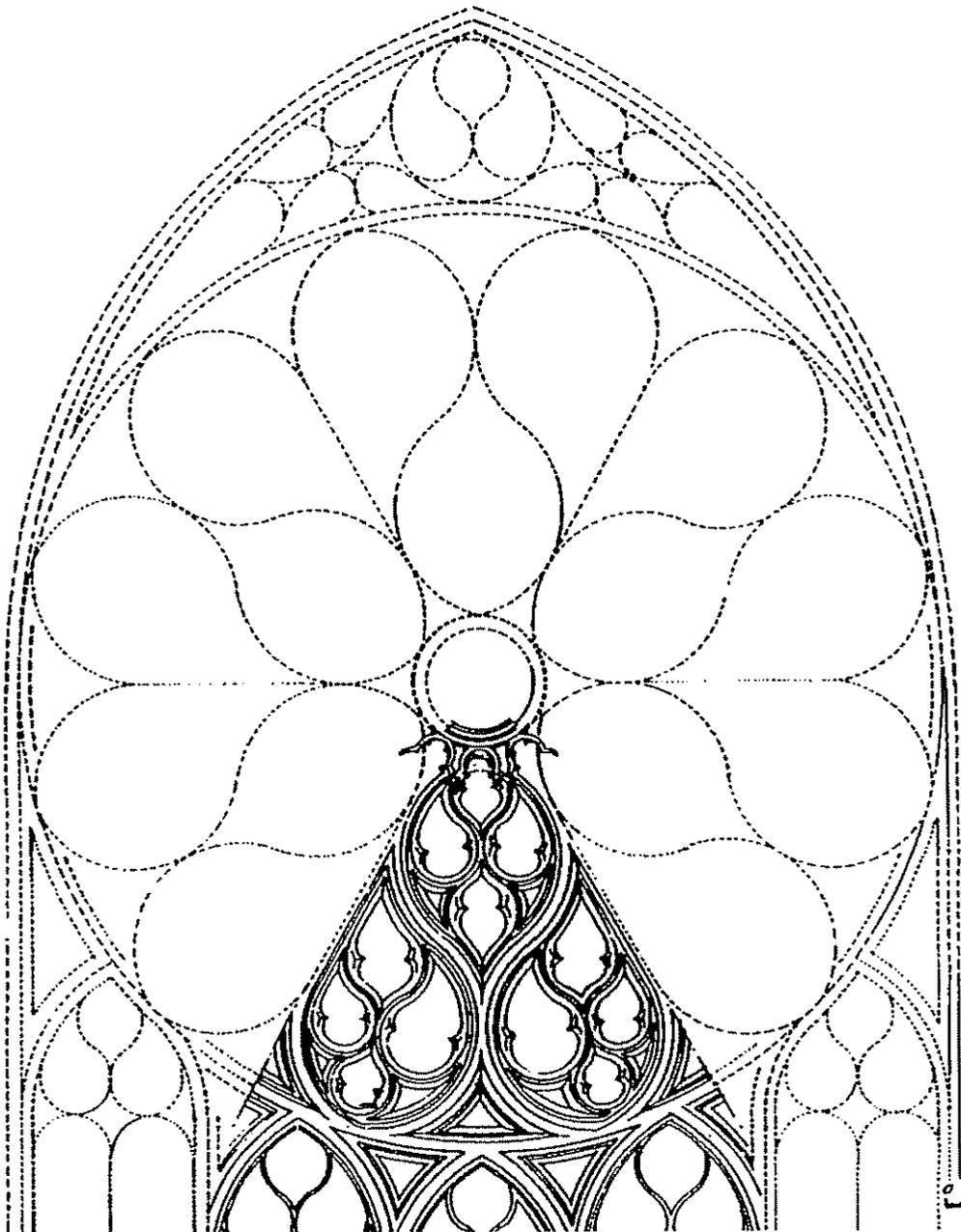


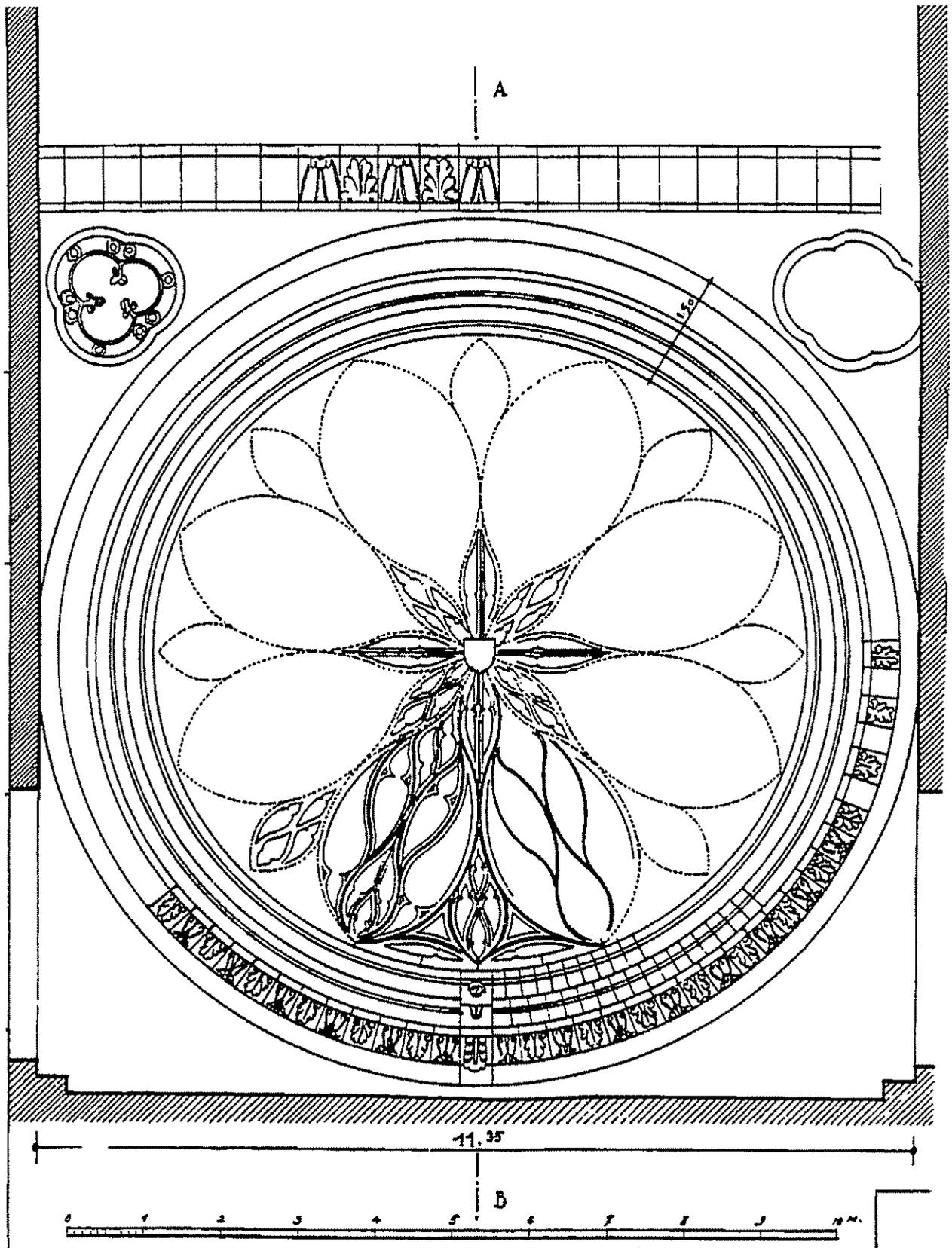


ELEVATION INTERIEURE DU FENESTRAGE
 N. O. ENTRE LA CHAPELLE ET LA GALERIE
 EST DU CLOÎTRE



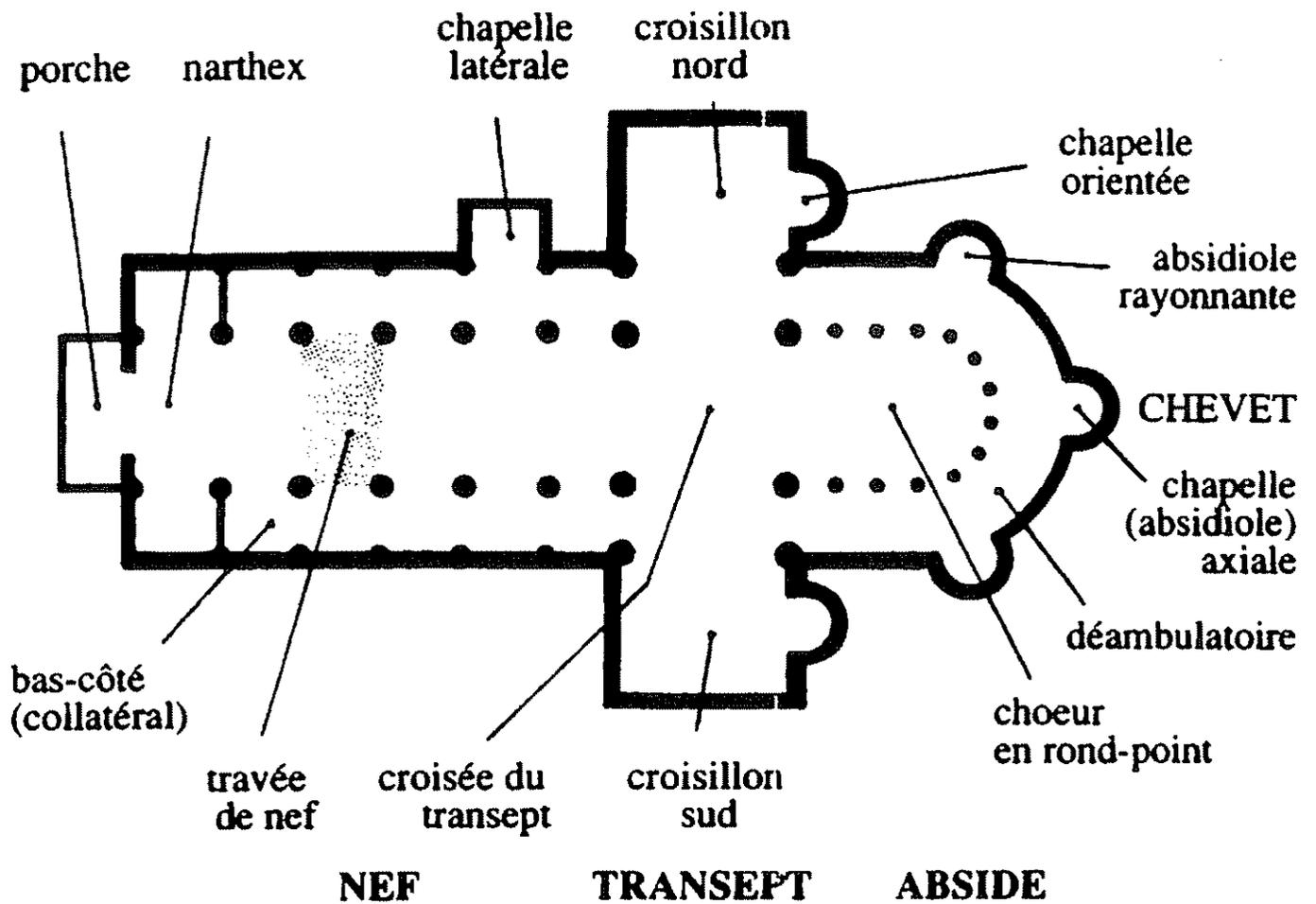


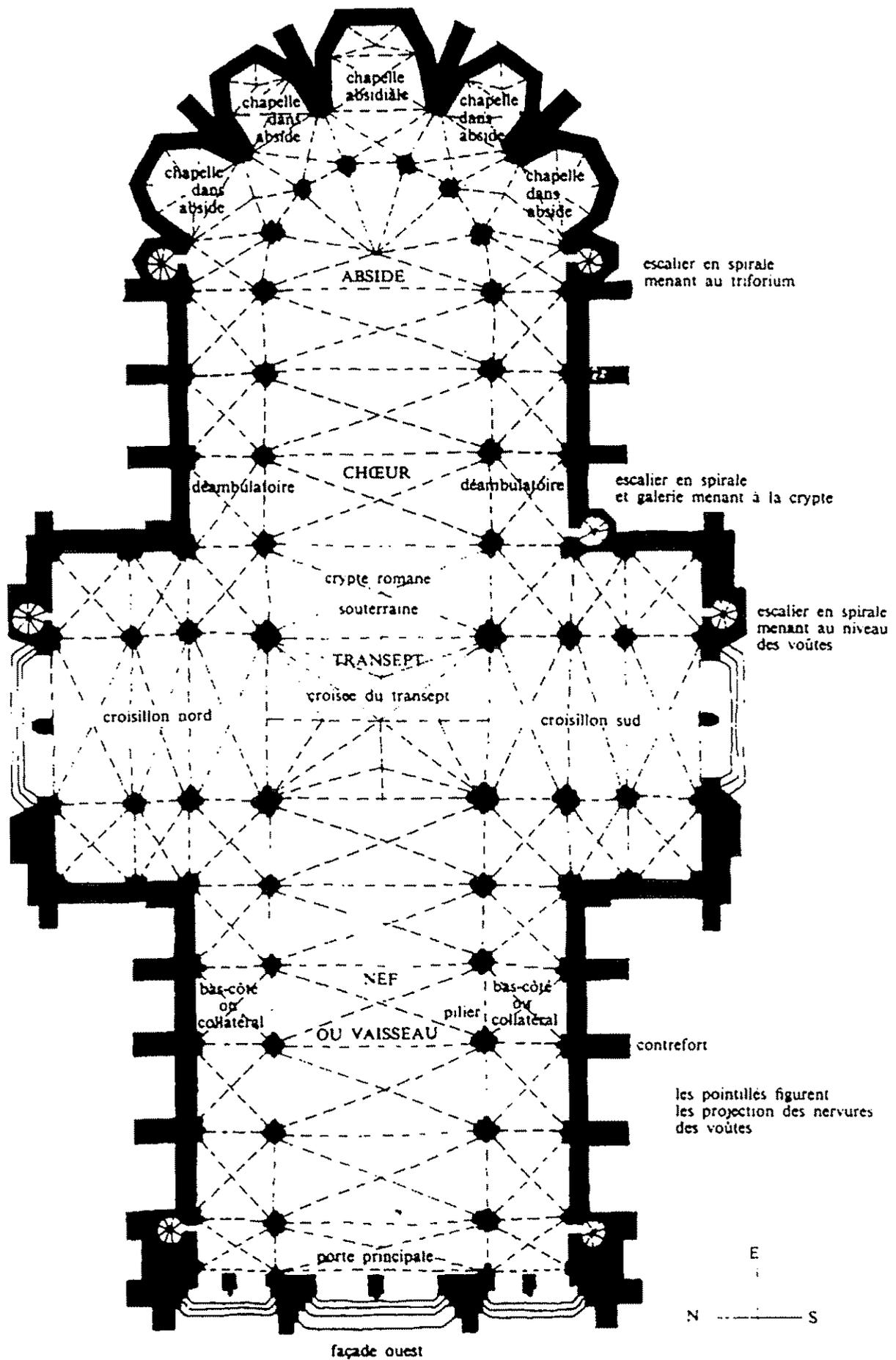


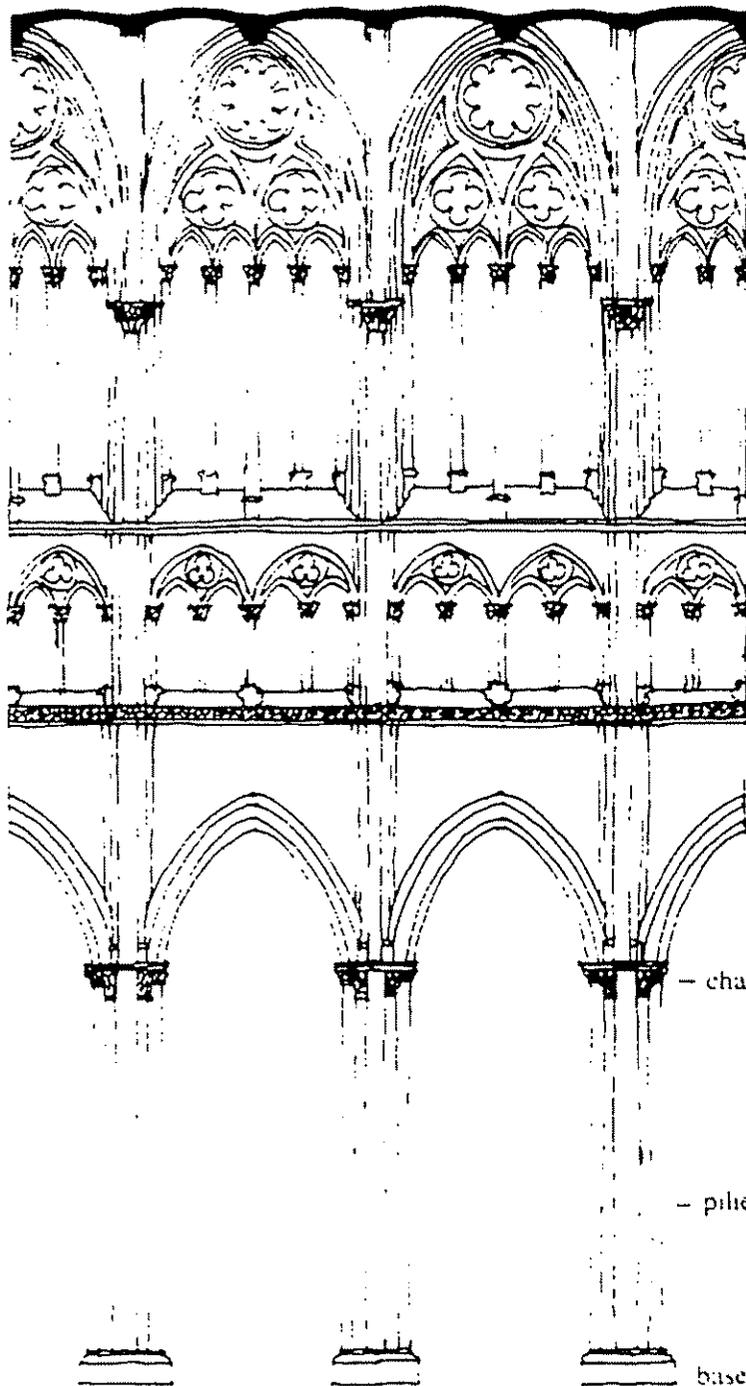


15 - Édifices

Église (plan-type)







— voûte

— remplages

— CLAIRES-VOIES

fenêtres hautes

TRIFORIUM

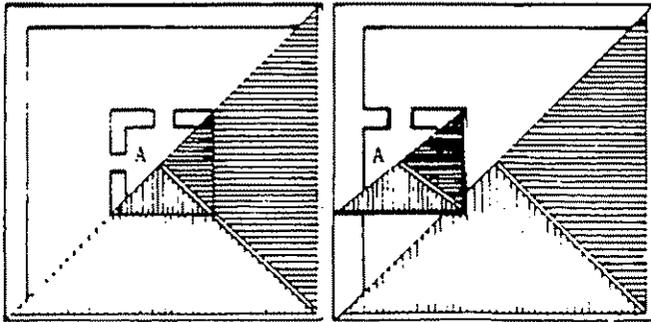
— chapiteau

ARCADE

— pilier

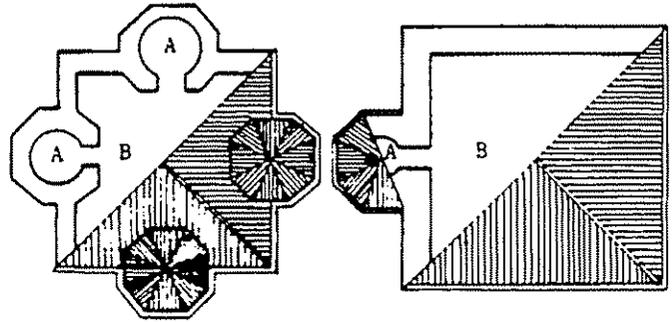
ÉLEVATION INTÉRIEURE
DE DEUX TRAVÉES DE LA NÉF

base



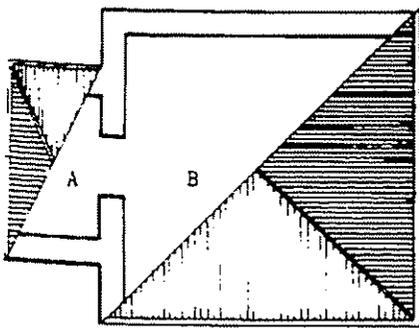
A. est dans œuvre

A. est dans œuvre en façade

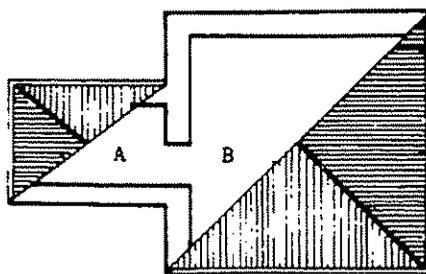


A. est octogonal, demi-hors-œuvre
B. est flanqué de A

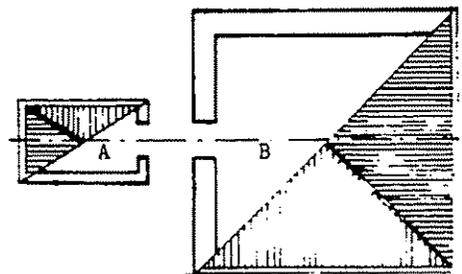
A. est à cinq pans, hors-œuvre et au droit de B
B. est flanqué de A sur un côté



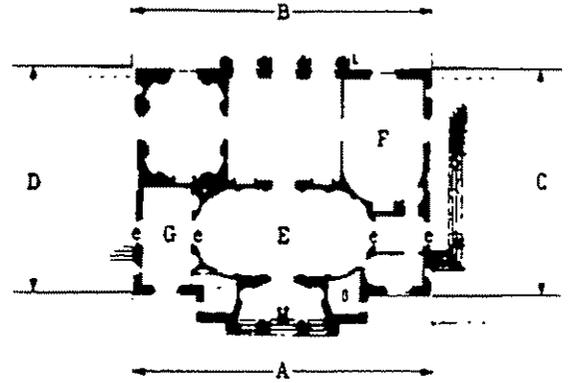
A est adossé à B
B est flanqué de A sur un côté



A. est accoté à B
B. est flanqué de A sur un côté

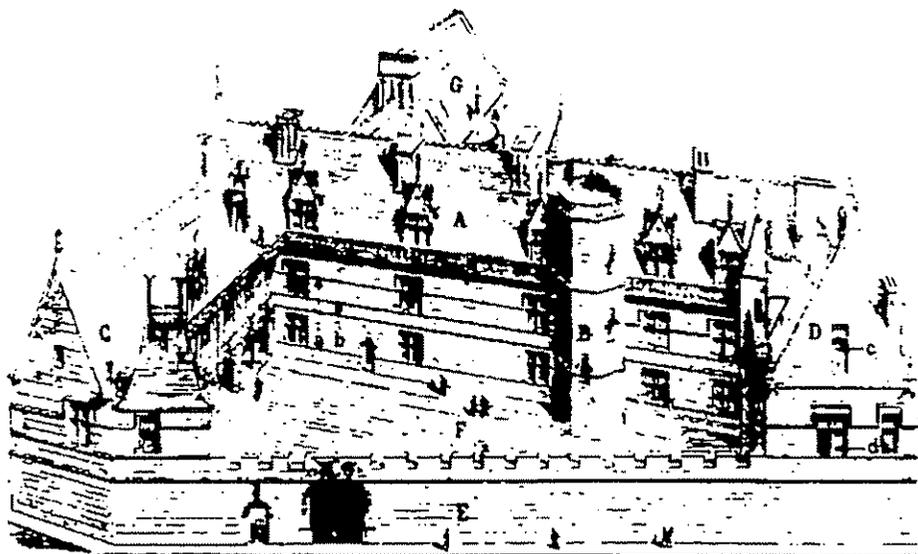


A. est isolé et au droit de B



- A. Corps principal sur cour flanqué d'une tour sur la façade antérieure
 - B. Tour hors-cœuvre sur le pan
 - C. Aile gauche sur cour en retour sur le corps principal
 - D. Aile droite sur cour en retour sur le corps principal
 - E. Mur de clôture à l'alignement de l'extrémité de l'aile droite
 - F. Cour rachatant l'irrégularité du plan
 - G. Aile droite en retour sur la façade postérieure du corps principal
 - H. Porche de plain-pied avec l'intérieur
- A. Façade antérieure
 - B. Façade postérieure
 - C. Façade latérale droite
 - D. Façade latérale gauche
 - E. Pièce centrale oblongue
 - F. Pièce postérieure, droite, barlongue
 - G. Pièce antérieure, gauche, barlongue
- a. Cordon régissant avec les croisillons des croisées
 - b. Cordon régissant avec les appuis des croisées
 - c. Fenêtre à l'aplomb du pignon
 - d. Fenêtre accostée à droite d'une autre fenêtre

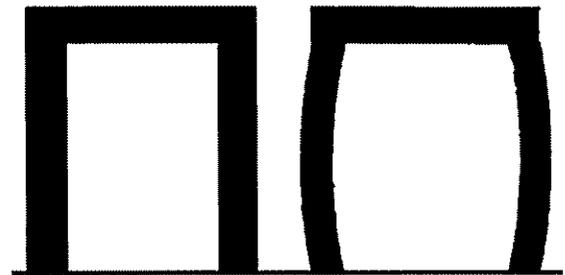
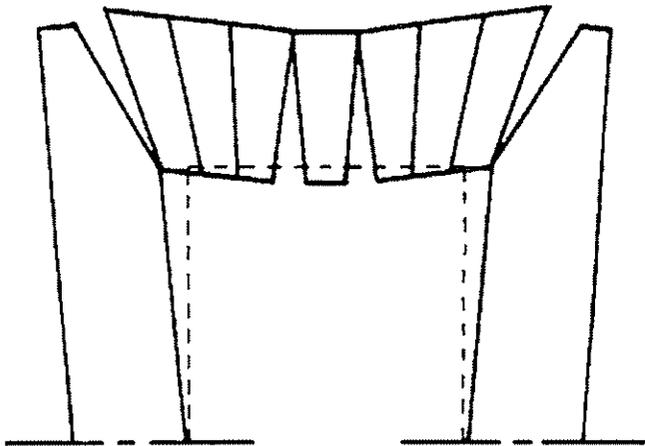
- ab Parties au même alignement en avancée
- cd Parties au même alignement en renforcement
- e. Portes au même droit
- f. Tables oblongues régissant ensemble
- g. Fenêtre barlongue



16 - Stabilité des ouvrages

Stabilité et consolidation des plates-bandes

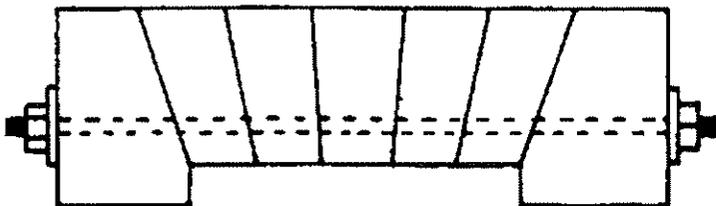
L'expérience a prouvé que lorsqu'une plate-bande vient à se rompre sous la charge qu'elle supporte ; c'est par l'effet d'une rotation qui s'opère et qui a pour résultat de faire ouvrir par le bas les deux joints contigus à la clef et par le haut les joints contigus aux sommiers, tandis que les coupes intermédiaires à droite et à gauche de la clef restent en contact, la figure ci-dessous est la reproduction de ce fait.



Pour s'opposer au renversement on donne aux coupes de la clef le plus de longueur possible en augmentant s'il le faut l'épaisseur de la plate-bande, tout en veillant à ne pas nuire à l'esthétique de l'appareillage.

On pourra encore, comme il a été dit pour les linteaux, disposer au-dessus des arcs en pierre ou en brique.

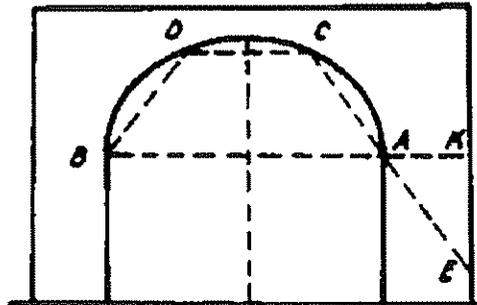
Quand la charge d'une plate-bande est considérable et que les jambages ne sont pas fortement épaulés on arrive à la consolidation voulue au moyen d'un tirant en fer pénétrant dans l'intérieur des claveaux par un trou foré et les reliant aux sommiers, à chaque bout une plaque de métal et un écrou permettant le serrage.



Épaisseur des piédroits - L'épaisseur des piédroits de la plupart des voûtes employées dans le bâtiment (caves, plafonds, voûtes, etc...) est déterminée par des considérations autres que celles de la stabilité et qui conduisent à adopter des dimensions souvent supérieures à celles qui seraient strictement suffisantes. Ces dimensions sont celles qui permettent au mur de résister à l'écrasement sous la charge qu'il lui transmet la partie supérieure de la construction.

- A. Bouclement
- B. Raidisseur
- C. Déversement
- D. Épaulement
- E. Contrebutement

- a. Charge
- b. Poussée
- c. Force oblique



Règle du moyen âge - Les architectes du XVI^e siècle déterminaient l'épaisseur des piédroits par la règle géométrique suivante qui est indiquée par Vauban dans ses *Oisivetés*. On divise l'intrados en trois parties égales. On joint l'une des naissances A au point de division C. En prolongeant cette ligne droite d'une longueur égale à la corde AC, on obtient un point de la face verticale extérieure du piédroit E.

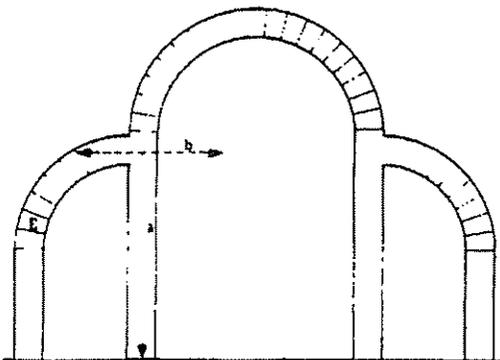
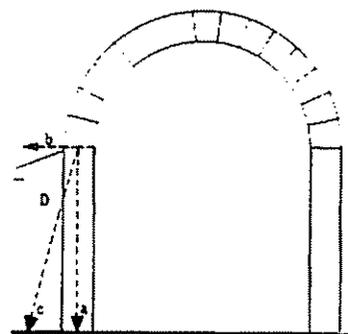
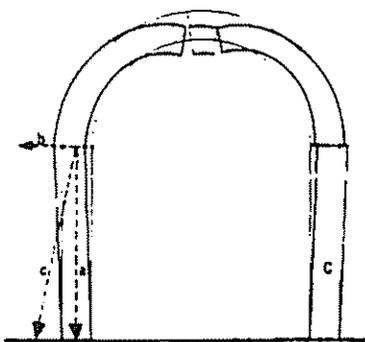
Culée. Formule empirique - Pour les voûtes fortes, on peut enfin calculer l'épaisseur de la culée par la formule :

$$E = 0,3n (d - f + h + 2e)$$

où n (chiffre des centièmes du coefficient) est l'inverse du surbaissement, d la portée, f la montée en flèche, h la hauteur des naissances au-dessus des fondations, e l'épaisseur à la clef.

Pour les voûtes moyennes, on réduirait de un dixième l'épaisseur donnée par cette formule.

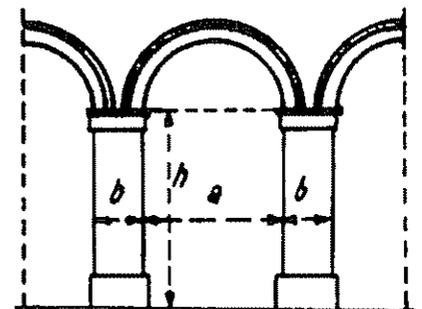
L'épaisseur des piédroits intermédiaires doit être au minimum la moitié de l'épaisseur ainsi trouvée pour la culée.



Proportions des arcades - Dans les arcades en plein cintre, les proportions sont généralement les suivantes, entre l'ouverture a, la hauteur du piédroit h et sa largeur b :

$$\frac{h}{a} \text{ est compris entre } 1 \frac{1}{2} \text{ et } 2.$$

$$\frac{a}{b} \text{ est compris entre } \frac{1}{4} \text{ et } \frac{1}{2}.$$

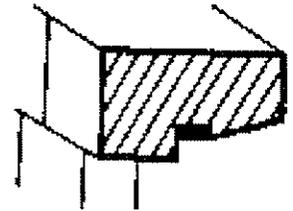


Cette dernière limite donne un aspect robuste et lourd. Si, au contraire, la largeur du pilier n'est qu'un quart du vide, l'arcade est légère.

Le pilier formant culée pourra être déterminé par le tracé graphique des architectes du XVI^e siècle. En tous cas, il est évident que ce pilier principal ne devra jamais avoir moins d'épaisseur que les piédroits courants.

Les plates-bandes tendent à se rompre suivant deux monolithes dont les joints sont à la clef et aux naissances.

On pourrait appliquer à la détermination de l'épaisseur des piédroits sur une assise quelconque la règle relative aux voûtes en berceau, en tenant compte de la surcharge qui surmonte presque toujours le sommet et améliore sa stabilité ; mais il est plus simple de calculer cette épaisseur par la formule empirique :



où d est la portée de la plate-bande ;

On peut aussi déterminer cette épaisseur par la construction géométrique de la méthode chantier.

Détermination de l'épaisseur à la clef. Formule empirique - En désignant par d la portée d'une voûte et par $\frac{1}{n}$ son surbaissement, on déterminera son épaisseur à la clef par une expression de la forme :

$$e = [0, Nn] \left(1 + \frac{d}{10} \right)$$

Dans le coefficient $[0, Nn]$, N et n sont les chiffres des dixièmes et des centièmes ; le chiffre des dixièmes tient compte de la classe de la voûte, c'est à dire de l'importance de sa surcharge ; n , le chiffre des centièmes, est l'inverse du surbaissement.

$N =$

1	pour les voûtes légères	(plafonds)
3	pour les voûtes fortes	(planchers, magasins)
2	pour les voûtes moyennes	(ponts-routes)
4	pour les voûtes très fortes	(ponts de chemins de fer).

Par exemple : pour une voûte de plancher moyen surbaissée au quart, on aura $N = 2$, $n = 4$; le coefficient sera par conséquent : 0,24.

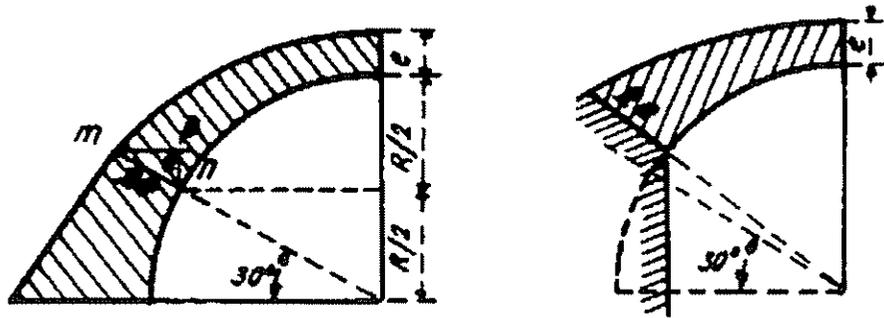
Pour éviter le calcul on peut également déterminer l'épaisseur d'après le tableau suivant :

Portée en mètres	Épaisseur à la clef d'une voûte		
	Légère	Moyenne	Forte
	m.	m.	m.
2 m	0,10	0,20	0,40
4 m	0,12	0,24	0,48
6 m	0,14	0,28	0,56
8 m	0,16	0,32	0,64
10 m	0,18	0,36	0,72
12 m	0,20	0,40	0,80
14 m	0,22	0,44	0,88
16 m	0,24	0,48	0,96
18 m	0,26	0,52	1,04
20 m	0,28	0,56	1,12

Épaisseur aux reins - L'épaisseur e à la clef étant ainsi déterminée, il est commode de définir la courbe d'extrados par la règle suivante :

La projection verticale d'un joint quelconque doit rester constante et égale à e .

Mais, pour plus de simplicité, on se contente d'appliquer cette règle à la détermination d'un joint sur les reins et l'on achève le tracé en faisant passer un arc de cercle par les points ainsi fixés, à la clef et aux reins.



Dans les voûtes en plein cintre ou en arc, le joint des reins est celui qui fait 30 degrés avec l'horizon. C'est aussi celui suivant lequel la voûte a tendance à se rompre. Il coupe la douelle demi-circulaire (*plein cintre*) à moitié hauteur du rayon vertical.

La méthode indiquée ci-dessus donnerait pour l'épaisseur

$$mn = \frac{e}{\sin 30^\circ} = 2 e.$$

Si l'arc est très surbaissé, le joint à 30 degrés serait situé en dessous des naissances. C'est alors sur le joint des naissances réels qu'on porte l'épaisseur ainsi déterminée.

Dans les voûtes en ellipse ou en anse de panier, le joint de rupture indiqué par l'expérience fait environ 45 degrés avec l'horizon. L'épaisseur calculée de la même façon serait, en désignant toujours par e l'épaisseur à la clef :

$$e' = \frac{e}{\sin 45^\circ} = e\sqrt{2} = 1,40 e.$$

GROS ŒUVRE

TAILLE DE PIERRE

**RESSOURCES FORMATIVES
LIVRET ROCHES ET PIERRES**



Votre avenir
nous engage

Direction Technique Toulouse
Département Bâtiment Travaux Publics



Taille de Pierre

RESSOURCES FORMATIVES

LIVRET ROCHES ET PIERRES

LIVRET ROCHES ET PIERRES

	Sommaire	Page	2
	Questionnaire	Pages	3 à 10
1 -	Géologie	Pages	11 à 23
2 -	Extraction	Pages	24 à 30
3 -	Pierres de construction	Pages	31 à 64
4 -	Mise en oeuvre	Pages	65 à 73
5 -	Tableau des pierres calcaires	Pages	74 à 80
6 -	Dégâts, conservation, restauration	Pages	81 à 114
7 -	Charte de Venise	Pages	115 à 119

Questionnaire

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
5	RP 6	Citer un dangereux défaut du ciment ? Expliquer.	
7	RP 6	Quels sont les désordres qui permettent de repérer une détérioration due à la mauvaise circulation d'eau dans une maçonnerie de pierres ? Expliquer.	
8	RP 6	Quelles sont les causes principales de détérioration de la pierre ?	
9	RP 6	Quels sont les dégâts causés à la pierre par la pollution ? Expliquer.	
13	RP 3	D'après la Norme Française Pierres Calcaires (B 10-001), indiquer : la dureté, la densité, la résistance à l'écrasement, la porosité (en %) et l'emploi d'une pierre de numéro de taille 5 ou 6.	
35	RP 6	Citer les différentes méthodes de nettoyage-ravalement d'une façade ancienne en pierre de taille.	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
55	RP 6	Expliquer la différence entre la capillarité ouverte à petits canaux et la perméabilité.	
58	RP 3	Donner l'échelle type de la dureté des pierres suivant la norme B 10-001.	
59	RP 3	Quels sont les différents essais exécutés en laboratoire sur les échantillons de pierre ?	
64	RP 6	Parmi ces méthodes : - Nettoyage à l'eau nébulisée - Retaille à l'outil de tailleur de pierre - Sablage hydropneumatique - Lavage à l'eau et à la brosse. Laquelle choisirez-vous pour ravalier une façade en pierre endommagée ? Justifiez votre réponse.	
73	RP 1	Qu'est-ce que la densité d'une roche ? Sa masse volumique ?	

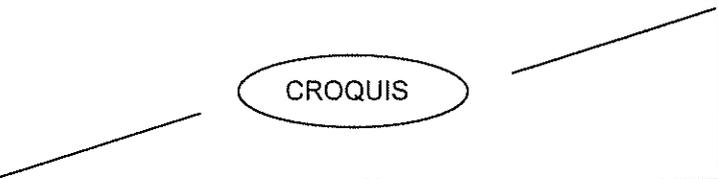
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
74	RP 3	Citer les 3 essais qui déterminent l'identification des « pierres calcaires » norme NF B 10-001 (avril 75). Indiquez le numéro de classification le plus faible et le plus fort.	
75	RP 6	Une pierre qui a une densité de 1,6 est une pierre tendre, ferme ou dure ?	
76	RP 3	Qu'est-ce que la texture d'une roche ?	
89	RP 6	Citez 4 causes de dégradation d'un bâtiment en pierre.	
90	RP 6	Expliquer la formation du calcin.	
91	RP 6	Quelles sont les conséquences sur une maçonnerie de pierre de la réalisation d'un enduit de façade en ciment ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
92	RP 6	Comment se produit le phénomène d'exfoliation ? Que faire pour réparer le dommage ?	
93	RP 6	Qu'appelle-t-on « croûtes noires » ? Comment les faire disparaître ?	
94	RP 6	Quels sont les dégâts causés par la condensation ?	
95	RP 6	Que sont les « efflorescences » ? Quelle est leur cause ? Quel traitement peut-on employer ?	
96	RP 6	Qu'appelle-t-on une pendentif ?	
97	RP 6	Qu'est-ce qu'une colonne ? Citer 3 sortes de colonnes.	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
98	RP 6	Quelles peuvent être les conséquences d'une imprégnation de la pierre avec un fluide destiné à la protéger de la pluie (ou des graffitis) ?	
100	RP 4	Dessiner une façade en coupe et indiquer la dureté des pierres choisies pour résister à l'eau en fonction de leur emplacement.	
107	RP 1	Donner un exemple : <ul style="list-style-type: none"> - De roche ignée - De roche sédimentaire - De roche métamorphique. 	
131	RP 4	Quelles sont les critères de choix d'une pierre de préférence à une autre ?	
136	RP 6	Quels sont les différents procédés utilisés pour nettoyer les façades ? Quels sont ceux à déconseiller pour la pierre ?	
137	RP 6	Quelles précautions faut-il prendre avant tout lavage de façade ?	
138	RP 6	Qu'est-ce que le calcin ?	
141	RP 6	Pourquoi ne faut-il pas ravalier la pierre trop fraîche ?	

Date : CFPA de : Nom :

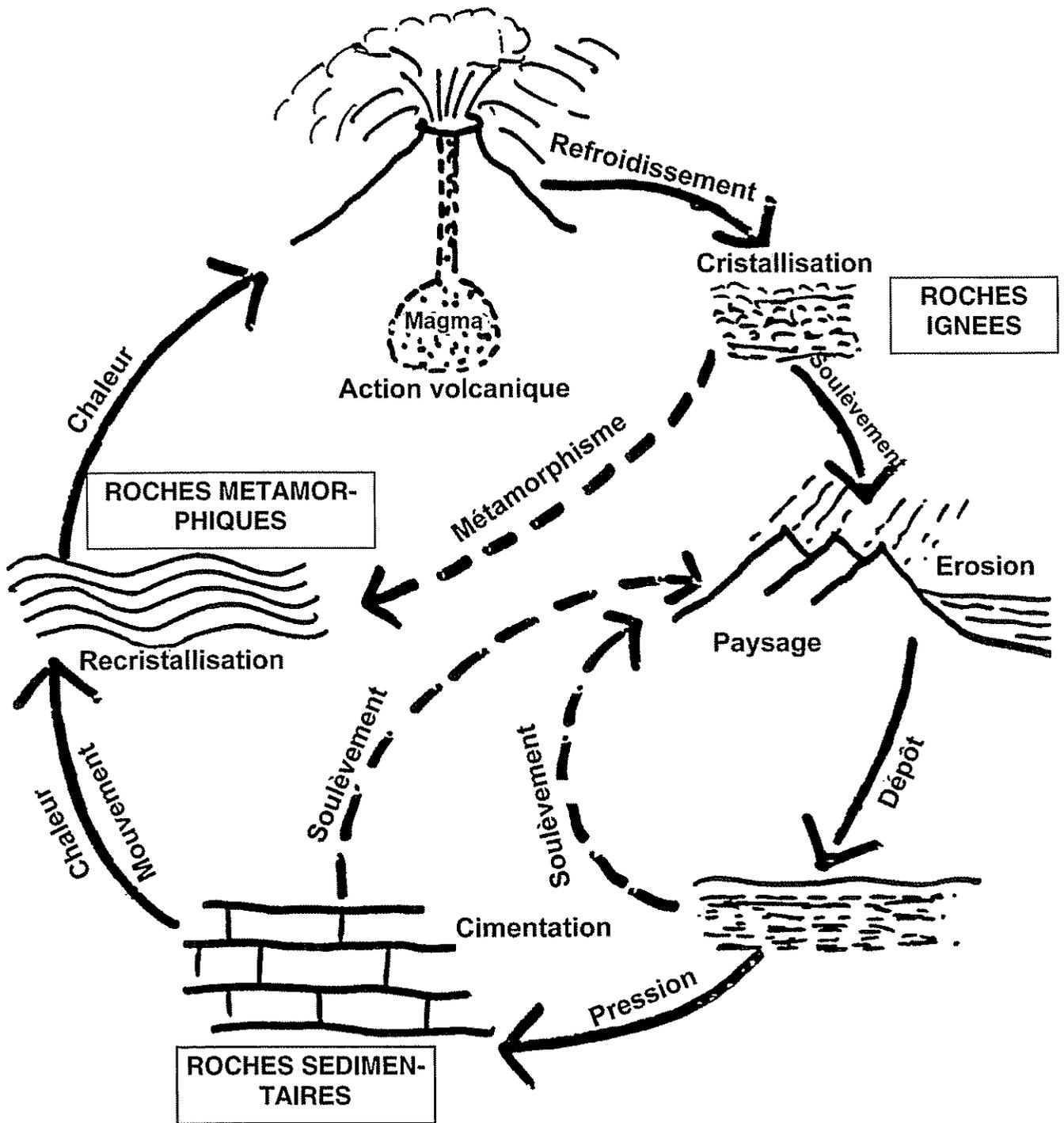
N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
200	RP 6	Pourquoi, et comment, l'eau peut-elle détériorer une façade en pierre ?	
204	RP 3	Quelles sont les qualités d'une pierre à bâtir ?	
213	RP 4	Que faut-il prévoir lors de la construction d'un édifice pour éviter les remontées par capillarité ?	
216	RP 6	En quoi consiste le ravalement ?	
217	RP 6	En quoi consiste le ragréage ?	
226	RP 4	Quelle est la disposition des lits de carrière : - Pour une plate-bande ? - Un pilier ? - Un mur porteur ?	
240	RP 1	Comment reconnaît-on une pierre oolithique ?	
251	RP 4	Pour réaliser les marches d'un escalier, la pierre doit-elle être tendre, dure ou ½ ferme ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
254	RP 6	Quelles sont les causes des désordres et altérations dans les monuments ?	
256	RP 1	Citer les matériaux qui résultent de la transformation de la roche par la chaleur ?	
262	RP 6	Quelles sont les phases successives pour réaliser un enduit en restauration ?	
268	RP 1	Le granit est-il une roche ignée ou sédimentaire ?	

1- Géologie

LE CYCLE DES ROCHES



PIERRE

Généralités

La diversité des roches que l'on rencontre à la surface du sol est due aux multiples bouleversements subis par l'écorce terrestre depuis sa formation il y a quelques trois milliards et demi d'années.

Suivant leur origine, on groupe généralement les roches en trois catégories :

- ⇒ Les roches éruptives.
- ⇒ Les roches sédimentaires.
- ⇒ Les roches métamorphiques.

Chacune d'elles présentant des caractéristiques dont les constructeurs ont su tirer parti en fonction de leurs besoins.

Les roches éruptives

Ce sont les roches jaillies du sein de volcans en éruption, à une température voisine de fusion, ce qui les fait aussi nommer roches ignées, parmi lesquelles on trouvera :

- ⇒ Les roches granitiques (ex : le granit des Vosges).
- ⇒ Les roches porphyriques (ex : le porphyre, le basalte).
- ⇒ Les roches volcaniques (ex : laves, les pierres ponce, la pouzzolane).

Presque toutes ces roches formées de cristaux constituent d'excellentes pierres de construction, car elles sont très dures et pratiquement inaltérables, mais elles sont difficiles à travailler ; c'est pourquoi on les utilise plutôt dans les bâtiments d'habitation sous forme de moellons à taille rustique. Cependant, leur dureté en fait un matériau de choix pour l'édification de beaux monuments dont la tenue dans le temps est excellente (Eglises et calvaires bretons en granit).

D'autres de dureté moindre, sont employées pour leur inaltérabilité, telles les pouzzolanes utilisées comme granulats.

Roches sédimentaires

Elles ont été formées par le dépôt de petits corpuscules, ou sédiments, lesquels, en s'accumulant et souvent en s'agglomérant par réactions chimiques, forment des couches de terrains parfois très épaisses. Ces couches sont parfois appelées strates, d'où dérive le nom de **roches stratifiées**.

Suivant l'origine des sédiments, on peut distinguer :

- ⇒ Les roches sédimentaires **d'origine chimique** (le gypse ou sulfate de chaux).
- ⇒ Les roches sédimentaires **d'origine détritique** (une agglomération de grains de sable donne un grès).
- ⇒ Les roches sédimentaires **d'origine organique** provenant de l'entassement de squelettes d'animaux (calcaires, coquillères calcaires à entroques). Ces pierres sont très appréciées par les constructeurs. Les roches sédimentaires sont les plus répandues et forment la majeure partie des pierres utilisées en construction.

Roches métamorphiques

Elles résultent de la transformation des précédentes sous l'action de pressions formidables (il y a eu **métamorphose**).

On distingue :

- ⇒ Les schistes facilement reconnaissables en ce qu'ils peuvent aisément se diviser (ou se cli-ver) en feuillets.
- ⇒ Les calcaires cristallins ou marbres.
- ⇒ Les roches cristallophyliennes (cristaux disposés en petites couches superposées). Les principales sont le gneiss, le micaschiste et le quartzite.

ROCHES ET MINÉRAUX rencontrés dans la construction

Minéraux	Composition	Variétés, couleurs gisements	Densité (d), résistance à l'écrasement (E, kg/cm ²) emplois dans le bâtiment
1. Roches endogènes ou ignées			
Roches granitoïdes	Granit (ou granite)	Feldspath 40 % Quartz 35 % Mica 25 %	Gris (Bretagne) Rose (Vosges) d env. 2,7 - E = 400 à 3800 Pierre de taille dure, pour sous-bassements, encadrements, harpages, dalles polies
	Gneiss (ou granit schisteux)	Feldspath lamellaire, mica, quartz, graphite ou talc	Gneiss quartzeux, talqueux ou graphiteux d 2,6 à 2,8 - E = 800 à 3200 Utilisé comme pierre à bâtir (qualités analogues au granit)
	Quartz (ou cristal de roche)	Silice en cristaux agglomérés	Améthyste (violet) Aventurine (brun) d 2,3 à 2,7 - Très dur est utilisé sous sa forme métamorphique (quartzite) en empierrement
Roches porphyriques	Porphyre quartzifère	Quartz et orthose dans une pâte de feldspath	Andésite (noire, grise ou vert antique) d 2 à 2,9 - E = 1300 à 2500 Roches très dures utilisées autrefois pour la qualité de leur poli ; colonnes, vasques, etc.
	Porphyre feldspathique	Idem, sans quartz, mais à cristaux de feldspath	Porphyre rouge moucheté de blanc
Roches et tufs volcaniques	Trachytes	Grains de feldspath enchevêtrés	Auvergne, Hte Loire Variété : pierre ponce d 2,2 à 2,6 - E = 360 à 900 sert de pierre à bâtir appareillée. Ponce : sert de granulat léger.
	Basalte	Feldspath, pyroxène et fer oxydé	Aspect homogène, noir ou gris Auvergne, Ardèche d = 3 - E = 1000 à 5000 - Taille très difficile - Emploi pour murs de pierre sèche et empierrements.
	Laves	Analogues à trachyte, mais aspect de mousse	Pierre gris-noir - Alsace, Volvic d 2 à 2,3 utilisée comme pierre de taille appareillée.
2. Roches sédimentaires et/ou métamorphiques (i. e. transformées, après sédimentation, par des actions d'origine interne).			
Roches siliceuses	Sable, gravillons, graviers, galets	Roches « meubles » - Désagrégation de roche quartzreuse ou siliceuse avec parfois de l'argile ou du fer oxydé.	Blanc (sablon), gris, ocre, jaune, selon les impuretés. D = 1, à 1,8 - E = 1000 à 3000 Constituants des mortiers et des béton - Sous-couches et lits incompressibles. Résistance chimique élevée.
	Brèches et poudingues	Roches détritiques : conglomérats de débris de roches, soudés par ciment naturel calcaire ou siliceux, ± terreux.	Brèches : anguleuse, colorées, très dures ; Poudingues : à base de cailloux ronds. Taille très difficile - Emplois en fondations, empierrages, etc.
	Grès	Roches détritiques : agglomérats de sables liés par un ciment invisible siliceux, calcaire, argileux ou ferrugineux. Le quartzite est une forme métamorphique du quartz.	<ul style="list-style-type: none"> • Grès graveleux si gros grains > 2 mm • Meulière compacte (chaille) = caillasse • Meulière caverneuse, ou « molaire » (sud-est parisien). • Grès homogènes : dur : d = 2 à 2,9 - E = 350 à 2500 : mi-dur - d env. 2 - E = 160 à 350 - Tendre : d 1,6 à 2 - E = 80 à 160. Moellons de construction, pavés, bordures de trottoirs. • Meulière caverneuse : d = 0,9 à 2,4 - E = 200 à 300 servait de moellonnaie.
	Silex	90 % de silice + calcédoine ou opale	d = 2,6 à 2,7 - E = > 2000 Empierrements et parfois en maçonnerie mixte (Normandie).

ROCHES ET MINÉRAUX rencontrés dans la construction (suite)

Minéraux	Composition	Variétés, couleurs gisements	Densité (d), résistance à l'écrasement (E, kg/cm ²) emplois dans le bâtiment	
Sédimentaires et/ou métamorphiques (suite)				
Roches argileuses	Argiles	Résultent de décompositions minérales : silice (50 à 70 %), silicates d'alumine (15 à 40 %, eau ± d'oxydes et impuretés)	Rouges, brunes, grises, bleuâtres, ou « rubanées » en alternance. • Kaolin = argile pure, blanche • Marnes = argile mêlée calcaire	d env. 2 - Pâte plastique si imbibée d'eau ; plus ou moins « grasse » selon qualités. Insoluble après cuisson. Matière première des industries céramiques (briques, tuiles, poteries, carrelages...), des ciments (avec calcaire). Terres à pisé et à torchis.
	Schistes	Anciennes argiles agglomérées et feuilletées par compression	Gris, noir, rouge, vert, selon oxydes inclus ; Anjou, Ardennes, Pyrénées. • Phyllade = schiste à facettes de mica.	D env. 2,8 - E = 600 à 3200. Minéral lamellaire, plus ou moins délitable en feuillets (ardoises) ou plaques (lauzes). Impropre aux emplois comme granulats.
Roches calcaires (carbonatées)	Gypse (pierre à plâtre)	Sulfate de calcium hydraté, cristallisé, à l'état naturel.	Selon la forme des cristaux ; fer de lance pied d'alouette, grignard ; Bassin parisien, Pyrénées, Rhône-Alpes.	D = 2,2 à 2,3 - E = env. 70. N'est utilisable que pour la fabrication des plâtres.
	Calcaires compacts courants	Carbonate de calcium avec plus ou moins d'autres matières : magnésie, silice, argile, oxydes métalliques (d'où tonalités). Caractérisés par leur effervescence en présence d'acide.	Toutes nuances claires, blanc, rosé, ocré, etc. Ain, Côte d'Or, Yonne, Jura, Dordogne, etc. Variétés à concrétions : • Oolithiques (± gé-lifs). • Travertins à cavités, durcissant à l'air. • Tuf calcaire (= travertin tendre, caverneux). <i>Tuffeau</i> : calcaire crayeux tendre. Touraine.	Demi-dur ; d = 2,2 à 2,4 ; E = 180 à 350. Tendre ; d = 1,7 à 2,2 ; E = 90 à 190. Très tendre ; d = 1,2 à 1,8 ; E = 20 à 100. Pierre de construction par excellence ; extraction et taille aisées, permettant tous appareillages et moulurations.
	Calcaires durs : marbres et pierres marbrières	<i>Marbre</i> = roche finement cristallisée de calcite (carbonate de calcium) et/ou de dolomie (calcium + magnésium) ; coloration par oxydes métalliques. Par analogie : <i>pierre marbrière</i> = calcaire dur prenant le poli.	Marbres ; nombreuses provenances, classées par couleurs : blancs, beiges, bleus, gris-noir, fond noir, fond rose, rouges, jaunes, verts, violets. Les pierres marbrières françaises viennent surtout de Bourgogne.	Calcaire très dur ; d = 2,6 à 2,8 - E = 960 à 3600. Calcaire dur ; d = 2,4 à 2,6 - E = 500 à 900. Emplois en dallage, plaquettes de revêtement mural, sculpture, vasques, etc.

ROCHES ET MINERAUX rencontrés dans la construction (suite)

Minéraux	Composition	Variétés, couleurs gisements	Densité (d), résistance à l'écrasement (E, kg/cm ²) emplois dans le bâtiment
3. Roches carbonées			
Bitumes	Bitume naturel, dit <i>bitume natif</i> : matériau hydrocarboné pâteux brunâtre, adhésif, liquéfiable à chaud.	• Les roches bitumifères en contiennent jusqu'à 20 % (Trinidad, Canada, USA, Proche-Orient).	Plus ou moins additionné de fillers ; imprégnation des matériaux d'étanchéité (feutre bitumé, bitume armé) ; adhésif à chaud (EAC, cut-back) ou en émulsion (EIF).
et	Asphaltes naturels	Roche silico-calcaire brun-noir, imprégnée de 8 à 10 % de bitume pur.	Gisements ; Ain, Gard, Haute-Savoie, canton de Neuchatel (Suisse). Revêtements à chaud de voirie et travaux d'étanchéité. Mastics d'asphalte.
NB - Asphalte artificiel : mélange de bitume, résidu de distillation du pétrole et de charges inertes (fillers).			

PRINCIPALES ROCHES SEDIMENTAIRES UTILISEES COMME MATERIAUX LES PLUS USUELS

D'origine détritiques :

- ⇒ Les grès.
- ⇒ Les conglomérats et brèches.

D'origine chimiques et organiques :

- ⇒ Les calcaires plus communément désignés sous l'appellation de « pierres calcaires ».

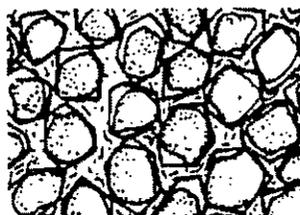
Nous citerons de plus « les roches marbrières » qui malgré leur origine métamorphique sont classées dans la famille des roches carbonatées.

Les grès

Les différentes séquences :

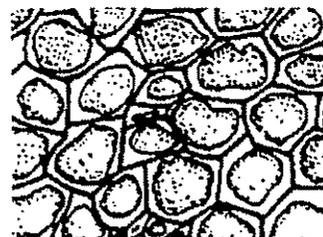
- ⇒ De désagrégation des roches éruptives (granite) métamorphiques (gneiss).
- ⇒ De transport.
- ⇒ D'accumulation et sédimentation.
- ⇒ De cimentation vont donner un « grès » auquel la nature et la qualité du ciment apportera des caractéristiques différentes.

Nous aurons ainsi des :

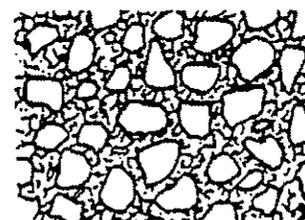


Grès à ciment ferrugineux (I)

Grès quartzeux à ciment siliceux (II)



Grès à ciment calcaire (III)



Grès à ciment phosphaté - ferrugineux (IV)

Extrait de précis de géologie L. MORET (MASSON)

Les conglomérats constitués selon un même processus mais avec des éléments de grosseurs différentes seront :

- ⇒ Des poudingues avec des éléments arrondis.
- ⇒ Des brèches avec des éléments anguleux liés par un ciment de nature diverse (argileux - calcaire - siliceux).



La phase de désintégration a été moins poussée que dans les grès et les éléments ont été « enrobés » avant leur stade final de sédiments. Les éléments de brèche peuvent atteindre plusieurs décimètres.

Les pierres calcaires

Cette appellation normalisée (NF-B-10101 juillet 1978) la définit comme suit : « Roche plus ou moins dure comportant dans sa composition plus de 75 % de CO_3Ca » - Roche carbonatée.

La variété de ces calcaires est telle et leur mode de formation tellement différent que les auteurs prennent pour leur classification des critères multiples à savoir :

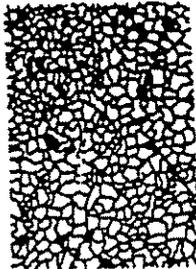
- La composition minéralogique, biologique, génétique, structurale (C. Camerman).
- Le degré de pureté résultant de l'attaque à l'acide chlorhydrique (A. Mesnager) calcaires purs, argileux, marneux, magnésien, dolomitiques.
- La surface de cassure (A. Mesnager) donnant des textures caractéristiques :
 - ⇒ Oolithique (grosseur d'œuf de poisson).
 - ⇒ A entroques (coquillages).
 - ⇒ Lacustres (**débris** de coquilles).
 - ⇒ Spongieuse (travertins-tufs) ;
 - ⇒ Compact-grossier.
 - ⇒ Fin - (lithographique).
 - ⇒ Pisolithiques (grosseur de grains égale à celle d'un petit pois).
 - ⇒ A foraminifères agglomération de coquilles - trous
 - ⇒ A milioles.

En voici les différentes textures :

Grenue



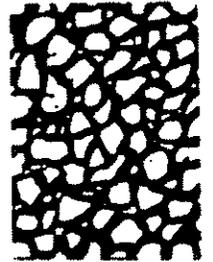
Saccharoïde



Granuleuse



Calcaire gréseux

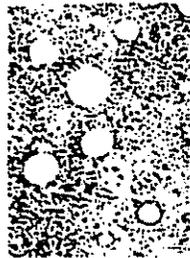


Origine organique

Oolithique



Marneux



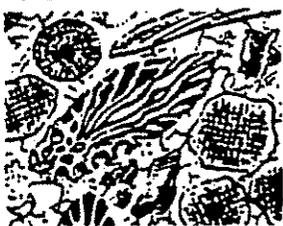
A milioles



Calcaire graveleux



A entroques
(tiges de crinoïdes)



A foraminifères



Coquillier

A / ROCHES ERUPTIVES

Roches éruptives	Granite 1	Syéénite 2	Diorite 3	Gabbro 4	Rhyolite 5	Trachyte 6	Andésite 7	Basalte 8
<i>Couleur</i> type intrusif (IN) effusif (EF)	Blanc, gris, rose IN	Rouge, rose-gris, blanc IN	Tacheté de blanc et de noir IN	Gris, gris foncé, rose IN	Blanc, gris, verdâtre, rougeâtre, brunâtre EF	Gris, blanc, rose, jaunâtre EF	Gris, pourpre, vert, brun, noir EF	Noir, noir grisâtre EF
<i>Grain</i>	Grossier à très grossier	Grossier, qqx, pegmatique	Grossier qqx, pegmatique	Grossier qqx, pegmatique	Fin très fin à vitreux	Fin	Fin Qqx Partiellement vitreux	Fin
<i>Texture</i>	Grenue - Porphyroïde	Grenue - Porphyroïde et/ou Fluidale	Grenue - Porphyroïde	Grenue rarement porphyroïde, couramment ophitique	Souvent couches alternées - Phénocristaux fréquents. Qqx, fluidale.	Porphyrique (phénocristaux de sanidine)	Qqx, porphyrique	Serrée : aucun minéraux n'est identifiable à l'examen direct.
<i>Structure</i>	Homogènes, xénoolithes communs dykes et veines de microgranite, pegmatite, ophite	Druses courantes	Xénoolithes courants	En bandes ou couches	Qqx, vésicules amygdalales et sphéroïlites		Structure de coulées qqx, visibles, qqx vésiculaire ou amygdaloïdale	Souvent vacuolaire et/ou amygdaloïde - Xénoolithes fréquents
<i>Minéraux principaux</i>	Feldspaths alcalins - Quartz Plagioclases acides - Micas	Feldspaths Alcalins Plagioclases acides - AM - Phibolites - Pyroxènes biotites	Plagioclases acides - Am - phibolites - Pyroxènes biotites	Plagioclases basiques - pyroxène - péridots amphiboles	Feldspath alcalin quartz plagioclases acides micas amphiboles	Feldspaths quartz acides pyroxène	Plagioclases biotites amphiboles pyroxènes	Olivine pyroxène plagioclase basique
<i>Modes de gisement</i>	Batholithes Amas Cheminées Dykes formes visible-ment intrusives	Amas Dykes Sills Cqx, associées au granite	Amas Cheminées Dykes Qqx associées au granite ou gabbro	Amas Sills Dykes intrusions	Coulées courtes et épaisses dykes noyaux	Coulées très étendues Dykes Sills	Coulées Dykes	Coulées très tendues Sills prismes courants
<i>Position dans le diagramme Q.A.P.</i>	3	7	10	10	3	7	10	10
<i>Densité T/m3</i>	2,5 - 2,8	2,6 - 2,9	2,7 - 3	2,8 - 3,15	2,3 - 2,5	2,2 - 2,75	2 - 2,85	2,7 - 3,3
<i>Usure (empreinte mm)</i>	20/24	x	x	x	x	x	x	x
<i>Porosité % volume</i>	0,5 / 0,7	x	x	x	x	x	x	x
<i>Résistance à la compression kg/cm2</i>	1600 - 2400	2400	2400	1490 - 1740	3000	490 - 1300	200 - 700	840 - 900
<i>Résistance à la traction kg/cm2</i>	100 - 200	160	200	210 - 220	150	110		140

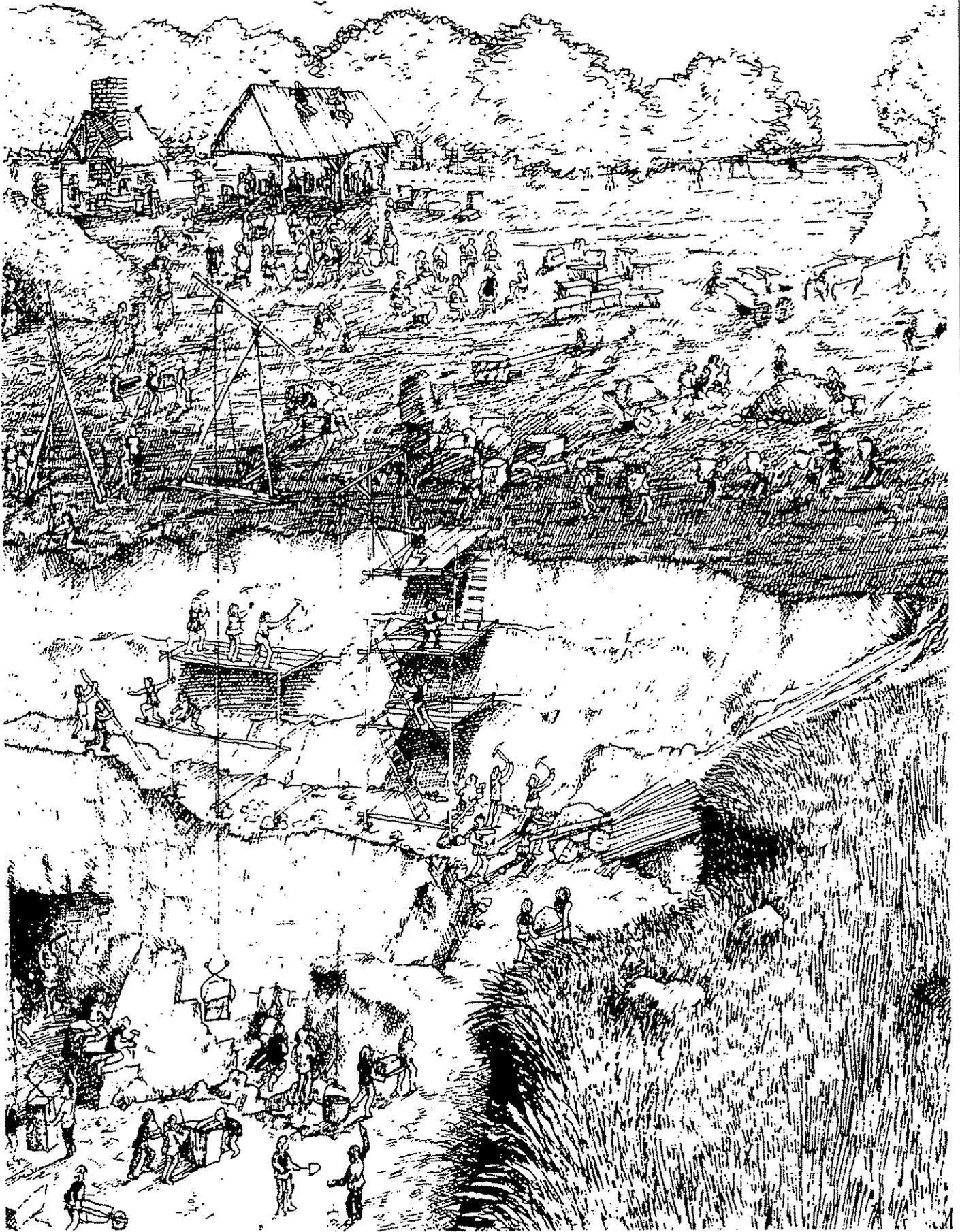
B / ROCHES SEDIMENTAIRES

ORIGINE Détri. / Blochim.	D = Détritique			B = Blochimique					
	Poudingue	Brèche	Grès	Argile	Galets et graviers	Sables	Limons	Calcaire oolithique	Calcaire biochimique
Couleur	Variable	Variable	Très variable, rouge, brun, verdâtre, jaune, gris, blanc	Noir, gris, blanc, brun, rouge, vert	Variable	Très variable, gris, beige, blanc, rouge, verts...	Gris, beige, brun, rougeâtre	Blanc, jaune, brun, rouge	Bianc, gris, crème, jaune (pur) rouge, brun, noir (impur)
Grain	> 2 mm grossier arrondis	> 2 mm grossier, anguleux	0,6 - 2 mm moyen anguleux ou arrondis	0,002 mm fin	Grossier > 5 mm arrondis ou anguleux	Moyen 0,3 mm arrondis ou anguleux	Fin 0,008 mm	Grains = Ooïthes serrés les un contre les autres ou dispersés dans matrice à grain fin	Grain très fin à grossier
Texture	Galets, cailloux, blocs enchassés dans une matrice à grain fin ou moyen	Fragments enchassés dans une matrice à grain fin et moyen	Grain bien classés (tous de la même taille)	Grains invisibles à l'œil nu		Grain en général bien classée et souvent granuloclassés	Grains invisibles à l'œil nu	Ooïthes = Grains sphériques ou ellipsoïdaux composés de couches concentriques jusqu'à 2 mm de Ø)	Très variable les fossiles peuvent être vitreux
Structure	Pas de stratif. Ou stratif., grossier fossiles rares	Pas de stratif.	Stratif. Visible (sédim. pour courants, ride) granuloclassém. Fréquent, concrétions, fossiles	Tendre, peu compact, fentes de dessiccation traces de fossiles et concrétions courantes		Souvent stratif entre croisées, granuloclassés, rides de courants, de vents	Plus friables et moins cohérents que les argilles poudre fines		Stratif parallèle, fossiles, restes organiques
Minéraux principaux	Galets : quartz, silice, débris de roches : sables ou limons tous cimentés par calcaire ou silice	Fragments de toutes roches, sable ou limons cimentés par calcaire ou silice	Élément principal : quartz (feldspath, mica...) Ciment : silice, calcaire, oxydes de fer	Non distinguable à l'œil nu → minéraux argileux et oxydes de fer	Débris de toutes roches ou minéraux durs	Quartz, glaucopie, micas, grenat, feldspath, oxydes de fer, argiles...	Minéraux argileux non distinguables à l'œil nu	Calcaire Dolomite Silice Hématite	Calcaire Qxq Silice (cherts)
Caractères de gisement	Lit le long des rivages maritimes ou lacustres et dans les fleuves. Sédimentation en eau peu profonde présence de foris courants	Sur pentes raides ou au pied des falaises ; Sédimentation en milieu continental svt en discordance stratigraphique	Associés à la plupart des autres roches sédimentaires. En couche stratifiées sédim. marines ou continentales (zones arides)	Dans formation jeune. Sédimentation marine (profonde) continentale (lac) ou résiduelle (altérites)	Couche, placages, poches, fonds de vallées, région littorales (mer, lac)	Fonds de vallées, plages marines, dunes, placages, vents	Fond de vallées seul ou en lits associés aux sables et graviers. Altération et dissolution des dépôts éoliens - limons résiduels plateaux	Sédim. en eaux marines chaudes et peu profondes et fortement agitées chimique autour d'organismes	Sédim. en eau peu profonde ou profonde. Gisement en lits stratifiés ou massif (très grandes épaisseurs) chimique et organique
Densité T/m ³			Dur 2,1 - 2,9 ½ dur 2 - 2,1 Tendre 1,7 - 2,28 / 48	2,2 - 2,7				2 - 2,6	1,2 - 2,7
Usure m/m			0,6 / 20					idem	idem
Porosité %									
Résistance à la compression kg/cm ²	350 - 210	1800 - 950	350 - 2040					50 - 1200	50 - 750
Résistance à la traction par flexion kg/cm ²	40 - 70	85 - 115	520 - 580					46 - 100	

C / METAMORPHIQUES

Tabl. Synop. Roches Métamor	Quartzites	Schistes	Gneiss	Ardoise	Phyllites	Marbre	Cipolins	Serpentines
Couleur	Blanc, gris, rougeâtre	Noire (verdâtre, brunâtre, rougeâtre...)	Gris ou rose avec des rayures et des couches sombres	Noire avec coloration bleue vert brun jaune	Verdâtre ou grisâtre avec un éclat argenté caractéristique	Blanc	Blanc, jaune, rouge, noir, vert uniforme tacheté ou veiné	Noir + verdâtre
Texture	Grain moyen	Grain grossier moyen ou fin	Grain moyen à grossier	Grain fin	Grain fin à moyen	Grain moyen à grossier	Grain moyen à grossier	Grain moyen à grossier
Structure massive	Massive ± stratifiée	Souvent rubanée	Bandes alternées colorées en clair ou en sombre	Clivage unique et parfait qui permet de les fendre en plaques	Schistosité réelle débit en plaquettes	Massive	Massive ou stratification primaire	Massive
Composition minérale	Quartz Feldspath	Micas Quartz	Quartz, feldspath (bandes claires) micas, hornblende (bandes sombres)	Grain trop fin pour être distingué à l'œil nu	Chlorite Muscovite	Calcite Dolomite	Calcite, dolomite, généralement olivine, serpentine...	Amphibole ou pyroxène ou plivine ou serpentines
Caractère de gisement Métam. Régional de contact	Métam. Régional faible à élevé des grès	Métam. Régional des grès, mames et roches éruptives basiques	Métam. Régional, moyen à élevé des grès argiles, mames et granites	Résulte du métam. Régional faible d'argiles ou fins	Résulte du métam. Régional faible d'argiles ou marnes	Métam. Régional de calc sédim. faible à élevé ou métam. De contact des calc	Métam. Régional faible à élevé descalcaires impurs ou métam. De contact des calc.	Métam. Régional élevé des roches éruptives basiques
Masse volumique	2,58	2,7	2,65	2,72	2,71	2,6 - 2,8	2,6 - 2,8	2,72 - 2,79
Résistance à la compression kg/cm ²	3800	1490	1700	980	1490 perpendiculaire au plan de couche	1200 / 2080	1200 / 2080	2100 / 2500
Résistance à la traction par flexion kg/cm ²	400	580	160	620	620 - 580	170 / 250	170 / 250	227 / 627

2- Extraction



Modes d'extraction

Le mode d'extraction dépend de la profondeur de la couche à exploiter à ciel ouvert ou souterrain et de la nature de la pierre à extraire : tendre ou dure.

Extraction à ciel ouvert

Convient à la pierre dure, mais il est rare que la roche affleure le sol ; il y a lieu de dégager « la découverte », c'est-à-dire, les parties terreuses et la roche décomposée.

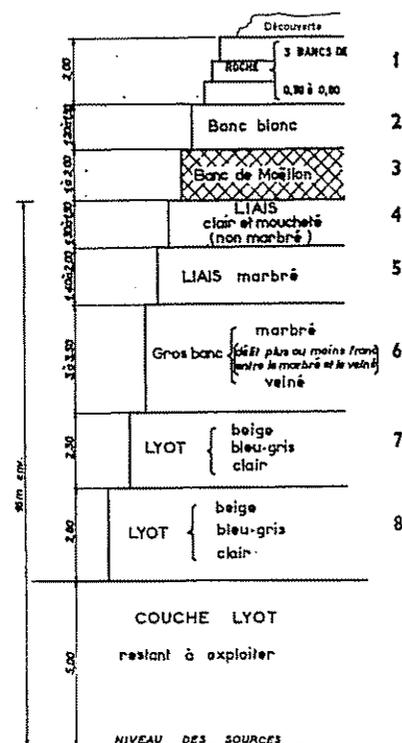
Le délitage consiste à détacher de la masse des blocs importants de plusieurs mètres cubes en avançant en gradins suivant la dureté de la roche ; pour ce faire, on utilise les failles verticales (roches primaires) ou les lits horizontaux ou obliques (roches sédimentaires). Parfois on remédie à l'absence de failles naturelles en perçant des trous au marteau perforateur et on délite à l'explosif lent (poudre noire).

Les gros blocs une fois sortis de leur « lit de carrière » et pesant parfois plusieurs tonnes passent au tranchage : opération qui consiste à les découper en blocs plus maniables soit par éclatement (par coins métalliques) ou par sciage par fil hélicoïdal.

Suivant la qualité de la pierre et l'épaisseur des bancs on obtient ainsi : de la pierre de taille, du moellon ou des dalles.

La pierre de « haut appareil » a une hauteur égale à celle du blanc qui résulte du tranchage effectué suivant le calepin d'appareil ; il s'agit alors de pierre de taille.

La pierre de « petit appareil » a une hauteur inférieure à 30 cm, elle sera mise en œuvre par le limousinant : il s'agit de moellons.



