

# FICHES DE RECOMMANDATIONS TECHNIQUES ET ARCHITECTURALES

## - Zone des Causses -



**Albert GAUDRÉ**  
*Compagnon du Devoir*

**André RAVEREAU**  
**Jean-Claude PANSIER**  
*Architectes D.P.L.G.*



CONSEIL D'ARCHITECTURE  
D'URBANISME ET DE  
L'ENVIRONNEMENT DE LA LOZÈRE

1 Avenue Georges Clémenceau  
48000 MENDE  
Tel. 04 66 49 06 55  
Fax 04 66 49 32 70



2. boulevard du Soubeyran  
B.P. 90  
48000 MENDE  
Tel. 04.66.49.42.66  
Fax 04.66.49.19.15



82, rue de l'Hôtel de Ville  
75180 PARIS CEDEX 04  
Tel. 01.44.78.22.50  
Fax 01.48.04.85.49

- Décembre 1997 -

**FICHES**  
**DE CONSEILS TECHNIQUES**  
**ET**  
**ARCHITECTURAUX**

*n° 1 - Les enduits* *pages 1 à 9*

*n° 2 - Les voûtes* *pages 10 à 20*

*n° 3 - La maçonnerie de pierre* *pages 21 à 31*

*n° 4 - La pathologie des maçonneries* *pages 32 à 39*

*n° 5 - Les couvertures des voûtes  
en lauzes calcaires* *pages 40 à 44*

FICHE  
DE CONSEILS TECHNIQUES  
ET  
ARCHITECTURAUX

**n° 1**

***Les enduits***

## *Les enduits*

### Introduction

L'enduit est la couche de mortier qui recouvre une maçonnerie pour la protéger des intempéries ou pour décorer un mur, ou les deux à la fois.

Les enduits à base chaux - il en est de même pour le plâtre - ont été utilisés très tôt par les civilisations anciennes. Les Romains nous ont transmis leur savoir-faire qu'ils détenaient des Grecs, eux-mêmes héritiers des peuples d'Orient : Égyptiens et Mésopotamiens, entre autres. Le mortier de chaux est donc un produit plusieurs fois millénaire qui a fait ses preuves de durabilité dans une composition pratiquement inchangée.

Notre époque retrouve une certaine quiétude à travers le patrimoine du bâti ancien. Les murs de pierre humblement construits sans souci d'ordonnement des matériaux deviennent tout à coup des « œuvres d'art » qu'il faut mettre en valeur en les dépouillant de leur enduit pour les rejointoyer « à pierre vue », selon une dénomination moderne du rejointoiement. Cette solution, qui produit parfois d'heureux effets, peut être de mauvais goût quand, d'un point de vue esthétique, la maçonnerie ne s'y prête pas. Elle peut en outre provoquer des désordres sur une façade exposée à la pluie ou au gel.

L'enduit, nous distinguons du crépi qui présente une surface brute de projection, est donc un mortier à trois composants : le sable, le liant et l'eau.

### Le sable

Le sable est un produit d'érosion des roches que l'on extrait en carrières dans des dépôts sédimentaires ou dans les lits des rivières. Les sables concassés sont plutôt destinés à la construction. Le choix d'un sable pour les enduits se porte donc prioritairement sur les deux premières catégories. Un bon sable se reconnaît quand il crisse dans la main, il s'amalgame légèrement quand il est humide.

### *Le sable de rivière*

Le sable de rivière, parce qu'il est transporté par l'eau, est en principe exempt d'impuretés, sauf parfois en période de basses eaux où des dépôts peuvent se produire (des argiles). Depuis quelques années, le dragage dans le lit ordinaire d'une rivière est de plus en plus réglementé. Nombreux sont les cours d'eau où l'extraction n'est autorisée que dans le lit majeur. Cette pratique se rapproche de l'exploitation en carrière qui procure un sable comportant plus de grains fins mélangés à des argiles.

La nature du sable varie en fonction des roches érodées ; c'est souvent un mélange de silice et de calcaire. La gamme des tons est peu variée, le gris et le blond dominant. Le sable de rivière est par nature plus cru que le sable de carrière du fait que les grains fins sont emportés par le courant.





Les chaux aériennes CL et DL (anciennement CAEB) sont gratifiées d'un taux de pureté minimal, visible sur les sacs, qui va de 70 à 90 (ex. CL 70, 80 ou 90, DL 80 ou 85 ce qui équivaut à 70 ou 90 % minimum d'oxyde de calcium (calcaire cuit) + éventuellement de l'oxyde de magnésium (magnésie cuite). Les chaux NHL et HL portent sur les sacs une mention de résistance à la compression à 28 jours (ex. NHL 2 équivaut à une résistance de 2 N/mm<sup>2</sup> (20 kg/cm<sup>2</sup>), HL 5 équivaut à 5 N/mm<sup>2</sup> (50 kg/cm<sup>2</sup>). Certaines d'entre elles sont suivies de la lettre Z (NHL Z) qui signifie « ajout » (généralement du ciment blanc).

#### *Emploi des chaux*

Les chaux hydrauliques conviennent très bien pour la construction d'un mur. Dans les enduits elles doivent être « discrètes » parce que leur hydraulicité les rapproche du ciment. Cependant, pour accélérer la prise de la chaux aérienne en période fraîche, il est recommandé de bâtarde la couche de dégrossi ou d'employer les chaux à dénomination « z ».

Pour bien comprendre ce qui distingue les chaux aériennes des chaux hydrauliques, on peut faire une expérience simple en confectionnant un mortier avec chacune des chaux et en l'enfermant dans un récipient hermétique dans lequel on a fait le vide. Au bout d'une semaine, le mortier de chaux aérienne est intact alors que l'autre aura fait prise.

#### *L'eau*

La seule précaution à prendre avec l'eau est qu'elle ne contienne pas trop d'impuretés ni d'agents agressifs tels que les acides ou encore des sels ou du savon.

#### *Les mortiers*

##### *Le mélange*

Le mélange du mortier revêt une grande importance que ne négligeaient pas les anciens, qui mélangeaient (sans bétonnière) deux fois à sec et deux fois mouillé, à l'aide du rabot de maçon ou du broyon, outils nécessaires pour une chaux en pâte, qui se mélange mal.

A la bétonnière il faut éviter que le mortier ne s'agglutine sur la paroi de la cuve. Dès le départ, il faut mettre la quantité d'eau nécessaire puis ajouter une partie du sable, la chaux puis le reste du sable.

##### *Le dosage*

Le dosage des mortiers varie selon la nature du sable. Plus le sable est cru, plus il faut doser, et inversement quand il est gras. Dans le DTU 26-1 de mai 1990 les dosages sont exprimés en kg de liant pour 1 m<sup>3</sup> de sable sec, le maçon qui n'a pas pour habitude de peser, transforme ces données en volumes (tant de seaux de sable pour un seau de liant).

Il est vrai que le dosage en poids est le plus précis ; il faut donc tenir compte de la densité du liant quand on dose en volume. Un mortier, fait avec une chaux une fois et demie

plus légère que le ciment par exemple, voit son dosage en volume multiplié par 1 1/2 pour être à égalité de poids avec le ciment.

Les dosages sont toujours à faire avec un récipient usuel : la brouette arasée pour les grandes quantités et le seau de maçon pour les petites ; on considère qu'une brouette ordinaire contient 5 seaux en caoutchouc de 12 l ou 6 seaux de 10 l. La pelle, comme instrument de mesure, est à bannir, car même en se servant toujours de la même pelle, quand le sable est humide, il se tient bien, quand il est sec il coule.

couches d'enduit	maçonnerie tradition.	maçonnerie de béton
gobetis	remplissage des joints, même dosage que dégrossi	-2 1/2 de sable -1 de ciment
dégrossi	-2 1/2 à 3 de sable -1/2 de NHL -1/2 aérienne	-2 1/2 à 3 de sable -1/2 de ciment -1/2 de NHL
finition	-2 1/2 à 3 de sable -1 aérienne, bâtarde en période fraîche	-2 1/2 à 3 de sable -1 de NHL
<i>Dosage des mortiers en volumes (seaux) à moduler en fonction de la nature du sable</i>		

#### Diagnostic d'un mur à enduire

Avant d'envisager la réfection d'un enduit il faut s'assurer que l'enduit existant n'est plus en état de protéger le mur. Il faut le « sonner » avec un marteau. Si les surfaces qui « sonnent le creux » (les repérer par un cercle) sont plus importantes que les surfaces accrochées il n'y a pas à hésiter pour un piquage complet de la façade, par contre si seulement quelques points sonnent le creux, on peut piocher ces parties, les refaire et repasser une couche d'enduit de finition sur l'ensemble de la façade après brossage et nettoyage de l'enduit ancien.

L'observation d'un vieil enduit fait apparaître sa constitution. Les enduits à la chaux, vieux de plus de 50 ans, ont souvent un aspect grossier, parce que confectionnés avec un sable tout-venant parfois tamisé dans un tamis à grosses mailles (par exemple un tamis N° 4 a des mailles de 6,5 mm). Un enduit taloché avec une taloche en bois ramène les grains à la surface alors que la taloche en plastique fait refluer la laitance en surface.

#### Piquage d'un mur

Le piochage d'un vieil enduit nécessite d'enlever l'ensemble de l'enduit et de dégarnir les joints sur plusieurs cm de profondeur<sup>2</sup>. Un bon brossage suivi d'un nettoyage à l'eau sous

<sup>2</sup> La profondeur de dégarnissage est fonction de l'épaisseur du joint et de la qualité du mortier de la maçonnerie

pression termine cette phase de préparation. Un sablage peut s'avérer nécessaire quand la maçonnerie est trop tachée ou recouverte de végétation (lierre, mousse, etc.).

#### *Application de l'enduit*

Un enduit sur un mur de moellons ne s'applique pas en voulant à tout prix redresser le mur en le chargeant inutilement dans les creux. Il faut suivre le mouvement en atténuant les bosses qui « passent à zéro » et les trous que l'on adoucit, ceci suppose que le dressage du mur se fasse « à l'œil » sans règle sauf si le mur est déjà droit et d'aplomb.

#### *Les couches de l'enduit*

La première couche de mortier remplit les joints et dresse au mieux. Les plus gros trous sont bouchés avec des cailloux que le maçon transportait jadis dans un sac (*la musetta*). Si le mur est trop irrégulier il faut alors une seconde couche de dégrossi 48 heures au moins après. Dans le cas contraire on peut envisager la couche de finition qui est talochée, grésée ou serrée directement à la truelle sans autres apprêts comme cela se pratiquait couramment autrefois.

La couche de finition qui va signer l'aspect de la façade doit être appliquée dans de bonnes conditions. Les reprises ne peuvent être tolérées, elles souligneraient une ligne fictive qui donne souvent l'impression d'une surépaisseur, elles ne s'effacent pas non plus dans le temps. Pour éviter cet écueil et d'autres tels que « les coups de taloches » qui apparaissent à la lumière rasante, il faut mouiller abondamment le dégrossi jusqu'au refus et commencer à étaler le mortier en partant du haut et en suivant les reprises au fur et à mesure. C'est ainsi que « l'on descend la façade ». Le mortier de finition doit être ferme, appliqué « à l'huile de coude » selon l'expression des anciens, un mortier trop mou engendre le faïençage.

#### *L'aspect de l'enduit*

Les enduits sont la plupart du temps laissés apparents sans adjonction de couleurs. C'est le sable mélangé à la chaux aérienne qui donne à l'enduit la tonalité locale en faisant ressortir les grains du sable.

L'enduit est un décor mais aussi une protection. Pour cette raison, il ne doit en aucun cas venir en surépaisseur des pierres que l'on voudrait conserver apparentes sur la façade (les chaînes d'angles, les jambages). Si tel est le cas, il faut s'arranger pour que l'enduit vienne affleurer les pierres sans les surcharger.

#### *le rejointoiement*

Les travaux préparatoires sont identiques à ceux d'un enduit (piochage des joints, nettoyage, etc.). le remplissage des joints s'effectue en une seule passe si les joints sont étroits et peu profonds, ils se font en deux passes dans le cas contraire. Comme pour les enduits, les



jointes viennent remplir tous les creux en laissant apparaître les bosses des moellons sans laisser trop de creux mais aussi sans surcharges.

#### Les enduits colorés

Deux solutions sont possibles :

1) mélanger les couleurs dans l'enduit avec des pigments naturels tels que les ocres. Cette méthode exige un dosage de chaque gâchée strictement égal en sable, en chaux, en eau et en pigments. Le mortier est étalé sans reprises apparentes et travaillé au bon moment.

2) donner des couleurs à une façade par un badigeon à la chaux dans lequel on introduit des pigments. Ce travail se fait à sec, plus souvent que « a fresco » (à frais) sur un enduit aussi bien fini que s'il ne devait pas être badigeonné ; en effet les défauts comme les coups de taloches et les reprises ne sont pas atténués par un badigeon, ils ressortent par-dessus.

Le badigeon « à frais » consiste en une préparation colorée qui va être étalée sur la couche de finition d'un enduit taloché encore frais. Le dégrossi qui va recevoir l'enduit de finition doit être gorgé d'eau sans ruisseler. Le mortier de finition est dosé dans les proportions de 2 seaux 1/2 de sable pour 1 seau de chaux en pâte de consistance ferme de manière à pouvoir le dresser sur 5 mm d'épaisseur. Le mortier est seulement jeté sans être serré à la truelle

Les phases se succèdent de telle sorte qu'il n'y ait pas d'interruption dans le façonnage de l'enduit. Dès que la façade est « descendue », l'un des maçons commence à talocher le haut avec une taloche en bois tandis que un ou deux autres maçons le suivent en badigeonnant à l'aide de larges pinceaux plats et en croisant les couches. Le premier compagnon repasse à la suite en lissant l'enduit badigeonné. Il est conseillé de repasser une eau-forte en deux couches de manière à rapporter de la couleur.

#### La fresque

La fresque est une technique dérivée des badigeons « à frais » avec des contraintes plus sévères puisqu'il y a dessin et mélange des couleurs. Cette technique demanderait un développement qui ne fait pas partie de cette étude.

Il y a souvent méprise dans cette appellation de fresque, employée à mauvais escient pour désigner des peintures ou même des mosaïques.

#### Les badigeons

Un badigeon est un mélange de chaux aérienne et d'eau auquel on ajoute éventuellement des colorants et un fixateur dans des proportions qui varient selon ce que l'on veut faire. Le badigeon vient donc colorer et en même temps protéger l'enduit. On en passe également sur des pierres de taille en calcaire tendre pour les protéger. Autrefois, les

bâtiments de fermes - écuries, étables, porcheries - étaient désinfectés avec un badigeon de chaux sur les murs et les plafonds.

Les maisons d'habitation étaient également badigeonnées à la chaux. Celle-ci a un pouvoir décapant sur la suie qui recouvrait les plafonds des pièces chauffées par les vastes cheminées qui fumaient.

mélange	badigeon	eau-forte	patine
chaux aérienne	1 volume	1 volume	1 volume
eau	2 volumes	5 volumes	20 volumes
<i>dosages pour un badigeon, une eau-forte ou une patine avec une chaux en poudre</i>			

Les matériaux du causse

Les causses de Sauveterre et Méjean sont de hauts plateaux calcaires où ne pousse qu'une faible végétation. Les arbres y sont rares, c'est pourquoi les constructions sont entièrement (ou presque) en pierre. Les voûtes remplacent les planchers.

On n'y rencontre peu d'enduit, les murs en pierres calcaires sont maçonnés en « assisé irrégulier », les pierres les plus fines servent au couvrement des voûtes. Les pierres qui se délitent facilement favorisent une maçonnerie à joints serrés qui reste dans la plupart des cas apparente.