Coupe sur la carrière de Verger

LE CYCLE DES PRODUITS

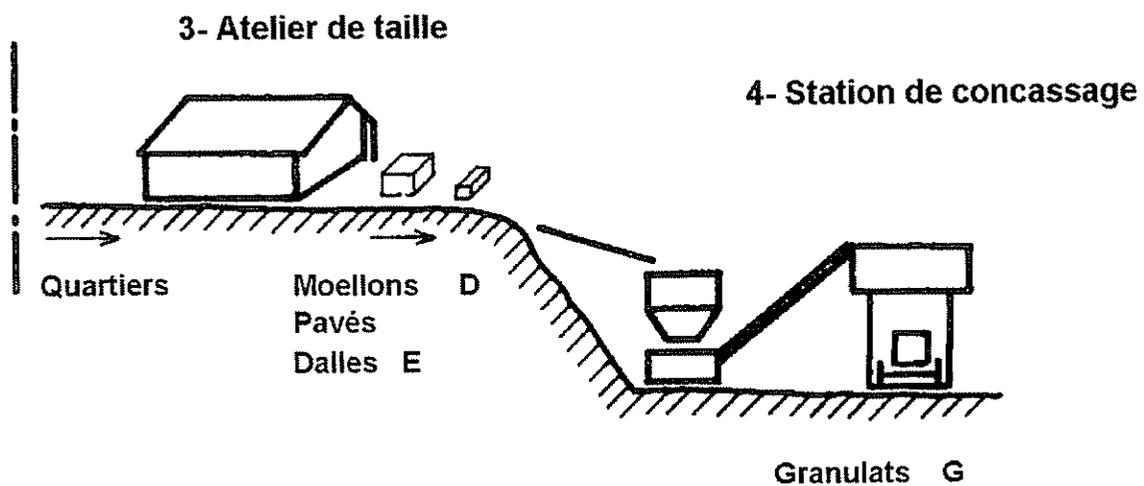
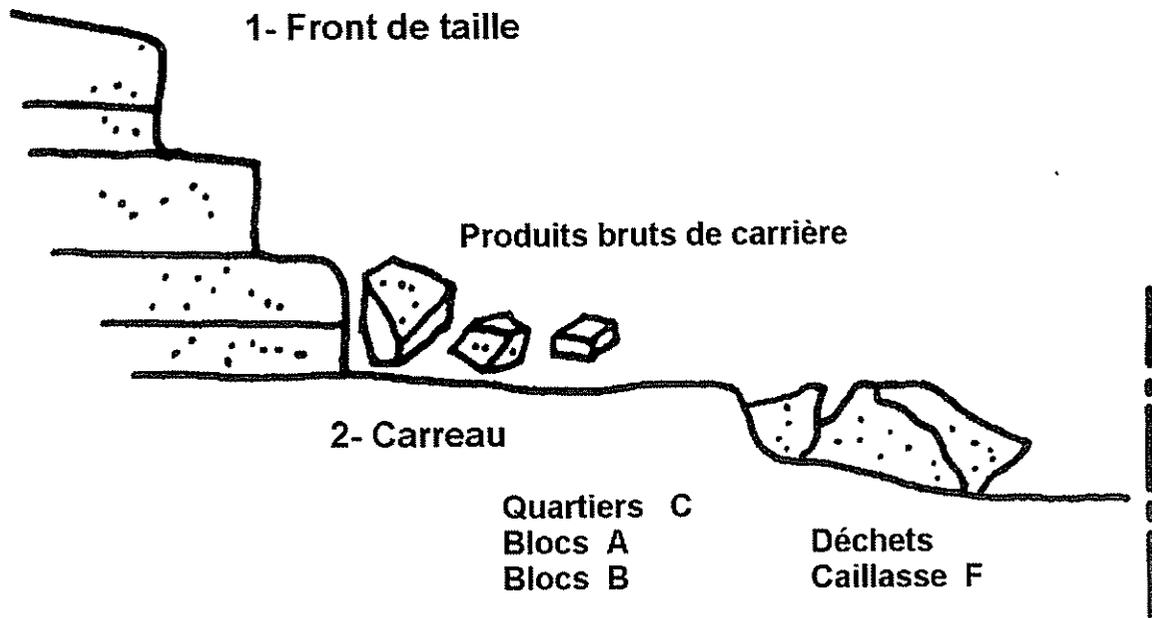
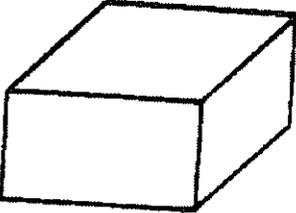
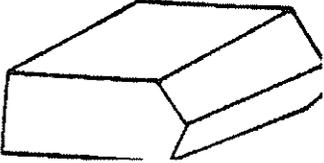
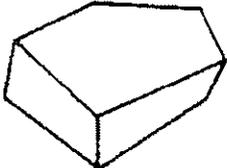
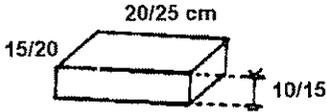
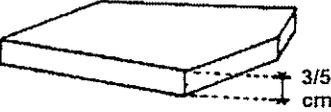
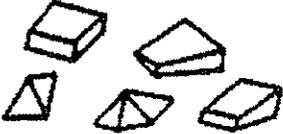
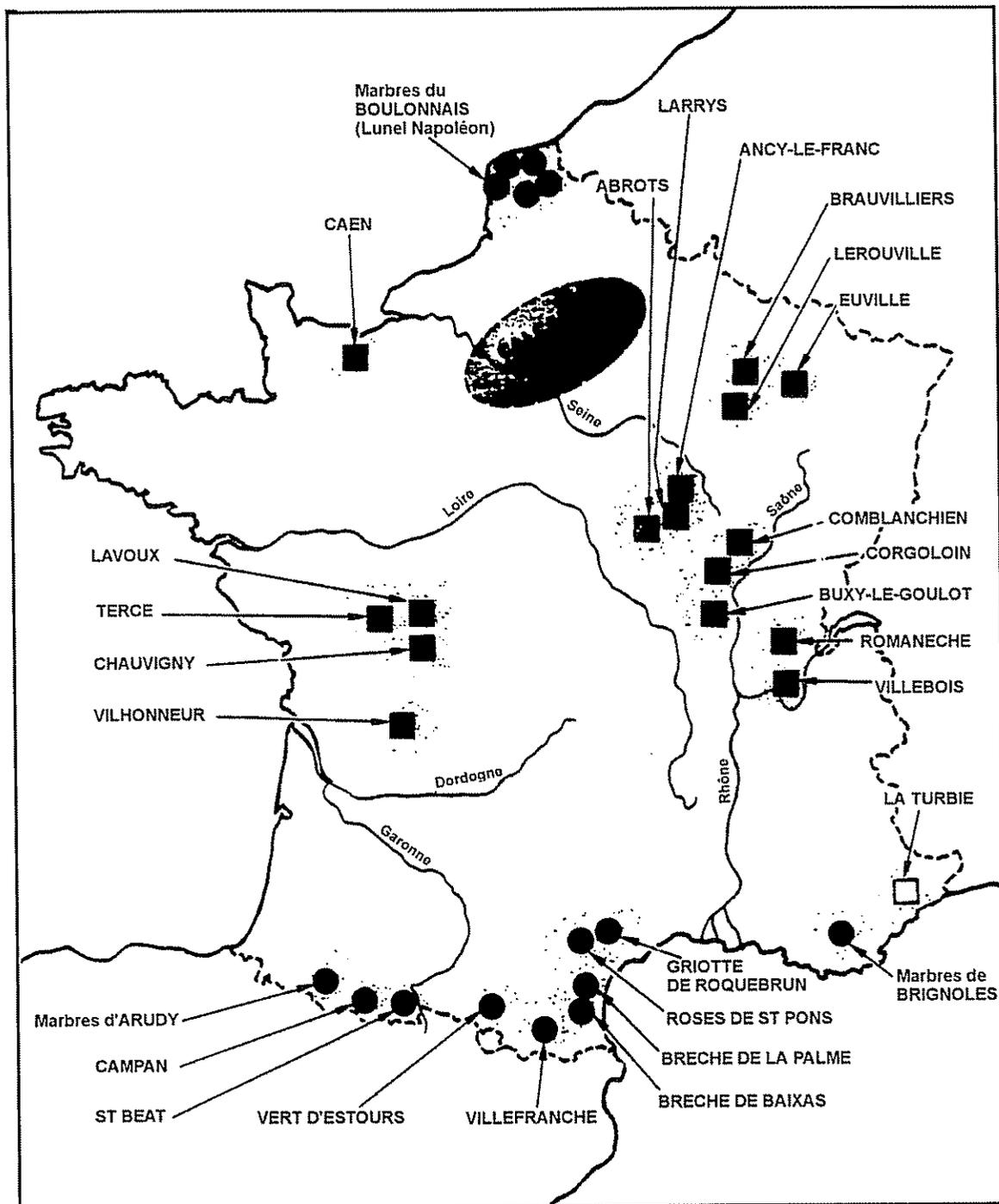


TABLEAU DE DEFINITION DES PRODUITS ~~T15~~

		CARACTERISTIQUES		DESTINATION
		Volume	Poids	
A Bloc marchand		> 1 m ³	> 3000 kg	
B		> 0,300 m ³	> 1000 g	A débiter pour équarrissage
C Quartier		0,020 à 0,100 m ³	60 à 300 kg	Pour tranchage
D Boquin moellon		0,005 à 0,030 m ³	15 à 60 kg	Moellons : • Elévation • Soubassement pour l'habitat
E Dalles			< 15 kg	Pour revêtements
F Caillasse			< 5 kg	Remblayage Blocage
G Granulats				Ballast 50 / 100 mm Gravier 5 / 50 Gravillon 5 / 15 Sable 0 / 5

QUELQUES LOCALITES DE CALCAIRES ET DE MARBRES



■ CALCAIRES (pierre de taille)

● PRINCIPAUX MARBRES

Extraction en galeries souterraines

Pratiquée pour la pierre tendre on procède de la façon suivante :

On creuse directement, sans découverte, des puits verticaux. De la base du puits divergent des galeries horizontales, de longueur variable, appelées ateliers. Le ciel (ou toit) de carrière est soutenu par d'énormes piliers taillés dans la masse (étaux de masse).

Il arrive que le départ des galeries se trouve à flanc de coteau.

L'opération de délitage se fait à l'aide de haveuses à chaîne.

Défauts des pierres

La pierre, matériau naturel, peut présenter des défauts :

- ❖ Le bousin (ou crassin) : partie tendre séparant les bancs suivant le lit de carrière, surtout visible chez les pierres calcaires.
- ❖ Les lits (ou poils) : minces fissures remplies de matière terreuse.
- ❖ Les scories, cendrules ou terrasses, moies ou moyes : véritables fentes ou petites cavités remplies de matière terreuse.
- ❖ La pierre ferrée, avec une ou plusieurs bandes très dures qui la traversent.
- ❖ Les clous : rognons très durs qui rendent la taille très difficile.
- ❖ Les pierres dites moulurées, gélivrées ou hygroscopiques (cassures dues au gel).
- ❖ Les pierres fières.
- ❖ Les pierres froides : pierres à surface très lisse qui prennent mal le mortier et qui provoquent en outre des condensations sur les murs.
- ❖ Une pierre hétérogène rend un son sourd, mat lorsqu'on la frappe au têt.

3 - Pierres de construction

QUALITES D'UNE BONNE PIERRE

Toutes les pierres rencontrées dans le sous-sol ne sont pas aptes à servir de construction ; une bonne pierre doit posséder certaines qualités qui prédomineront suivant son rôle et sa place dans l'ouvrage.

Pour les éléments porteurs, la pierre devra présenter une bonne résistance à la compression.

Pour les pierres soumises aux intempéries : l'inaltérabilité.

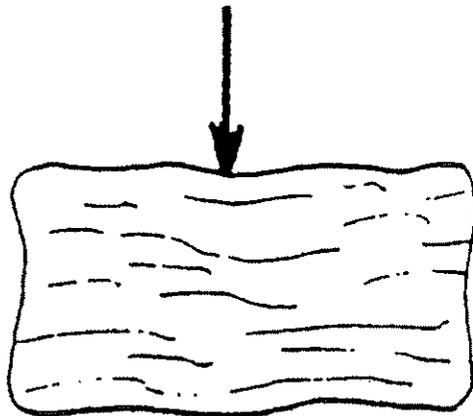
Pour les revêtements de sol : une bonne résistance à l'usure.

Mais quelle que soit sa destination, la pierre doit être de taille facile et présenter une bonne adhérence au mortier de pose.

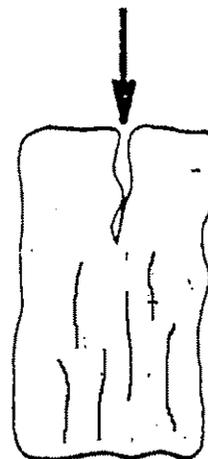
En ce qui concerne les pierres d'origine sédimentaire, celles-ci doivent être posées suivant leur lit de carrière, c'est-à-dire leur surface de stratification, qui doit être normale aux pressions et **seules peuvent être posées en délit les pierres dures, compactes et homogènes**. (Le délit désignant toute surface de la pierre autre que celle des lits (lit de dessous et de dessus)).

Le sens des lits peut se différencier :

- ❖ En mouillant la pierre : les plans de stratification apparaissent grâce aux veines de couleur diversement nuancées.
- ❖ Frapper la pierre au têtou : si la pierre s'écrase, c'est que l'on a frappé à la surface du lit ; si l'on obtient un éclat important, on a frappé dans la direction du lit.



Bonne résistance à la compression



**Pose en délit :
Mauvaise résistance à la compression et au gel.**

CLASSIFICATION DES PIERRES CALCAIRES

Les pierres calcaires sont les plus abondantes et les plus employées en France. Leur classification est très controversée lorsqu'il s'agit de les classer pour effectuer le prix de façonnage ou de taille. Il existe actuellement deux méthodes de classification.

La plus ancienne, en usage dans la série S.C.A. classe les pierres par coefficients de difficulté de taille de A à R.

La seconde adoptée par la norme B 10 001 donne 14 numéros dits de duretés-type.

Toutes deux provisoires, ces méthodes aboutissent souvent à des résultats contradictoires.

Qualités que l'on réclame des pierres employées en construction.

1. Compacité et homogénéité dans toutes leurs parties.
 2. Ne pas être gélives.
 3. Adhérer au mortier.
 4. Résister suffisamment à l'écrasement suivant leur emploi dans les maçonnerie.
 5. Résister à l'humidité, à la gelée, au feu.
 6. Résister au choc, à l'usure.
 7. Avoir une bonne isolation
- Egalement : être exemptes de fils, trous, moies, boursin.

1. COMPACTITE ET HOMOGENEITE



Bonne
compacité

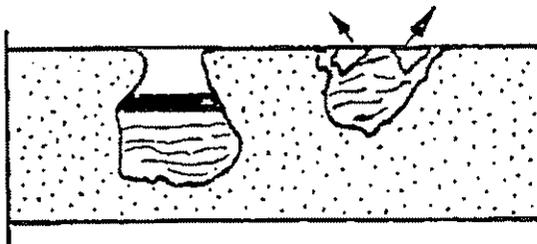


Mauvaise
compacité

La compacité varie avec la texture même du matériau, avec la disposition, la dimension des éléments constitutifs amenant plus ou moins la présence de vides.

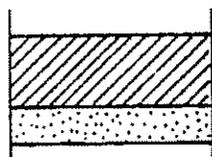
2. GELIVITE

Vase d'expansion Eclats



La gélivité amène une altération de la roche par augmentation de volume. Cas du gel de l'eau, phénomène différent suivant la grosseur des pores.

3. ADHERENCE



Mauvaise adhérence



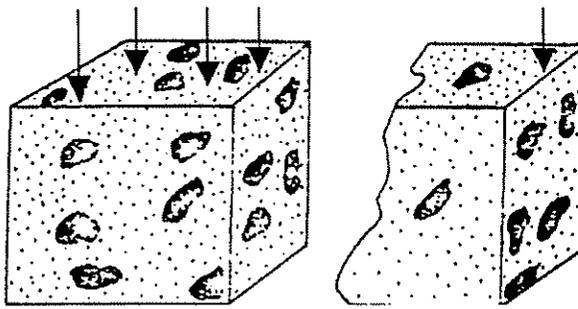
Bonne adhérence



Pore scellement

L'adhérence vient d'une affinité chimique des éléments liants avec les éléments à lier (chaux par exemple), elle est favorisée par l'état des surfaces et la porosité.

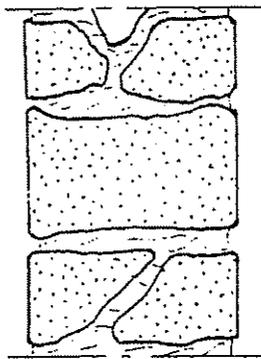
4. COMPRESSION



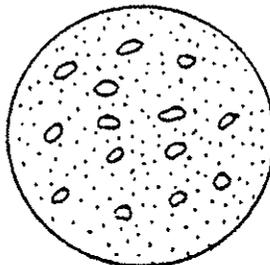
La pierre doit résister à des forces tendant à l'écraser ; ces forces varient de 50 à 3000 bars(1), sont facteurs d'influences (la compacité, la résistance et la disposition des éléments). Rapport avec les pierres posées en « lit » ou en « délit ». Généralement, les pierres travaillent en compression (ex : moellons, pierres de tailles).

(1) Bar = 1 kg. Environ par cm².

Schémas
Porosité influençant la résistance mécanique

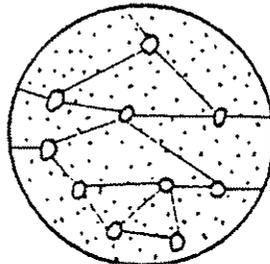


5. POROSITE



Pores isolés

Etat d'un matériau comportant des trous intérieurs (pores) séparant les éléments. On peut trouver : une porosité fermée avec des pores isolés, une porosité ouverte présentant des pores reliés entre eux par des fissures donnant le phénomène de **capillarité**.



Capillarité : Phénomène se manifestant dans les petits canaux (porosité ouverte) ; favorise les remontées d'eau. Les petits pores sont favorables à la capillarité, défavorables à la perméabilité ; les grands pores donnent le phénomène contraire.

LA PERMEABILITE

Les pierres ne sont pas seulement **poreuses**, et donc, susceptibles de contenir certaines quantités d'air ou d'eau ; elles sont également **perméables**, c'est-à-dire susceptibles de se laisser traverser sous une certaine épaisseur, par des quantités d'air ou d'eau.

La perméabilité n'est pas proportionnelle à la porosité ; ce sont des propriétés bien distinctes.

Certaines pierres sont très perméables à l'eau ; il y en a dont la perméabilité est assez grande pour qu'on en fasse des filtres.

La perméabilité est exprimée par le nombre de litres d'eau écoulés à l'heure à travers un échantillon de 7 cm d'arête environ.

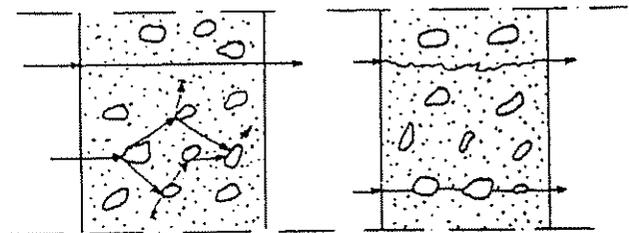
L'ISOLATION

L'isolation est variable en fonction de la porosité et de la dureté.

Elle peut être :

Thermique : contre la chaleur ou le froid.

Phonique : contre le son



L'USURE

L'usure est fonction de la dureté, donc dépend de la nature, de la grosseur et de la forme des grains.

ALTERATION MECANIQUE

Par frottement et délavage par les intempéries (vent).

ALTERATION CHIMIQUE

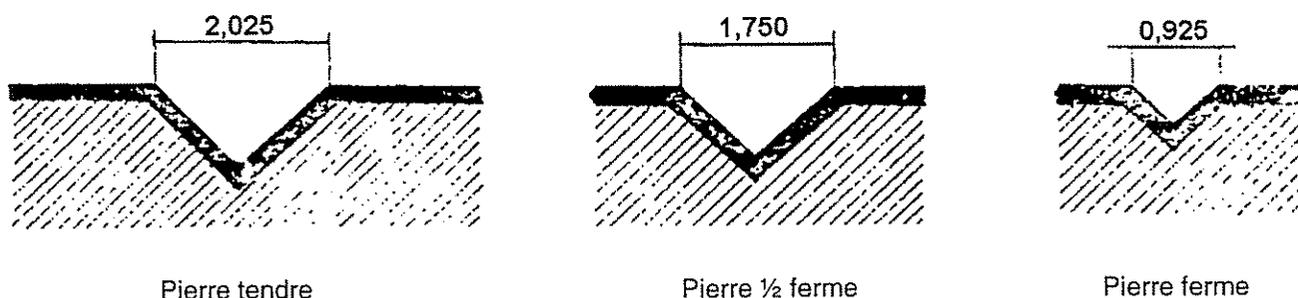
Par réaction chimique pure au milieu pollué (pluies, fumées).

DURETE

Un procédé empirique pour avoir une idée de la **résistance à l'écrasement** des pierres calcaires ordinaires et des calcaires crayeux, soit la mesure de dureté par le procédé suivant (il n'est applicable qu'autant que la pierre est peu celluleuse ou à cellules microscopiques, que le grain soit très fin ou fin, et qu'elle ne contienne pas de silice :

- ❖ On prend une bande de pierre dont on a taillé ou scié deux faces à angle droit. On appuie, à peu près perpendiculairement à l'arête, la lame d'un couteau dont le tranchant est dans un état moyen pas trop aiguisé). En maintenant l'extrémité de la bande avec le pouce de la main droite, on essaie d'enfoncer le couteau avec la même main dans la pierre. On fait généralement sauter un éclat à base de triangle. D'après la profondeur de cette entaille, on peut apprécier la résistance.
- ❖ Cette expérience permet également de se rendre compte de l'**homogénéité**. Si elle est bien homogène, le couteau pénètre de la même profondeur en tous points de l'arête. Si elle n'est pas homogène, il pénètre inégalement, la pierre sera difficile à tailler, ce qui est encore une indication. Si le couteau ressaute brusquement sur certains grains, c'est que le calcaire contient des grains siliceux.

La largeur de rayure des pierres calcaires varie de 3 mm environ pour les pierres les plus tendres, à 0,5 mm pour les pierres les plus dures.



Pierre tendre

Pierre ½ ferme

Pierre ferme

DENSITE

La densité fournit encore des indications sur la **résistance**. Elle peut être également utile pour le calcul des frais de transport qui s'établissent en général à la tonne et pour le calcul des maçonneries. Si la pierre est compacte, elle n'absorbe que peu d'eau. Si elle est poreuse, c'est le contraire. En général, la résistance à la compression va en croissant avec la densité.

La densité est le rapport de la masse d'un certain volume d'un corps à celle d'un même volume d'eau :

Exemple : 1 m³ d'eau pèse 1 000 kg, 1 m³ de pierre varie de 1 400 à 2 800 kg.

Les maçonneries travaillent presque uniquement en compression ; l'essai d'écrasement est important, car il donne une indication sur la résistance que l'on peut attendre d'une pierre. Le taux de travail admis est généralement au 1/10 de la résistance à l'écrasement.

LES CASSURES

La cassure est avec la densité et la dureté, le **guide le plus sûr** que l'on puisse suivre pour reconnaître la **structure d'un minéral**.

Les surfaces de cassure doivent être examinées sous trois point de vue différents : *éclat, texture et forme*.

De là, les expressions de cassures vitreuse, résineuse ou cireuse, laminaire, saccharoïde et compacte, pour exprimer la texture. Mais ce sont surtout les formes propres aux surfaces de cassure que l'on étudie. On dit qu'un minéral à la cassure conchoïde ou conchoïdale quand la surface des fragments, étant concave ou convexe, est sillonnée de stries courbes et concentriques semblables à celles que l'on voit sur les valves de certaines coquilles (obsidienne, silex pyromaque).

La cassure conique ou conoïde présente, en relief ou en creux, la surface d'un cône. Citons encore la cassure esquilleuse ou écailleuse, la cassure plate, la cassure raboteuse ou unie.

A. CASSURE BOMBÉE

Qui est, ou qui est devenue, arrondie et renflée.

B. CASSURE ESQUILLEUSE OU ECAILLEUSE

Se dit quant la surface de ses fragments présente de petites écailles semblables à celles que l'on remarque sur les cassures de la cire. (Marbre vert des Pyrénées ou Campand).

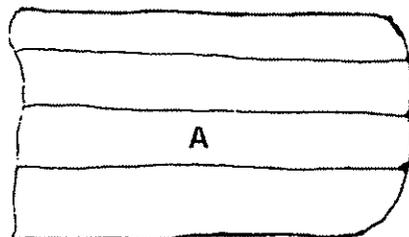
C. CASSURE PLANE

Pan de stratification de contact de deux couches de terrains déposées successivement (roche de Courville, les ardoises).

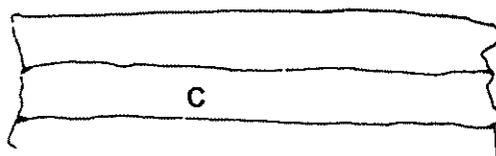
D. CASSURE ANGULEUSE

Qui présente des angles aigus, des arêtes saillantes. (Roche de Villebois).

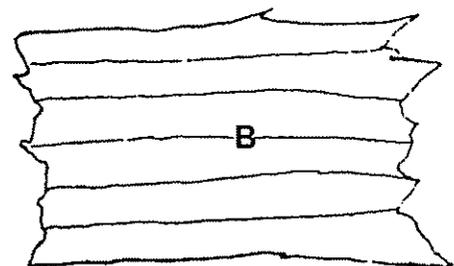
Cassure bombée



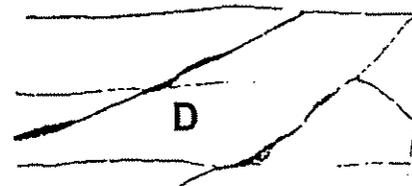
Cassure plane



Cassure esquilleuse



Cassure anguleuse



TABLEAU

CLASSEMENT DES ROCHES PAR ORDRE DE FRIABILITE (1)

A	E
Gibbiste - Bauxite Schiste tendre Argile Roche très décomposée	Granit tendre Hématite Grès dur Micaschiste Conglomérat argileux Silicates Roches siliceuses
B	F
Calcaire tendre Schiste tendre Calcaire altéré Calcite Roche moyennement décomposé	Quartz Quartzites Conglomérat quartzeux Marbre dur Granit moyen Grès dur Roches siliceuses
C	G
Calcaire moyen Grès tendre Schiste moyen Schiste cristallin	Granit dur Quartzites à grains fins Silex Tactite Roches siliceuses Basaltes
D	
Grès tendre Calcaire dur Schiste dur Schiste bitumeux Marbre Calcaire siliceux Meulière\$	

(1) Extrait : « Précis de forage des roches » Kurt HERMANN (Dunod).

Dans chaque carrière, on trouve des pierres de différentes duretés et les carriers leur ont donné des noms pour les distinguer : à Saint Maximin, on a par exemple de la ½ ferme, de la ferme, de la dure... dont les résistances à l'écrasement sont respectivement 97, 164 et 397 kg/cm².

Mais, d'une carrière à l'autre, les mêmes qualificatifs n'ont pas la même signification : ainsi, alors que la ½ ferme de Saint Maximin a une résistance à l'écrasement de 97 kg/cm², la ½ ferme de Mécrin résiste à une pression de 362 kg/cm² et la ½ ferme de Chamesson à 760 kg/cm².

Il faut donc être prudent dans l'emploi des mots « tendre », « demi-ferme », « ferme » et « dure », chacun de ces mots ne définissant pas une dureté quand il accompagne un nom de pierre, mais étant simplement un terme de comparaison indiquant une qualité de banc par rapport à d'autres bancs d'une même carrière.

Pour résoudre ce problème, on a établi des classifications (Série des prix de la société centrale des architectes, AFNOR...) fournissant sur les pierres tous les renseignements pour les choisir en fonction de l'usage projeté et les comparer entre elles.

Pour qu'une pierre entre dans une des classes du tableau précédent, c'est la moyenne des mesures effectuées sur 24 échantillons qui doit se situer dans les limites fixées pour chacun des 14 numéros.

Les caractéristiques les plus importantes sont les suivantes :

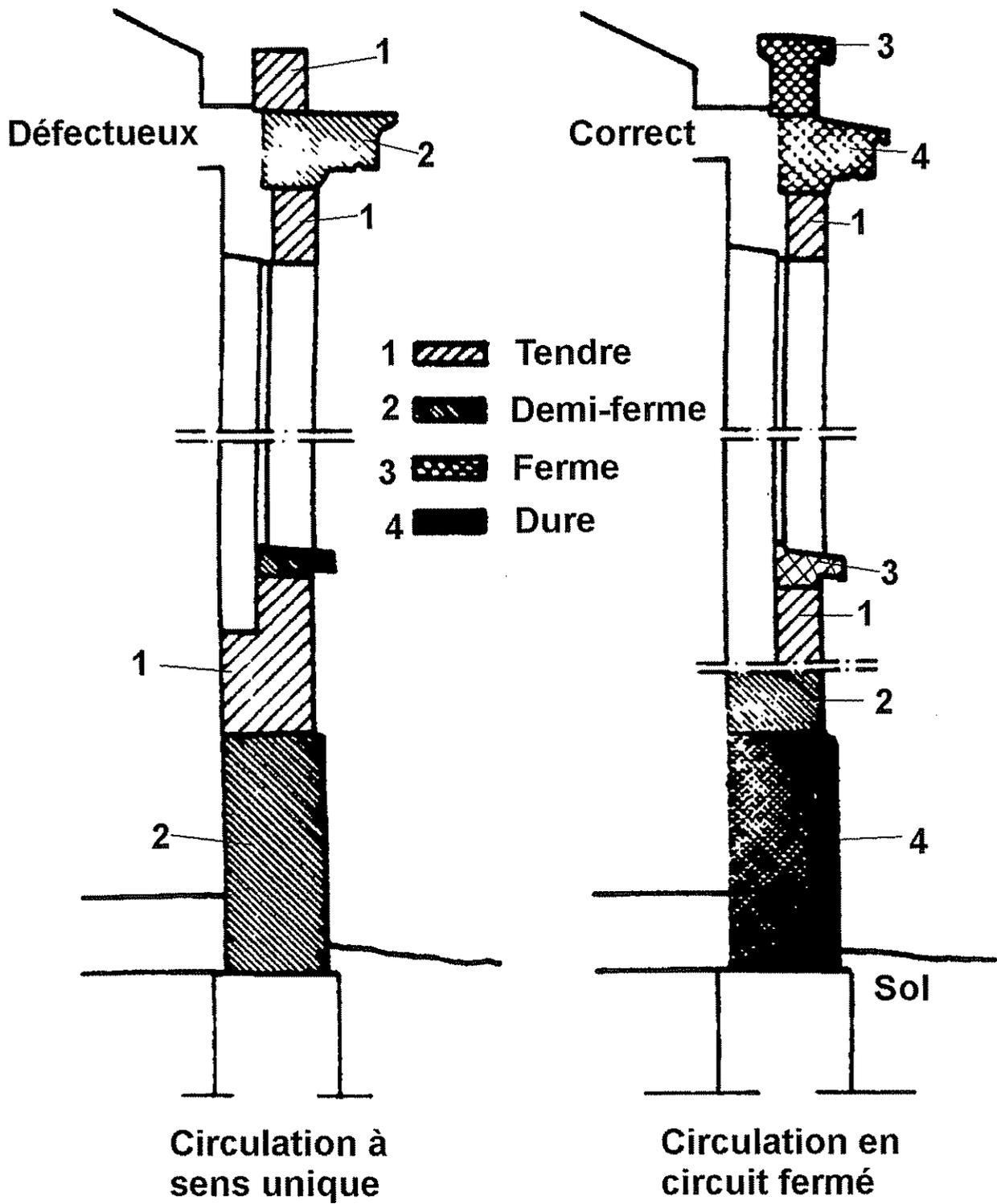
- ❖ La résistance à l'écrasement (ou contrainte de rupture) est la valeur de la charge sous laquelle s'écrase un matériau. On peut aussi l'apprécier en mesurant la vitesse de propagation du son (de 2000 m/s pour 50 kg/cm² à 6000 m/s pour 2000 kg/cm²).
- ❖ La densité apparente est le rapport de la masse du corps, tel qu'il se présente après dessiccation, à son volume apparent, c'est-à-dire vides compris, mesuré par pesées hydrostatiques. La densité apparente met en lumière la porosité.
- ❖ La dureté superficielle est mesurée par des rayures effectuées à l'aide d'un scléromètre et dont la largeur variera avec la dureté de la pierre, mettant ainsi en évidence sa résistance à l'usure, aux chocs, à l'érosion et à l'attaque des outils (de 0,3 mm pour une pierre dure à 5 mm pour une pierre tendre).

On obtient ainsi un classement qu'il faut cependant utiliser avec précaution car les pierres ne sont pas des matériaux fabriqués, mais sont le résultat de dépôts naturels de matières calcaires ne pouvant pas présenter l'homogénéité d'un produit manufacturé : ainsi, des échantillons pris dans un même moellon peuvent donner des résistances à l'écrasement assez différentes. Le constructeur doit donc prévoir un coefficient de sécurité (1/10).

NORMES FRANCAISES « Pierres calcaires » B 10-001

<i>Numéro de taille</i>	<i>Duretés types</i>	<i>Densité</i>	<i>Résistance à l'écrasement</i>	<i>Porosité en %</i>	<i>Emploi</i>
1	Très tendre	< 1,47 t/m ³	< 50 kg/cm ²	46	Pas extérieur
2	Tendre	1,47 / 1,65	51 / 75	43	Assises courantes en élévation
3	Tendre	1,65 / 1,84	76 / 120	36	
4	½ ferme	1,84 / 2	121 / 180	30	
5	½ ferme	2 / 2,15	191 / 275	24	Assises de re-jailissement
6	Ferme	2,15 / 2,27	276 / 390	19	
7	Ferme	2,27 / 2,35	391 / 520	15	Appuis bandeaux corniches
8	Dure	2,35 / 2,44	521 / 660	12	
9	Dure	2,44 / 2,5	661 / 830	9	
10	Dure	2,5 / 2,58	831 / 1080	6	Socles soubassements - Revêtements de sol
11	Très dure	2,58 / 2,64	1081 / 1290	4	
12	Ou froide	2,64 / 2,69	1291 / 1570	2	
13	Très dure	2,69 / 2,73	1571 /	1	
14	Ou froide	> 2,73 t/m ³	> kg/cm	0	

CONDITIONS D'UTILISATION DE DIVERSES DURETES DE PIERRES



DES ROCHES CALCAIRES

Les roches calcaires sont composées en majeure partie de carbonate de chaux.

Les calcaires par leur composition, ressemblent à la craie et se comportent comme elle sous l'action de la chaleur, des acides et du gaz carbonique.

Ses grains peuvent être très fins 0,2 à 0,4 m/m - jusqu'à très gros 5 à 10 m/m.

DES DIFFERENTES VARIETES DE CALCAIRES

Parmi les calcaires, on distingue :

- a) **Les calcaires communs**, qui sont des roches compactes demi-fermes rayables au couteau et non à l'ongle.

Très utilisés pour la construction des édifices et des ouvrages d'art (ponts), ils sont très gélifs. Quelques exemples ci-dessous.

NOMS	DEPARTEMENT	POIDS au M3	RESISTANCE A L'ECRASEMENT PAR CM2	CLASSIFICATION AFNOR PAR DURETE
Comblanchien	Côte d'Or	2 800 K	1 300 à 2 300 kg	Froide n° 11 - 12
Corgoloin	Côte d'Or	2 800 K	2 800 kg	Froide n° 12
Hydreguent	Pas de Calais	2 700 K	1 600 kg	Froide n° 11 - 12
Villebois	Ain	2 800 K	1 400 à 1 600 kg	Dure n° 10 - Froide
Ecuelles	Seine et Marne Yonne	2 650 K 1 900 K	1 000 kg 270 à 320 kg	Dure n° 9 - 10 Demi-ferme n° 4
Château - Gaill.	Vienne	2 000 K	107 à 460 kg	Demi-ferme n° 4 Tendre n° 3
St Maximin	Oise	2 300 K	250 à 450 kg	Demi-ferme n° 4 Ferme n° 6 - Dure
Saint Leu	Oise	1 700 K	50 à 100 kg	Tendre n° 3
Méry	Seine et Oise	1 700 K	50 à 100 kg	Tendre n° 3
Saint Même	Charente	1 800 K	75 à 120 kg	Tendre n° 3
Sireuil	Charente	1 700 K	50 à 100 kg	Tendre n° 2 et n° 3
Pontlevoy	Loir et Cher	2 600 K	1 000 kg	Dure n° 9 - 10
Pontijou	Loir et Cher	2 600 K	1 000 kg	Dure n° 9 - 10

- b) Les calcaires colithiques dont la cassure montre des grains ronds accolés les uns aux autres comme des œufs de poisson (colithe signifie œuf de pierre). La grosseur des grains varie, suivant les calcaires, entre la dimension d'un grain de millet et celle d'une fève.

En général, ces calcaires ne sont ni spongieux, ni caverneux.
Quelques exemples ci-après :

NOMS	DEPARTEMENT	POIDS au M3	RESISTANCE A L'ECRASEMENT PAR CM2	CLASSIFICATION AFNOR PAR SURETE
Chauvigny	Vienne	2 450 kg	250 à 700 kg	Ferme n° 6 - Dure
Chevillon	Haute Marne	2 000 kg	280 à 400 kg	
Savonnières	Meuse	1 000 kg	160 à 300 kg	Tendre n° 3
Chassignelles	Yonne	2 300 kg	380 à 850 kg	Dure n° 8 - 9 - 10
Larrys	Yonne	2 200 kg	100 à 650 kg	Ferme n° 6 - 7 Dure n° 8 - 9 - 10
Caen	Cavados	2 000 kg	150 à 200 kg	Demi-ferme n° 4 - 5
Gerce Normandie	Vienne	2 100 kg	180 à 275 kg	Demi-ferme n° 5
Lavoux	Vienne	2 050 kg	130 à 275 kg	Demi-ferme n° 4 - 5

- c) Les calcaires à entrogues offrent une cassure composée de grains à facettes brillantes qui contiennent, en plus ou moins grand nombre, des restes d'animaux marins à l'état cristallisé qu'il ne faut pas confondre avec les coquilles.

Ces calcaires ne sont ni spongieux ni caverneux.
Ils résistent bien à la gelée.
Quelques exemples ci-après :

NOMS	DEPARTEMENT	POIDS au M3	RESISTANCE A L'ECRASEMENT PAR CM2	CLASSIFICATION AFNOR PAR DURETE
Montagny les Buxy	Saône et Loire	2 700 kg	750 à 950 kg	Ferme n° 7
Euville	Meuse	2 300 kg	200 à 600 kg	Ferme n° 7
Lérouville	Meuse	2 300 kg	170 à 700 kg	Ferme n° 6 - 7

d) **Les calcaires lacustres** sont des roches qui se sont formées il y a très longtemps dans des lacs (d'où leur appellation) c'est à dire dans l'eau douce.

Ils sont très compacts et de couleur blanc jaunâtre ou grisâtre.

Ils renferment des débris de coquilles provenant de mollusques vivant dans les eaux douces et sont percés de trous de petit diamètre (assez semblables à ceux que les vers percent dans les vieux bois).

Quelques exemples :

NOMS	DEPARTEMENT	POIDS au M3	RESISTANCE A L'ECRASEMENT PAR CM2	CLASSIFICATION AFNOR PAR DURETE
Château-Landon	Seine et Marne	2 550 kg	580 à 950 kg	Dure n° 10
Souppes	Seine et Marne	2 600 kg	900 à 1 000 kg	Dure n° 9

e) **Les travertins** sont des calcaires lacustres de formation plus récente, ils sont un peu moins compacts et comportent des terrasses fondées, ils offrent néanmoins une grande résistance à l'écrasement.

Quelques exemples :

NOMS	DEPARTEMENT	POIDS au M3	RESISTANCE A L'ECRASEMENT PAR CM2	CLASSIFICATION AFNOR PAR DURETE
Ecuelle	Seine et Marne	2 570 kg	950 à 1 500 kg	Dure n° 10
Château-Landon	Seine et Marne	2 600 kg	1 000 kg	Dure n° 10 - 11

f) **Les tufs** sont des calcaires tendres, très tendres et légers qui ont la même origine que les travertins, mais moins résistants qu'eux.

Ils ne sont plus guère utilisés que pour des constructions locales.

Quelques exemples :

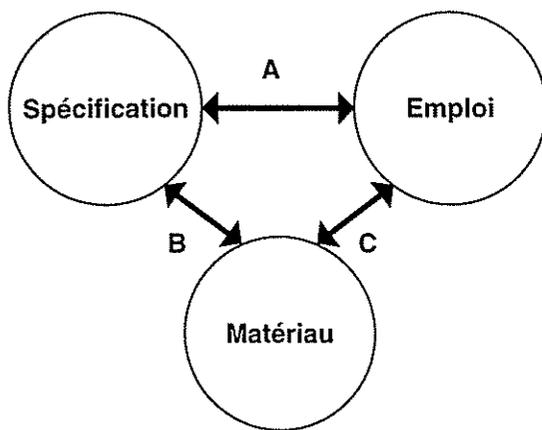
NOMS	DEPARTEMENT	POIDS au M3	RESISTANCE A L'ECRASEMENT PAR CM2	CLASSIFICATION AFNOR PAR DURETE
Touraine	Indre et Loire	1 300 kg	45 kg	Très tendre n° 1
Anjou	Maine et Loire	1 300 kg	45 kg	Très tendre n° 1
Villentrois	Indre	1 450 kg	51 kg	Très tendre n° 1
Bourré	Loir et Cher	1 450 kg	51 kg	Très tendre n° 1

TABLEAU

Classification des pierres calcaires d'après la dureté

Les n° de taille de la S.S.C.A. et les n° de dureté de l'AFNOR

Numéros de taille des architectes parisiens	Coefficients de taille moyenne de la S.S.C.A.	Résistance moyenne en kg/cm ²	Densité moyenne en kg/m ³	Désignation et utilisation des pierres	Numéros de dureté de l'AFNOR	
1	9	800	2 600	Liais compacts et roches. Socles, colonnes, dallages et marches.	14 13 12 11 10	Froide
2	8	600	2 500	Liais durs et roches. Colonnes et marches.	9	Dure
3	7	500	2 425	Liais et roches. Seuils et bandeaux.	8	
4	6	400	2 400	Roches Travaux d'art viaducs et balcons.	7	Ferme
5	5	300	2 300	Roches Corniches, soubassements marbrerie	6	
6	4	200	2 200	Roches douces Monuments en élévation, étages inférieurs	5	Demi-ferme
7	3	150	2 000	Banc franc Monuments en élévation étages inférieurs	4	
8	2	100	1 700	Banc royal Constructions soignées en élévation	3	Tendre
9	1	50	1 400	Vergele Construction médiocres en élévation	2 1	



Définition des produits

Nous essayerons par le biais des tableaux d'établir des relations :

A = Spécification \longleftrightarrow Emploi

B = Matériau \longleftrightarrow Spécification

C = Matériau \longleftrightarrow Emploi

Il faut cependant souligner que les valeurs données dans les spécifications qui vont suivre doivent, sauf dans le cas d'ouvrages importants, être interprétées dans le sens le plus large de la relativité, permettant de choisir - si choix il y a - sans pour cela être paralysé par les chiffres indiqués.

RELATION SPECIFICATION - EMPLOI

Tableau

SPECIFICATIONS	EMPLOI		VOIRIE		CONSTRUCTION	
	Roulage	Sécurité	Habitat	Génie civil		
<i>Gravimétrique</i>						
⊕ • Masse volumique (densité)	x	x	x			x
• Porosité			x			
<i>Physique liés à présence d'eau</i>						
• Capillarité			x			
• Absorption						
• Teneur en eau critique						
• Gélivité			x			x
<i>Physique et mécanique</i>						
• Compression	x	x	x			x
• Flexion (par traction)			x			x
• Elasticité			x			x
⊕ • Propagation du son			x			x
⊕ • Dureté superficielle (rainure)	x					
• Usure (empreinte)	x		x			
• Dilatation thermique			x			x
• Conductibilité thermique			x			x
• Friabilité	x		x			x

⊕ entrent dans la formule pour le numéro d'identification des pierres calcaires.

RELATION MATERIAU - SPECIFICATIONS

Tableau

Matériaux	M ; Vol kg/m3	R compres- sion kg/cm2	% Porosité	C thermique kcal/mh°C	Vitesse du son m/s	Dureté superficielle	Empreinte d'usure en mm	N° d'identifi- cation
ERUPTIFS								
- Granite	2500 / 3000	1800 / 2000	0,6 / 1,8	3,0	4000 / 6000		20 - 24	-
- Basalte	2800 / 300	2000 / 2500		3				-
- Silex	2600 / 2800			3				-
- Porphyres	2400 / 2600	2300	6 / 7	3				-
- Laves	2100 / 2400			2,5				-
SEDIMENTAIRES								
- Grès	2000 / 2400	500 / 900	0,6 / 20	1,9	2200 / 2600	0,5 / 0,6	26 / 48	
- Pierres calcaires froides	2400 / 2800	950 / 2300	0,3 / 10,5	2,9	3000 / 6000	0,5 / 0,7	36 / 41	10 à 14
- Dure	2000 / 2700	500 / 1650	6 / 19	1,9 / 2,2	4000 / 6000	0,65 / 1,10		8 à 10,5
- Ferme	2200 / 2400	200 / 600	13 / 27	1,5 / 1,7	3500 / 4500		30 / 45	6 à 7,5
- ½ ferme	1800 / 2100			1,2 / 1,5	2600 / 2800	1 / 1,6		4 à 5,5
- Tendre								
(N° 1)	1600 / 1800	< 300		0,8 / 0,9		1,4 / 2,2	> 45	0,5 à 3,5
(N° 2)	1400 / 1600			0,95	2300 / 2500	2,2 / 3,2		
- Travertins	2300 / 2500	500 / 1300	0,4 / 3	4 / 6				
- Roches marbrées	2600 / 2800	900 / 2000	0,3 / 0,5	1 / 9	5000 / 6000	0,6 / 1,2	28 / 32	-
- Pierres marbrées	2500 / 2700	1000 / 2000	0,5 / 0,8	3,5 / 10	3000 / 5000	0,7 / 1	30 / 40	-
METAMORPHIQUES								
- Quartzites	2600 / 2700	3500 / 3800						
- Schistes	2500 / 2700	1500 / 1800						
- Gneiss	2400 / 2700	1500 / 1700	2 / 3	3		1 / 1,5		
- Ardoises phyllades	2700 / 2800	1000 / 1500	3 / 4			8		
- Marbre ophi-calces	2600 / 2800	900 / 2000	0,8 / 2	1 / 7	5000 / 6000	0,6 / 1	24 / 32	
- Cipolins	2600 / 2800	900 / 2000	0,1 / 1	5 / 8				
- Serpentinite	2600 / 2800	2000 / 2500	0,01 / 0,03	7,8				
REFERENCES								
- Béton	2000 / 2400	250 / 500	1 / 5					
- Brique (terre cuite)	2100 / 2300	800 / 900	7 / 21	0,5 / 0,6		6 - 8	30 / 55	

DOMAINE		VOIRIE					URBANISME							
FONCTION		RUES ET VOIES PAVEES					HABITAT - COLLECTIVITES							
MATERIAU		B	P	D	S	A	F	Se	E	Rh	Rv	T	K	Mu
	Granite	c	p	d	b	a	pb	mb	mt	rh	rv			u
	Porphyre	c	p				pb	mb	mt	rh	rv			u
	Basaltes laves	c	p	d	b	a	pb		mt	rh	rv			u
	Gneiss	c	p	d	b	a	pb		mt	rh	rv	t		u
	Quartzites	c	p	d	b	a	pb	mb	mt	rh	rv	t		u
	Grès	c	p	d	b	a	pb	mb	mt	rh	rv	t		u
	Marbre	c		d						rh	rv			u
	Pierre marbrière	c		d	b		pb	mb	mt	rh	rv			u
	Calcaire dur tendre	c	p	d	b	a	pb	mb	mt	rh	rv			u
	Ardoise					a				rh	rv	t		u
	Schistes lauzes	c		d						rh	rv	t		u

EXPRESSION DES ABRILIATIONS - PRODUITS

- c = caillasse
- d = dalles
- p = pavés
- mb = moellon brut
- mt = moellon taillé
- t = tuiles
- rh = revêtements horizontaux
- rv = revêtements verticaux
- pb = pierre brute
- b = bordures
- u = urbain
- a = éléments d'assainissement

SARLAT

Département d'extraction

Dordogne

Commune

Les Eysies de Tayac

Coordonnées de l'entreprise

Carrière Vèze

Les Pechs

24200 SARLAT

Tél : 53.29.66.19

Descriptif carrière

Carrière à ciel ouvert

Hauteur des bancs : 2 à 4 m

Hauteur du gisement : 20 m

Surface : 6 ha

Méthode d'extraction

A la haveuse

Volume de production

2 500 m³/an

Produits et dérivés

Blocs, tranches, produits finis (pré-sciés ou taillés à dimensions).

Cheminées, dallages pierre pour le bâtiment, etc...

Description du matériau

Calcaire gréseux jaune clair

Caractéristiques de la pierre

Masse volumique apparente 2 200 kg/m³

Porosité 17,7 %

Gélimité 176 cycles

Résistance à la compression de 18,9 Mpa à 21,6 Mpa

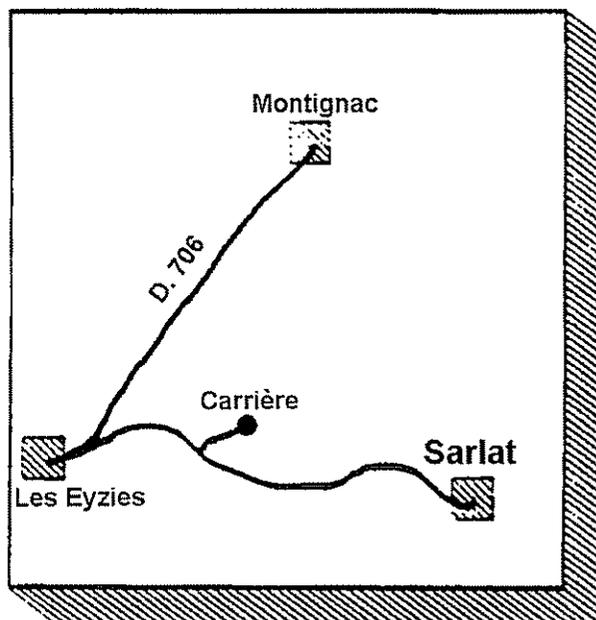
Références

Salle polyvalente de Sarlat.

Nombreuses restaurations dans le Vieux Sarlat.

Réalisation de maisons neuves dans tout le Sarladais.

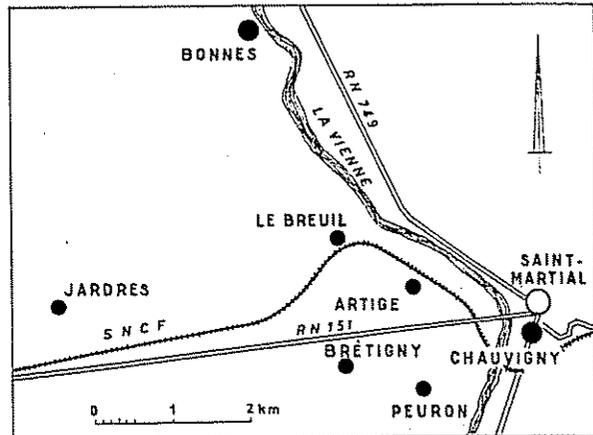
Façades d'immeubles à Paris, Saint-Maur, ...



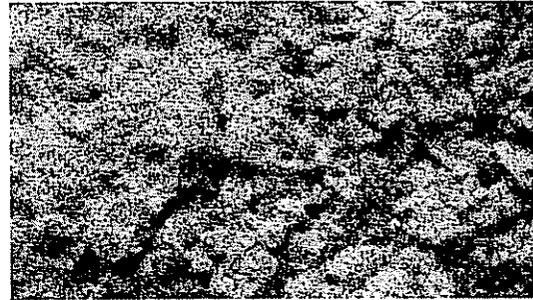
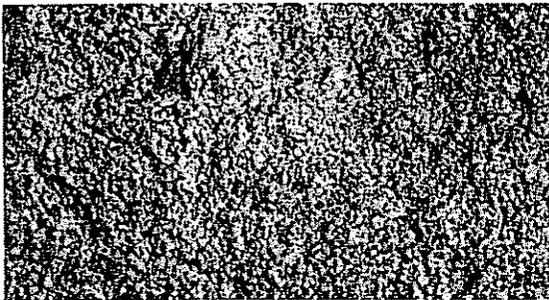
LA roche de Chauvigny est exploitée à ciel ouvert - sur la rive gauche de la Vienne, aux alentours de Chauvigny, chef-lieu de canton du département de la Vienne, situé à 23 kilomètres à l'Est de Poitiers - dans les communes de Chauvigny, de Bonnes et de Jardres. (Carte au 10 000 de l'I.G.N. * Chauvigny, feuille XVIII - 27. Carte Michelin n° 68 - plis 14 - 15).

Les carrières situées sur le territoire de la commune de Chauvigny, actuellement en cours d'exploitation, sont à l'Ouest de Chauvigny, aux lieux-dits *Artige et Peuron* ; à 250 m à l'Ouest de la carrière Peuron, au lieu-dit *Boissonet*, se trouve une carrière actuellement abandonnée mais qui pourrait être remise en exploitation.

Sur le territoire de la commune de Bonnes, la carrière du *Breuil* est abandonnée depuis 60 ans. Sur celui de la commune de Jardres, la roche de Chauvigny est exploitée au lieu-dit *Brétigny*, mais là également cinq ou six carrières, actuellement abandonnées, pourraient être remises en exploitation au lieu-dit *les Griffes*.



Aspect de la roche de Chauvigny



La roche de Chauvigny est un calcaire blanc presque pur, puisqu'elle contient 98 à 99 % de CO_3Ca .

Elle est formée d'oolithes compactes agglomérées par un ciment de calcite microcristallisé (1).

Les oolithes sont grosses, moyennes ou fines et leur grosseur va en diminuant du haut en bas des fronts de masse.

Ce calcaire se situe stratigraphiquement dans le système jurassique moyen, à l'étage bathonien.

Dans le « Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889 », il est défini : « Calcaire oolithique blanc ou blanchâtre à grain assez fin (Terrain jurassique, oolithe inférieure) ». A cette époque, il était exploité aux carrières du Mur Blanc, du Midi et de la Croix Blanche, maintenant abandonnées. Par contre, la pierre exploitée dans la commune de Jardres s'y trouve définie un peu différemment : « Calcaire oolithique blanchâtre panaché de plaques roussâtres, à grain moyen semé de points cristallins (Terrain jurassique, oolithe inférieure) » et les carrières utilisées s'appelaient : carrières de Brétigny, de Griffes et de la Justice.

Il nous a été confirmé que la pierre extraite maintenant à Jardres ne comporte plus de tâches roussâtres, comme ci-dessus désigné, et ressemble à celle exploitée à Chauvigny.

Carrière d'Artigues (2) - Sous une découverte moyenne de 6 mètres d'épaisseur la pierre est exploitée sur environ 12 mètres de hauteur dans un front de masse de 85 mètres de longueur.

On y trouve actuellement 5 bancs qui se présentent de la façon suivante en partant du haut :

Banc 1,	appelé	« Artigues marbrier »	environ 4 m
Banc 2,	appelé	« Artigues roche »	environ 3 m
Banc 3,	appelé	« Chauvigny roche »	environ 2,50 m
Banc 4,	appelé	« Banc de fond ARF (3) » (roche demi-dure)	environ 1,10 m
Banc 5,	appelé	« Artigues pointillé »	environ 1,40 m

Cette formation est, comme nous allons le voir, différente de celle des autres carrières de Chauvigny : elle varie certainement dans l'avancement puis C. Camerman, dans son ouvrage « Pierres blanches françaises », édité en 1957, en décrivant la coupe suivante, de haut en bas ;

« 6 - Calcaire à oolithes grosses et moyennes, de teinte bis à gris jaunâtre dit marbrier. Epaisseur 2 m. »

« 5 - Calcaire oolithique blanchâtre, mal aggloméré, utilisé pour moellons bruts. Epaisseur 1,50 m ».

« 4 - Calcaire blanchâtre à oolithes moyennes, compact, dit marbrier. Epaisseur 2,50 m ».

« 3 - Calcaire jaunâtre à oolithes moyennes, dénommées « roches d'Artiges » convenant à la construction. Le banc présentait autrefois du côté Sud de la carrière un faciès à grosses oolithes auquel on avait donné le nom commercial de Rocbois. Ce faciès a disparu au cours de l'avancement de l'exploitation. Epaisseur 4 à 5 m.

(1) Les oolithes sont des petites sphères de carbonates calcique, d'un dixième de millimètre à quelques millimètres de diamètre. Elles sont constituées d'un noyau, minéral ou organique, qui a amorcé la cristallisation d'une enveloppe composée de couches concentriques.

(2) Depuis très longtemps on écrit Artigues avec un s. alors que sur la carte au 1/50.000 de l'I.G.N, Artige s'écrit sans s.

(3) Artiges roche fine.

« 2 - Calcaire blanchâtre à oolithes moyennes convenant pour la construction. Epaisseur 1 m. »
« 1 - Calcaire blanchâtre à petites oolithes, stratifié en 5 bancs de 1 à 1,40 m. Le diamètre des oolithes décroît de haut en bas. Epaisseur : environ 6 m ».

Et il ajoutait que dans la petite carrière , on extrayait « à la partie supérieure du calcaire blanchâtre à oolithes moyennes, dit marbrier, et à la partie inférieure un calcaire jaunâtre cellulaire, à oolithes grosses et moyennes, dénommé Travertin d'Artiges ».

La production annuelle varie de 2 000 à 2 400 m² avec un maximum déjà atteint de 2 500 m³.

Une usine pour le débit et la taille des pierres est installée à proximité du front de masse et comprend un matériel important : 3 batteries de fils, 1 scie fixe à chaîne, plusieurs débiteuses et scies circulaires diamantées, dont une de 2,50 m de diamètre.

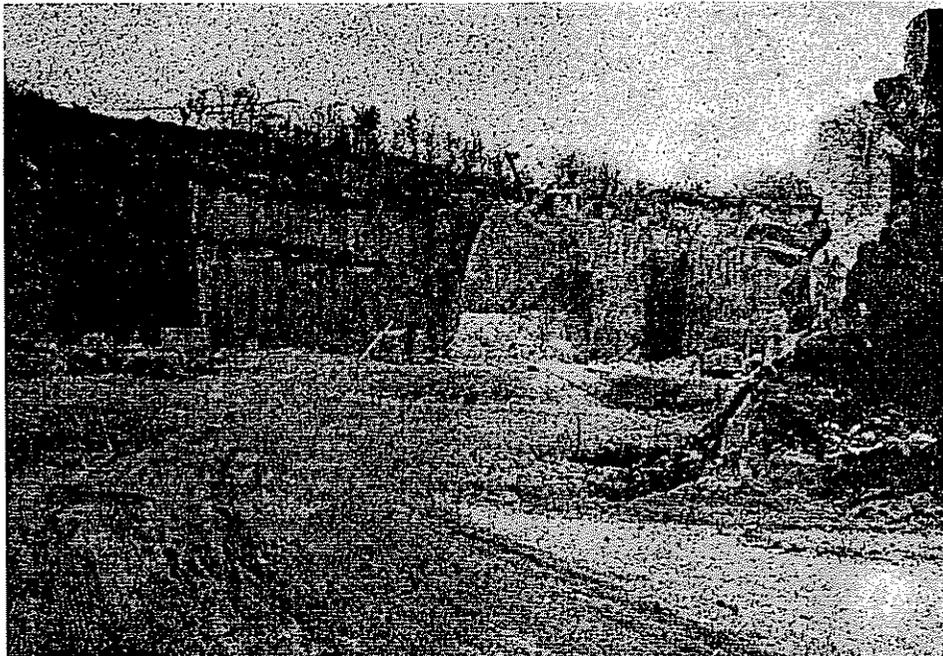
La firme à laquelle cette usine appartient l'utilise non seulement pour le débit et la taille des bancs de Chauvigny, mais également pour le travail des pierres en provenance d'autres carrières lui appartenant en Poitou.

Une installation de broyage permet également la fabrication d'engrais chimiques.

Carrière de Brétigny - Cette carrière située, comme indiqué plus haut, sur le territoire de la commune de Jardres, est exploitée sur une hauteur de 10 m avec une découverte de 3 à 4 m.

Le front de masse est d'environ 100 m ; on y trouve 3 bancs ; le premier dit « banc de tête » ou « blanc de Brétigny », à gros grain, très dur, se présente sur 4 m de hauteur ; le second, mesurant également 4 m de hauteur, est d'un grain plus fin ; enfin le troisième banc, très fin, mesure environ 2 m de hauteur.

Cette carrière présente des possibilités d'extraction sur 9 ha et produit une moyenne de 800 à 900 m² de pierre par an.



Carrière de Brétigny

Carrière Peuron - Au lieu-dit Peuron, sur la commune de Chauvigny, deux firmes exploitent la pierre, à côté l'une de l'autre.

La découverte est d'environ 4,50 m sur un front de masse de 300 m environ.

La masse exploitée mesure en moyenne 12 m de hauteur se répartissant, en principe, sur 3 bancs :

- Le banc n° 1 - éveillé et très ferme - mesure 4 m de hauteur.
- Le banc n° 2 - dit « banc de milieu », encore éveillé, mais moins ferme - mesure 6 m de hauteur.
- Le banc n° 3 - fin, dit « banc marbrier » - mesure environ 3 m de hauteur.

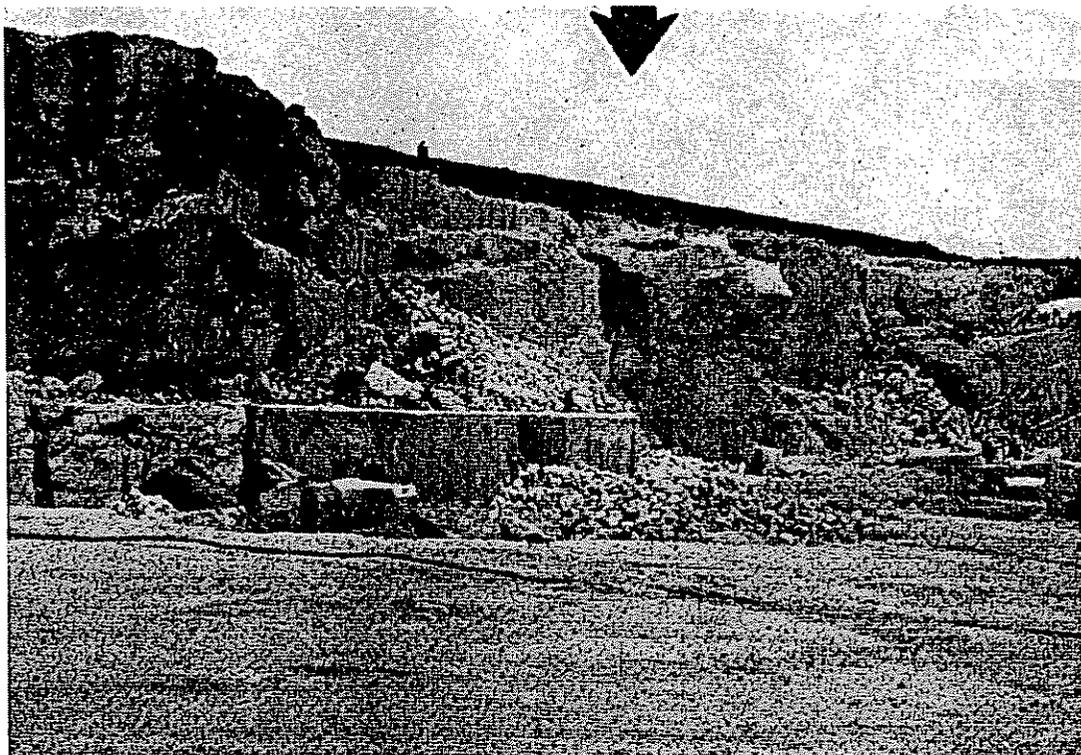
Mais on a constaté dans cette carrière, comme dans la carrière d'Artiges, des variations dans les bancs, puisqu'à un moment donné de l'explication antérieure, le banc marbrier s'est trouvé être le banc du milieu.

On remarquera que la formation se présente de la même façon dans les carrières de Brétigny et de Peuron, situées pourtant sur le territoire de deux communes différentes, alors qu'elle se présente différemment dans la carrière d'Artiges, située sur le territoire de la commune de Chauvigny : non seulement le nombre de bancs n'est pas le même, mais le banc « marbrier » est en tête dans l'une et en bas dans les autres.

La production moyenne des deux formes réunies est de 3 000 m² par an.

Les ateliers de débit et de taille des deux formes sont à proximité des dépôts en gare de Chauvigny et sont parfaitement équipés.

« Le répertoire des carrières exploitées en 1889 » indiquait une découverte de 2 à 3 m et une masse de 6 à 10 m en bancs de 1 à 1,50 m.



Carrière Peuron (La flèche indique la limite des deux exploitations)

Exploitation - La roche de Chauvigny est exploitée par perforations verticales à l'aide du marteau-perforateur, puis par perforations horizontales. Chaque bloc est enfin « tiré » par l'exploitation de charges légères de poudre noire, convenablement placées, ce qui écarte simplement le bloc du front de masse.

Références - Cette pierre est naturellement employée dans le Poitou et dans le centre de la France.

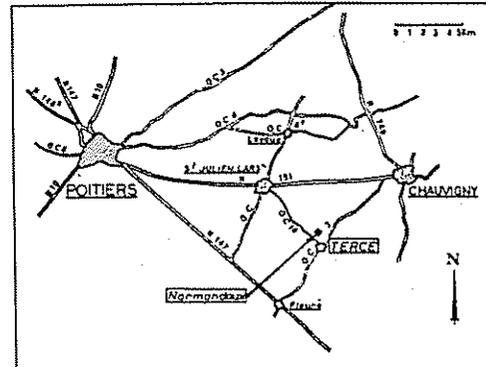
CHAUVRIGNY ROCH - A Paris : Pont Alexandre-III, pylônes (1899), Galeries Lafayette (nouveaux magasins), revêtements extérieurs (1930), Immeuble, 6 rue Franklin.

Région parisienne : Viaduc SNCF à Meudon, arches (1945), Hôtels de Ville de Puteaux et de Saint-Maur.

A Bruxelles : Banque Nationale, Comptoir National d'Escompte, rue de l'Ecuyer, Aérogare (revêtements).

CHAUVRIGNY MARBRIER- Hôtel Majestic, à Paris, rez-de-chaussée (1913), Monument du Maréchal Foch à Paris (1934), Monument aux morts de Decazeville (1934).

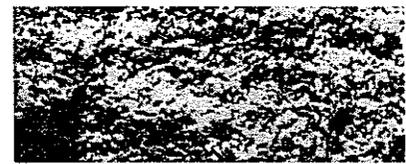
La pierre de Terce est exploitée dans le commune de Terce, située à 18 km au Sud-Est de Poitiers à 4 km au Sud de la partie de la RN 151 qui relie Poitiers à Chauvigny.
(Carte au 1/50 000 de l'I.G.N. : Chauvigny - Carte Michelin n° 68, pli 14).



Aspect de la roche éclatée,
Tercé jaune

grandeur naturelle

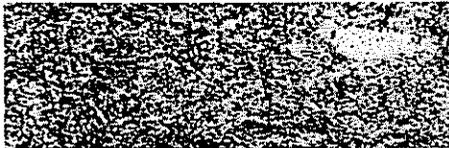
agrandi 6 fois



Tercé sculpture



Tercé à grain



Tercé construction



Le Terce est un calcaire oolithique, presque dur, contenant plus de 99% de CO_2Ca , a grain rond et fin, d'aspect variable suivant les bancs :

- ❖ Le Terce jaune est rubanne, avec trous petits et peu nombreux de ton crème ou jaune.
- ❖ Le Terce sculpture est pointillé gris beige sur fond crème uni.
- ❖ Le Terce a grain est uni avec fond crème ou beige.
- ❖ Le Terce construction est pointillé gris beige sur fond crème uni.

On trouve également, par endroits, dans la découverte, des bancs de formation qui fournissent une roche dure. Malheureusement l'apparition de cette roche est très irrégulière, ce qui ne permet pas de la commercialiser, quoique ses qualités soient intéressants. Quelques éprouvettes essayées ont donné les résultats suivants :

- ❖ R = 62 à 445 kg/cm²
- ❖ Porosité = 20,1 % à 23 %.

La carte géologique de France situe la région de Tercé au bathonien supérieur, mais le professeur J. Bourcart situe la pierre de Tercé dans le callovien (Annales de l'institut technique du Bâtiment et des Travaux Publics, circulaire D n° 16 du 8 mars 1946, p 20.).

Au « Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889 », il était défini de la façon suivante : « Calcaire oolithique blanchâtre, à grain fin, homogène, sème de points cristallins (terrain jurassique, oolithe inférieure) ».

Le répertoire indique qu'à cette époque il était exploité dans trois carrières différentes : de Normandoux, de Tercé, du Vêritable Tercé. Mais à la même époque, il en existait cependant une quatrième, appelée la Nivardière.

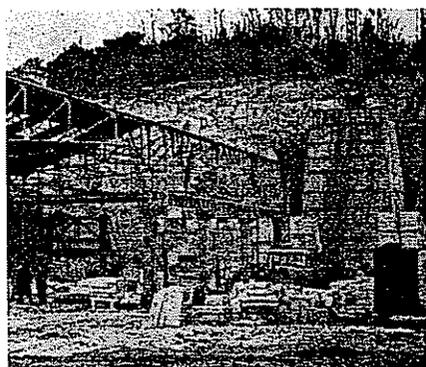
Carrière Tercé-Nomandoux - Actuellement, la pierre n'est exploitée, à ciel ouvert, que dans cette carrière, ouverte en 1860, dans une masse de 11 à 12 m de hauteur et comprenant 12 bancs, sous une découverte variant de 4,50 à 9 m sur une superficie de 45ha.

L'extraction se fait au marteau perforateur par trous verticaux, avec emploi de poudre noire. Les blocs, débités au coin et enlevés par un important derrick qui surplombe la carrière, sont descendus ensuite dans un atelier couvert où ils sont débités par des appareils à fil ou par des appareils de sciage avec pastilles de carbure de tungstène.

La production actuelle est en moyenne de 300 à 400 m² par mois, mais elle a atteint parfois 12 000 à 14 000 m² dans l'année.

On trouve dans la région d'autres pierres ayant des qualités analogues : à Lavoux et à Bonnillet. Elles font l'objet des fiches correspondantes.

Références	
TERCE JAUNE	
Immeuble rue de la Marne, à Nantes (façade)	1949
Musée des colonies, à Vincennes (bas-relief)	1930
TERCE SCULPTURE	
Hôtel de ville, à Paris (statues et entablement des façades)	Dates non précises
Bourse de Commerce de Paris (fronton)	
Travaux funéraires dans toute la région du Sud-Ouest	
TERCE A GRAIN	
Chambre de Commerce de Nantes (10 colonnes galbées)	1949
TERCE CONSTRUCTION	
Gare St-Jean à Bordeaux (façade)	1912
Chambre de commerce, à Rennes (façade)	1934
Crédit Lyonnais, à Angers (façade)	1933
Trésorerie générale, à Nantes (façade)	1954



Carrière de Tercé-Normandoux.

← L'atelier de taille

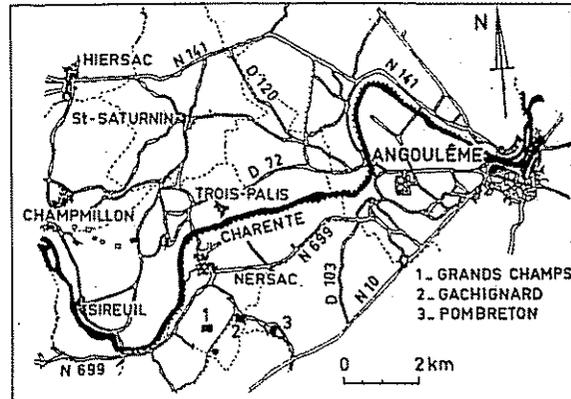
Coupe sur la carrière →



	<i>Emplois</i>	<i>Climat séquanien</i> comportant des périodes de froid durable d'environ -2 à -8°	<i>Climat tempéré</i> sans période durable de gel	<i>Climat alpin</i> comportant des périodes de froid durable d'environ -5 à -20°
TERCE JAUNE	Rez-de-chaussée	●	●	●
	Revêtement	●	●	●
	Bandeau	●	●	
	Rejaillissement	●	●	
	Elévation sous saillie	●	●	●
	Socle		●	
TERCE SCULPTURE	Rez-de-chaussée	●	●	●
	Revêtement	●	●	●
	Corniche	●	●	
	Bandeau	●	●	
	Rejaillissement	●	●	
	Elévation sous saillie	●	●	●
TERCE A GRAIN	Rez-de-chaussée	●	●	●
	Revêtement	●	●	●
	Bandeau	●	●	
	Rejaillissement	●	●	●
	Elévation sous saillie	●	●	●
TERCE CONSTRUCTION	Rez-de-chaussée	●	●	●
	Revêtement	●	●	●
	Corniche	●	●	
	Bandeau	●	●	
	Rejaillissement	●	●	
	Elévation sous saillie	●	●	●

SIREUIL est une commune située dans une boucle de la Charente, sur sa rive droite, à une douzaine de kilomètres au Sud-Ouest d'Angoulême.

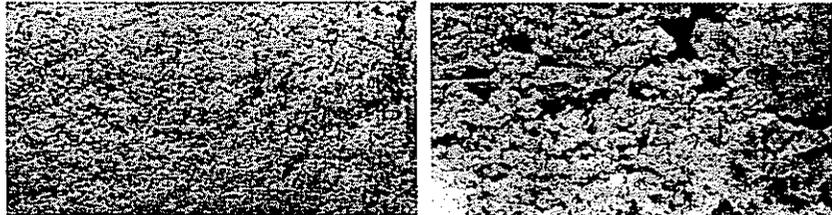
(Carte au 1/50 000 de l'I.G.N. : Angoulême, feuil. XVII-32 - Carte Michelin n° 72, pli 13).



Aspect de la pierre éclatée :

à gauche, grandeur naturelle ;

à droite, agrandi 6 fois



Les carrières actuellement exploitées à Sireuil s'étendent, en souterrain, le long de la route départementale n° 84 qui mène de Nersac, à l'est, vers Champmillon, à l'ouest.

Sur une longueur de 2 500 m et sur une largeur de 150 à 250 m maximum, ce dépôt calcaire oolithique du crétacé supérieur appartient stratigraphiquement à l'étage cénomaniens et se présente sous la forme de lentilles mesurant environ 2 m au bord, avec, la plupart du temps, 4 à 6 m de calcaire utilisable dans le milieu. On compte au total 13 lentilles qui, en coupe verticale, se superposent à peu à peu à peu comme les neuf indiquées sur la coupe schématique ci-contre et dont six seulement ne sont pas épuisées : les Amélins et le Chêne Vert, les Taillis, les Pierrières et le Grand Plantier, les Adrets.

Cette stratification en forme de lentilles superposées et contigues est due à un passage de faciès sous une forme assez classique, ces lentilles de calcaire exploitable se trouvant situées au sein d'un autre calcaire inexploitable appelé « durin », sorte de cailloutis dur noyé dans la pierre mal formée. On ne peut le trancher aisément : aussi ne l'enlève-t-on que pour créer un passage, et on passe au-dessus ou au-dessous dès que cela est possible.

On distinguait, ces dernières années, le Sireuil dit ferme, à grain moyen, avec trous petits, moyens et assez nombreux, ramagé gris beige roux sur fond gris beige uni, et le Sireuil dit demi-ferme à grain fin avec trous petits et nombreux sur fond beige, gris clair uni, mais les essais qui ont été entrepris aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux publics depuis 1956 dans le but d'établir une classification rationnelle des pierres dans le Série de prix de l'Académie d'architecture, édition 1965, ont montré qu'il n'y avait plus de différence notable de résistance à l'écrasement entre ces deux qualités de pierre. C'est pourquoi les maîtres carriers exploitants de cette pierre ont décidé de ne plus faire de discrimination commerciale dans leurs fournitures (1).

(1) Jusqu'alors, les carrières les Amélins et le chêne Vert fournissaient le Sireuil demi-ferme, les carrières du Grand Plantier le Sireuil ferme et la carrière les Adrets un Sireuil que l'on considérait comme très ferme.

Cette pierre ne figure pas dans le « Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889 » ; parce que, tandis que l'exploitation à Pombreton, sur la rive gauche, remonte à 1784, les différentes carrières exploitées à Sireuil ont été ouvertes plus récemment :

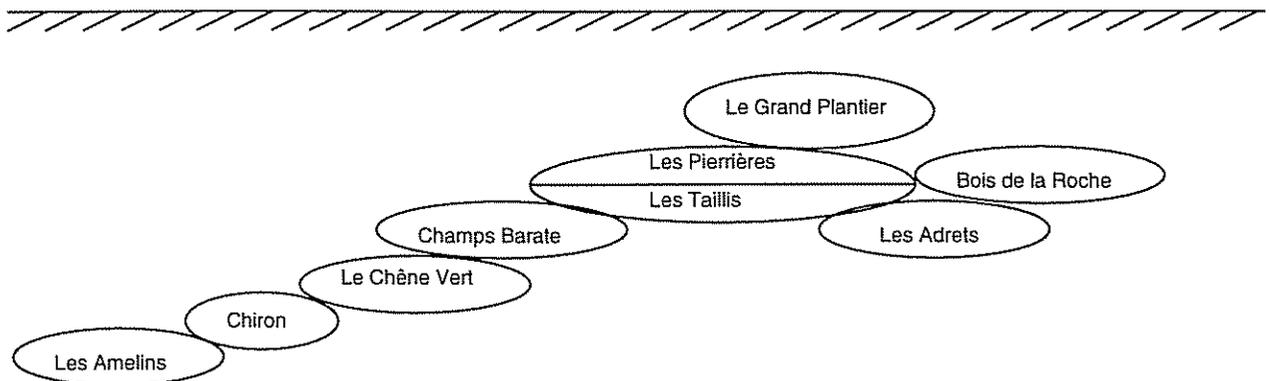
- ❖ Le Neyer Vert, au lieu-dit Champs Barate... 3/11/1898
- ❖ Les Amelins, au lieu-dit les Amelins ou Courilles...2/01/1899
- ❖ Les Tourettes, au lieu-dit Grands Chaps...2/01/1899
- ❖ Le Grand Plantier, au lieu-dit Grand Plantier...2/04/1903
- ❖ Les Champs Barate, au lieu-dit Champs Barate...2/05/1928
- ❖ Les Taillis... même date
- ❖ Le Bois de la Roche, au lieu-dit les Maraudes... en 1929.

Carrières Le chiron, les Amelins - Le Chiron est en fait de supérieur « Amelin ».

« L'Amelin », appelée jusqu'alors Sireuil demi-ferme, est plus ferme que les champs Barate. Les deux lentilles se superposent, mais aux Amelins, il n'y a pas de tendrières.

Dans le bac de 4,70 m, que l'on appelait demi-ferme, il y a un ou deux délits horizontaux.

Dans la pierre marbrière, on trouve parfois des morceaux de silex enveloppés dans une gangue de glaise. Certains atteignent 1 m de longueur et sont en quelque sorte posés horizontalement, tandis que d'autres semblent posés verticalement.



*Coupe verticale schématique Ouest-Est le long de la R. D 84.
Position respective des lentilles.*

Carrières les Taillis - Située dans le hameau dit « chez Decoux », la pierre appelée autrefois Sireuil ferme est exploitée sur 5,50 m de hauteur et on trouve en dessous un banc grignard de 1,50 m à 2 m, qui n'est pas encore exploité dans la partie dite « Les Adrets ».

L'exploitation se fait par haveuses à chaînes et perforatrices électriques.

Carrière le Grand Plantier - Deux exploitations sont faites dans cette partie où l'on trouve, suivant les lieux d'extraction, deux ou trois qualités de pierre, dans une hauteur de 6 m :

- Soit, le plus souvent, l'ancien Sireuil demi-ferme, appelé Hauteroche beige ou grand Plantier, sur 4 m environ de hauteur et l'ancien Sireuil ferme, appelé Hauteroche à grains ou parfois Hauteroche dur, sur 2 m environ de hauteur.
- Soit, le Sireuil tendre appelé Bellevue, puis l'ancien Sireuil demi-ferme dit Hauteroche beige, et l'ancien Sireuil ferme, dit Hauteroche à grains.

Le Bellevue, que l'on ne trouve que par endroits, présente l'inconvénient de se teler au choc, ce qui provoque ensuite des désagréments dans les parties heurtées.

Ici encore l'exploitation se fait à la haveuse.

Dans l'une des deux exploitations, une taillerie est installée en galeries, avec ponts roulants, disques diamantés, guillotines tronçonneuses, etc.

Références	
Compagnie algérienne, à Bordeaux (façade)	1925
Clocher de l'équipe de Cauterets	1926
Ecole nationale de la Marine (façade)	1927
Préfecture du Mans (façades)	1947
Eglise à Fillé (Sarthe)	1948

Aptitudes d'emploi de la pierre de Sireuil en trois climats-types

Emplois	Climat séquanien comportant des périodes de froid durable d'environ -2 à -8°	Climat tempéré sans période durable de gel	Climat alpin comportant des périodes de froid durable d'environ -5 à -20°
Rez-de-chaussée	●	●	●
Bandeau		●	
Rejaillissement	●	●	
Elévation sous saillie	●	●	●

*Résultats des mesures faites aux laboratoires du bâtiment et des travaux publics
sur 24 éprouvettes prélevées en carrière (1961 - 1964)*

N° des éprouvettes	Résistance (kg/cm ²)	Densité apparente (kg/cm ²)	Vitesse du son (m/s)	Largeur de rayure (en mm)	
x	1	70 min	1 676 min	1 745	2.300
x	2	73	1 685	1 675 min	2.351 MAX
X	9	80	1 712	1 845	2.275
x	8	85	1 706	1 915	2.150
x	4	90	1 756 MAX	1 850	2.000
X	3	93	1 720	1 930	2.125
X	12	94	1 723	1 945	2.050
X	10	95	1 697	1 980	2.250
X	11	100	1 726	1 745	2.175
X	5	101	1 718	2 040	2.050
X	15	107	1 727	2 317 MAX	2.275
X	7	109	1 716	2 010	2.150
X	6	112	1 730	2 055	1.925 min
x	19	117	1 749	2 224	2.200
x	17	118	1 746	2 311	2.175
x	23	119	1 732	2 254	2.175
x	24	119	1 732	2 261	2.200
x	18	120	1 745	2 120	2.175
x	14	122	1 733	2 215	2.175
x	22	122	1 737	2 216	2.075
x	20	124	1 750	2 193	2.100
x	21	124	1 741	2 259	2.200
x	13	125	1 750	2 284	2.125
x	16	128 MAX	1 741	2 257	2.175
MOY	106	1 727	2 069	2.160	
MED	110,5	1 731	2 088	2.175	
EMA	15	0,7016	169	0,071	
EMP	14,2 %	0,93 %	8,16 %	3,29 %	

Les éprouvettes proviennent 4 par 4 de 6 prélèvements faits dans 2 blocs différents : 1-4, 5-8, 9-12 d'une part ; 13-16, 17-20, 21-24 d'autre part.

Les barres verticales relient les éprouvettes en provenance d'un même prélèvement.

On remarque que deux valeurs minimales sont sur l'éprouvette n° 1 et deux sur l'éprouvette n° 2, ces deux éprouvettes en provenance d'un même prélèvement.

Il n'y a pas correspondance des valeurs maximales sur l'éprouvette n° 16, mais il est à remarquer que les maxima de R et de V se trouvent dans un même prélèvement.

Les moyennes par prélèvements sont :

	V	D	V	L
1-4	82	1 711	1 800	2.194
5-8	101	1 969	2 000	2.050
9-12	94	1 714	1 946	2.156
13-16	120	1 738	2 268	2.187
17-20	120	1 747	2 212	2.162
21-24	120	1 735	2 247	2.162

POROSITE		
Moyenne	Maximum	Minimum
36,04 %	38,04 %	34,6 %



Exploitation de la carrière Les Taillies

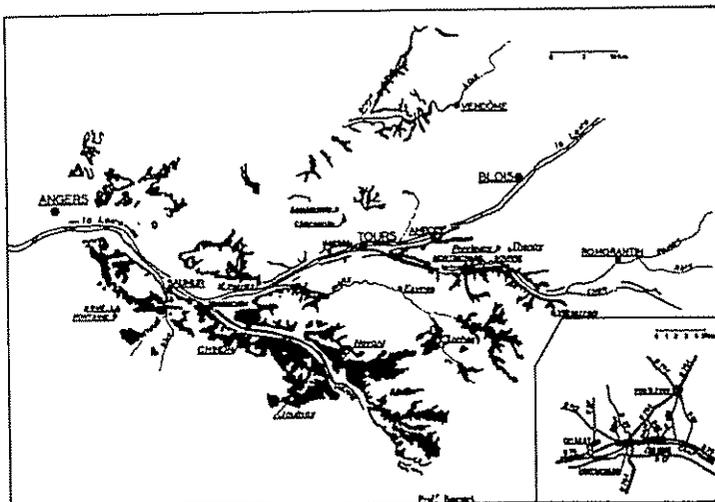


Une entrée de la carrière Le Grand Plantier. On voit le « duria » qui forme au premier plan linéaire et supporte la pierre tendre inexploitée.

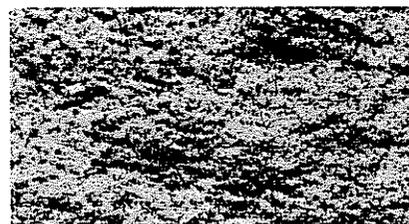
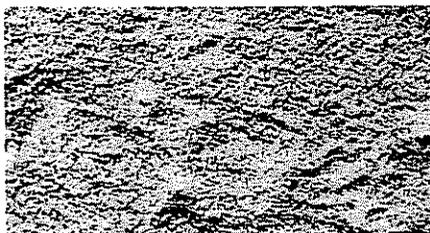
Le Tuffeau est une pierre tendre qui affleure dans la vallée de la Loire, en aval de Tours, et dans les vallées du Cher, de l'Indre, de la Creuse, du Loir et de ses affluents (aux environs de Vendôme).

M. Jacques Bourcart, professeur de géologie, membre de l'Institut, a publié une étude très intéressante sur ce calcaire dans la circulaire de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux Publics, série D n° 22, en date du 5 novembre 1947, sous le titre : « Etude des carrières de la Touraine ».

Sur la carte ci-contre, les surfaces pochées indiquent les gisements.



Aspect du tuffeau :
ci-contre, grandeur nature ;
à droite, agrandi 6 fois



Cette pierre est un calcaire à grain fin, de fond blanc ou crème, parfois même un peu jaunâtre, comportant des trous petits, moyens, gros et nombreux, qui se situe stratigraphiquement dans l'ère secondaire au crétacé supérieur, étage turonien.

Elle est composée de 46,5%, à 54,5 % de CO_3Ca suivant les lieux où elle est extraite et sa teneur en eau de carrière a été constatée dans le Maine-et-Loire comme variant de 13,4 à 17,4 %. Cette eau de carrière produit par exsudation un calcin qui se présente sous la forme d'un vernis calcaire très lisse ; après la formation de ce calcin la pierre devient plus ferme.

Elle a été exploitée intensément jusqu'à la fin du siècle dernier. Elle fut en effet employée dans certaines parties des donjons élevés par Fouique Nerra, dans les édifices régionaux du moyen âge, dans les châteaux de la Renaissance, et dans toutes les constructions régionales.

Le « Répertoire des carrières exploitées en 1889 » indique qu'elle était exploitée alors dans de nombreuses carrières : à Montsoreau et à Saint-Cyr-en-Bourg (Maine-et-Loire), à Bourré (Loir-et-Cher), Beaumont Cinq-Mars-la-Pile, Saint-Patrice et Loches (Indre-et-Loire) et à Villentrois (Indre) ou l'on y désigne six carrières différentes.

L'exploitation était faite souterrainement en galeries partant de la rivière et pénétrant dans les cotteaux, ce qui permettait de la charger aisément en bateaux. Toutefois,, à Langeais, elle fut extraite à ciel ouvert. Les carrières souterraines abandonnées sont utilisées maintenant en caves, en habitations troglodytes, bien connues des touristes sillonnant les vallées de la Touraine.

Depuis 1894, de nombreuses carrières sont transformées en champignonnières. A Montrichard, une dizaine de kilomètres de galeries sont utilisées, sur deux étages, pour entreposer des vins mousseux.

La qualité du tuffeau de Touraine est variable.

Un tableau établi par le professeur Bourcart dans l'étude précitée, et le résultat des mesures observées en 1959, par M. Mamillan, Ingénieur ETP, chef de service aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics. Le professeur Bourcart a trouvé pour le tuffeau de Bourré la résistance minima de 51 kg par cm² dans les essais auxquels il a procédé. M. Mamillan a observé, sur 24 éprouvettes, une résistance à l'écrasement de 66 à 82 kg par cm².

Le critère de 51 kg par cm² confirme cependant les observations des entrepreneurs dans la région : mais un carrier de Bourré nous a déclaré que la dureté de la pierre serait très variable : elle est ferme de Chissay à Bourré jusqu'à la route départementale D 130A, qui monte de Bourré à Pontlevoy, moins ferme depuis cette route, dans la partie Est de Bourré et en amont de cette ville, plus ferme à nouveau jusqu'à à Villentrois.

C'est dire combien il faut être prudent pour juger d'une pierre, mais en l'occurrence rien n'est moins surprenant, puisque le « bassin » de tuffeau, si l'on peut s'exprimer ainsi, s'étend en réalité sur une centaine de kilomètres de longueur...

On constate en tout cas que partout où cette pierre tendre n'est pas en contact avec une humidité permanente, elle se conserve parfaitement, si elle a été posée correctement sur ses lits.



Entrée de carrière à Bourré (L. et C.)

4 - Mise en oeuvre

MACONNERIE DE MOELLONS

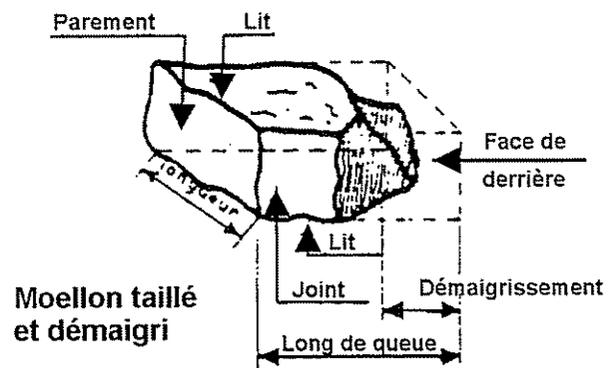
Généralités - Définitions

La maçonnerie de moellons ou « Limousinerie » consiste à utiliser pour bâtir un mur, des moellons hourdés au moyen de mortier.

On appelle moellon un petit morceau de pierre dont la caractéristique essentielle est qu'il demeure maniable par un seul homme, sans utilisation de moyens mécaniques.

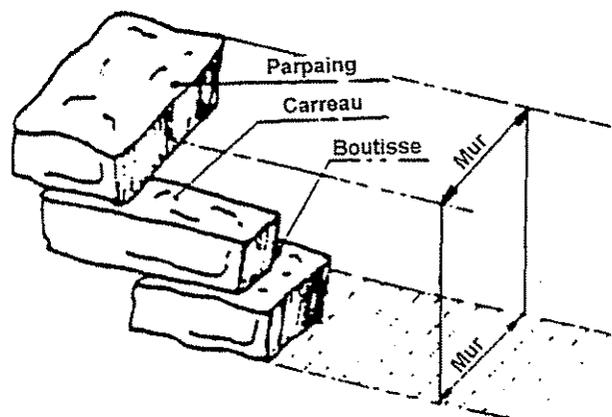
On désigne :

- ❖ Par le terme parement, la face visible, du moellon dans l'ouvrage, qui a été « parée », c'est-à-dire, traitée avec plus ou moins de soins selon l'outil de taille utilisé. Cette face peut demeurer apparente ou recouverte d'un enduit.
- ❖ Par lits, les faces opposées, horizontales en général et dressées. On distingue le lit de pose ou lit inférieur et le lit d'attente, face vue sur le dessus qui recevra le mortier de pose.
- ❖ Par joint ou face de joint, les faces verticales limitant la longueur du moellon.
- ❖ Par assise, une même rangée horizontale dont la hauteur (hauteur d'assise) est la distance entre deux lits successifs. On dira que les assises sont réglées de hauteur, lorsque la hauteur de chaque assise est constante.
- ❖ Par longueur : la plus grande dimension de la face vue de parement.
- ❖ Par queue d'une pierre : la dimension normale du parement, c'est-à-dire, toute la partie entrant dans le mur. Pour faciliter la mise en place, la queue du moellon est bien souvent démaigrie, c'est-à-dire, que les faces de joints et de lits sont taillées en oblique par rapport au parement.



Suivant la longueur de queue, on distinguera :

- ❖ La boutisse : moellon dont la longueur de queue est sensiblement égale aux 3/5 de l'épaisseur du mur.
- ❖ Lorsque la queue est telle qu'elle occupe toute l'épaisseur du mur c'est un parpaing qui offre ainsi deux faces de parement.
- ❖ Au contraire, si le moellon est « maigre en queue », la pierre se nomme carreau ; son emploi est à éviter autant que possible.



Classification des limousineries

Les maçonneries de moellons peuvent être classées, **suivant le travail de préparation**, subi par la pierre, on distinguera :

1. La maçonnerie brute ordinaire, constituée de moellons bruts de carrière, ébousinés (c'est-à-dire débarrassés du bousin, matière étrangère qui adhère à la pierre) avec une face grossièrement aplaniée. Cette maçonnerie est généralement enduite.
2. La maçonnerie d'appareil destinée à rester apparente ou la taille du moellon sera plus ou moins soignée ainsi que l'organisation apparente du mur (appareil).

Les dénominations variant alors selon :

- Le dessin de l'appareillage.
- Le traitement du parement (face restant vue).

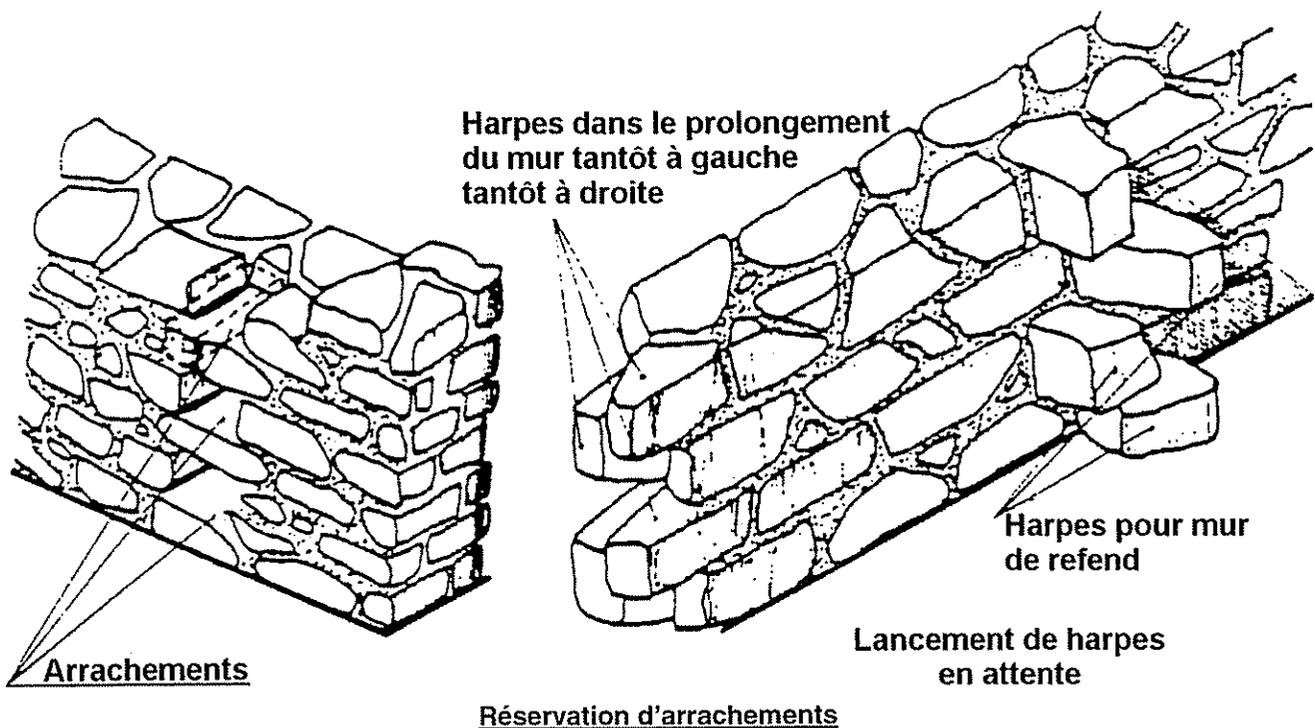
3. La nature de la pierre

Les moellons durs ou fermes provenant de roches dures, non poreuses, inaltérables seront employés en fondation ou en soubassement. En raison de la difficulté d'exécution leur taille restera bien souvent rustique ou à peine ébauchée.

A l'opposé, les moellons tendres, sont réservés pour les maçonneries en élévation, abrités des intempéries. Leur taille donne des parements plus dressés.

CARACTERISTIQUES DE FORME ET DIMENSIONS DES MOELLONS
D'après le DTU MACONNERIE

DESIGNATION DES MOELLONS		FORME	DIMENSIONS NOMINALES			OBSERVATIONS	
			Haut	Long	Queue		
brutes de carrière	Bruts ordinaires	Forme quelconque	10	14	14		
	Choisis	Forme non régulière, mais allongement dans le sens du lit	15	25	16		
	Grossièrement et naturellement équarris	Grossièrement Parallélépédique avec possibilité de démaigrissement de bosses et de creux	20	30	20	Parement à peu près rectangulaire, Lits et joints quelconque plus ou moins démaigris.	
	Lits		10	30	20	Parement comme ci-dessus. Lits à peu près plans et parallèles.	
	Ebauches	Parallélépédique avec démaigrissement Pas de bosses ou de creux d'une hauteur ou profondeur supérieure à 2,5 cm.	18	30	20	Parement rectangulaire éclaté, avec arêtes sommairement dressées. Surfaces de lits et de joints sans retour d'équerre et pouvant présenter des traces de soins.	
moellons retouchés par l'exécutant	Equarris avec parement		Les hauteurs sont variables : a) Soit de 18 à 25 assorties de 5 en 5. (18, 20, 22, 24, 26). b) Soit de 18 à 33 assorties de 5 en 5. (18, 23, 28, 33). Queues variables et assorties de 15 à 30. Longueur minimum : 1,5 x la hauteur.			Les 4 arêtes de parement sensiblement d'équerre, vives et bien dressées. Lits et joints avec retour d'équerre variables selon la taille du parement.	
						Eclatés	Parement pouvant comporter des traces de coins. Lits et joints sommairement dressés pour retour d'équerre de 3 à 5 avec possibilités de traces de coins. Pose avec joints de 2 à 3.
						Pointés	Parement pointé. Lits et joints sommairement dressés pour retour d'équerre de 3 à 5 avec possibilités de traces de coins. Pose avec joints de 1,5 à 2,5.
						Smillés	Parement smillé, sans bosse, ni creux de plans de 0,7. Lits et joints sommairement dressés pour retour d'équerre de 5 à 7. Pose avec joints de 1 à 1,5.
	Moellons pour opus incertum	Pentagone convexe irrégulier démaigri	La plus courte des arêtes ne doit pas être inférieure à 15 et la plus grande ne doit pas dépasser 1,5 fois le plus petits. Queue variable de 15 à 35.	Surface de parement éclatée au marteau. Elle comporte 5 arêtes vives et bien dressées. <i>Pas d'angles rentrants.</i> Lits et joints pour retour d'équerre de 3 à 5.			
Moellons pour voûtes et arcatures	Bruts et ébauchés	Forme générale s'apparentant à celle d'un claveau				Choisis parmi les plus beaux et les plus réguliers.	
	Equarris		Dimensions sont celles fixées pour les moellons éclatés, pointés et smillés			Surfaces des lits sont dressées sans démaigrissement	



La maçonnerie de moellons appareillée

Généralités

Appareiller une maçonnerie de moellons consiste à assembler, à disposer les moellons de telle sorte que, après exécution, l'ouvrage présente l'aspect esthétique recherché, tant en l'aspect du parement apparent, que dans l'organisation des pierres entre elles.

Cela nécessite une retaille plus ou moins sévère des pierres suivant l'appareil choisi et, en particulier, la taille du parement vu ; entraînant par là un assez grand déchet de taille (il faut environ 1,3 m³ de moellons bruts pour obtenir 1 m³ de maçonnerie appareillée).

Cependant, dans le cas de taille moderne (éclatée, pointée ou smillée), la retaille sera limitée afin de réduire le prix de revient de la maçonnerie. La limite extrême étant atteinte par le moellon d'appareil, véritable petite pierre de taille à forme géométrique pure.

Il en découle que suivant la dureté de la pierre, la taille sera plus rustique, les tailles fines étant obtenues avec de la pierre tendre, l'organisation de la maçonnerie (l'appareillage) dépendra donc de la nature de la pierre.

Nous distinguerons donc deux grandes familles d'appareils :

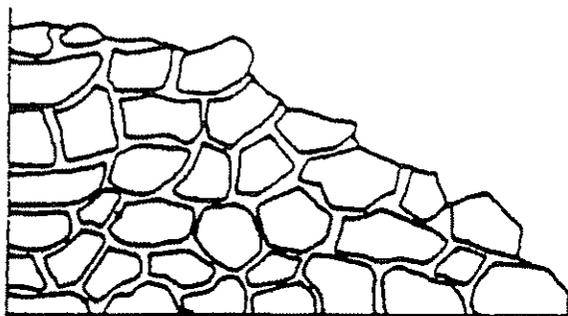
1. L'opus et ses dérivés.
2. La maçonnerie assisée.

1. L'opus et ses dérivés

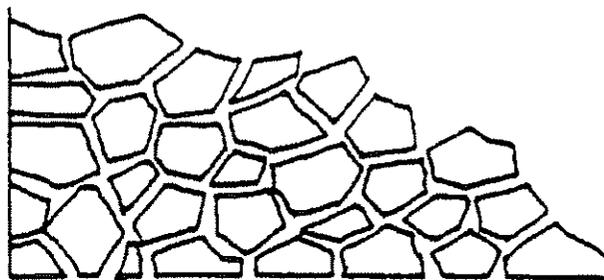
L'opus incertum

C'est une maçonnerie sans ordonnancement ni arase, avec des joints disposés irrégulièrement dans tous les sens, mais qui doit cependant obéir à certaines règles et tendre vers l'effet recherché par le maître d'œuvre.

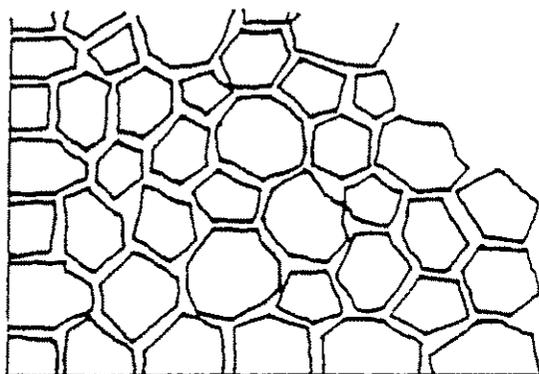
Ce type d'appareillage convient particulièrement aux pierres difformes, brutes de carrière et dures à tailler : cailloux, meulière caverneuse, roches éruptives, calcaires durs non stratifiés qui se présentent en blocs informes.



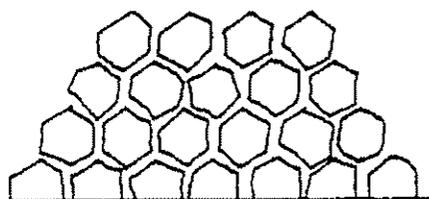
L'opus incertum



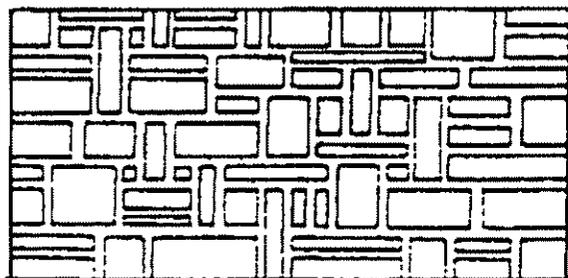
Mosaïque brouillée ordinaire



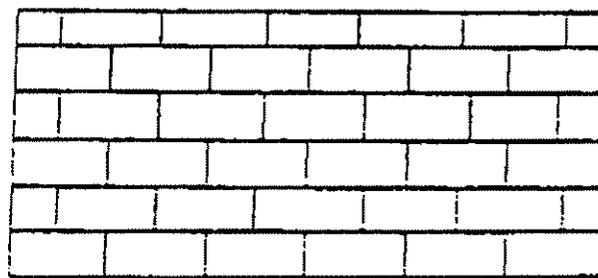
Mosaïque brouillée rayonnante



Mosaïque hexagonale



Mosaïque moderne



Appareillage assisé

TYPES DE TAILLE

- *Adouci* - Parement d'une pierre ou d'un marbre dont les irrégularités ont été supprimées, ne présentant plus que de fines rayures peu visibles à l'œil.



- *Bossage* - Parement brut d'éclatement dont la partie centrale est en saillie par rapport aux arêtes.



- *Bouchardé* - Parement présentant des creux réguliers jointifs de 1 à 3 mm de profondeur et de diamètre, disposés en quadrillage.



- *Cisé* - Parement plan comportant de fines rayures parallèles de 1 à 2 mm de profondeur entre lesquelles la matière est brute d'éclatement.



- *Flamme* - Parement plan, légèrement rugueux, obtenu en passant un jet de flamme à haute température sur un parement brut. Le choc thermique fait éclater les grains superficiels. Le parement flammé ne peut s'exécuter que sur les pierres à texture grenue.



- *Layé* - Parement plan constitué de sillons de 1 à 5 mm de profondeur entre lesquels la matière est brute d'éclatement.



TYPES DE TAILLE (suite)

- *Poli* - Parement présentant une surface unie brillante, réfléchissant la lumière, sans rayure apparente.



- *Smillé* - Parement plan comportant des rayures parallèles de 3 à 7 mm de profondeur, 5 à 20 mm d'écartement, généralement rectilignes, séparées par des petites cassures d'éclatement.



5 - Tableau des pierres calcaires

TABLEAU DES PIERRES CALCAIRES

Nom de la pierre dénomination	Apparence et nature	Dépt d'origine	Poids moyen du m3	Résistance à l'écrasement en kg/cm2	Numéros de taille
<i>Abrots (Les)</i>	Bleuté et jaune pâle	89	2 550	1 387	17
<i>Ampilly-Le-Sec</i>	Roche, jaune clair	21	2 400	700	14
<i>Ancy-Le Franc</i>	Bleu et jaune	89	2 600	1 579	17
<i>Anstrude</i>	Roche,, fond jaune	89	2 220	594	12
<i>Anstrude</i>	Roche claire	89	2 080	430	11
<i>Anstrude</i>	Roche blanche	89	2 140	484	10
<i>Artiges</i>	Roche, marbrier	86	2 320	667	13
<i>Arudy</i>	Blanc, gris ou noir	64	2 700	1 788	19
<i>Beaucaire</i>	Doux, blanc grisâtre	30	1 900	182	9
<i>Belfont</i>	Banc franc, beige clair	02	1 660	154	5
<i>Belle-Roche</i>	Banc construction	86	1 970	192	8
<i>Billy</i>	Banc royal, beige clair	02	1 470	70	3
<i>Bonnillet</i>	Gris beige, fond crème	86	2 020	238	8
<i>Brauvilliers</i>	Lais ½ fin, beige	55	2 030	260	9
<i>Brauvilliers</i>	Liais marbrier	55	1 850	182	8
<i>Brauvilliers</i>	Doux fin	55	1 830	178	7
<i>Brauvilliers</i>	Doux ½ fin	55	1 790	117	7
<i>Brouzet</i>	Granité, blanc crème	30	2 250	558	12
<i>Brouzet</i>	Fin, blanc crème	30	2 220	350	10
<i>Buxy-Cruchaud</i>	Roche, beige et gris	71	2 650	1 189	16
<i>Cabéran</i>	Crème beige	84	1 950	192	7
<i>Cassis</i>	Roche, blanc grisâtre	13	2 680	1 857	19
<i>Castillon du Gard</i>	Jaune paille	30	1 810	65	6
<i>Chamesson</i>	Roche, blanc grisâtre	21	2 300	933	13
<i>Chamesson</i>	½ ferme, grisâtre	21	2 250	760	11
<i>Chancelade</i>	Dur, blanc grisâtre	24	2 520	994	16

TABLEAU DES PIERRES CALCAIRES (suite)

Nom de la pierre dénomination	Apparence et nature	Dépt d'origine	Poids moyen du m3	Résistance à l'écrasement en kg/cm2	Numéros de taille
<i>Chancelade</i>	Demi-ferme fine	24	1 920	127	6
<i>Charentenay</i>	Grain fin, blanc	89	1 970	322	9
<i>Chassagne</i>	Gris et rose	21	2 600	1 809	17
<i>Chassignelles</i>	Dur, beige clair	89	2 310	616	14
<i>Chassignelles</i>	Roche blanchâtre	89	2 370	857	13
<i>Château-Gaillard</i>	Blanc, grain fin	86	2 000	240	8
<i>Château-Landon</i>	Blanc grisâtre	77	2 500	1 192	17
<i>Chaussy</i>	Grain grossier, jaunâtre	95	1 400	52	2
<i>Chauvigny</i>	Roche blanchâtre	86	2 200	453	11
<i>Chomérac</i>	Roche grise bleuâtre	07	2 700	2 179	19
<i>Comblanchien</i>	Moucheté clair et rosé	21	2 660	1 865	18
<i>Corgoloin</i>	Beige rosé	21	2 660	1 865	18
<i>Courville</i>	Roche, grain fin	51	2 350	778	12
<i>Espeil</i>	Roche blanche	84	1 980	192	7
<i>Estailades (Les)</i>	Blanchâtre	84	1 920	182	7
<i>Etrochey</i>	Bleue et jaune	21	2 550	1 438	16
<i>Euville</i>	Construction / marbrier	55	2 250	258	11
<i>Fontaines</i>	Liais, fond blanc crème	71	2 400	1 001	14
<i>Fontvieille</i>	Doux, jaunâtre	13	1 800	149	6
<i>Fontvieille</i>	Blanc royal	13	1 720	98	5
<i>Garchy</i>	Roche, gris clair	58	2 230	312	10
<i>Goulot</i>	Uni et rubané	71	2 650	1 305	17
<i>Grand-Corent</i>	Beige clair, beige jaune	01	2 670	1 783	19
<i>Hauteville</i>	Moucheté beige / jaune	01	2 690	1 885	19
<i>Hydrequent</i>	Fond beige rosé	62	2 690	1 355	18
<i>La Bouloye</i>	Banc franc	60	1 680	114	5

TABLEAU DES PIERRES CALCAIRES (suite)

Nom de la pierre dénomination	Apparence et nature	Dépt d'origine	Poids moyen du m3	Résistance à l'écrasement en kg/cm2	Numéros de taille
<i>La Bouloye</i>	Banc Royal	60	1 660	110	5
<i>Lacoste</i>	Crème beige	84	1 860	175	6
<i>La doix</i>	Moucheté rose	21	2 650	1 953	18
<i>Laigneville</i>	Beige clair ou jaune	60	1 600	71	4
<i>La Rochebeaucourt</i>	Crème uni	24	1 840	113	5
<i>Larrys</i>	Dur, moucheté	89	2 520	1 417	16
<i>Larrys</i>	Sous-moucheté	89	2 350	1 001	14
<i>Larrys</i>	Roche blanche	89	2 200	877	12
<i>La Turbie</i>	Grain très fin	06	2 670	1 937	18
<i>Lavoux</i>	Fin, construction	86	2 090	450	9
<i>Lavoux</i>	A grains, jaune clair	86	2 100	375	10
<i>Lens</i>	Grain fin, fond uni	30	2 280	536	11
<i>Le Puley</i>	Jaunâtre	71	2 340	907	13
<i>Lérouville</i>	Banc gris	55	2 420	475	13
<i>Lérouville</i>	Roche grisâtre	55	2 240	250	9
<i>Les baux</i>	Blanc grisâtre	13	1 740	100	5
<i>Lompnès</i>	Rubané, perlé	01	2 680	2 036	19
<i>Magny</i>	Roche, jaune rosé	21	2 230	547	13
<i>Malvaux</i>	moucheté gris clair	58	2 110	252	9
<i>Massangis</i>	Roche jaune	89	2 400	961	15
<i>Massangis</i>	Liais jaune	89	2 330	778	13
<i>Massangis</i>	Liais blanc	89	2 300	877	12
<i>Mécrin</i>	Demi-ferme	55	2 320	262	10
<i>Ménerbes</i>	Grain assez fin, blanc	84	1 920	170	7
<i>Méreuil</i>	Blanc grisâtre	89	2 290	562	11
<i>Méry</i>	Banc franc	95	1 700	95	5

TABLEAU DES PIERRES CALCAIRES (suite)

Nom de la pierre dénomination	Apparence et nature	Dépt d'origine	Poids moyen du m3	Résistance à l'écrasement en kg/cm2	Numéros de taille
<i>Méry</i>	Banc royal	95	1 660	74	4
<i>Migné-les-Lourdines</i>	Blanc grisâtre	86	1 980	192	8
<i>Nersac</i>	Gris jaunâtre	16	1 760	91	5
<i>Noyant-Septmonts</i>	Banc franc	02	1 690	137	5
<i>Noyant-Septmonts</i>	Banc royal	02	1 470	70	3
<i>Paussac</i>	Différents grains	24	1 900	182	6
<i>Peuron</i>	Roche et banc marbrier	86	2 250	510	13
<i>Pont-du-Gard</i>	Calcaire coquillier	30	1 830	63	7
<i>Pouillenay</i>	Rose, beige, gris	21	2 520	675	15
<i>Prémeaux</i>	Beige rosé	21	2 500	1 512	16
<i>Ravières</i>	Veiné, gris beige	89	2 230	405	11
<i>Richemont-Pons</i>	Fin, blanc crème	17	1 970	213	8
<i>Rocheret</i>	Jaune, peu rosé	01	2 690	1 791	19
<i>Rocherons (Les)</i>	Doré clair et foncé	21	2 660	1 984	18
<i>Rognes</i>	Coquillier, jaunâtre	13	1 820	80	6
<i>Romanèche</i>	Gris blanc	01	2 700	1 638	19
<i>Roquemauillère</i>	Gris bleuté ou rosé	30	2 450	1 391	15
<i>St Leu-d'Esserent</i>	Banc franc	60	1 670	139	5
<i>St Leu-d'Esserent</i>	Banc royal	60	1 620	98	4
<i>St martin-Belle-Roche</i>	Fond gris beige	71	2 620	1 196	17
<i>St maximin</i>	Liais très dur	60	2 220	617	17
<i>St maximin</i>	Roche dure	60	2 120	397	13
<i>St maximin</i>	Roche ferme fine	60	1 830	164	9
<i>St maximin</i>	Demi-ferme fine	60	1 670	97	7
<i>Saint-Même</i>	Blanc ou jaune clair	16	1 920	107	7

TABLEAU DES PIERRES CALCAIRES (suite)

Nom de la pierre dénomination	Apparence et nature	Dépt d'origine	Poids moyen du m3	Résistance à l'écrasement en kg/cm2	Numéros de taille
<i>St Pierre-Aigle</i>	Roche dure	02	2 170	517	14
<i>St Pierre-Aigle</i>	Roche fine ½ dure	02	1 860	220	9
<i>Saint-Quentin</i>	Roche dure fine	60	2 060	398	13
<i>Saint-Quentin</i>	Roche ½ ferme	60	1 670	100	7
<i>St Vaast-les-Mello</i>	Demi-roche fine	60	1 620	105	5
<i>St Vaast-les-Mello</i>	Roche douce fine	60	1 560	88	4
<i>Saint-Vivien</i>	Blanc crème uni	24	2 020	156	7
<i>Savonnières</i>	Demi-fine choix	55	1 870	134	6
<i>Savonnières</i>	Demi-fine	55	1 850	179	6
<i>Sireuil</i>	Gris beige	16	1 730	99	6
<i>Souppes</i>	Fond blanc grisâtre	77	2 500	953	17
<i>Tavel</i>	Blanc rosé, gris bleu	30	245	1 679	15
<i>Tercé</i>	A grains, crème beige	86	2 040	326	9
<i>Tercé</i>	Construction	86	2 060	264	9
<i>Tervoux</i>	Construction	86	2 030	302	9
<i>Tervoux</i>	Marbrier	86	2 040	338	9
<i>Tourris</i>	Moucheté gris	83	2 700	2 063	18
<i>Tuffeau</i>	Fond blanc ou crème	37	1 440	74	2
<i>Vassens</i>	Banc franc	02	1 610	92	5
<i>Vassens</i>	Banc royal	02	1 610	87	4
<i>Vaurion</i>	Roche jaune	89	2 400	961	15
<i>Vaurion</i>	Liais jaune	89	2 320	778	13
<i>Verger</i>	Liais non marbré	58	2 350	1 018	14
<i>Vernon</i>	Banc franc	27	2 050	300	10
<i>Vierzy</i>	Banc franc	02	1 550	64	3
<i>Vilhonneur</i>	Dur, perlé beige	16	2 420	789	15

TABLEAU DES PIERRES CALCAIRES (suite)

Nom de la pierre dénomination	Apparence et nature	Dépt d'origine	Poids moyen du m3	Résistance à l'écrasement en kg/cm2	Numéros de taille
<i>Vilhonneur</i>	Roche, fond beige	16	2 400	725	14
<i>Vilhonneur</i>	Marbrier, fond crème	16	2 400	700	13
<i>Villebois</i>	Gris bleu, gris jaune	01	2 670	1 664	17
<i>Villiers-Adam</i>	Grain fin, blanchâtre	95	1 690	101	4

6 - Dégâts, conserva- tion, restauration

DEGATS CAUSES AUX PIERRES

SYMPTOMES CAUSES	<i>Efflorescences</i>	<i>Croûtes noires</i>	<i>Exfoliation</i>	<i>Eclats superficiels</i>	<i>Fissures</i>	<i>Cassures</i>	<i>Décollement de l'enduit</i>	<i>Moisissures</i>	<i>Pierres poudreuses</i>
POLLUTION									
<i>Anhydride sulfurique</i>									X
EAU									
<i>Remontées capillaires</i>	X						X	X	
<i>Infiltrations</i>	X		X				X	X	
<i>Condensation</i>	X			X			X	X	X
<i>Gel</i>				X	X	X		X	
<i>Hygroscopie</i>	X			X			X	X	
ERREUR DE MATERIAUX									
<i>Liant imperméable</i>			X						X
<i>Liant impur</i>	X								
<i>Mauvais choix pierre</i>			X	X	X	X	X		X
<i>Goujons oxydables</i>						X	X		
<i>Ragréage résine, ciment</i>	X								X
CONTRAINTES MECANQUES									
<i>Ecart thermique</i>				X	X	X			
<i>Charges et poussées</i>					X	X			

ENTRETIEN ET REPARATIONS DES PAREMENTS

Altération des maçonneries

Nous avons, d'une part, indiqué les caractéristiques des matériaux et, d'autre part, cherché à fixer les meilleures règles de mise en œuvre pour réaliser des maçonneries résistantes et durables.

Malgré l'observation de ces principes, il peut arriver que l'architecte ou l'entrepreneur soient encore trompés sur la qualité de certains matériaux en raison des conditions différentes dans lesquelles les matériaux peuvent se trouver au bout d'un certain temps.

Par exemple, un bâtiment qui, au moment de sa construction, était dans une atmosphère saine, peut, quelques années plus tard, se trouver englobé dans une agglomération industrielle chargée de fumées et de vapeurs acides dont l'effet se fera vite sentir sur les revêtements.

Par suite du manque d'entretien, l'humidité peut également se propager très rapidement dans une construction et altérer profondément sa constitution.

Ces différentes manifestations sont susceptibles de se traduire par de simples salissures qui ne présentent souvent que des inconvénients d'aspect, ou, au contraire, par une *altération de la matière* pouvant aller jusqu'à compromettre la solidité de la construction.

Les maçonneries de pierre, de brique, les enduits principalement, les bétons même, ne sont pas exempts de ces attaques.

Pour que la solidité des ouvrages ne soient jamais compromise et pour éviter d'avoir à effectuer des restaurations onéreuses, il convient donc de déceler les avaries en temps opportun et, dans ce but, d'effectuer périodiquement des visites détaillées de ces ouvrages.

Le remède consiste le plus souvent à entretenir en bon état les revêtements et parements, enduits, joints, etc, ... pour éviter les infiltrations d'eau.

Les destructions des maçonneries ont pour origine des phénomènes physiques :

Dilatation, retrait, éclatement sous l'action de la gelée, combinés avec des actions chimiques :

Attaque par :

Sels solubles qui se trouvent dans les matériaux, sels qui y ont été introduits (par exemple avec l'eau de gâchage) ou qui s'y trouvent véhiculés par l'humidité.

Vapeurs acides et suies de l'atmosphère.

Organismes vivants : lierre, lichens, mousses, champignons, etc.

Combinés avec des *actions chimiques* : *taches et efflorescences*.

1 - Taches noires et brunes

Elles proviennent de *matières organiques* qui peuvent se trouver dans les ciments naturels des mortiers et dans les pierres. Sous l'action des sels alcalins contenus dans les liants et en présence de l'humidité, ces matières sont dissoutes et entraînées jusqu'à la surface des maçonneries où elles se déposent après évaporation.

2 - Efflorescences

Les efflorescences sont blanches, cristallines ou amorphes et de nature alcaline ou alcalino-terreuse (sulfates, carbonates, nitrates, etc).

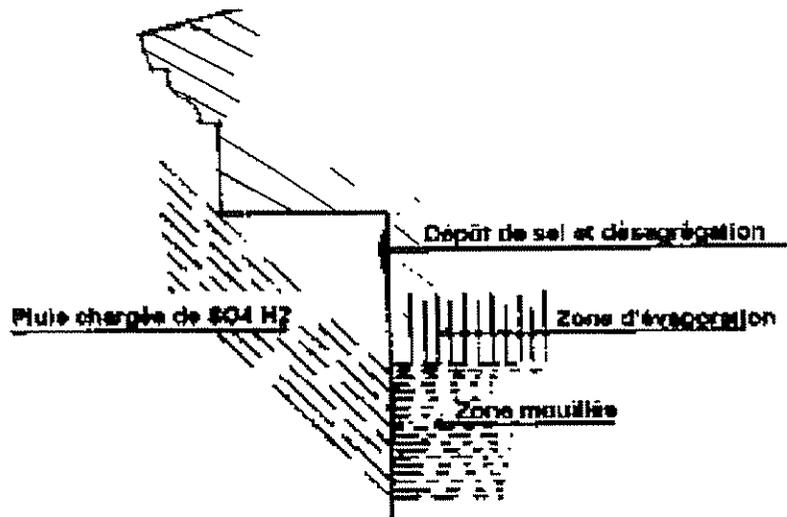
Ces différents sels peuvent se trouver :

- ❖ Dans les matériaux constitutifs de la maçonnerie : pierres, briques, agglomérés.
- ❖ Dans le sable des mortiers.
- ❖ Dans le ciment des mortiers.
- ❖ Dans le sol.

Ils se forment au contact de l'humidité remontant du sol par capillarité ou bien de l'humidité provenant de l'infiltration des eaux de ruissellement.

Les efflorescences peuvent aussi avoir des causes purement extérieures. Par exemple, dans les agglomérations industrielles, l'atmosphère est chargée d'acide nitrique et surtout d'anhydride sulfureux provenant de la combustion du soufre qui se trouve dans le charbon. Cet anhydride sulfureux se dissout dans l'eau de pluie et forme de l'acide sulfurique.

La pluie chargée d'acide sulfurique qui fouette une façade en pierre attaque le calcaire dans la zone mouillée et forme du sulfate de calcium ; le sel soluble peut se trouver véhiculé vers une zone sèche où l'évaporation se produit en même temps qu'un dépôt cristallisé (Fig. ci-dessous).



Formation de taches sans entablement

Au bout d'un certain temps, le dépôt s'accompagne de boursoufflures provoquant la désagrégation de la pierre.

Le comportement d'une maçonnerie en pierre traversée par un courant permanent d'humidité, en particulier provenant du sol, est le même.

Cette humidité, déjà chargée des sels du sol et de ceux dissous au passage dans les liants, puis dans la pierre elle-même, est transmise par les canaux capillaires et monte vers une face libre asséchée par le soleil ou le vent. Elle s'évapore par cette face, abandonnant dans la couche superficielle correspondante ses sels qui cristallisent en bouchant les capillaires. Cette couche est ainsi transformée en une *croûte dure* qui, éloignée de la base du morceau considéré, ne peut s'opposer en rien à l'absorption par cette dernière d'une humidité sans cesse renouvelée par le sol lui-même.

Ces nouvelles quantités d'humidité apportent donc constamment sous la croûte de surface des quantités supplémentaires de sels qu'elles y déposent en s'évaporant. Mais ces sels ne peuvent trouver place dans une région où les capillaires sont déjà bouchés, s'accumulent au voisinage en cristaux gros, foisonnent, puis soulèvent la croûte dure qui éclate en écailles et tombe.

L'humidité cependant continue d'arriver ; elle apporte vers la face libre de nouveaux sels qui transforment une deuxième zone de pierre en une autre croûte dure qui, aussi instable que la première, tombe à son tour et ainsi de suite.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la condition essentielle pour empêcher la formation de ces efflorescences, boursouflures qui désagrègent la pierre, est **d'empêcher l'humidité de circuler par capillarité à sens unique** à l'intérieur des murs, c'est-à-dire d'entrer par une région et d'en sortir par une autre.

Ce dépôt est donc des plus nuisibles à la bonne conservation des parements en pierre. Il ne faut pas le confondre avec *le calcin naturel*, couche dure à base de carbonate de chaux, constituant un épiderme protecteur dont l'action est toute différente.

Le processus de formation de ce calcin naturel est le suivant : lorsque l'eau de pluie, chargée de CO₂ en dissolution, entre en contact avec une face libre verticale d'un morceau de pierre calcaire les faits se succèdent dans l'ordre suivant :

- ❖ Absorption d'une partie de cette eau par les canaux capillaires ouvrant sur cette face.
- ❖ Pénétration de cette eau chargée de CO₂ pendant une ou deux journées vers l'intérieur où elle se combine avec du carbonate de chaux.
- ❖ Puis, par temps devenu sec, séchage de cette même face, l'évaporation étant favorisée par la chaleur du soleil ou par le vent.
- ❖ *Retour de l'eau chargée de sels vers cette face asséchée qui lui offre un passage plus facile.*
- ❖ Evaporation de cette eau et d'un excès de CO₂ par cette face.
- ❖ Dépôts concomitant de carbonate de chaux.

Tous ces faits ont donc pour conséquence finale le dépôt, sous la face d'entrée, de sels de carbonate de chaux qui y cristallisent, bouchant ainsi progressivement les orifices des canaux capillaires, puis ces canaux eux-mêmes.

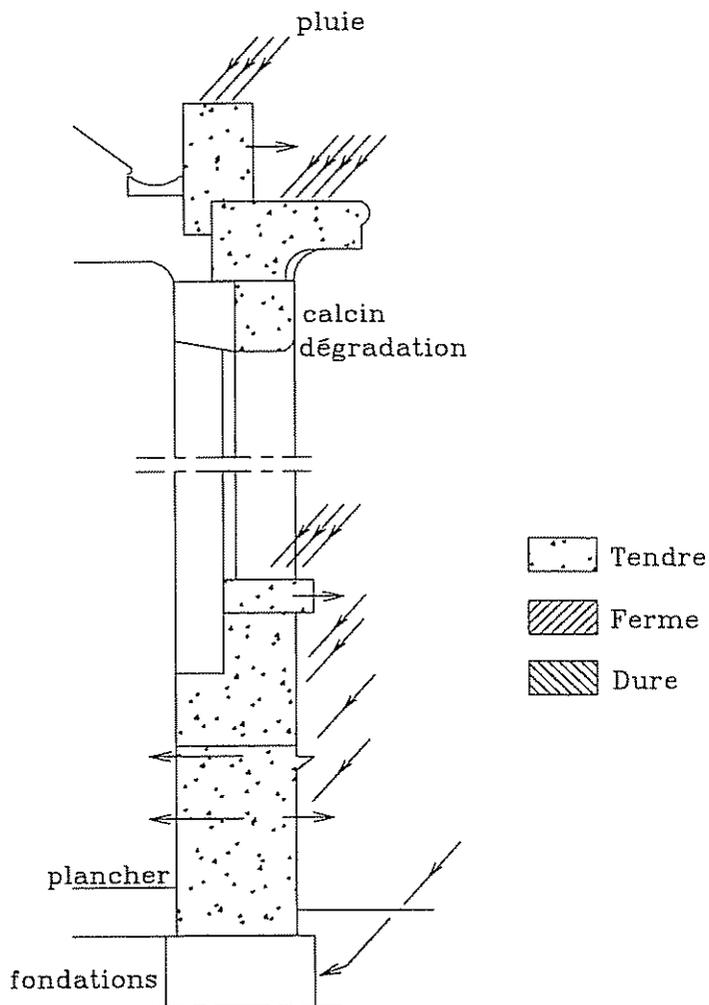
L'accumulation de ces sels dans cette zone sous-jacente transforme ainsi la face d'entrée en une couche plus pleine, plus dense, par suite plus dure, dénommée *calcin*.

Au surplus, l'apport de nouveaux sels vers cette surface s'amortit progressivement puisque le calcin restreint les nouvelles entrées d'humidité indispensables pour la migration saline. Le calcin tend donc à se stabiliser.

L'eau de carrière entrée dans la pierre à une époque ancienne en ressort après l'extraction du bloc.

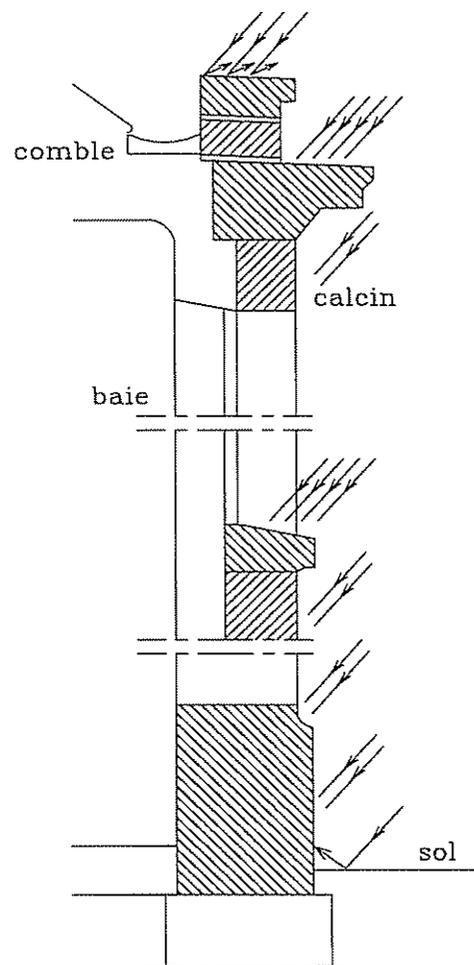
Elle n'agit pas autrement que l'eau de pluie et concourt donc à la formation d'un calcin sur les surfaces libres du bloc ou des morceaux pendant le temps limité de son évaporation.

DEFECTUEUX



Circulation à sens unique
amenant des détériorations

CORRECT



Circulation en circuit fermé
assurant la bonne conservation

EFFLORESCENCES

1. Dans le cas de remontées capillaires, on remarque des traces blanches parallèles au sol en bas des murs. Elles sont dues à la cristallisation des sels minéraux contenus dans l'eau provenant du sol et remontant dans le mur.

Comment les éviter ? Préventivement : choisir un terrain rocheux ou bien drainé, faire des fondations isolées. Après coup, la meilleure solution consiste à couper le mur pour l'isoler des fondations par un joint imperméable (plomb).

Comment les nettoyer ? On emploie des compresses de pâte à papier imprégnées d'eau distillée (les sels cristallisent sur la surface de la compresse).

2. Dans le cas de liant impur, on remarque des tâches jaunâtres sur les pierres entourant une incrustation récente coulée au ciment (qui contient toujours des sels).

Comment les éviter ? En utilisant la chaux ou le plâtre.

Comment les nettoyer ? On peut essayer des compresses d'argile pure (mais ça laisse des traces).

CROUTES NOIRES

Dans les zones polluées l'humidité des parements fixes de la suie et des poussières qui, emprisonnées lors de la cristallisation due à l'assèchement, forment une croûte dure et noire, imperméable mais fissurée. Par les craquelures, l'eau de pluie, acide, traverse la croûte et désagrège la pierre et la rend pulvérulente.

Comment les éviter ? Assainir la planète (ou mettre les monuments sous cloche).

On peut aussi appliquer un film protecteur (paraffine, cire, résine, silicone) sur la surface de la pierre ; mais, il faut faire attention à ne pas créer un autre désordre en empêchant l'eau de sortir.

Comment les nettoyer et réparer le désordre ? Dans le cas d'éléments très précieux, on commencera par consolider (solidariser la croûte et la pierre) à l'aide de résines (qui doivent conserver une certaine porosité) ; on pourra alors nettoyer la croûte (éventuellement au micro-sablage, ou à l'eau ruisselante avec un léger solvant). Pour les parties plates, le plus souvent, en France, on retaille jusqu'à retrouver la pierre saine (ravalement).

EXFOLIATION

Elle est le résultat d'infiltrations d'eau de pluie (auvents détériorés, mauvais système d'écoulement des eaux, pierre trop tendre ...). L'eau pénètre en excès à l'intérieur de la pierre où elle dissout une certaine quantité de carbonate de chaux. Lorsque le temps redevient sec, cette eau s'évapore en déposant le carbonate de chaux ce qui diminue la porosité de la pierre ; Si la circulation continue ainsi à sens unique, la sortie de l'eau sera freinée, puis la zone deviendra gorgée d'eau, laquelle poursuivra son travail de désagrégation de la pierre derrière la surface jusqu'à ce que cette « feuille » se détache laissant un creux.

Comment l'éviter ? Il faut s'assurer que les systèmes protecteurs empêchent toute pénétration d'eau, ou bien que la pierre choisie est suffisamment ferme pour limiter la pénétration de l'eau et faire en sorte que son évaporation se fasse par l'endroit d'arrivée (circulation aller-retour, formation du « calcin »).

Comment réparer le désordre ? Comme pour les « croûtes noires ».

CASSURES, FISSURES

Les contraintes mécaniques - traction, compression - appliquées à la pierre dans la construction peuvent provoquer des dégâts ; les colonnes, les linteaux, les piliers subissent des contraintes de charge. La dilatation thermique joue aussi un rôle, ainsi que l'emploi de matériaux inadaptés. L'eau enfin (gel, cristallisation) qui accentue aussi les fissures provenant des autres causes.

Comment l'éviter ? Soigner l'architecture du bâtiment ; prévoir des joints de dilatation ; utiliser des matériaux adaptés : réguler la circulation de l'eau ...

Comment réparer le désordre ? Recoller les morceaux cassés (avec goujonnage inoxydable) ; boucher les fissures avec des résines ; changer les pierres ...

ECLATS

L'eau est la cause majeure : gel ou cristallisation de sels dans les pores de la pierre.

Comment l'éviter ? Réguler la circulation de l'eau (mais ce n'est pas facile puisque les mouvements de condensation entre le jour et la nuit peuvent suffire, ex : le Sphinx égyptien).

Comment réparer le désordre ? On peut consolider la pierre avec des produits chimiques s'il n'est pas trop tard (si l'objet a encore de l'allure) ; sinon changer la pierre (ou en faire une copie s'il s'agit d'une sculpture).

PIERRE POUFREUSE

La « poudre » provient de la dissolution chimique de la pierre ; on la constate avec les phénomènes d'exfoliation et de croûtes noires. Si la « feuille » est tombée, on peut consolider la pierre poudreuse ou la changer (parce qu'elle n'a plus d'allure).

DECOLLEMENT DE L'ENDUIT

L'eau et la pollution attaquent l'enduit par les 2 faces ; ainsi, il protège la pierre. Lorsqu'il est trop abîmé, il faut le refaire.

3 - Ravalement (remise en état)

La législation concernant la remise en état des façades remonte au *Décret du 26 mars 1852*, article 5.

Quarante années d'abandon des travaux réguliers d'entretien et d'amélioration ont passé avant que n'apparaissent des instructions nouvelles dont le but a été de porter un coup arrêté à l'abandon des immeubles (2).

Circulaire du 26 mars 1959. Ministère de la Construction (J. O. du 14 avril 1959).

Cette circulaire est mise en application dans les différentes villes et communes par des arrêtés préfectoraux (à Paris, voir arrêtés préfectoraux du 11 avril et du 20 avril 1959). Chaque année, un additif à ces arrêtés préfectoraux délimite les rues et les avenues dont les immeubles doivent faire l'objet de ravalement.

Décomposition des travaux

a) Travaux préalables.

Ils englobent tous les travaux mettant l'immeuble en état d'être ravalé. A titre d'exemple, nous citerons :

- ◇ Le nettoyage et la remise en état des châteaux et tuyaux de descente.
- ◇ La réfection des scellements branlants.
- ◇ Le remplacement ou la réparation des parties métalliques, rouillées ou oxydées.
- ◇ La révision et réfection, des larmiers de tous les appuis, balcons et autres parties saillantes.
- ◇ Le dérouillage et colmatage des fers à béton apparents.
- ◇ Le rebouchage des fissures de façades.
- ◇ La vérification des joints de dilatation, rupture ou retrait.
- ◇ La rectification des arêtes.
- ◇ Le rebouchage des trous existants ou reprise par repiquage et réfection.
- ◇ Les reprises incrustées ou rebouchages appropriés.
- ◇ Les jointoiements, etc...

(Voir les techniques exposées »es : chapitre IX : jointoiement, rejointoiement et dans le présent chapitre : Entretien et réparation des parements d'une maçonnerie).

b) Travaux de ravalement proprement dits (procédés).

Brossage à sec : à la brosse de chiendent de préférence à la brosse métallique pour ne pas détruire le calcin.

Il s'effectue à la main ou mécaniquement. Présente l'inconvénient de dégager de la poussière.

Brossage à l'eau (ou lavage à l'eau).

Il s'effectue sous un ruissellement continu qui doit précéder, de plusieurs heures durant, l'opération.

Brosse de chiendent de préférence à la brosse métallique.

Par suite de l'imprégnation du support, le séchage est assez long (exécution en dehors des gelées).

Lavage à l'eau sous pression.

Il s'effectue sous un jet d'eau de pression de 2 à 4 bars (en dehors des gelées).

Pour le brossage et le lavage à l'eau sous pression, aucun produit agressif d'addition n'est utilisé ; par contre, peuvent être tolérés des détergents et des mouillants sous condition d'un rinçage abondant.

Jet de sable à sec.

Nettoyage par un jet de sable siliceux projeté à sec et sous pression.

Ce procédé sur pierre peut être destructeur du calcin. Il arrondit les arêtes. Par ailleurs, il nécessite la protection des joints pour éviter de les dégrader. Les prescriptions légales obligent à certaines précautions dans l'utilisation de ce procédé qui est même interdit dans le département de la Seine (note préfectorale du 6 juin 1959, B. M. O. Paris du 8 juin 1959).

Jet de sable par voie humide.

Nettoyage par un jet de sable mélangé à l'eau et projeté sous pression.

Le jet de sable par voie humide peut détruire le calcin s'il est mené trop longuement ou trop violemment.

Ce procédé imbibe plus ou moins superficiellement la pierre selon sa porosité, il doit donc être exécuté sous une saison où les gelées ne sont plus à craindre.

Grattage à vif.

Soit au "chemin de fer", soit à la brosse métallique (manuellement ou mécaniquement).

Ce procédé est très généralement destructeur du calcin.

Chemin de fer.

Sorte de rabot à pierre : cet instrument attaque l'épiderme de la pierre et enlève saleté et calcin.

Nettoyage à la vapeur.

Poussières et saletés sont décollées par la force du jet, et lavées par les eaux de condensation. Ce procédé imbibe plus ou moins la pierre et doit donc être exécuté en dehors des gelées.

Ce procédé est parfois combiné avec l'emploi de décapant (faire essais préalables).

Sur certaines pierres tendres, il se produit un phénomène de cuisson superficielle suivi de désagrégation en fin de traitement.

Décapants.

Ils sont surtout utilisés pour le nettoyage des pierres de taille et des briques apparentes.

Ils s'apparentent en général à deux groupes :

- ▷ Produits à base de fluorures de métaux alcalins.
- ▷ Produits contenant des bases (soude caustique, potasse, etc...).

L'application doit être faite de façon à ne pas imprégner trop longtemps le support et être suivie d'un rinçage abondant (préserver les vitrages). Il est conseillé de procéder à des essais préalables.

Nettoyage à l'acide.

Est à proscrire, même si l'on utilise une très faible dilution (risques d'attaques importantes et diverses sur certains constituants, notamment accessoires en zinc).

Choix des procédés suivant le support.

Le but du ravalement étant la conservation du support, le ravalement ne doit pas détruire le calcin de la pierre quand il est encore en bon état.

Façades en pierre :

- ▷ Procédés non destructeurs du calcin :
 - Brossage à sec.
 - Brossage à l'eau.
 - Lavage à l'eau sous pression.
 - Nettoyage à la vapeur.
 - Décapage par produits spéciaux (essais préalables).
- ▷ Procédés destructeurs du calcin (ne doivent pas être utilisés lorsque le calcin naturel est sain et en bon état) :
 - Jet de sable par voie humide.
 - Jet de sable sec.
 - Grattage à vif.

Façades en briques ordinaires et briques de parement :

- ▷ Rejointoiement préalable particulièrement soigné.
- ▷ Brossage à sec.
- ▷ Brossage à l'eau (sauf dans le cas de briques apparentes montées à joints verticaux sans épaisseur).
- ▷ Lavage à l'eau sous pression (sauf en cas d'absence de joints verticaux pleins).
- ▷ Décapants (essais préalables).

Façades en plaquettes de parement :

- ▷ Brossage à sec.
- ▷ Brossage à l'eau.
- ▷ Lavage à l'eau sous pression.
- ▷ Nettoyage à la vapeur éventuellement.
- ▷ Nettoyage avec un acide léger avec beaucoup de précautions et un rinçage abondant et immédiat (cas de grès cérame ou de céramique émaillée).

Façades en béton et ciment moulé après ragréage soigné :

- ▷ Brossage à sec.
- ▷ Brossage à l'eau.
- ▷ Lavage à l'eau sous pression.
- ▷ Nettoyage au jet de sable à sec.
- ▷ Nettoyage au jet de sable, par voie humide.

Enduits sur liants hydrauliques (chaux, ciment) :

- ▷ Brossage à sec.
- ▷ Lavage à l'éponge ou lavage au jet d'eau sous pression (parfois jet de sable).
- ▷ Grésage, encaustiquage ou vernissage (pour enduits granito).

Enduits au plâtre :

- ▷ Brossage à sec et lavage à l'éponge.

Reprises et rebouchages au plâtre ou avec compositions spéciales à base de plâtre que livrent les fabricants. Si on doit remplacer l'enduit au plâtre par un enduit au ciment, ou au mortier bâtard, le support doit subir un repiquage très soigné et le nouvel enduit être armé avec un grillage.

Traitements de protection ou imperméabilisants :

Une façade, dont le calcin a été détruit, doit recevoir un traitement destiné à reconstituer dans une certaine mesure la protection qui a été enlevée. A cet effet, on recourt à des imperméabilisants dont les principaux sont :

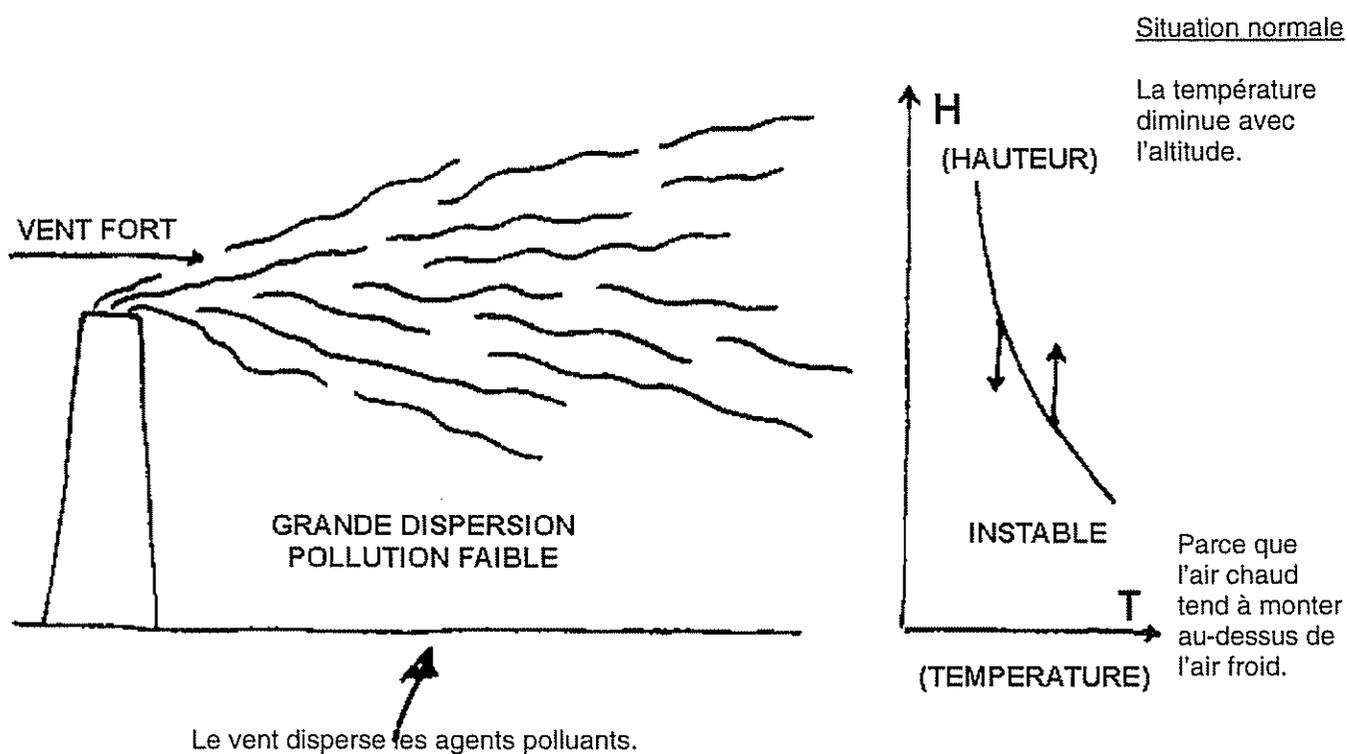
- ▷ La fluatuation (fluo-silicates).
Elle reconstitue une sorte de calcin à base de silice. La fluatuation est aussi utilisée pour combattre l'apparition des efflorescences.
- ▷ Les imprégnations de vernis silicones.
Ces vernis, à base de résines, sont hydrophobes. Leur application relève de la "Technique peinture". Leur efficacité est limitée dans le temps (3 à 8 ans).
- ▷ Les applications de peintures et vernis.
Relèvent de la technique "peinture", y compris les vernis hydrofuges de constitutions diverses.

c) Travaux connexes.

Il s'agit, en général, de travaux intérieurs très souvent négligés qui portent principalement sur :

- ◇ La remise à neuf des locaux communs.
- ◇ La vérification de l'état général de la chaufferie.
- ◇ La vérification des installations électriques.

POLLUTION



La pollution transforme l'eau en **agent chimique de détérioration des monuments**.

Eau de pluie devient acide en se chargeant de gaz carbonique (gaz d'échappement des voitures, chauffage au bois, au charbon).

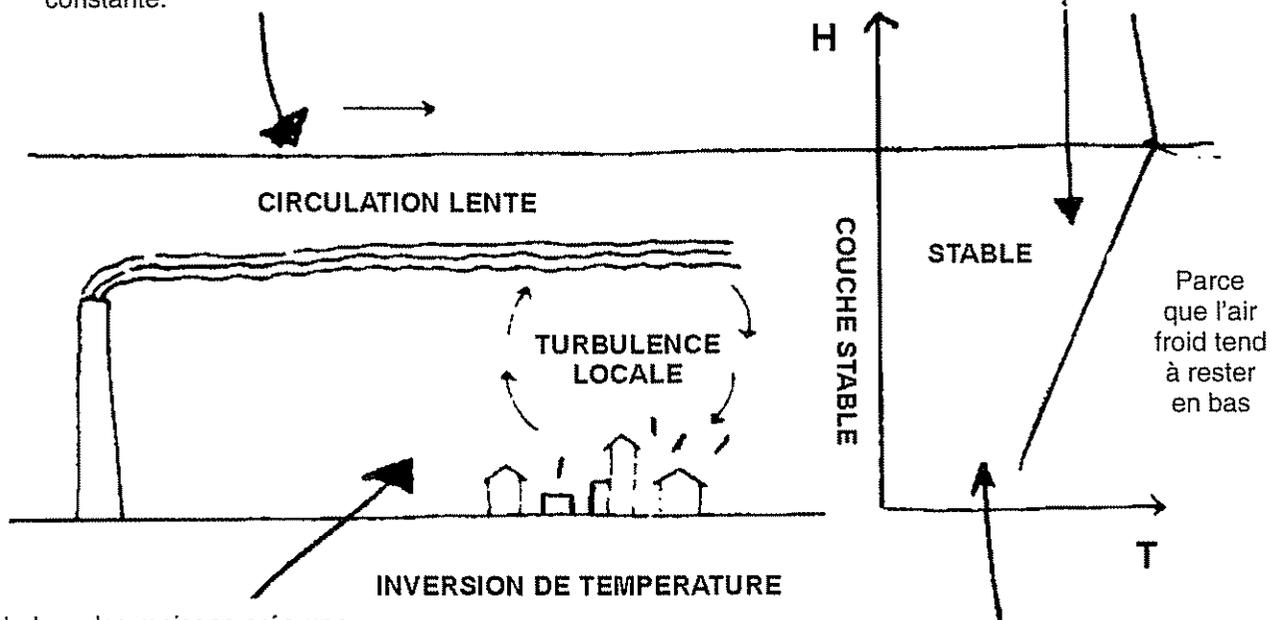
Elle attaque les calcaires (pierres, mortier de chaux enduits), les transforme en poudre et les dissout.

Atmosphère polluée se condense en film acide (soufre, fumées d'usine, chauffage au fuel) encore plus destructrice que l'eau de pluie acide.

Le niveau de pollution est lié à la quantité d'agents polluants mais aussi à des facteurs météorologiques.

Le vent faible laisse la pollution concentrée mais à une altitude constante.

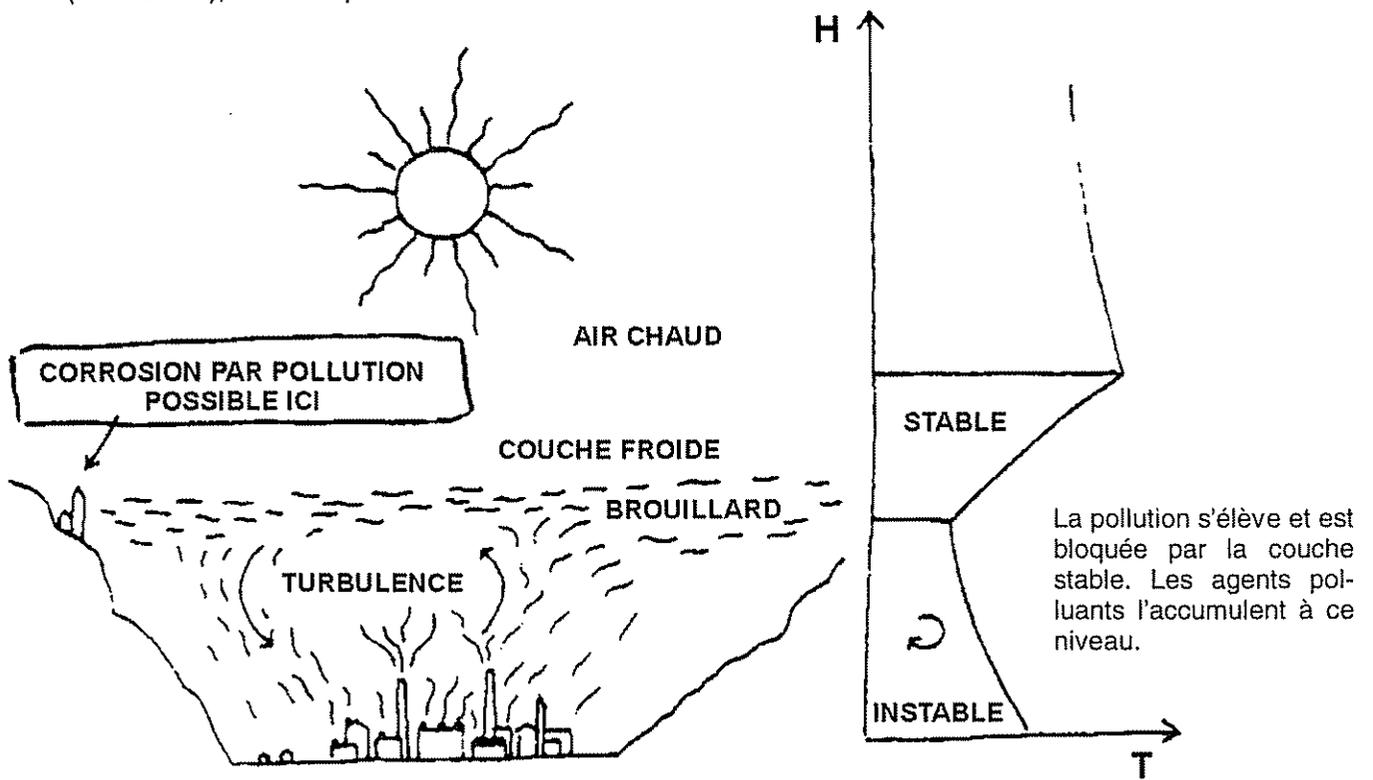
L'inversion de température s'explique par l'existence d'un sol plus froid que la couche basse de l'atmosphère (qu'il refroidit donc).



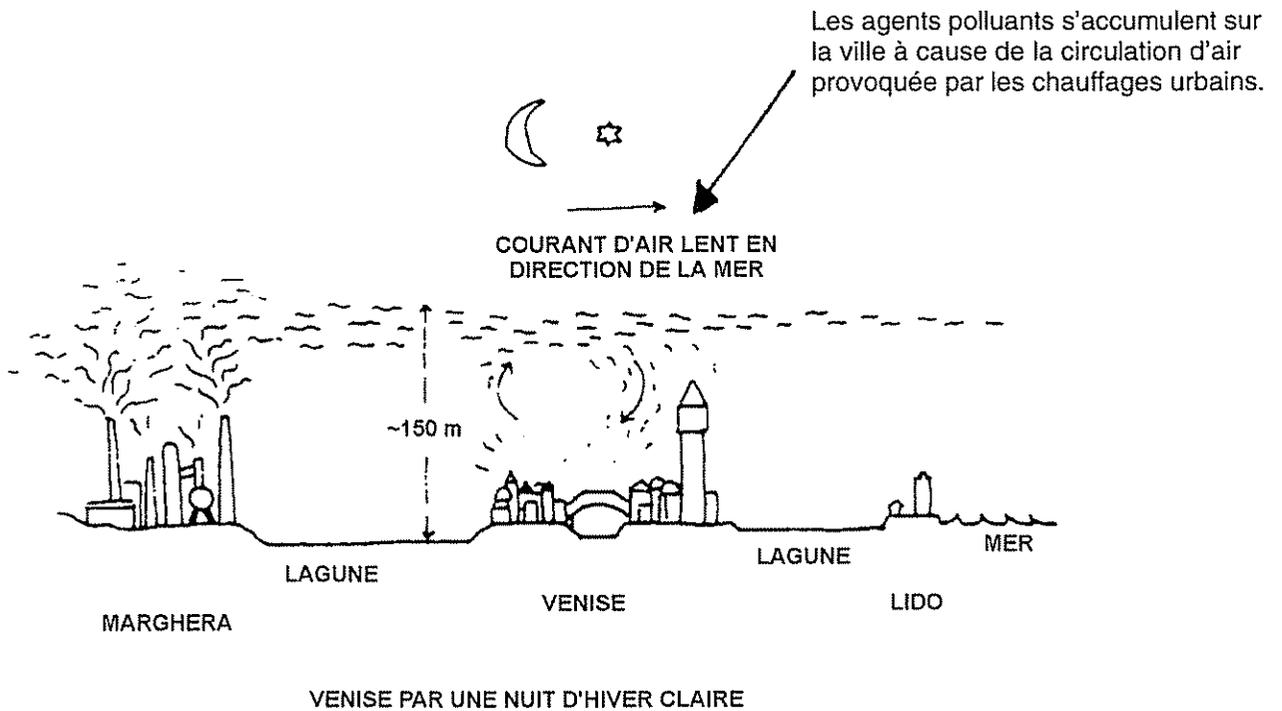
La chaleur des maisons crée une circulation d'air qui fait descendre les agents polluants.

La couche basse devient stable et provoque l'accumulation des agents polluants (smog : Milan , Athènes,...).

Haute pression, vent faible
(+ brouillard), beau temps

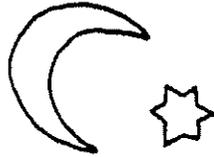


INVERSION DE TEMPERATURE DANS UNE VALLEE UN MATIN D'HIVER



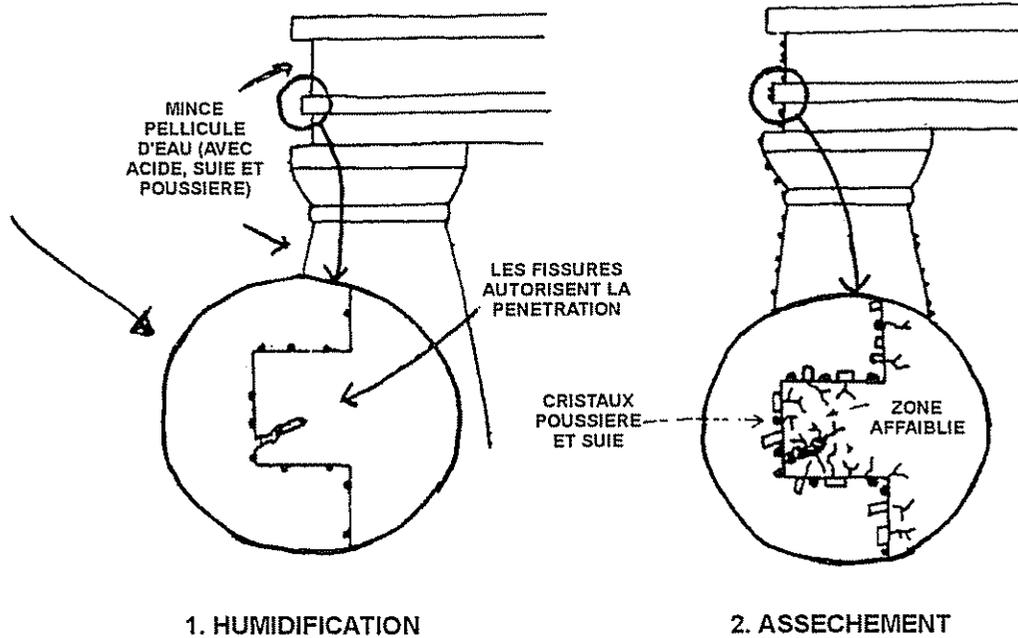
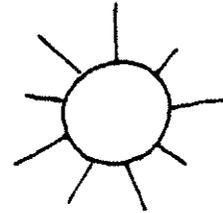
L'humidification, c'est la formation d'une mince pellicule d'eau à la surface de la pierre, trop fine pour ruisseler et entraîner les impuretés polluantes.

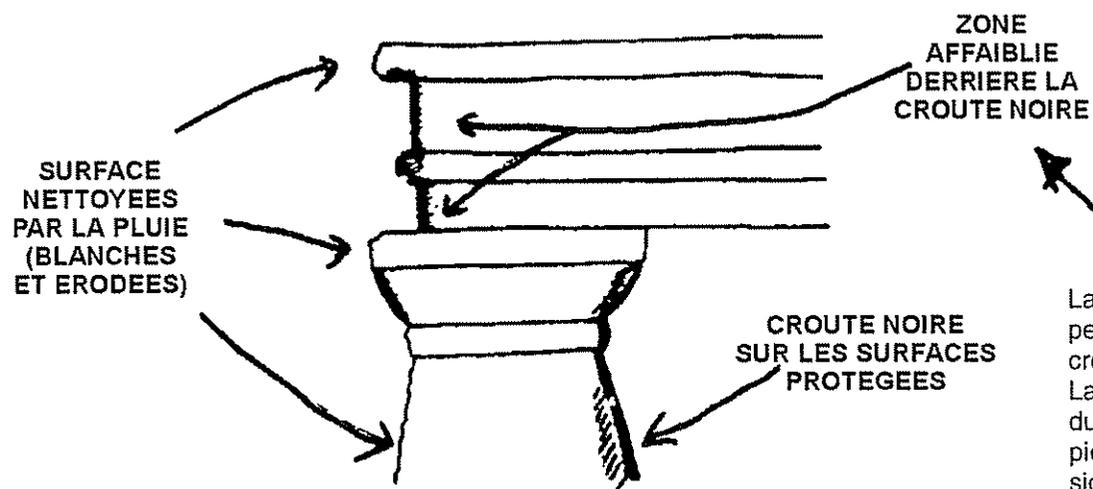
Son acidité en est donc renforcée et lorsque cette eau pénètre dans la pierre (pores et fissures), elle peut faire plus de dégâts que la pluie.



L'assèchement voit l'eau revenir en surface pour s'évaporer. Mais ce faisant, les agents polluants dont elle est chargée (ou les sels qu'elle a dissous) cristallisent et font éclater les pores et fissurer la pierre.

Cela va permettre à un prochain cycle d'humidification de pénétrer plus profondément.





La désagrégation peut continuer sous la croûte. La surface est très dure et en dessous la pierre est sans cohésion.

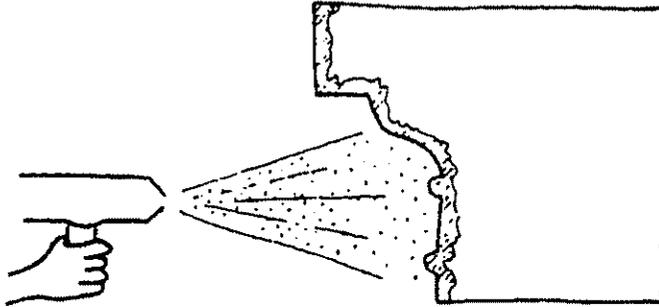
3. VIEILLISSEMENT (PLUSIEURS CYCLES)

Les calcaires, les grès, les mortiers de chaux sont attaqués en profondeur, moins la pierre est poreuse, mieux elle résiste (calcaire d'Istrie).

TRAITEMENT

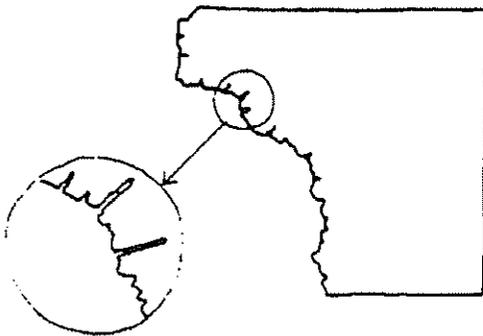
1. Nettoyage de la surface + consolidation derrière la croûte

LE NETTOYAGE PAR ABRASION



Le sablage attaque la pierre et donne une surface irrégulière et fissurée qui aura tendance à se détériorer rapidement.