C'est donc un travail de rejointoiement auquel les maçons se livrent le plus souvent. Les joints sont dégarnis au pic, soigneusement brossés et lavés au jet avant d'être refaits avec un mortier de chaux.

Les carrières de sable sont pratiquement inexistantes sur le Causse, seuls quelques « trous » sont dépositaires de sédiments sableux comme le « grésou » provenant de la décomposition du calcaire dolomitique. C'est un sable de couleur rougeâtre qui s'accommodent bien à la chaux aérienne de la région. Le mortier est dosé à 2 seaux 1/2 de sable pour un seau de chaux. Cela donne un mortier d'autant plus onctueux s'il est fabriqué la veille et rebattu le lendemain matin après l'avoir recouvert pour l'isoler de l'air durant la nuit.

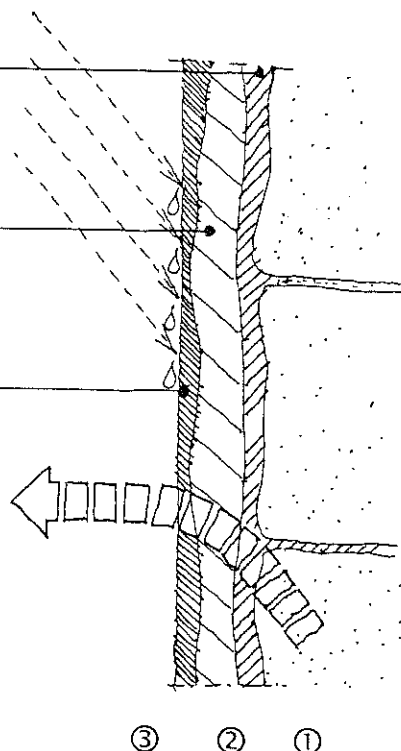
## ENDUITS DE FAÇADES A LA CHAUX AERIEUNE (Chaux Aérienne Eteinte pour le Bâtiment)

① GOBETIS  
ou remplissage des joints

② CORPS D'ENDUIT

③ COUCHE DE FINITION

évaporation



(Principe GORE-TEX)  
*imperméable mais permettant à la maçonnerie de respirer*

### DOSAGE et MISE EN OEUVRE

GOBETIS : épaisseur 2 à 4 mm  
1/3 de liant + 2/3 de sable de 0,3 à 3 mm sans argile  
possibilité de bâtarder avec de la chaux hydraulique

CORPS D'ENDUIT : épaisseur 8 à 15 mm  
moins de liant + de sable  
possibilité de bâtarder avec de la chaux hydraulique

COUCHE DE FINITION : épaisseur 2 à 5 mm  
moins de liant + de sable  
 finition avec uniquement de la chaux aérienne éteinte  
ou de la chaux hydraulique non maritime

FICHE  
DE CONSEILS TECHNIQUES  
ET  
ARCHITECTURAUX

**n° 2**

***Les voûtes***

## Les voûtes

### Origine de la voûte

La voûte - à défaut du plancher - est le meilleur système pour franchir les espaces. Les hommes primitifs l'avaient compris puisque des vestiges de la période du néolithique nous révèlent des voûtements en « tas de charge » (en encorbellement), principe que l'on retrouve dans le voûtement des chazelles, des capitelles ou des bories.

La voûte clavée telle que nous la connaissons a été introduite par les civilisations orientales il y a près de 40 siècles. A cette époque-là les voûtes étaient en briques de terre crue ; les voûtes « *des greniers de Ramsès* » à Thèbes en Égypte sont parmi les témoins encore visibles de l'architecture voûtée de cette époque. Les voûtes en pierre telles que nous les connaissons en France et notamment sur les causses sont les héritières des voûtes médiévales dans lesquelles on retrouve la typologie complète des voûtes.

### Typologie des voûtes

Les voûtes les plus courantes ont la forme d'un plein-cintre (*fig. 1a*), d'un surbaissé (*fig. 1b*), d'une anse de panier (*fig. 1c*) ou d'un arc brisé (*fig. 1c*). Elles sont en berceau (plein-cintre ou brisé) ou en voûte d'arête.

Sur Le Causse deux types de voûtes se rencontrent le plus souvent : une voûte surbaissée (en anse de panier) entre la bergerie et l'habitation et une voûte brisée en haut, servant de support à la toiture (*fig. 2*) (*dessin de M. Perron*).

### La statique des voûtes

La voûte pousse sur les murs. Plus l'arc est surbaissé, plus la poussée s'exerce latéralement. Le système se vérifie quand on observe une voûte romane en plein-cintre qui s'appuie sur des murs massifs, comparée à une voûte gothique brisée avec des murs moins épais, percés de grandes fenêtres et seulement contrebutés par des contreforts et des arc-boutants.

En résumé, plus la voûte est élancée et plus les charges se répartissent verticalement (*fig. 3*) ; plus elle est surbaissée et plus elles se reportent latéralement. Il faut donc équilibrer ces poussées par une forte épaisseur des murs qui peut être réduite si elle est compensée par des contreforts. La poussée étant plus forte à l'endroit des reins, ceux-ci doivent être bloqués correctement.

Le couvrement des voûtes brisées caussenardes protège la voûte autant des intempéries que des détériorations. Sa configuration fait que la couverture alourdit à peine le sommet tout en chargeant avantagement les reins.

### Construction d'une voûte

Si on arrive à construire une voûte en brique en berceau brisé sans coffrage par simple effet de succion du mortier sur la brique, il n'en est pas de même pour le moellon qui a besoin de s'appuyer sur un coffrage que les tailleurs de pierre nomment plus volontiers cintrage

Si le coffrage est réalisé à claire-voie, avec un espacement de 2 à 3 cm entre chaque planche qui constitue le couchis ; on peut vérifier de temps en temps le rayonnement des claveaux en passant le cordeau au travers. Si le couchis est jointif, le simple fait d'appuyer la face du moellon bien à plat sur le couchis constitue un ajustement acceptable, même s'il n'est pas rigoureusement rayonnant. On voit d'ailleurs fréquemment des voûtes anciennes présenter un mauvais rayonnement ; elles sont encore solides, c'est seulement l'aspect esthétique qui choque.

Un arc, comme une voûte, ne se monte pas d'une seule venue en partant d'un bout pour arriver à la clef. Il faut équilibrer les contraintes en démarrant de chaque côté à l'endroit des naissances et en montant progressivement de part et d'autre. Dans le cas contraire, on s'expose à la déstabilisation du coffrage en même temps qu'à une poussée mal répartie sur le mur. La pose des moellons de clef s'effectue en forçant de manière à bander la voûte ; les joints de mortiers sont tassés et bourrés avec des éclats de pierre de façon à mettre la voûte en compression plus rapidement.

#### Le mortier

Le mortier de pose des moellons est un mortier à maçonner, dosé moyennement à 3 brouettes, 3 brouettes 1/2 (en fonction de la nature du sable) pour un sac de chaux hydraulique ou éventuellement de ciment à maçonner (ancienne XHA). Un dosage trop gras défavoriserait la migration des condensations et provoquerait du retrait ; un dosage trop maigre opposerait une mauvaise résistance à la compression. Dans les voûtes de grandes portées on s'attache à épanneler les lits des moellons de sorte que le joint de mortier soit le plus fin possible.

La meilleure façon d'obtenir un joint bien garni est de procéder comme pour le montage d'un mur, c'est-à-dire garnir de mortier le lit d'attente et tasser les claveaux du nouveau lit avant de les bourrer convenablement avec le chant de la truelle. Un bon blocage, sans vides dans les joints, augure d'un bon comportement au moment du décintrage.

#### Le décintrage

Celui-ci n'est possible qu'après un durcissement convenable du mortier de pose. Pour éviter un déséquilibre du cintre qui coincerait, il faut desserrer les étais par petites touches, les uns après les autres, jusqu'à ce qu'un jeu suffisant ( 2 cm environ) permette au cintre de se dégager.

Autrefois les cintres étaient appuyés sur des étais en bois, eux-mêmes appuyés sur des « boîtes à sable » qu'il suffisait de percer pour laisser s'écouler le sable provoquant la descente des étais.



Couvrir une cave en berceau de grande longueur ne nécessite pas forcément de cintre l'ensemble de la voûte ; un élément de 4 à 5 m, monté sur roulettes escamotables permet de répéter l'opération autant de fois que nécessaire.

#### Le rejointoiement

Après le décintrage, la voûte apparaît brute avec des joints remplis en surabondance et d'autres creux. A moins d'enduire la voûte, les joints sont juste dégradés pour extraire le mortier qui a mal adhéré à la pierre. Les voûtes sont le plus souvent rejointoyées avec un mortier gras dosé à 2 seaux de sable pour 1 seau de chaux aérienne. Dans ce cas, les joints sont piqués, repiochés sur 1 à 2 cm de profondeur puis brossés avant d'être regarnis.

#### Pénétration dans une voûte (fig. 4)

Cette situation se présente chaque fois que l'on veut introduire de la lumière en partie haute de la pièce. Il faut donc prévoir un coffrage qui s'adapte sur celui du berceau. D'après la figure 4 on procède de la façon suivante :

- 1) exécution du cintre de la voûte,
- 2) positionnement de la pénétration sur le cintre, avec repérage des axes au point de rencontre X,
- 3) remonter 2 règles à l'aplomb des naissances,
- 4) tendre deux cordeaux depuis les règles, se rejoignant de niveau au point X,
- 5) tracer la courbe de raccordement en redescendant des points sur le cintre depuis les cordeaux,
- 6) préfabriquer au sol les vaux du cintre de la pénétration et les installer sur un étalement,
- 7) recouvrir les vaux du couchis et le raccorder avec le cintre de la voûte.

#### Consolidation des voûtes

Les maisons abandonnées des plateaux caussenards présentent des voûtes dans un état de délabrement avancé. La première cause en est l'absence d'entretien de la couverture ; cette dernière laisse alors passer la pluie qui entraîne les grains, puis des petits cailloux qui entraîne à leur tour des moellons. L'hiver, le gel se glisse dans les joints et fait office de coin pour désolidariser la maçonnerie.

Lorsque les dégâts ne sont pas trop avancés, on peut se contenter, avant réfection de la couverture, de dégarnir les joints des claveaux par dessus et les regarnir avant de procéder à la même opération par dessous.

Quand la voûte est partiellement écroulée, il n'y a pas d'autre solution que de la rebâtir en posant un cintre qui épouse au mieux l'intrados de la voûte qui a subi une déformation. L'opération se poursuit par le dégarnissage et le regarnissage des joints décrits précédemment.

Certains maçons proposent, comme solution économique, de consolider une voûte en coulant une coque en béton de 8 à 10 cm, armé d'un treillis soudé enveloppant l'ensemble. Cette pratique offre une solution intéressante sur le plan mécanique, la voûte en moellons se trouve emprisonnée dans une coquille indéformable. Cependant cette pratique est source de désordres qui pendent en sa défaveur :

1) c'est inesthétique à moins de la recouvrir de lauzes comme à l'origine, mais dans ce cas la coque ne se justifie pas, sauf si la voûte exerce une forte poussée sur les murs ; mais dans ce cas on peut toujours envisager un chaînage avec des tirants dissimulables dans l'épaisseur du plancher.

2) le béton est constitué d'un liant fortement hydraulique et par définition étanche ; or il risque de maintenir la condensation intérieure sur la paroi de la voûte en l'empêchant de s'évacuer.

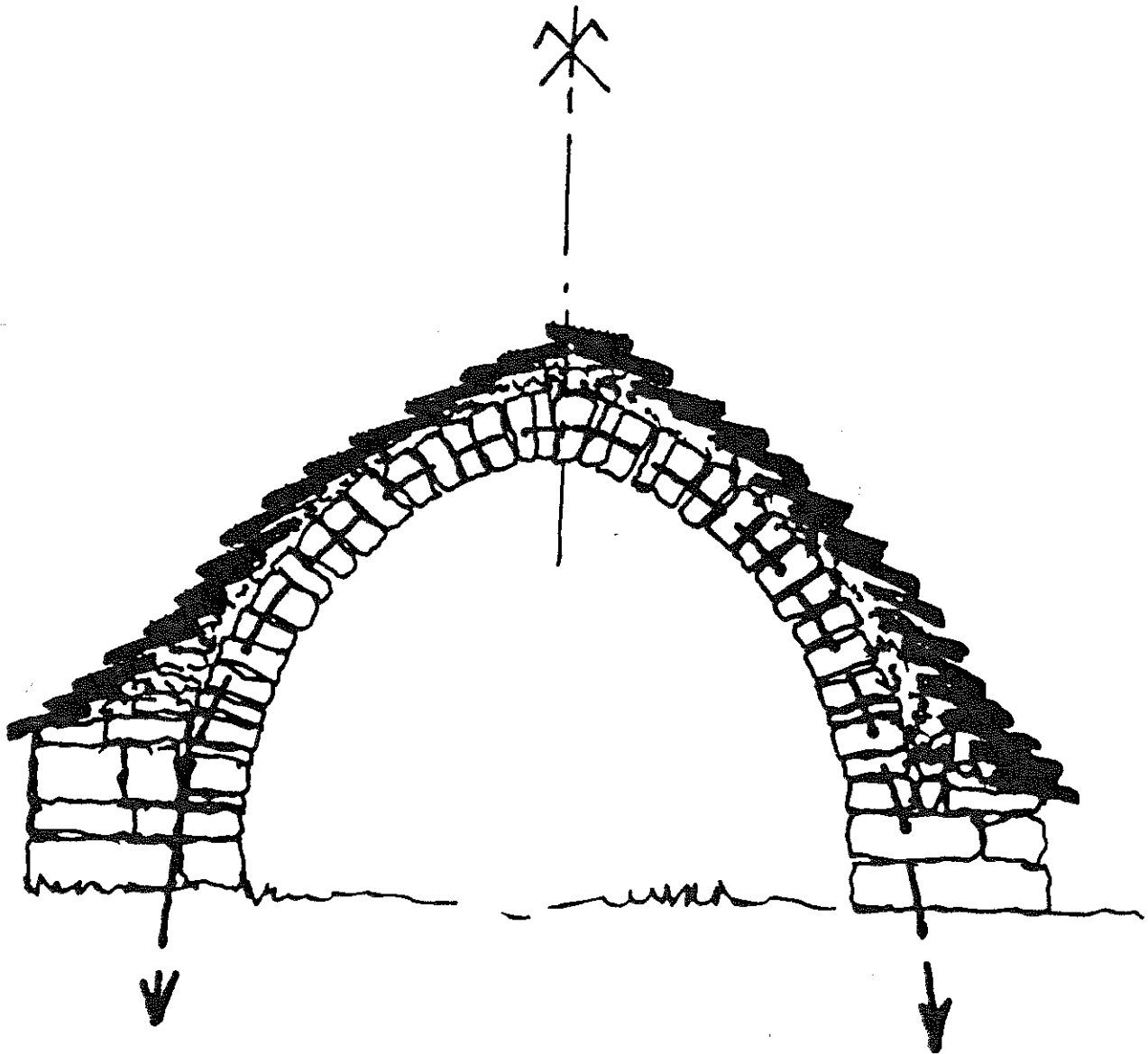
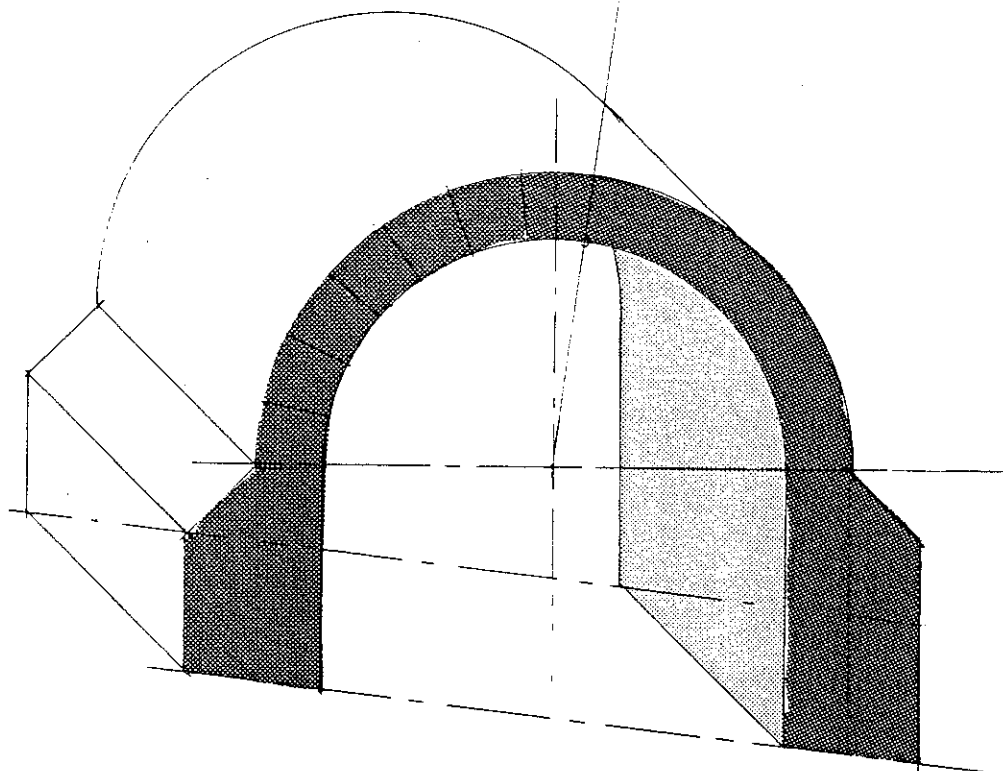