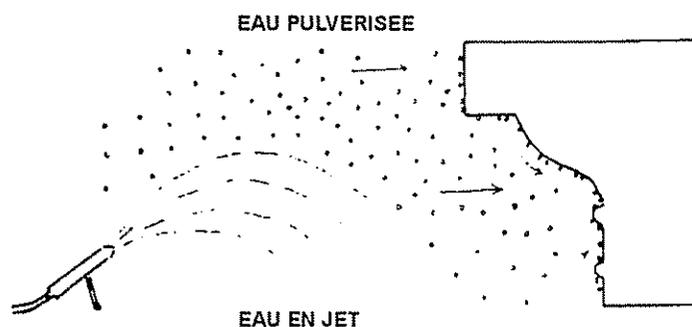
PEUT PROVOQUER DES PERTES DE DETAILS DE TAILLE OU DES FISSURES A LA SURFACE DE LA PIERRE



Le micro sablage, employé convenablement peut permettre d'éliminer des incrustations dures qui résistent aux autres méthodes.

Les méthodes délicates demandent un personnel spécialisé, elles sont donc plus onéreuses.

Déconseillés : acide, soude, potasse, brosses métalliques.



Les jets d'eau peuvent provoquer une pénétration d'eau en profondeur à l'intérieur de la pierre poreuse ; cette plus grande humidité de la maçonnerie peut accélérer sa détérioration.

L'eau pulvérisée (nébulisée) dissout les croûtes de suie sans pénétrer en profondeur.

La consolidation est parfois nécessaire avant le nettoyage (sinon la croûte tomberait). Elle résiste en injectant (derrière la croûte) un produit qui la rendra cohérente avec la pierre saine. Mais ce produit (résine polymère) ne doit pas être imperméable sinon une détérioration surviendra du fait de l'eau qui circule dans la pierre (infiltration, remontées).

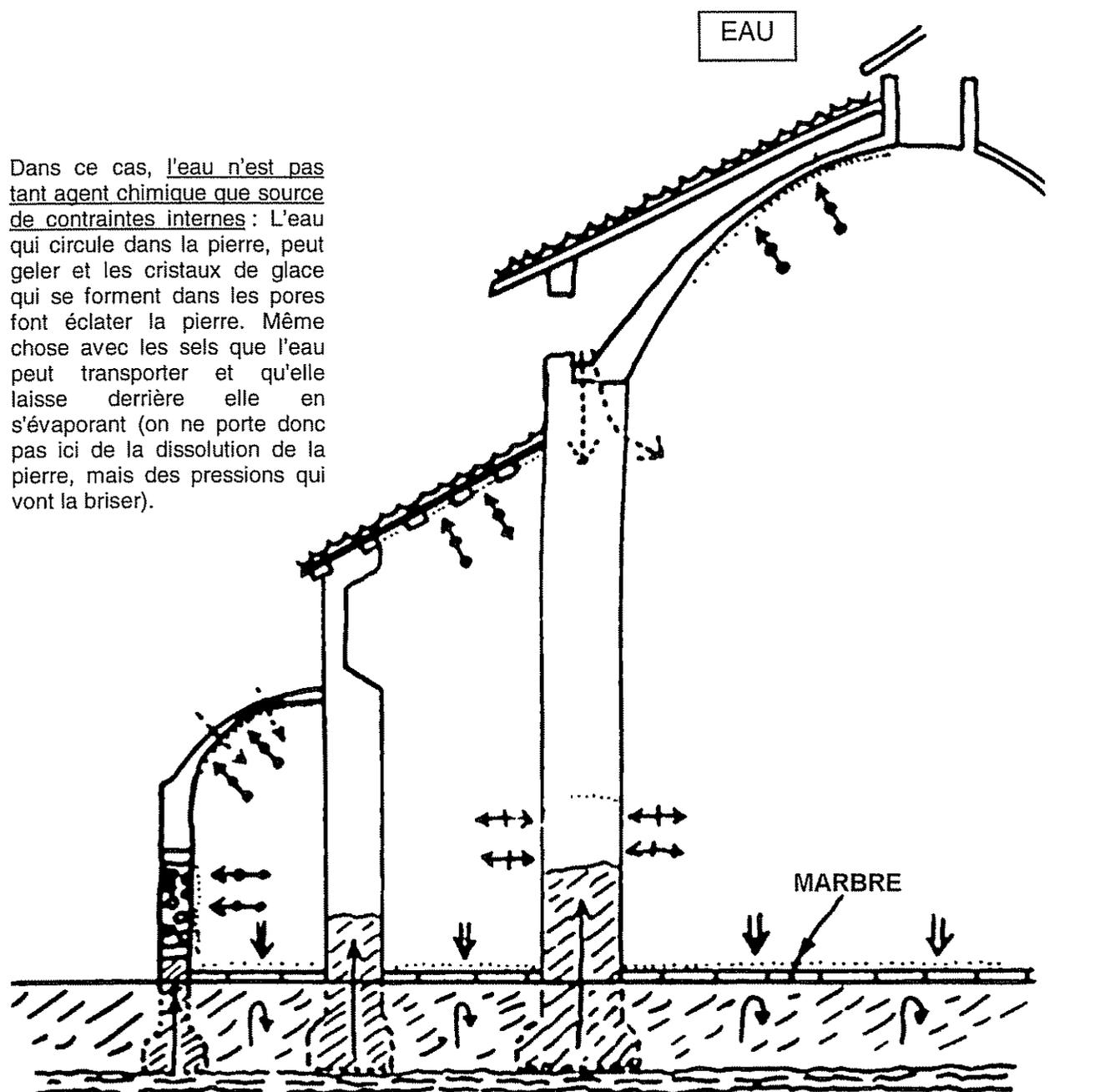
2. Ravalement.

Consiste à retirer quelques centimètres de pierre pour atteindre la pierre saine, est déconseillé par les restaurateurs (fissures à cause de l'« étonnement » de la pierre), mais donne du travail aux tailleurs de pierre...

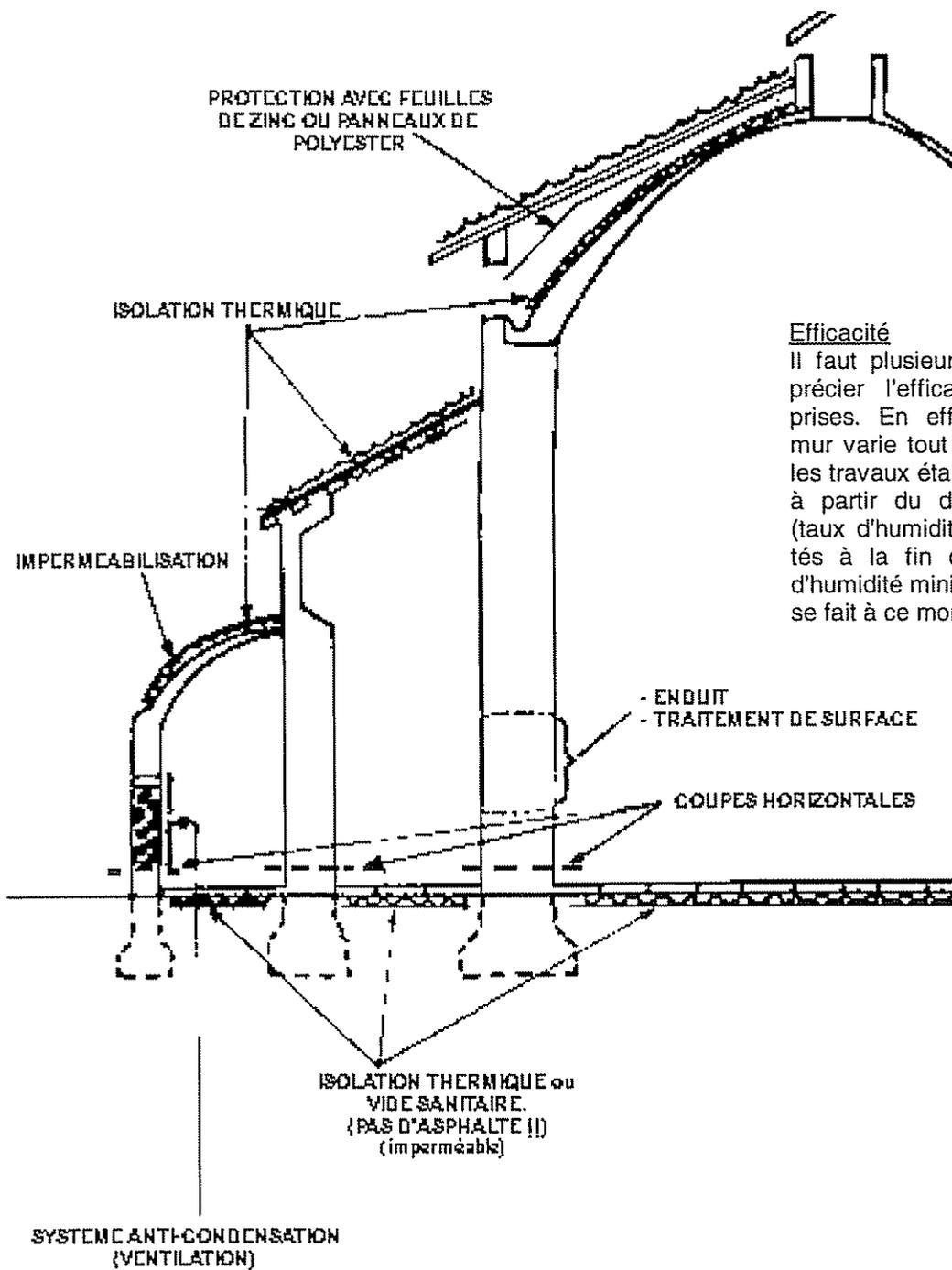
Dans tous les cas, on peut appliquer ensuite un traitement hydrofuge (ou antigraffiti).

DIFFERENTS TYPES D'HUMIDITE

Dans ce cas, l'eau n'est pas tant agent chimique que source de contraintes internes : L'eau qui circule dans la pierre, peut geler et les cristaux de glace qui se forment dans les pores font éclater la pierre. Même chose avec les sels que l'eau peut transporter et qu'elle laisse derrière elle en s'évaporant (on ne porte donc pas ici de la dissolution de la pierre, mais des pressions qui vont la briser).



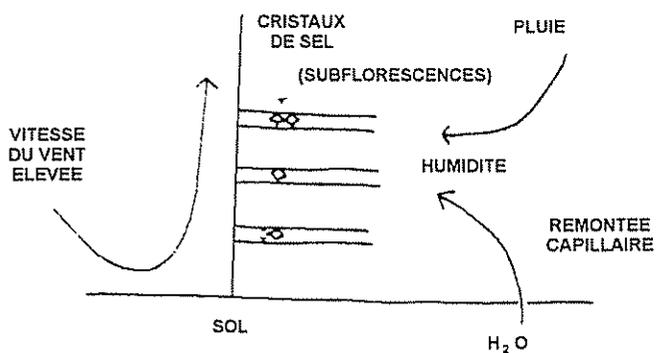
- CAPILLARITE (remontées des eaux du sol).
- CONDENSATION (PROTECTION THERMIQUE INSUFFISANTE). } Eau contenue dans les
- ⇒⇒⇒ CONDENSATION (A L'INTERIEUR DU MATERIAU). } pièces surfaces froides
- INFILTRATION (eau de pluie, fuites sanitaires).
- ⇄ ABSORPTION HYGROSCOPIQUE (trop d'eau contenu dans l'air des pièces).



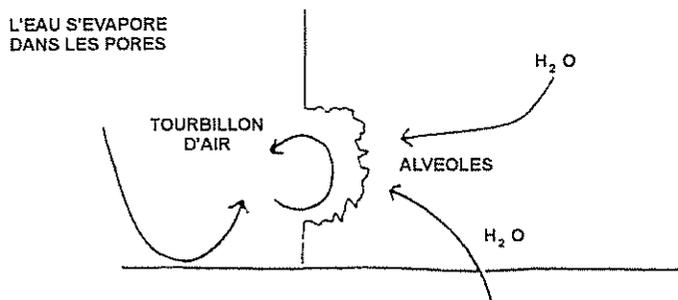
Efficacité

Il faut plusieurs années pour apprécier l'efficacité des mesures prises. En effet, l'humidité d'un mur varie tout au long de l'année les travaux étant fait généralement à partir du début du printemps (taux d'humidité maximal) et limités à la fin de l'automne (taux d'humidité minimal), le contrôle qui se fait à ce moment est trompeur.

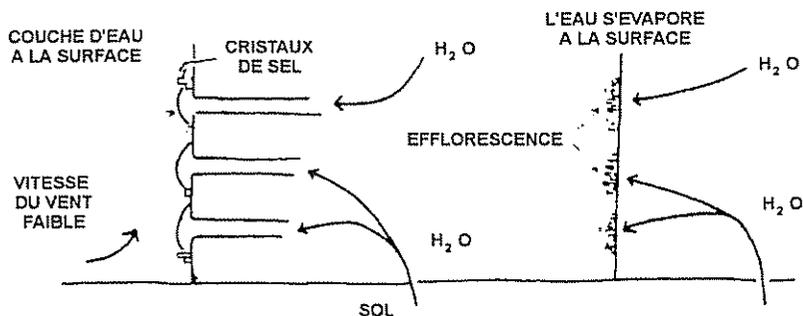
EROSION ALVEOLAIRE



La circulation de l'eau peut créer des contraintes internes si la cristallisation des sels dissous dans l'eau se fait dans les pores de la pierre parce que l'évaporation est accélérée par un vent rapide : la pierre se brise en éclats et se creuse en alvéoles.



EFFLORESCENCES → (Traînées blanchâtres sur le parement)



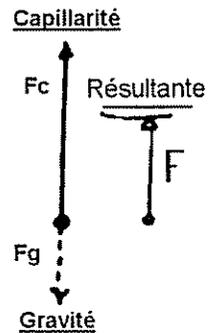
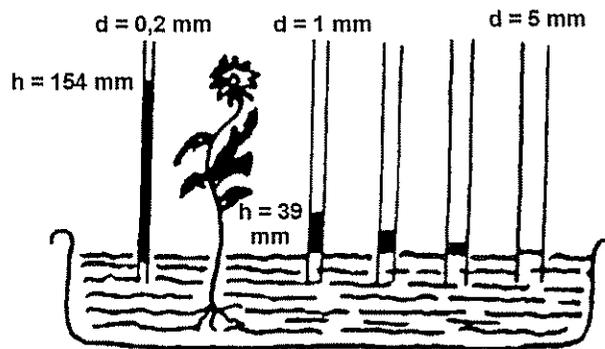
L'eau des maçonneries arrive à la surface et les sels se cristallisent à l'extérieur.

CAPILLARITE

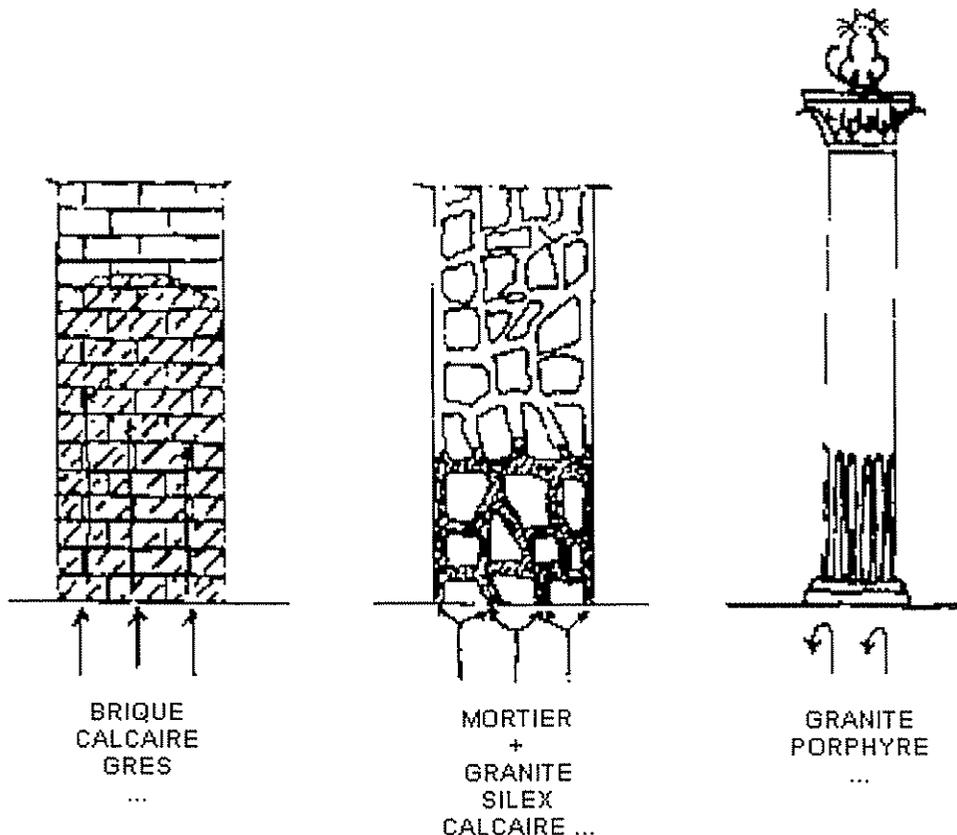
Les très petits pores - capillaires - (de cheveu) aspirent l'eau. (Plus le diamètre est petit, plus la force de succion est forte).

- L'eau peut monter de plusieurs mètres dans des maçonneries poreuses.

- La remontée s'arrête lorsque l'évaporation à partir des surfaces des murs est aussi importante que l'admission d'eau.

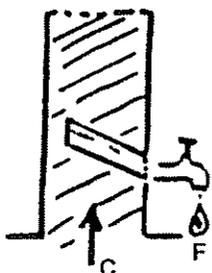


- L'admission d'eau dépend. (Si +, + haut)
 - De la porosité des matériaux.
 - De l'épaisseur des murs (mur épais, plus haut).
 - De la perméabilité des surfaces (enduits imperméables, plus haut).



INTERVENTIONS CONTRE LA CAPILLARITE

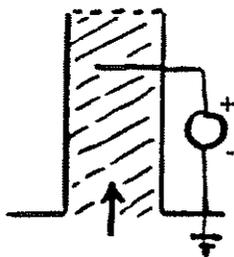
Il suffit parfois de drainer correctement le terrain, si cela n'est pas suffisant, il faut empêcher la montée de l'eau.



1. SIPHONS ASSECHANTS

La circulation d'air qui devrait se produire dans le siphon accélère l'évaporation de l'humidité.

EFFET QUASI NUL

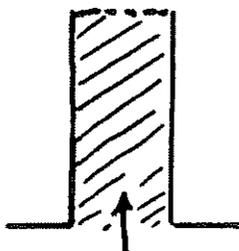


2. ELECTRO-OSMOSE

L'eau devrait être poussée vers le pôle négatif par un champ électrique.

EFFET CONTESTE

(De plus, nécessiterait pour être efficace, une très grande dépense).



3. INJECTIONS (Solution de Silicone...)

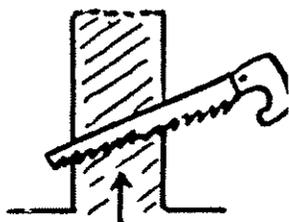
En profondeur : Soit boucher tous les pores, soit recouvrir la pierre d'un produit protecteur en laissant les pores ouverts.

POSSIBLE POUR DES MORCEAUX DE PETITES TAILLES

En surface : Boucher les pores de surface pour réaliser une couche imperméable.

EFFET CONTESTE

(à causé de nombreux dégâts).



4. COUPE HORIZONTALE

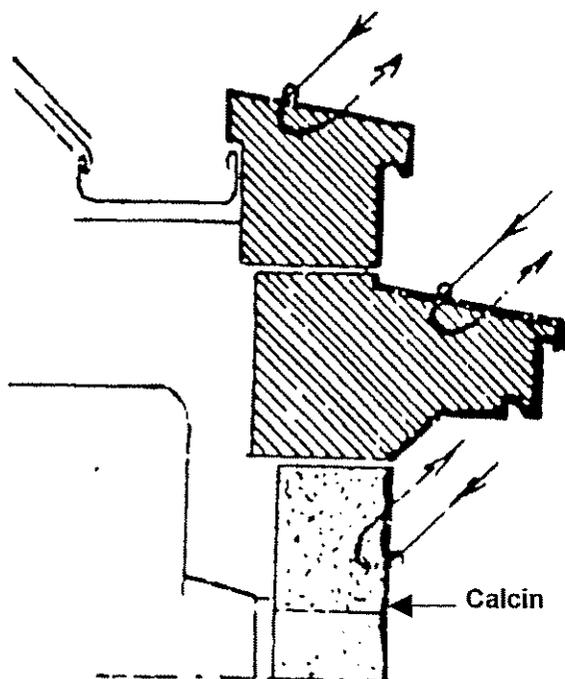
Placer entre 2 assises, une surface imperméable pour empêcher toute remontée des eaux. (Plomb, résine,...).

SEMBLE EFFICACE

MATERIAUX NON CONFORME

EMPLOI D'UNE PIERRE IMPROPRE

CALCIN

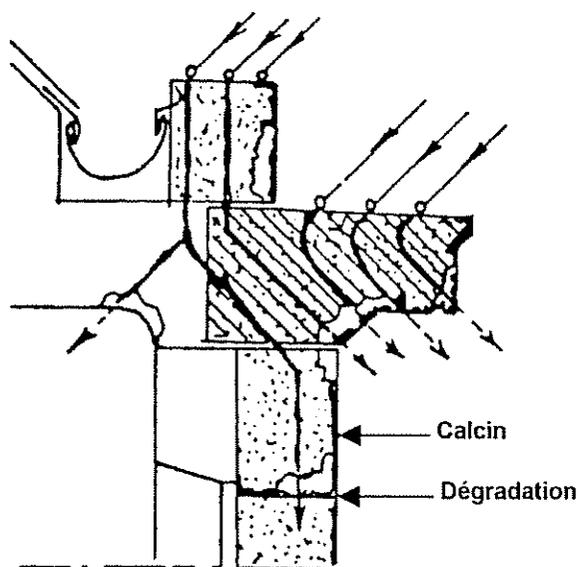


La circulation de l'eau n'est pas toujours destructrice.

Si la pierre a été correctement choisie, l'eau de pluie ne pénétrera pas trop loin à l'intérieur et lorsqu'elle s'évaporera, empruntera la même surface.

La pierre dissoute par l'eau acide en pénétrant se déposera à la surface, quand l'eau ressortira, ce qui diminuera sa porosité (en bouchant les pores). Peu à peu se forme le calcin qui est une protection naturelle très efficace.

EXFOLIATION



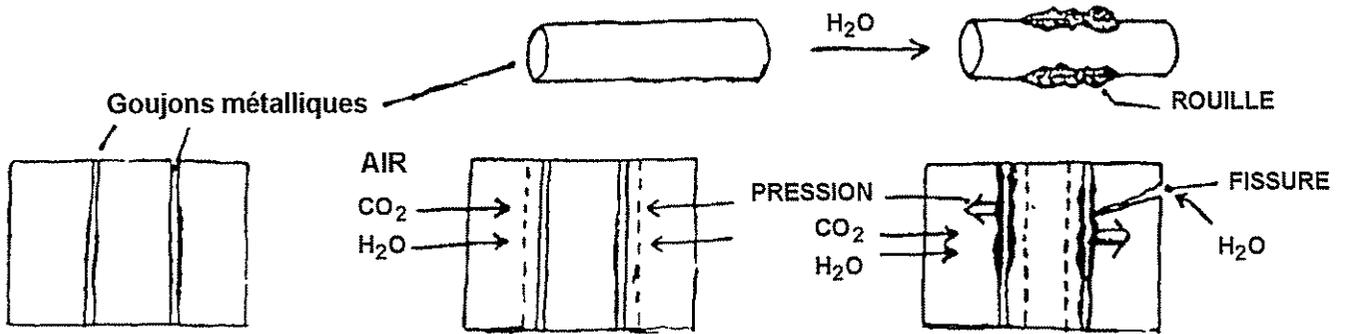
Lorsque la pierre a été mal choisie, ou à cause de défaillances dans les protections, l'eau pénètre trop loin pour s'évaporer par la surface où elle est arrivée : il y a infiltration.

L'eau va s'évaporer à un autre endroit, où elle forme à nouveau du calcin. Mais, ce calcin ne peut freiner l'arrivée d'eau, qui provient d'ailleurs, et il va empêcher sa sortie.

L'eau va attaquer la pierre derrière cette croûte qui formera comme une feuille à la surface (processus un peu comparable à la croûte noire, mais la pierre reste propre et l'eau vient de l'intérieur).

EMPLOI DE METAL OXYDABLE

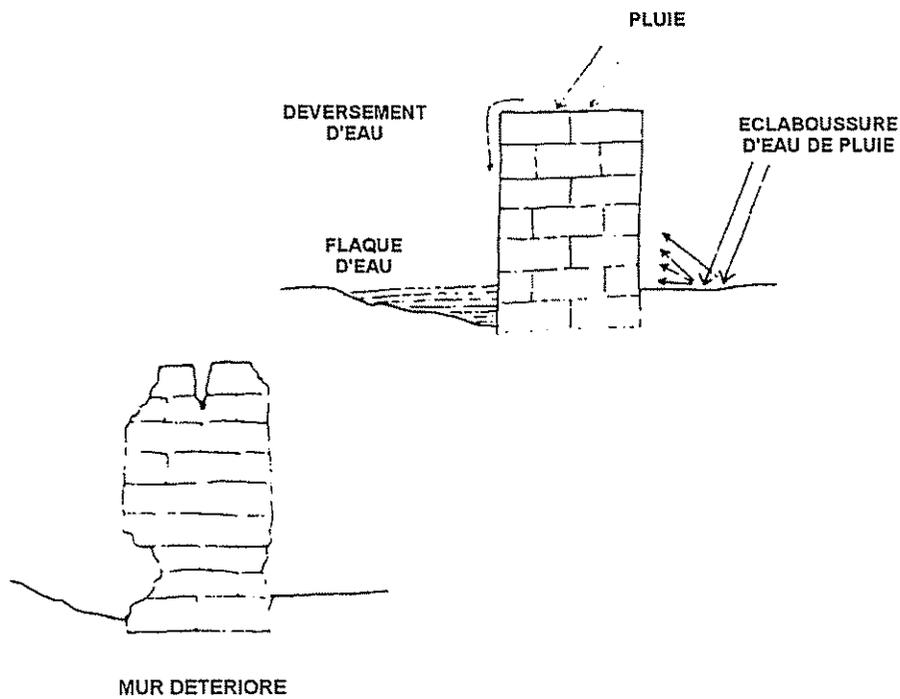
Avec la rouille, le métal augmente de volume, ce qui provoque des contraintes internes, donc des micro-fractures, qui augmenteront l'entrée d'air et d'eau, dont la rouille.



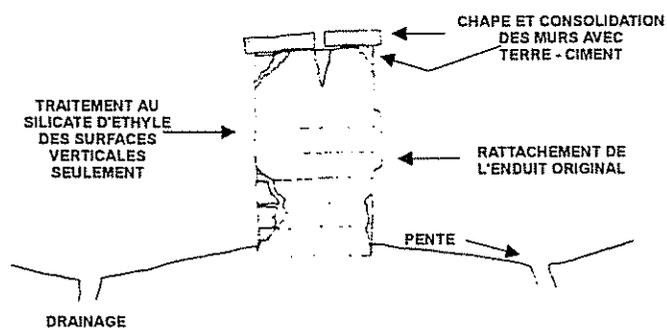
Avec le temps, l'air et l'eau finissent par atteindre le métal.

Corrosion

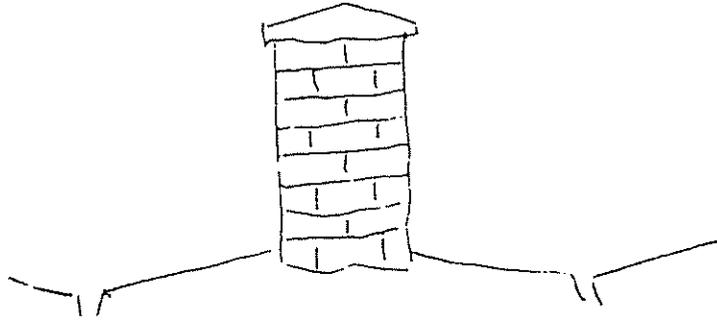
Que faire devant la détérioration des monuments ?



Solution des restaurateurs



Solution des tailleurs de pierre



TRAITEMENT DES FISSURES



PIERRE, FISSUREE ET
DETERIOREE



PIERRE CONSOLIDEE

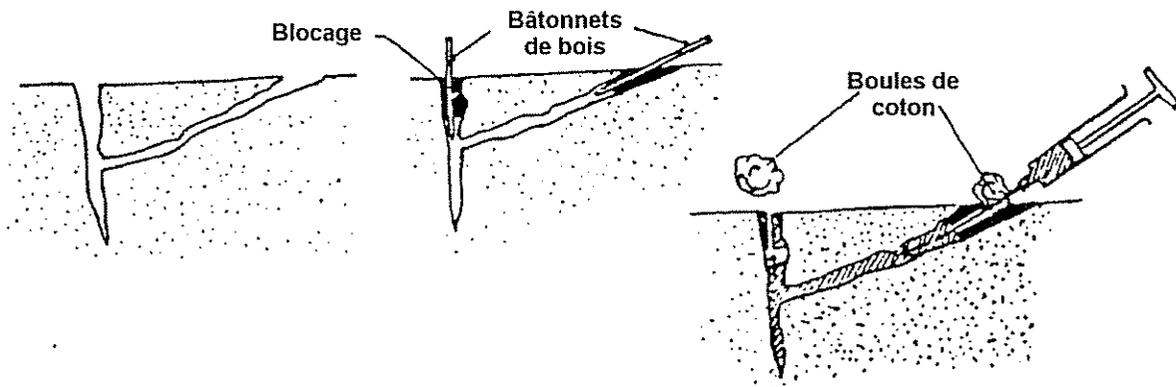


REPLISSAGE PAR UN
MASTIC

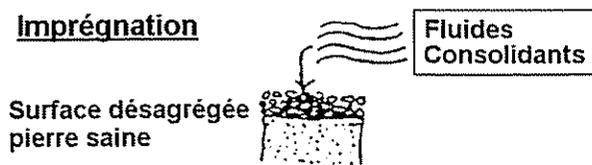
TRAITEMENTS PAR DES RESTAURATEURS

Plutôt de la conservation.
Il faut assurer la réversibilité.

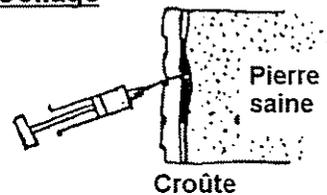
Remplissage



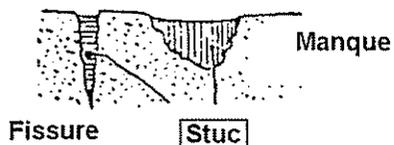
Imprégnation



Collage



Remplissage



Assemblage



LES TRAITEMENTS DES CONSERVATIONS

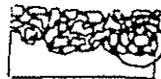
1)

CONSOLIDANTS ORGANIQUES

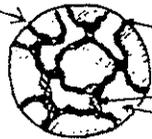
Imprégnation avec des résines thermo-durcissables



Sans solvant, remplissant les pores et les fissures de la pierre



avec solvant

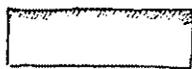
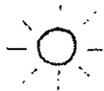


Cas idéal

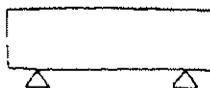
Revêtement de résine

Pont de résine

Espace vide



Détérioration de surface par vieillissement due à l'oxygène et la lumière

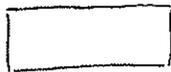
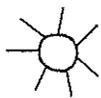


Bonne propriétés mécaniques

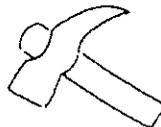
Pas de solution miracle.

2)

CONSOLIDANTS MINÉRAUX



Bonne résistance au vieillissement sous l'effet de la lumière et de l'oxydation



Faible résistance aux chocs mécaniques

La conservation nécessite chaque fois une étude particulière.

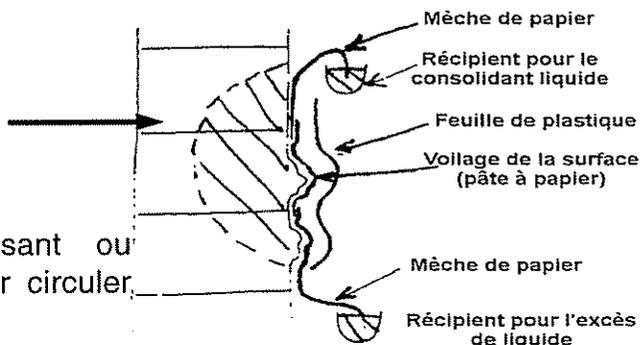
Les solutions sont toujours des compromis (protection de l'eau, et circulation de l'eau...).

On ne maîtrise pas tous les paramètres, d'autant moins qu'on connaît mal les phénomènes. L'efficacité est limitée dans le temps.

TECHNIQUE D'IMPREGNATION

Le consolidant (ou imperméabilisant ou antigraffiti) risque de ne pas laisser circuler l'eau.

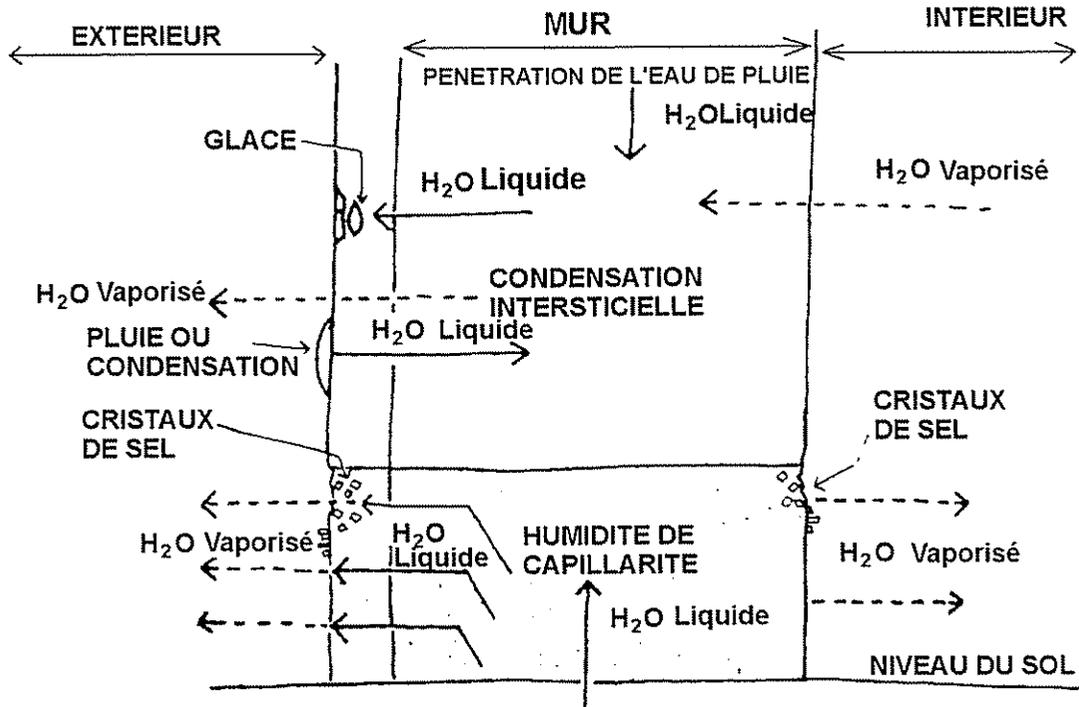
Danger d'exfoliation.



L'ENDUIT :

Un traitement traditionnel

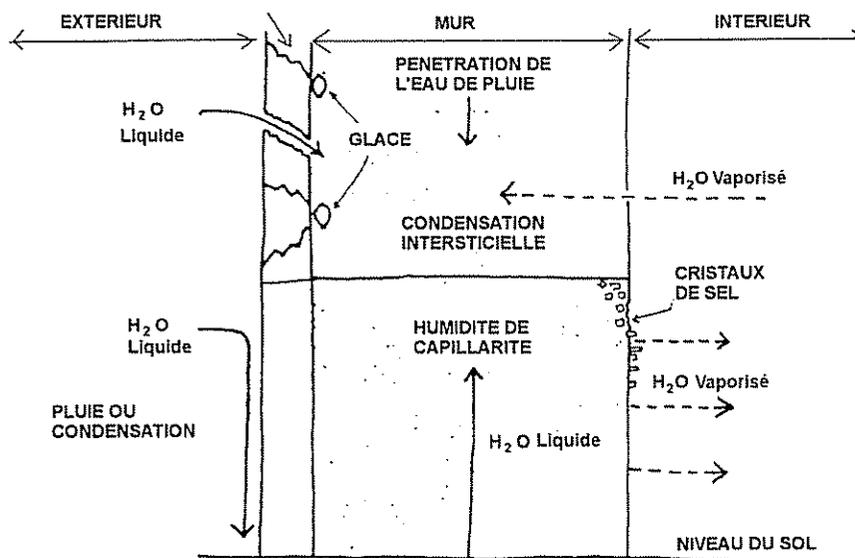
a) COUCHE DE SURFACE POREUSE SACRIFICIELLE



Un exemple de traitement erroné

La cristallisation provoquée par l'évaporation de l'eau ainsi que le gel se fait dans l'enduit qu'il faut remplacer régulièrement, ainsi la pierre est protégée.

b) COUCHE DE SURFACE IMPERMEABLE

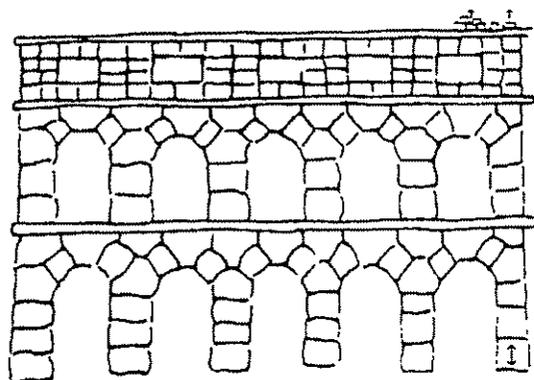


ENDUIT

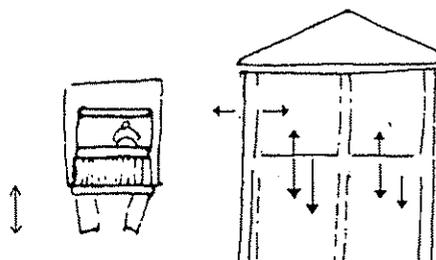
L'eau monte plus haut par capillarité la pierre abîmée, il y a de l'humidité à l'intérieur

CONTRAINTES MECANQUES

FISSURES - CASSURES

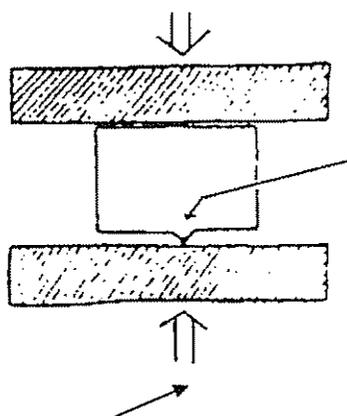


Du point de vue de leur comportement mécanique, le mortier et la pierre peuvent être définis comme « Fragiles » parce que durs et rigides.



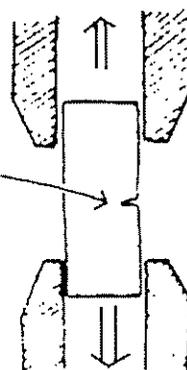
VIBRATIONS

Le trafic routier provoque des vibrations du sol, ce qui peut entraîner des dégradations, mais surtout accentuer celles qui existent.



Les irrégularités de surface augmentent les contraintes de compression.

CONCENTRATION DES CONTRAINTES

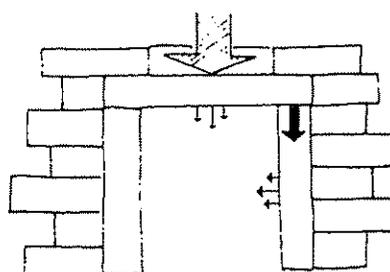


Les fissures augmentent les contraintes de traction.

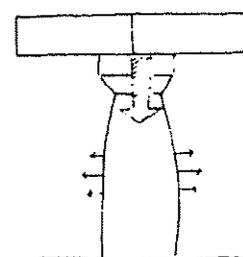
CHARGE

Dans toutes les constructions, certaines parties reçoivent des contraintes plus fortes que d'autres.

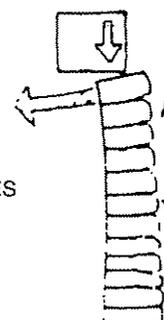
La structure de la construction est conçue pour minimiser les contraintes de traction et permettre aux matériaux de ne travailler qu'en compression. Mais, les parties qui supportent les contraintes les plus importantes s'altèrent le plus rapidement.



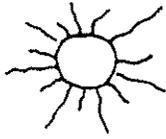
LINTEAUX ET COLONNES



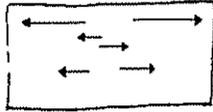
CHARGES ASYMETRIQUES



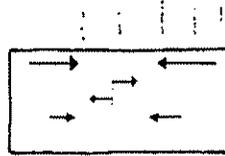
CHALEUR



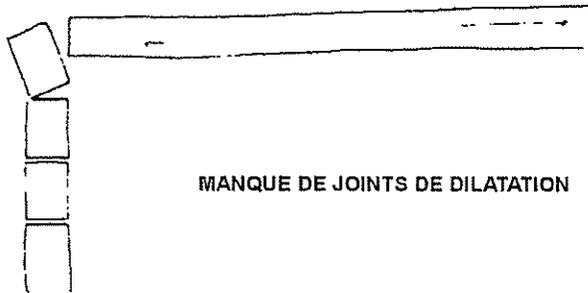
Il peut y avoir des contraintes même à l'intérieur d'un matériau homogène entre la surface et l'intérieur (zones désertiques par exemple).



L'INTERIEUR D'UN GROS BLOC SE DILATE ET SE CONTRACTE MOINS QUE L'EXTERIEUR



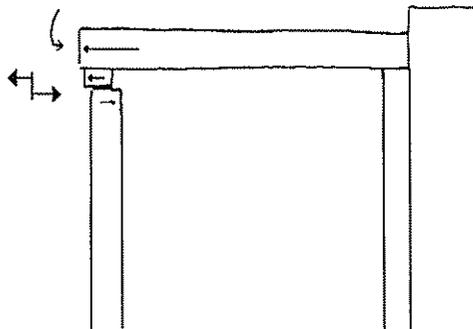
Il en résulte une contrainte de cisaillement.



MANQUE DE JOINTS DE DILATATION

Les alternances de températures quotidiennes ou saisonnières sont la source de contraintes parce que les matériaux se dilatent sous l'effet de la chaleur et se contractent au refroidissement.

TOUTE LA DILATATION THERMIQUE SE CONCENTRE ICI



CONTRAINTES DE CISAILLEMENT

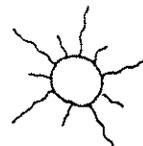
Les variations dimensionnelles sont proportionnelles à la longueur des éléments ; les grands éléments provoquent des contraintes plus fortes que les petits.

Si les mouvements d'expansion thermique sont entraînés, ils provoquent des contraintes qui créent des déformations et des fissures.

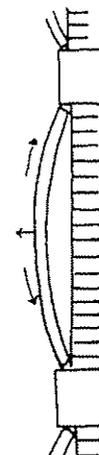
STRUCTURES SOUMISES A DES CONTRAINTES PAR DILATATION THERMIQUE

Si les joints se sont ouverts, souvent, ils ne se refermeront pas complètement au moment de la contraction, parce que des débris s'introduisent dans les fissures : elles ont alors tendance à s'élargir.

Les matériaux de revêtement subissent des contraintes importantes si l'expansion thermique n'a pas été prévue.



MANQUE DE JOINTS DE DILATATION



FISSURE SUR LA SURFACE DEFORMEE

Déformation du revêtement

7 - *Charte de Venise*

CHARTRE INTERNATIONALE SUR LA CONSERVATION ET LA RESTAURATION DES MONUMENTS ET DES SITES

Adoptée par le IIe Congrès International des Architectes et Techniciens des Monuments Historiques

(Venise, mai 1964)

Chargées d'un message spirituel du passé, les oeuvres monumentales des peuples demeurent dans la vie présente le témoignage vivant de leurs traditions séculaires. L'humanité qui prend chaque jour conscience de l'unité des valeurs humaines, les considère comme un patrimoine commun, et vis à vis des générations futures, se reconnaît solidairement responsable de leur sauvegarde. Elle se doit de les leur transmettre dans toute la richesse de leur authenticité.

Il est dès lors essentiel que les principes qui doivent présider à la conservation et à la restauration des monuments soient dégagés en commun et formulés sur un plan international, tout en laissant à chaque nation le soin d'en assurer l'application dans le cadre de sa propre culture et de ses traditions.

En donnant une première forme à ces principes fondamentaux, la Charte d'Athènes de 1931 a contribué au développement d'un vaste mouvement international, qui s'est notamment traduit dans des documents nationaux, dans l'activité de l'ICOM et de l'UNESCO, et dans la création par cette dernière du Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels. La sensibilité et l'esprit critique se sont portés sur des problèmes toujours plus complexes et plus nuancés ; aussi l'heure semble venue de réexaminer les principes de la Charte afin de les approfondir et d'en élargir la portée dans un nouveau document.

En conséquence, le IIe Congrès International des Architectes et des Techniciens des Monuments Historiques, réuni à Venise du 25 au 31 mai 1964, a approuvé le texte suivant :

DEFINITION

Article 1^{er}

La notion de monument historique comprend la création architecturale isolée aussi bien que le site urbain ou rural qui porte témoignage d'une civilisation particulière, d'une évolution significative ou d'un événement historique. Elle s'étend non seulement aux grandes créations mais aussi aux oeuvres modestes qui ont acquis avec le temps une signification culturelle.

Article 2^{ème}

La conservation et la restauration des monuments constituent une discipline qui fait appel à toutes les sciences et à toutes les techniques qui peuvent contribuer à l'étude et à la sauvegarde du patrimoine monumental.

Article 3^{ème}

La conservation et la restauration des monuments visent à sauvegarder tout autant l'œuvre d'art que le témoin d'histoire.

CONSERVATION

Article 4^{ème}

La conservation des monuments impose d'abord la permanence de leur entretien.

Article 5^{ème}

La conservation des monuments est toujours favorisée par l'affectation de ceux-ci à une fonction utile à la société ; une telle affectation est donc souhaitable mais elle ne peut altérer l'ordonnance ou le décor des édifices. C'est dans ces limites qu'il faut concevoir et que l'on peut autoriser les aménagements exigés par l'évolution des usages et des coutumes.

Article 6^{ème}

La conservation d'un monument implique celle d'un cadre à son échelle. Lorsque le cadre traditionnel subsiste, celui-ci sera conservé et toute construction nouvelle, toute destruction et tout aménagement qui pourrait altérer les rapports de volumes et de couleurs sera proscrit.

Article 7^{ème}

Le monument est inséparable de l'histoire dont il est le témoin et du milieu où il se situe. En conséquence, le déplacement de tout ou partie d'un monument ne peut être toléré que lorsque la sauvegarde du monument l'exige ou que des raisons d'un grand intérêt national ou international le justifient.

Article 8^{ème}

Les éléments de sculpture, de peinture ou de décoration qui font partie intégrante du monument ne peuvent en être séparés que lorsque cette mesure est la seule susceptible d'assurer leur conservation.

RESTAURATION

Article 9^{ème}

La restauration est une opération qui doit garder un caractère exceptionnel. Elle a pour but de conserver et de révéler les valeurs esthétiques et historiques du monument et se fonde sur le respect de la substance ancienne et de documents authentiques. Elle s'arrête là où commence l'hypothèse sur le plan des reconstitutions conjecturales, tout travail de complément reconnu indispensable pour raisons esthétiques ou techniques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps. La restauration sera toujours précédée et accompagnée d'une étude archéologique et historique du monument.

Article 10^{ème}

Lorsque les techniques traditionnelles se révèlent inadéquates, la consolidation d'un monument peut être assurée en faisant appel à toutes les techniques modernes de conservation et de construction dont l'efficacité aura été démontrée par des données scientifiques et garantie par l'expérience.

Article 11^{ème}

Les apports valables de toutes les époques à l'édification d'un monument doivent être respectés, l'unité de style n'étant pas un but à atteindre au cours d'une restauration. Lorsqu'un édifice comporte plusieurs états superposés, le dégagement d'un état sous-jacent ne se justifie qu'exceptionnellement et à condition que les éléments enlevés ne présentent que peu d'intérêt, que la composition mise au jour constitue un témoignage de haute valeur historique, archéologique ou esthétique et que son état de conservation soit jugé suffisant. Le jugement sur la valeur des éléments en question et la décision sur les éliminations à opérer ne peuvent dépendre du seul auteur du projet.

Article 12^e

Les éléments destinés à remplacer les parties manquantes doivent s'intégrer harmonieusement à l'ensemble, tout en se distinguant des parties originales, afin que la restauration ne falsifie pas le document d'art et d'histoire.

Article 13^{ème}

Les adjonctions ne peuvent être tolérées que pour autant qu'elles respectent toutes les parties intéressantes de l'édifice, son cadre traditionnel, l'équilibre de sa composition et ses relations avec le milieu environnant.

SITES MONUMENTAUX

Article 14^{ème}

Les sites monumentaux doivent faire l'objet de soins spéciaux afin de sauvegarder leur intégrité et d'assurer leur assainissement, leur aménagement et leur mise en valeur. Les travaux de conservation et de restauration qui y sont exécutés doivent s'inspirer des principes énoncés aux articles précédents.

FOUILLES

Article 15^{ème}

Les travaux de fouilles doivent s'exécuter conformément à des normes scientifiques et à la « Recommandation définissant les principes internationaux à appliquer en matière de fouilles archéologiques » adoptée par l'UNESCO en 1956.

L'aménagement des ruines et les mesures nécessaires à la conservation et à la protection permanente des éléments architecturaux et des objets découverts seront assurés. En outre, toutes initiatives seront prises en vue de faciliter la compréhension du monument mis au jour sans jamais en dénaturer la signification.

Tout travail de reconstruction devra cependant être exclu a priori, seule l'anastylose peut être envisagée, c'est à dire la reconstitution des parties existantes mais démembrées. Les éléments d'intégration seront toujours reconnaissables et représenteront le minimum nécessaire pour assurer les conditions de conservation du monument et rétablir la continuité de ses formes.

DOCUMENTATION ET PUBLICATION

Article 16^{ème}

Les travaux de conservation, de restauration et de fouilles seront toujours accompagnés de la constitution d'une documentation précise sous forme de rapports analytiques et critiques illustrés de dessins et de photographies. Toutes les phases de travaux de dégagement, de consolidation, de reconstitution et d'intégration, ainsi que les éléments techniques et formels identifiés au cours des travaux y seront consignés. Cette documentation sera déposée dans les archives d'un organisme public et mise à la disposition des chercheurs ; sa publication est recommandée.

GROS ŒUVRE

TAILLE DE PIERRE

**RESSOURCES FORMATIVES
LIVRET TRAVAIL ET SECURITE**



Votre avenir
nous engage

Direction Technique Toulouse
Département Bâtiment Travaux Publics



Taille de Pierre

RESSOURCES FORMATIVES

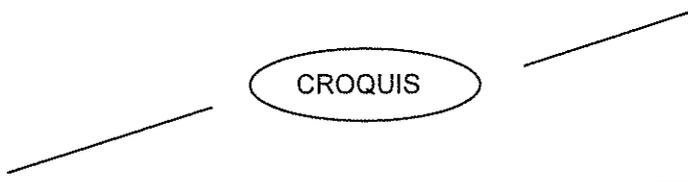
LIVRET TRAVAIL ET SECURITE

LIVRET TRAVAIL ET SECURITE

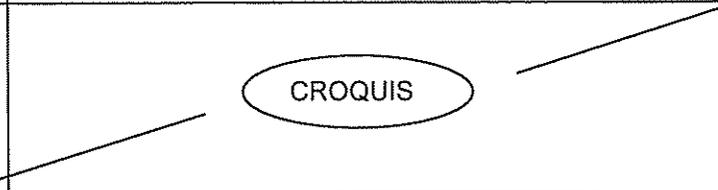
	Sommaire	Page	2
	Questionnaire	Pages	3 à 16
1 -	Outils	Pages	17 à 42
2 -	Bardage et débit	Pages	43 à 65
3 -	Taille	Pages	66 à 78
4 -	Pose	Pages	79 à 96
5 -	Liants et mortiers	Pages	97 à 108
6 -	Echafaudages et étaielements	Pages	109 à 127

Questionnaire

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
6	TS 4	Quelle est la marche à suivre pour remplacer une pierre au milieu d'un parement ?	
10	TS 5	Citer 3 liants utilisés dans le bâtiment. Dire lequel est déconseillé pour la pierre et pourquoi ?	
14	TS 5	De quoi est composé un mortier ?	
26	TS 5	A partir de quels matériaux sont fabriqués : - le ciment - La chaux hydraulique - le plâtre.	
27	TS 6	De quoi a-t-on besoin pour étayer une baie lors de la pose des claveaux ? Faites le dessin et détaillez les parties.	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
28	TS 4	Quelles sont les principales méthodes de pose ?	
29	TS 4	Qu'est-ce que l'évidement ? Le refouillement ?	
30	TS 5	Qu'est-ce qu'un mortier à 350 kg/m ³ ?	
31	TS 5	Donnez les définitions des expressions suivantes : - liant aérien - liant hydraulique - mortier maigre - mortier gras.	
32	TS 4	Qu'est-ce qu'une agrafe ? Un goujon ? Quels métaux peut-on utiliser pour les réaliser ?	
33	TS 4	Dans quel ordre pose-t-on les pierres d'un arc ? Vous pouvez vous aider d'un croquis.	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
34	TS 2	Énumérez-les mesures de sécurité avant et pendant l'utilisation de la scie à chaîne.	
51	TS	Les moins de 18 ans sont-ils autorisés à effectuer des travaux en hauteur ?	
53	TS 6	Quel « pied » donner à une échelle pour avoir une inclinaison correcte ?	
57	TS 3	Quelles sont les mesures de préventions particulières à la taille du grès en atelier (individuelles x collectifs) ?	
60	TS 4	Donner la méthode d'exécution employée pour le fichage et le coulage d'une assise de pierre posée.	
61	TS 3	Donner les différentes tailles dans leur ordre chronologique.	
63	TS 1	Quelles sont les mesures de protection à prendre pour changer un disque d'une tronçonneuse électrique ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
65	TS 4	Vous avez besoin de cales de bois pour la pose de blocs de pierre de taille ; vous trouvez à la menuiserie du peuplier, du sapin, du pin. Quelles essences de bois choisirez-vous ? Justifiez votre réponse.	
66	TS	Dans une cheminée en pierre, le jambage droit est cassé ; on vous demande de le restaurer. Décrivez la méthode de remplacement du morceau détérioré.	
67	TS 4	Comment réalise-t-on et pour quelles pierres : - Des joints au plâtre à modeler coupés ? - Des joints au mortier de chaux blanche brossés ?	
69	TS 2	Sur un chantier de taille de pierre, le responsable vous demande de manutentionner des blocs de 1,5 à 2 tonnes avec un pont roulant : quelles précautions devez-vous prendre pour lever et empiler ces blocs ?	
70	TS 6	Composition et dimension d'un élément garde-corps d'échafaudage ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
72	TS 4	Décrivez la méthode d'exécution employée pour changer une pierre défectueuse dans une façade ancienne.	
77	TS 6	Vous devez poser des corniches à l'extérieur ; chaque élément pèse 200 kg. Quelle méthode de pose, choisissez-vous ? Quel liant ? Quel dosage ?	
78	TS 6	Vous devez installer un échafaudage de pied au droit d'une façade sur 10 mètres de hauteur. A 7 mètres, vous voyez une ligne d'électricité qui arrive sur la façade (fils nus) : quelles mesures prenez-vous ?	
79	TS 2	Vous avez une charge à soulever ou à poser manuellement ; quelles précautions devez-vous prendre pour votre sécurité ?	
80	TS	Un ouvrier tombe d'un échafaudage ; vous vous trouvez à côté de lui, sans connaissances médicales, ni de secourisme. Il souffre de la colonne vertébrale : que faites-vous ?	
81	TS 6	Citez les différents types d'échafaudages utilisés pour le ravalement de façade.	
82	TS 6	Quelle charge peut-on transporter sur une échelle ?	
83	TS 1	Quels sont les éléments caractéristiques des chaussures de sécurité ?	

Date : CFPA de : Nom :

N ^o	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
84	TS 1	Quelles précautions doit-on prendre lors de l'utilisation d'une tronçonneuse à disque ?	
85	TS 2	Quelles sont les règles de sécurité à observer avant d'utiliser des élingues plates en fibre artificielle ?	
86	TS 2	Que devez-vous vérifier lors du chargement en vue de son transport d'un bloc de 4 tonnes ?	
87	TS 1	Quelles sont les précautions à prendre pour utiliser les outils à main ?	
88	TS 1	Citez les moyens de protection individuels que vous connaissez ?	
99	TS 3	Qu'est-ce qu'un épannelage ?	
101	TS 3	En quoi consiste la méthode par équarrissement ?	
102	TS 3	Qu'est-ce que la taille directe ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
113	TS 3	Qu'est-ce qu'une plumée ?	
116	TS 4	Qu'est-ce qu'un refouillement ?	
125	TS 3	Qu'est-ce que démaigrir ?	
127	TS 2	Qu'est-ce que le bardage ?	
128	TS 3	Qu'est-ce que dresser un parement ?	
143	TS 2	Qu'est-ce que jauger ?	
144	TS 3	Qu'est-ce que laisser du gras (donner un exemple) ?	
145	TS 3	Que signifie « amaigrir » ?	

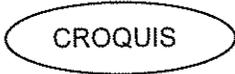
Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
147	TS 3	Qu'est-ce que rafraîchir ?	
158	TS 4	Quelles sont les précautions à prendre pour avoir une bonne adhérence entre les liants et les matériaux (pierre, agrégats) ?	
159	TS 3	En taille de pierre, qu'appelle-t-on écornure ?	
165	TS 3	Qu'est-ce qu'affleurer ?	
166	TS 1	Qu'est-ce qu'un aplomb ?	
170	TS 3	Qu'est-ce qu'araser ?	
172	TS 4	Qu'est-ce que poser de champ ?	
177	TS 3	Qu'est-ce que tracer par dérochement ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
179	TS 2	Quelles précautions doit-on prendre pour lever une charge à l'aide d'une poulie ?	
180	TS 2	Quelles précautions doit-on prendre pour déplacer une charge en la faisant glisser sur un plan incliné ?	
181	TS 2	Quelle indication doit-on trouver sur la plaque signalétique des treuils ?	
182	TS 2	Décrire le mode opératoire pour effectuer le levage progressif d'une lourde charge à l'aide de vérins ?	
183	TS 2	Que peut-il se produire si, en levant une charge avec un cric à crémaillère, on a oublié de mettre en place le cliquet de sécurité ?	
184	TS 6	A partir de quelle hauteur doit-on équiper un plancher de travail de garde-corps ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
185	TS 6	Quelles précautions doit-on prendre pour une plate-forme installée à l'intérieur d'une construction et en bordure d'une ouverture ?	
186	TS 6	A quelle hauteur doit être placée la poulie par rapport au plancher de travail ? Justifiez votre réponse. Vous pouvez vous aider d'un croquis.	
187	TS 6	Quelle précaution doit-on prendre lorsque les garde-corps sont fixés sur des étais métalliques à vis ?	
188	TS 6	Quelles sont les mesures à prendre pour prévenir les chutes de plain-pied ?	
189	TS 6	Qu'est-ce qu'un chevalement ?	
190	TS 6	Qu'est-ce qu'une chèvre ?	
191	TS 6	Comment empêcher le glissement du pied d'une échelle sur un carrelage lisse ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
205	TS 1	Quels sont les risques liés au port de vêtements flottants ?	
206	TS 2	Quelles sont les mesures de sécurité à prendre avant la mise en service d'une tronçonneuse électrique ?	
207	TS 2	Énumérer les précautions à prendre avant, pendant et après la manipulation manuelle des blocs ?	
211	TS 4	Qu'est-ce que l'implantation ?	
214	TS 3	Que signifie l'action de dégauchir une face ?	
224	TS 6	Qu'appelle-t-on un bandeau ?	
225	TS 6	Quelles sont les précautions à prendre lors de l'élaboration d'une sapine ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
234	TS4	Quel est le rôle des coins dans un cintrage ?	
241	TS 1	Quelles précautions doit-on prendre pour le travail de la pierre dure ?	
247	TS 4	Pourquoi relier les mains courantes avec des agrafes coulées au plomb ?	
248	TS 4	Peut-on couler les agrafes avec autre chose que le plomb ?	
263	TS 4	Citer différentes méthodes de pose de la pierre.	
264	TS 4	Qu'appelle-t-on « pose en tiroir » ?	
265	TS 5	Quelle est la maladie liée à l'utilisation du ciment ?	
266	TS 1	Dans le cas d'un moteur électrique triphasé plus terre, si la tronçonneuse tourne à l'envers que faut-il faire ?	

Date : CFPA de : Nom :

N°	Réf.	Libellé questionnaire	Réponse
267	TS 1	Quelles sont en électricité les couleurs : - Du fil de terre ? - Du neutre ? - De la phase ?	
268	RP 1	Le granit est-il une roche ignée ou sédimentaire ?	
269	TS 3	Qu'est-ce qu'une épaufrure ?	
270	TS 3	Qu'est-ce que dresser une pierre ?	
271	TS 5	Dans le mortier, quel est le rôle du liant ?	
272	TS 5	Quel est le rôle de l'eau comme composant des mortiers ?	
273	TS 5	Dans un mortier, quel est le rôle du sable ?	

1 - Outils

1. DESCRIPTIF DE L'OUTILLAGE

Remarque : classification par 3 groupes.

- *Outils de frappe* ⇒ masse qui tape sur l'outil
- *Outils d'attaque* ⇒ outil qui est frappé par la masse
- *Outils d'attaque directe* ⇒ outil tenu à deux mains.

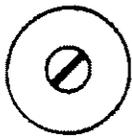
L'angle d'attaque étant l'angle représenté entre l'inclinaison de l'outil et la surface travaillée.

L'outillage pierre dure

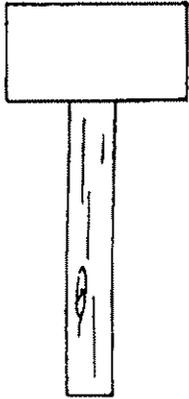
<u>Massette</u>	Outil de frappe. La nature de la masse peut être en acier, fer, bronze, bois (buis), le manche en bois ou plastic ; il existe des massettes de plusieurs formes ; les plus courantes parallépipédiques, cubiques, celles appelées « portugaise » en cône tronqué. Le poids est variable de 500 g. à 1500 g., la longueur du manche aussi ; C'est le goût du tailleur de pierre qui lui fera choisir une forme, un poids avec l'impératif du travail à réaliser. De tous ces facteurs dépendra l'inerte de l'impact qui est le premier intermédiaire entre l'énergie du tailleur et la résistance de la pierre. Il est donc important de choisir une massette adaptée.
<u>Pointe</u>	Outil d'attaque , tout acier - embout en forme de pyramide plus ou moins effilée, la section et la longueur peuvent varier. Angle d'attaque 45° environ.
<u>Tétu</u>	Outil d'attaque directe s'utilise pour la taille grossière ; son côté concave éclate la pierre alors que l'autre la pique.
<u>Chasse</u>	Outil d'attaque directe tout acier, très résistant. Son extrémité est un plan biaisé qui dégage la pierre en contrôlant la direction de l'éclat - angle d'attaque perpendiculaire à la pierre, celle-ci devant présenter un plan franc ; l'impact de la massette doit être franc et puissant.
<u>Pied de biche</u>	Outil d'attaque tout acier, extrémité à deux cents très solides - outil intermédiaire entre la pointe et la gradine - angle d'attaque variable (45° environ).
<u>Gradine</u>	Outil d'attaque tout acier, extrémité tranchante avec des dents ; la largeur de la pane et le nombre de dents sont variables - les dents des extrémités sont plus trapues (elles s'appellent sommier) pour résister aux pressions de côté et ne pas casser - angle d'attaque variable (45° environ).
<u>Ciseau</u>	Outil d'attaque tout acier, extrémité tranchante sur toute la largeur de la pane ; c'est l'outil qui sert à faire les ciselures ou une surface presque lisse - angles d'attaque variable (45° environ).
<u>Boucharde</u>	Outil d'attaque directe, inventé au XVIIIème siècle, les pointes étant forgées dans la masse ; actuellement la tête est interchangeable - le nombre de pointes est variable suivant l'usage désiré, jeu de pointe - pour dégrossir, beaucoup de pointe pour une finition (parement bouchardé). Outil qui ne pique ni ne tranche la pierre, mais l'écrase ; il s'utilise avec beaucoup de précaution car certaines pierres ne supportent pas son emploi (les grès en particulier). C'est en effet le seul outil qui écrase la pierre. Poids de 500 g. à 2000 g. Angle d'attaque perpendiculaire.

OUTILLAGE PIERRE DURE

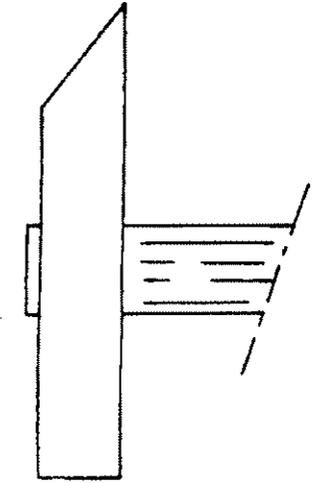
échelle : 1 cm pour 4 cm



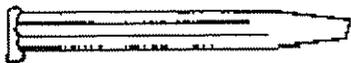
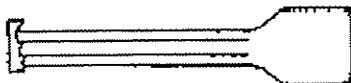
Massette



Pointe



Têteu



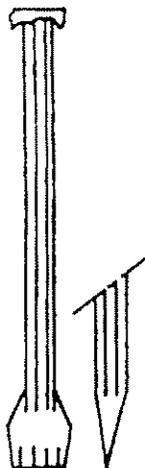
Chasse



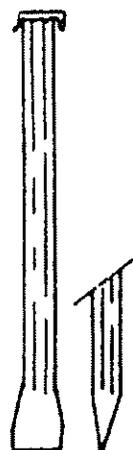
Boucharde



Pied de biche



Gradine



Ciseau

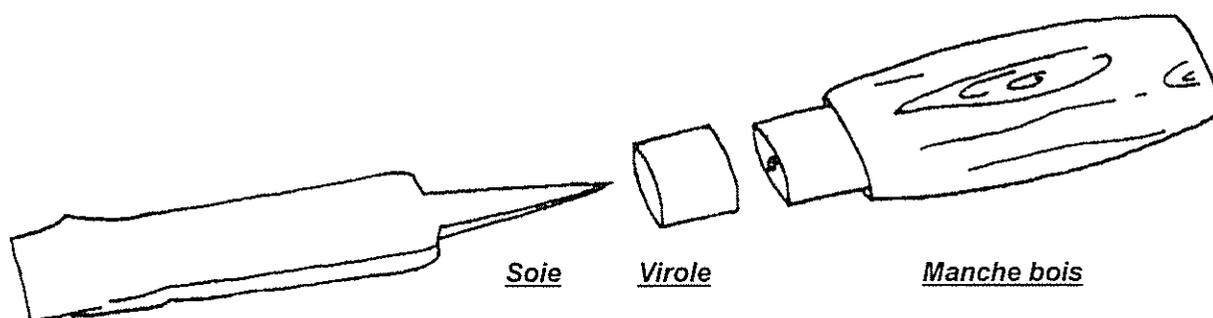
L'outillage pierre tendre

<u>Les taillants</u>	Outils d'attaque directe - poids variable entre 1500 g. et 2000 g. - angle d'attaque variable (45° environ).
<u>Le rustique</u>	A sur ses deux panes des dents de type « grain d'orge ».
<u>Le bretté</u>	A pour ses deux panes des dents de type « gradine ».
<u>La polka</u>	A une pane dans l'axe du manche alors que l'autre pane est perpendiculaire.
<u>Le taillant</u>	A ses deux panes tranchantes sur toute la largeur.

Il existe des combinaisons possibles :

- Sur une pane l'on trouve des dents gradines , sur l'autre des dents grain d'orge.
- Une pane gradine, l'autre sans dent. Etc...

<u>Massette</u>	Idem pierre dure.
<u>Chasse</u>	Idem pierre dure. Elle sera souvent plus large car la résistance de la pierre est moindre.
<u>Pointe</u>	Idem pierre dure, seule la trempe change.
<u>Ciseau</u>	Le ciseau à dent gradine en grain d'orge, la gouge, sont emmanchés - croquis ci-dessous ; ce sont des outils d'attaque.



Outil emmanché

<u>Gouge</u>	Il est possible d'utiliser la gouge dans la pierre tendre, c'est un outil fragile qui casse dans la pierre dure ou y est inefficace - il existe des variantes à dents - la courbure de la gouge est également variable.
<u>Chemin de fer</u>	Outil d'attaque directe - il est constitué d'une plaque de bois (hêtre) plate, sur laquelle des lames métalliques sont disposées en quinconce ; quand les lames sont dentées, le chemin de fer prend l'appellation de « dévorant » - utilisé pour dégauchir une surface.

Les rabotins

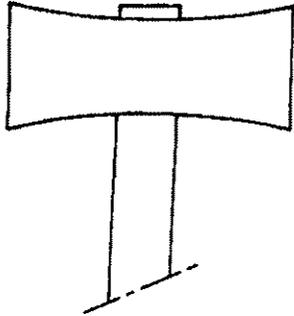
Outil d'attaque directe comme le chemin de fer, ils sont constitués d'une plaque de bois et de lames, à la différence qu'elles ne sont pas forcément plates. Il existe une multitude de rabotins, chacun différent par sa taille et son profil ; les lames peuvent être dentés ou pas, planes, rondes, creuses ; le support bois peut lui aussi avoir une forme courbe, c'est l'impératif de la moulure qui crée le rabotin.

La sciote

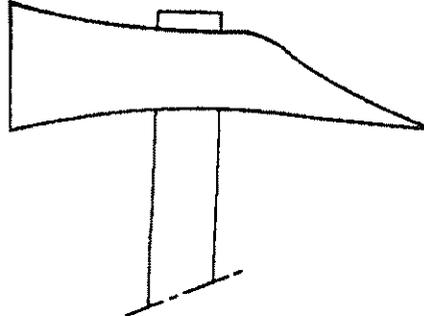
Petite scie qui coupe pour dégager une arête.

OUTILLAGE PIERRE TENDRE

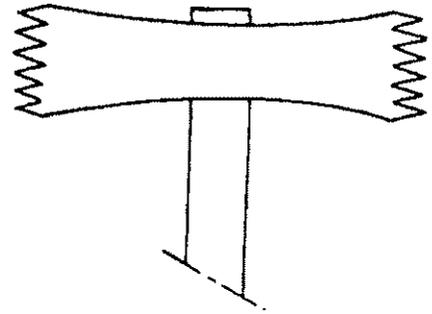
échelle : 1 cm pour 4 cm



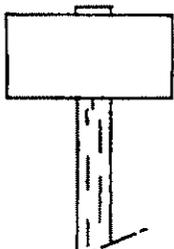
Taillant



Polka



Rustique



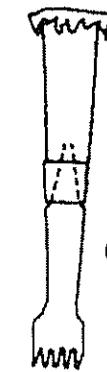
Massette



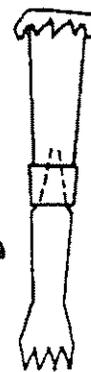
Massette



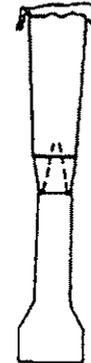
Chasse



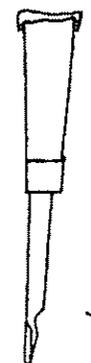
Gradine



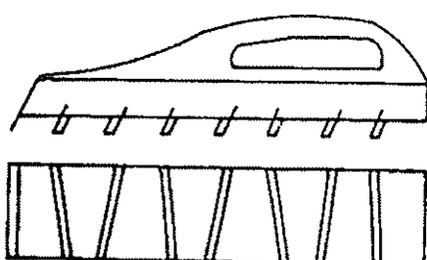
Grain



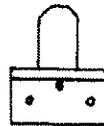
Ciseau



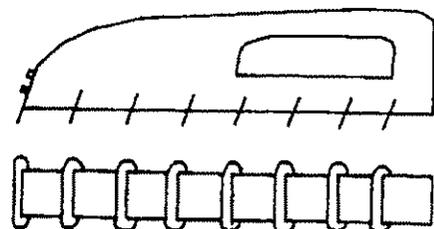
Gouge



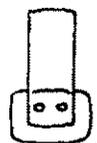
Chemin de fer dévorant



Lame



Rabotin



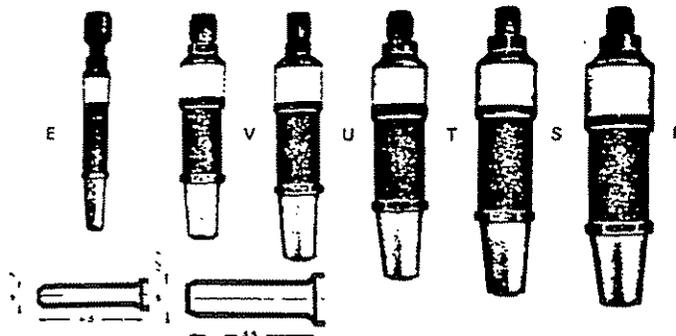
Sciotte

L'outillage pneumatique

L'air comprimé a fait son entrée dans les ateliers de taille depuis près de 50 ans. La plupart en sont maintenant équipés soit :

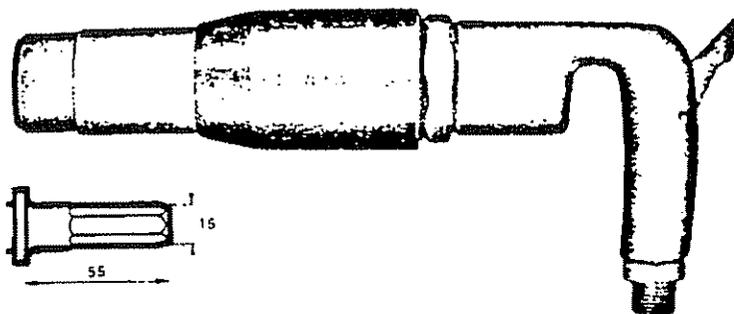
- Par branchement au réseau (par exemple, Paris possède un réseau air comprimé).
- Par un compresseur électrique, diesel, qui fournit l'air comprimé.

Par l'intermédiaire de tuyau souple muni à son extrémité d'un robinet, l'on peut brancher différentes sortes de marteaux. La pression d'utilisation est de 3 bars en moyenne et leur consommation variant de 100 l/mn pour un petit marteau à gravure de 240 g., à 200 l/mn pour un marteau piqueur de 3 kg. Ayant un rendement très élevé pour les gros travaux.



Normalisation tête d'outil

Le principe de fonctionnement est le même que celui décrit précédemment Ch. II.1.3 pour les marteaux perforateurs, avec la suppression (par un artifice mécanique) du mouvement de rotation de l'outil ; seul persiste la percussion.

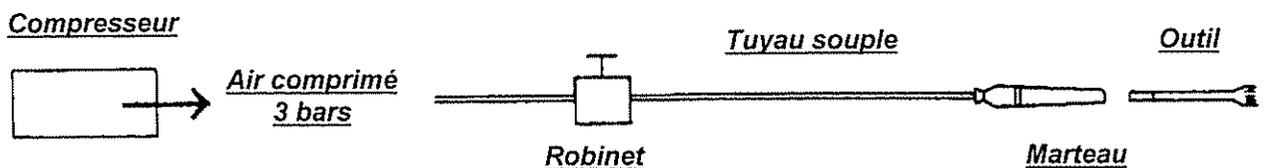


Marteau piqueur 3 kg

On adapte tous les outils d'attaque dans les marteaux, pourvu que la tête soit calibrée suivant la norme - voir ci-dessus.



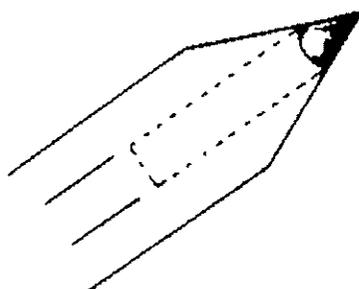
Schéma type de branchement



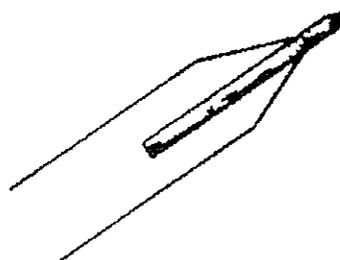
Les outils à extrémité tungstène

Le tungstène est un alliage récemment inventé qui est très résistant à l'usure ; il a révolutionné le travail des pierres très dures (granit) et maintenant s'emploie très souvent :

- Que ce soit pour les pointes, gradines, ciseaux, bouchardes, c'est une partie de tungstène soudée à l'intérieur, en bout d'outil.



Embout tungstène



- Très utilisé sur le granit et certains marbres, cet outillage est relativement cher à l'achat et difficilement fabriqué par soi-même ; par contre sa grande résistance lui donne une longévité très grande.

A titre d'exemple, un tailleur sur granit a besoin d'une vingtaine de pointes forgées par jour, toutes bonnes pour la forge en fin de journée, alors qu'avec deux pointes tungstène qui se contenteront d'un affûtage en fin de journée il aura accompli le même travail ;

Il apparaît donc clairement l'avantage de ces outils qui en plus permettent un travail très fin sans grande difficulté.

Cet outillage demande quelques précautions :

- Ne pas trop les faire chauffer, donc changer d'outil de temps en temps.
- Ne jamais les coincer, sinon la pastille soudée se casse ou se dessoude (le tungstène est résistant à la compression et à l'usure, mais beaucoup moins à la flexion).
- Ne pas trop les faire chauffer à l'affûtage.

L'affûtage

Pour les outils forgés et trempés, il se fait sur une surface de grès, en choisissant l'inclinaison de l'outil par rapport au grès et d'un mouvement de va-et-vient e appuyant sur l'aller, le tout avec un apport d'eau.

Cette technique, bien que rudimentaire, est la meilleure car elle ne chauffe pas les outils et donc ne peur pas les détremper.

Quand la partie de l'outil trempé est usée, il faut reforger l'outil et le retremper.

L'outillage tungstène s'affûte sur une meule spéciale (plus douce) - Attention, ne pas trop faire chauffer l'outil.

Entretien des outils

Les outils servant peu, doivent être rangés dans une caisse ceux d'emploi immédiat sont dans la baladeuse, dans un endroit à l'abri de l'humidité, car la rouille attaque l'acier.

Pour les périodes assez longues de non-utilisation, on prend soin de passer, sur tout ce qui est acier, un corps gras soit avec un chiffon, soit avec un pinceau.

Si les lames d'un chemin de fer sont usées, on les remplace avant rangement, car les lames usées et rouillées sont difficiles à extraire de la monture.

Faire rebattre ciseaux et poinçons, taillants et polkas, s'il y a lieu, pour avoir sous la main et à tout instant, des outils en bon état pour l'exécution de travaux à réaliser.

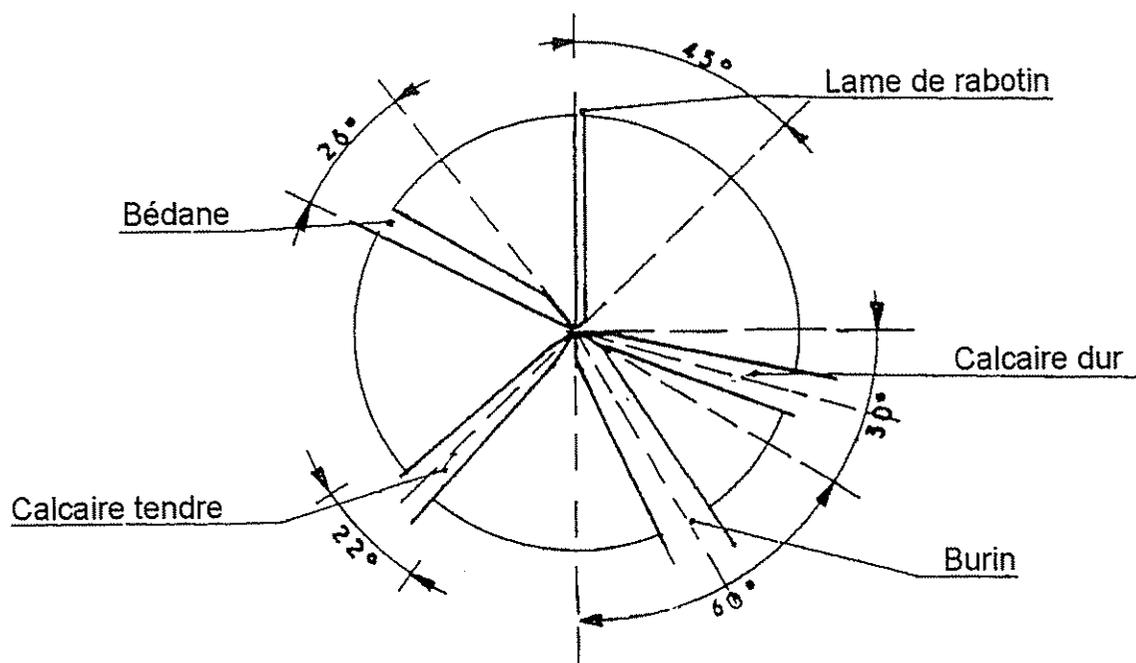
L'affûtage est une opération à ne pas négliger. La valeur des ravalements avec les rabotins et la valeur de la coupe des pierres avec les ciseaux droits ou autres, dépendent principalement de la qualité de leur arête tranchante. Celle-ci doit être de temps à autre, avivée par usure sur un corps dur (émeri) et terminée sur un corps tendre (grès).