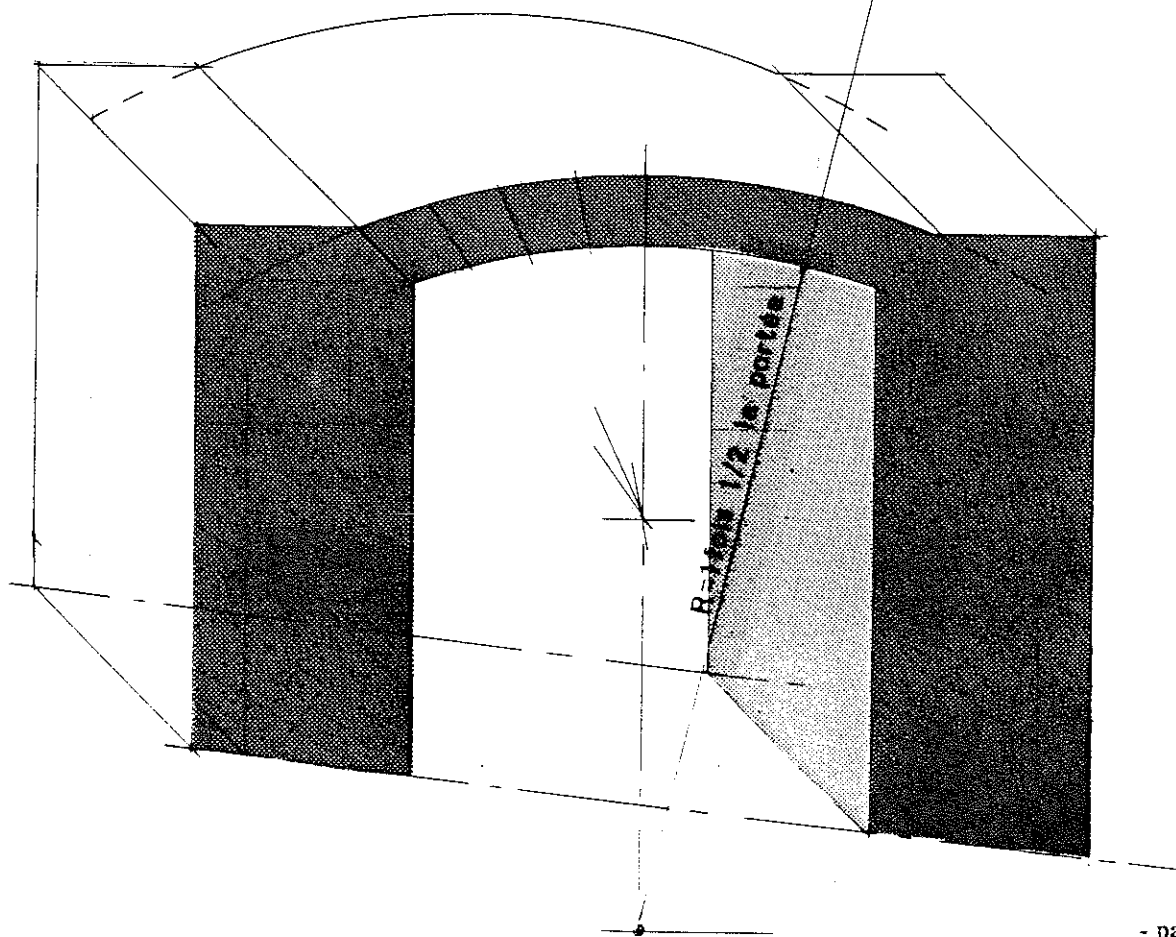
Fig. 3

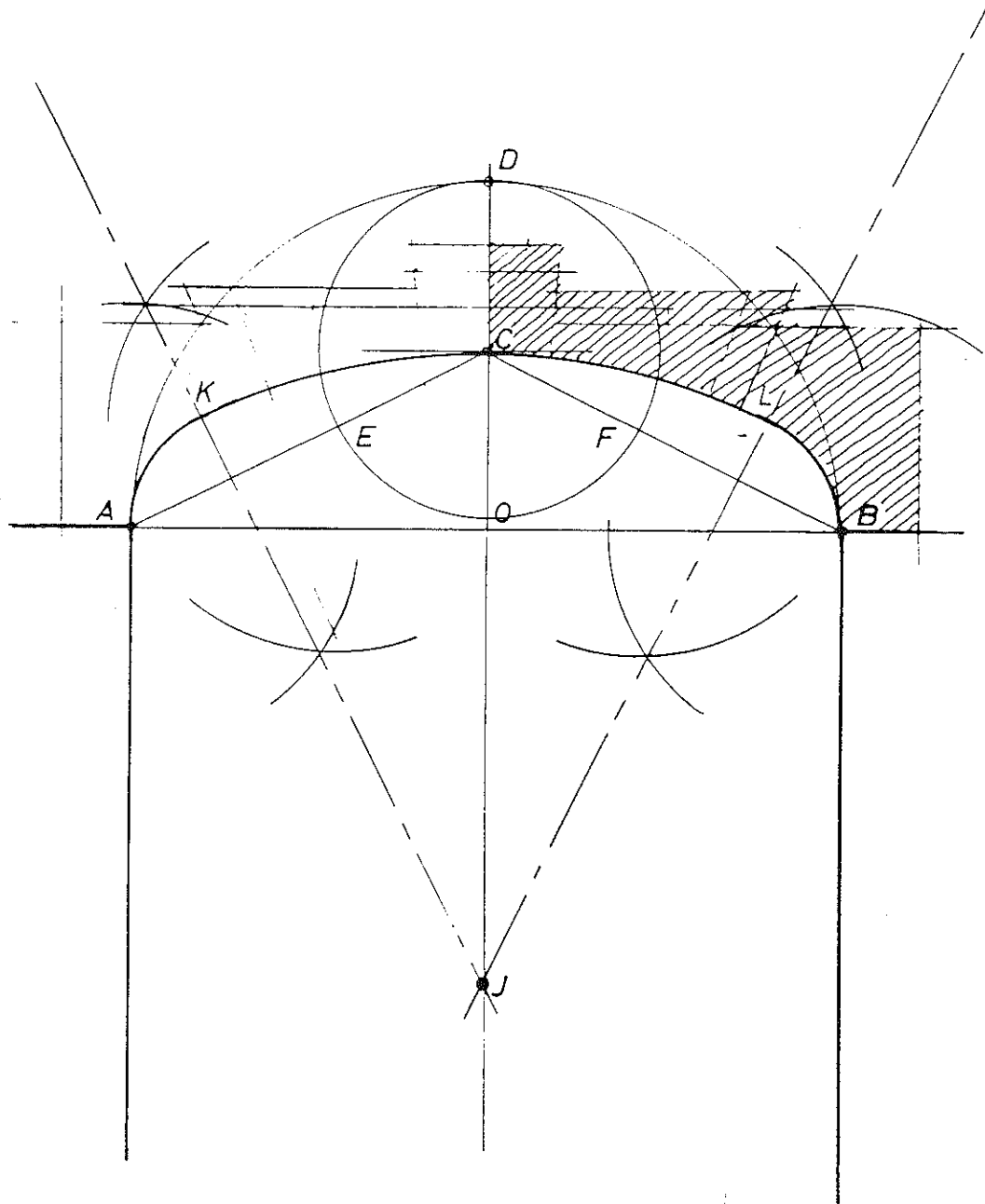
Des voûtes ayant subi une déformation ont pu être redressées et consolidées sans qu'une réfection totale soit nécessaire en les soutenant par un cintre reposant sur des vérins que l'on actionne les uns après les autres jusqu'à ce que l'ensemble se stabilise sur le cintre. Cette opération est menée conjointement à un arrosage copieux qui désorganise les joints de pose. Ceux-ci sont dégarnis dans leur totalité et refaits ensuite en injectant un coulis de mortier de chaux hydraulique.

voute en plein cintre **Fig. 1 a**



arc surbaissé **Fig. 1 b**

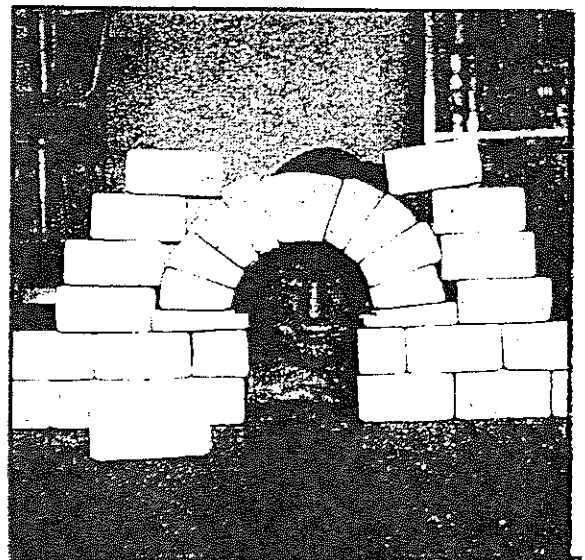


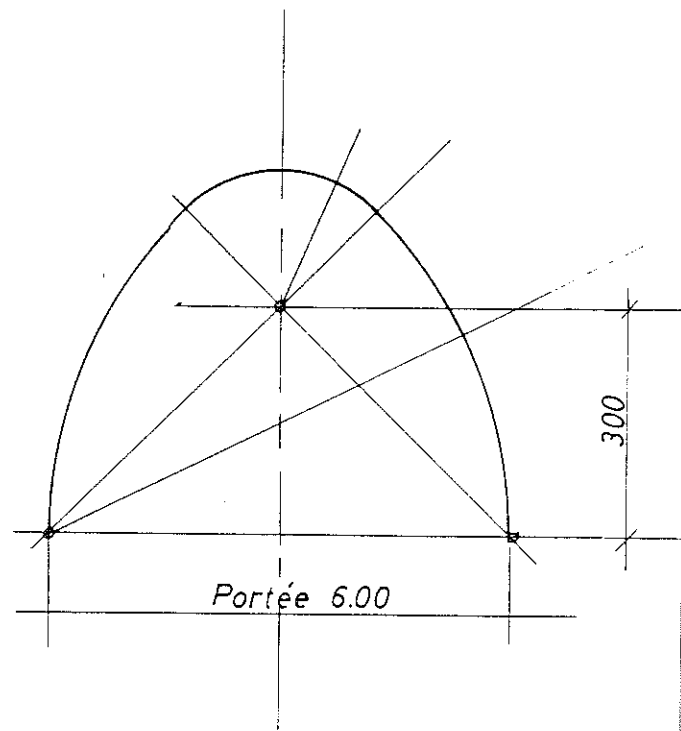
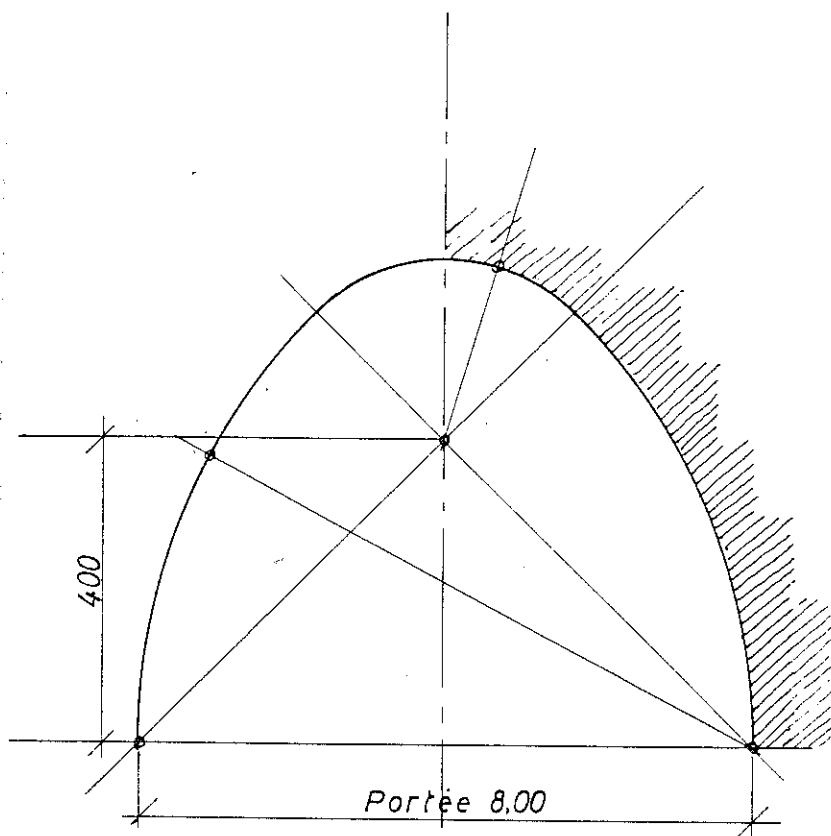