L'affûtage est préférable en milieu humide (meule à eau), pour éviter le détrempage des arêtes tranchantes.

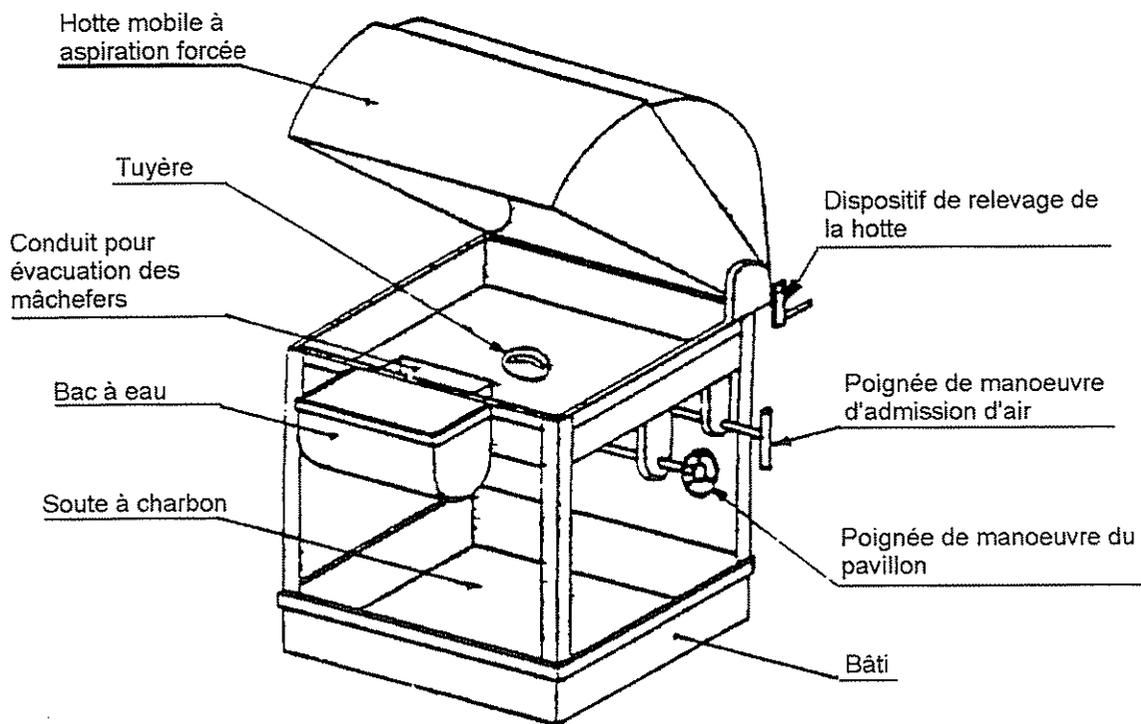
La technique d'affûtage diffère avec la forme des tranchants. Les meules employées de nos jours sont en général de l'émeri, travail à sec plus régulier et plus rapide, mais risques de détremper l'outil.

On termine l'affûtage sur un grès tendre et à l'eau, en déplaçant par un mouvement circulaire et alternatif, le ou les côtés de l'outil ;

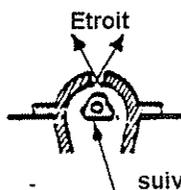
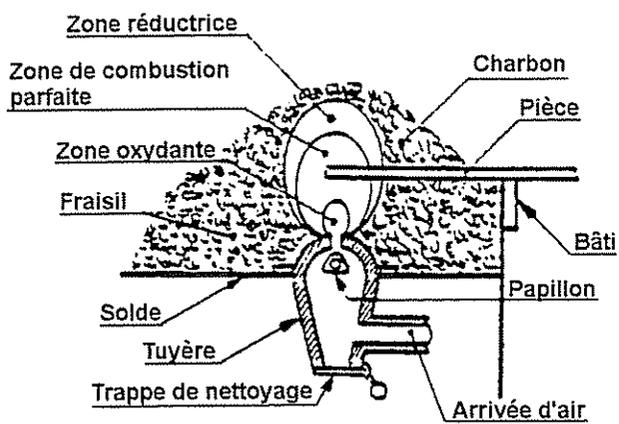
Les lames des rabotins s'affûtent avec un tiers-point ; L'angle de coupe est variable suivant l'outil ; pour un ciseau il est de 8 à 12°, pour le bédane de 26 à 30°...



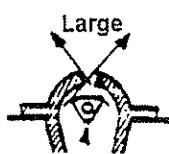
FORGE



CHAUFFAGE DE L'ACIER



FOYER



suivant position du papillon

couleurs	Degrés C
Rouge sombre naissant	500°
Rouge sombre	650°
Rouge cerise naissant	800°
Rouge cerise	900°
Rouge cerise clair	950°
Jaune	1000°
Jaune clair	1100°
Blanc soudant	1200°
Blanc éblouissant	1300°

TRAITEMENTS THERMIQUES

TREMPE

Refroidissement brusque d'un acier trempant, préalablement chauffé au rouge cerise clair (950° environ).

La trempe durcit les aciers, mais les rend fragiles.

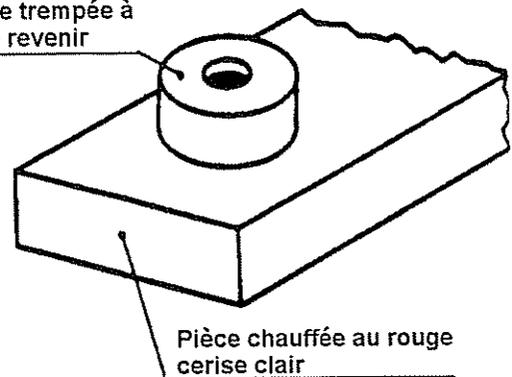
REVENU

Le revenu diminue les tensions internes et donne une certaine élasticité à la pièce trempée, tout en lui conservant une dureté suffisante.

1. Par chaleur externe

Pratiqué sur des petits outils : pointe à tracer, tournevis, chasse-goupille ou pour des pièces à durcir dans la masse : lames de cisaille, matrices, etc...

Pièce trempée à faire revenir

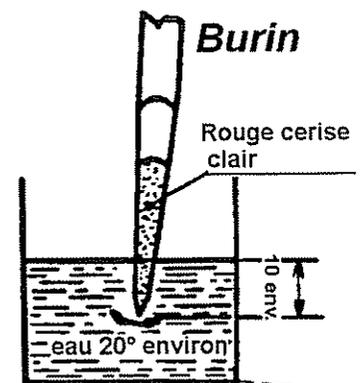


2. Par chaleur interne

Pratiqué pour les outils de choc : burin, bédane, etc...

MODE OPERATOIRE : TREMPE + REVENU

- Chauffer le taillant au rouge cerise sur 25 à 30 mm.
- Tremper verticalement dans l'eau une longueur de 15 à 20 mm environ en déplaçant la pièce (pour éviter l'échauffement de l'eau environnante).
- Polir rapidement une face du taillant avec un morceau de grès ou une brosse métallique laisser revenir la chaleur.
- Arrêter le revenu à la couleur désirée en plongeant dans l'eau l'extrémité du taillant.
- Terminer le refroidissement de la partie arrière par plongées rapides et successives pour éviter le réchauffement du taillant.



Couleurs	Température	Couleurs	Température
Jaune paille	230°	Violet	280°
Jaune d'or	250°	Bleu	295°
Gorge de pigeon	265°	Bleu gris	310°

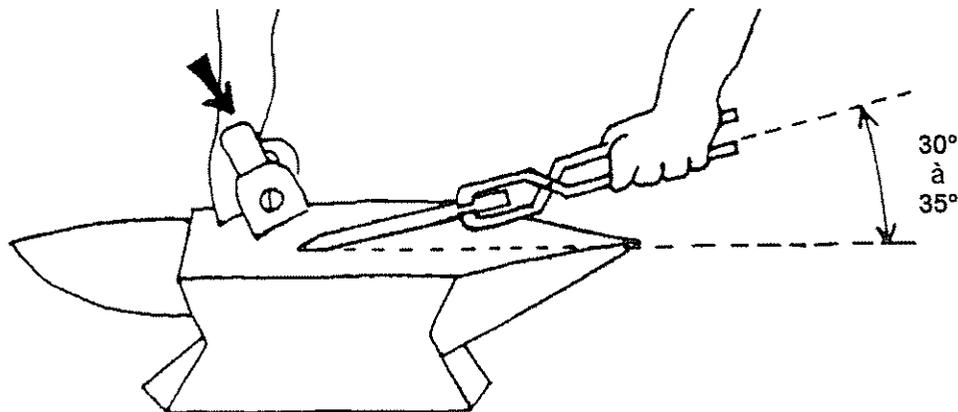
RECUIT

Le recuit définit l'effet de la trempe et l'effet d'écrouissage produit par le forgeage - Chauffer au rouge cerise clair et laisser refroidir lentement dans les cendres - Les outils doivent être recuits avant d'être trempés.

La chauffe et la forge

- Préchauffer lentement les outils pour ensuite les chauffer jusqu'à la température de forge qui est environ 1000°.
- Forger l'outil et s'arrêter vers 700°.
- Respecter un angle de 35° à 30° pour positionner le poinçon sur l'enclume - pour les ciseaux cet angle est plus faible.

Schéma positionnement sur l'enclume



- La table du marteau doit être parallèle à la face de frappe.
- Toujours tenir le manche du marteau d'équerre à la pièce à forger.
- Et nous répétons, avoir une bonne pince pour que le métal incandescent ne puisse échapper quand l'on frappe.

S'il est possible de trouver de l'*acier fondu au carbone*, ce sera le meilleur - il existe en présentation différente : en tige octogonale de section variable ou en barre de grosseur variable ; Quelques matériaux de récupération peuvent être très utiles ; ils sont même très prisés pour la qualité de leur acier : les vieilles limes usées (outils emmanchés), les ressorts à lame des suspensions de camions et voitures, les tiges de soupapes, les arbres de transmission.

Tous les outils énumérés d'attaque ou d'attaque directe sont en acier forgé ; l'extrémité est trempé suivant la dureté de la pierre : il est préférable que la tête de l'outil (seulement pour les outils d'attaque) soit resserrée à la forge et non trempé ou très légèrement, sinon risque d'éclat de métal très dangereux.



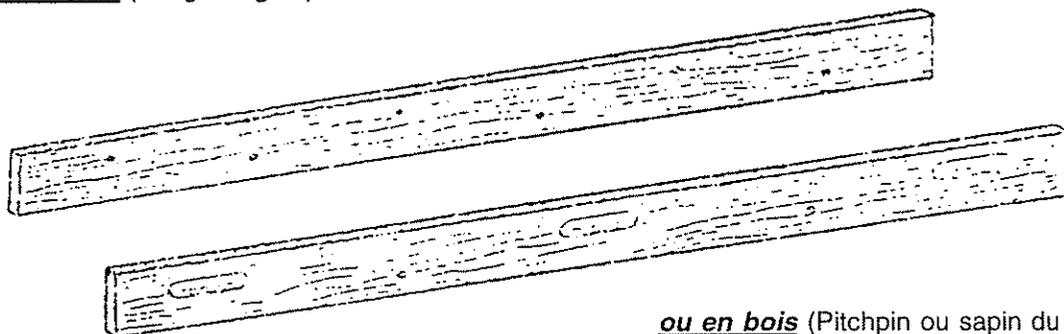
Tête de l'outil resserrée à la forge

Règles

Les règles permettent :

- D'effectuer des tracés de ligne droite.
- De vérifier des alignements, des plans.
- De reporter des niveaux.
- De dresser des arêtes ou des surfaces (enduits).

Métalliques (alliages légers)

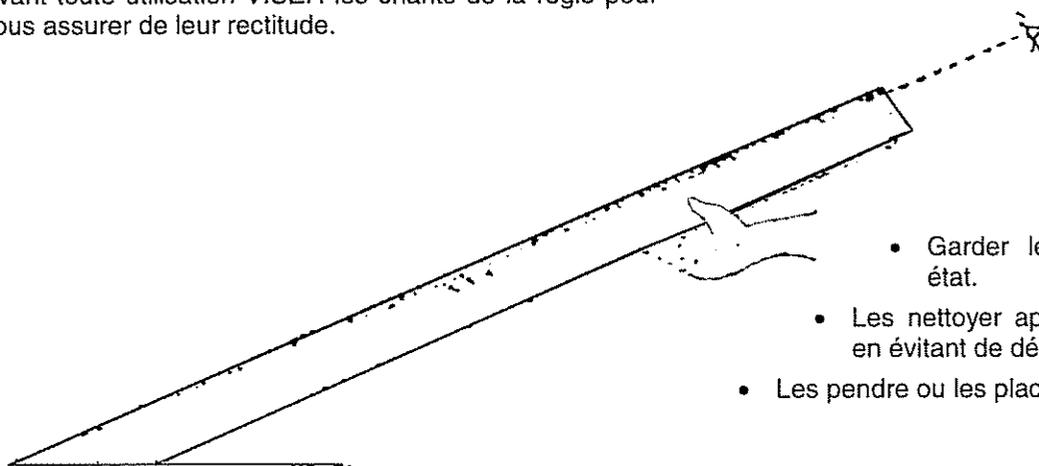


ou en bois (Pitchpin ou sapin du Nord dont les fibres serrées s'opposent aux déformations).

- ❶ Les règles ne doivent jamais traîner à terre. Risques d'abîmer les arêtes et de brisure en marchant ou en renversant une pierre ou une chute de pierres dessus.
- ❷ Les règles sont percées de trous pour en conserver la rectitude. Les accrocher par un de ses trous ou les poser verticalement à l'abri en lieu sûr.
- ❸ Ne pas faire glisser les règles entre les mains. Risques de blessures sérieuses par pénétration d'échardes dans les mains.

A la suite d'une trop longue exposition au soleil ou à la pluie, des perforations et des évidements doivent être pratiqués sur les règles longues pour diminuer les risques de déformation.

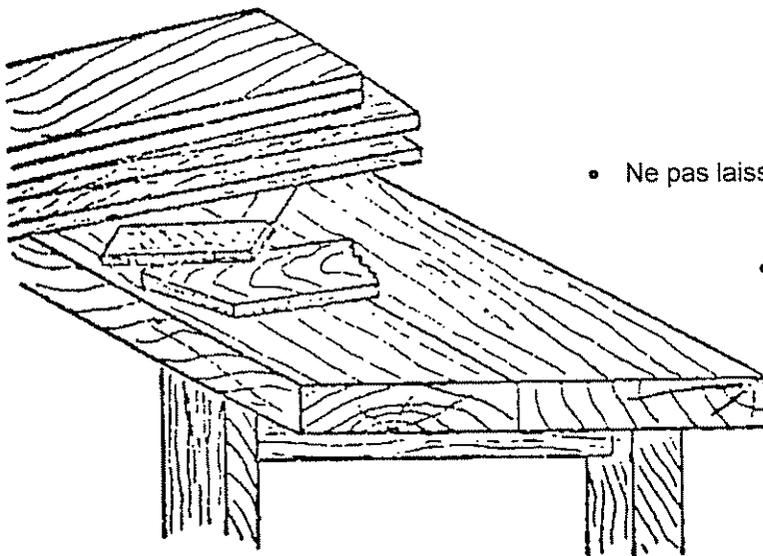
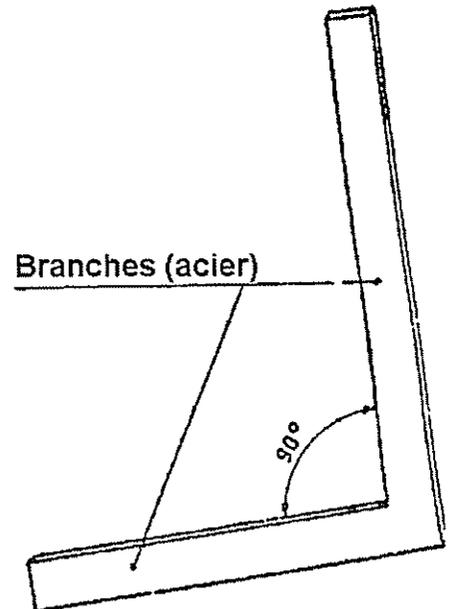
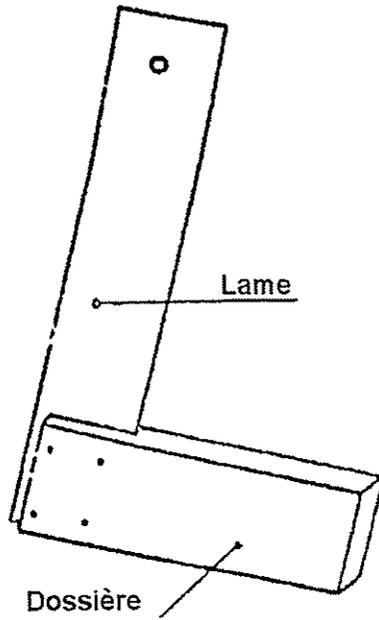
Avant toute utilisation VISER les chants de la règle pour vous assurer de leur rectitude.



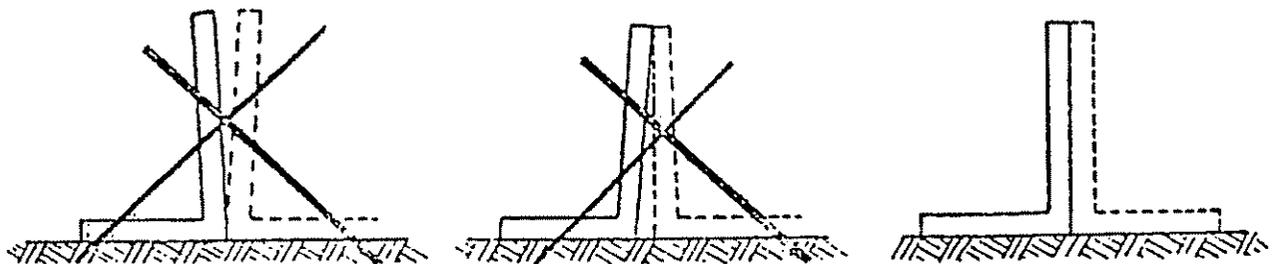
- Garder les règles en bon état.
- Les nettoyer après chaque usage en évitant de détériorer les chants.
- Les pendre ou les placer debout.

Equerre

- Elle sert à vérifier et à tracer les angles droits.



- Ne pas laisser traîner l'équerre.
- Eviter les chocs qui pourraient la fausser.



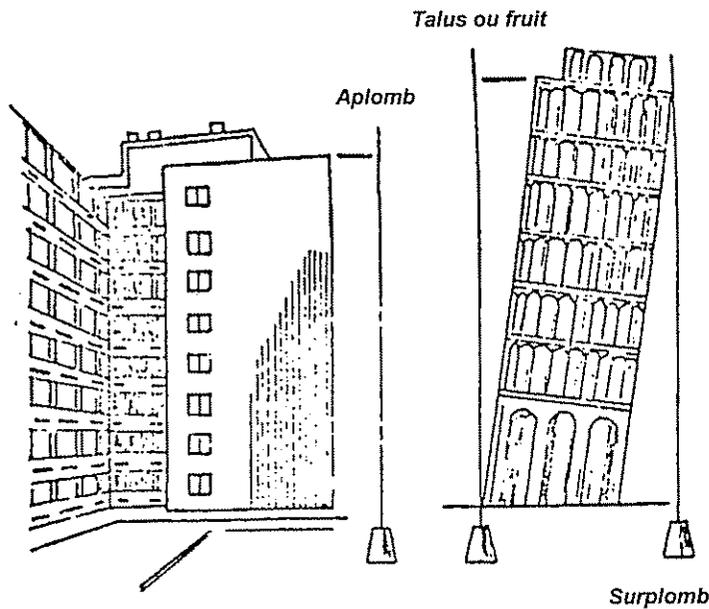
- Périodiquement, vérifier l'équerre.

La pige



Petite règle de bois que l'on coupe à la dimension donnée pour tracer ou vérifier sans avoir à se servir du mètre.

Fil à plomb

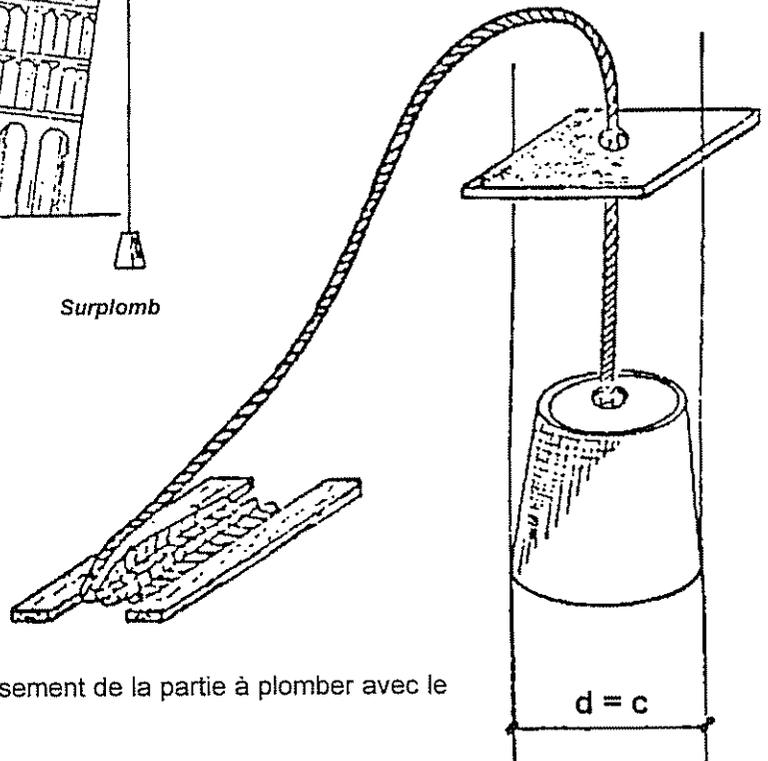


La stabilité des constructions est assurée à la condition que les murs soient verticaux, en terme de métier « d'aplomb ».

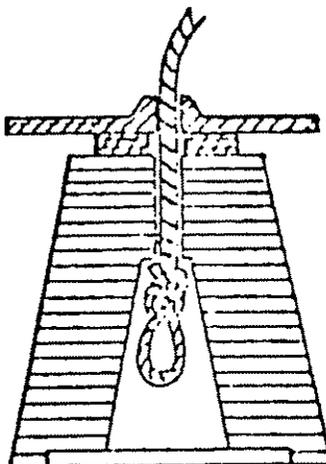
Le fil à plomb est l'instrument de contrôle qui détermine la verticale. La forme tronconique du plomb dont le diamètre de base est égal au côté du chas permet de mieux apprécier l'aplomb.

La mise d'aplomb s'effectue :

- Soit en plombant à la volée (dégauchissement de la partie à plomber avec le fouet).
- Soit en plombant au chas.



Lors du montage du fil à plomb :

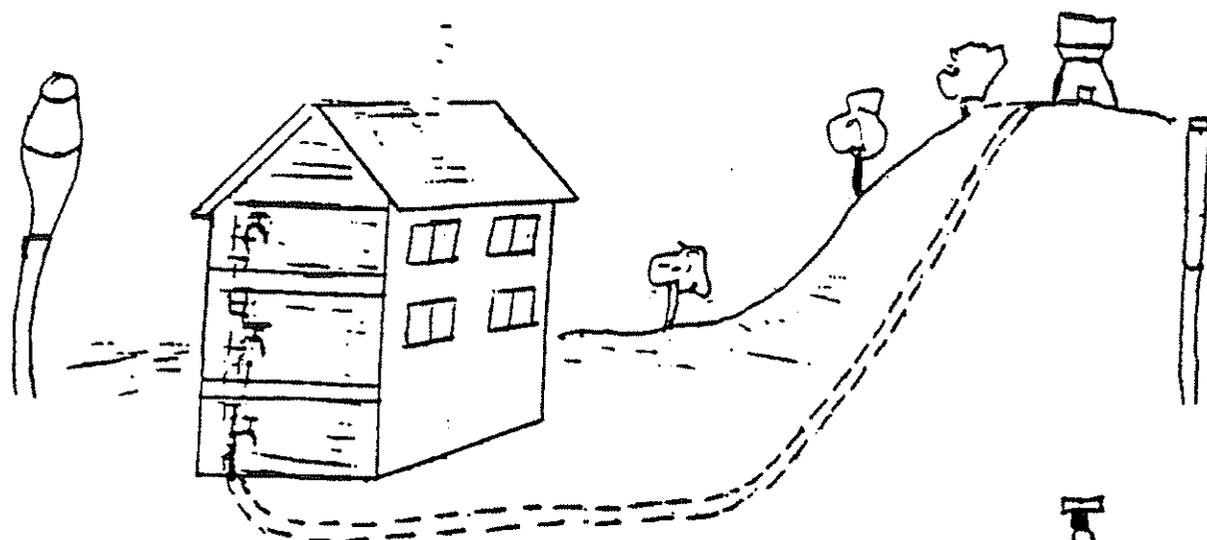


- Prévoir une boucle qui permette de retirer facilement le fouet.
- Utiliser du cordeau de maçon en rapport avec le diamètre de perçage du plomb.
- Centrer le fouet pour éviter toute erreur au moment du plombage au chas.
- Interposer une rondelle élastique pour diminuer les risques de casse du chas et de coupure du fouet.

Le niveau de caoutchouc

Le niveau sert à déterminer ou à contrôler l'horizontale.
Un plan est dit horizontal lorsqu'il est de niveau dans toutes les directions.

PRINCIPES DU CHÂTEAU D'EAU



Ménisque

Convenir de tracer au-dessus
ou au-dessous du ménisque



Utiliser de l'eau propre

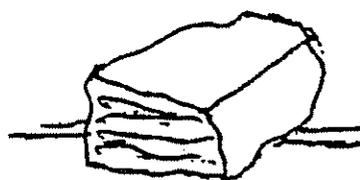
Purger et suspendre le
niveau après emploi en
séparant les fioles



Les fioles sont fragiles

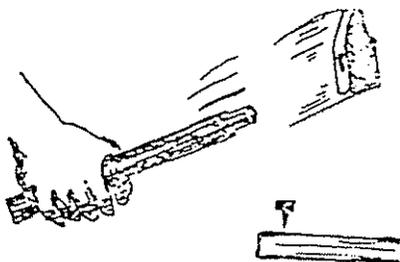


Eviter l'écrasement, les pliures

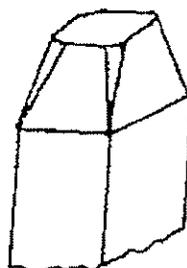


Le risque provient en général

D'outillage défectueux



- Marteau qui se démanche.
- Outils mal affûtés.

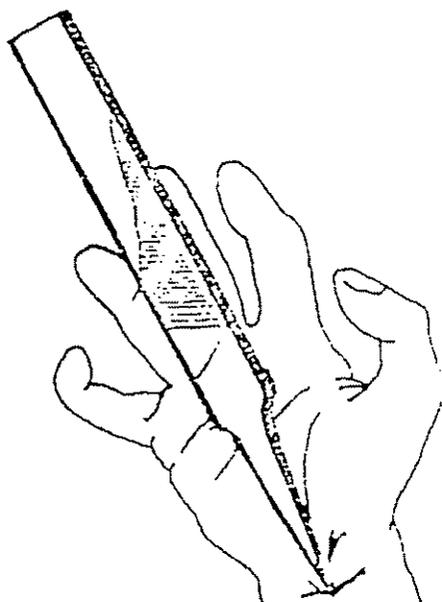


Tête de burin en bon état

en mauvais état.



- Risque de projection d'éclats métalliques.



- Lime sans manche.



Des outils mal utilisés

- Ciseau comme tournevis.
- Scie forcée pour arrondir la coupe.

Des outils abandonnés

- Dans l'atelier.
- Sur un échafaudage (d'où ils peuvent tomber sur quelqu'un).

Des outils mal rangés

- Dans la caisse à outils (on peut se blesser en cherchant).

Des outils non protégés

- Pointe à tracer, compas, pointe sèche.

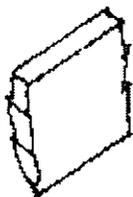
Des outils mis dans les poches

- En cas de chute, l'outil peut pénétrer dans le corps.

LE DESORDRE EST CAUSE D'ACCIDENTS.

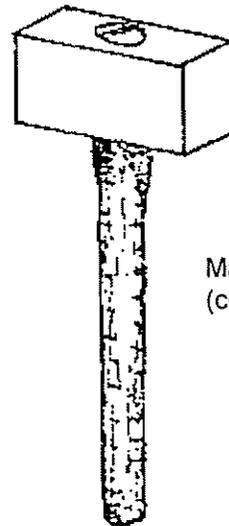
Précautions à observer

- Ne jamais frapper avec un marteau sur des pièces ou outils trempés.
Secs (éclats de métal) : utiliser une massette en métal tendre.
- Vérifier le bon état du manche et sa fixation.
- Proscrire le trempage dans l'eau pour gonfler le bois : dès le séchage l'outil risquerait d'échapper.



Coin

Emmanchement arasé

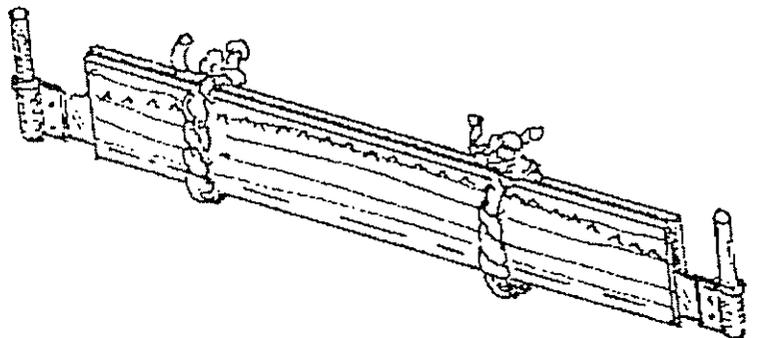


Coin métallique cranté enfoncé en diagonale

Manche en bois dur (cornouiller, frêne)

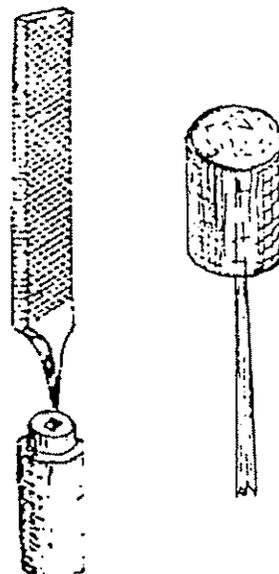
Scie :

- Choisir la denture en fonction du travail.
- Vérifier la voie et l'affûtage.
- Protéger la denture lors du transport ;



Outils pointus :

- Ne pas laisser en désordre.
- Une lime non emmanchée risque de blesser profondément la paume de l'utilisateur.
- Une lime doit être nettoyée fréquemment.



Meuleuses portatives

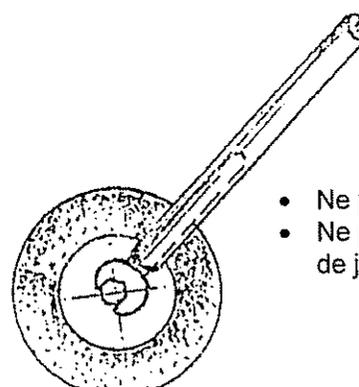
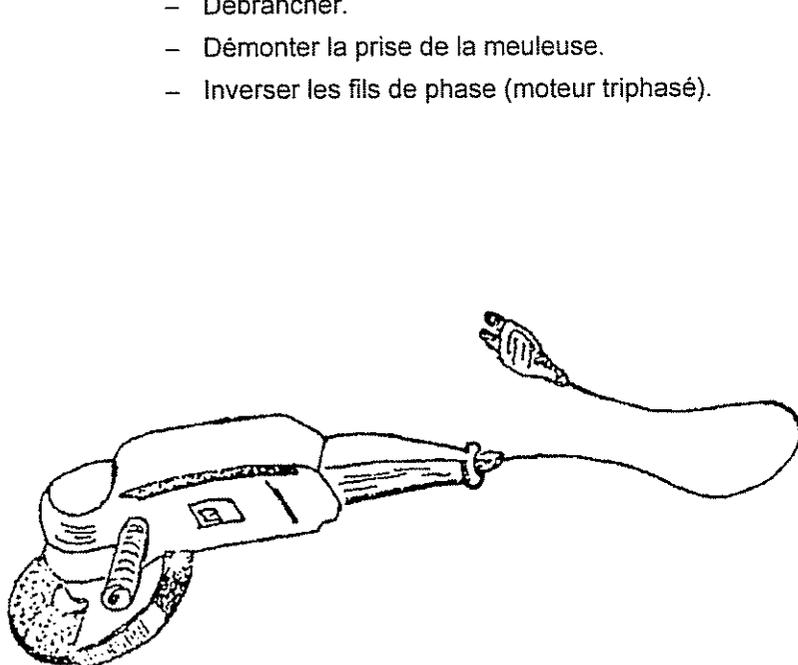
PREVENTION CONTRE LE RISQUE MECANIQUE

Choix de la meule

- Choisir la meule adaptée au travail à exécuter, à la nature du matériau à usiner et à la machine sur laquelle elle doit être montée.
- Utiliser une meule de diamètre compatible avec la vitesse de rotation de la machine (ex. : 4 000 à 4 500 t/mn pour Ø 230 mm, 6 000 t/mn pour Ø 150 mm).

Montage de la meule

- Avant tout démontage et montage de la meule, débrancher la machine du réseau d'alimentation en énergie.
- S'assurer que son alésage correspond au diamètre de l'arbre de la machine (absence de jeu ou serrage excessifs).
- Contrôler l'usure éventuelle des flasques et de l'arbre.
Des organes usés doivent être remplacés avant tout montage de meule.
- Monter correctement la meule en veillant à son positionnement exact sur l'arbre. Serrer ensuite le flasque mobile par l'intermédiaire de l'écrou, de manière sûre mais sans excès.
- Utiliser les flasques adaptés à la forme de l'âme des meules de façon à ne pas la déformer.
- L'utilisation de flasques de même diamètre et de même alésage est obligatoire.
- Si une meule est livrée avec 2 rondelles, les disposer de chaque côté du disque, uniquement dans le cas d'un mauvais serrage de celui-ci. Ces rondelles ne doivent, en aucune façon, être interposées entre la meule et des flasques non adaptés.
- Respecter le sens de rotation indiqué par la flèche.
- Si la meule tourne dans le mauvais sens, il faut :
 - Arrêter aussitôt.
 - Débrancher.
 - Démontez la prise de la meuleuse.
 - Inverser les fils de phase (moteur triphasé).



- Ne pas bloquer.
- Ne pas laisser trop de jeu.

Protection individuelle

- Vêtements ajustés et non déchirés.
- Lunettes de protection à coques latérales ou écran facial.
- Masque anti-poussières si nécessaire.
- Gants de protection en cuir.
- Tablier en cuir contre les contacts fortuits de la meule dans certaines positions dangereuses.
- Protection auditive (bouchons, coquilles) en fonction du niveau sonore et de la durée d'utilisation quotidienne.

Les causes principales d'accidents avec ces machines sont :

- Utilisation sans fixation de la pièce, machine tenue d'une main.
- Perte de contrôle (position de travail instable, blocage de la meule, brutalité au démarrage).
- Projection de segments diamantés (vitesse, chocs, mauvais montage).
- Absence de carter de protection.
- Démarrage intempestif.
- Défaut d'isolement.

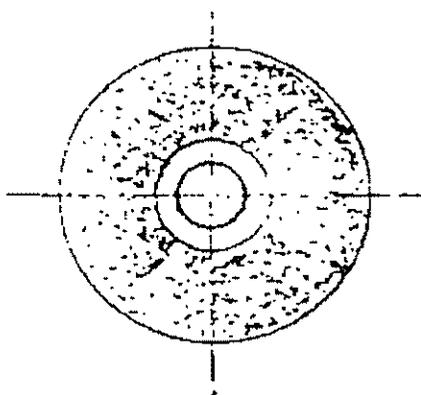
Les causes de maladies sont :

- L'inhalation de poussière.
- Le bruit causé par le contact meule-matériau et par la machine.

Utilisation de la machine

- Avant toute utilisation, faire tourner l'outil manuellement de façon à vérifier son bon centrage et l'absence de friction sur le carter de protection.
- Tenir la machine à deux mains et adopter une position stable.
- Ne pas attaquer brutalement la pièce : laisser au disque le temps de s'échauffer lentement.
- Ne pas meuler avec la face d'un disque à tronçonner et ne pas tronçonner à l'aide d'un disque prévu pour meuler, car leurs structures sont différentes.
- Pendant le tronçonnage, veiller à ce que le disque ne subisse pas d'effort latéral ou de torsion. Le résultat de tels efforts serait préjudiciable aux segments diamantés (fissuration, destruction et projection).
- Ne jamais exercer une pression exagérée lors d'un tronçonnage car cela entraîne une surchauffe des segments diamantés et un refus de coupe.
- Les disques diamantés ne doivent pas être utilisés pour la coupe du bois ou de métaux seuls.
- Lors d'un tronçonnage sur des longueurs importantes ou sur une profondeur maximum, dégager le disque de temps en temps de façon à éviter son voilage.

- Arrêter immédiatement toute machine se mettant à vibrer.
- Attendre l'arrêt complet de la meule avant de poser la machine en vue d'éviter les chocs brutaux avec le sol ou tout autre matériau.
- Utiliser de préférence des machines équipées d'un frein permettant un arrêt rapide (ex : frein électromagnétique).



- Vérifier la meule :
 → la « sonner »
 Si elle émet un son mat ou fêlé, la rejeter (pour la sonner, on passe son doigt dans le trou d'alésage et on frappe la meule avec le manche d'un tournevis).
- Le diamètre ne doit pas être supérieur à 5 mm.

ATTENTION :

- Au sens de rotation de la meule.
- Au bon fonctionnement du carter de protection.

PREVENTION CONTRE LE RISQUE ELECTRIQUE

Types de machines

Classe I

Symbole

Ces machines possèdent une borne de terre et sont équipées d'un cordon d'alimentation souple qui doit être au moins de la série H 05 RN-F, comportant, en plus des conducteurs actifs, un conducteur de protection (couleur vert et jaune). Sa fiche de prise de courant comporte un contact de mise à la terre (2P + T).

Classe II (double isolation)

Symbole

Ces machines ne possèdent pas de borne de terre et sont équipées d'un cordon d'alimentation souple qui doit être au moins de la série H 05 RN-F, ne comportant que deux conducteurs. Sa fiche de prise de courant ne comporte pas de mise à la terre (fiche 2 P).

Branchement

Cordon prolongateur

Afin d'éviter les erreurs, il faut adopter un seul type de cordon prolongateur susceptible de convenir à la fois aux machines de classe I et de classe II.

Il doit être constitué d'un câble souple de la série H 07 RN-F comportant trois conducteurs, dont un de couleur vert et jaune, équipé d'une prise mobile et d'une fiche normalisée 2 P + T.

Dans les chantiers et ateliers où sont utilisés des cordons de grande longueur qui doivent être enroulés sur tambour, les ensembles cordon-tambour doivent être de la catégorie B conformes à la norme NF C 61-720.

Protection électrique

Un dispositif différentiel à haute sensibilité (<30 mA) doit être installé immédiatement à l'aval du branchement, si un tel dispositif n'équipe pas l'installation électrique sur laquelle la machine est branchée.

Surveillance, entretien

Vérifier quotidiennement l'état du cordon d'alimentation, du cordon prolongateur, des prises et des fiches.

Dans les chantiers et ateliers où le cordon prolongateur risque d'être détérioré par le passage de charges roulantes, assurer une protection matérielle.

Ne jamais débrancher la machine en tirant sur le cordon d'alimentation et ne jamais porter la machine à l'aide de celui-ci.

Règles élémentaires de sécurité

Avant branchement

Il faut impérativement vérifier :

- Le raccordement de la mise à la terre s'il s'agit de matériel de classe I (présence d'un conducteur vert et jaune).
- L'état du câble d'alimentation (blessure de l'isolant).
- L'état de la prise de courant et de l'interrupteur.
- Les ouïes de ventilation de la machine qui ne doivent pas être obstruées.
- Le choix et l'état du prolongateur (nombre de conducteurs et blessures de l'isolant).

En cours de travail

Signaler à la personne chargée de la surveillance désignée par le chef d'établissement, l'apparition :

- D'étincelles et d'arcs électriques.
- De sensation de décharge.
- D'odeurs caractéristiques.
- D'échauffement de la machine.

L'apparition de ces défauts doit immédiatement entraîner le remplacement des machines concernées.



Règles élémentaires de sécurité

Avant branchement

Il faut impérativement :

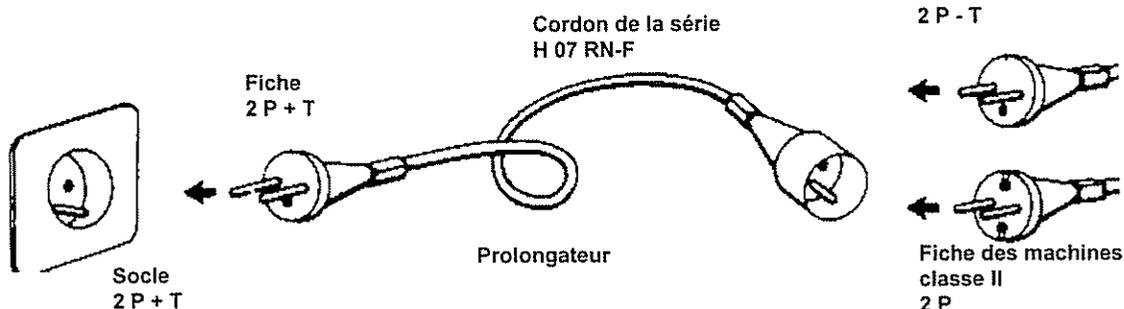
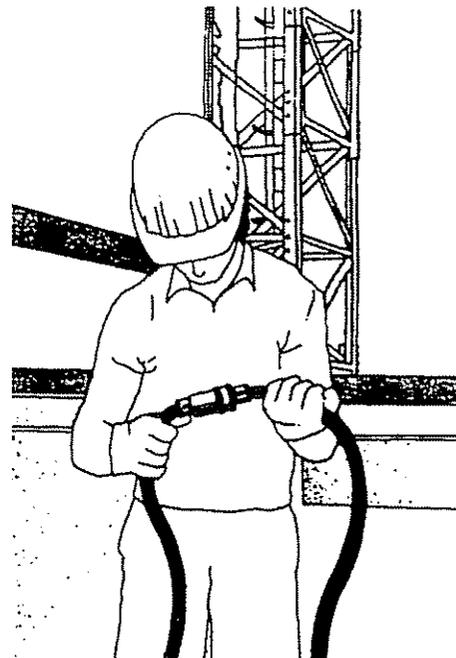
- Purger les conduites d'air.
- Vérifier l'état des flexibles et des raccords utilisés.
- Examiner le trajet du flexible (pas de boucle serrée ou de coude brusque).

NOTA :

Ne jamais brancher une machine pneumatique sur une alimentation d'oxygène, il y a danger d'explosion.

Après utilisation

- Fermer le robinet d'alimentation du circuit d'air.
- Ouvrir l'admission d'air de la machine de manière à purger le circuit.
- Débrancher la machine.



2 - Bardage et débit

LA MANUTENTION DES BLOCS

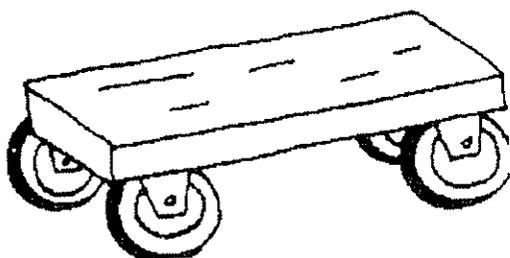
Dans le métier cette manutention s'appelle « Bardage ». Pour le bardage des blocs beaucoup d'ateliers sont équipées d'un palan électrique sur glissière avec télécommande, dans ce cas le bardage des blocs pose moins de problème. Mais il faut toujours garder dans l'idée que le premier souci est la *sécurité* lors de toute manipulation même pour de petits blocs.

Le tailleur de pierre ne dispose pas toujours de cet appareillage moderne et doit souvent barder les blocs sans beaucoup de moyens, d'où la nécessité de procéder avec encore plus d'attention toujours dans le souci de la *sécurité*.

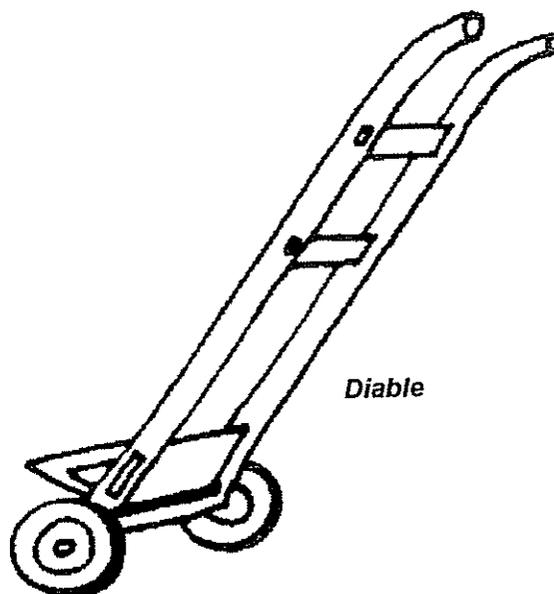
Si le bardage est effectué par plusieurs personnes, chacune doit être constamment attentive à la manoeuvre.

Le bardeur a à sa disposition un matériel simple.

- La pince Barre d'acier qui sert de levier pour soulever le bloc ; elle possède ou non un talon.
- Le roule Bois rond de longueur et diamètre variables, sert à faire rouler les blocs.
- Le cric Cric à manivelle démultiplié, permet de soulever une grosse charge.
- Les bois Bastaings, madriers, cales, etc..., toutes sortes de bois pour glisser, rouler, caler, bloquer, etc...
- Le chariot 4 roues individuelles éventuellement orientables ou 2 cylindres de bois parallèles, maintenus par un bâti. Les cylindres percés sur leur diamètre sont actionnés par la pince qui se place dans les trous.
- Le diable Bâti en bois avec 2 roues dépendantes non orientables.

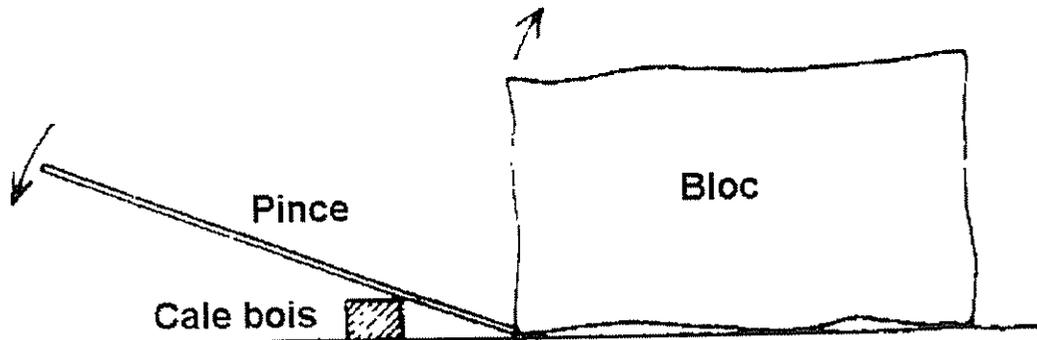


Chariot à 4 roues



Diable

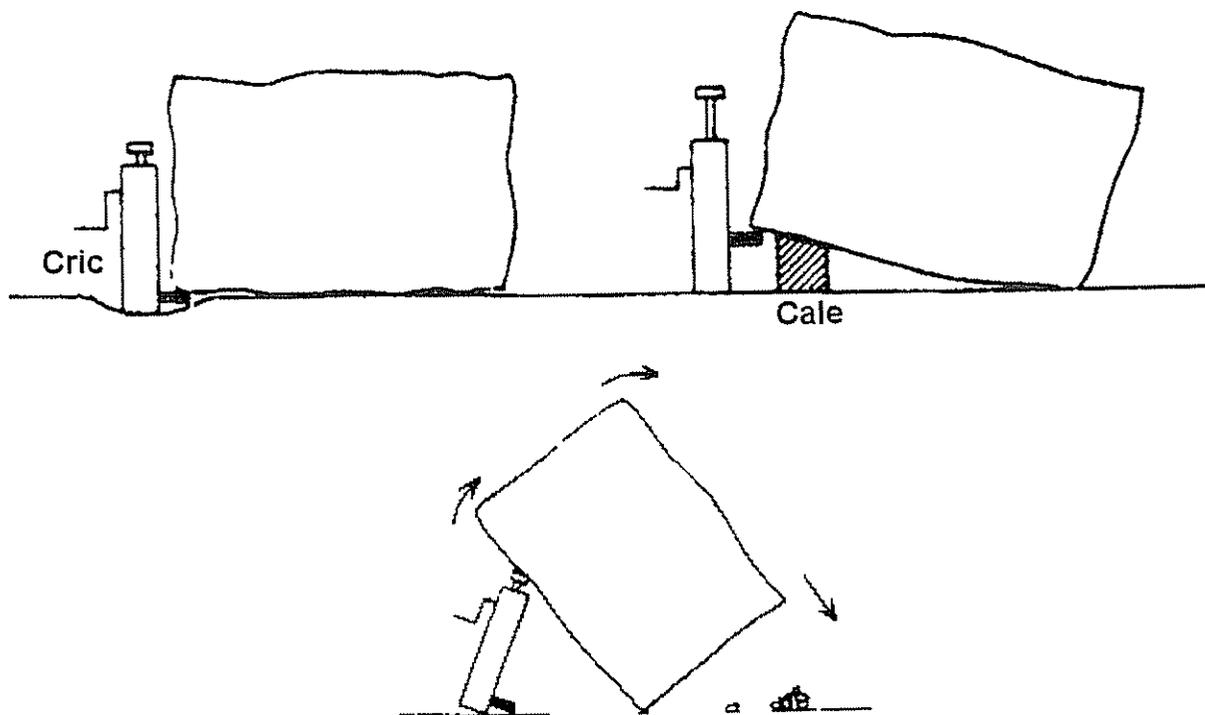
Pour soulever un bloc avec la pince



Plus la pince est longue, plus le bras de levier important donc capable de soulever un poids important.

Faire quartier à un bloc avec le cric. Levier en plusieurs fois en calant pour se reprendre.

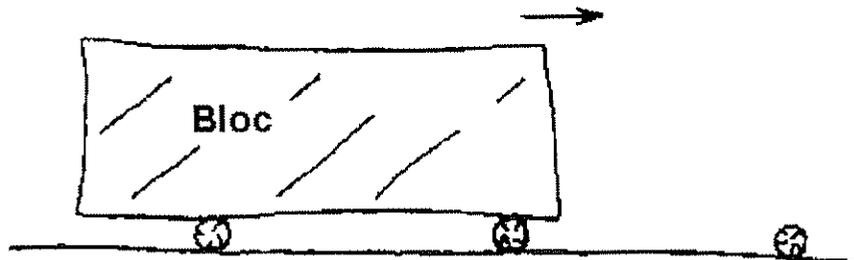
Lorsque l'axe passant par le centre de gravité du bloc est en dehors de la surface de base le bloc est prêt à basculer.



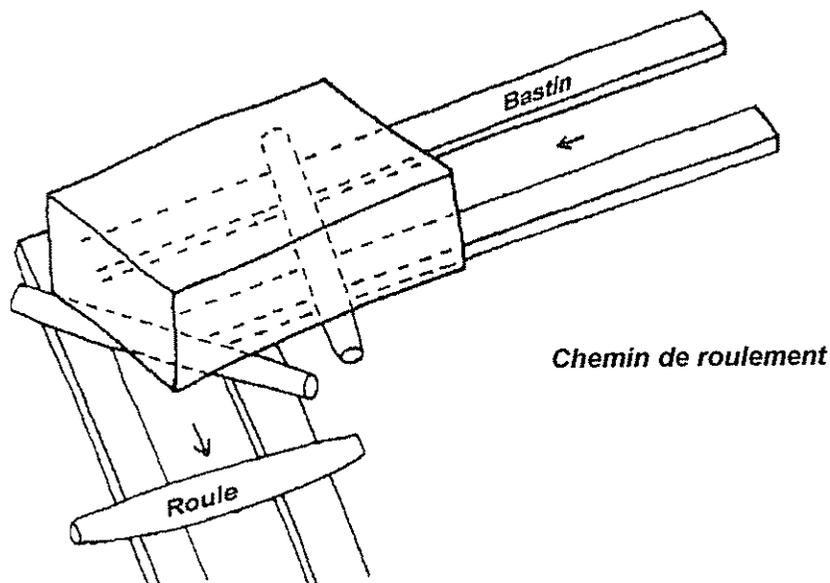
L'on peut amortir sa retombée en plaçant un petit tas de blocs de pierres tendres à l'endroit où il va se poser.

LES MOYENS DE TRANSPORT

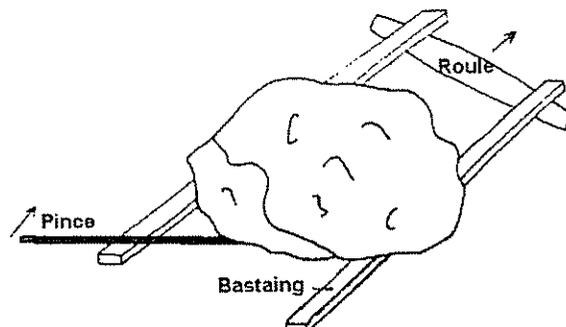
Pour transporter un bloc sur sol lisse.



Sur sol impraticable il est préférable de faire un chemin de roulement, quelques bastaings et 3 roues. Le premier roule étau au milieu, basculer le bloc vers l'arrière et engager le second roule à l'avant, avancer le bloc ; quand le bloc arrive en bascule, dégager le roule de l'arrière et mettre le troisième roule à l'avant, recommencer l'opération autant de fois que nécessaire. Le virage sur le chemin de roule d'effectuer en plaçant les roues sur le rayon du virage.



Lorsque le bloc n'a pas de face suffisamment lisse pour permettre un roulement, il existe le « poulain ».

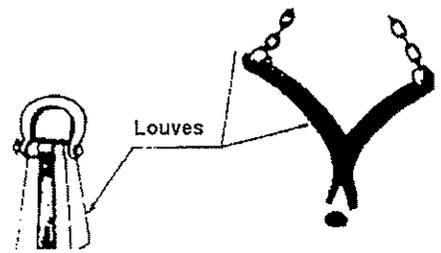


2 bastaings placés sous le blocs - Faire reposer les 2 bastaings sur 1 ou 2 roues (avant-arrière), avec la pince faire avance le bloc.

LES MOYENS DE TRANSPORT

La louve est un outil de fer qu'on place dans un trou pratiqué dans le lit d'une pierre et qui sert à la soulever.

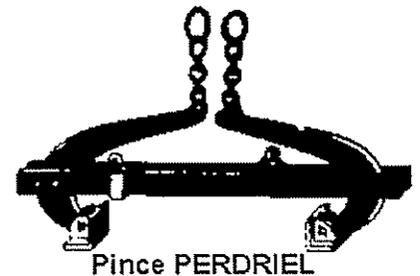
Il en existe à 2 branches.



Il en existe également à 3 pièces dont 2 couissent le long de la pièce centrale.

On peut ainsi ajuster au mieux la pince ou bloc à soulever et exercer la poussée la plus élevée.

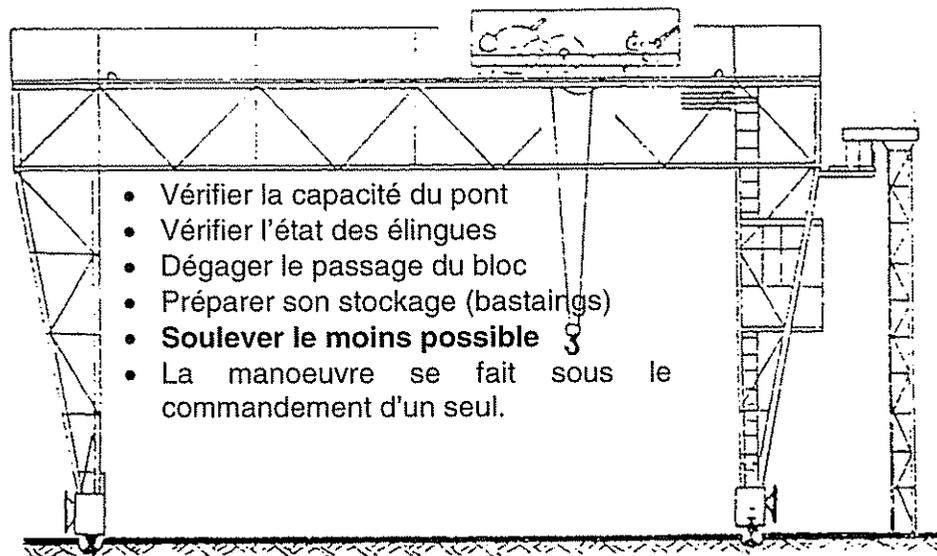
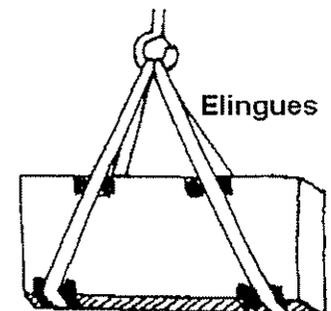
Pour empêcher les pattes de glisser, on peut faire une encoche dans la pose du bloc.



Il est possible et plus simple d'utiliser des élingues qui sont des cordages ou chaînes terminés par une bouche ou un crochet et s'accrochent facilement au palan ou autre appareil de levage.

Avant chaque usage :

- Vérifier l'état des élingues (coupures, usure, coutures, déformations des boucles)
- Evaluer la masse à lever
- Identifier la charge maximale par élingue
- Protéger les angles
- Stocker à l'abri des intempéries
- Eviter le contact des acides

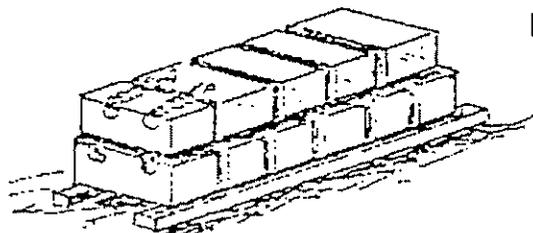


- Vérifier la capacité du pont
- Vérifier l'état des élingues
- Dégager le passage du bloc
- Préparer son stockage (bastaings)
- **Soulever le moins possible**
- La manoeuvre se fait sous le commandement d'un seul.

PORTIQUE ROULANT

STOCKAGE DES PIERRES TAILLEES

Protéger les pierres



Les chariots élévateurs, employés essentiellement à l'origine pour la manutention de colis dans les entrepôts, les usines et les gares, sont de plus en plus utilisés dans les chantiers de Bâtiment et de Travaux publics où ils sont fort appréciés pour leur mobilité et leur polyvalence.

Ces engins présentent la particularité d'être à la fois des chariots de manutention à conducteur porte et des appareils de levage.

Leur utilisation cumule, par conséquent, les risques afférents aux uns et aux autres. Seuls, l'installation d'un équipement correct et le respect de règles élémentaires de conduite et d'entretien, objets du présent mémo-pratique, sont de nature à réduire ces risques.



Le chariot élévateur de chantier

Le chariot élévateur utilisé dans les chantiers, dénommé parfois « chariots tous terrains », se distingue visuellement du chariot utilisé en usine par des roues de plus grand diamètre équipées de pneumatiques à relief profond et par une garde au sol plus importante ; D'autres différences portent, notamment, sur le châssis, la transmission et les caractéristiques du mécanisme de levage.

CARACTERISTIQUES DU CHARIOT

Les principales sont indiquées sur les plaques d'identification et de capacité fixées obligatoirement sur l'engin :

- Masse à vide, en ordre de marche.
- Capacité nominale.
- Capacités effectives ou charges maximales d'utilisation indiquées, sous forme de tableau ou de courbe, en fonction des dimensions de la charge, de la hauteur d'élévation et de l'inclinaison du mat.

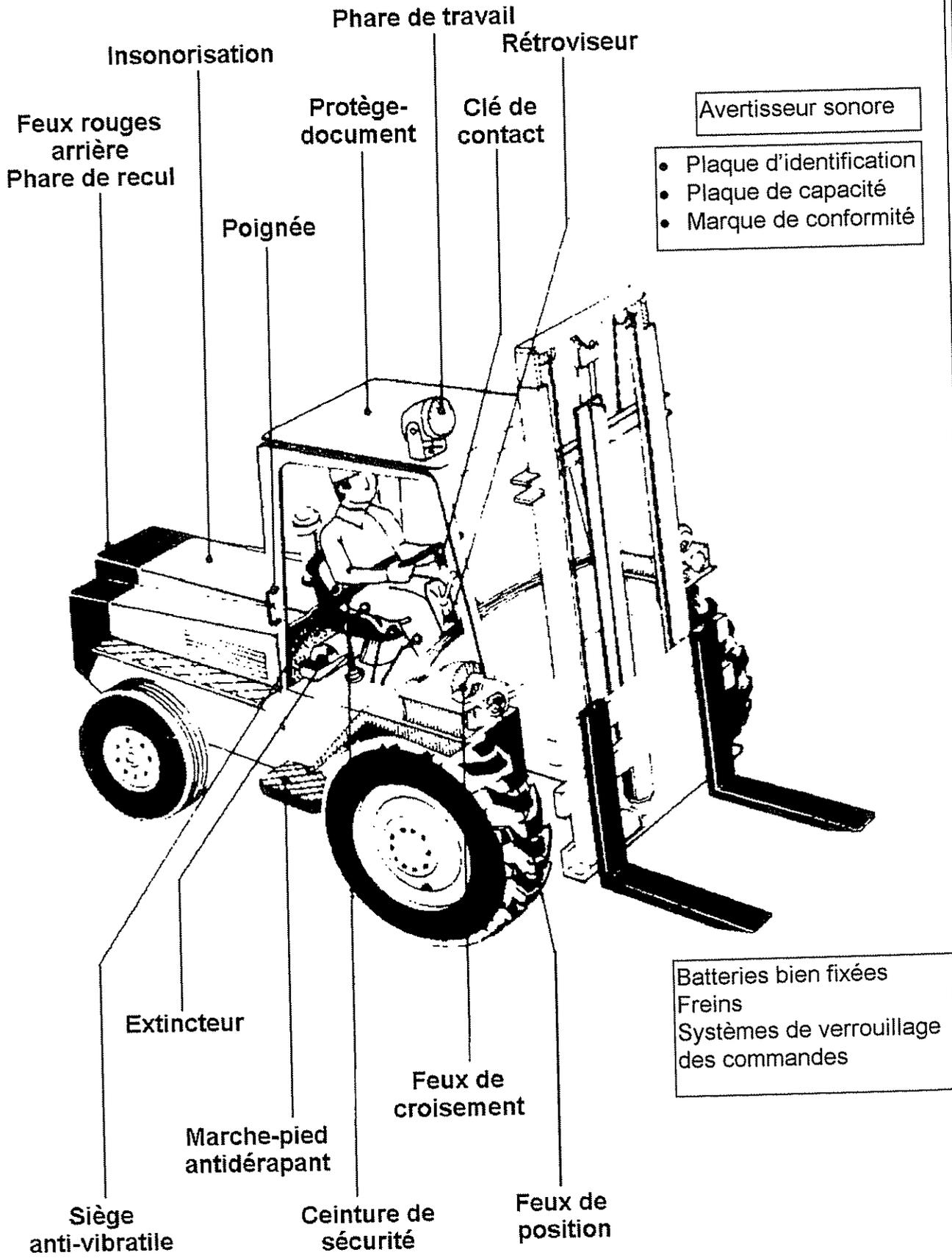
D'autres caractéristiques sont également à connaître :

- Vitesses maximales à vide et en charge ;
- Hauteur totale.
- Pression des pneumatiques.
- Caractéristiques et capacités des équipements amovibles.

MECANISME DE LEVAGE

Il est généralement constitué de mâts, télescopiques ou non fixés à l'avant du chariot et sur lesquels coulisse un tablier porte-équipements.

Comme tout appareil de levage, le chariot élévateur doit être examiné, vérifié et éprouvé selon les règles précises. Les résultats, ainsi que les dates d'exécution de chacune de ces opérations, doivent être consignés sur un registre spécial propre à l'engin.



- Avertisseur sonore
- Plaque d'identification
 - Plaque de capacité
 - Marque de conformité

- Batteries bien fixées
Freins
Systèmes de verrouillage des commandes

En aucun cas, un chariot ne pourra être utilisé s'il n'a pas subi les vérifications et épreuves réglementaires, depuis moins de six mois.

DISPOSITIFS DE SECURITE

Lors d'inspections effectuées au moins une fois par semaine, il convient de s'assurer du bon état des dispositifs de sécurité figurant sur le croquis.

De plus, les chariots devant circuler sur les voies ouvertes à la circulation publique seront, conformément aux prescriptions du Code de la route, équipés notamment des dispositifs suivants :

- Feux de position et feux de croisement à l'avant.
- Feux rouges et dispositifs réfléchissants à l'arrière.

LE CONDUCTEUR

La conduite d'un chariot élévateur de chantier ne doit être confiée qu'à des conducteurs munis d'une « autorisation de conduite » et ayant une parfaite connaissance des « instructions » établies expressément pour l'emploi et la circulation de leurs engins.

- Autorisation de conduite.
Elle est délivrée par l'employeur et généralement obtenue à la suite d'un examen comportant trois parties.
- Vérification d'aptitude effectuée par le médecin du travail et consistant en une visite médicale complétée, si nécessaire, par un contrôle psychotechnique.
- Vérification des connaissances de base du Code de la route.
- Epreuve de conduite.
La conduite du chariot est interdite aux jeunes de moins de 18 ans.
Instructions aux conducteurs.
Préétablies par l'employeur, elles comprennent :
Des instructions permanentes donnant une information sur l'engin (poids à vide, charge maximale, dimensions, vitesse, distance d'arrêt, conditions générales d'utilisation dans l'entreprise, interdictions, consignes d'entretien, etc...).
- Des instructions particulières adaptées aux travaux à exécuter (conditions de circulations, de stationnement, consignes diverses propres au chantier, etc...).
- Ces instructions complètent la notice d'utilisation et d'entretien fournie obligatoirement par le constructeur.

UTILISATION DES CHARIOTS

Chargement

Il convient de respecter les consignes suivantes :

- Se conformer au tableau des charges et ne jamais surcharger un chariot (en particulier, il est formellement interdit d'augmenter la valeur du contrepoids).
- Ne pas oublier que la charge que peut soulever un chariot est fonction, non seulement du poids, mais également des dimensions de celle-ci.
- S'assurer :
 - que les fourches ou autres équipements (plates-formes, palettes, etc...) sont adaptés aux charges à soulever et en état de les supporter
 - que les charges sont parfaitement équilibrées, calées ou amarrées sur l'équipement.

Circulation

Il faut :

- Rester maître de sa vitesse.
- Eviter les démarrages, virages et arrêts brusques.
- Toujours circuler, en charge ou à vide, avec la fourche en position basse : en charge, la fourche devra, de plus, être inclinée vers le centre du véhicule.
- Se conformer aux prescriptions du Code de la route, lors des déplacements sur les voies ouvertes à la circulation publique.

Il est interdit :

- D'utiliser les chariots élévateurs, à moins qu'ils ne soient munis de dispositifs appropriés, dans les conditions suivantes :
 - à proximité d'emplacements où se trouvent des poussières ou des vapeurs inflammables
 - partout où la ventilation est insuffisante pour éliminer les risques dus aux gaz d'échappement.
- De procéder au transport ou à l'élévation de personnes à l'aide des chariots.
- D'utiliser les fourches, même si elles ont été aménagées, comme plates-formes de travail.

ARRÊT ET STATIONNEMENT

Il faut toujours :

- Stationner sur les emplacements autorisés.
- Respecter, avant d'abandonner le chariot, les consignes suivantes :
 - poser les équipements au sol
 - arrêter le moteur
 - serrer le frein à main
 - caler les roues si le terrain est en déclivité
 - retirer la clé de contact.

ENTRETIEN

Entretien courant.

Généralement assuré par le conducteur, il comporte les opérations suivantes, dont la plupart sont à effectuer tous les jours :

- Nettoyage de l'engin (rétroviseurs, dispositifs d'éclairage et de signalisation, etc...).
- Vérification :
 - des niveaux (carburant, huiles, eau, batteries, etc...)
 - de la pression de gonflage des pneumatiques
 - Des dispositifs d'éclairage et de signalisation.
- Contrôle du fonctionnement correct des systèmes d'élévation et d'inclinaison, des équipements auxiliaires et du frein de service.

Entretien périodique et réparations.

Ces opérations, effectuées au sein de l'entreprise ou à l'extérieur, incombent au personnel spécialisé.

Carnet d'entretien.

Le conducteur doit noter, sur le carnet d'entretien du véhicule, la date et la nature des opérations d'entretien courant, ainsi que les défauts et anomalies qu'il pourrait constater. Les opérations d'entretien périodique et les réparations devront également être portées sur ce carnet.

Examens, vérifications et épreuves réglementaires.

Ils seront toujours effectués par des techniciens qualifiés.

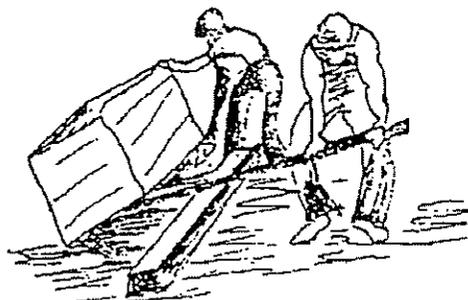
Le chargement peut s'effectuer sur palettes pour les petits modules et l'on aura soin de protéger les arêtes avec des torches ou de la paille. Les modules les plus épais se posent les premiers en intercalant entre chaque lit des torches ou de la paille. Si l'épaisseur est constante, on les entrecroise pour avoir une meilleure stabilité pendant le transport.

DEPLACEMENT D'UNE CHARGE

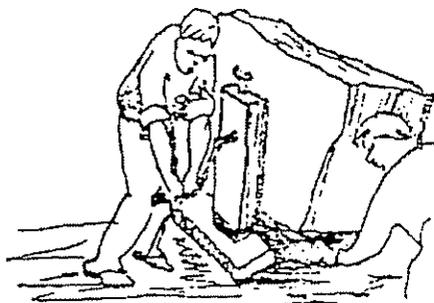
- Utiliser, dans la mesure du possible toutes les forces qui agissent sur une charge lourde (déséquilibré, balancement).
- Profiter de l'élan du corps et de son action comme contrepoids de la masse pour la déplacement par glissements successifs.



- Pour manoeuvrer une pierre « par quartiers », la faire basculer en poussant par la partie haute à l'opposé du sens de transmission.



- Engager correctement levier, crics et cales.
- **ATTENTION AUX MAINS.**



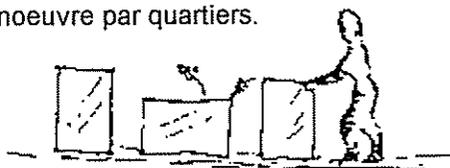
RISQUES D'ACCIDENT

Un morceau de pierre peut être déplacé :

- Par rotation.
- Par quartiers.
- En le faisant marcher.
- Par billage.

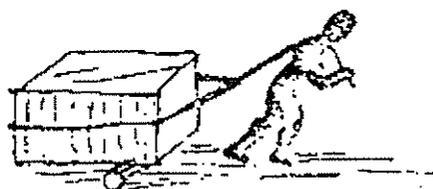
RISQUES D'ACCIDENT

- Manoeuvre par quartiers.



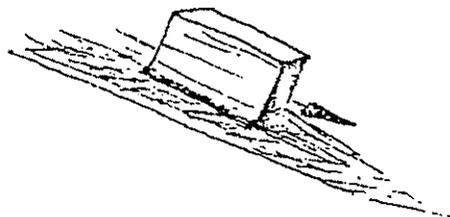
TIRAGE

- La charge est tirée soit directement, soit par l'intermédiaire d'un attelage de traction.



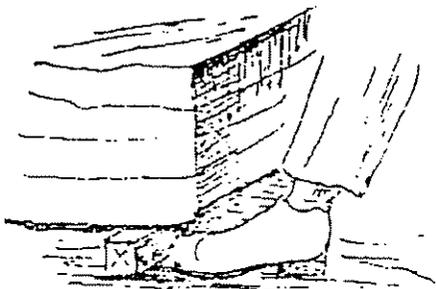
GLISSEMENT

- Le mouvement de la charge est contrôlée par un dispositif de guidage, de retenue ou de freinage.



POSE D'UNE CHARGE LOURDE

- Il faut interposer des cales d'épaisseur suffisante pour éviter l'écrasement des pieds en mains restant sous le fardeau.



- Chaussures de sécurité et gants recommandés.

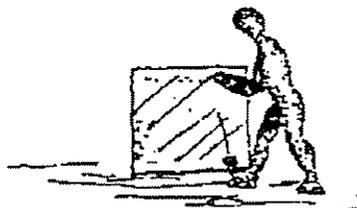
EFFORTS ANORMAUX

- En exécutant un effort dans une mauvaise position (enflure, hernies).
- En manoeuvrant seul une charge trop lourde.



ECRASEMENT DE PIEDS

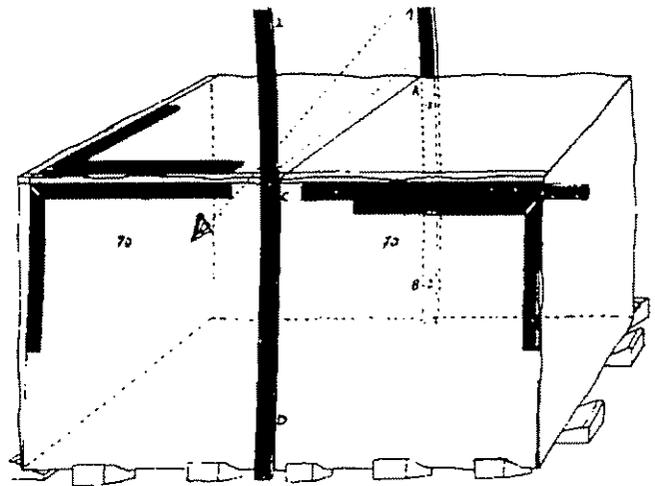
- Charge trop lourde.
- Pas de cale.
- Pas de chaussures de sécurité.



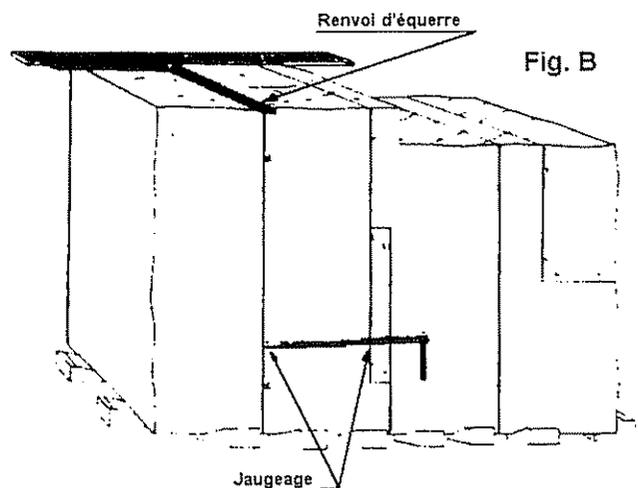
LE TRACÉ DES PLAQUETTES

Ici encore, ainsi que nous l'avons fait pour le calepin, nous devons donner des indications précises sur le travail réalisé par l'appareilleur avant le sciage des plaquettes. Mais nous nous en tiendrons à l'essentiel, à ce que tout tailleur de pierre doit connaître pour comprendre les signes et les ordres donnés par l'appareilleur pour le traçage, afin de réaliser correctement la taille demandée.

Avant de faire le tracé des plaquettes, l'appareilleur calcule suivant le calepin les surfaces des assises (longueur, épaisseur) en les classant par hauteurs semblables. Puis chaque plaquette est écartée de façon qu'il puisse relever avec l'équerre le gras (a) et le maigre (b) et les trous pour obtenir des surfaces (parements) sans défauts (*Fig. A*).



Le tracé des plaquettes se fait sur un des lits de carrière, de préférence sur un sciage. On y indique les numéros d'appareil, la longueur, la largeur, la hauteur (*Fig. B*) en se servant du carnet de relevé des pierres pour le tracé et leur contrôle.

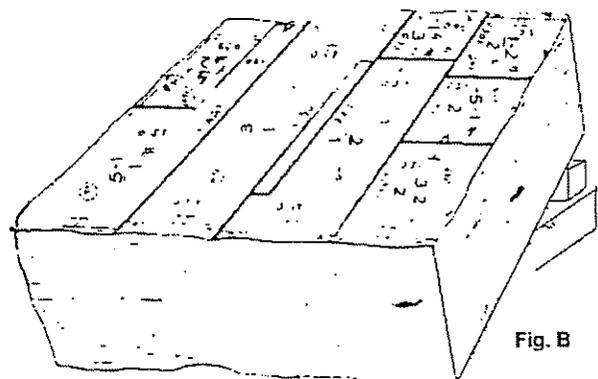


Dans la mesure du possible, on trace :

- Les pierres qui devront être posées les premières
- Les plus longues
- Celles qui nécessitent un panneau.

Les tracés sont ordinairement gravés au traçoir (ou pointe à tracer) et noircis au crayon dur.

Suivant le travail, on décroche deux morceaux ayant une forme semblable ou peu à près semblable, ou bien on les trace tête-bêche (*Fig. C*).



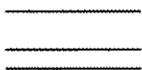
Une pierre sortant d'une entaille (évidement) est appelé **veau** si elle est employée dans l'édifice, c'est-à-dire utilisable.

Le trait de sciage fait à la scie passe-partout est indiqué par deux lignes parallèles écartées l'une et l'autre de 7 mm environ :



Le signe **X X** indique que la scie doit passer du côté des croix et le signe **X—X**, qu'elle doit passer au milieu du trait.

Le sciage de la scie à chaîne est indiqué par deux lignes parallèles écartées de 1,5 cm et par un trait qui donne la direction du guide de la scie :



Les lits sont indiqués par des signes conventionnels :

- Pour le **lit de dessus** ou lit d'attente : #
- Pour le **lit de dessous** ou lit de pose : ⊗

Les joints sont marqués, soit en toutes lettres, soit par un des signes indiquant une rainure appelée **saignée**, **démaigrissement**, **maigre**, faite pour faciliter le coulage du liant. Pour les clavages, on fait dans les joints une rainure différente que l'on nomme **patte d'araignée**, cette dernière doit être arrêtée à quelques cm de l'intrados ou de la douelle ⊙.

Une surface appartenant à un tableau est désigné par la lettre T et celle appartenant à un parement par la lettre P.

- Surface en gras : Après équerrage, excédent de pierre formant un angle obtus.
- Surface en maigre : Au contraire, excédent de pierre sur l'angle de l'équerre formant un angle aigu.
- Avant l'exécution d'une saignée ou d'une patte d'araignée, se reporter au calepin s'il est prévu un refouillement vers la face, afin que les coups d'outils ne restent pas apparents après ravalement.