**Fig. 1c**

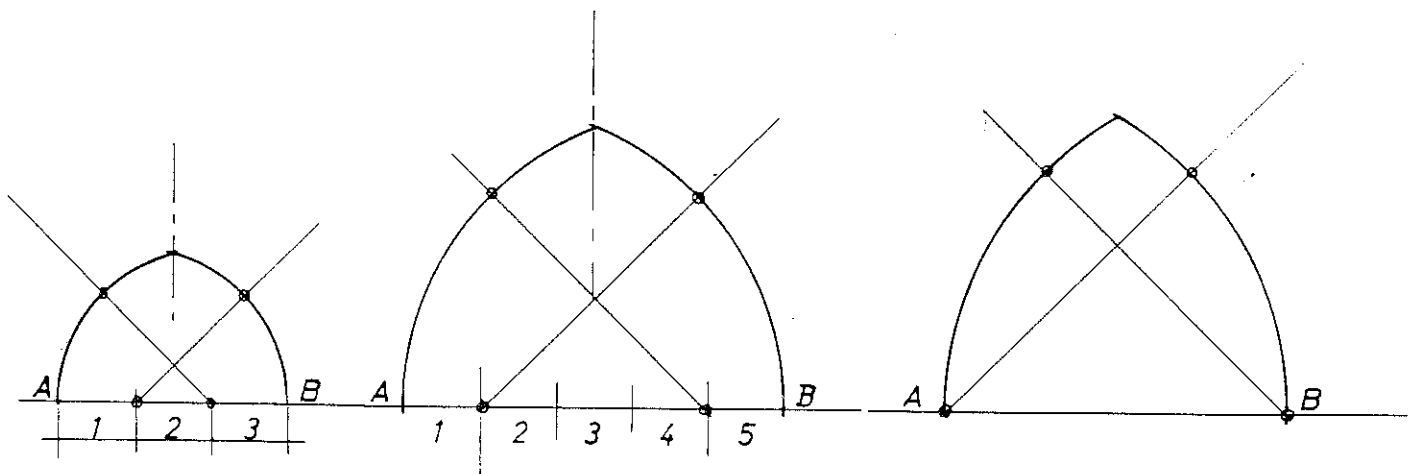
Méthode de construction :

Connaissant le grand axe AB et le petit axe OC, on trace un arc de cercle ADB ayant comme centre O  
 du point de centre C ayant comme rayon CD on trace un arc de cercle qui coupe AC en E et BC en F  
 en traçant les médiatrices de AE et de BF on coupe l'axe en J et AB en G et H.  
 J est le point de centre de l'arc KCL  
 G est le point de centre de l'arc AK  
 H est le point de centre de l'arc BL





2 exemples d'arcs se rapprochant du tracé de la chaînette renversée



tiers point

quinte point

équilatérale

3 exemples d'arcs en ogives

Fig. 1d



maison d'habitation à la Bazalgette

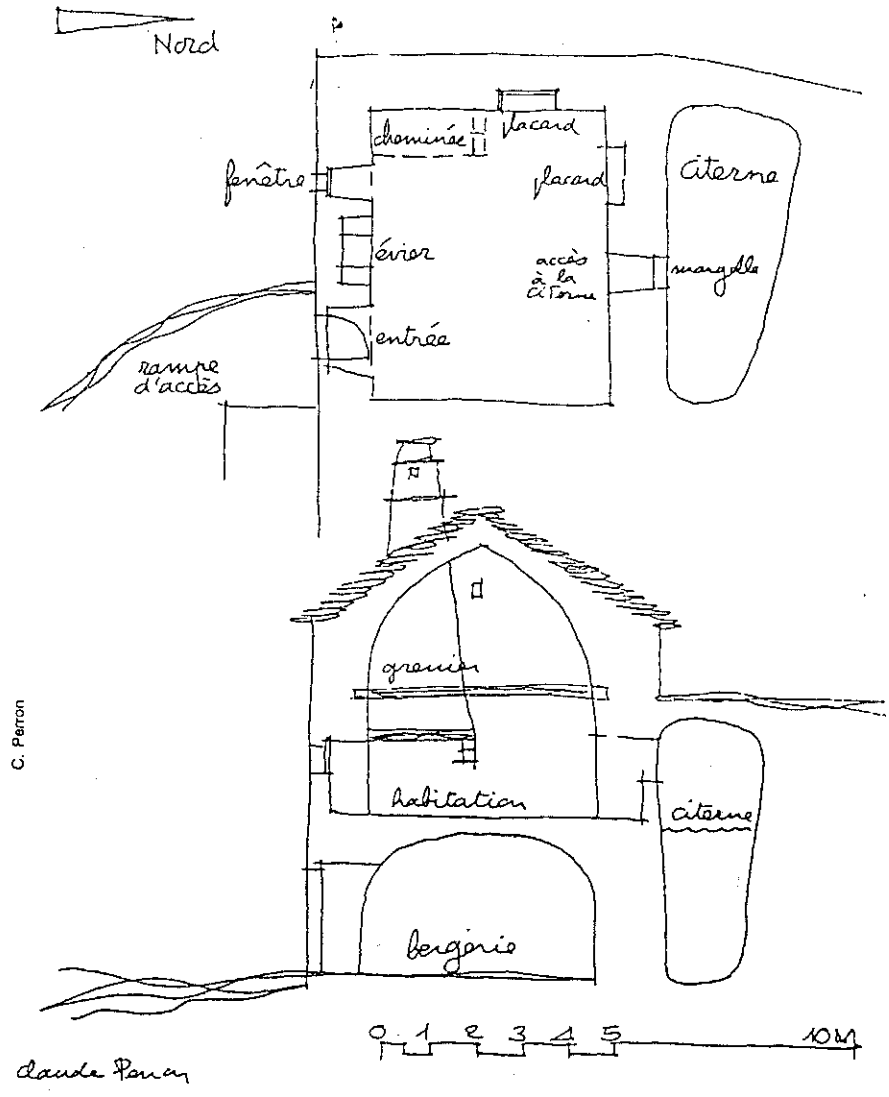
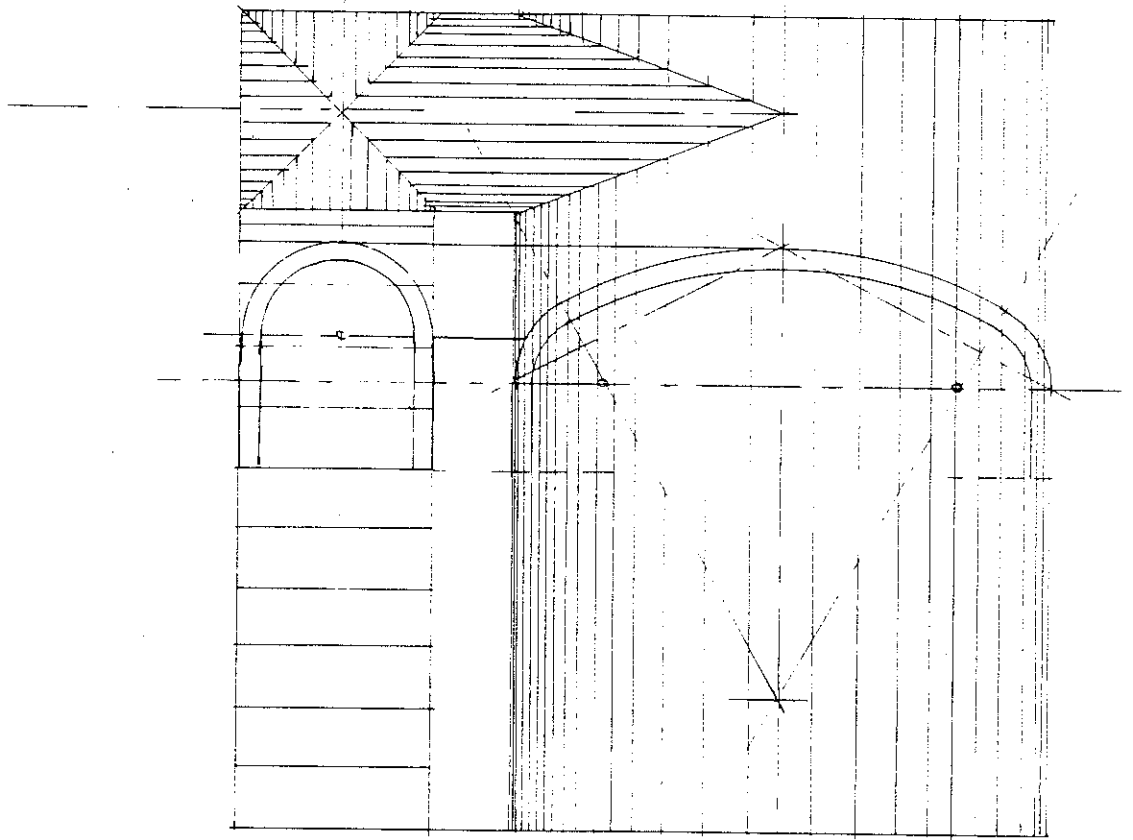
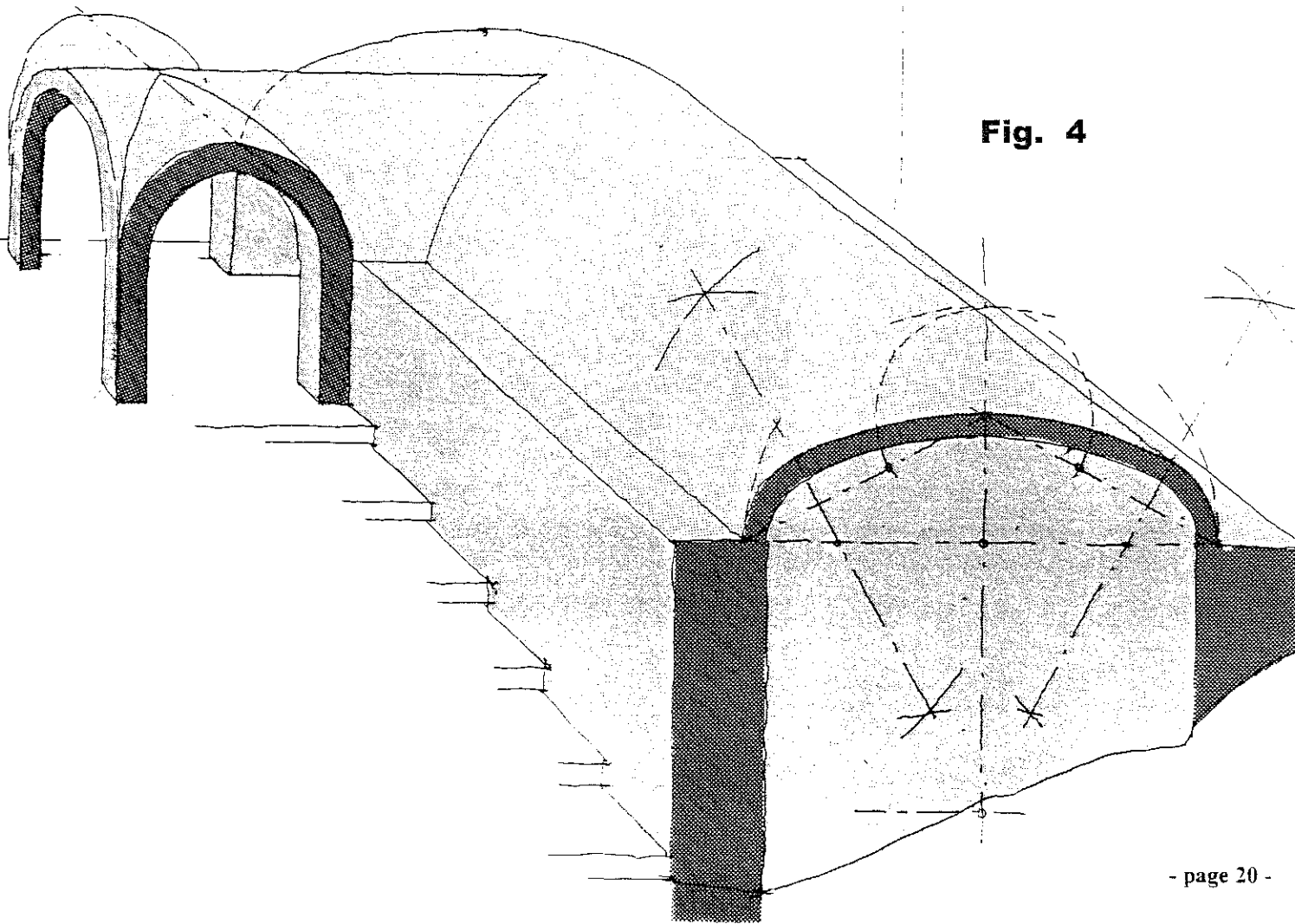


Fig. 2



**Fig. 4**



FICHE  
DE CONSEILS TECHNIQUES  
ET  
ARCHITECTURAUX

**n° 3**

***La maçonnerie  
de pierre***

## *La maçonnerie de pierre sur les Causses*

### Introduction

Le plateau des causses est un socle calcaire de l'époque du Jurassique (entre 200 et 130 millions d'années). La pierre qui en est extraite fournit le matériau quasi unique des habitations. Les bancs calcaires présentent des assises assez régulières de 15 à 20 cm de hauteur.

La maison type du Causse comporte la bergerie au rez-de-chaussée, séparée des pièces habitables situées à l'étage par une voûte généralement de forme surbaissée en anse de panier. Un plancher en bois sépare l'habitation du grenier, logé sous la voûte haute (*fig. 1*). Les murs construits en pierre calcaire et les voûtes recouvertes du même matériau forment un ensemble harmonieux du matériau pierre.

### Les murs

#### *La maçonnerie traditionnelle*

Sur les Causses, comme dans beaucoup d'autres régions de France et même hors de France, il y avait une tradition de maçonnerie de « pierre sèche » que l'on retrouve encore - à l'état de ruine - dans les murs de clôture bordant les champs.

Mises à part les cabanes de berger (les chazelles) il ne reste que peu de traces de ce type de maçonnerie, autant pour les habitations que pour les granges. Toutes les constructions des plateaux caussenards sont maçonnées.

Elles sont maçonnées en respectant le lit de pose. Dans la carrière on trouve la pierre par bancs superposés en couches plus ou moins épaisses, séparées par un lit d'argile fin qui délimite les bancs. La pierre trouvée dans la nature dans cette position doit se retrouver dans le mur dans la même position. Une pierre posée en « délit » est exposée à des contraintes contraires à sa formation géologique. La pose en délit est en revanche obligatoire quand les pressions s'exercent horizontalement (dans les plates-bandes et les arcs par exemple).

#### *Les fondations.*

La faible couche de terre arable, sauf dans les « dolines » plus fertiles, explique le peu de profondeur des fondations qui n'excède pas 20 à 30 cm. Les constructions traditionnelles sont assises directement sur le socle calcaire ; le mur de fondations n'est pas plus épais que le mur en élévation.

Le sous-sol caussenard est peu humide au niveau des fondations du fait que l'eau s'infiltrerait facilement dans le sol à travers les couches fissurées du calcaire. Cette situation géologique préserve la grande majorité des constructions des remontées d'eau par capillarité.

Ce phénomène apparaît davantage dans les constructions assises sur des terres fines argileuses ; il faut alors les isoler du sol par une barrière étanche.

### *Les murs.*

Il n'y a donc pas de distinction entre les murs de fondation et les murs en élévation. Ils sont généralement très épais à la base (entre 1 m et 1,50 m). Ils diminuent légèrement d'épaisseur en partie haute, pour conserver encore 0,80 à 1,20 m afin de pouvoir contrer les poussées de la voûte haute. Plus celle-ci est surhaussée (forme ogivale), moins la poussée s'exerce sur les murs et par conséquent moins les murs ont besoin d'épaisseur.

Les pierres sont maçonnées à joints très serrés, de telle sorte qu'elles ont l'apparence de la pierre sèche alors qu'en réalité un mortier lie les pierres les unes aux autres.

Les assises, assez irrégulières, fournissent des pierres d'un bon volume. En assises de 20 cm de hauteur, les pierres ont une largeur de 30 à 50 cm et une longueur de queue qui varie également de 30 à 50 cm.

Le liaisonnement d'un mur est important en parement, « un coup de sabre » n'est pas beau à l'œil, il ouvre la voie à la fissure ; par contre le liaisonnement dans l'épaisseur du mur est aussi très important pour éviter le boucllement du mur, autrement-dit pour qu'il ne « fasse pas le ventre ».