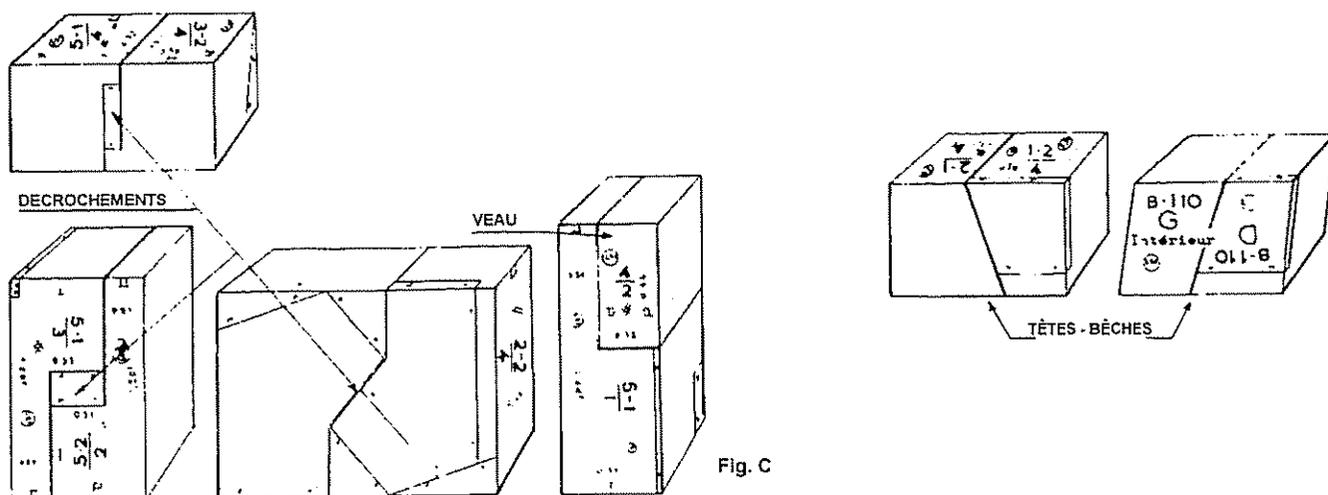
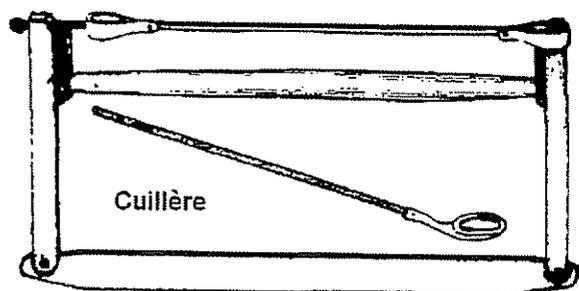


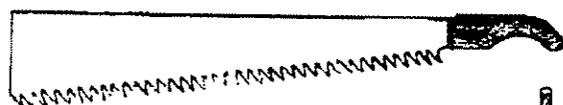
Fig. C

LES DIFFERENTES SCIES

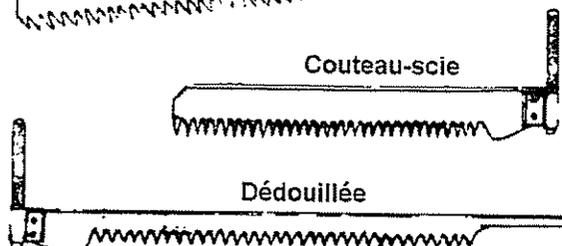


Cuillère

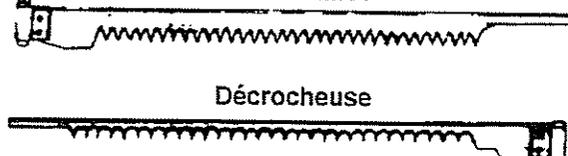
Crocodile



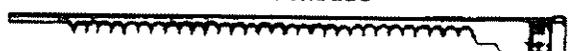
Couteau-scie



Déouillée



Décrocheuse



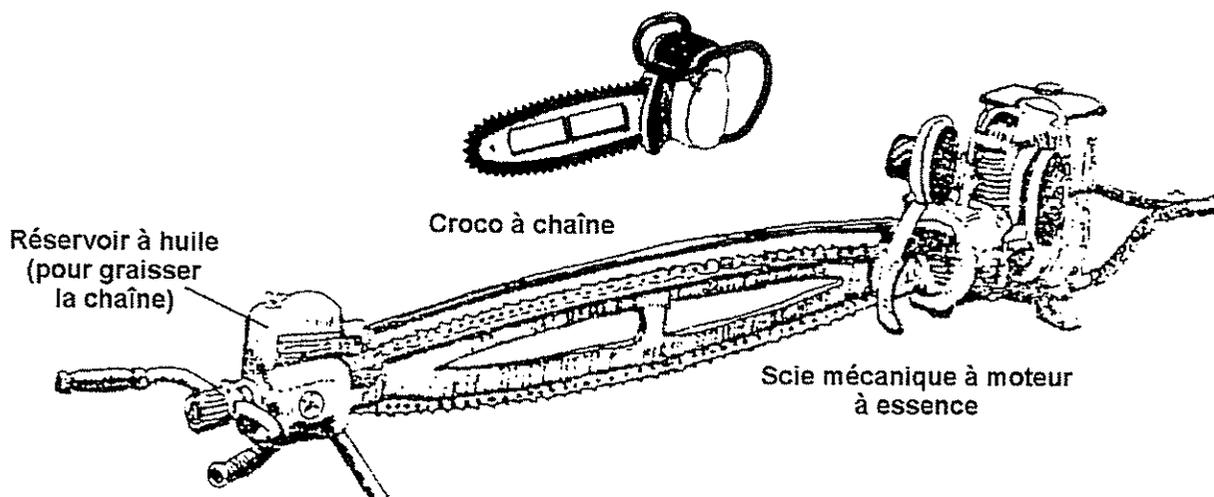
On distingue :

La **scie à grès**, alimentée continuellement d'abrasif (sable silice et eau).

Le **crocodile** et le **passe-partout**, aux dents différentes pour les pierres demi-fermés et pour les pierres tendres (pour lesquelles, elles sont plus espacées).

Les scies mécaniques

- A chaîne à denture au carbure de tungstène
- A fil hélicoïdal
- A fil enfilé de pastilles de carbure de tungstène
- A armature de sciage à lames multiples
- A disques enrobés d'abrasifs (Carborundum, corindon, diamants, etc...);



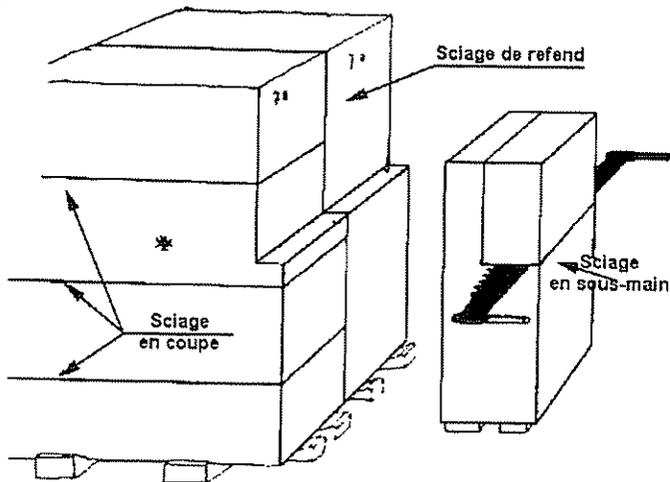
Réservoir à huile
(pour graisser
la chaîne)

Croco à chaîne

Scie mécanique à moteur
à essence

TERMINOLOGIE DU SCIAGE

On nomme **trait de scie** ou **trait de sciage**, une ligne que l'on trace sur la pierre pour indiquer l'endroit où l'on veut scier.



Amorcer un trait, c'est entamer, c'est-à-dire commencer un sciage.

Passer à cheval, c'est scier sur le milieu du trait.

Raser le trait, c'est effleurer un des côtés du trait.

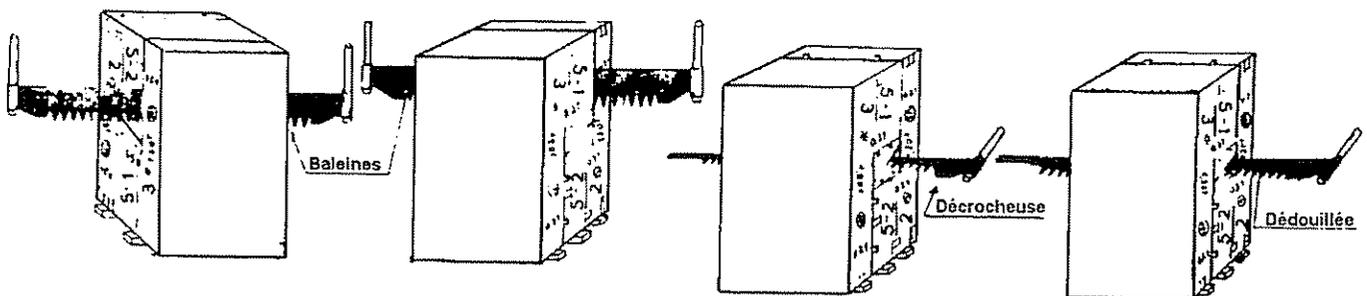
Manger le trait, c'est le supprimer.

On nomme **refend** le sciage fait dans un gros bloc, parallèlement aux lits de carrière.

Le trait de scie fait perpendiculairement aux lits de carrières se nomme **coupe**.

On nomme **sous-main** le sciage fait horizontalement ou obliquement.

Si des blocs à scier de petites dimensions ont le mêle tracé, on les place les uns à côté des autres. Cet assemblage se nomme **mariage**.



REFENDAGE D'UNE PIERRE

Pour refendre, c'est-à-dire couper une **Pierre dure** en 2 ou plusieurs morceaux, on trace l'emplacement des coupes. On place la pierre sur chantier de bois, on fait une rainure tout le tour, sauf dessous.

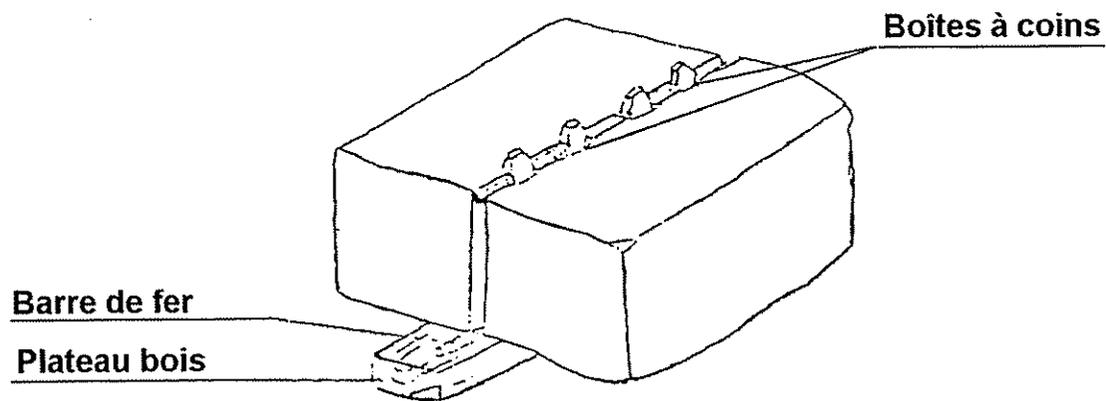
On trace l'emplacement des boîtes à coupes.

On refouille toutes les boîtes à l'aide du poinçon et on termine le fond en bédane (poinçon bédane), (plus simplement à l'aide d'une perceuse électrique).

On lève la pierre à l'aide du cric et on place sous la coupe un fer rond sous la ligne des coupes.

On frappe sur les coins à l'aide d'une masse et on marque les saignées en bouts, par des frappes droites au poinçon.

La pierre se fend alors et on continue les autres coupes.



Sécurité :

Avoir bien soin de faire les boîtes en rapport avec la grosseur des soins utilisés. Veiller au bon état de la tête des coins. Ne placez pas votre visage au-dessus des coins au moment de la frappe. N'oubliez pas de porter vos lunettes pendant ce travail.

LE SCIAGE AU PASSE-PARTOUT

Le sciage au passe-partout s'effectue à deux hommes, placés chacun d'un côté du bloc et se faisant vis-à-vis ; On appelle cette équipe de deux hommes un **fer de scie**.

Le maniement de la scie exige une grande habitude, il faut procéder avec souplesse pour tirer et renvoyer la scie, c'est-à-dire sans à coups. Pour y parvenir, tenir compte des conseils suivants :

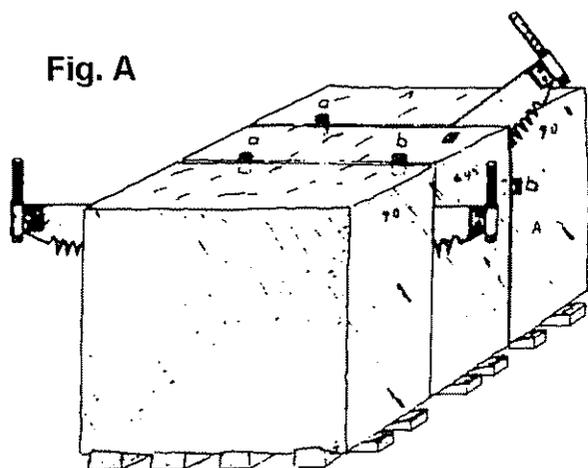


Fig. A

- S'échafauder si le bloc est haut,
- Se placer à une bonne distance pour ne pas être gêné pour tirer la scie.
- Amorcer le trait à une extrémité en avançant progressivement vers l'autre.
- Tirer la scie vers soi par un mouvement de va-et-vient en la balançant légèrement.
- Regarder si l'aide tire la scie bien droit, sinon lui indiquer le côté vers lequel il doit se déplacer.
- Scier de 10 à 15 cm de hauteur, soulever la scie et regarder si le passage est bien droit. S'il se produit du rond sur une surface, tirer la scie en la faisant toucher le long du trait opposé à la surface ronde. Gauchir légèrement la scie sans appuyer si elle ne conserve pas la direction indiquée. S'il se produit une résistance, retirer la scie et la changer de côté, sinon regarder l'avoyage.
- Vérifier de temps en temps la position de l'aide à travers le trait de sciage.
- Introduire avant la fin du sciage deux petits coins en bois tendre **a** et **b** dans le trait de sciage (*Fig. A*).
- Lorsque ce trait de sciage est terminé, retirer la scie en la soulevant du côté **A** (de préférence sur une surface brute) pour éviter que le coin **b**, qui va être déplacé, fasse une épaufrure sur le sciage.
- Enlever le coin **b** et le placer au-dessous de la scie pour éviter le serrage de cette dernière dans le trait, ensuite retirer le coin **a** puis la scie.
- Placer cette dernière sur ses manches ou à plat sur une planche pour éviter qu'elle se gauchisse (*Fig. B*).

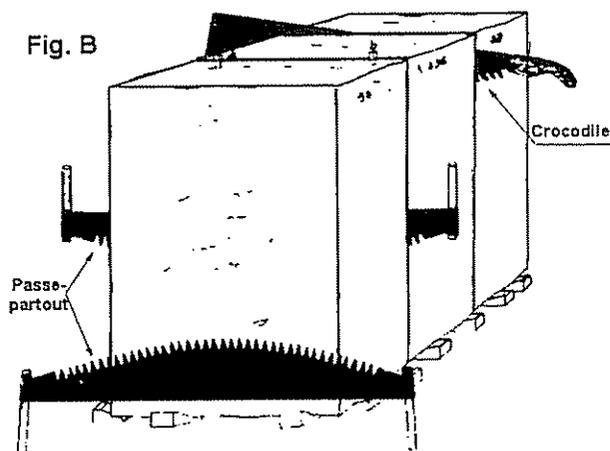
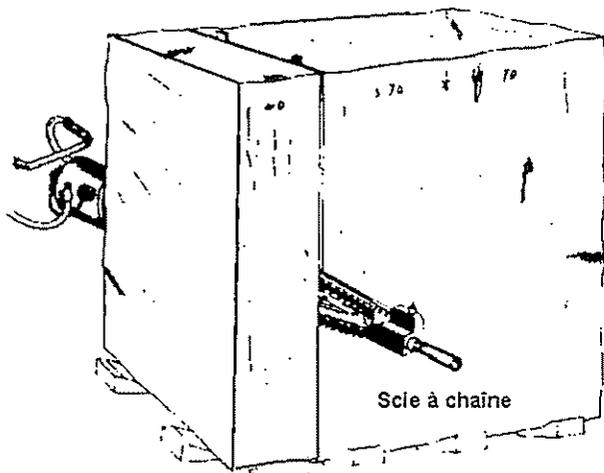


Fig. B

Pour certaines pierres qui nécessitent un sciage en cours de taille, on peut tirer la scie de façon différente, c'est-à-dire qu'au lieu de ramener la scie vers soi, chaque scieur scie le côté opposé à lui, pour conserver une arête sans épaufrures.

La scie **crocodile** est manipulée par un seul scieur ; ce dernier l'emploie en tirant vers lui, dans le sens des dents (*Fig. B*).

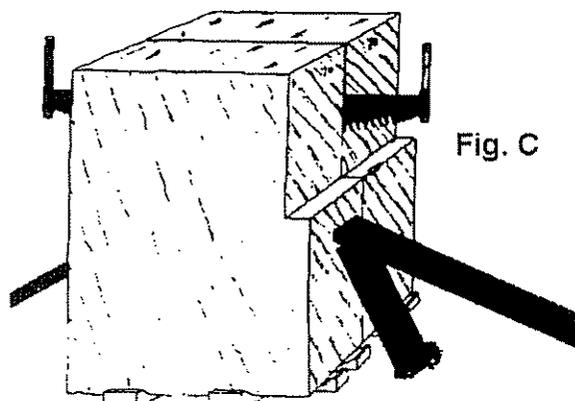
L'ECHAFAUDAGE POUR SCIAGE



Suivant la hauteur du bloc, on **échafaude** le côté où l'on se place pour tirer le passe-partout en mettant près du bloc ou appuyé sur celui-ci, soit un tréteau, soit un madrier, soit un moellon ; sur ce dernier, on appuis l'extrémité d'un madrier, dont l'autre côté repose sur le sol (**Fig. C**).

Pour certains blocs très hauts, la disposition de l'échafaudage peut se répéter plusieurs fois avant d'arriver à hauteur d'homme.

Pour le sciage à la scie à chaîne, l'échafaudage se fait de préférence sur des tréteaux, sur lesquels est placée une forme de planches ou de bastaings.



- ❶ Ne pas laisser les scies à terre près du travail (blessures possibles aux pieds).
- ❷ Ne pas les laisser dressées contre un bloc (possibilité de chute suivie d'accident).
- ❸ Au repos, accrochez-les, les dents dissimulées.

AFFUTAGE ET AVOYAGE DU PASSE-PARTOUT

La longueur de la **lame** d'acier du passe-partout varie de 1,65 à 2,31 m. Ces dimensions correspondent à des multiples d'une ancienne mesure, le pied ($1 \text{ pied} = 0,33 \text{ m}$). C'est pourquoi on nomme les passe-partout des scie de 5, 6 ou 7 pieds.

La lame doit être plane, c'est-à-dire sans gauche. Avant son emploi, il faut la dresser en la plaçant sur une surface de pierre bien droite, puis on frappe progressivement la surface gauche avec la tête du tourne-à-gauche, on doit éviter de frapper près des dents.

Pour **limer** (affûter) un passe-partout, on le place à plat sur un madrier posé sur des tasseaux, à environ 0,60 m du sol.

Puis on l'affûte, soit avec un **tiers-point**, soit avec une **lime plate** (taille douce).

Les dents sont limées droites, c'est-à-dire sans biseau et sur toute la longueur de leur chant, en tenant la lime d'une main (la droite pour limer le chant droit et la gauche pour limer le chant gauche, afin de ne pas changer la position de la scie).

La lime n'a du mordant que dans le sens des stries : il ne faut pas frotter sur la dent dans le sens opposé à ces dernières ; un léger tour de poignet évite ce frottement.

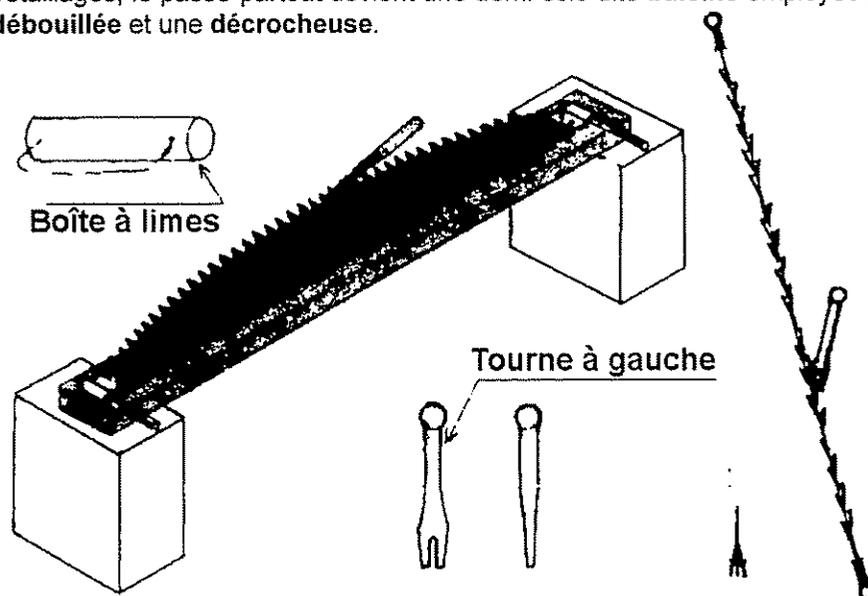
Pour permettre à la scie d'entamer plus facilement la pierre, on lui donne de la **voie**, c'est-à-dire que l'on donne plus de largeur aux dents que l'épaisseur de la lame. On dit que l'on procède à l'**avoilage**. Cette opération se fait à l'aide d'un outil fendu à une extrémité, que l'on nomme **tourne-à-gauche**.

L'avoilage d'une scie demande une grande habileté. En effet, si les dents ne sont pas inclinées également des deux côtés, la scie déviara à la coupe. On doit laisser une dent droite toutes les 9 ou 10 dents, c'est-à-dire sans voie, pour faciliter l'amorçage du trait et la sortie du badigeon (poussière, craon). Il suffit de repérer les dents que l'on veut laisser droites, puis d'incliner une dent à droite, une dent à gauche.

Il ne faut pas exagérer l'avoilage. Pour le sciage des pierres tendres, la voie doit être plus large que pour celle des pierres demi-fermes.

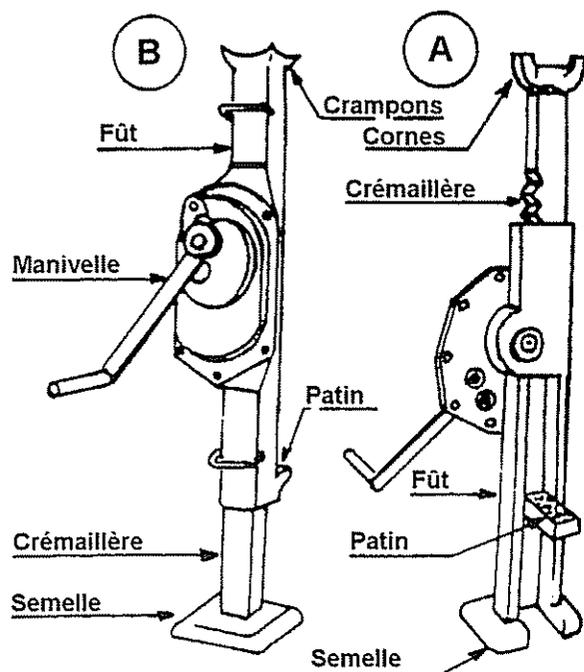
Quand les dents sont usées, on fait un **retailage** au moyen d'un emporte-pièce fixé sur un appareil à balancer qui effectue de nouvelles dents.

Après plusieurs retailages, le passe-partout devient une demi-scie dite **baleine** employée pour les petits blocs, puis une **débouillée** et une **décrocheuse**.



CRICS ET VERINS

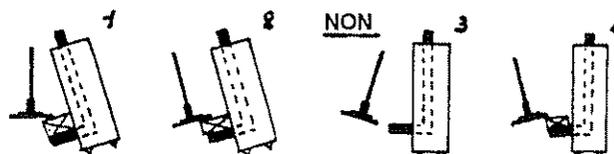
- A- Cric à fût métallique fixe et crémaillère mobile
 B- Cric à fût métallique mobile et crémaillère fixe



Les crics doivent être munis d'un dispositif capable de s'opposer à un retour de manivelle.

LES CRICS

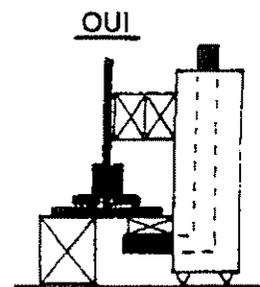
Les crics exercent des efforts de poussée identiques et de sens contraires, appliqués à la charge à mouvoir d'une part et à un point d'appui fixe d'autre part.



Mauvais emploi du patin d'un cric :

1. Le cric et le fardeau sont insuffisamment solidaires.
2. L'ensemble cric-fardeau n'est pas soutenu.
3. Le contact fer sur fer favorise le glissement.
4. Seule l'extrémité du patin a été engagée sous le fardeau.

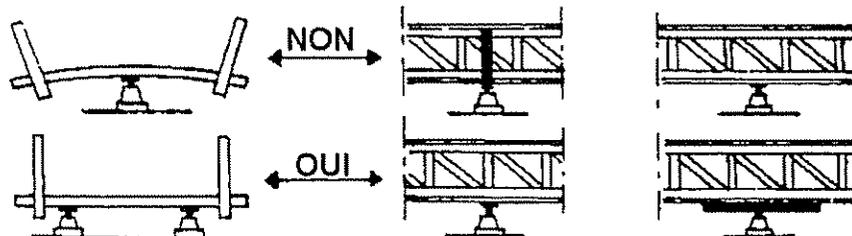
- Choisir un point d'appui stable et non glissant.
- Placer le cric dans une position bien verticale.
- Assurer un calage correct pour maintenir l'équilibre de la charge au fur et à mesure de son levage.



MISE EN PLACE

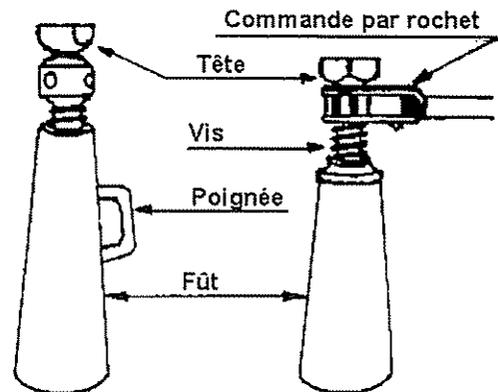
Choix de l'emplacement du point d'application sur la charge.

- Crics ou Vérins -



VERINS A VIS

- ◇ Le déplacement de la vis s'obtient, soit :
 - par rotation de la vis par rapport à l'écrou fixé
 - par rotation de l'écrou, la vis étant immobilisée.
- ◇ La commande de rotation s'effectue par l'intermédiaire d'une broche s'engageant dans l'écrou ou par un dispositif à rochet.
- ◇ Il existe également des vérins à vis télescopiques et des vérins hydrauliques.



PRECAUTIONS D'EMPLOI

- ❖ Ne pas dépasser les efforts normaux pour lesquels ces appareils ont été conçus.
- ❖ Pour la levée, utiliser le cliquet de retenue du cric. Pour la descente, bien retenir la manivelle, mais ne pas essayer de la rattraper si elle s'est trouvée libérée. (Risque de fracture du bras).
- ❖ Faire reposer le socle des crics et vérins sur un sol dur, sinon interposer une selle de bois de dimensions suffisantes pour s'opposer au glissement de l'appui.
- ❖ S'il est nécessaire d'employer simultanément plusieurs appareils, synchroniser les mouvements et assurer des calages fréquents de la charge.
- ❖ Utiliser des cales calibrées en bois dur ; ne pas s'engager sous la charge pour les placer ; Pour un calage important, proportionner l'empatement par rapport à la hauteur et croiser l'empilage des cales.

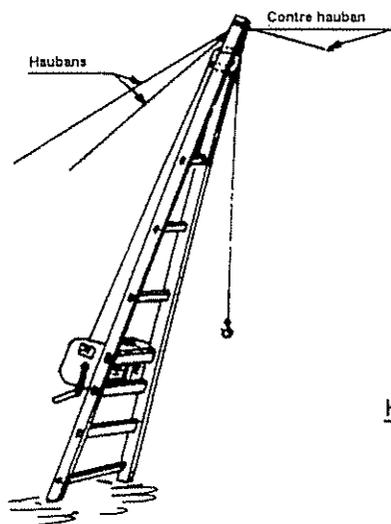
IMPORTANT

- Tenir ce matériel parfaitement propre et en bon état.
- Graisser fréquemment les axes, pignons et vis.

CHEVRE, MAT, TREPIED, ...

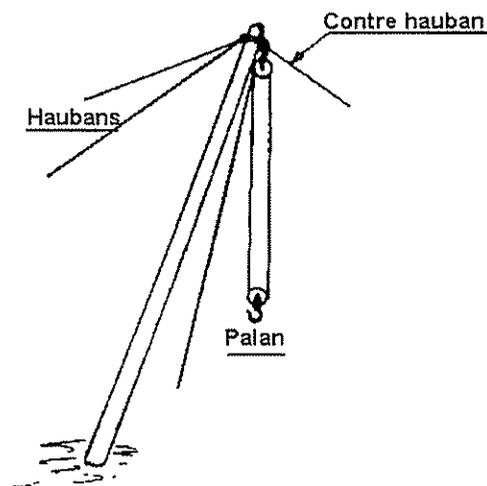
Les chèvres, mâts et appareils similaires sont destinés à élever ou à abaisser des charges, et, éventuellement à les déplacer suspendues sur de courtes distances.

Le bâti ou volée est complété le plus souvent par un appareil de traction : treuil ou palan.



CHEVRE

Une chèvre est composée de deux pièces obliques réunies par un certain nombre de traverses. Elle est équipée d'un treuil à sa base et d'une poulie en tête.



MAT ou poteau haubané

*Un mât, ou poteau haubané est le plus souvent équipé d'un palan ou d'un « Tirfor ».
Il permet de soulever une pièce de deux fois sa longueur.*

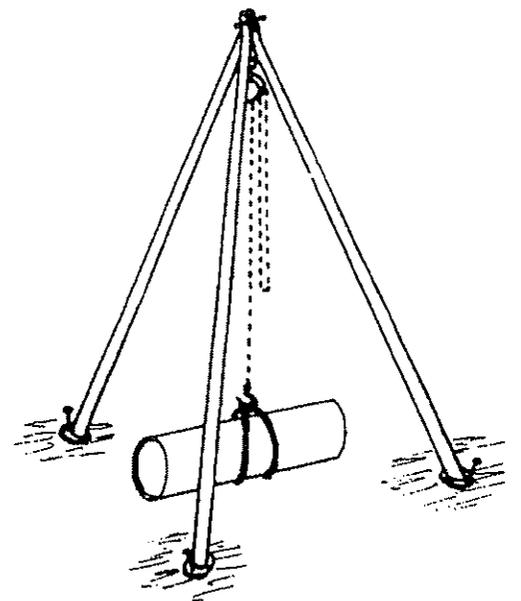
TREPIED

Lorsque la stabilité d'une chèvre ou d'une bigue est assurée par un troisième élément rigide, l'engin devient alors un trépied.

Le glissement des pieds est empêché par des semelles comportant des pointes ou complétées par des fiches enfoncées dans le sol ; l'écartement pouvant être réglé et maintenu à l'aide de chaînes reliant les montants.

Le trépied est généralement utilisé avec un palan chaîne ou un treuil.

- incliner les chèvres ou les mâts le moins possible sur la verticale, ne pas exagérer l'écartement des montants d'un trépied, afin de bénéficier de la force portante maximale.



3- Taille

La taille d'une pierre brute dans le but d'obtenir un parallélépipède parfait.

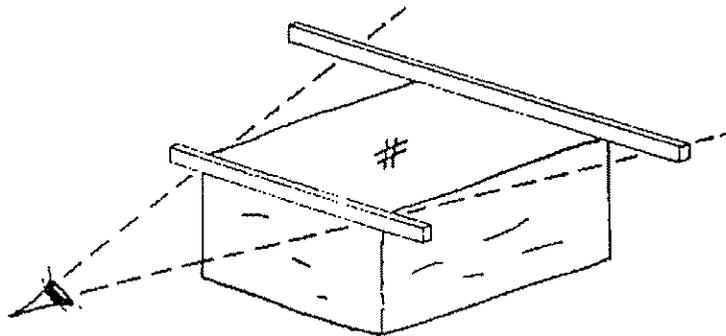
- ❖ Il est nécessaire de préparer une première face plane qui servira de référence et permettra par retour d'équerre de tracer les autres faces. L'on commence généralement par une face parallèle au lit de pose.

Méthode :

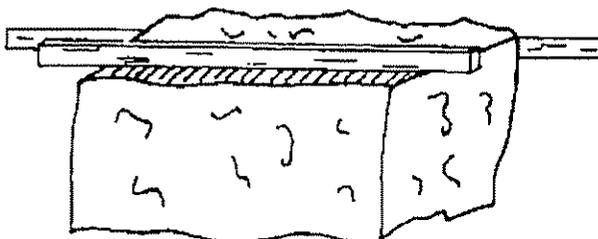
- ❖ On trace une ligne appelée faux trait assez basse pour faire disparaître les trous existants dans la pierre brute.
- ❖ On exécute une première ciselure qui dégage le faux trait sur une largeur de 10 à 15 cm et l'on finit la ciselure définitivement.

Le dégauchissage

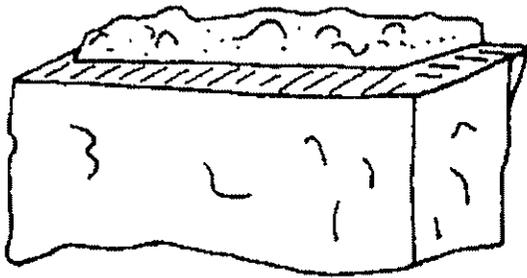
Le dégauchissage consiste à placer la première règle sur une ciselure bien droite ; on place la deuxième règle à l'endroit désiré et l'on vise vers la première règle en prenant le dessus de l'une et le dessous de l'autre. Quand les arêtes des 2 règles se confondent, il ne reste plus qu'à tracer le plan dégauchi.



- ❖ On dégauchir à l'aide des 2 règles (voir plus haut) ce qui permet de tracer une ciselure parallèle à la première. On exécute cette deuxième ciselure.
- ❖ On trace et exécute les 2 ciselures qui rejoignent les 2 premières.
- ❖ Il ne reste plus qu'à éliminer la pierre débordant les ciselures.

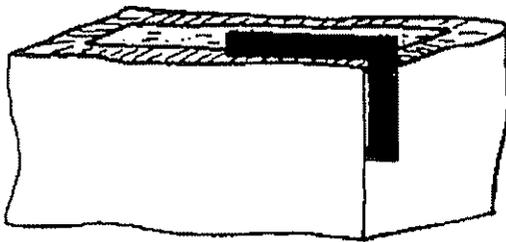


Pose des 2 règles après avoir fait la première ciselure.



Les 4 ciselures sont faites.

- ❖ Une fois obtenue cette première surface plane, le tailleur peut tracer les autres ciselures à la dimension. En plaçant son équerre sur la face de référence, il peut tracer les 4 faces perpendiculaires à la face de référence. La face parallèle à la face de référence étant obtenue par retour d'équerre des 4 autres faces. Une fois obtenues les 4 ciselures marquant une face, il doit enlever ce qui dépasse.

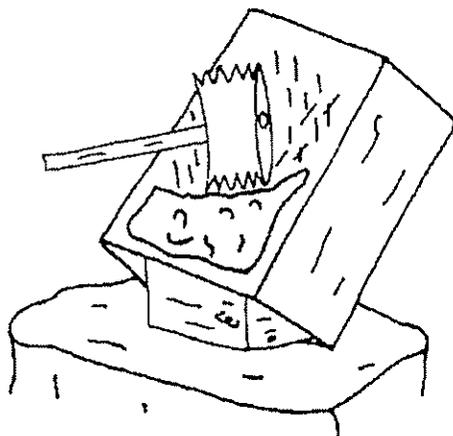


Pose de l'équerre sur la première face de référence.

Comment enlever la pierre ?

Pour la pierre tendre jusqu'à demi-ferme.

- ❖ La ciselure (qui s'appelle La ciselure (qui s'appelle plumée pour la pierre tendre) se prépare au ciseau grain d'orge et se termine au ciseau.
- ❖ Le rustique enlève le trop de matière qui déborde des plumées.

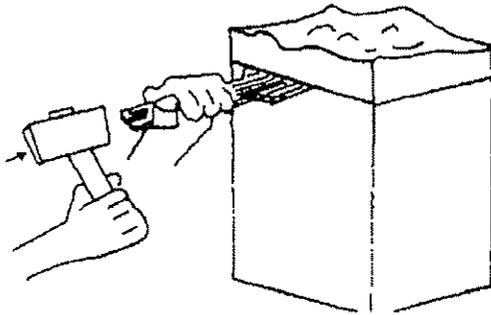


Taille au rustique.

- ❖ Le taillant permet d'enlever les coupes du rustique.
- ❖ Quelques passages de chemin de fer rendent la face parfaitement plane et sans marque de coups d'outil.

Pour les pierres dures

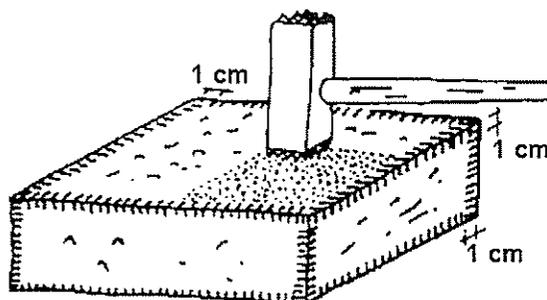
- ❖ La ciselure se prépare à la chasse si le plan à dégager est franc.



Prendre à la chasse.

- ❖ Le faux trait se dégage à la gradine ou au pied de biche. La ciselure se termine au ciseau.
- ❖ Ce qui débord des ciselures s'enlève avec la pointe.
- ❖ Si l'on désire une finition plus parfaite, l'on a le choix entre une finition :
 - Bouchardée (la plus courante), jusqu'à 1 cm de l'arête
 - Smillée
 - Polie.

Voir page suivante.



Finition bouchardée.

TAILLE

Lors de la taille de ciselures, le visage ne doit pas se trouver au-dessus de la pierre : danger de projection d'éclats dans les yeux et manque de visibilité pour suivre le trait correctement la ciselure.

Le visage et le corps doivent se trouver à 20 cm environ en arrière. De toute façon, porter des lunettes de sécurité.

Ne jamais se frotter les yeux avec les mains.

Enlever les poussières et grains de pierre à l'aide d'une mince feuille de papier roulée, puis laver.

L'emploi de la chasse nécessite certaines précautions.

1. Ne pas frotter trop fort à la massette s'il y a peu de pierre à enlever ; la main tenant la chasse pouvant frapper violemment le bloc de pierre. Se méfier des éclats de pierre projetés en l'air qui peuvent retomber sur les doigts.
2. Enlever les bavures provoquées sur la tête de la chasse par la massette : danger de projections d'éclats d'acier dans les yeux. Porter les lunettes.

MANUTENTION DES PIERRES

Dans la manutention des pierres taillées, il faut respecter les arêtes et les parements et prendre toutes les précautions voulues pour éviter les épaufrures.

Faire marcher une pierre sur son dernier parement ; la tenir avec les bouts des doigts et la paume de la main pour tenir les arêtes, surtout en pierre tendre.

CHARGEMENT DE PIERRE SUR LE DIABLE

1. Caler les roues à l'avant et à l'arrière.
2. Pose du bloc sur le diable, sur paillassons presque en équilibre mais toutefois légèrement sur l'arrière.

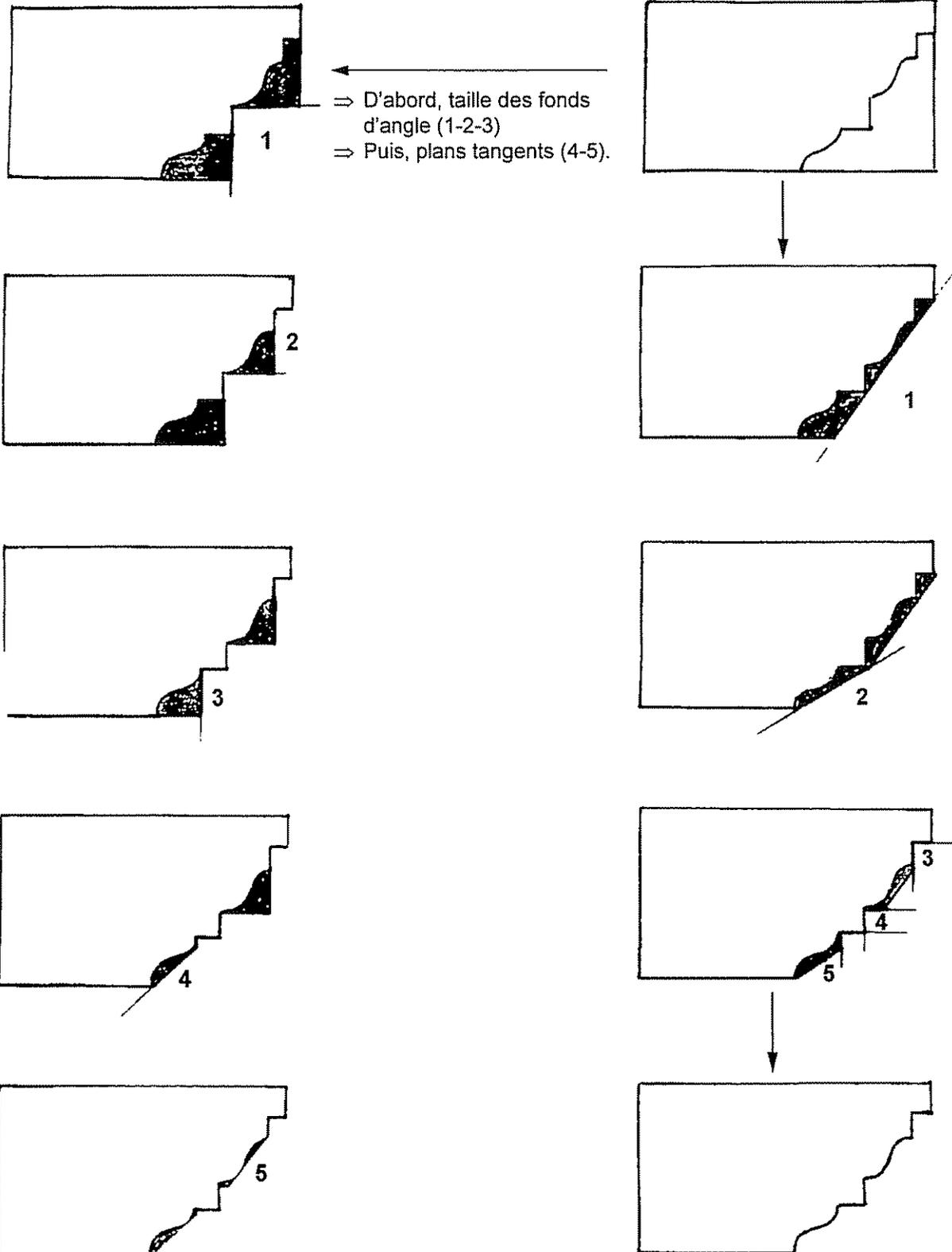
Bien engager le bec du diable sous l'angle de la pierre protégé par une ou deux torches. (Tapis - Moquette).

La pierre et rabattre le diable, les mains au-dessus des poignées afin d'éviter pincements et blessures aux doigts.

Deux hommes sont nécessaires.

Epannelage

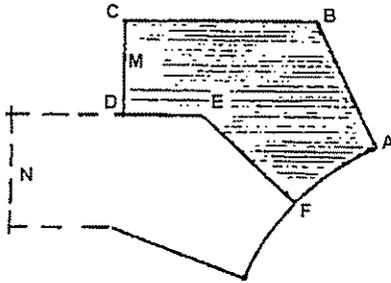
Marche à suivre pour atteindre un profil complexe (moulure ou parement) de façon rationnelle. Dans un premier temps, on taille les feuillures (fonds d'angle) puis des plans tangents successifs. Attention, une arête est le résultat de la rencontre de 2 plans ; en inversant l'ordre des opérations, on risque de travailler trop loin (donc pour rien) ou de « moucher » toutes les arêtes saillantes.



Joint brisés ou courbes

Il faut éviter les joints brisés ou courbes, du moins autant qu'on le peut ; soit, par exemple : un voussoir M à joints brisés, il présente un angle saillant CBA et un angle rentrant DEF ; le voussoir N, une disposition analogue.

Les brisures BC, DE, faites à un voussoir portent le nom de crossettes.



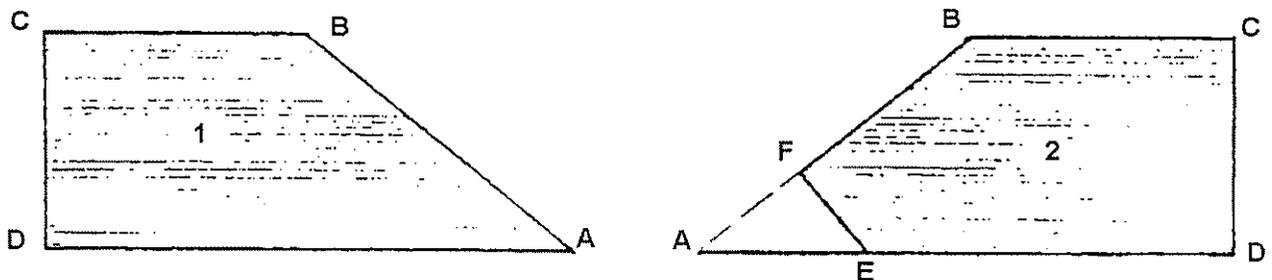
Or, il est difficile d'obtenir que l'angle rentrant d'un voussoir et l'angle saillant du voussoir voisin, soient rigoureusement égaux ; il faut porter une attention toute particulière à la taille des lits de ces deux pierres si elles doivent être posées sans joints.

Un appareil voussoir se brise surtout à l'angle rentrant E.

Etant donné la forme irrégulière des joints, il est impossible que ceux-ci soient disposés dans toute leur étendue suivant le lit de carrière.

Angles aigus

Il faut, autant que possible, éviter les angles aigus A, il est évident, en effet, que dans une pierre ayant pour section droite ABCD (Fig. 1), la résistance en A se trouvant considérablement affaiblie, l'angle aigu A serait rapidement épaupré.

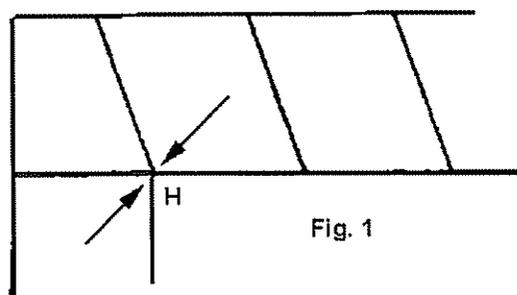


Il faut, de deux inconvénients (angles aigus et joints brisés), choisir le moindre.

On pourra souvent avoir avantage, dans ce cas, à abattre l'angle A et à remplacer la section ABCD par la section BCDRF, ou EF est perpendiculaire sur BF, ce qui donne (Fig. 2) un joint brisé DEF.

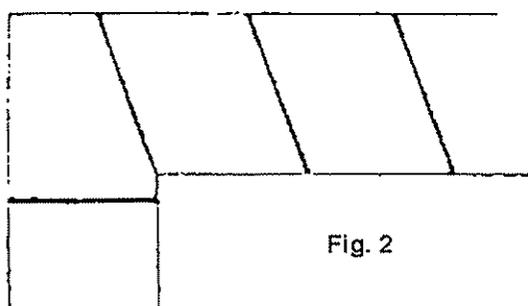
Le joint brisé A a, dans ce cas, peu d'inconvénient, sur la véritable surface d'appui de la pierre est ici la face DE.

Sommier de plate-bande



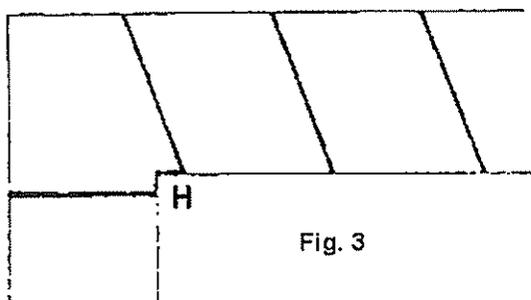
Le dernier claveau d'une plate-bande forme sommier et reçoit la poussée de la voûte. C'est sur ce sommier que repose toute la solidité de l'ouvrage et l'on conçoit qu'il faut apporter les plus grands soins dans son organisation, sa butée sur le massif voisin.

Le dernier joint passe souvent par l'angle de la plate-bande et du jambage.



*Pour donner à la plate-bande l'aspect d'un linteau d'épaisseur, même sur l'appui, on trouve, dans certains édifices d'architecture remarquable, des sommiers dont l'assise de base passe par l'angle formé par le piédroit et la douelle, de sorte que le sommier, lui-même, présente en ce point, un angle aigu.

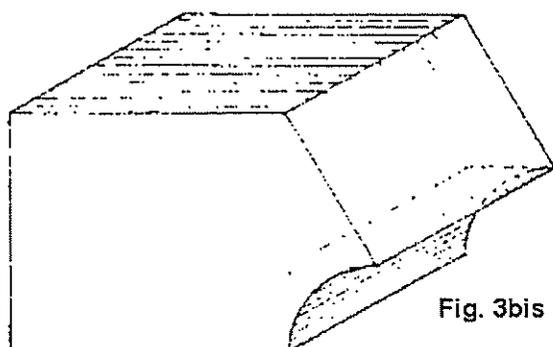
Ce système d'appareil est défectueux, car la pointe vive, comprimée sur deux faces, peut s'épauférer facilement (Fig. 1).



Pour remédier à cet inconvénient, il convient d'abaisser l'assise du sommier de 5 à 6 centimètres (Fig. 2).

Dans certaines constructions, le joint s'éloigne de l'angle H (Fig. 3) et c'est le sommier lui-même qui est refouillé en angle rentrant. On l'appelle sommier formant douelle.

Cette disposition est également défectueuse et on doit amortir l'angle rentrant par une courbe (Fig. 3bis).



Il faut aussi tenir compte du tracé de l'arête et de l'assise du sommier quand l'arête est refouillée par une feuillure ou une moulure pour éviter les épaufures.

34 % des accidents frappent les mains.

CHOIX :

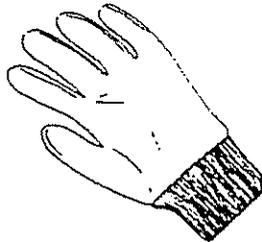
- ❖ Forme.
- ❖ Matière.
- ❖ Solidité.
- ❖ Résistance aux agents extérieurs.
- ❖ Souplesse.
- ❖ Légèreté.
- ❖ Imiter la transpiration .
- ❖ Conserver la tactilité ;
- ❖ Ne pas irriter.



Matière isolante



Matière plastique

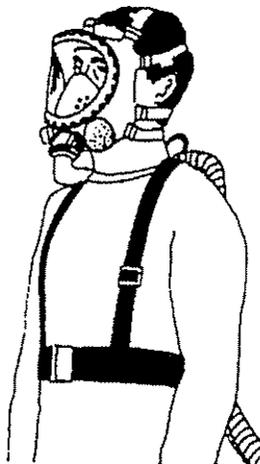
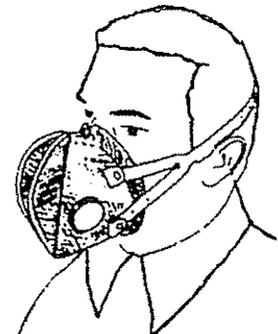
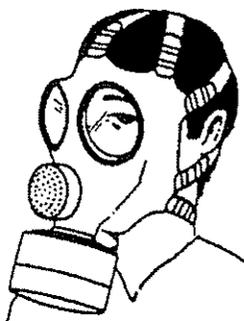


Caoutchouc



CHOIX :

- ❖ Il importe de connaître les dimensions des poussières à filtrer (moins de 5 microns, très nocives).



Masque en tissu (ou monotissé
suffisant pour les particules solides



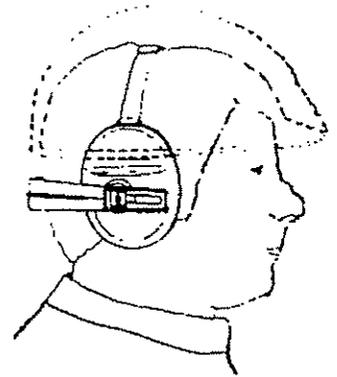
CHOIX :

- ❖ Individu, poste, environnement.
- ❖ Confort ;
- ❖ Robustesse.
- ❖ Esthétique.

Attention à ne pas surprotéger

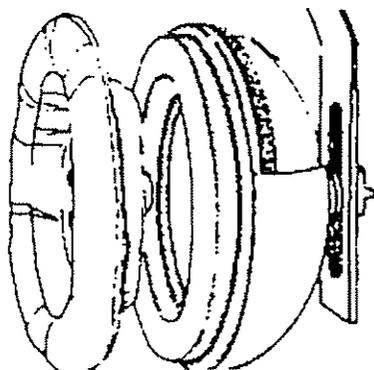
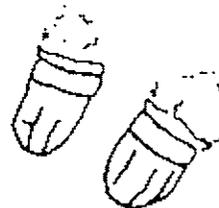


Perte de la perception de « bruits utiles ».

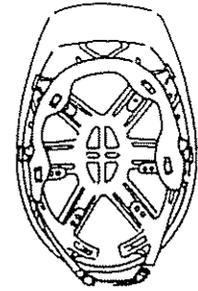
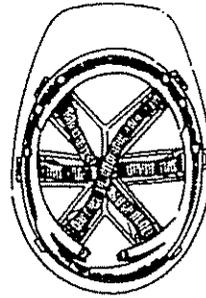
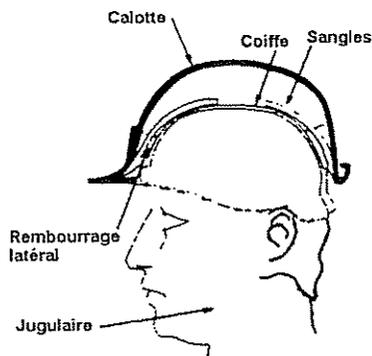


Bouchons d'oreilles :*

- ❖ Mieux tolérés pour un port continu.
- ❖ Suffisent pour BTP.



4 % des accidents frappent la tête.



Choc « Vertical »

Choc « oblique »

Choc « Latéral »

- ❖ Préférer une calotte à petits bords avec ou sans visière (protège les yeux sans gêner la visibilité).
- ❖ Qualités d'une bonne calotte : solidité, surface lisse, légèreté, isolation électrique, aération, résistance aux intempéries.

Annales I. T. B. T. P. « Etudes sur le vieillissement naturel et artificiel des casques de protection », par G. NOËL du C. E. B. T. P.

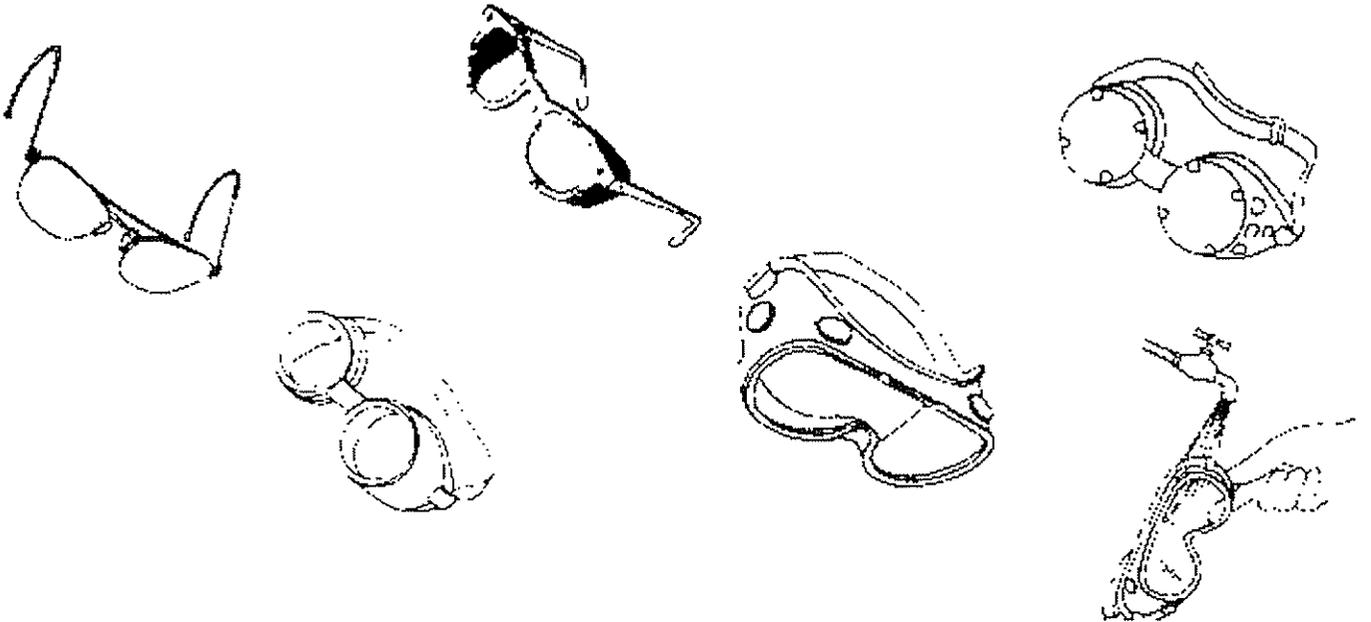
Classement par ordre de préférence	nature des calottes, des casques de protection	Age limite d'utilisation normale conseillée en France
1	Polyamide	Deux années
2	ABS	Deux années
3	Polyester armé en fibre, armé en fibre de verre	Dix huit mois
4	Phenol-textile	Dix huit mois
5	Polyéthylène	Douze mois

7 % des accidents frappent les yeux..

CHOIX :

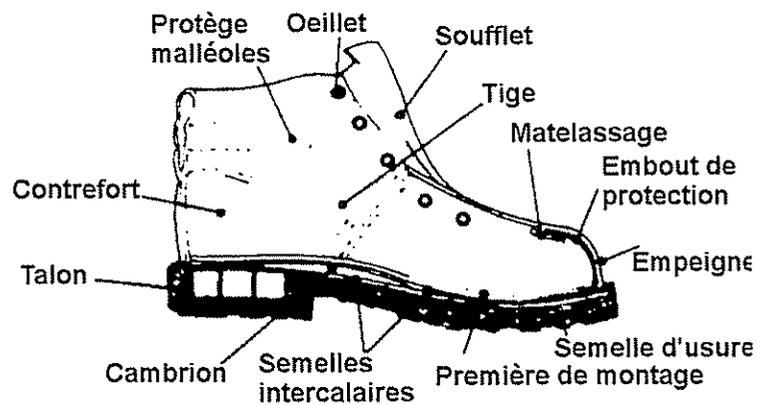
- ❖ Bonne qualité optique, légèreté, résistance aux chocs, à l'usure, rigidité.

EVITER LES VERRES DE CONTACT



13 % des accidents frappent les pieds.

Semelle antidérapante, imperforable.



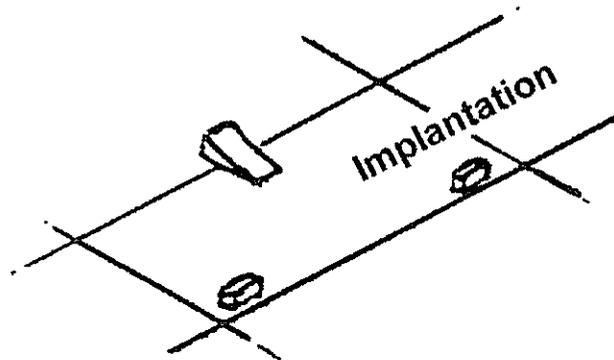
PROTECTIONS INDIVIDUELLES

RISQUES A PREVENIR

EFFETS PHYSIOLOGIQUES	SIEGES	CAUSES	MOYENS DE PREVENTION
Ecrasements	Orteils	<ul style="list-style-type: none">• Chutes d'objets	
Fractures	Calcanéum	<ul style="list-style-type: none">• Chutes de personnes	
Traumatismes et Plaies diverses	Toutes les parties du pied Malléoles	<ul style="list-style-type: none">• Heurts contre objets	
Perforations	Voûte plantaire	<ul style="list-style-type: none">• Pointes• Objets pointus (fers en attente, etc...)	
Entorses et Luxations	Malléoles	<ul style="list-style-type: none">• Surface de circulation• Personnel en mouvement	
Brûlures	Divers	<ul style="list-style-type: none">• Soudure• Projections diverses (métal en fusion, liquides, corrosifs, etc...)	
Divers	Divers	<ul style="list-style-type: none">• Glissades	
Electrisation et Electrocutation	Divers	<ul style="list-style-type: none">• Contact du pied avec l'élément conducteur normalement ou accidentellement sous tension	

4 - Pose

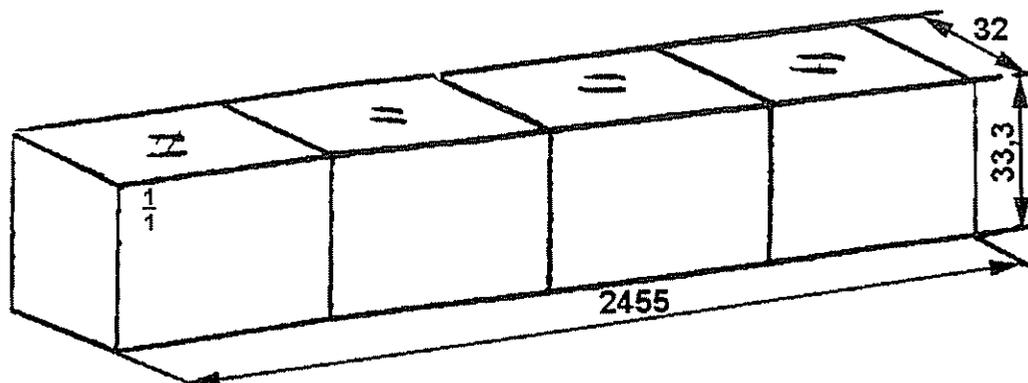
L'implantation est l'opération qui consiste à tracer au sol l'emplacement exact où doit s'édifier un ouvrage quelconque.



DE L'ALIGNEMENT

C'est l'action de disposer des pierres d'après une ligne donnée.

C'est mettre en ligne les pierres d'une assise à l'aide d'un cordeau bien tendu.



LA POSE DES PIERRES

Poser une pierre, c'est la mettre en place à l'endroit indiqué par le plan. Il y a plusieurs techniques de pose selon les circonstances, qui déterminent le type de mortier employé. Il ne faut pas confondre avec jointoyer, qui ne s'applique qu'à l'exécution de la partie apparente des joints.

Il y a 3 types de pose :

1. Pose à joints secs

On n'y fait pas usage de mortier. Ce type de pose a été employé dans l'antiquité ; on le rencontre encore de nos jours : dans nos régions, à la campagne, pour des ouvrages simples. Dans d'autres pays, comme la Grèce du Nord, des villages entiers étaient bâtis ainsi il n'y a pas 40 ans.

2. Pose sur bain de mortier

Dans ce cas, le poseur étend sur l'assise précédente une couche de mortier très consistant, peu délayé, sur lequel il met ensuite la pierre en place en ayant soin d'appuyer avec une masse jusqu'à ce que le mortier refuse de se comprimer davantage. Cependant, c'est un travail difficile à exécuter même s'il est possible d'utiliser des moyens de levage efficaces qui aident à l'installation (il faut faire très attention aux arêtes). Par ailleurs, poser un morceau est une chose, poser toute une assise est beaucoup plus délicat et il n'est pas évident d'obtenir un joint horizontal régulier sur une grande longueur.

On utilise cette méthode pour les pierres moyennes ou petites telles que les moellons, ainsi que pour les pierres dures. Il faut faire attention à bien mouiller la pierre qui ne doit pas absorber l'eau contenue dans le mortier ce qui gênerait la prise et fragiliserait le scellement.

Ce type de pose, plutôt employable pour la construction d'une maçonnerie neuve, ou pour la restauration d'un ensemble, n'est guère approprié pour le changement d'un bloc. Il ne devient indispensable dans ce cas que lorsqu'on a affaire à des pierres dures qui nécessitent des joints offrant le maximum de résistance que leur compacité rendrait difficiles à couler (ou lorsque les joints sont trop larges).

3. Pose sur mortier avec cales

Il est plus sûr de mettre en place des **cales** bien calibrées, toutes de la même épaisseur, avant d'étendre le mortier : pour un mur, par exemple, afin de faciliter l'installation de la pierre et après avoir nettoyé et arrosé le lit d'attente, on place deux cales (épaisseur maximum : 15 mm) le long du parement, à 3cm de l'arête et des angles, afin d'éviter les épaufrures. Sur le contre-parement, on utilisera un coin de bois qui permet de régler le niveau et l'alignement de la pierre.

Pour les cales, il faut éviter les bois durs, forts en tanin, comme le chêne, qui risquent de tacher la pierre ; on leur préférera le sapin. Après la pose, il faut retirer les cales et le coin et leur emplacement doit être bourré de mortier au jointolement.

Les joints verticaux doivent être **fichés** ou **coulés** ; on n'aura pas oublié de tailler les « **abreuvoirs** » dans les joints (surtout pour les claveaux et les voussoirs) afin de faciliter la descente du liant et d'accroître la cohésion de la maçonnerie.

Fichage

Ficher une pierre, c'est garnir de mortier le joint situé sous la pierre. On utilise pour cela une **fiche**, sorte de truelle à lame dentelée qui permet de pousser le mortier.

Pour ficher une pierre, il faut préparer les joints formés par les cales, c'est-à-dire calfeutrer les joints du parement et des arêtes soit avec du cordeau (ce « calfatage » est utilisé faute de mieux, car il n'est guère commode), soit avec du plâtre ou de la métalline (il est préférable de « ficher » par le parement intérieur pour ne pas abîmer ou salir le parement extérieur). Ce calfeutrage doit pouvoir retenir le mortier, puis être retiré sans laisser de traces pour permettre le jointolement.

Ensuite, on maintient une taloche sur laquelle on a étalé du mortier au niveau de la pierre à ficher, et on fait pénétrer le mortier à l'aide de la fiche jusqu'à ce qu'il refuse d'entrer. Il faut alors le laisser commencer sa prise puis le tasser dans le joint afin de le comprimer suffisamment pour obtenir une adhérence convenable (mais, il faut faire attention car la pierre pourrait être déplacée par la pression du mortier).

Le fichage est particulièrement commode pour poser des pierres isolées, après refouillement par exemple, surtout lorsqu'il faut employer un mortier peu fluide. Son efficacité est grande pour les joints verticaux. Il faut éviter les éclaboussures de mortier en parement car elles peuvent causer des tâches durables même si elles sont nettoyées immédiatement.

Coulage

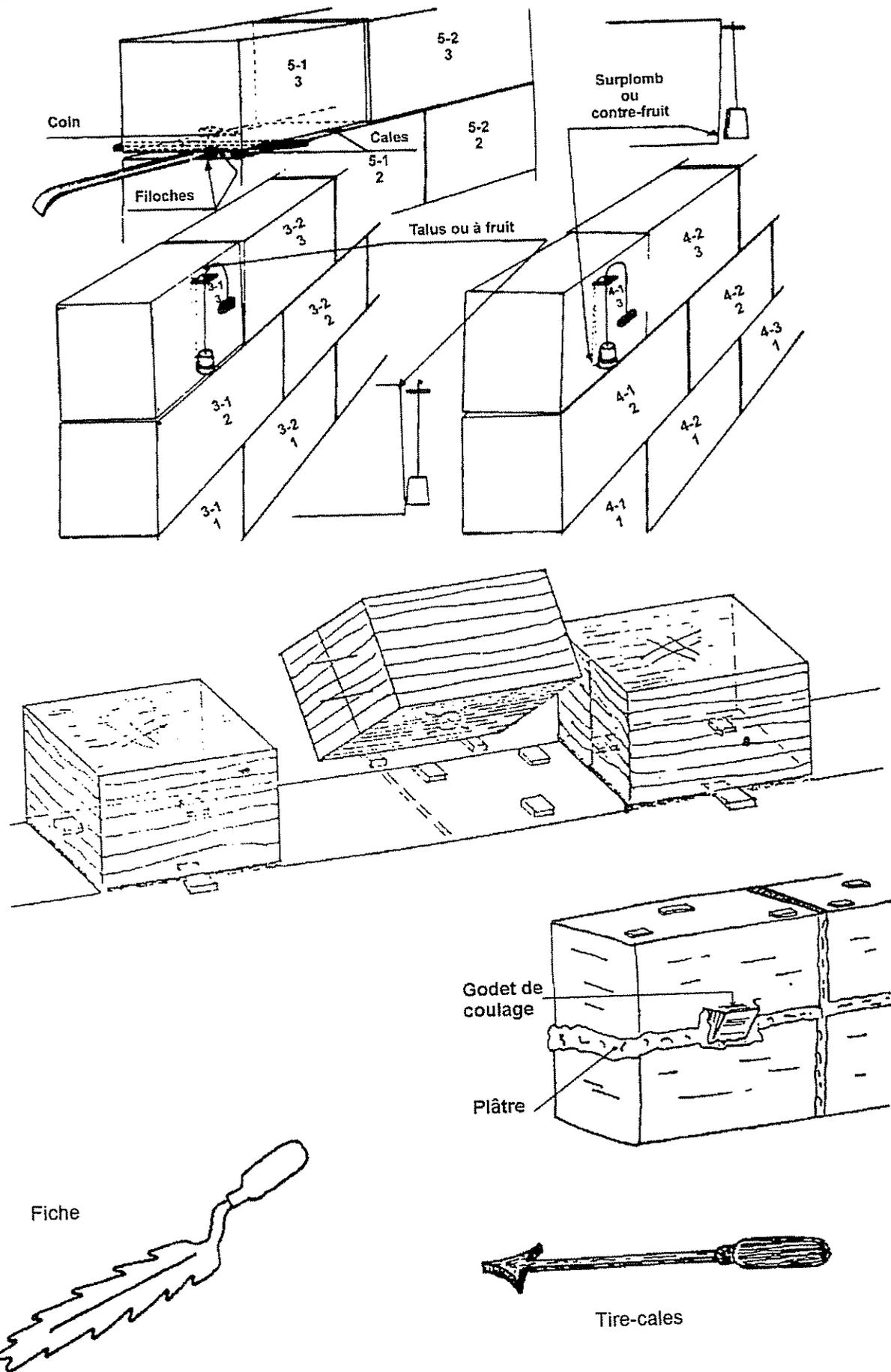
Couler une pierre, c'est remplir les joints d'un « coulis » de chaux, de plâtre ou de ciment. On trouve dans les monuments en grès des édifices entièrement liaisonnés au plomb coulé (cathédrale de Strasbourg).

Comme pour le fichage, il faut commencer après avoir posé les pierres à couler sur des cales, par calfeutrer les joints, horizontaux comme verticaux, à l'aide de plâtre ou de métalline (selon le coulis que l'on doit employer ; le cordeau ne convient pas vient pour contenir le coulis, trop liquide). L'intérêt d'obturer aussi les joints verticaux c'est de pouvoir couler d'un seul coup plusieurs pierres, et donc de gagner, si l'opération est réalisée soigneusement, beaucoup de temps. Néanmoins, le coulis ne peut pas s'étendre sur une trop longue surface.

On construit sur le dessus de l'assise des **godets** en plâtre (ou en métalline) qui vont permettre de verser l'eau d'abord, puis le coulis ensuite dans les joints. Le problème essentiel est d'éviter que se forme une poche d'air qui bloquerait le coulis.

En premier lieu, on versera de l'eau qui servira à chasser l'air en même temps qu'elle humidifiera les lits et joints des pierres : on coule de l'eau jusqu'à ce que l'humidité apparaisse sur les parois des pierres (4 à 5 cm de part et d'autre de chaque arête). On plante un clou, à l'opposé des godets, pour chasser l'air (on peut d'ailleurs en faire régulièrement tous les 60 à 80 cm). Si le calfeutrage cède, on intervient immédiatement avec une poignée de plâtre ou de métalline, maintenue avec la main le temps qu'elle prenne.

Lorsque les pierres sont convenablement humidifiées, on peut passer au coulis : il faut alors ôter le clou pour vérifier que les joints se remplissent bien (si possible, il faut faire ces « événements » sur la face intérieure pour ne pas risquer de salir la pierre côté façade). Le coulis doit être très liquide sinon il prend trop vite, devient épais, et obstrue le joint. Par ailleurs, il faut avoir soin de le remuer constamment en le versant afin qu'il reste bien homogène.



MARCHE A SUIVRE POUR LA POSE DES PIERRES

Principes fondamentaux

Les lits d'une pierre doivent être taillés parallèlement à leur lit de carrière et posés horizontalement, sauf pour les plates-bandes, arcs et voûtes. Il faut disposer judicieusement les parpaings, les carreaux et les boutisses pour assurer un bon liaisonnement de l'ouvrage.
Il faut veiller à ce que les joints soient décalés, c'est-à-dire en découpe. Une pierre ne doit jamais être en contact avec une autre sans une mince couche de mortier.

Pose d'une assise

Les pierres étant préparées, on commencera par les mettre sur cales, les unes à côté des autres, sur toute la longueur de la façade, si celle-ci n'excède pas 15 à 20 m (sinon on alignera en 2 fois, en prenant toujours pour alignement le bleu battu sur le plancher ou les points sur les tréteaux). Cette première opération terminée, on commence par plomber les 2 pierres des angles en ayant soin de les mettre en alignement et de niveau. Ensuite, on fait la répartition des joints, on tend fortement la ficelle d'un angle à l'autre et on commence le calage de tous les morceaux en ayant soin de vérifier le niveau.

L'assise réglée, on la scelle. Avant de poser la 2^e, il faut vérifier qu'on a joint horizontal de niveau et rectiligne, sinon on procède aux arasements nécessaires.

Pour la pose des autres assises, il n'y a plus qu'à suivre l'alignement et l'aplomb de la première. Il est important de vérifier de temps en temps l'aplomb des pierres du milieu de la façade car la ficelle, pas assez tendue, ou le vent, peuvent tromper l'œil du poseur.

Pose d'une plate-bande, d'un arc ou d'une voûte

La stabilité de ces éléments n'étant assurée qu'après leur achèvement, il est nécessaire, durant leur construction, de les soutenir par un « cintre » qui épouse la forme de l'intrados.

Cintre d'une plate-bande

La plate-bande étant un assemblage de pierres, il convient de coffrer pour la pose.

Ce coffrage, le cintre, se compose de pièces de bois ou de métal dont la principale est le **plateau** qui reçoit les claveaux. Le plateau doit être rigoureusement de niveau dans les deux sens ; c'est une planche épaisse qui supporte le « **couchis** », formé de chevrons constituant un véritable plancher ou une claire-voie portant les pierres.

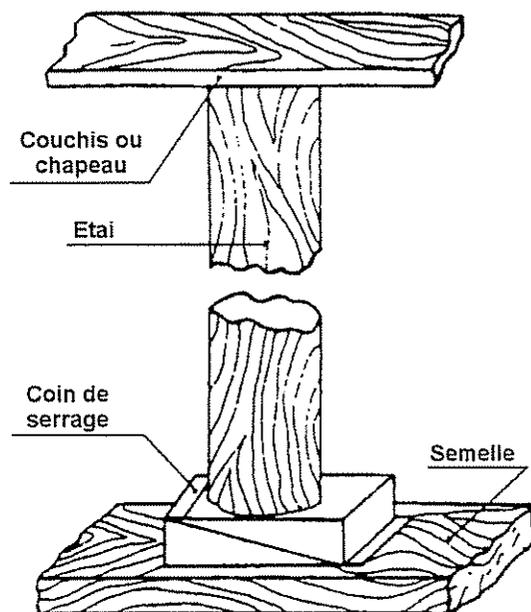
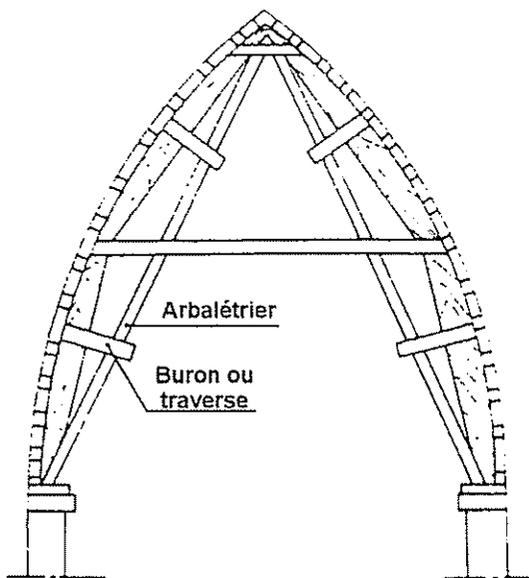
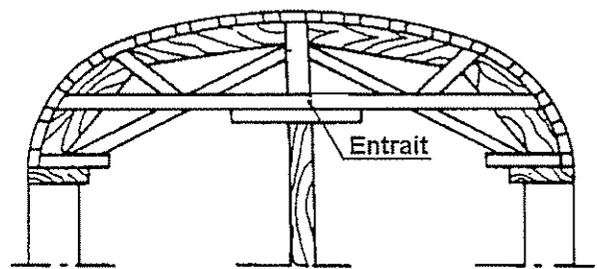
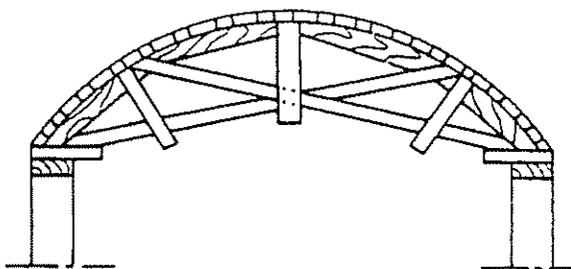
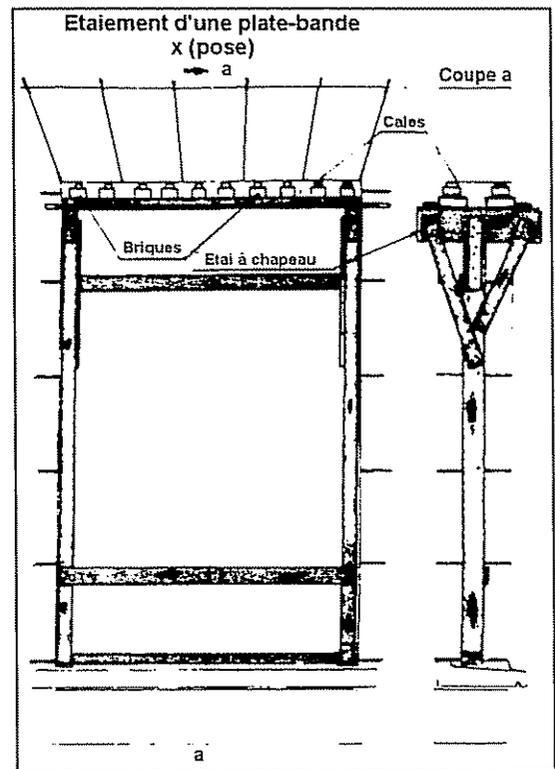
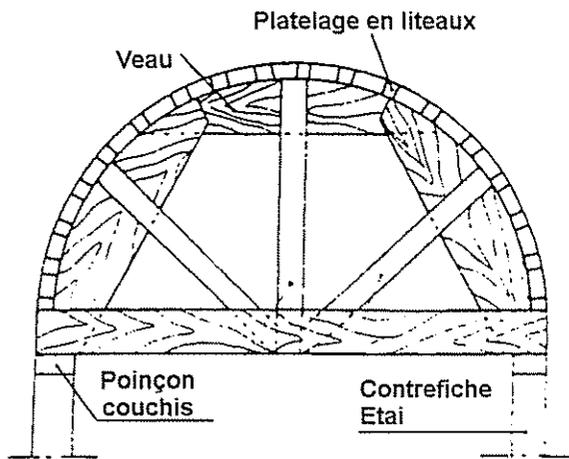
Le plateau repose sur 2 **étais** - simples ou doubles - maintenus en place par des **traverses** et des **étrésillons**. On met des **semelles** sous ces étais et on utilise 4 **coins** jumelés pour régler le niveau du plateau et pour **décintrer** plus facilement (on utilise maintenant des **étais métalliques à vis** qui permettent un réglage et un décintrage plus aisé)

Cintre d'un arc

Un cintre d'arc est composé de deux **fermes** sur lesquelles est cloué le couchis - les chevrons formant un véritable plancher ou une claire-voie - qui permet de poser les voussoirs (afin de faciliter la pose, il est préférable d'utiliser la claire-voie, ou de poser des cales sur le plancher).

Les fermes de faible portée sont constituées d'éléments circulaires, appelés « **vaux** », de même rayon que la voussure : 2 vaux jusqu'à 1 m (maintenus ensemble par un 3^e cloué), 3 jusqu'à 1,5 m (maintenus par 2 autres), au-delà, il faut renforcer le cintre avec une charpente de plus en plus élaborée (et utiliser des madriers à la place des chevrons pour le couchis).

Le cintre repose soit sur la maçonnerie près du sommier (c'était le rôle de chapiteaux d'église), soit sur des étais comme pour le cintre de plate-bande.



Constructions d'un cintre

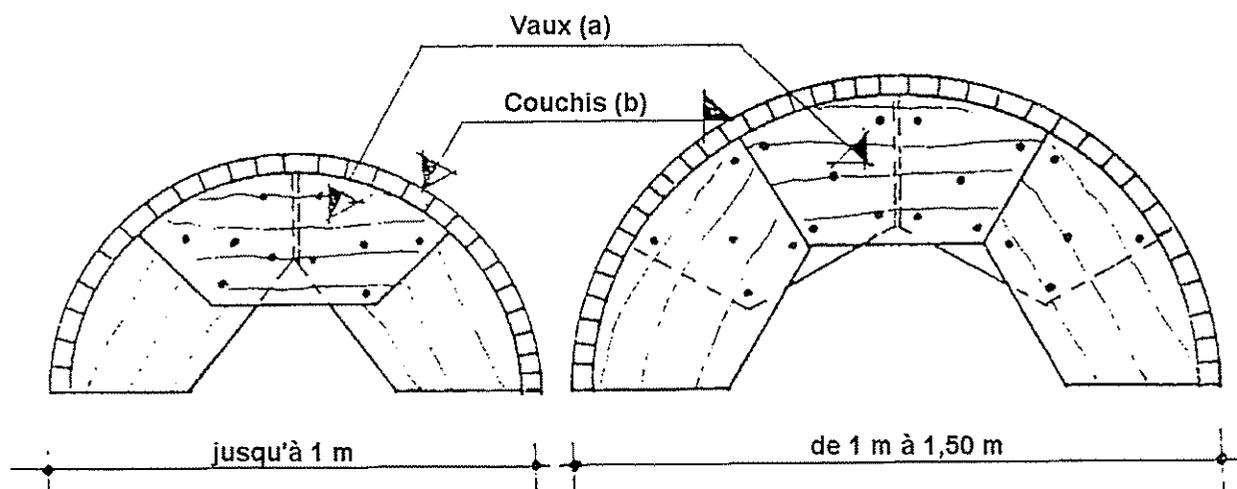
La stabilité d'un arc et d'une voûte n'étant assurée sauf cas spéciaux, qu'après leur achèvement, il est nécessaire durant leur construction, de les soutenir par un cintre qui épouse la forme de l'intrados.

Un cintre d'arc est composé de deux fermes sur lesquelles est cloué un plancher appelé « couchis », formé de chevrons, bastaings ou madriers disposés suivant les génératrices. Les cintres de berceaux comportent des fermes écartées de 1 à 2 mètres.

Le couchis est jointif ou à claire-voie, surmonté d'un platelage.

Les fermes de faible portée sont simplement constituées de deux couches de planches appelées vaux, clouées à joints croisés et dont la tranche est taillée suivant le forme d'intrados. On les renforce parfois d'une **entrait** et de **contrefiches**. Pour les grandes portées, on construit un système triangulé.

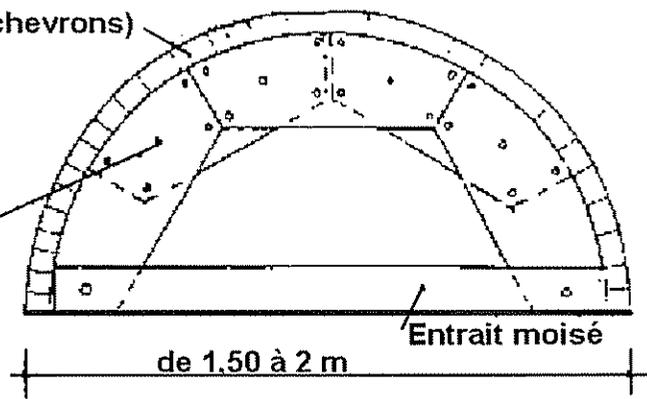
Ces fermes reposent, soit sur la maçonnerie près du sommier (c'était le rôle des chapiteaux d'églises), soit sur des piédroits descendant jusqu'au sol, avec interposition d'un dispositif d'affaissement pour le décintrement, soit sur un plancher de travail.



- a) Vaux en planches, deux couches clouées.
- b) Couches en chevrons jointifs disposés suivant les génératrices.

Couchis jointifs (chevrons)

Vaux en planches,
2 couches clouées



de 1.50 à 2 m

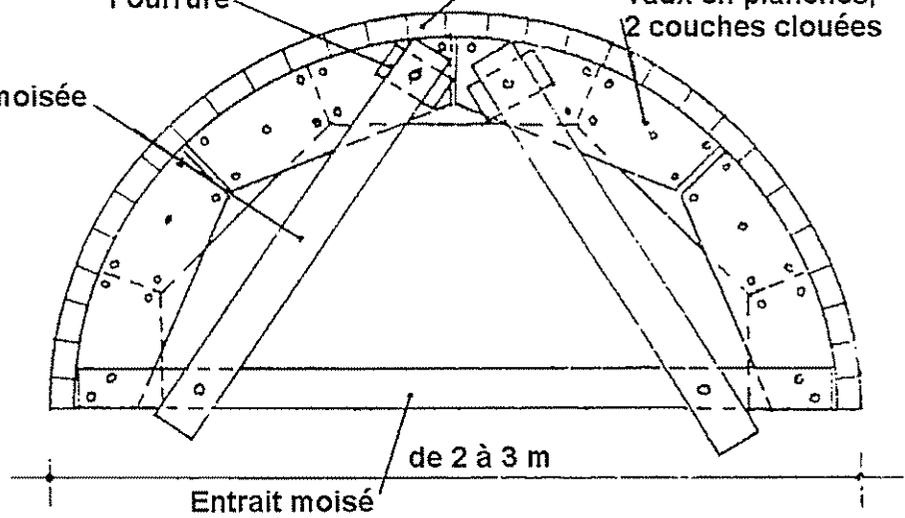
Entrait moisé

Couchis en madriers ou bastaings
jointifs

Fourrure

Vaux en planches,
2 couches clouées

Contrefiche moisée



de 2 à 3 m

Entrait moisé

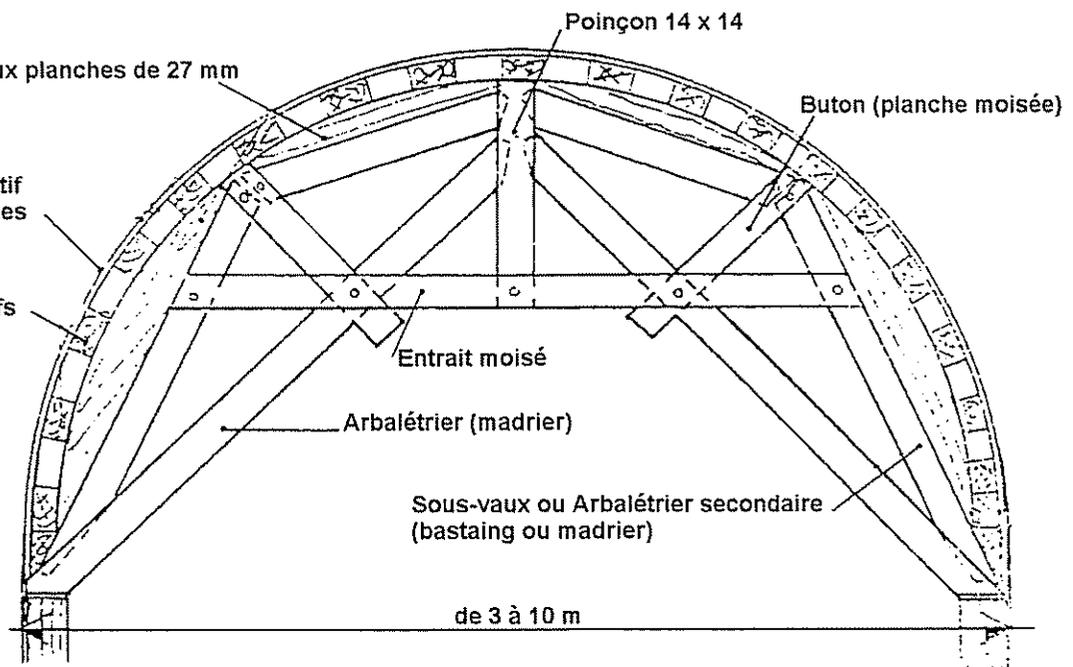
Poinçon 14 x 14

Vaux planches de 27 mm

Buton (planche moisée)

Platelage jointif
Voliges cintrées

Couchis non jointifs



Entrait moisé

Arbalétrier (madrier)

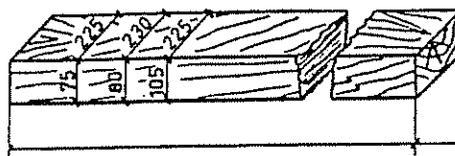
Sous-vaux ou Arbalétrier secondaire
(bastaing ou madrier)

de 3 à 10 m

Débîts commerciaux courants des bois utilisés pour les travaux de béton armé.

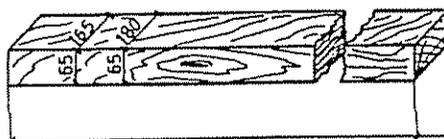
Désignation	Section (1) Epaisseur / Largeur	Longueur en mètre
-------------	------------------------------------	-------------------

Le madrier



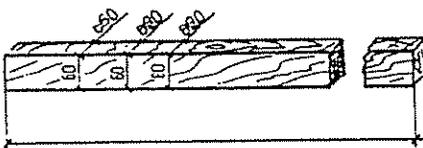
Longueur variant par 1/3 m
à partir de 2,00 m

Le bastaing



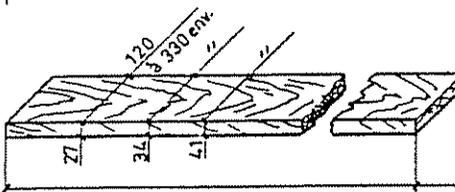
Longueur variant par 1/3 m
à partir de 2,00 m

Le chevron



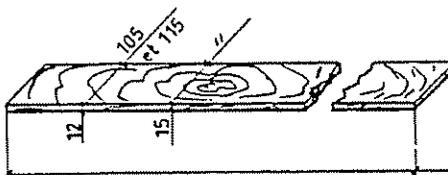
Longueur variant par 1/3 m
à partir de 2,00 m

La planche



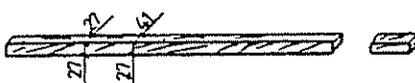
Longueur variant par 1/3 m
à partir de 1,66 m

La volige



Longueur variant par 1/3 m
à partir de 1,66 m

Le liteau



(1) Dimensions en millimètres

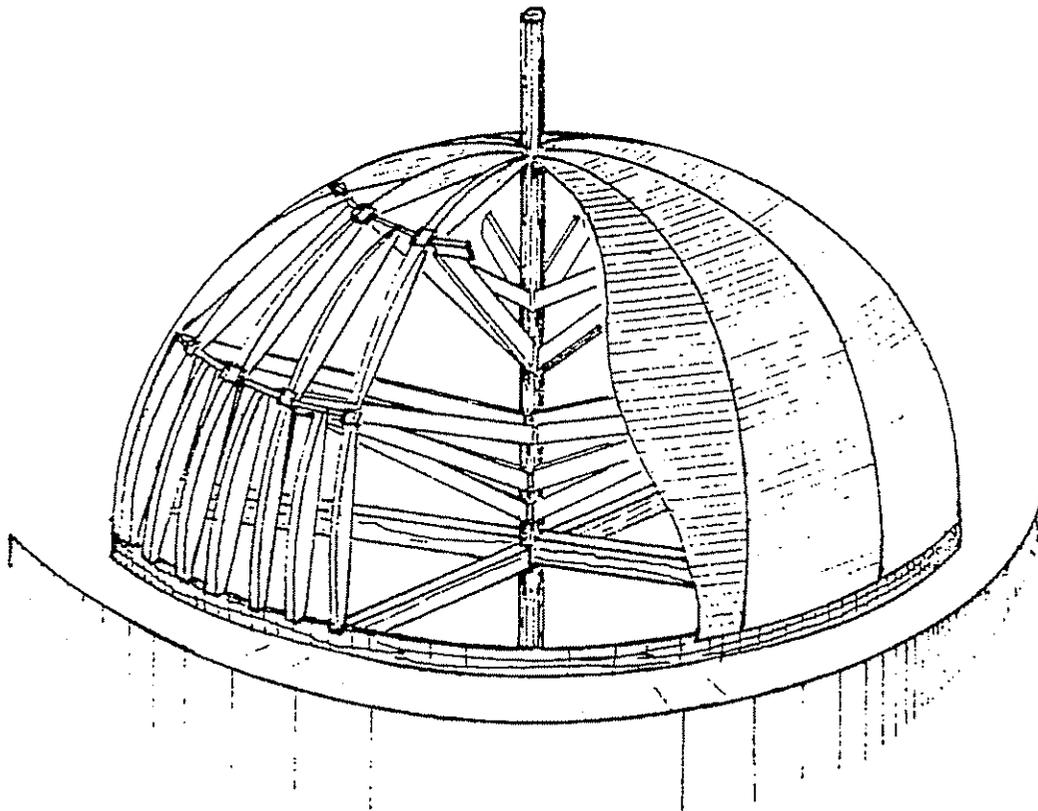
CINTRES DE DOMES ET COUPOLES

Le couchis doit suivre une surface non réglée (c'est-à-dire ne comportant de lignes droites dans aucune direction).

Il est formé de voliges assez souples pour être cintrées à force sur les vaux.

Les vaux reposent sur des faux arbalétriers, où sont assemblés directement sur des rayons aboutissant à un solide pivot central. Les entretoises en maintiennent l'écartement et reçoivent des vaux intermédiaires du côté de la ceinture.

Des croisillons parachèvent le raidissement de l'ensemble de façon à empêcher toute déformation en hélice, du cintre.

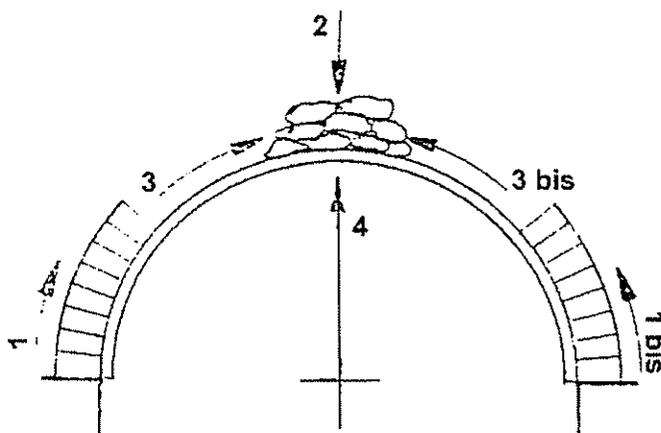


POSE D'UN ARC

L'emplacement des pierres est repéré sur le couchis. On part des naissances et on monte des deux côtés en même temps, assise par assise, de façon que les poussées se fassent en équilibre sur le cintre. Une fois atteint les reins, on charge le sommet du cintre pour l'empêcher de remonter, puis on poursuit l'appareillage jusqu'aux contre-clefs.

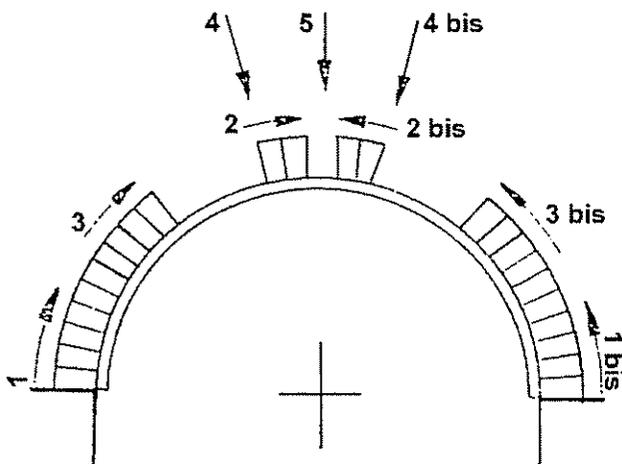
On pose alors les contre-clefs et la clef (à sec, contrairement aux pierres qui sont dans l'intervalle naissances et reins ; on attendra quelques jours le retrait du mortier avant de ficher les derniers joints de mortier presque sec).

Si le cintre permet de calfeutrer les joints de l'intrados, on peut aussi procéder par coulage (indispensable pour des joints qui ne sont pas rectilignes).



PROCEDE DISCONTINU A PLUSIEURS CLAVAGES

Dans les grands ouvrages, on évite l'inconvénient du lestage au sommet et on réduit, en même temps, les inconvénients du retrait, en appareillant l'intervalle entre naissance ou reins, puis le sommet ; ensuite, en repartant des reins en effectuant, en dernier lieu, le clavage aux points 4, 4 bis et 5 par matage des points.



POSE PAR INCRUSTEMENT

C'est une technique très fréquemment employée pour la restauration des monuments historiques où l'on doit généralement se contenter de changer quelques morceaux en conservant le reste de la maçonnerie.

Il faut choisir une pierre de remplacement la plus ressemblante possible par sa couleur, sa façon de taille... Egalement, l'observation des joints alentour dictera la composition du mortier, sa couleur et la taille du joint.

Le **refouillement** se fait à la massette et au poinçon : il est préférable de ne pas utiliser d'outil trop lourd à cause de l'ébranlement qui risque d'être nuisible à la maçonnerie. Afin de ne pas épaufrer les pierres voisines, on commence le travail par le milieu du parement et on fait sauter les joints au dernier moment. Il faut prévoir des étais à portée de la main pour parer à toute défaillance de la maçonnerie.

Mouiller les parties dégagées, puis projeter du mortier au fond (pour le joint vertical arrière), avant de glisser la nouvelle pierre à sa place (en force pour amener le joint arrière à son épaisseur). Ficher ensuite, en commençant par le joint horizontal inférieur, puis les joints latéraux et enfin le joint supérieur (on peut utiliser de la chaux grasse pour les joints, et de la chaux hydraulique pour le fond). Nettoyer soigneusement les bavures.

POSE D'UN DALLAGE

Quoique les dalles puissent avoir des formes très variées, il est préférable de préparer un calepin pour effectuer le dallage. Il faut, pour cela, rechercher un bon équerrage, respectant l'organisation des lieux (axes, ouvertures,...).

Après avoir été mouillée, la dalle est posée sur un mortier de chaux ou de ciment, selon la pierre employée, que l'on étale au fur et à mesure. On vérifie avec un niveau et on corrige avec un maillet.

Si les joints ont plus de 2 mm, on les fera au fur et à mesure de la pose en choisissant la couleur au besoin. S'ils n'ont qu' 1 mm, on utilisera un coulis et une raclette en caoutchouc.

AGRAFES

Les agrafes sont des petites pièces de métal qui permettent de maintenir plusieurs morceaux de pierre entre eux.

Les agrafes utilisées doivent être en métal inattaquable par l'oxydation (bronze, laiton,...) car l'humidité des pierres les endommagerait les rendant impropres à leur fonction.

En restauration, les agrafes sont utilisées fréquemment (angles, acrotères, balcons, bandeaux,...). Traditionnellement, sur les balustres, on liaisonne les morceaux de main courante entre eux en coulant du plomb autour de l'agrafe en laiton.

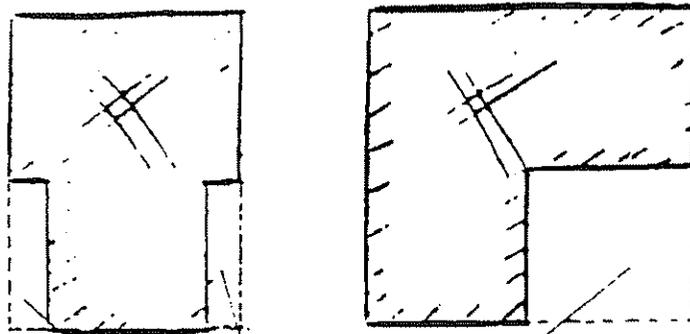
Dans les constructions modernes, les agrafes permettent le maintien des dalles de revêtement.

Les **goujons** sont des tiges du même métal que les agrafes qui se placent entre deux pierres pour empêcher leur basculement ou leur glissement (balustres).

PIERRE D'APPAREIL AVEC EVIDEMENT

L'évidement est une partie de pierre abattue entre 2 faces qui se touchent.

C'est un creusement pour alléger un motif ornemental, aussi pour réduire une épaisseur.

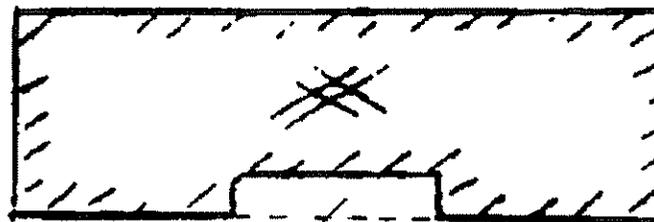


Evidements

Le refouillement est une entaille, un évidement pratiqué dans la face d'un mur.

C'est un creusement pratiqué pour couper la monotonie d'une face plane, pour accrocher les ombres.

C'est encore un creusement pratiqué pour remplacer un morceau de pierre dans un ouvrage en restauration.



Refouillement

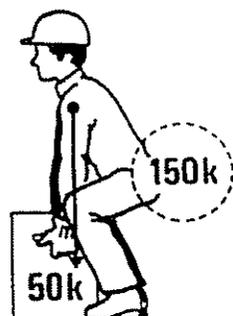
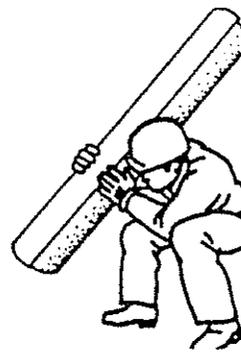
PRINCIPALES ACTIONS DE MANUTENTION

55 kg : charge limite, un homme + 18 ans, seul, de façon continue

- Utiliser la force des jambes.
- Faire travailler les bras en traction simple.
- Fixer la colonne vertébrale.



- Pour lever une charge, plier les jambes en conservant entre la cuisse et la jambe un angle ouvert.

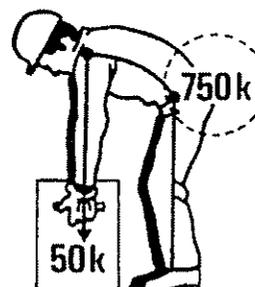


Soulever une charge, comme le ferait un athlète

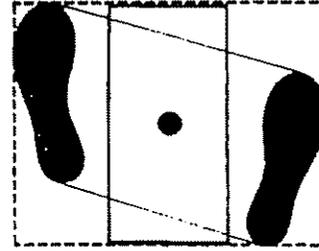
- Dos plat
- Colonne vertébrale bien fixée
- Haut du corps redressé
- Position accroupie
- Prise en charge le plus près possible du corps, les pieds de chaque côté de l'objet

- Effort trop important

- Hernie discale
- Sciatique
- Lumbago

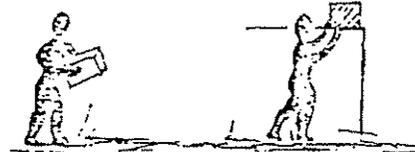


- La position des pieds détermine l'équilibre de l'individu
⇒ encadrer la charge.



levage

La charge prise au sol ou à hauteur accessible est soulevée pour être déposée à un emplacement proche.



portage

la charge soulevée peut être transportée en un point distant, soit à bras, soit reprise à l'épaule.



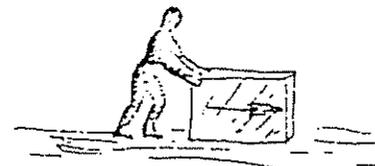
lançée

Une charge assez légère peut être manutentionner de mains en mains par un certain nombre d'ouvrier ou lancer (ouvriers en quinconce).



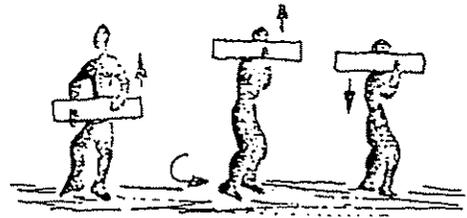
poussée

L'effort est appliqué soit directement, soit à l'aide d'un levier, de façon continue ou par actions alternées pour riper la charge. Dans les cas possibles, mettre en place des rouleaux sous le fardeau facilite son déplacement.

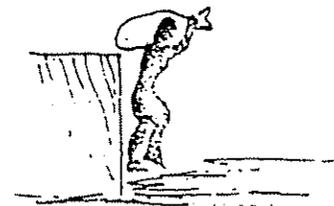


CHARGEMENT A L'EPAULE OU A DOS

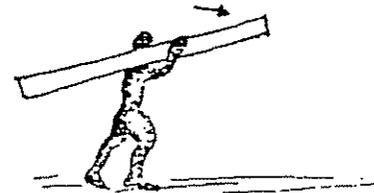
- Profiter de la vitesse ascensionnelle acquise par l'effort de soulèvement pour se placer rapidement sous la charge.



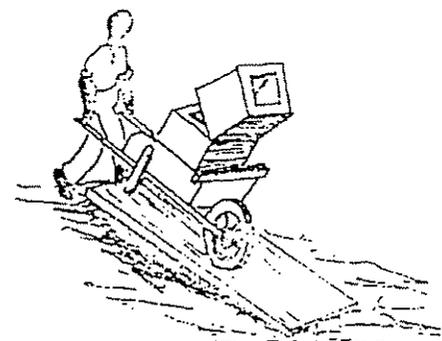
- En travail continu, le chargement de fardeaux (sacs) sera plus aisé s'il s'effectue à partir d'une plate-forme aménagée à une hauteur convenable.
- Si les charges sont prises au sol se faire aider pour éviter une fatigue excessive.



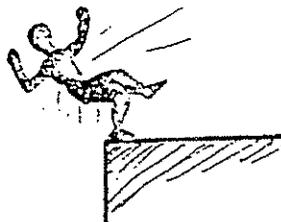
- Relever vers l'avant l'extrémité d'une charge longue (madrier, échelle, tube) portée par un seul ouvrier afin d'en assurer le dégagement à hauteur d'homme.
- Attention en tournant et en croisant.



- Protéger les poignées des brouettes, diables,... en y adaptant des garde-mains.
- Les engins légers de roulage sont les mieux appropriés à la manutention :
 - ❖ Eviter de les surcharger : charge normale 60 kg.
 - ❖ Une brouette chargée doit être poussée.

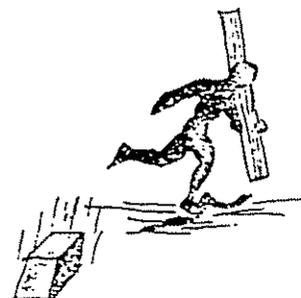


RISQUES D'ACCIDENTS



Chute de l'ouvrier

- Chantier non rangé.
- Pas de protection vers le vide.
- Perte d'équilibre ou malaise.



Chute d'une charge

- Pas de casque.
- Charge mal arrimée.
- Charge mal stockée.
- Outils non rangés.



Chocs et heurts

- Charge flexible.
- Charge trop longue.
- Passage étroit sans visibilité.



Roulage

- Le matériel cylindrique peut être roulé sur un sol de niveau ou légèrement en pente.



5 - Liants et mortiers

LIANTS

On appelle **liant** une poudre extrêmement fine qui, mélangée à l'eau, possède la propriété de se solidifier au bout d'un certain temps (la « prise »), puis de durcir lentement (le « durcissement ») et d'acquiescer, au bout de quelques mois, une résistance parfois comparable à celle des pierres dures. Le liant est dit « **aérien** » (chaux grasse et maigre, argile) si ces réactions ne peuvent se produire qu'en présence de l'air. Il est dit « **hydraulique** » (chaux hydraulique, ciment) si elles peuvent se produire également à l'abri de l'air, sous l'eau ou dans les terres.

❖ La chaux grasse :

Elle est fabriquée à partir d'un calcaire très pur que l'on fait cuire dans un four (850°) : on obtient de la chaux « vive » que l'on « éteint » en l'immergeant dans l'eau. C'est également dans l'eau qu'on la conserve (à l'abri du gaz carbonique).

❖ La chaux hydraulique :

Cette fois, le calcaire est argileux (de 5 % à 22 % d'argile). La cuisson se fait de 800° à 1000°.

❖ Le ciment :

Le ciment est obtenu d'un mélange de calcaires et d'argiles (plus de 22 % d'argile) cuits entre 1000 et 1400°. Les adjuvants sont nombreux et permettent d'obtenir des produits adaptés à des situations très différentes (gypse, laitier, cendres... prise rapide ou durcissement lent, usage en mer...).

❖ Le plâtre :

Le plâtre est obtenu par déshydratation partielle du gypse chauffé à 130°.

Les liants peuvent s'éventer, c'est-à-dire amorcer un début de prise en fixant l'humidité ambiante : on s'en aperçoit au fait qu'ils forment des mottes compactes ne se pulvérisant pas sous la pression de la main. Ces liants doivent être mis au rebut. Pour éviter cela, il faut veiller, en les stockant, à les isoler au mieux de l'humidité et à les ranger de façon à assurer un certain roulement : les premiers stockés doivent être les premiers employés.

AGREGATS

On désigne par agrégats ou granulats les sables et les graviers que l'on mélange à l'eau et au liant dans la fabrication des mortiers.

Les sables sont des substances granuleuses dont les grains sont tous suffisamment petits pour passer dans des trous carrés de 5 mm de côté. Au-dessus de ce calibre, on parle de graviers ou de gravillons.

Dans les mortiers, le sable augmente la résistance et bouche les vides ; Ajouté à la chaux grasse en quantité convenable, le sable augmente sa résistance mécanique. De plus, il assure une certaine aération qui facilite la prise et atténue le gonflement de la chaux. Mélangé aux ciments, il en réduit le retrait.

Le choix du sable est important pour réaliser un mortier correct. On peut reconnaître empiriquement un bon sable lorsque, pris en poignée, il est rude au toucher, crissant, ne collant pas à la main et ne tachant pas, ne formant pas de boule mais s'écoulant au contraire entre les doigts.

Cela signifie que ce sable doit comporter des gros grains et des petits grains, être résistant et ne pas contenir de matières argileuses ou organiques.

On classe les sables en trois catégories de grosseur :

<i>Gros (5 mm à 1,25 mm)</i>
<i>Moyen (1,25 mm à 0,315 mm)</i>
<i>Fin (0,315 mm à 0,08 mm)</i>

On doit toujours chercher le sable ou le mélange des sables qui permette d'obtenir le mortier le plus compact possible avec le moins de liant possible : un mélange qui comprend 2/3 de gros grains et 1/3 de grains fins est bon car il offre peu de vide entre les grains. La forme des grains n'est pas non plus indifférente, les grains anguleux laissent entre eux plus de vide que les grains arrondis : il faut donc employer plus de liant et le mortier est raide et plus pénible à travailler. On doit préférer les sables naturels (rivières, mer) aux sables artificiels (roches concassées) et les sables aux grains arrondis à ceux aux grains aplatis ou en aiguilles.

❖ **Le sable :**

Le sable doit être issu d'une roche dure : les sables siliceux sont les meilleurs ; ceux de calcaire dur sont également bons. Il est aussi de règle de ne pas employer des sables poreux absorbant plus de 3 % de leur volume d'eau (gêne la prise du mortier et le rend gélif).

❖ **L'argile :**

L'argile colle aux grains et empêche l'adhérence au liant ; les matières très fines (« farines ») augmentent le risque de fissuration ou de faïençage. Il est donc essentiel de limiter la quantité d'argile et de « farine » incluse dans le sable.

Le sable siliceux de rivière est l'un des meilleurs. Il faut rejeter les sables de rivières de nature schisteuse ou gypseuse. Le sable de mer est à utiliser avec précautions (le dessaler). Le sable de dune (sable à lapin, sable de Fontainebleau) est trop fin. Les sables de carrières contiennent souvent de l'argile (les laver) ou des matières organiques (ne pas employer).

MORTIERS

Un mélange ne contenant que du liant et de l'eau est une pâte pure, la « barbotine ».

Un mélange de liant, d'eau et d'agrégats (sable, graviers...) s'appelle un « mortier ». On peut aussi avoir des « adjuvants » : retardateurs de prise, produits hydrofuges, durcisseurs, colorants...

Les principales qualités requises d'un bon mortier sont les suivantes :

- Compacité
- Résistance mécanique convenable
- Perméabilité (ou imperméabilité)
- Adhérence aux maçonneries
- Constance en volume pendant la prise et le durcissement (ni retrait, ni gonflement, condition essentielle de non-fissuration)
- Résistance dans un milieu agressif
- Facilité de mise en œuvre.

Elles sont obtenues en soignant :

- La nature du sable
- La composition granulaire de ce sable
- La qualité du liant
- La quantité du liant
- Le dosage
- La quantité d'eau de gâchage
- La nature et les quantités d'adjuvants éventuels
- La fabrication du mortier et sa mise en œuvre.

RÔLE DU MORTIER

En premier lieu, le mortier sert à lier les matériaux : les pierres sont rarement montées à joints vis, ou les murs dressés en pierres sèches ; le plus souvent, il existe un mortier intermédiaire chargé d'apporter de la cohésion à la maçonnerie en répartissant les charges : c'est une sorte de matelas interposé entre les pierres, qui permet d'accroître la surface de contact.

Le mortier, qui est une pâte adhérente, sert également pour les enduits : il protège et habille les maçonneries.

Le mortier de chaux grasse

La chaux grasse y constitue le liant. L'air est nécessaire à la prise et au durcissement de ce mortier : le sable, en aérant le mélange, permet une meilleure réaction dans la maçonnerie où le mortier resterait mou après le durcissement en surface qui empêche la pénétration de l'air.

C'est un mortier utilisé depuis l'Antiquité. Il ne fissure pas. Il prend la couleur du sable. Il ne tache pas les pierres. Ses qualités esthétiques sont reconnues. Bien que fragile au gel, il est encore utilisé dans le cadre de la restauration des monuments historiques.

Le mortier de chaux hydraulique

La chaux hydraulique est à base de calcaire argileux ce qui lui permet de prendre même à l'abri de l'air, l'eau dont le mortier est pourvu lors du mélange est suffisante pour entraîner la prise. Mais, le durcissement reste lent et la résistance du mortier demeure faible. Ce mortier conserve les qualités esthétiques du mortier précédent.

Les mortiers de chaux hydraulique restent couramment utilisés pour la maçonnerie de pierre de taille (pierre dure) (on y ajoute parfois du ciment - 30% à 50 %, le mortier est alors dit « bâtard » - pour activer la prise). La chaux ne subit pas de retrait, mais plutôt un léger gonflement : le mortier ne se fendille pas. Les mortiers de chaux permettent à la pierre de respirer.

Le mortier de ciment

Les mortiers de ciment ont une meilleure résistance aux charges que les mortiers de chaux mais ils présentent plus de retrait. Ils résistent mieux en milieux agressifs.

Leur aspect et leur couleur (bleu, gris, noir) ont été longtemps des raisons pour limiter leur emploi dans les monuments historiques : pas question de faire des joints ni des enduits, mais l'utilisation dans des parties cachées (injonctions, chaînages) était possible.

Il existe maintenant des ciments blancs, et d'autres colorés. On trouve également des ciments « pierre » qui contiennent divers liants et des pierres broyées : ils présentent, en principe, peu de retrait et sont destinés à la couche de finition des enduits, aux moulures et ravalements.

Le défaut du ciment le plus dangereux pour la pierre est son imperméabilité or une maçonnerie de pierre doit permettre la circulation de l'air et de l'eau. Par ailleurs, le mortier ne doit jamais être plus résistant que la pierre, l'enduit non plus. Il faut donc éviter l'emploi de ciment tant pour les joints (de plus, risques d'auréoles) que pour les enduits.

Le mortier de plâtre

A l'origine (par exemple en Egypte antique) le mortier de plâtre était utilisé comme matériau de liaison pour assembler les maçonneries. De nos jours, on se sert du plâtre pour tous travaux intérieurs ; toutefois, dans la région parisienne, il a été très employé et l'est encore pour la confection de joints et d'enduits extérieurs, et pour l'exécution de travaux accessoires (solins, embrasures,...). Le plâtre est encore utilisé pour la construction des cloisons de faible épaisseur, pour la constitution d'agglomérés, pour la composition des stucs et des staffs.

REALISATION DU MORTIER

Le rôle du liant est essentiel : c'est lui qui, en présence de l'eau, **provoque la prise** puis le durcissement. Le liant **enrobe et soude les grains et remplit les vides**.

Après gâchage (ajout de l'eau), la pâte du liant (ou le mortier) reste un certain temps plastique : on peut la triturer et la déformer à la main ; puis, on observe brusquement que ce mélange devient plus visqueux et commence à se solidifier : le liant fait prise et on peut admettre que cette prise est terminée lorsqu'on n'obtient plus d'empreinte visible sous la pression du pouce. Ce phénomène s'accompagne d'un certain dégagement de chaleur.

Le granulats a pour rôle principal d'éviter la fissuration provoquée par le liant (chaux ou ciment) par suite du retrait au moment de la prise ; l'incompressibilité des grains de sable supprime pratiquement ce retrait. De plus, il aère le mélange, ce qui favorise la cristallisation du liant sous l'action de l'anhydride carbonique de l'air et, par conséquent, le durcissement du mortier. Le granulats augmente la résistance et facilite l'emploi du mortier.

Dosage du mortier

Le dosage d'un mortier se fera en fonction de la nature du matériau qu'il est destiné à liasonner. Une pierre froide, dure, une meulière nécessitent un mortier bâtard. Une pierre tendre, un briquetage demandent un mortier de chaux.

Le mortier sera employé le plus rapidement possible après sa préparation. L'opération de « rebattage » qui consiste à mouiller et à malaxer à nouveau un mortier ayant fait un début de prise a toujours un effet néfaste sur le durcissement du mortier.

La préparation des mortiers se fait toujours sur une aire propre : on facilite ainsi le pelletage et on évite l'introduction de matières étrangères.

On mesure le liant par son poids et le granulats par son volume ; La quantité d'eau à utiliser varie avec la porosité et la composition granulométrique des matériaux, le degré d'humidité des grains de sable, la température atmosphérique et l'emploi auquel le mortier est destiné.

De ce fait, si on doit réaliser un mortier à 350 kg/m³, ce la veut dire qu'on mélangera 350 kg de liant avec 1 m³ de sable.

Sur ce chantier, on peut préparer pour une journée une telle quantité de ce mélange que l'on maintient à l'abri, chacun prenant ce qu'il lui faut et ajoutant l'eau nécessaire (le dosage de chantier se fait avec les sacs - 50 kg - pour le liant, et la brouette - 50 à 60 dm³ (environ 10 pelletées) - pour le sable) : le mortier à 350 kg/m³ nécessitera donc 7 sacs de liant et 18 à 20 brouettes de sable.

Sinon, il faut réduire les doses en conservant la proportion : par exemple, en divisant tout par 100, 3,5 kg de liant pour 10 dm³ (ou litres) de sable (soient 2 pelletées).

L'eau de gâchage joue un double rôle :

- D'une part, elle sert à mouiller les grains, complétant en cela l'humidité déjà contenue dans le sable.
- D'autre part, elle assure les réactions chimiques de prise et de durcissement du liant. Le surplus ne fait que noyer le mélange il est inutile et même nuisible.

EMPLOI ET DOSAGE DES MORTIERS SUIVANT LE LIANT CHOISI

Un mortier sera dit « **maigre** » s'il contient peu de liant, « **gras** » dans le cas opposé.

	<u>Brouettes d'agrégat</u>	<u>Sacs de liants</u>	<u>Conditions particulières d'emploi</u>
Mortier de chaux			
<i>A maçonner</i>			
250 à 350 kg/m ³	18 à 20	5 à 7	Employé à l'air
300 à 400 kg/m ³	18 à 20	6 à 8	Murs dans les lieux humides
350 à 450 kg/m ³	18 à 20	7 à 9	pour les constructions immergées (ou en tranchée)
<i>A enduire</i>			
300 à 400 kg/m ³	18 à 20	6 à 8	
Mortier de ciment			
400 à 500 kg/m ³	18 à 20	8 à 10	Chapes de dallage
400 à 600 kg/m ³	18 à 20	8 à 12	Enduits ordinaires
600 à 800 kg/m ³	18 à 20	12 à 16	Enduits étanches
600 kg/m ³	18 à 20	12	Pour rejointoiement
800 à 1000 kg/m ³	18 à 20	16 à 20	Scellements

CARACTERISTIQUES DES LIANTS

Nature du liant	Symboles	Principaux constituants	Température Cuisson	Couleur	Résistance à 28 jours en Bars
Chaux grasse		Calcaire : contenant au minimum 90 % de Ca O	900°C	Blanche	
Enduit 861	HORS NORME	Composition non communiquée		Grise	100
Chaux hydraulique naturelle	XHN	Calcaire marneux	900 à 1000°C	Grise	30 - 60 - 100
Chaux hydraulique artificielle	XHA	Clinker : 40 % Inertes : 60 %	900 à 1000°C	Grise	60 - 100
Chaux au laitier	XL	Chaux : 60 à 80 % Laitier : 20 à 40 %		Grise	60
Ciment naturel à prise lente	CN	Marne : Calcaire : 70 % Argile : 30 %	1200	Gris-clair	160
Ciment à maçonner	CM	Mélange : de CN, CPA, Grappiers, Laitiers, Pouzzolanes		Suivant les	160 - 250
Liant à maçonner	LM	Mélange : de grappiers ou CN avec matières inertes		constituants	100
Ciment Portland sans constituants secondaires	CPA	Calcaire : 77 % Argile : 23 % SO ₂ : 3,5 % du total } Clinker	1400 à 1500	Grise	250 - 325
					400
					500
Ciment Portland au laitier	CPA L	Clinker : 80 à 90 % SO ₂ :3,5 % Laitier : 10 à 20 %		Grise	250 - 325
					400
Ciment Portland aux cendres	CPA C	Clinker : 80 à 90 % SO ₂ :3,5 % Cendres volantes : 10 à 20 %		Grise	250 - 325 - 400
		Clinker : 90 à 95 Cendres : 5 à 10 %		Grise	

TECHNOLOGIE DE MAÇONNERIE

CARACTERISTIQUES DES LIANTS
(Suite)

Nature du liant	Symboles	Principaux constituants	Température Cuisson	Couleur	Résistance à 28 jours en Bars
Ciment Portland à la pouzzolane	CPA Z	Clinker : 80 à 90 % SO ₂ : 3,5 % Pouzzolane : 10 à 20 %			250
		Clinker : 90 à 95 % Pouz. : 5 à 10 %			325
Ciment Portland au laitier et aux cendres	CPA LC	Clinker : 80 à 90 % SO ₂ : 3,5 % Laitier + cendres : 10 à 20 %			250
		Clinker : 90 à 95 % La. + c : 5 à 10 %			325
Ciment de fer	CPF	Clinker : 65 à 75 % Laitier : 25 à 35 % SO ₂ : 3,5 %		Gris Foncé	250 325 CLK souvent en 160
Ciment métallurgique mixte	CMM	Clinker : 50 % Laitier : 50 % SO ₂ : 3,5 %			
Ciment de haut-fourneau	CHF	Clinker : 30 % Laitier : 70 % SO ₂ : 3,5 %			
Ciment de laitier au clinker	CLK	Clinker : 20 % Laitier : 80 % SO ₂ : 3,5 %			
Ciment de laitier à la chaux	CLX	Chaux : 30 % Laitier : 70 %		Gris - Clair	100 160
Ciment sursulfaté	CSS	Clinker ou chaux : 5 % Laitier : 80 à 90 % SO ₂ : 5 à 15 %		Gris-foncé	325 400
Cimant alumineux	(Fondu)	Alumine : 40 % Oxyde de fer : 15 % Ca O : 40 % Silice : 5 %	1500 à 1600	Gris-bleu	500
Ciment extra-siliceux		Argiles très riches en silice			Suivant CPA
Ciment prompt		Naturel : Marnes Calcaire : 70 à 76 % Argiles : 24 à 30 %	1000	Gris-jaune	100
		Artificiel : Calcaire : 60 % Argile : 30 % Magnésie + Gypse : 10 %			
Ciment blanc		Calcaires spéciaux		Blanche	325
		Argile			400

LES LIANTS GENERAUX

CARACTERISTIQUES DES LIANTS (Suite)

Nature du liant	Prise	Durcis- ement	Caractères particuliers	Emplois conseillés
Chaux grasse	+ de 4 semaines	Très lent	Ne durcit qu'à l'air libre.	Badigeons. Crépis. Enduits intérieurs. Maçonnerie légère. Jointement.
Enduit 861	2 à 6 jours	Lent	Eviter emploi en B. A. et fondations	Enduits. Joints. Carrelage.
Chaux hydraulique naturelle			Durcit dans les milieux humides. Très attaqué par les eaux agressives. Sensible à la gelée et au froid. Ne pas employer au-dessous de 5°C.	Murs de fondations. Enduits intérieurs
Chaux hydraulique artificielle			Murs de fondations. Enduits intérieurs et extérieurs.	
Chaux au laitier	1 à 2 jours		Peu attaqué par eaux agressives. Efflorescences.	Maçonnerie de fondations.
Ciment naturel à prise lente	Demi-lente		Voir XH et XEH	Maçonnerie. Enduits. Travaux de masse. Ne pas employer en B. A..
Ciment à maçonner				Tous travaux sauf B. A.
Liant à maçonner			Voir XH et XEH	Briquetage. Limousinerie ; Maçonnerie ordinaire
Ciment Portland sans constituants secondaires	Lente	Moyen	Attaqué par les eaux agressives.	Tous travaux, sauf en milieu agressif. Ne pas employer au-dessous de 0°C.
		Rapide à très rapide	Attaqué par les eaux agressives ; S'évente facilement (attention après 3 mois).	Surtout B.A . Décoffrage rapide. Mise en charge après 48 heures.
Ciment Portland au laitier		Moyen	Résiste mieux que le CPA aux eaux agressives. Risques d'efflorescences.	Tous travaux. Eviter milieu agressif. Ne pas employer au-dessous de 0°C.
		Rapide	Mieux que CPA 400 en eaux agressives. (S'évente).	Idem CPA 400. Attention efflorescences.
Ciment Portland aux cendres		Moyen	I. D. CPAL.	I. D. CPAL.
		Rapide	I. D. CPAL. 400	I. D. CPAL. 400

TECHNOLOGIE DE MAÇONNERIE

CARACTERISTIQUES DES LIANTS (Suite)

Nature du liant	Prise	Durcis- ement	Caractères particuliers	Emplois conseillés
Ciment Portland à la pouzzolane	Lente	Moyen	ID. CPA L.	ID. CPA L.
		Rapide	ID. CPA L. 400	ID. CPA L. 400
Ciment Portland au laitier et aux cendres		Moyen	ID. CPA L.	ID. CPA L.
		Rapide	ID. CPA L. 400	ID. CPA L. 400
Ciment de fer		Moyen	Sensible à la dessiccation. Résiste mieux que CPA en milieu agressif. Fabriqué surtout en 325.	Tous travaux, de préférence à l'abri de l'air. Précautions en milieu agressif, et travaux esthétiques (efflorescences).
Ciment métallurgique mixte			Sensible à la dessiccation.	Tous travaux en milieux agressifs :
Ciment de haut fourneau		Lent	Sensible au froid vers 5°C.	égouts, quais, fosses. De préférence
Ciment de laitier au clinker			Résiste bien aux eaux agressives. Efflorescences.	à l'abri de l'air. Proscrire emploi en travaux esthétiques
Ciment de laitier à la chaux		Moyen à	Résiste bien aux eaux agressives. Sensible à la dessiccation. Peut se mélanger avec CLK, CLX, CHF.	Travaux à l'abri de l'air, en milieu agressif. Eviter l'emploi sur des
Ciment sursulfaté		Rapide		Produits riches en chaux, CPA, CPF, GMM.
Ciment alumineux	Très rapide	Ciment réfractaire ; Résiste bien aux eaux séléniteuses ; Prise rapide mélangé à CPA, XEH.	Proscrire emploi par plus de 30°C. Décoffrage rapide. Bien par temps froid.	
Ciment extra-siliceux			Très bonne résistance aux eaux agressives	Travaux en eaux agressives
Ciment prompt	Rapide	Lent	Résiste mieux que CPA aux eaux agressives.	Scelllements. Enduits : égouts. Aveuglement de fuites.
Ciment blanc	Lente	Moyen à rapide		Travaux de ravalement, carreaux, moulages.

LES LIANTS GENERALES

6- Echafaudages et étaisements

DEFINITION :

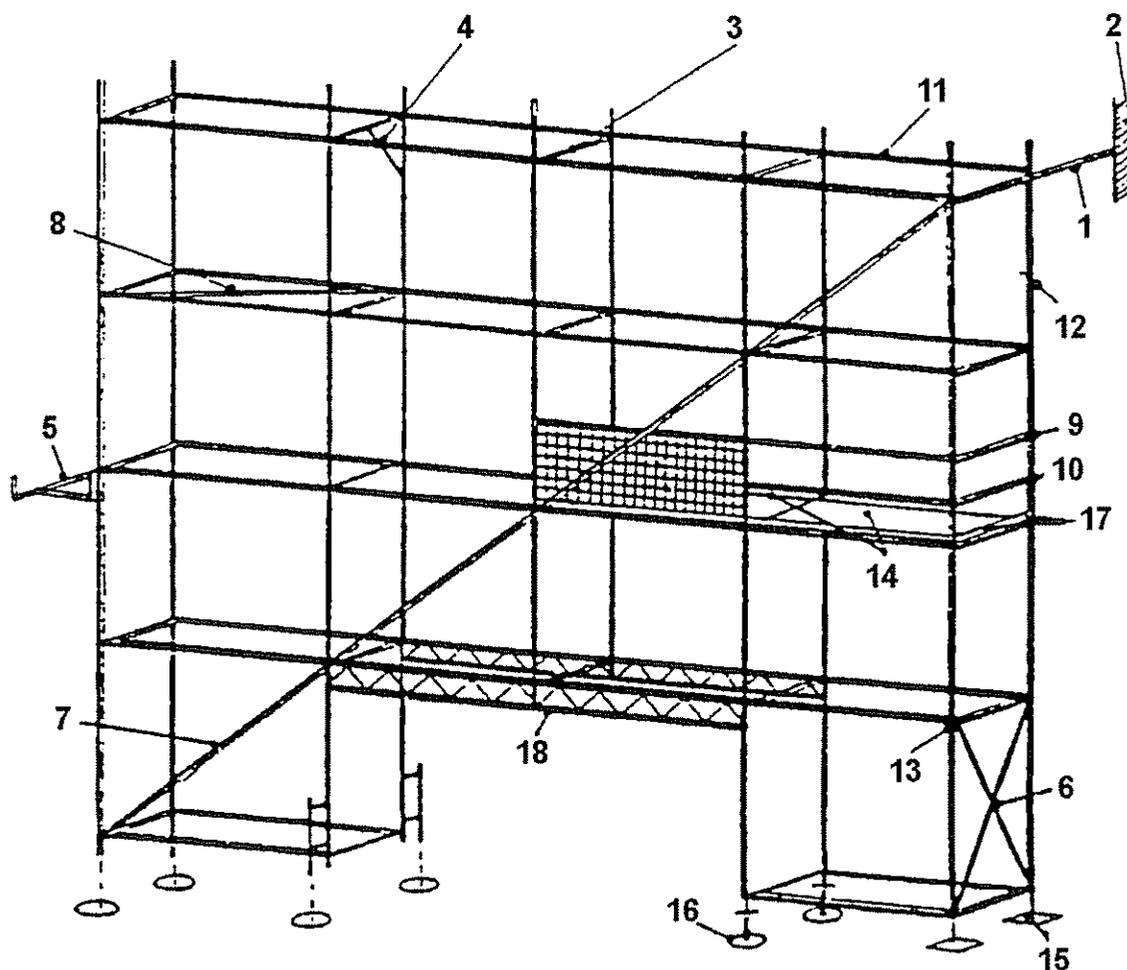
L'échafaudage est une charpente provisoire en bois ou en métal servant de moyen d'accès et de poste de travail en hauteur.

De cette définition découlent, les caractéristiques du bon échafaudage :

- CONFORT ET SECURITE
- ROBUSTESSE
- RAPIDITE DE MONTAGE
- ADAPTABILITE
- FACILITE D'ACCES ET DE CIRCULATION.

ECHAFAUDAGE DE PIED

Identification des éléments types d'échafaudage en éléments préfabriqués.

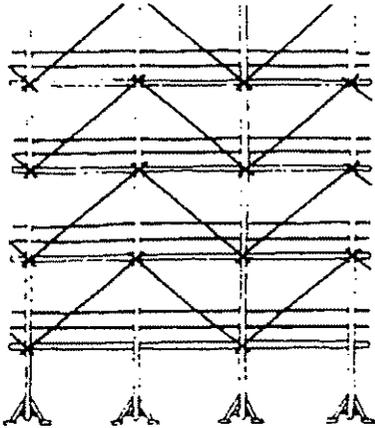


Terminologie

- | | |
|---|-------------------------|
| 1- Amarrage | 10- Sous-lisse |
| 2- Ancrage | 11- Longeron |
| 3- Traverse | 12- Montant |
| 4- Bracon | 13- Noeud |
| 5- Console | 14- Plancher ou plateau |
| 6- Croix de Saint-André : Contreventement latéral | 15- Platine ou semelle |
| 7- Contreventement longitudinal | 16- Vérin |
| 8- Contreventement horizontal | 17- Plinthe |
| 9- Garde-corps | 18- Poutre de soutien |

Echafaudages de pied métalliques fixes

- E tubes et raccords
- A éléments préfabriqués.



Echafaudages de pied en bois

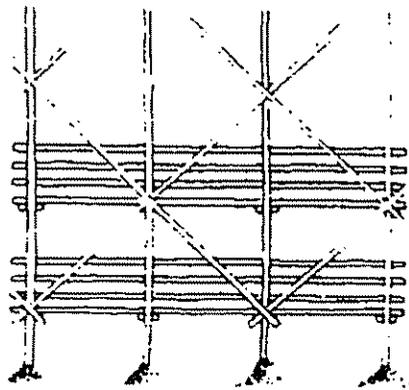
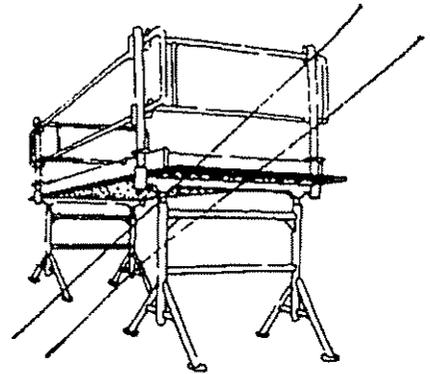
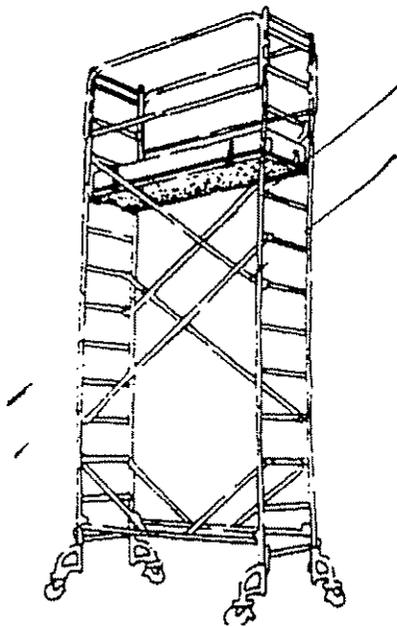


Plate-formes sur tréteaux

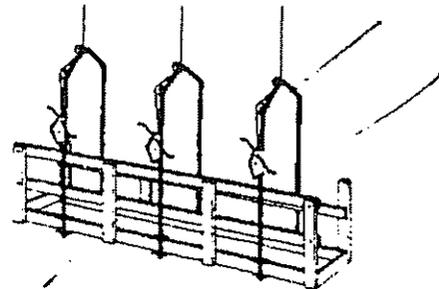


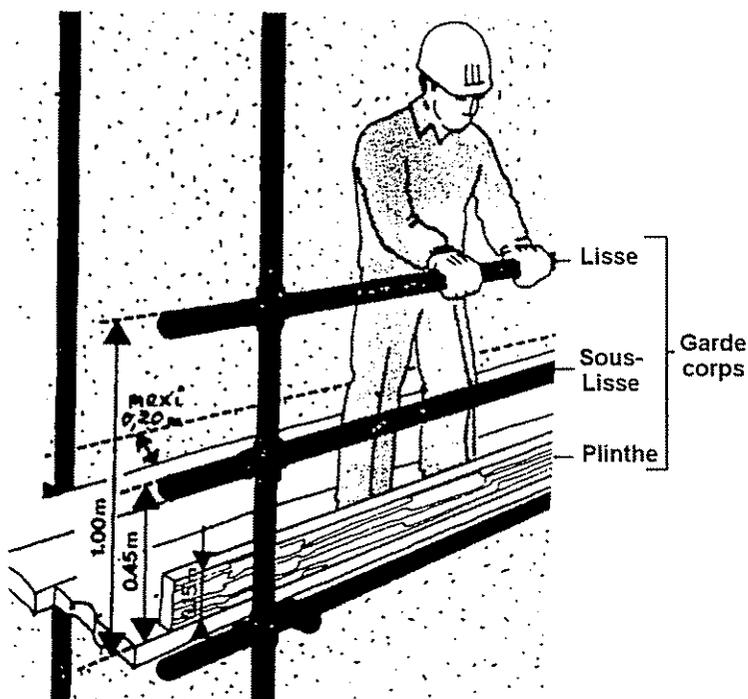
- Choisir un échafaudage de pied pour la pose (classe 6) ou le ravalement (classe 3 à 5) pas de manutention de grosses pierres.

Echafaudages roulants

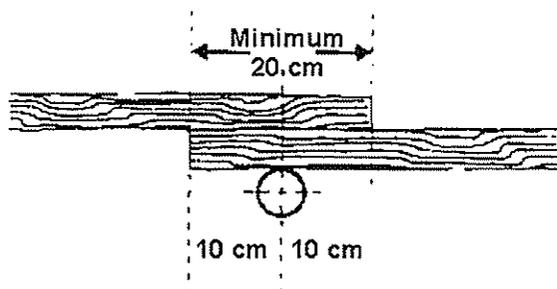


Echafaudages volants





- Lisses et plinthe sont fixées à l'intérieur des montants.



- Planchers

- Planches jointives
- Pas plus de 20 cm du mur
- Largeur mini : 0,60 m.

- Sur un plancher :

- Ne jamais sauter - Ne jeter aucun objet pesant.
- Ne pas glisser de pièces lourdes (ébranlement → rupture).
- Ne jamais monter sur un garde-corps.
- Ne pas surcharger.

CHARGES	PLANCHE 22,5 x 4	BASTAINGS 6,5 x 16,5	MADRIER 8 x 23
50 kg	2,40 m	3,30 m	4,50 m
100 kg	1,75 m	2,30 m	3,50 m
150 kg	1,50 m	2,00 m	2,75 m
200 kg		1,75 m	2,50 m
3 appuis sont plus d' 1,50 m			

ECHAFAUDAGE - SECURITE

- Renversement ou effondrement
 - ⇒ Affaissement d'un appui (1)
 - ⇒ Déformation (2)
 - ⇒ Rupture d'un élément
 - ⇒ Absence de fixation à la construction (3)
 - ⇒ Action du vent (surtout si bâche)
 - ⇒ Surcharge des planchers
- Perte d'équilibre
- Chute de matériaux et d'outils
- Contact avec une ligne électrique aérienne

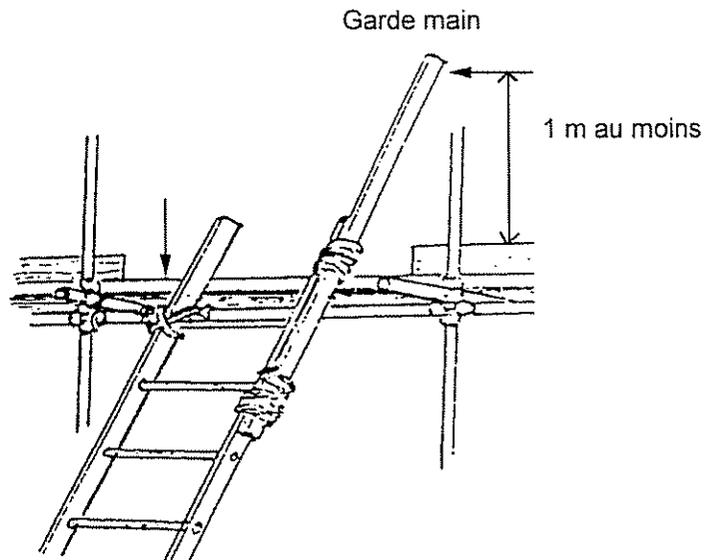
USAGE DU CASQUE

Causes principales des accidents graves et mortels source O.P.P.B.T.P.

Dans le B.T.P., le tiers des accidents graves ou mortels sont dus aux chutes de hauteur.

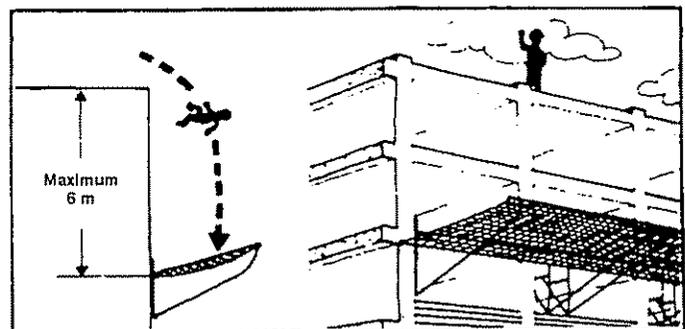
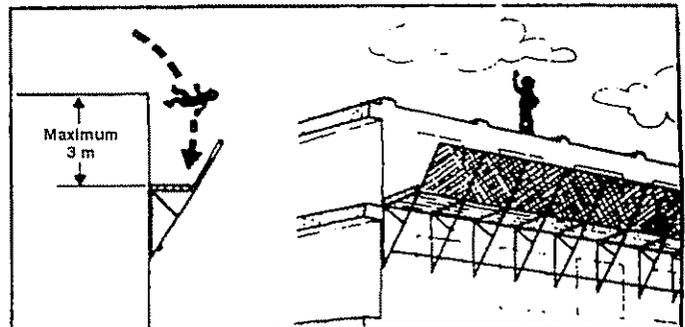
Chute de personne avec dénivellation	43 %	}	<u>Absence de protections collectives (ou d'accès aménagés)</u>	40 %
			Absence de protections individuelles	3 %
Chute de personnes entraînées par objets en mouvement accidentel	57 %	}	Ruine de protection	3 %
			<u>Ruine partielle ou totale de l'ouvrage (dont 14 % pour rupture de matériaux fragiles)</u>	23 %
			<u>Ruine ou basculement d'un moyen ; accès, plates-formes ou échafaudage</u>	31 %

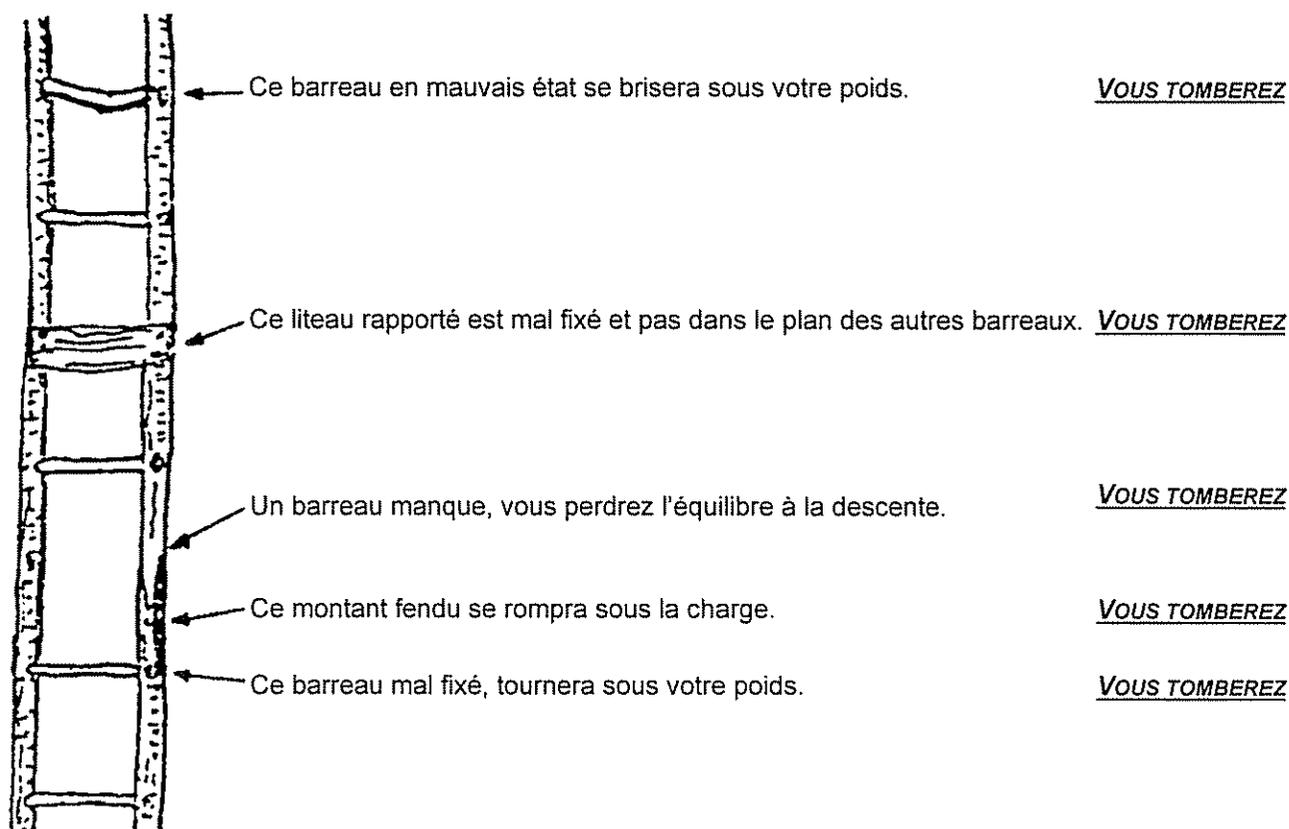
- Echelle de service



- Protection limitant les chutes

- ⇒ Dimensions suffisantes
- ⇒ Résistance
- ⇒ Doit empêcher de rebondir.





Echelle de service

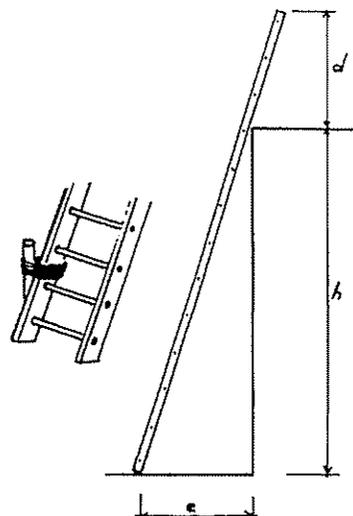
- Pas de transport de fardeaux supérieurs à 50 kg ou trop volumineux, sur une échelle.
- Avoir toujours au moins une main libre ; La faire glisser le long du montant.
- Poser les pieds près des montants.
- Pas plus de deux personnes (non chargées) à la fois sur une échelle.
- Si les deux mains sont libres, ce qui est beaucoup préférable, saisir à pleine main les échelons, pousse en-dessous. Ne jamais lâcher les deux mains à la fois.



- Amarrage en tête (sur pièces maîtresses d'échafaudages par exemple).
- Amarrage du pied sur piquet par exemple.
- Inclinaison

$$e = \frac{1}{3} h \text{ environ}$$

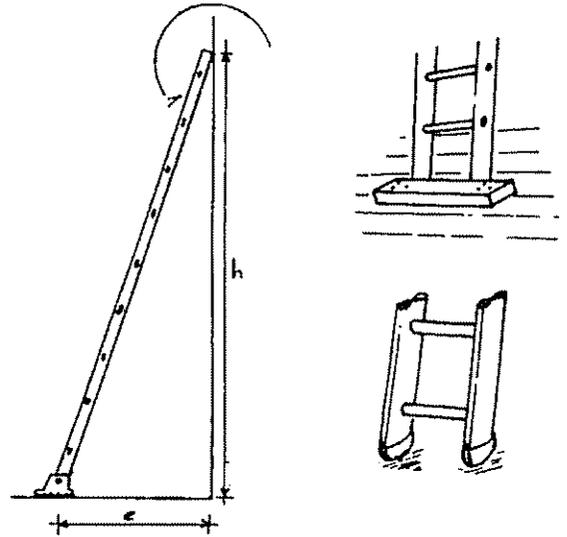
- Pied reposant sur sol horizontal, plan et résistant (au besoin sur semelle de répartition). Abords dégagés.



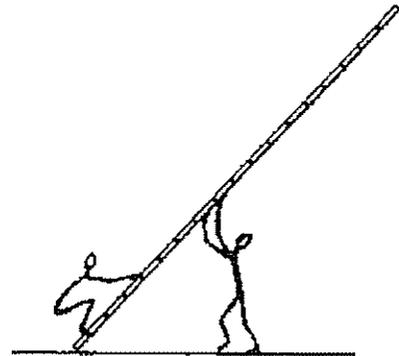
Echelle de travail

Echelles simples et à coulisses

- N'utiliser une échelle que pour un travail de courte durée ne présentant pas de grandes difficultés (préférer toutes les fois que possible un plancher de travail : échafaudage léger, plate-forme roulante, etc...).
- Assurer la stabilité par amarrage, haubanage, etc...
- Ne pas appuyer contre portes non condamnées, vitres, angles, surfaces glissantes (ex : fraîchement peints).
- Pas d'échelle trop ou pas assez inclinée. Ecartement du pied $e = \frac{1}{3}$ hauteur h environ ;
- Pied posé bien d'aplomb, amarré, calé ou muni de garnitures ou sabots antidérapants adaptés à la nature du sol.

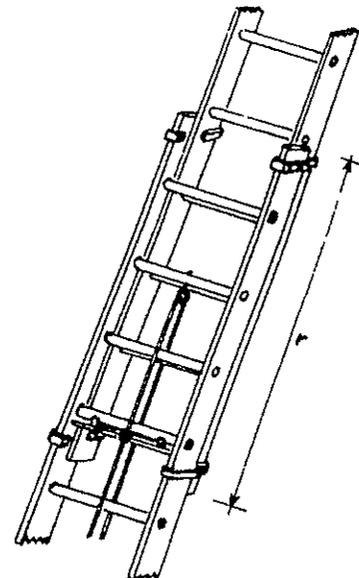


- Pour dresser une grande échelle être deux de préférence, à l'aide assurant la butée du pied tout en aidant au dressage.
- Si l'on est seul le pied de l'échelle sera buté contre la vase d'un mur.



Echelles à coulisses

- Recouvrement minimum $r = 1,00$ m ; Plan supérieur toujours en dessous.
- Echelle déployée : la corde sera arrêtée sur les échelons de base, bien tendue, de façon à ne pas traîner au sol et à retenir le plan supérieur en cas d'ouverture des cliquets.



LES PLATES-FORMES SUR TRETEAUX

Risques

Renversement - Effondrement

Provoqué par :

- ◇ Des tréteaux instables ou insuffisamment résistants.
- ◇ Un effort horizontal en bout de plate-forme.
- ◇ Un affaissement d'appuis.
- ◇ La rupture d'une plate-forme surchargée.
- ◇ Le déplacement de la plate-forme sur ses appuis.

Chutes de personnes

- ◇ En cours de montage.
- ◇ Consécutives à un renversement ou un effondrement.
- ◇ A partir d'un plancher de largeur insuffisante ou non protégé.
- ◇ Consécutives à la rupture de la plate-forme.
- ◇ En accédant ou en quittant la plate-forme.

Chutes de matériaux

- ◇ A la suite du renversement ou de l'effondrement de l'ensemble.
- ◇ A partir d'un échafaudage non protégé.
- ◇ Consécutives à la rupture de la plate-forme.

Le montage

Les tréteaux :

Les deux tréteaux doivent être installés parallèlement, à une distance suffisante pour assurer la stabilité d'ensemble, *sans dépasser 2 mètres de portée*. Ils doivent être bien stabilisés individuellement et réglés à la même hauteur. Ils doivent être de même type (ne pas mélanger les matériels).

Le platelage :

Il est, en général, constitué par des éléments de bois jointifs. Ceux-ci doivent être sains et exempts de tout défaut pouvant en compromettre la solidité : il faut donc choisir la qualité « échafaudage ».

Il est souhaitable que le *platelage* soit constitué par des *bastaings* afin de supporter l'ensemble des charges statiques et dynamiques (hommes et matériaux). Cependant, même en portée réduite, on doit prendre *des planches d'au moins 40 mm d'épaisseur*.

Le dépassement du platelage sur l'appui doit être suffisant pour éviter l'échappement, et sans excès pour éviter le basculement (Fig. 1).

La plate-forme doit être quasi horizontale et convenablement bloquée :

- En long, à l'aide de taquets, par exemple
- En travers, par des butées prévues sur les tréteaux.

Il faut donc que les bois soient jointifs et la largeur totale du platelage adaptée aux tréteaux.

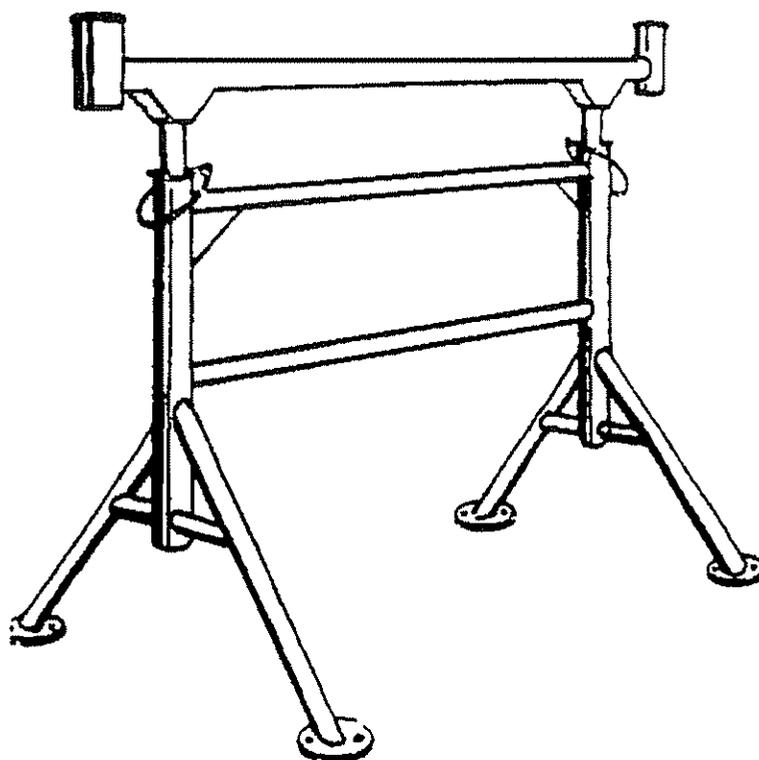
Les protections :

Les montants de garde-corps doivent être choisis et disposés de façon à réaliser des garanties sur les quatre côtés. Dans certains cas, en raison d'un travail en bord de plate-forme, le quatrième côté sera protégé par un dispositif idoine, situé, par exemple, derrière la maçonnerie en cours de réalisation. L'espace entre la plate-forme et le mur doit être inférieur à 0,20 m (Fig.2-3-4-5).

Les garde-corps doivent comporter une lisse à 1 m de hauteur, une sous-lisse à 0,45 m et une plinthe de 0,115 m jointive la plate-forme.

Le sol :

Le sol d'appui doit être dur, résistant, plan et horizontal. L'horizontalité ne doit pas être obtenue par des calages de fortune. Il ne faut jamais prendre appui directement sur des hourdis de remplissage ou sur un sol mou, mais sur des traverses de répartition.



L'utilisation

La stabilité générale :

Si cela est nécessaire, il faut prévoir un contreventement complémentaire entre les deux tréteaux, en fonction de l'utilisation prévue donc des efforts supportés par le dispositif.

L'accès :

L'accès doit être sur. Il sera réalisé de préférence par un escabeau ne prenant pas appui sur la plate-forme. Si l'accès est réalisé au moyen d'une échelle, celle-ci devra être totalement stabilisée et disposée de manière à ne pas entraîner le basculement inopiné de l'ensemble (Fig. 6).

On doit veiller particulièrement à protéger le passage situé entre l'accès et la plate-forme, à l'aide, par exemple, d'éléments amovibles (garde-corps et plinthe), ou mieux, de portillons.

Cette disposition facilitera également l'approvisionnement.

Maintenance des protections :

Lors de l'utilisation du tréteau, les protections doivent toujours être en place. Le côté « travail » sera protégé à l'aide d'un dispositif spécifique adapté et précédant la progression du travail. Pour chaque utilisation, on veillera à l'efficacité des protections, qui seront complétées, si nécessaire, dans les cas particuliers (Fig. 7-8).

Pour l'approvisionnement des matériaux, un élément amovible, de préférence en bout, peut être commode. Aussitôt l'approvisionnement terminé, ce garde-corps doit être efficacement remplacé.

Surcharges :

Il faut respecter, d'une part, les charges limites indiquées par le fabricant (2), d'autre part, la limite de résistance du platelage installé ; Pour cela, on doit :

- Limiter les stockages de matériaux (3) et les disposer de façon à ne pas risquer un déséquilibre de la plate-forme (éviter les flexions inégales).
- Débarrasser constamment la plate-forme de tous gravats et décombres.

Les plate-formes sur tréteaux ne doivent, en aucun cas, ni être surélevées par des moyens de fortune, ni être superposées, ni être disposées sur le plancher d'un échafaudage, quel qu'il soit.

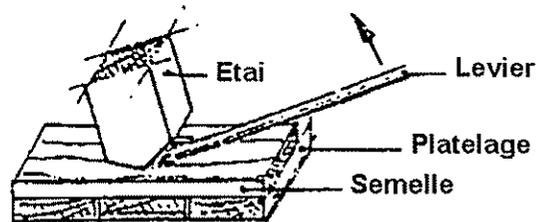
L'entretien :

Les tréteaux réclament un minimum d'entretien et de soins.

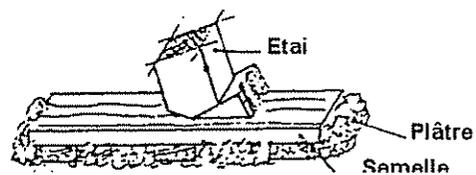
Il faut veiller particulièrement à ne pas laisser rouiller les tubes ou membrures, surveiller les assemblages et les soudures, éliminer les éléments tordus ou déformés (instabilité ou risques de ruptures inopinées).