On constate dans ces murs très épais deux façons de construire : l'une consiste à monter un parement de chaque côté en remplissant seulement le milieu sans souci de liaison mais en disposant de temps en temps une pierre en « boutisse parpaigne »<sup>1</sup> qui fait toute l'épaisseur du mur et parfois davantage quand elle dépasse à l'extérieur sur la façade (*fig. 2*). L'autre façon de faire est de liasonner en maçonnant les pierres par enchevêtrement d'un parement à l'autre (*fig. 3*). Cette manière de procéder comporte moins de risques de boucllement que l'autre principe si le mur est soumis à une poussée interne due à une pénétration d'eau en provenance de la tête du mur.

### Les ouvertures dans les murs

Plus un mur est percé d'ouvertures, plus il est fragile, notamment aux poussées des voûtes. C'est la raison principale de la faible surface d'ouvertures dans les murs gouttereaux qui supportent les voûtes. La surface est souvent est souvent plus importante dans les pignons. D'autres raisons, d'ordre d'isolation (les murs épais en maçonnerie ont une grande inertie thermique), guidaient les anciens dans la restriction de la surface des ouvertures pour limiter les déperditions calorifiques.

---

<sup>1</sup> Boutisse parpaigne est le terme conventionnel, abandonné bien souvent improprement pour celui de boutisse. En réalité la boutisse est une pierre qu'on voit en bout mais qui ne fait pas forcément toute l'épaisseur du mur. Le parpaing, en pierre ou en moellon et, sous sa forme moderne en béton, occupe toute l'épaisseur du mur.

### *Les jambages*

Quand les jambages ne sont pas taillés directement en carrière, ils sont choisis sur le chantier parmi les pierres les mieux équarries qui sont triées et mises à part. La meilleure façon de bien liaisonner le jambage avec le mur est de choisir un appareillage en « panneresses et boutisses » (*fig. 4*). Il n'est pas rare de voir des jambages construits avec des pierres debout posées la plupart du temps en délit (*fig. 5*). Cette disposition - quand la queue vers l'ébrasement n'est pas suffisamment profonde - soumet le jambage à la poussée au vide par un mauvais liaisonnement avec le corps du mur et l'ébrasement, en même temps qu'il l'expose au délitage de la pierre.

### *L'ébrasement*

L'ébrasement permet de diffuser largement la lumière dans la pièce. Sa forme évasée le raccordant au jambage par la feuillure complique le liaisonnement de la maçonnerie. C'est souvent à cet endroit que se produisent les fissures. L'attention doit donc se porter sur le liaisonnement de cette partie (*fig. 6*).

### *Le linteau*

On sait que la pierre, qui a une grande résistance à la compression, résiste peu à la flexion. Il faut donc donner au linteau une bonne épaisseur (qui est de l'ordre du tiers de la portée), l'encastrer peu profondément pour ne pas le soumettre au cisaillement et le soulager par un arc de décharge (*fig. 7*).

### *La plate-bande*

La plate-bande est en quelque sorte un linteau appareillé qui fonctionne comme un arc. Elle permet de franchir un espace plus grand qu'avec un linteau. Il est surtout plus facile de mettre en place une succession de claveaux qu'un linteau monolithique de forte épaisseur. Par contre si le linteau ne retransmet que des charges verticales, la plate-bande exerce des poussées latérales qu'il est nécessaire de contrer, sinon les claveaux s'affaissent.

Le rayonnement des pierres formant claveaux se raccorde à un point de centre situé sur l'axe de la baie à une distance des naissances que l'on situe généralement à une fois et demie la largeur de la baie (*fig. 8*).

### *Les arcs*

Les arcs sont constitués de voussoirs rayonnant à un point de centre déterminé en fonction de la forme de l'arc qui peut être en plein-cintre (*fig. 9*), surbaissé (*fig. 10*), en anse de panier (*fig. 11*) pour les formes les plus courantes. Les voussoirs, dans la région sont le plus souvent limités à deux unités raccordées à la clef (*fig. 12*).

### *Les seuils et les appuis*



Ces éléments de construction sont fortement sollicités à l'usure par frottement ou par érosion. Les pierres qui les constituent sont donc choisies pour résister à ces contraintes.

Les pierres d'appui viennent en continuité des pierres de jambage formant l'encadrement de la baie (*fig. 13*). Cet ensemble se trouve aligné, dans la majorité des cas, au même nu que la maçonnerie formant le corps du mur, ce qui a pour effet de le placer en retrait du nu fini de la façade quand celle-ci est enduite et que les encadrements restent apparents ; l'enduit vient mourir sur la pierre.

Le rejingot sur lequel repose la menuiserie, isolée par un joint étanche, doit être suffisamment relevé par rapport au dessus de l'appui pour jouer pleinement son rôle de barrage aux pénétrations d'eau.

SENS DES VENTS  
DOMINANTS

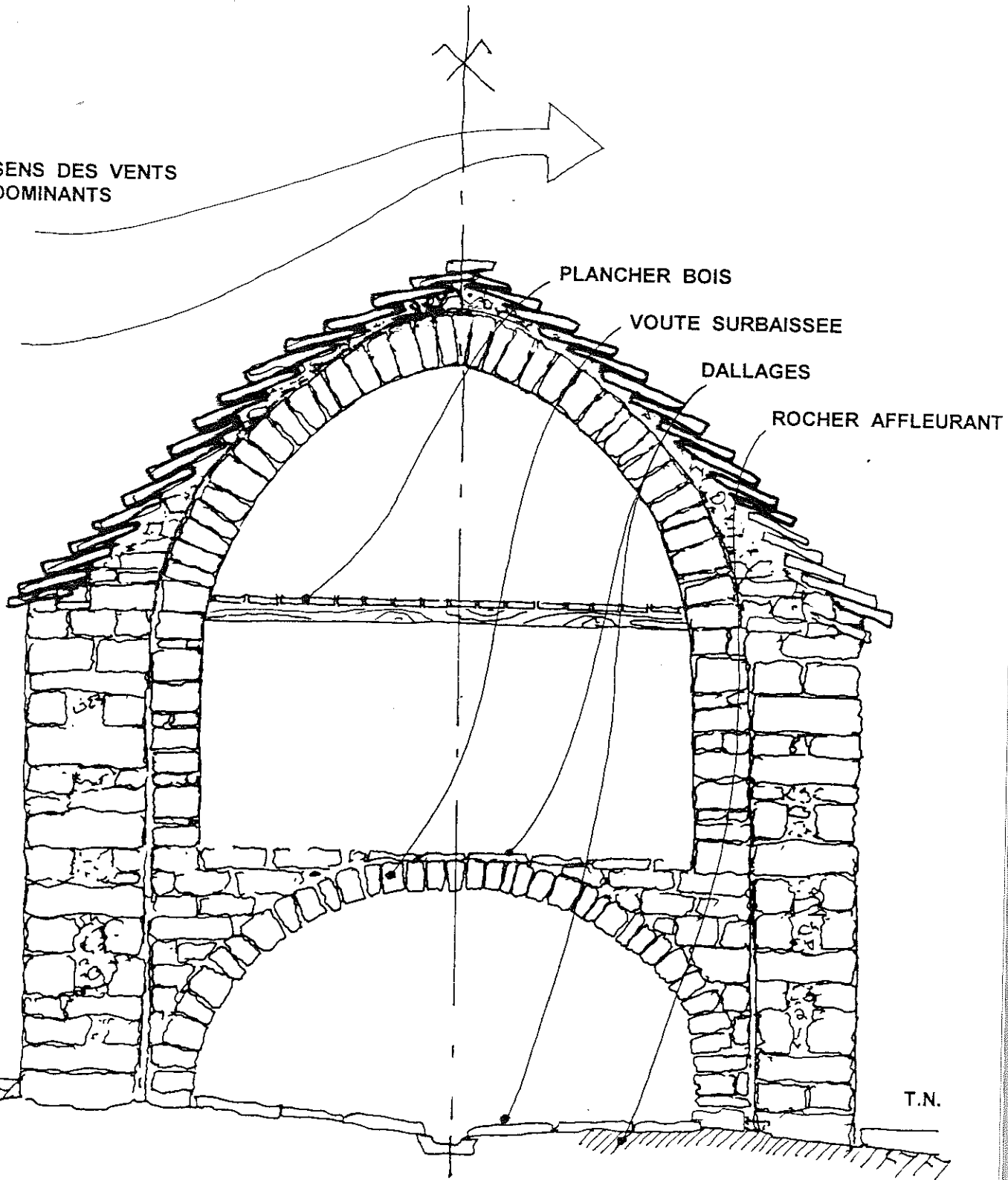
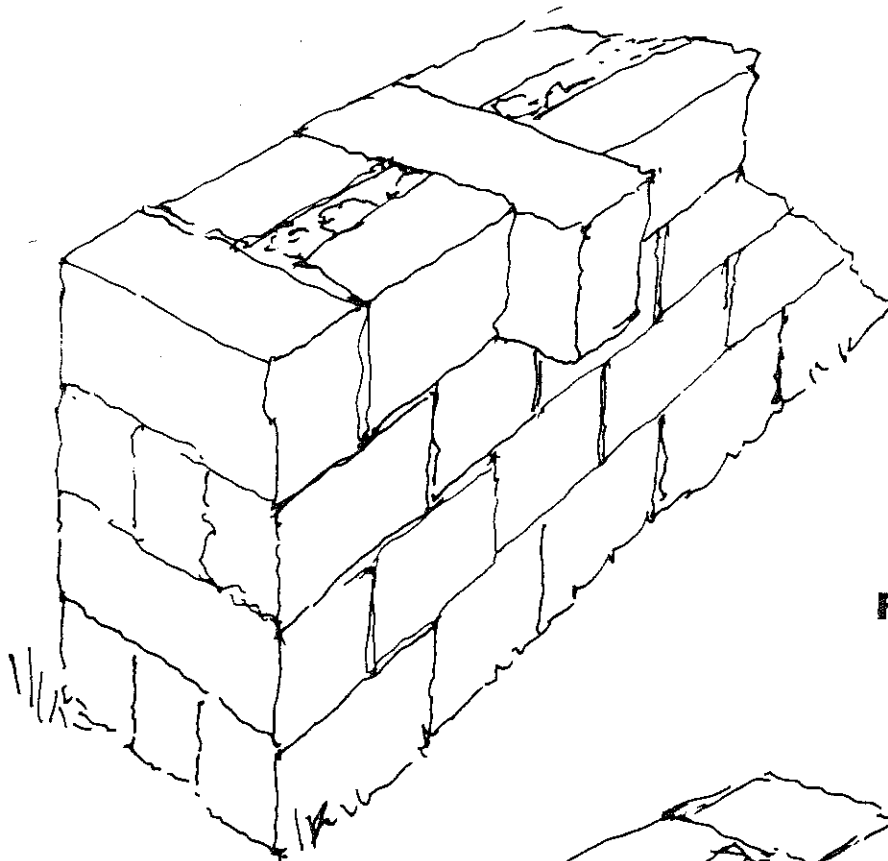
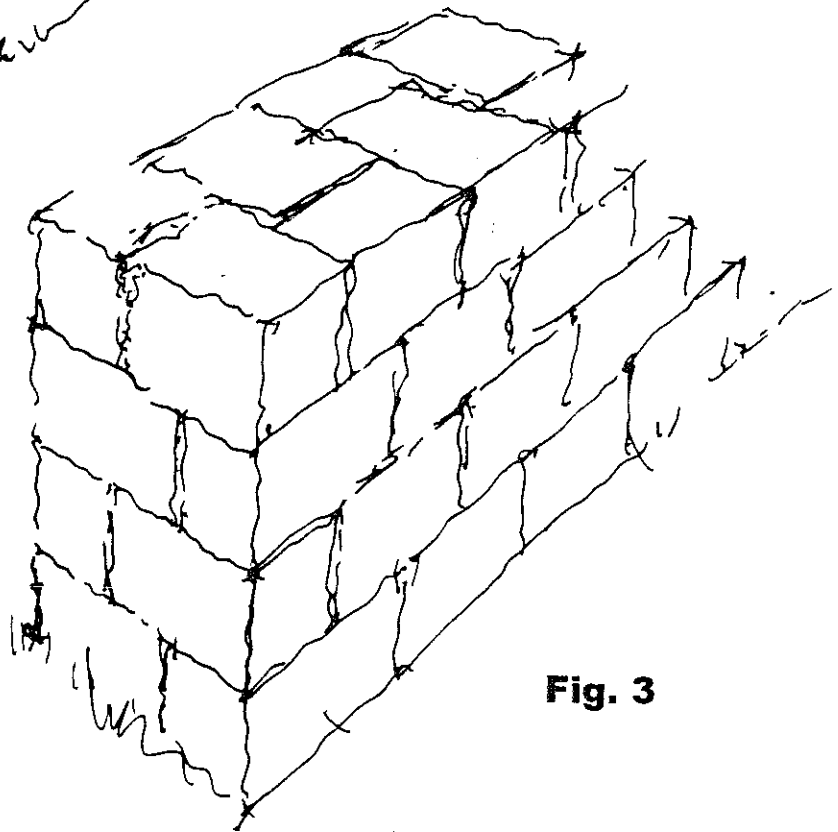


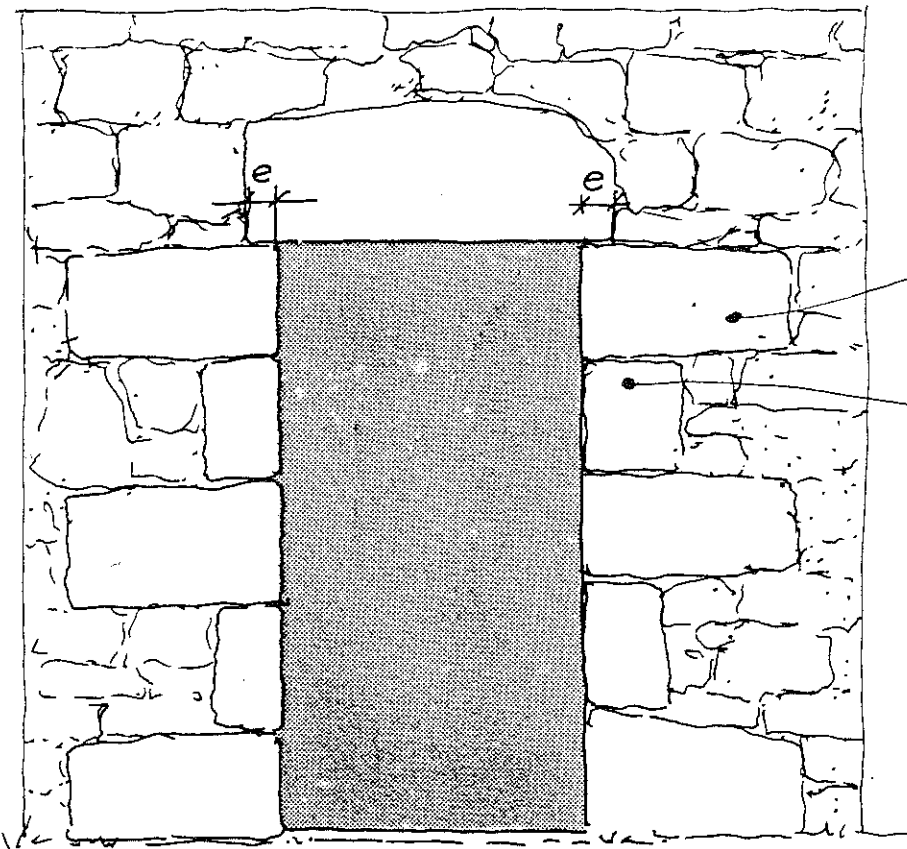
Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 3**

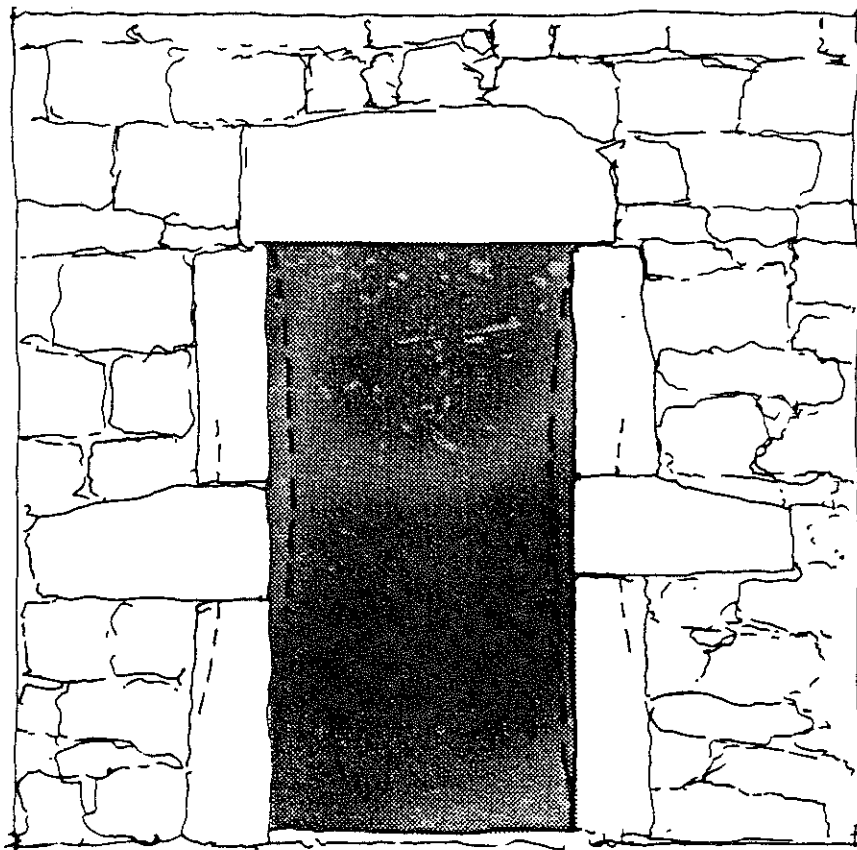


Ø entre 5 et 15 cm

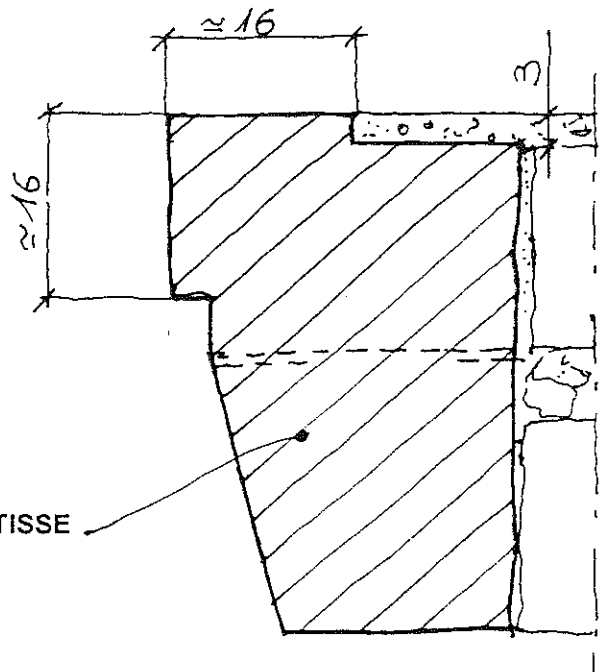
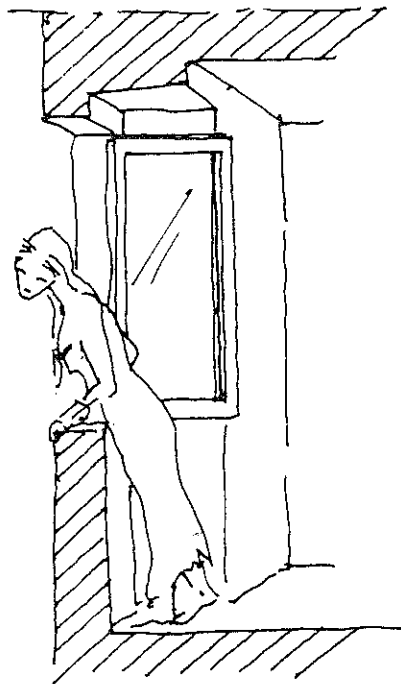
PANNERESSE

BOUTISSE

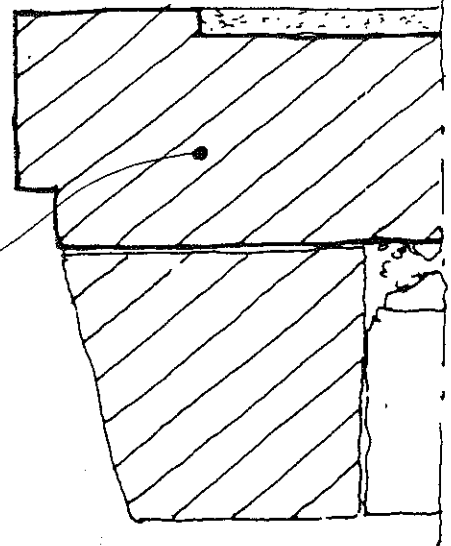
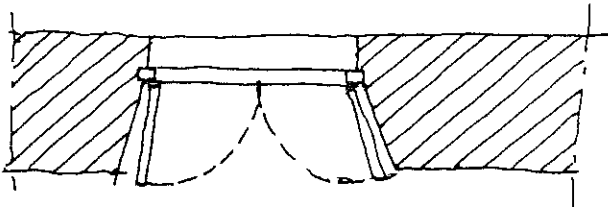
**Fig. 4**



**Fig. 5**



BOUTISSE



PANNERESSE

Fig. 6

LINTEAU SOULAGÉ

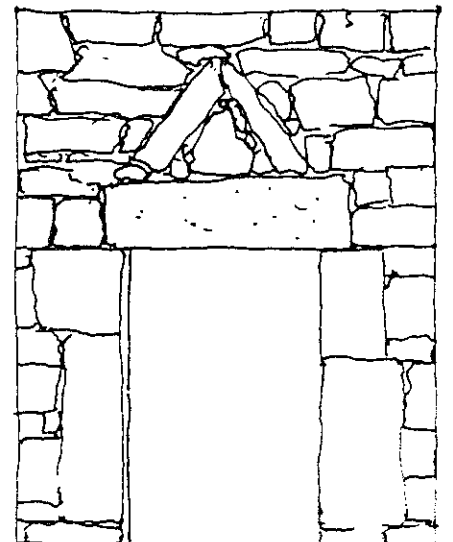
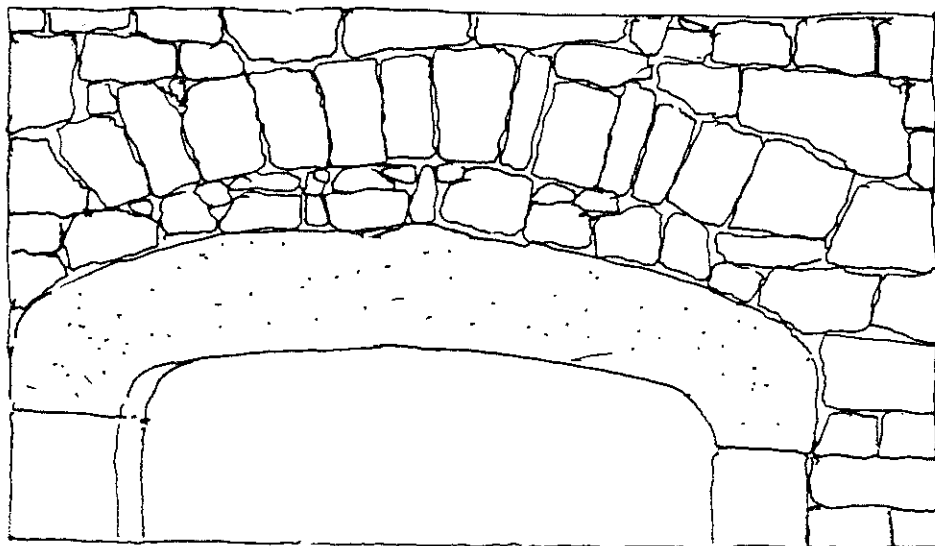
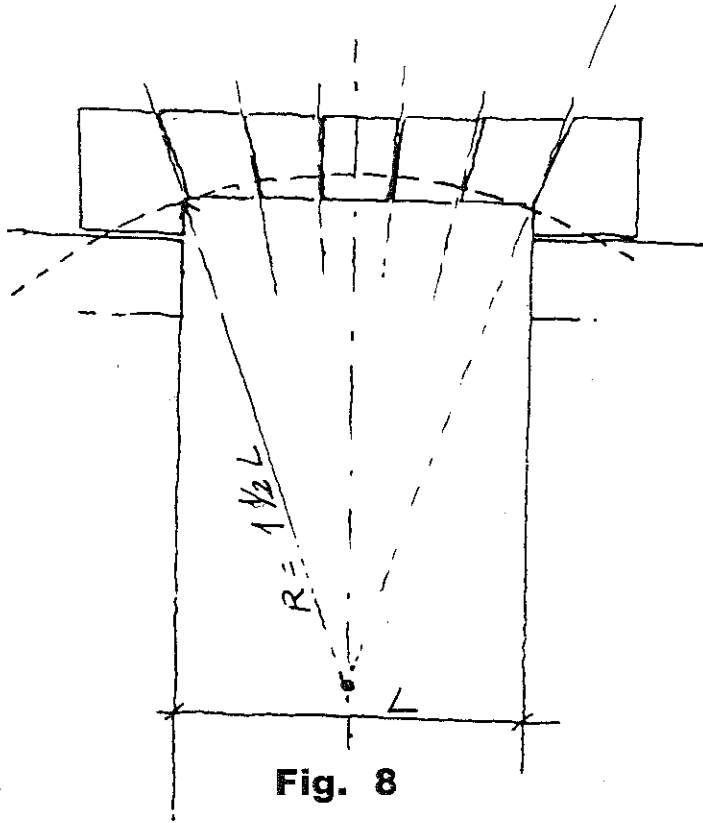
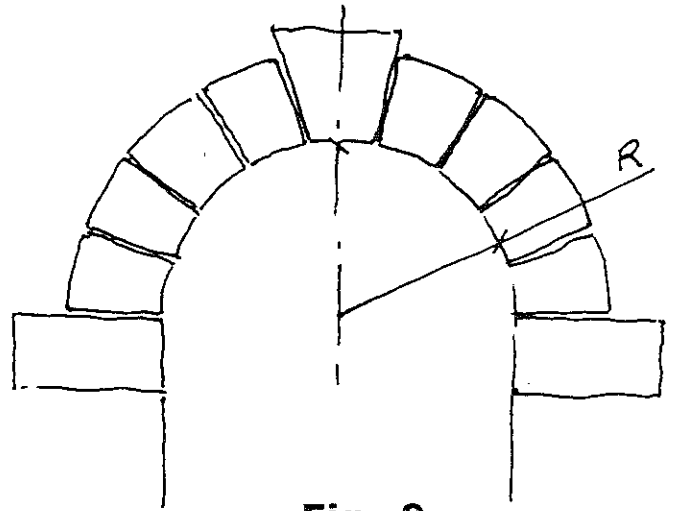


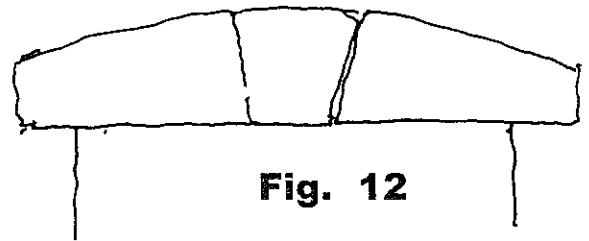
Fig. 7



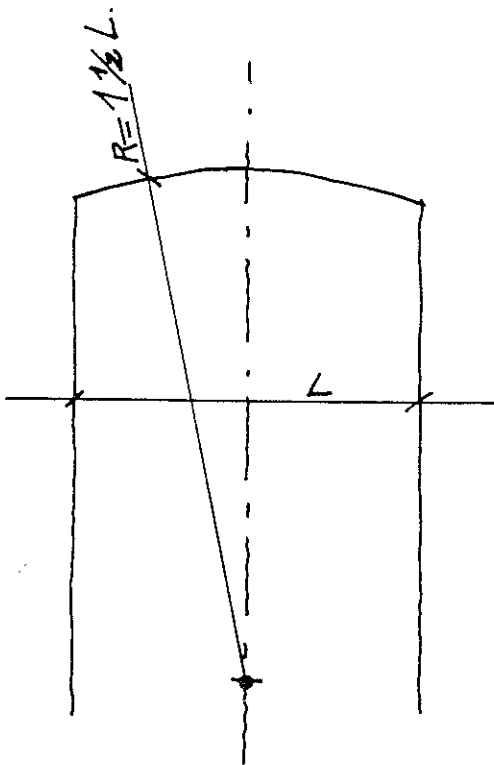
**Fig. 8**



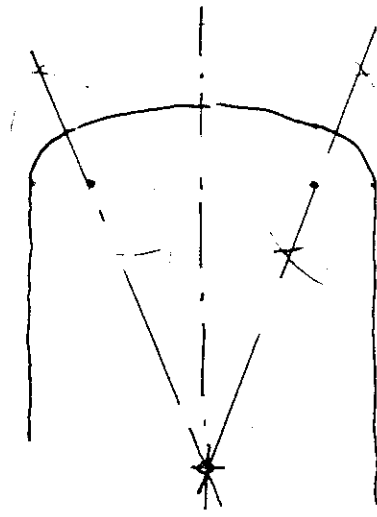
**Fig. 9**



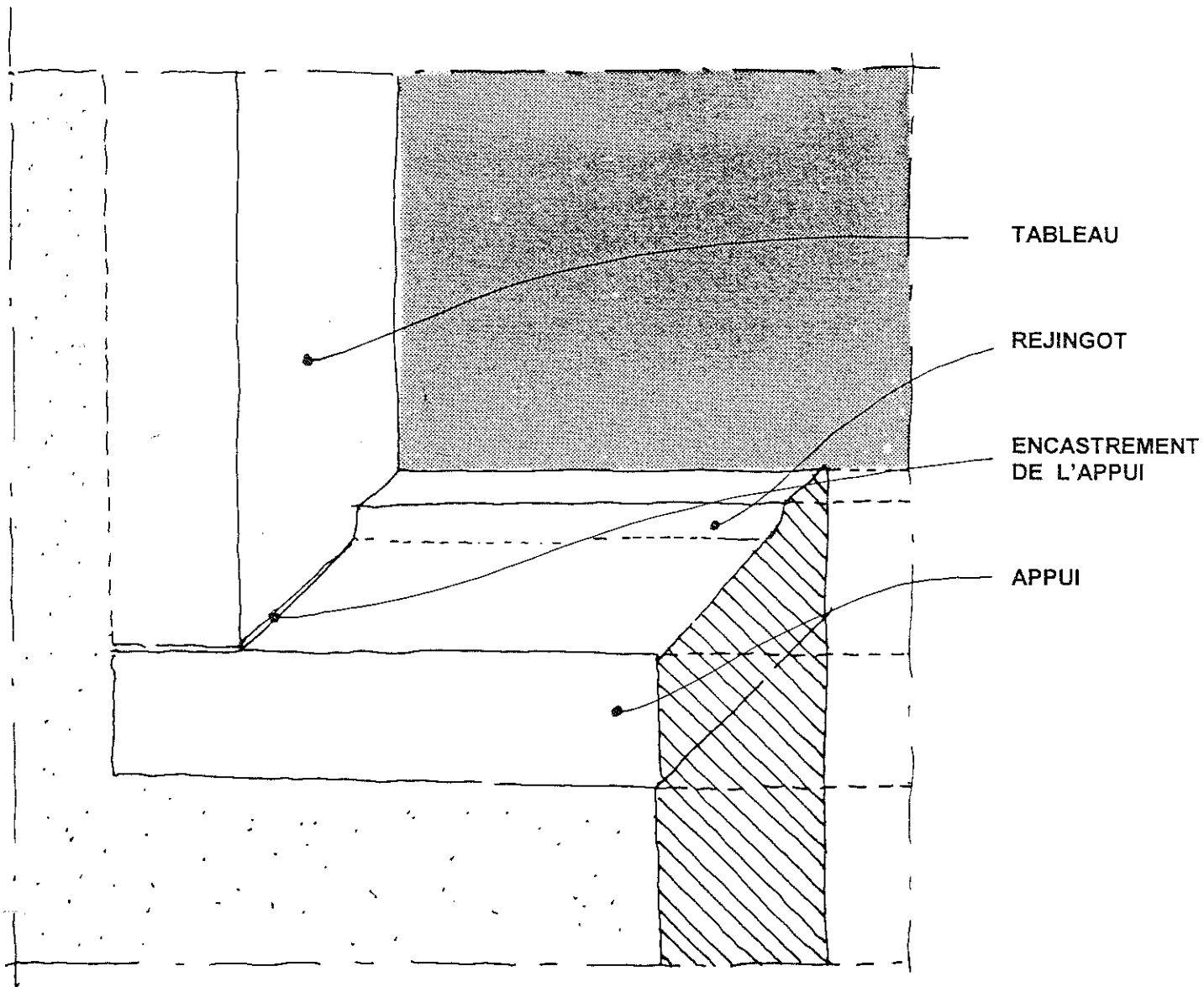
**Fig. 12**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 13**