ETAIEMENT - CALAGE

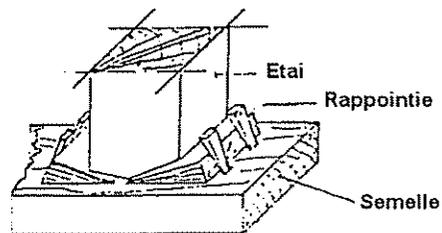
Ripage du pied



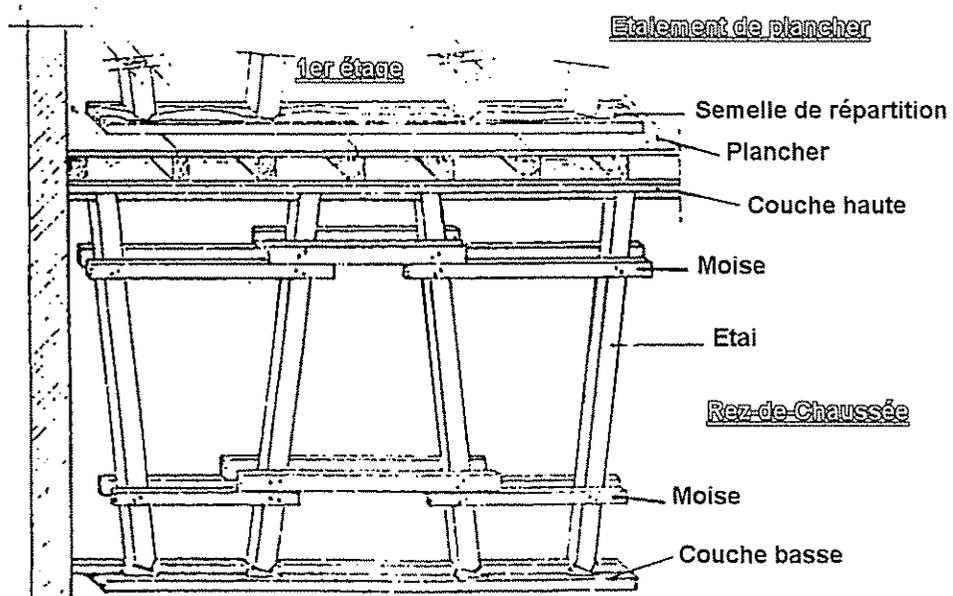
Semelle de couche sur sol mou



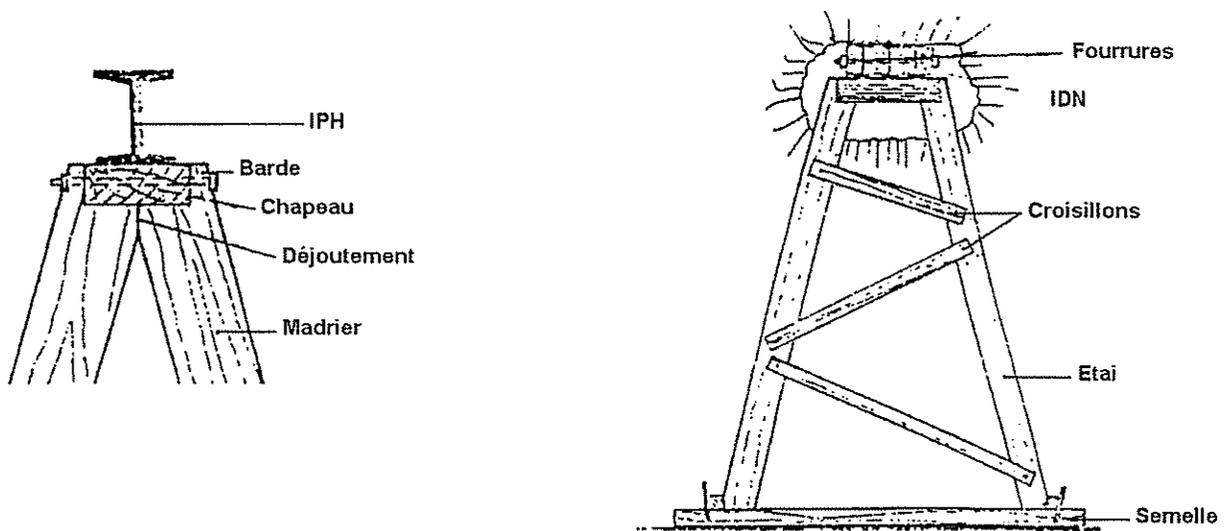
Pied d'étai



Etalement de plancher



Détail du chapeau d'un chevalement

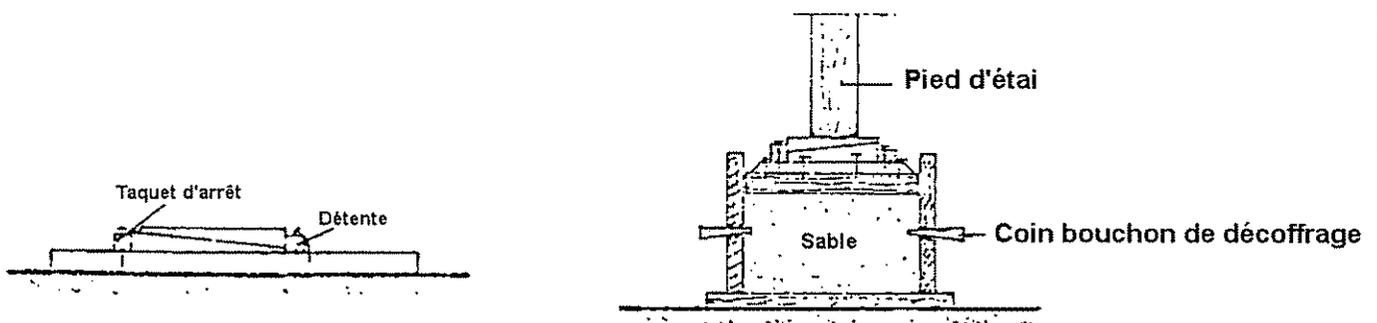


Le chevalement :

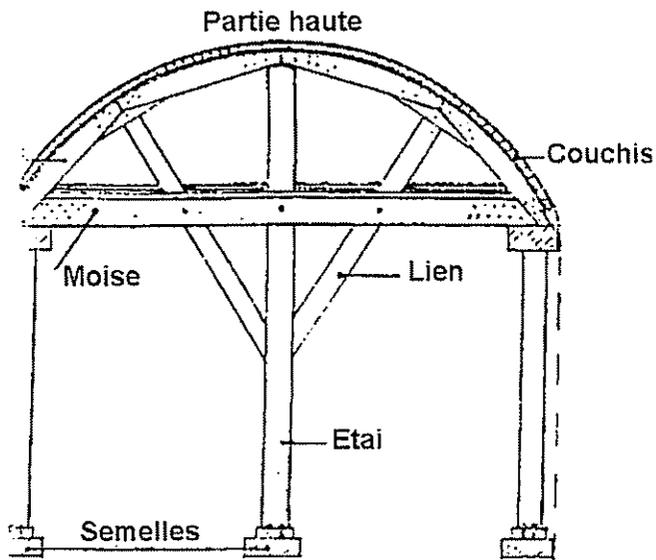
On utilise le chevalement pour la reprise en sous-œuvre ou le maintien d'une façade (sur du gros-œuvre), en cas de modifications apportées aux ouvertures existantes.

Deux étais inclinés au pied du chevalement reçoivent à la partie supérieure une pièce de bois qui supportera la charge. Les 2 pieds qui reposent chacun sur une semelle sont serrés et moisés.

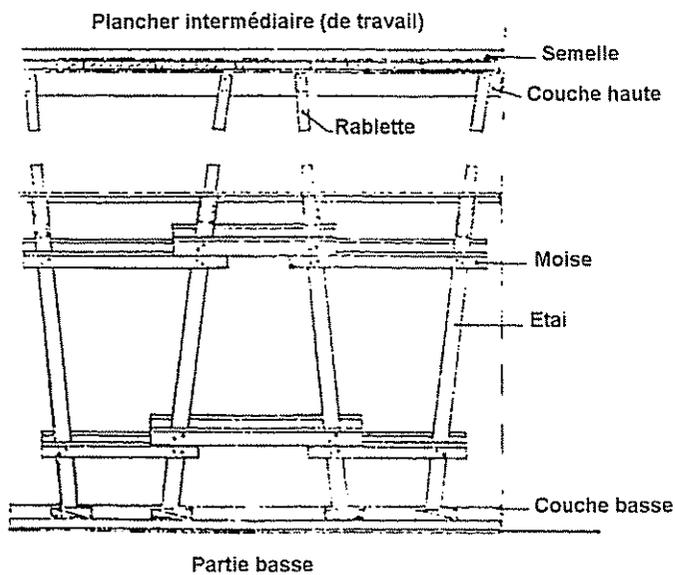
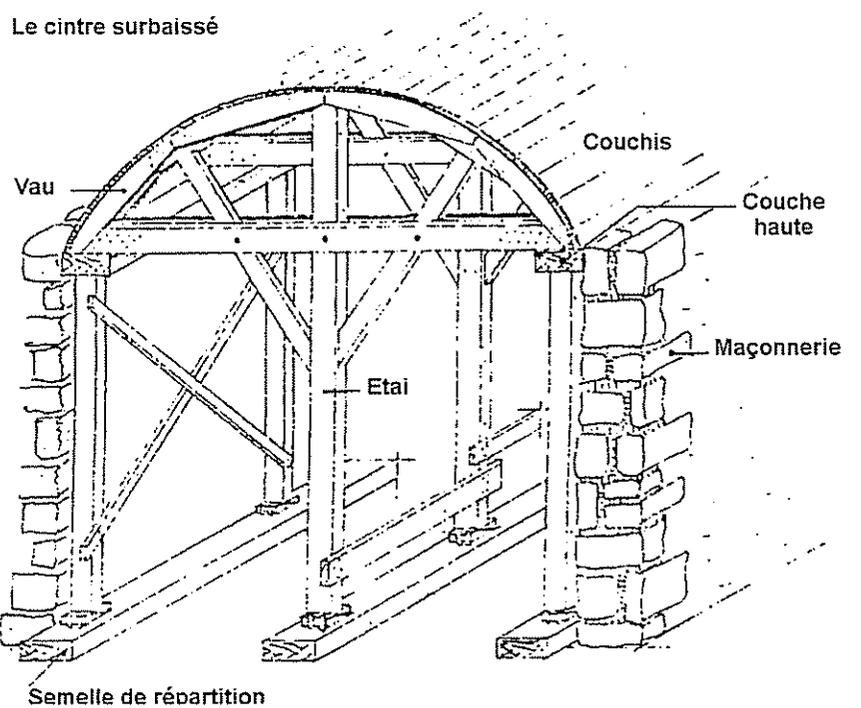
Les étaitements

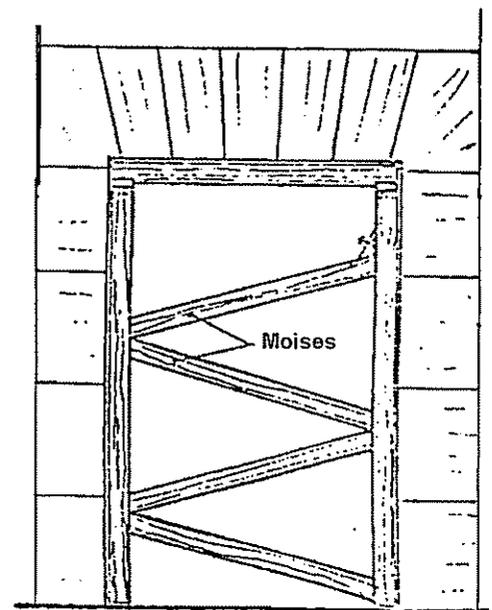
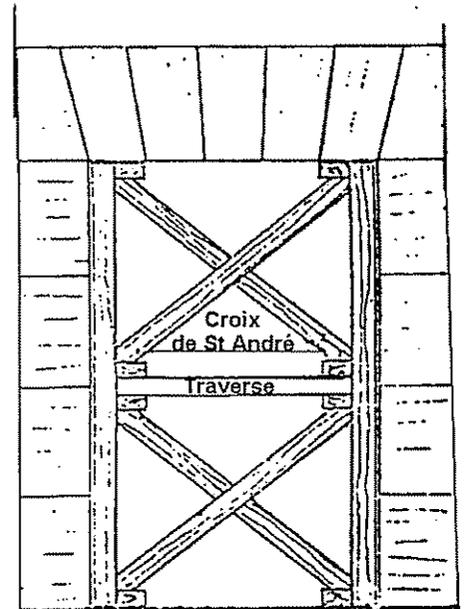
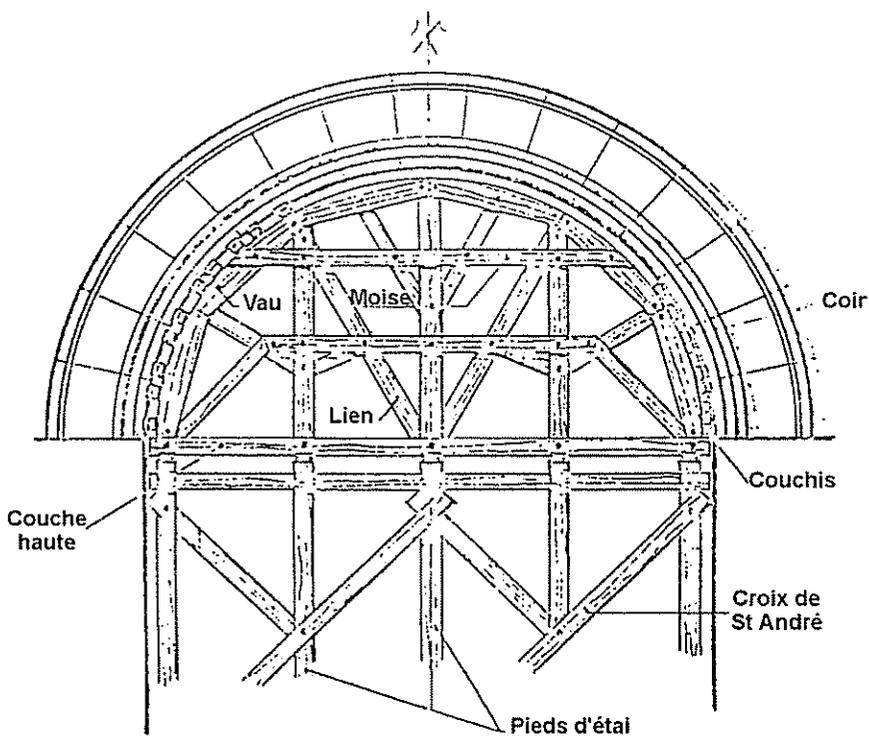


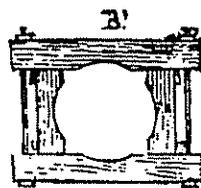
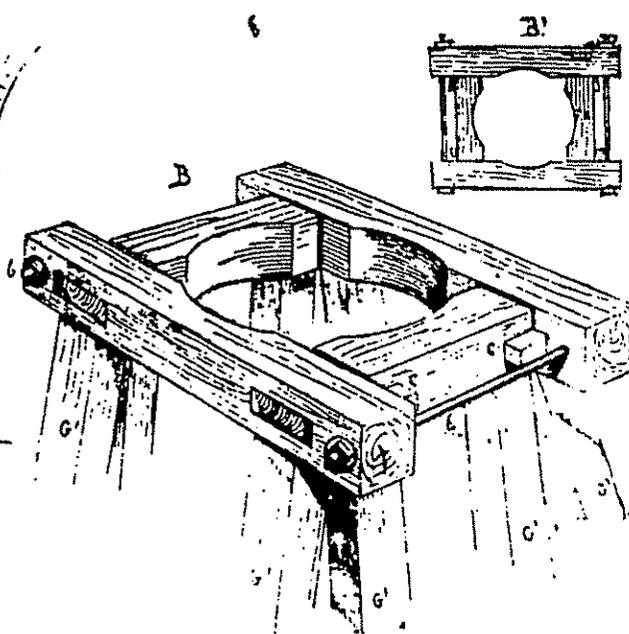
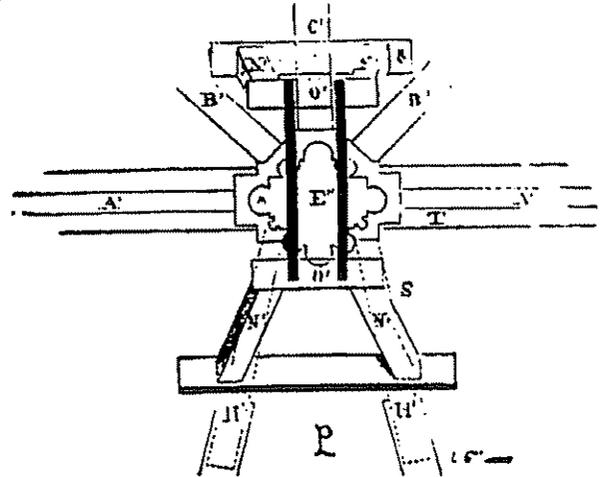
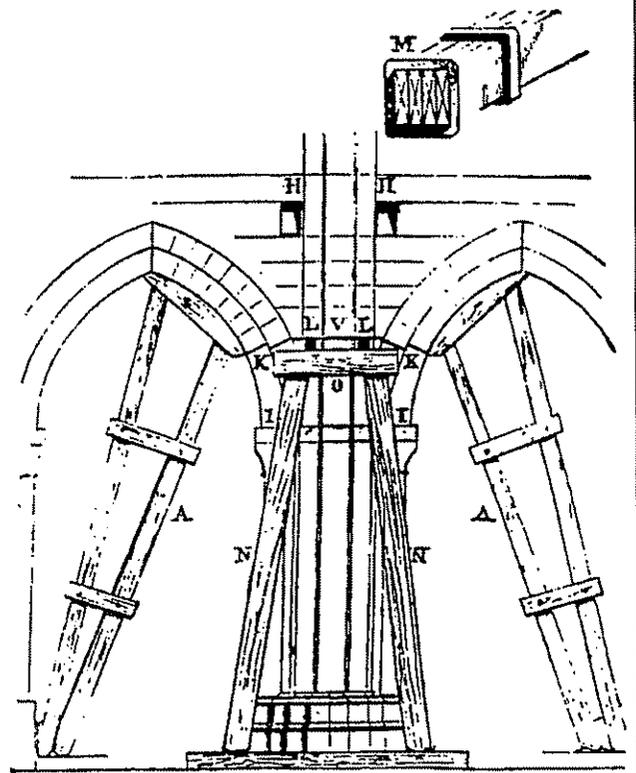
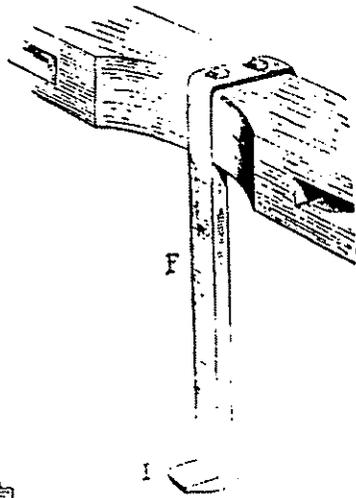
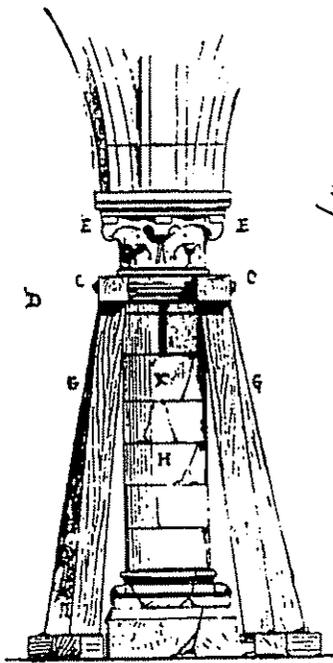
Caisse à sable pour le démoulage facile et progressif dans les grands étaitements.

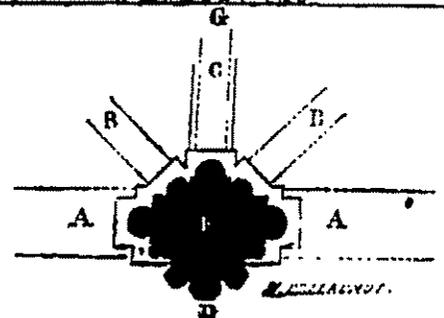
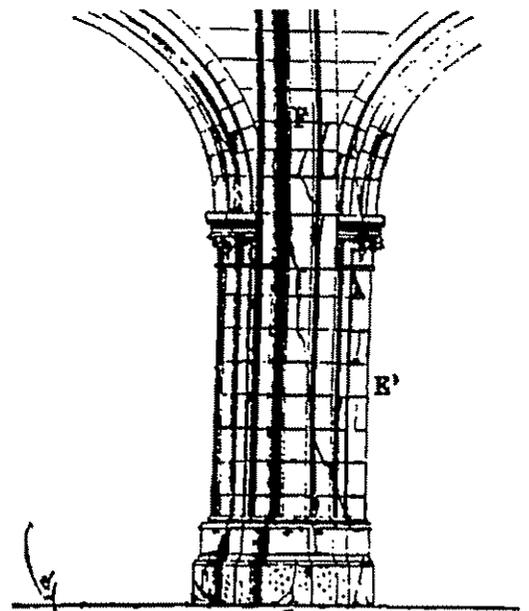
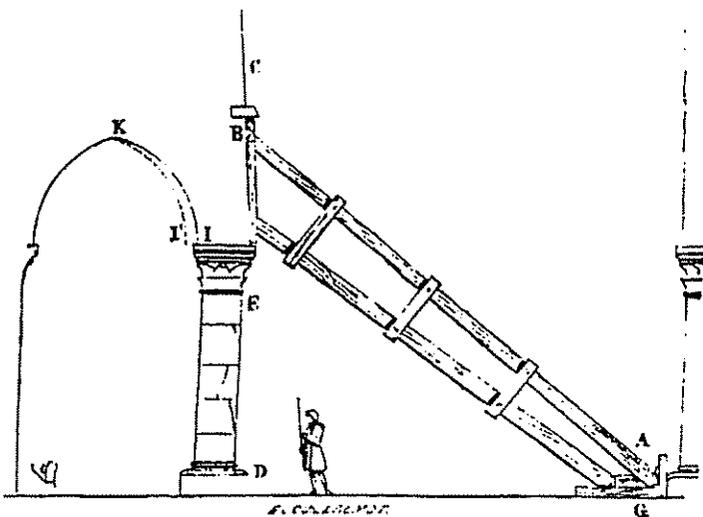
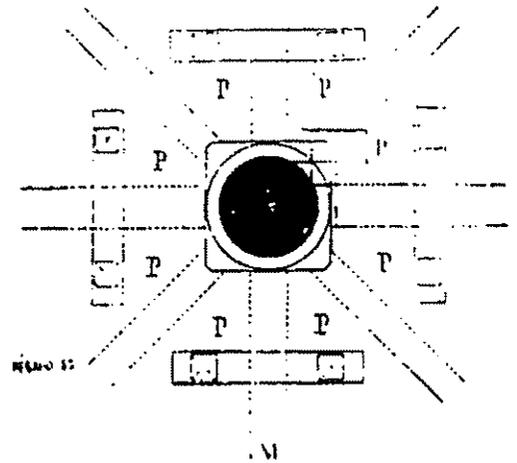
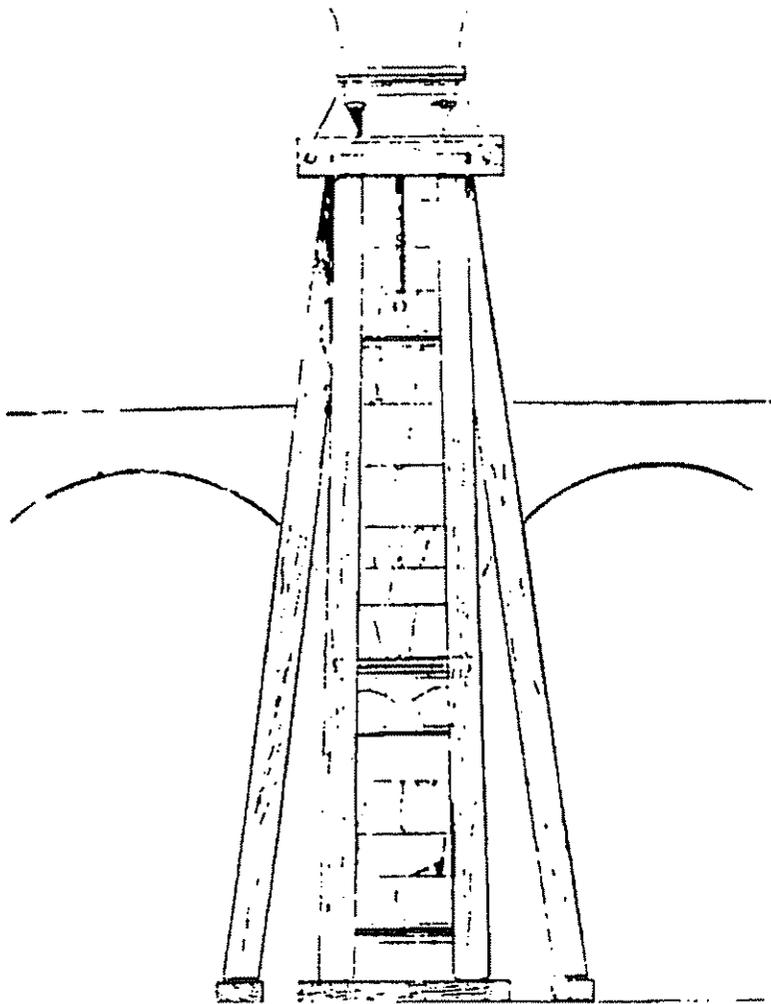


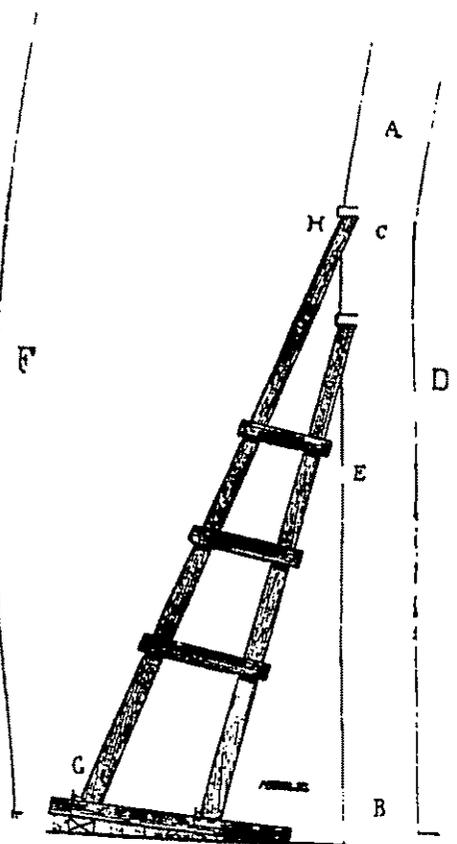
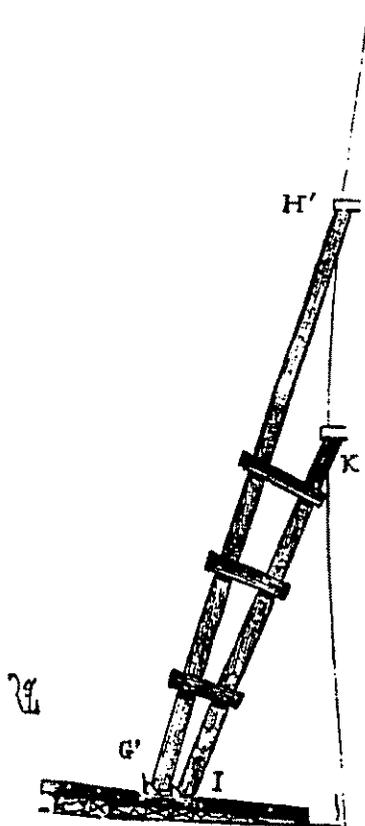
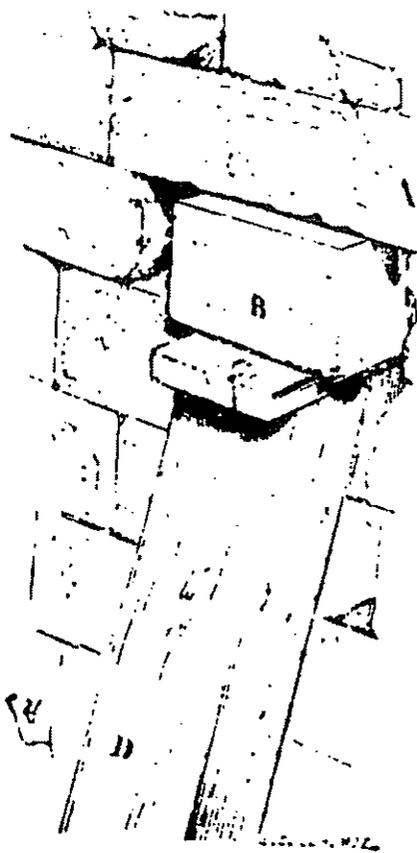
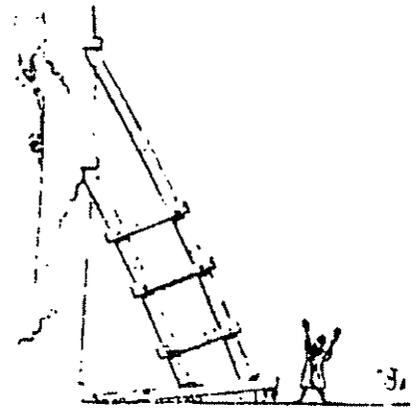
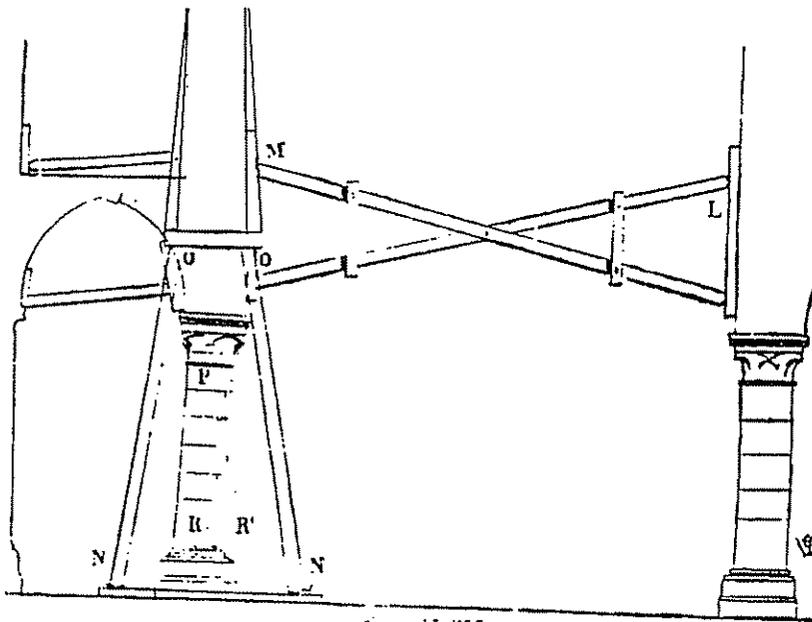
Le cintre surbaissé









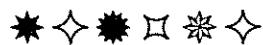


GROS ŒUVRE

TAILLEUR DE PIERRE

**MODULE COMPLEMENTAIRE
RAVALEMENT**

Ressources Pédagogiques



Les roches calcaires

✧ FORMATION

Le calcaire est une roche sédimentaire : accumulation de coquillages et de débris d'animaux cimentés par des sels de calcium et des boues calcaires.

Les roches calcaires enfouies à de très grandes profondeurs ont subi de fortes augmentations de pression et de température.

Ce phénomène appelé métamorphisme a transformé le calcaire en une roche plus dure : Le marbre

✧ LE GRANIT

Roche éruptive grenue, chaque grain est un minéral MICA FELDSPATH QUARTZ.

Le granit est une roche cristallisée qui provient du refroidissement du magma granitique (élément fondu de l'écorce terrestre).

✧ LE GRÈS

Roche siliceuse. Les grès résultent de l'agglutination de grains de sable par un ciment naturel qui peut être un calcaire siliceux.

✧ CLASSIFICATION

	Kg m ³	Numéro de taille
Très tendre		
Tuffeau	1 440	2
Chaussy	1 400	2
Tendre	de 1 471 à 1 840	
Sireuil	1 730	6
Demi-ferme	de 1 841 à 2 150	
Bourg		
Paussac	1 900	6
Lavoux	2 090	9
Ferme	de 2 151 à 2 355	
Chauvigny	2 200	11
Dure	de 2 356 à 2 580	
Chassignelles	2 370	13
Très dure	2 581 et plus	
Comblanchien	2 660	18
Arudy	2 700	19

Les duretés de taille sont numérotées de 1 à 20, de la pierre la plus tendre à la pierre la plus dure.

Diagnostic d'un bâti ancien

La plupart des dommages constatés sur le bâti sont liés à :

A - L'humidité

Avant toute chose, il faut arrêter les arrivées d'eau intempestives. Des gouttières ou des chéneaux en mauvais état peuvent être à l'origine des altérations. Des remontées d'eau par capillarité ou des infiltrations peuvent être à l'origine de "maladie" comme l'alvéolisation.

B - La pollution et ses effets

Sous l'effet des pluies acides, composées d'eau chargée d'éléments issus de la combustion du pétrole ou du charbon, la couche de calcin est attaquée. Il se forme une couche de sulfate de calcium (gypse). Cette couche de gypse a un coefficient de dilatation supérieur à celui de la pierre, ce qui provoque à la longue un décollement.

C - Dommages

1) La desquamation (accentuée en cas de croûtes noires)

Appelée plus communément maladie en plaque, la desquamation est le résultat de la pollution qui forme avec le temps une couche superficielle plus ou moins épaisse sur les façades. La croûte, en se décollant arrache la surface de la pierre.

Sa couche externe est très mince et très foncée du fait de l'accumulation carboné.

2) La dissolution

Elle est due à l'attaque des pluies acides sur les pierres calcaires qui dissout leur calcin protecteur.

Un ravalement mal adapté accélère l'érosion des pierres.

3) L'alvéolisation

Cette "pathologie" se rencontre essentiellement sur les constructions victimes de remontées capillaires.

Le sel, entraîné par l'eau à l'intérieur du mur, cristallise à l'évaporation de cette dernière et fait éclater la pierre par endroits formant des alvéoles.

4) Désordres dus aux cryptogames

Champignons, algues, lichens, mousses, bactéries entraînent la formation de salpêtre.

La pierre subit aussi de nombreuses attaques biologiques.

5) Action du Gel

Les dégâts dus au gel sont directement liés à la structure poreuse de la pierre.

Sous l'alternance du cycle gel dégel, sa rapidité, sa force, les pressions mécaniques sur les parois des capillaires de la pierre entraînent la disparition d'arêtes vives dans les zones les plus exposées.

Une pierre posée en délit sera encore plus sensible à l'action du gel et de tous les agents destructeurs.

Les différentes méthodes de ravalement

Le ravalement est bien, dans le sens originel du mot, de donner son aspect définitif à une construction neuve.

De nos jours le mot a un sens beaucoup plus large.

Il s'applique à toute opération qui a pour objet de remettre en bon état de propriété les façades d'immeubles déjà anciennes.

Le nettoyage des façades se fait par lavage, décapage, regrattage ou retaille.

Le nettoyage doit supprimer les salissures chimiques ou biologiques, sans porter atteinte à la pierre et en respectant son état de surface.

A - LAVAGE A L'EAU

1 - Lavage à l'eau sans pression

☆ Par nébulisation, par ruissellement et par alternance.

Ce nettoyage consiste à faire ruisseler de l'eau sur la façade au moyen de rampes d'arrosage ou de nébulisateurs. L'eau entraîne avec elle les salissures, un brossage doit être fait pour améliorer le lavage.

Cette opération ne peut être effectuée qu'après vérification des joints et de l'étanchéité des menuiseries.

Cette méthode qui respecte l'état de surface a, de plus, l'intérêt d'éliminer en partie les sels se trouvant à l'intérieur des pierres.

Cette méthode n'est pas utilisable en hiver.

2 - Lavage à l'eau sous pression

☆ Réalisé à l'aide d'un nettoyeur haute pression (type Karcher). Ce procédé ne peut être accepté que si l'on a la garantie d'un parement en bon état. La pression devant être choisie en accord avec l'architecte.

Il conviendra de procéder à un rejointoiement préalable, car il y a des risques importants d'infiltration, en particulier dans le cas de pierres très poreuses.

Ce procédé est à proscrire pendant l'hiver et pour les parties fragiles aussi bien des parements que des sculptures.

3 - Lavage à l'eau chaude

- ☆ Réaliser, à l'aide d'un nettoyeur haute pression équipé d'un brûleur qui permet de chauffer l'eau.

Ce procédé n'est acceptable que si la température et la pression de la source de vapeur ainsi que la distance avec la pierre sont contrôlées.

En effet, il comporte des risques de chocs thermiques, surtout pour les moulurations et les parties fragiles.

B - PROCÉDES MECANIQUES

4 - Regrattage ou retaille

- ☆ On enlève le calcin sans attaquer ou abîmer la partie sous-jacente.
Pendant la période de reformation du calcin, la pierre n'est plus protégée contre les altérations venant de l'extérieur (pluies, pollution).

5 - Sablage

- ☆ Il consiste à projeter sur la façade un mélange de sable et d'eau à l'aide d'une sableuse.
- ☆ Il supprime les arêtes et modifie, comme le regrattage le profil des moulures.
Nécessité d'adapter la pression du jet, en fonction de la dureté de la pierre.
- ☆ Il entame plus ou moins le calcin.

6 - Lavage par procédé

Procédé Thoman HANRY

- ☆ Projection d'une poudre très fine (grains de verrerie) depuis une nacelle montée sur un camion grue. Cette poudre réalise un gommage de la façade.

C - AUTRES PROCÉDES CHIMIQUES

7 - Décapage

- ☆ Différents produits sont disponibles pour le nettoyage des façades.
Leur composition est principalement à base de soude.
La soude est préparée à partir du chlore, le chlore détruit la partie colorante des matières végétales et animales.

Référence produit	Composition	Précaution à prendre
RENOBAT	Soude	Protection des menuiseries
LAVOLIT	Soude	A neutraliser avec <i>Neutralise</i> Risque d'efflorescences

8 - Nettoyage par désincrustation photonique des salissures

L.A.S.E.R. Le mot **LASER** est l'abréviation de :

Light **A**mplification by **S**timulation **E**mission of **R**adiation

ce qui signifie amplification de lumière par émission stimulée de radiation.

Le principe en a été décrit par Einstein dès 1917.

⌘ UTILISATION D'UN LASER YAG PULSE

- ☆ La lumière laser est, comme toute lumière, constituée d'ondes électromagnétiques. Elle est facilement focalisable et de haute densité.
- ☆ Le **laser YAG** à impulsion permet d'obtenir ces qualités optiques grâce à l'excitation par lampe à éclair d'un barreau solide de **Grenat d'Aluminium Ytrium (YAG)**.
- ☆ Le faisceau laser est amplifié et concentré sur la zone à traiter. Il est possible de faire varier le diamètre de l'impact, en fonction de l'épaisseur et du type de salissures et de jouer sur la dimension de la surface traitée à chaque impulsion.
- ☆ Les temps de nettoyage sur une surface calcaire de 10 cm sur 10 cm sont compris entre deux et trois minutes.
- ☆ Ce système sophistiqué de nettoyage n'est raisonnablement envisageable que pour les surfaces sculptées.

Le montage des échafaudages de pied fixes

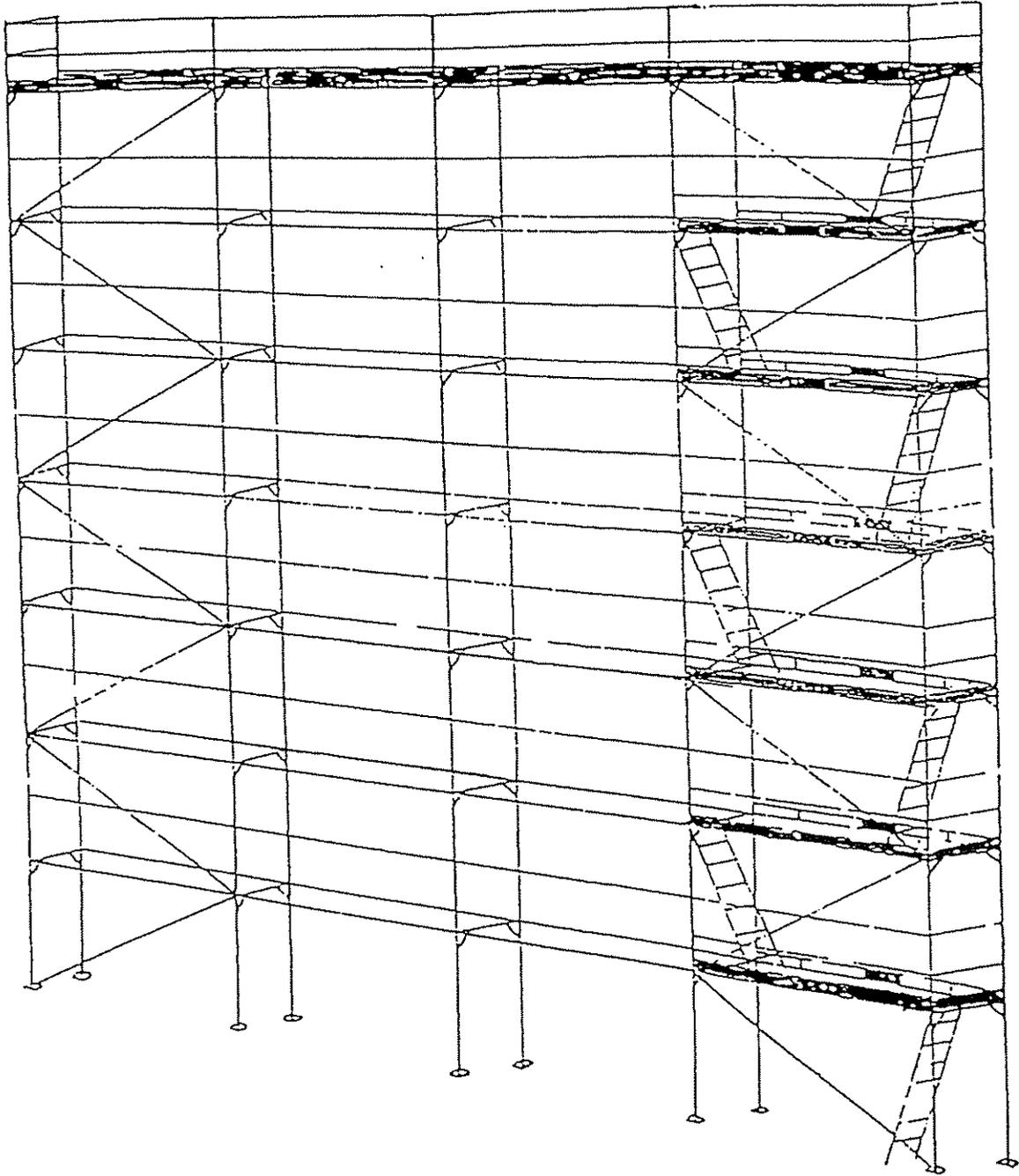
Préparation du chantier

PLANS, CALCULS, DESCRIPTIFS DU MATERIEL

Il est indispensable d'analyser les besoins de l'utilisateur.

- 1 / A quoi va servir l'échafaudage ?**
- 2 / Combien d'entreprises vont l'utiliser ?**
- 3 / Va-t-on stocker des matériaux ou matériels dessus et, dans l'affirmative, quel sera leur poids ?**
- 4 / Quelle est la géométrie de l'ouvrage à épouser ?**
- 5 / Y a-t-il des contraintes particulières à respecter ?**
- 6 / A quelle distance de la paroi doit-on mettre en place l'échafaudage ?**
- 7 / Comment se comporte le sol sur lequel l'échafaudage s'appuiera ?**
- 8 / Où sera stocké le matériel et comment l'amènera-t-on à pied d'œuvre ?**
- 9 / Comment va-t-on amarrer l'échafaudage ?**
- 10 / L'échafaudage va-t-il être bâché ?**

Un échafaudage de pied fixe



Un échafaudage de pied fixe avec :

- 1 niveau de travail
- 1 travée d'accès

Spécificité des échafaudages de pied fixes

Comme indiqué dans le nom, les échafaudages de pied prennent appui sur le sol par leur base.

Tous les systèmes de ce type utilisent des tubes ronds de section diverse, en acier peint, en acier galvanisé, voire aussi en aluminium ou en des matériaux qui présentent l'avantage de ne pas être conducteur d'électricité (fibre de verre par exemple).

Les échafaudages évoluent et offrent une meilleure sécurité grâce :

- A l'élargissement du choix des matériaux
- A la création d'accessoires nouveaux
- Au perfectionnement des méthodes de montage

✘ Les échafaudages en tubes et colliers

Ils sont constitués de tubes d'acier, généralement de diamètre 40/49, reliés entre eux par des organes de liaison (colliers ou raccords).

Ceux-ci, fabriqués en acier moulé ou en tôle pliée, enserrant le tube et sont bloqués par deux ou quatre boulons, voire des clavettes.

Il existe aussi des colliers spécifiques à d'autres assemblages (liaisons de tubes bout à bout, accrochage des tubes dans les charpentes...).

La fabrication des tubes, colliers et accessoires est normalisée

Tubes : Norme NF A 49 - 500

Colliers et Accessoires : Norme NF A 49 - 580

✘ Les échafaudages à éléments préfabriqués

Ces échafaudages, constitués également de tubes aciers ronds et quelquefois carrés, comportent des pièces fabriquées en usine et assemblées entre elles sur les chantiers.

Tous les éléments s'assemblent par simple emboîtement, sans colliers à mettre en place, ni boulons à serrer.

Ils sont regroupés en deux grandes catégories :

- Les échafaudages à **cadres préfabriqués** à échelles ou portiques
- Les échafaudages **multidirectionnels**

Leur construction est normalisée
Normes NF P 93 - 501 et NF P 93 - 502

Fiche de contrôle d'un échafaudage fixe

	Vérification	Rappel exigences	Observations
1	<ul style="list-style-type: none"> Résistance des appuis 	<ul style="list-style-type: none"> Article 11 du Décret du 8/01/1965 	
2	<ul style="list-style-type: none"> Reliage des montants verticaux 	<ul style="list-style-type: none"> Tous les 2 m dans 2 directions à 90° 	
3	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps 	<ul style="list-style-type: none"> Côté extérieur et côté intérieur si espace supérieur à 20 cm 	
4	<ul style="list-style-type: none"> Accès 	<ul style="list-style-type: none"> Par échelle : inclinaison, placée en quinconce, avec ou sans crinoline 	
5	<ul style="list-style-type: none"> Planchers 	<ul style="list-style-type: none"> Respect de la charge au m² 	
6	<ul style="list-style-type: none"> Planches 	<ul style="list-style-type: none"> Planches de qualité échafaudage 	
7	<ul style="list-style-type: none"> Portée des planches 	<ul style="list-style-type: none"> 1,5 m maximum 	
8	<ul style="list-style-type: none"> Contreventement 	<ul style="list-style-type: none"> Continu et en opposition 	
9	<ul style="list-style-type: none"> Amarrage rigide 	<ul style="list-style-type: none"> En point fixe ou en ligne 	
10	<ul style="list-style-type: none"> Répartition des amarrages 	<ul style="list-style-type: none"> Tous les montants Tous les 8 m 	
11	<ul style="list-style-type: none"> Résistance des points d'ancrage 	<ul style="list-style-type: none"> Doit éviter le basculement, la rotation et la déformation 	
12	<ul style="list-style-type: none"> Usage des poutres, déport, treuil 	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des surcharges sur le montants 	
13	<ul style="list-style-type: none"> Bâchage 	<ul style="list-style-type: none"> Doublage des amarrages et des ancrages ou débâchage en cas de vent 	
14	<ul style="list-style-type: none"> Colliers 	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du serrage et du positionnement 	

Accepté

Non conforme

A modifier

Les principaux risques dus à l'utilisation des échafaudages fixes

① Risques dus à l'environnement

- Chute ou effondrement des points d'appui ou des amarrages
- Effondrement causé par des surcharges dues au agents atmosphériques
- Electrocutation par voisinage avec une ligne électrique en cours de montage
- Renversement suite à l'accrochage par un véhicule

② Risques pendant le montage ou démontage

- Chute des monteurs
- Chutes d'objets ou de matériels
- Effondrement de la structure en cours d'opération

③ Risques pendant l'exploitation

- Chutes de personnes pendant l'accès
- Chutes de personnes pendant la circulation sur l'échafaudage
- Chutes d'objets ou de matériels
- Effondrement de la structure en cours d'exploitation

④ Risques de second ordre

- Accidents aux usagers du lieu où est implanté l'échafaudage

Essais des planches

Une méthode simple peut être utilisée pour tester les planches sur les chantiers.

Vide résiduel (en mm)	Epaisseur de planche (en mm)
70	35
100	40
130	45

■ Phase 1

Sur une surface plane et résistance, on dispose une planche de 20 cm de largeur sur deux appuis de 20 cm de largeur chacun et de 16,5 cm de hauteur, et distants de 3,5 m.

■ Phase 2

Une personne dont le poids avoisine les 75 daN monte sur la planche à mi-portée.

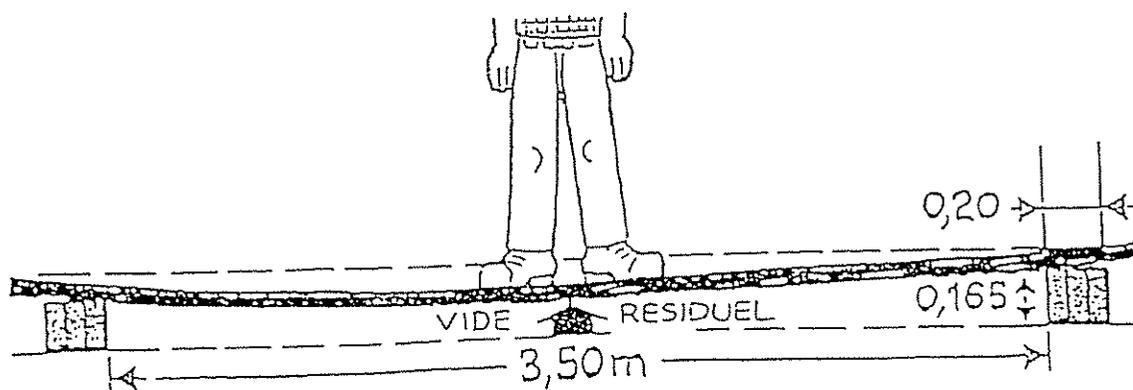
■ Phase 3

Après stabilisation, on mesure (sous la charge) le vide restant entre le sol et le dessous de la planche.

■ Phase 4

Une diminution de plus de 30 mm de la valeur de ce vide, pour chaque épaisseur, doit faire déclasser la planche d'une épaisseur.

Ainsi, si l'essai avec une planche de 45 mm donne un vide résiduel de 100 mm, la planche doit être considérée comme une planche de 40 mm.



Travaux au voisinage de lignes ou d'installations électriques

Lorsqu'un échafaudage doit être monté au voisinage des lignes ou d'installations électriques, il faut s'informer de la valeur des tensions de celles-ci afin de pouvoir s'assurer qu'au cours des opérations envisagées, le personnel ne sera pas susceptible de s'approcher lui-même ou d'approcher les matériels qu'il utilisera, ou une partie quelconque des matériels qu'il manutentionnera, à une distance dangereuse des pièces conductrices nues normalement sous tension et notamment à une distance inférieure à :

- 3 m pour une ligne de moins de 50 000 volts
- 5 m pour une ligne de plus de 50 000 volts

■ Calcul des distances

Il doit être tenu compte, pour déterminer les distances qu'il convient de respecter par rapport aux pièces conductrices nues normalement sous tension, de tous les mouvements possibles des pièces conductrices nues sous tension de la ligne et de tous les mouvements, déplacements, balancements, fouettements (notamment en cas de rupture éventuelle d'un organe) ou chutes possibles des engins utilisés pour les travaux envisagés.

■ Organisation des travaux

Les travaux ne pourront débuter que sur délivrance de l'attestation de mise hors tension par l'exploitant.

Le rétablissement de la tension ne pourra ensuite s'opérer que sur production de l'avis de cessation de travail par l'entrepreneur.

■ Procédures simplifiées

La remise de la main à la main des documents peut être remplacée par l'échange de messages téléphoniques enregistrés sur carnet spécial et collationnés.

En BT seulement, la mise hors tension peut, avec accord de l'exploitant, être effectuée par le chef d'établissement qui :

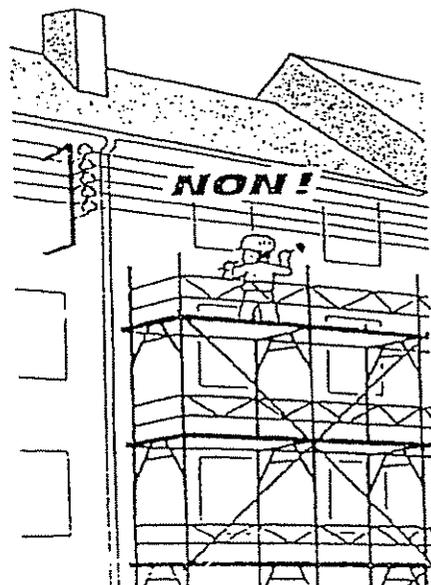
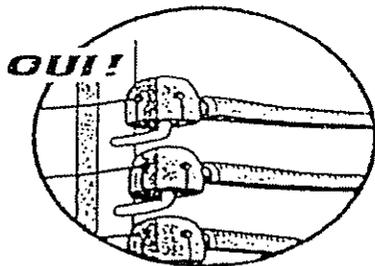
1. Ne fait débuter le travail qu'après s'être assuré, à l'aide d'appareils appropriés, que la mise hors tension est effective.
2. Signale de façon visible la mise hors tension.
3. Prend les dispositions contre le rétablissement inopiné de la tension (condamnation à l'ouverture des appareils de coupure ou de sectionnement).
4. Ne rétablit la tension qu'à la fin des travaux et quand le personnel n'est plus exposé.

Mesures particulières

Cas où la mise hors tension de la ligne ou de l'installation électrique peut être effectuée

Les mesures particulières pour mettre hors d'atteinte du personnel les lignes ou installations électriques autres que souterraines sont les suivantes :

Classe BT	Classe MT et HT
<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'obstacles solidement fixés Recouvrement isolant des conducteurs (neutres compris) et des pièces nues sous tension 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'obstacles efficaces solidement fixés devant les conducteurs nus et les pièces nues sous tension
<ul style="list-style-type: none"> Si impossible : <ul style="list-style-type: none"> → Prescrire aux travailleurs le port des gants isolants, de vêtements à manches longues, de coiffures → Prendre les mesures propres à isoler les travailleurs par rapport au sol 	<ul style="list-style-type: none"> Si impossible : <ul style="list-style-type: none"> → Délimiter matériellement dans l'espace la zone de travail → Désigner une personne compétente pour s'assurer du respect de cette limite et alerter les travailleurs si nécessaire
	<ul style="list-style-type: none"> Les opérations de mise hors d'atteinte exposant les travailleurs qui les réalisent ne doivent être faites que par des travailleurs compétents et pourvus du matériel approprié



Mesures particulières

Cas où la mise hors tension de la ligne ou de l'installation électrique ne peut être effectuée

La ligne ou l'installation (autre que souterraine) ne peut être mises hors tension, des dispositions particulières doivent être prises pour :

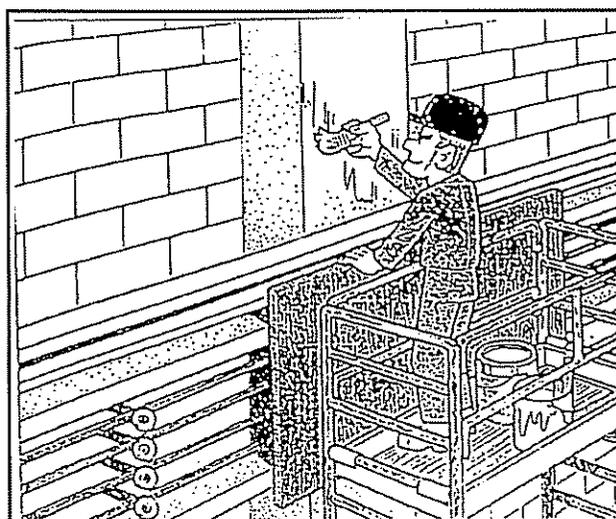
- Mettre la ligne ou l'installation hors d'atteinte du personnel
- Respecter une distance de sécurité entre l'échafaudage et cette ligne ou cette installation

En accord avec l'exploitant, il faudra arrêter les mesures de sécurité à prendre et les porter à la connaissance du personnel par une consigne écrite.

Les mises hors d'atteinte susceptibles d'amener des travailleurs à une distance dangereuse des pièces conductrices nues normalement sous tension, ainsi que les interventions directes sur des lignes, installations électriques ou pièces nues normalement sous tension, ne peuvent être effectuées que par des travailleurs compétents et pourvus du matériel approprié.

■ Possibilités de protection

- La mise hors d'atteinte de la ligne ou installation concernée
- L'éloignement de la ligne ou installation concernée
- Le recouvrement des conducteurs et des pièces nues sous tension par des isolants
- La mise en place d'obstacles isolants efficaces et solidement fixés devant les conducteurs et les pièces nues sous tension



Travaux en zone urbaine

Si un échafaudage doit être installé en zone urbaine sur la voie publique, il faut le mentionner dans la demande d'autorisation d'effectuer les travaux adressée à la mairie.

Cette autorisation, appelée plus communément *Autorisation de Voirie*, précise les mesures à mettre en œuvre pour assurer la protection des personnes et des véhicules qui empruntent la voie publique.

L'Autorisation de Voirie

L'Autorisation de Voirie est un acte par lequel l'autorité administrative permet :

- **Soit une utilisation de la voie publique d'une façon non conforme à sa destination**
- **Soit de réaliser certains ouvrages sur lesquels l'administration exerce un droit de regard en raison de la proximité de la voie.**

Toute demande d'autorisation concernant la voie urbaine doit être rédigée sur papier libre.

Elle doit mentionner :

- **La raison sociale de l'entreprise effectuant les travaux, ainsi que son adresse, son numéro de téléphone, etc.**
- **La situation précise du chantier**
- **La durée des travaux**



On appelle voies tous les espaces libres extérieurs aux îlots et réservés à la circulation ou à la desserte desdits îlots, et ce, quelle que soit leur appellation (rue, avenue, impasse... y compris les voies privées ouvertes au public).

Modification de l'échafaudage

La géométrie de l'échafaudage et la disposition de ses amarrages et ancrages ne peuvent être, en aucun cas, modifiées par l'utilisateur de celui-ci si des dispositions en la matière n'ont pas été prévues dès le départ avec le Bureau d'Études



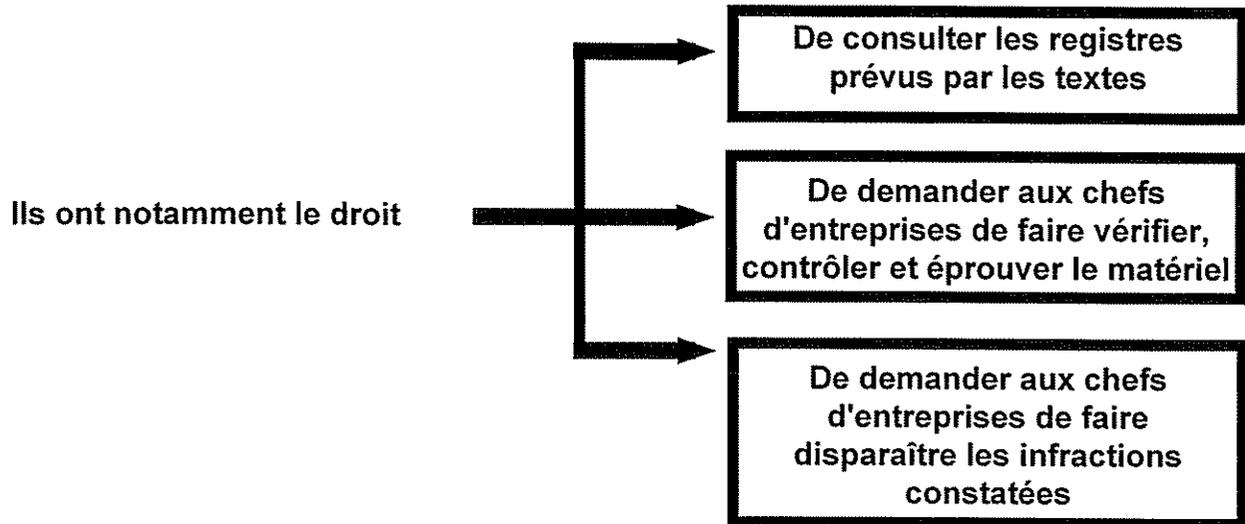
Seule une personne compétente a le droit d'intervenir sur la structure de l'échafaudage

Un échafaudage est toujours érigé pour un usage bien particulier, et calculé pour des surcharges précises.

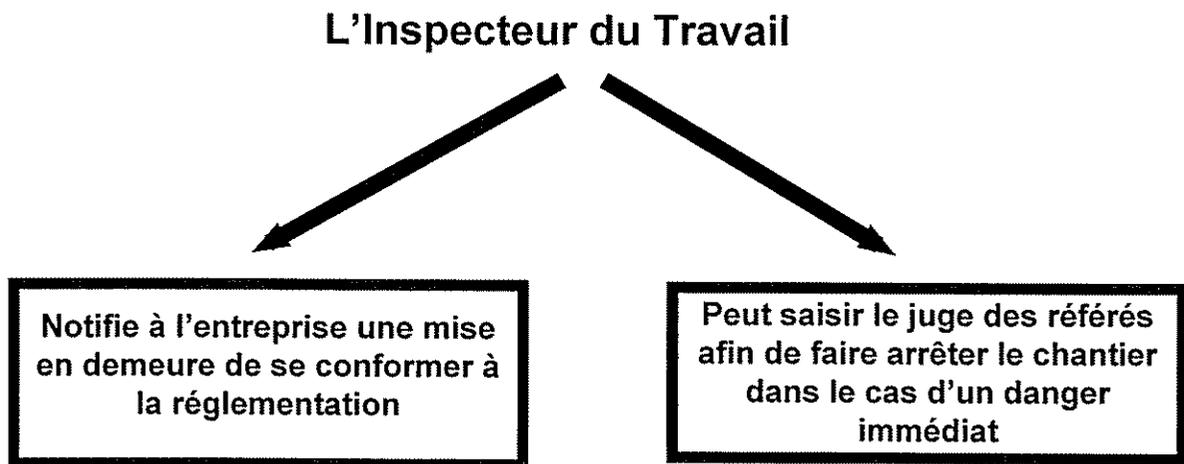
De fait, il est important pour la sécurité de tous, de ne pas l'utiliser à d'autres fins sans l'avis d'un spécialiste en la matière.

L'inspection du travail

Les inspecteurs et contrôleurs du travail sont chargés de vérifier si la réglementation est appliquée.



Ils notent leur avis et observations sur le registre de l'Inspecteur du Travail tenu à leur disposition par l'entreprise.



La Caisse Régionale d'Assurance Maladie

**C'est un assureur pour les risques
auprès des entreprises**

Les contrôleurs et les ingénieurs visitent les chantiers.

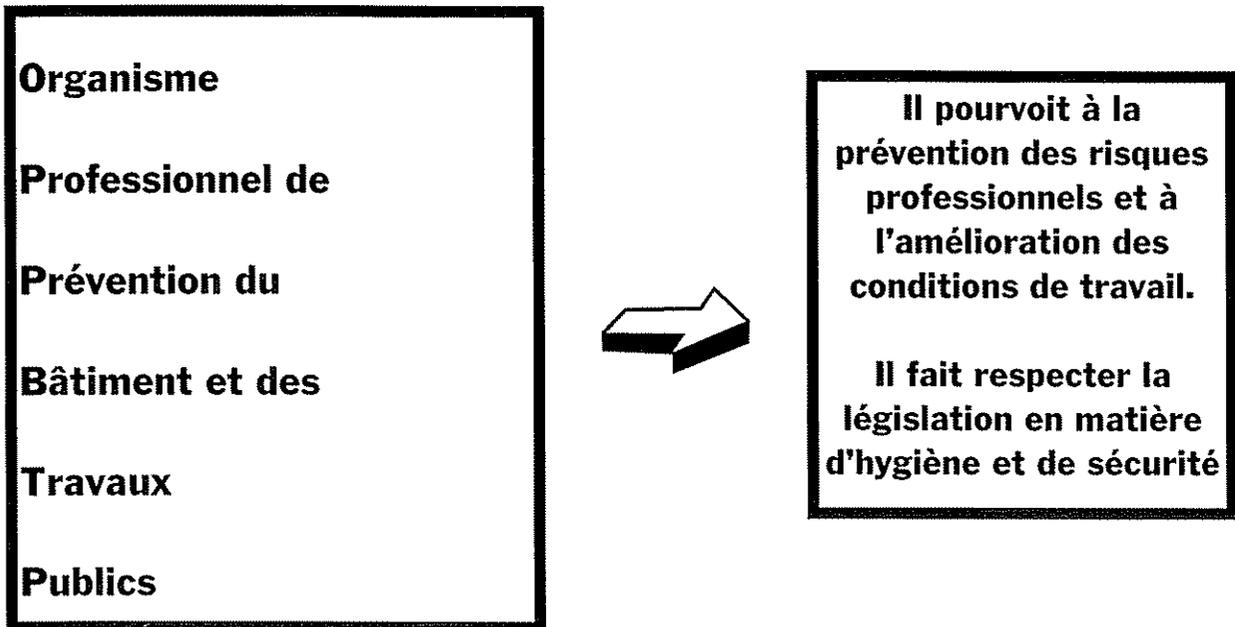
Ces visites leur permettent d'apporter les moyens techniques de
contrôle et d'assistance.

Les C.R.A.M. peuvent adresser des lettres d'observations ou des
injonctions.

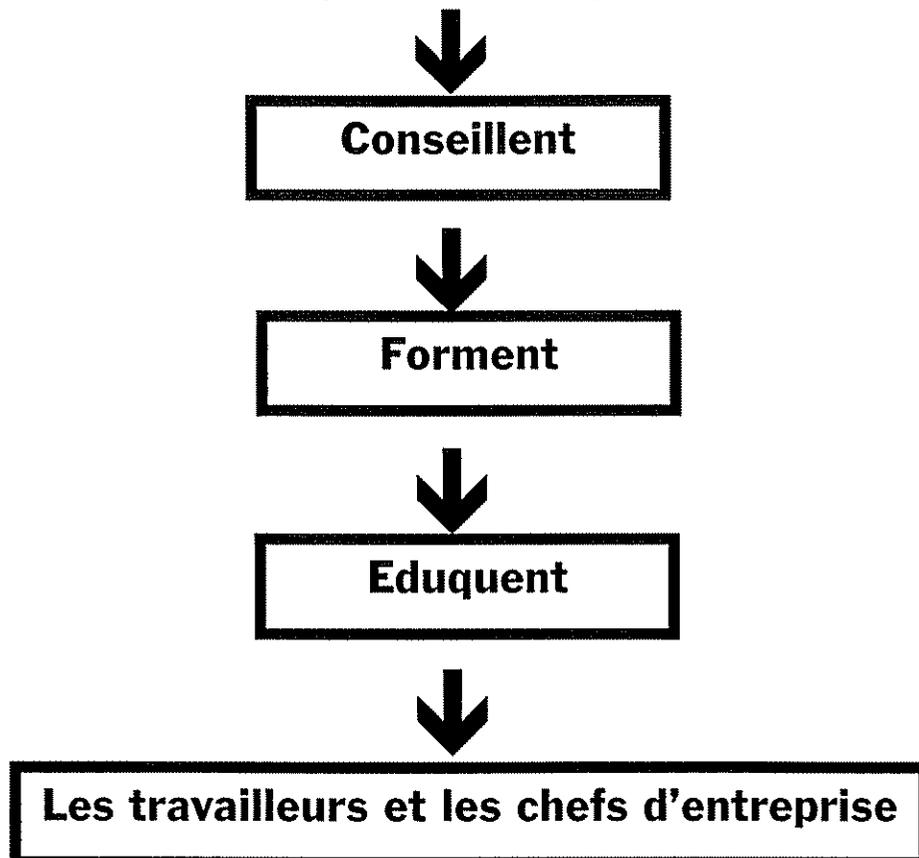
**Si ces injonctions restent
sans effet, les CRAM
peuvent majorer les taux
de cotisation accident du
travail**

**En contrepartie, les CRAM
peuvent accorder des
ristournes pour les
entreprises ayant fournis
un effort**

L'O.P.P.B.T.P.



Les délégués de cet organisme

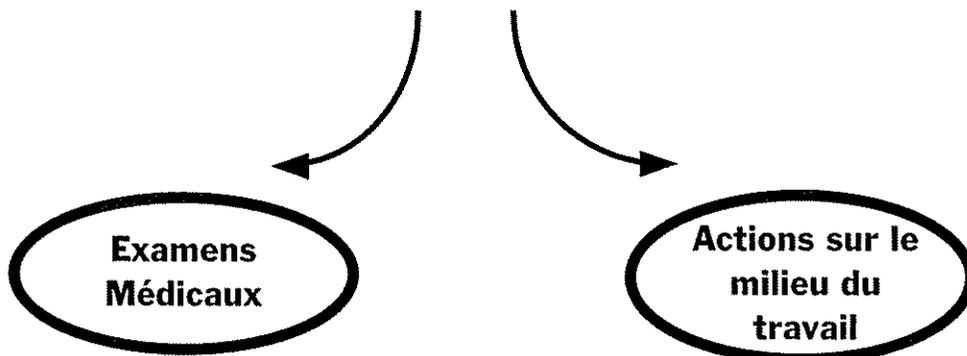


Le Médecin du Travail



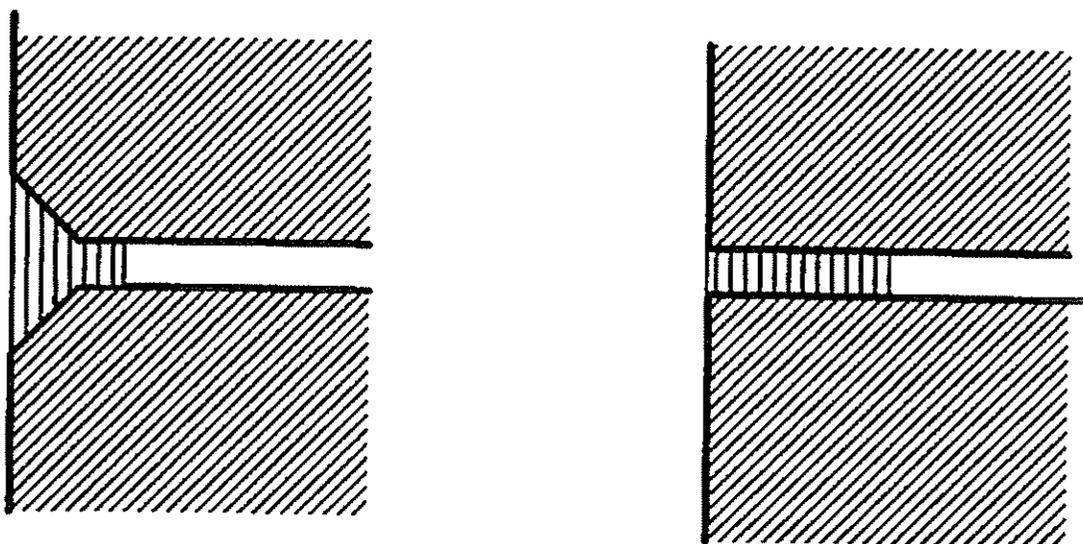
Il a pour mission d'éviter toute altération de la santé des travailleurs.

Il exerce 2 types d'activités



Jointoiment

- Il faudra prendre soin de dégarnir les anciens joints sur une profondeur minimum de 30 mm pour des joints de 8 mm de hauteur.
- Laver les joints dégarnis, afin d'ôter tout résidu d'ancien matériau.



Joint inefficace dégarni au piochon

Joint étanche dégarni à la sciote

- Le dosage du mortier de jointoiment devra être de :
 - 1 volume de chaux pour 2,5 à 3 de sable
- Le mélange de sable roux et de sable blanc permettra de faire varier la teinte du joint, en fonction de la couleur désirée.
- Le joint devra être coupé à la spatule et brossé à la brosse souple, avant que le durcissement du mortier ne soit complètement achevé.

Sommaire



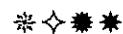
⌘ **Préambule**

⌘ **Présentation générale**

⌘ **Carte de progression**

* **Guides d'apprentissage**

⌘ **Ressources pédagogiques**



Préambule

Le département BTP Secteur Gros Œuvre a présenté le 14 octobre 1995 à la Sous-Commission nationale un projet d'évolution intéressant les filières Taille de Pierre et Maçon.

L'objectif de ce projet d'évolution est de créer des modules de formation complémentaire aux formations initiales dispensées à l'AFPA afin de :

1. Répondre aux demandes de la profession en ce qui concerne les interventions sur l'habitat ancien
2. Améliorer l'accès à l'emploi des formés à l'issue de leur stage

C'est avec l'aval de la Sous-Commission nationale Gros Œuvre que le Département BTP a initié en janvier 1996 l'étude Techniques de Construction Traditionnelle et Restauration de Monuments Historiques et l'a structurée de la manière suivante :

- Définition de la filière de référence
- Définition du public concerné
- Elaboration de produits de formation à partir :
 - a) de tâches professionnelles identifiées
 - b) de mises en situation réelles

C'est dans ce cadre qu'ont été conçus les produits :

- Ravalement de façades
- Limousinerie
- Enduit monuments historiques

avec pour filière de référence : **la Taille de Pierre**

- Public concerné : Tailleurs de pierre
- Tâches professionnelles : Scénario de chantier
- Mise en situation : Site de Cussac-Fort Médoc

Ces produits de formation ont été bâtis sous la forme de cartes de progression et de guides d'apprentissage, afin de permettre, après le bilan de l'expérimentation prévue au 2^e semestre 96, leur transposition à la filière maçonnerie.

Le Département BTP Secteur Gros Œuvre remercie :

- *Mme Eve GANCHEGUI*
- *M. Christian BORT*
- *M. Serge LUNIAUD*
- *M. Jean-Claude MALO*
- *M. René MASSON*
- *M. Alain PINZIN*
- *M. Louis VERNHES*

}
} Formateurs
} Taille de Pierre
}

pour leur collaboration à la réalisation de ce projet

Ravalement de Façade en Pierre de Taille

Présentation Générale

➤ Public

- Stagiaires *Tailleurs de Pierre*
- Ouvriers *Tailleurs de Pierre*

➤ Site de formation

Chantier école

➤ Durée de la formation

de x heures à x heures

➤ Objectif général de la formation

Rendre le formé capable de déterminer, en fonction de l'existant et des contraintes d'environnement, le procédé de ravalement le plus adapté et d'en programmer et réaliser l'ensemble des tâches le composant.

➤ Reconnaissance - Validation

Une attestation de formation indiquant de manière précise les nouvelles compétences acquises sera remise au candidat à l'issue de cette formation.

Note particulière

Le ravalement de façade en pierre de taille peut être réalisé soit par des procédés allant du ruissellement à l'eau froide jusqu'à la retaille complète du parement en passant par le nettoyage au laser.

Le présent document n'a pas pour objet de présenter ces différents procédés de manière exhaustive mais de détailler celui correspondant au chantier-école de Cussac Fort Médoc et de présenter les principaux types de ravalement utilisés en France.

CARTE DE PROGRESSION

Construction traditionnelle et monuments historiques	MODULE Ravalement de façades en pierre de taille
---	---

SEQUENCE	OBJECTIF DE FORMATION	THEME TECHNIQUE PRATIQUE PROPOSE	Durée Travaux Pratiques	Notions Théoriques Techniques
S1	<ul style="list-style-type: none"> Diagnostic sur bâti ancien 	<ul style="list-style-type: none"> Identification des matériaux <ul style="list-style-type: none"> → Nature des pierres → Provenance → Date de construction Analyse des désordres <ul style="list-style-type: none"> → Pathologie de la pierre → Les causes de désordre 		
S2	<ul style="list-style-type: none"> Choisir le procédé de ravalement 	<ul style="list-style-type: none"> Les techniques de ravalement 		
S3	<ul style="list-style-type: none"> Echafauder une façade 	<ul style="list-style-type: none"> Les différents types d'échafaudage Les échafaudages fixes à cadres préfabriqués <ul style="list-style-type: none"> → Sécurité - Stabilité - Contreventement → Le bâchage 		

A Suivre...

1/8

CARTE DE PROGRESSION

Construction traditionnelle et monuments historiques	MODULE Ravalement de façades en pierre de taille
---	---

SEQUENCE	OBJECTIF DE FORMATION	THEME TECHNIQUE PRATIQUE PROPOSE	Durée Travaux Pratiques	Notions Théoriques Techniques
S4	<ul style="list-style-type: none"> Ravaler une façade 	1. Ravalement mécanique - Retaille 2. Sablage 3. Gommage 4. Les nettoyages à l'eau {- Ruisellement {- Pulvérisation {- Projection 5. Les nettoyages chimiques : - Acides - Alcalines - Tensio-actifs		
S5	<ul style="list-style-type: none"> Remplacer un élément détérioré 	<ul style="list-style-type: none"> Le relevé in situ - Taille Etaiement - Refouillement Pose en tiroir Collage 		
S6	<ul style="list-style-type: none"> Rejointoyer une façade 	<ul style="list-style-type: none"> Le déjointoiement Le mortier pour joints : → Granulométrie → Composition 		

A Suivre...

GUIDE D'APPRENTISSAGE

Construction traditionnelle et monuments historiques	Module Ravalement de façade Séquence 1
	Prérequis : Stage Taille de Pierre

Objectif de la formation : Sur une façade existante, identifier les matériaux utilisés et la cause des désordres ou dégradations		Temps :
Objectifs pédagogiques		Unités notionnelles associées
OP 1	<ul style="list-style-type: none"> Dater la construction 	<ul style="list-style-type: none"> Les éléments architecturaux spécifiques d'une époque Les procédés de construction locaux
OP 2	<ul style="list-style-type: none"> Identifier les matériaux utilisés 	<ul style="list-style-type: none"> Les qualités de pierre régionale Les sites d'extraction Les façades hétérogènes
OP 3	<ul style="list-style-type: none"> Analyser les désordres 	<ul style="list-style-type: none"> Les désordres liés à l'humidité <ul style="list-style-type: none"> → remontées capillaires → ruissellement d'eau La pollution Les pathologies de la pierre <ul style="list-style-type: none"> → la desquamation → la dissolution → l'alvéolisation → les cryptogames

GUIDE D'APPRENTISSAGE

Construction traditionnelle et monuments historiques	Module Ravalement de façade Séquence 2
	Prérequis : Module Ravalement de façades - Séquence 1

Temps :	
Objectif de la formation : Choisir le procédé de ravalement le plus adapté à l'existant et aux contraintes d'environnement	
Objectifs pédagogiques	Unités notionnelles associées
OP 1 <ul style="list-style-type: none"> • Analyser les contraintes extérieures 	<ul style="list-style-type: none"> • Organisation du chantier <ul style="list-style-type: none"> → les contraintes administratives → les concessionnaires - Réglementation - Sécurité → les obligations de passage • Les réseaux aériens électriques <ul style="list-style-type: none"> → mise en place des protections → les règles de sécurité
OP 2 <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer le procédé de ravalement 	<ul style="list-style-type: none"> • Les différents procédés de ravalement • Les risques de mise en œuvre liés à chaque procédé <ul style="list-style-type: none"> → pour l'environnement → pour l'exécutant → pour la façade

GUIDE D'APPRENTISSAGE

Construction traditionnelle et monuments historiques	Module Ravalement de façade Séquence 3
	Prérequis :

Objectif de la formation : Calepiner et monter un échafaudage à cadres préfabriqués		Temps :
Objectifs pédagogiques		
OP 1	<ul style="list-style-type: none"> • Calepiner un échafaudage 	<ul style="list-style-type: none"> • Les différents types d'échafaudage <ul style="list-style-type: none"> → cadres préfabriqués → multidirectionnels → auto-élevateurs • Les échafaudages à cadres préfabriqués <ul style="list-style-type: none"> → nomenclature → notice du fabricant → les éléments spéciaux
OP 2	<ul style="list-style-type: none"> • Monter un échafaudage 	<ul style="list-style-type: none"> • Principaux risque liés : <ul style="list-style-type: none"> → au déchargement → à la manutention → aux montage et démontage • Les règles d'implantation • La répartition des charges au sol • Les règles de montage <ul style="list-style-type: none"> → planchers → garde-corps → contreventement → ancrage → moyens d'accès • Le bâchage

GUIDE D'APPRENTISSAGE

Construction traditionnelle et monuments historiques	Module Ravalement de façade Séquence 4
Prérequis :	

Objectif de la formation : Ravaler une façade en pierre de taille par sablage hydropneumatique		Temps :
Objectifs pédagogiques		Unités notionnelles associées
OP 1	<ul style="list-style-type: none"> • Organiser le poste de travail 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de la sableuse • Mise en place du compresseur • Approvisionnement en sable - Stockage • Raccordement : <ul style="list-style-type: none"> → entre appareils → eau
OP 2	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre le compresseur en service 	<ul style="list-style-type: none"> • Les entretiens périodiques • Les organes de coupure
OP 3	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre la sableuse en service 	<ul style="list-style-type: none"> • Le sable à sabler • Présentation de la sableuse • Le remplissage de la sableuse • Les accessoires (combinaison, casque) • Les organes de réglage et de coupure
OP 4	<ul style="list-style-type: none"> • Sabler une façade en pierre 	<ul style="list-style-type: none"> • La protection de l'existant • Réglage de la pression en fonction de la dureté de la pierre

GUIDE D'APPRENTISSAGE

Construction traditionnelle et monuments historiques	Module Ravalement de façade Séquence 5
	Prérequis : Stage Taille de Pierre

Objectif de la formation : Remplacer un élément de façade détérioré		Temps :
Objectifs pédagogiques		Unités notionnelles associées
OP 1	<ul style="list-style-type: none">Relever le gabarit de l'élément à remplacer	<ul style="list-style-type: none">Le relevé in situ
OP 2	<ul style="list-style-type: none">Préparer la pierre de remplacement	<ul style="list-style-type: none">Taille du bloc capableEbauche des épannelages
OP 3	<ul style="list-style-type: none">Refouiller la maçonnerie	<ul style="list-style-type: none">Les étalements provisoiresPréparation du lit de pose
OP 4	<ul style="list-style-type: none">Poser une pierre en tiroir	<ul style="list-style-type: none">Pose de la pierreCalfeutrement des jointsLe calepinage
OP 5	<ul style="list-style-type: none">Ravaler l'élément ébauché	<ul style="list-style-type: none">Taille des moulures

GUIDE D'APPRENTISSAGE

Construction traditionnelle et monuments historiques	Module Ravalement de façade Séquence 6
	Prérequis :

Objectif de la formation : Rejointoyer une façade en pierre de taille		Temps :
Objectifs pédagogiques		Unités notionnelles associées
OP 1	<ul style="list-style-type: none">Déjointoyer une façade	<ul style="list-style-type: none">Les outils de déjointoiementLe mode opératoire
OP 2	<ul style="list-style-type: none">Préparer le mortier pour joints	<ul style="list-style-type: none">Les liants utilisés - Leur dosageLes sables - Granulométrie - Couleur
OP 3	<ul style="list-style-type: none">Rejointoyer une façade en pierre de taille	<ul style="list-style-type: none">La préparation des joints<ul style="list-style-type: none">→ profondeur du dégarnissage→ nettoyageLa mise en place de mortierLa finition des joints

A Suivre...