FICHE  
DE CONSEILS TECHNIQUES  
ET  
ARCHITECTURAUX

**n° 4**

***La pathologie  
des maçonneries***



## *La pathologie des maçonneries*

### Introduction

La pathologie est le terme moderne employé pour définir les dégradations subies par les maçonneries altérées par le temps. L'humidité est la cause principale de la plupart d'entre elles, elle prédispose les constructions à des mouvements de tassements qui engendrent des fissures puis des lézardes. Le diagnostic de réparation d'une bâtisse doit permettre de découvrir les causes des dégradations pour les éliminer de manière à garantir l'opération de restauration. L'eau a une action directe par pénétration ou indirecte par remontées capillaires qui véhiculent des agents polluants.

### Les dégradations causées par l'eau

#### *La pénétration de l'eau dans les maçonneries*

L'eau pénètre dans les murs de diverses manières en causant des désordres parfois graves et rapides selon les cas. Les cas les plus courants sont les défaillances de toitures ; les murs prennent l'eau par le haut, celle-ci s'infiltré par les joints, atteint les planchers en bois qui pourrissent, provoque des « bouclements » dans le mur qui finit par se lézarder.

Le fouettement de la pluie sur les façades exposées fait pénétrer l'eau par les joints d'autant plus facilement si le mur est seulement rejointoyé.

Le rejaillissement en pied de mur est encore un cas de pénétration qui se résout par un enduit au mortier hydraulique sur la partie du soubassement. Un enduit étanche (au ciment) empêche la pénétration mais il empêche aussi l'évaporation des eaux remontant par capillarité. Quand les deux phénomènes (pénétration et remontées capillaires) sont conjugués il faut opter pour un enduit imperméable et non étanche (à la chaux hydraulique naturelle par exemple).

#### *Les remontées capillaires*

Le phénomène des remontées capillaires qui a pour principe de « pomper » l'humidité du sol pour la faire remonter, à la manière d'un morceau de sucre qui s'imbibe, dans les fondations des murs, s'exerce principalement dans les sols fins (les argiles). Les maisons bâties sur des terrains graveleux, sableux ou sur un socle calcaire fissuré, à l'exemple du Causse, sont beaucoup moins exposées.

Les murs soumis à ces remontées sont donc « alimentés » constamment en humidité qui véhicule avec elle des sels minéraux solubles tels que les nitrates, les sulfates, les carbonates ou les chlorures contenus dans le sol. L'eau, chargée de sel, remonte donc à l'intérieur des murs jusqu'à ce qu'elle puisse s'évaporer à l'extérieur, dans la partie du soubassement, sous l'action du soleil (*fig. 1*). C'est à cet endroit que se forme le salpêtre.

### *Le salpêtre*

Lorsque les sels minéraux arrivent sur le parement extérieur au moment de l'évaporation de l'eau ils se cristallisent sur le parement et s'accumulent dans les pores de la pierre et finissent par la ronger en désorganisant les grains qui partent en farine.

Avant de revêtir un mur salpêtré il faut s'assurer qu'il n'est plus alimenté en sels par l'eau. Il est nécessaire de le « décontaminer » c'est-à-dire retirer tout ce qui paraît friable, jusqu'au remplacement du parement si son mauvais état le justifie.

### *Les efflorescences*

Elles se présentent sous un aspect cotonneux blanchâtre. Elles ont en commun avec le salpêtre le principe de cristallisation de sels solubles au moment de l'évaporation. Mais les sels n'ont pas la même origine.

Ils proviennent de la maçonnerie elle-même qui produit des sels dont les principaux se trouvent dans le liant et notamment dans le ciment. Lorsqu'il pleut, l'eau entre partiellement dans le mur, dissout les sels et les amène à la surface quand vient l'évaporation après la pluie. Il faut attendre une nouvelle pluie pour voir le phénomène réapparaître. Ces sels sont pratiquement inoffensifs, ils se renouvellent de moins en moins vite. On en trouve sur des constructions neuves, rarement sur des constructions anciennes.

### *Les remèdes contre l'humidité*

#### *Le drainage*

Le drainage est un moyen efficace pour éloigner l'eau du mur, et donc de l'empêcher de pénétrer, (*fig. 2*) mais il n'arrête pas les remontées capillaires.

#### *La barrière étanche*

Cette technique consiste à stopper l'humidité remontant du sol. La solution la plus radicale - la plus onéreuse aussi - consiste à scier le mur en procédant par tronçons comme pour une reprise en sous-œuvre et à établir une arase étanche constituée d'une chape en mortier hydrofugé recouverte par un feutre bitumineux ; autrefois ces arases se faisaient au plomb (*fig. 3 et 4*).

La technique la plus utilisée actuellement est l'injection de résines par des orifices forés dans la maçonnerie sur sa quasi épaisseur. Les trous sont implantés en quinconce, sur deux lignes horizontales espacées de 15 à 20 cm. La résine est injectée, soit par gravitation, dans ce cas les trous sont forés en pente, soit par pression, les trous sont alors forés horizontalement ; mais quelle que soit la méthode employée, le produit se répand dans toute l'épaisseur du mur et dans l'intervalle des trous.

#### *Les drains atmosphériques*

Ce principe - qui n'est plus guère employé parce que les drains s'obstruent à la longue - consiste à placer dans la maçonnerie des drains en terre cuite. La porosité de la terre cuite canalise l'humidité qui s'évapore ensuite par les orifices qui affleurent en façade et que l'on remarque par leur forme généralement triangulaire.

#### *Les procédés électriques et électroniques*

L'effet mécanique des remontées capillaires prend sa source dans les courants telluriques qui circulent sous la terre. Partant de ce principe, les initiateurs du projet, ont imaginé qu'il fallait inverser le circuit de l'eau à la manière d'un accumulateur avec une borne + qui est le mur, ceinturé par une lame de cuivre, et une borne - qui est le sol : c'est ce que l'on appelle *l'électro-osmose*.

Un procédé électronique, de conception plus récente, doté d'un unique appareil produit le même résultat en évitant le ceinturage de la maison.

#### *La ventilation des habitations*

Les vieilles habitations qui étaient ventilées naturellement autrefois par des grandes cheminées et des menuiseries disjointes souffrent d'humidité à l'intérieur si on les confine dans une atmosphère close à la manière des habitations modernes ventilées par VMC. Il faut absolument prévoir une circulation d'air permanente dans les pièces dites de service, à savoir : la cuisine, la salle d'eau, les WC, la buanderie et la chaufferie.

En l'absence de circulation d'air (ventilation basse et ventilation haute), la vapeur d'eau se condense rapidement sur les murs et produit des moisissures malgré le pouvoir des murs à absorber et à rejeter la vapeur d'eau à l'extérieur. Mais ce pouvoir d'absorption est sérieusement diminué quand les murs sont maçonnés et enduits au ciment ; une raison supplémentaire pour s'interroger sur le type d'enduit qu'un maçon peut proposer à son client.

#### *Le tassement des constructions*

Le tassement et les conséquences qui en résultent sur les constructions monolithiques contemporaines ont un impact beaucoup plus sensible que sur les anciennes constructions qui tassaient tout autant mais dispersaient leurs fissures dans l'épaisseur de leurs murs en moellons.

Dans le tassement il faut distinguer le tassement général du tassement différentiel. Dans le premier cas, la construction tasse d'une manière égale sur l'ensemble de la surface sans autres dommages qu'un « enterrement » - qui peut être préjudiciable à des canalisations passant sous la construction. Dans le second cas la construction tasse plus d'un côté que de l'autre en la déséquilibrant et en lui infligeant des contraintes qui font naître des fissures. Dans une telle situation il faut reprendre les fondations en sous-cœuvre et refermer les fissures.

### *Les reprises en sous-œuvre*

Les désordres dus aux tassements sont rares sur les constructions anciennes sauf quand des modifications d'environnement interviennent (abaissement d'une chaussée au ras d'un bâtiment, trafic roulant engendrant des vibrations, etc.). Les reprises en sous-œuvre sont plus courantes pour les constructions monolithiques avec des fondations en béton armé. Plusieurs solutions sont possibles : soit des reprises sous l'ancienne fondation par passes alternées, soit des reprises par des micropieux.

Ces techniques ne se justifient guère en terrain stable tel que le Causse. Lorsque les murs se fissurent on pense plutôt à les chaîner par des tirants en fer qui traversent le bâtiment au niveau d'un plancher et qui ressortent à l'extérieur munies d'une ancre décorative (souvent un X). Le tirant est tendu d'une façade à l'autre par serrage ou par clavetage.

### *Le traitement des fissures*

S'il est un tabou dans les constructions modernes, c'est bien celui concernant la fissure! Elle est souvent attribuée à la vitesse d'exécution des travaux quand ce n'est pas à l'incompétence du maçon. En vérité c'est une question de matériaux. Les matériaux monolithiques, à l'image du béton banché ou de ses dérivés : les blocs agglomérés, ont un comportement différent d'une maçonnerie en petits éléments tels que les moellons. Dès qu'une contrainte s'exerce sur une maçonnerie monolithique, elle se rompt en provoquant une fissure qui peut se stabiliser ou aller jusqu'à la lézarde.

Il faut parfois provoquer les fissures en réalisant un joint de rupture par exemple dans le cas d'extension d'une construction pour ne pas lier la nouvelle à l'ancienne. Pour juger de l'évolution de la fissure on pose un témoin. Ce n'est que lorsqu'elle est stabilisée (par des travaux de reprise en sous-œuvre par exemple) que l'on peut boucher les fissures.

Les petites fissures, de l'ordre du millimètre, sont dégarnies ou agrandies à la disqueuse. Une fissure non traversante se traite par un simple masticage après l'application d'un fond de joint alors qu'une fissure plus importante reçoit un coulis d'injection à base de mortier expansif du type mortier de scellement.

### *Le traitement des lézardes*

Dans les vieilles maçonneries on traite la lézarde par colmatage ou par remaillage. Le colmatage consiste à injecter un coulis à base d'une barbotine de chaux aérienne pouvant être bâtarde à la chaux hydraulique naturelle. En période fraîche il est préférable de n'utiliser que de la chaux hydraulique, et l'hiver, un coulis de ciment adjuvanté d'un fluidifiant et d'un expansif. Le coulage se fait par gravitation ou par injection sous pression. La lézarde est obturée au plâtre sur chaque parement en prenant soin de réserver des événements tous les mètres environ de manière à chasser l'air au moment du coulage.

Dans les murs épais on procède par un remaillage, c'est-à-dire que l'on procède à une reprise de maçonnerie de part et d'autre du parement sur une profondeur de queue de moellon de manière à rassembler les deux parties en les liant le mieux possible.

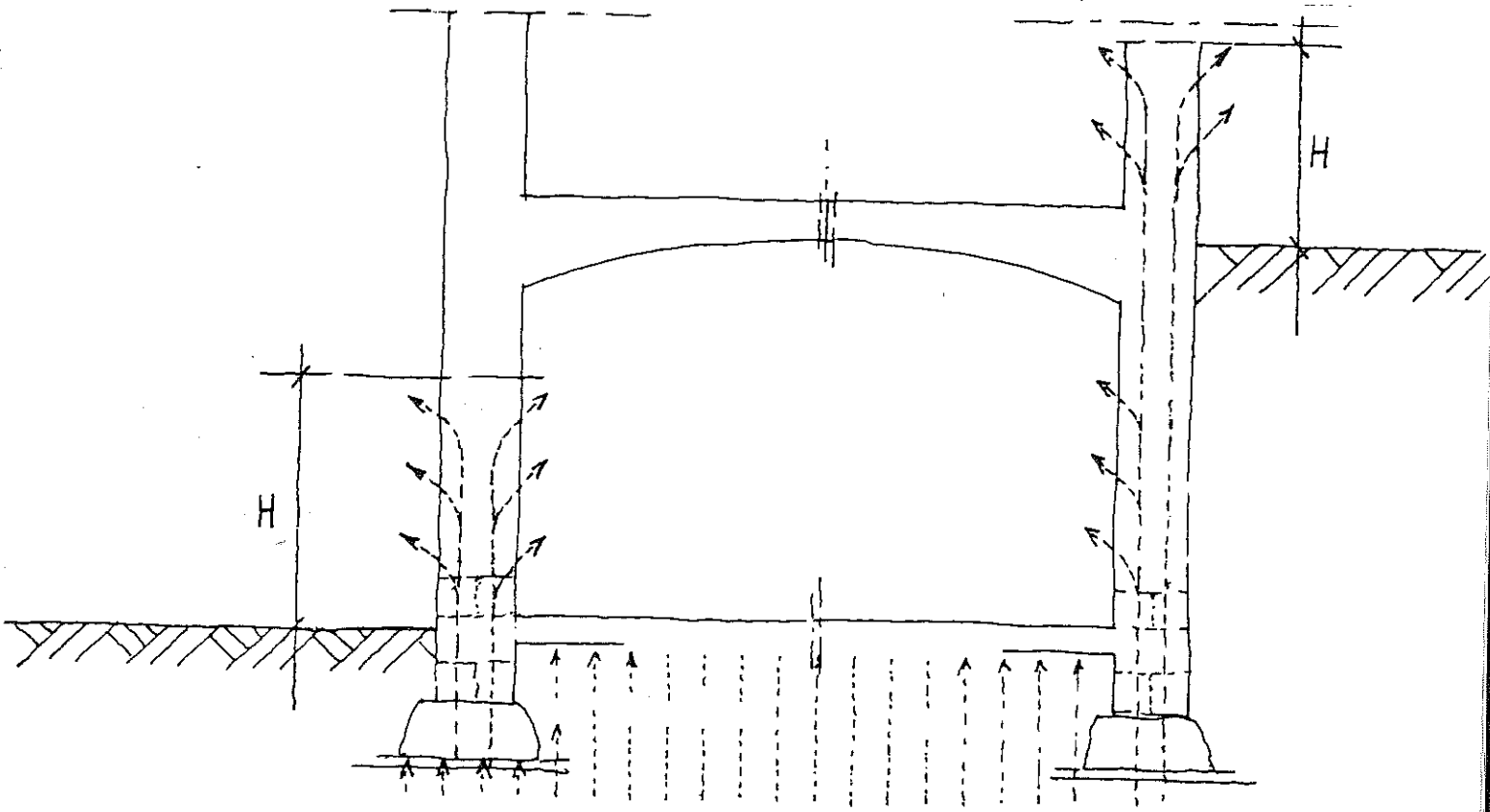


Fig. 1

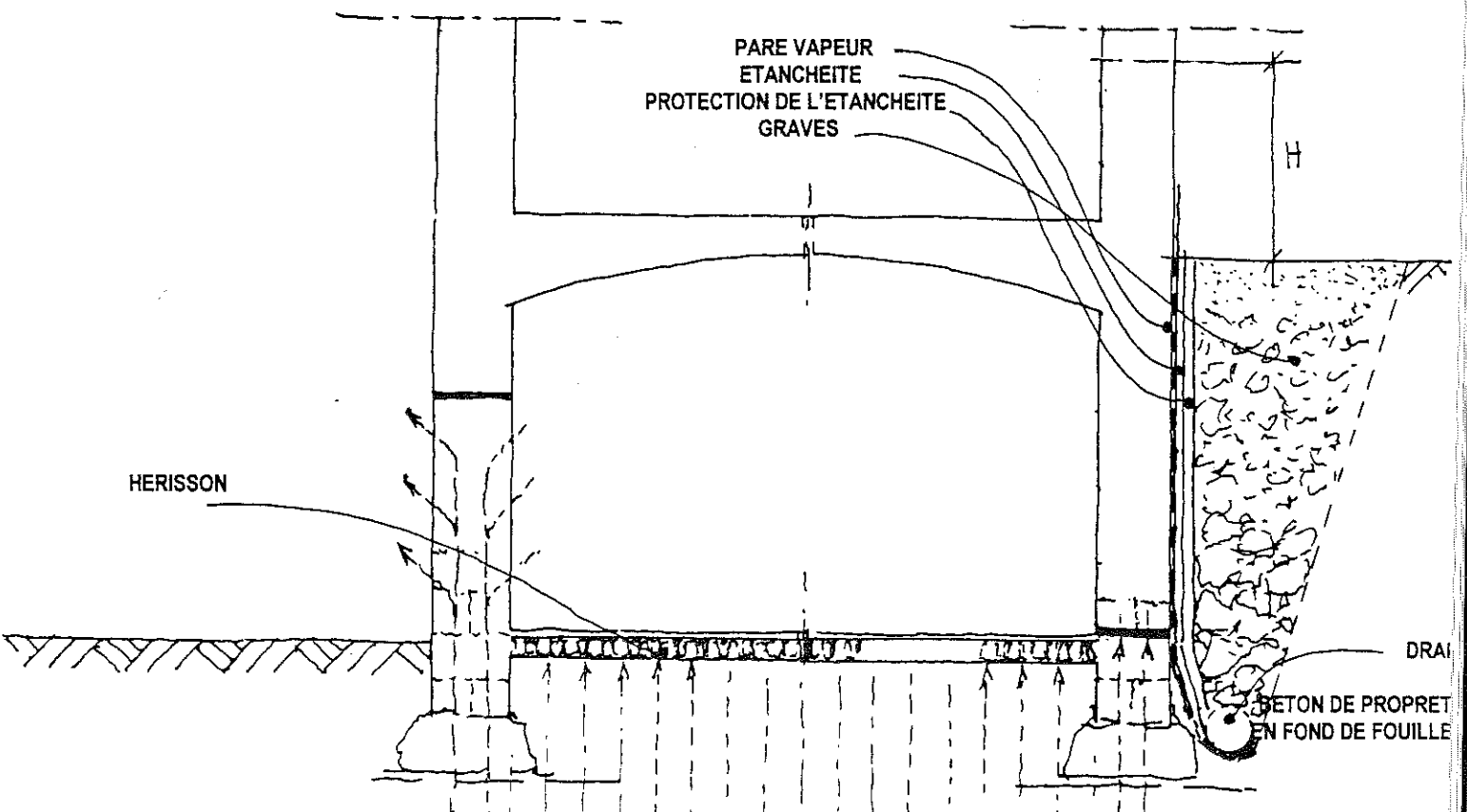


Fig. 2

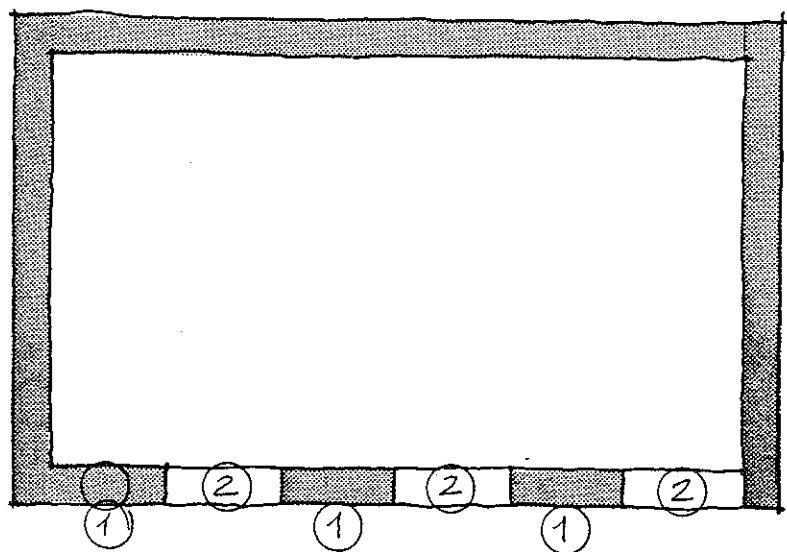
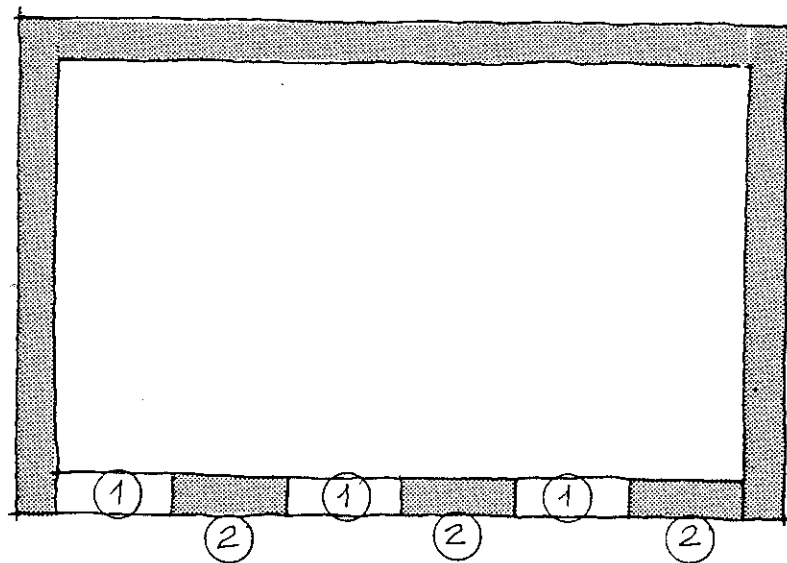


Fig. 3

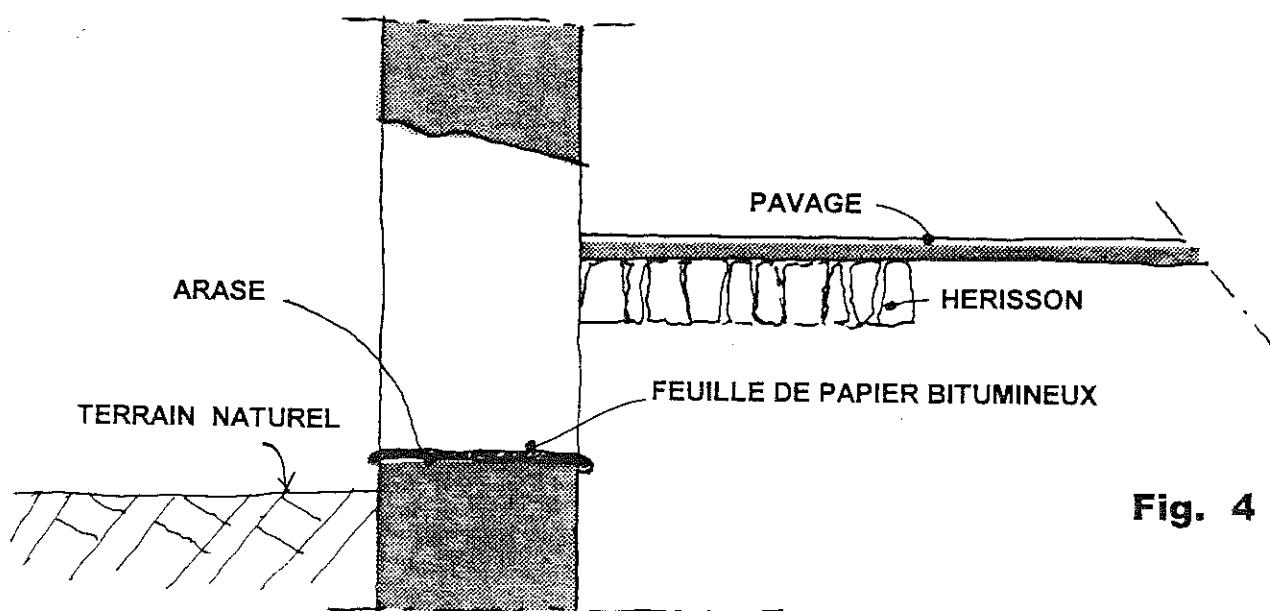


Fig. 4

FICHE  
DE CONSEILS TECHNIQUES  
ET  
ARCHITECTURAUX

**n° 5**

***Les couvertures  
des voûtes  
en lauzes calcaires***



## La couverture des voûtes en lauzes calcaires

### Introduction

La particularité de la construction caussenarde réside dans l'unité du matériau qui sert à bâtir les murs, les voûtes et la toiture. Le calcaire que l'on trouve en bancs d'une vingtaine de centimètres pour réaliser les assises des murs et les claveaux des voûtes est suffisamment délitable (clivable) en dalles de 4, 5, 6 ou 7 cm pour recouvrir les voûtes.

### La pente du toit et le profil de la voûte

La lauze calcaire n'est donc pas fixée comme l'est la lauze schisteuse sur la charpente à l'aide de chevilles ou de clous. La lauze calcaire est simplement posée, scellée seulement en bordure des murs et au faitage, ce qui suppose une pente relativement douce pour que les lauzes ne glissent pas. Il faut donc composer entre l'exigence d'un bon écoulement de l'eau et de la neige et celui de retenir les lauzes sur la voûte. Le profil de la voûte, qui correspond le mieux à une pente de 40 à 60 %, est le berceau plein-cintre ou, plus souvent, le berceau brisé (voir les profils de voûtes dans le texte correspondant).

Dans le cas des berceaux en plein-cintre on suppose que les murs sont suffisamment épais (1,30 à 1,50 m) pour contenir les poussées d'un profil de voûte qui produit une pente relativement douce. Des contreforts ou parfois des constructions annexes renforcent les murs gouttereaux (photo). La voûte en ogive peut se permettre des murs moins épais parce que les forces se reportent sur une trajectoire proche de la verticale. Les murs gouttereaux montent parfois haut dans la voûte, lui bloquant ainsi les reins.

On profite souvent de cette surépaisseur pour amorcer un bris à la toiture (*fig. 1*) ressemblant à « une levée de coyaux » qui rejette l'eau à une distance plus grande du pied du mur qu'une toiture à pente unique. Quand on veut récupérer l'eau, on installe des gouttières, faites dans des troncs d'arbres creusés, posées sur les murs de façades, s'en allant rejoindre la réserve d'eau (la citerne).

### Travaux préparatoires

Les constructions neuves sont actuellement rares pour ne pas dire inexistantes. Le travail de couverture des voûtes s'effectue donc à chaque fois sur une construction ancienne dont les lauzes sont détériorées, par les intempéries, mais aussi par la végétation qui s'installe vite. Celle-ci disjoint les lauzes en favorisant les infiltrations.

Il faut donc commencer par nettoyer la toiture en ne découvrant pas forcément l'ensemble. Il est préférable, en effet, de découvrir et recouvrir simultanément de manière à se

servir des matériaux anciens pour caler les nouveaux et surtout pour ne pas déstabiliser la voûte qui pourrait aller jusqu'à l'effondrement si on la déchargeait ou si on ne la chargeait que d'un seul côté. Sur une voûte il faut progresser simultanément sur chaque versant. Les lauzes sont prédimensionnées et triées au pied du bâtiment avant de les monter sur la voûte.

#### Pose des lauzes

##### *Principes généraux*

Les grands principes à respecter sont les mêmes que pour les lauzes de schiste, à savoir :

- les dalles les plus grandes sont posées en bas de pente pour servir de gouttiers.
- le pureau, c'est-à-dire la partie visible de la lauze, ne dépasse pas  $1/3$ , voire  $1/4$  de sa longueur, ce qui veut dire que le recouvrement est de  $2/3$  à  $3/4$  en fonction de la pente ; un petit pureau ( $1/4$ ) pour faible pente, un pureau plus grand ( $1/3$ ) pour une pente accentuée, de l'ordre de 60 %.

##### *Principes particuliers à la lauze calcaire*

Les lauzes, triées sommairement en bas, sont parfois retaillées sur place de sorte qu'elles s'ajustent les unes aux autres. L'arête supérieure de la lauze, en sa partie basse du pureau, est ébarbée au martelet pour faciliter l'écoulement.

Les gouttiers sont donc les lauzes de bas de pente posées en premier, scellées au mortier de chaux hydraulique naturelle (NHL ou NHL Z), alignées au cordeau à 20 cm environ en saillie par rapport au mur gouttereau et une dizaine de centimètres sur le mur pignon. Le pureau est ensuite tracé « d'un coup de bleu » avec le cordeau traceur pour la pose de la deuxième rangée, puis la troisième et ainsi de suite.

Une partie des débris de l'ancienne toiture (démontée au fur et à mesure) sert à caler les nouvelles lauzes, à les asseoir sur la voûte pour les empêcher de glisser. En arrivant au faitage on choisit de grandes lauzes, comme celles des gouttiers, et on vient chevaucher le versant le moins exposé aux vents porteurs de pluie (fig. ).

Les raccordements de lucarnes et de noues.

##### *Les lucarnes*

Les lucarnes, qui apparaissent en façade sur les murs gouttereaux, viennent en about de pénétrations de la voûte principale. Ces fenêtres forment de petits pignons qui se traduisent par des faitages se raccordant sur le rampant et par des noues dans les bas de pentes. Les faitages se conçoivent comme le faitage principal, avec de larges dalles au sommet.

##### *Les noues*

Le métal est exclu des noues, elles doivent donc être exécutées en arrondi (*fig. 2*) de manière à rompre la ligne droite formée par la rencontre des deux versants. Dans le creux de la noue on choisit des lauzes longues de sorte que le recouvrement soit plus important à cet endroit que dans les parties droites de la couverture, c'est-à-dire 4/5 de recouvrement pour 1/5 d'apparent environ.

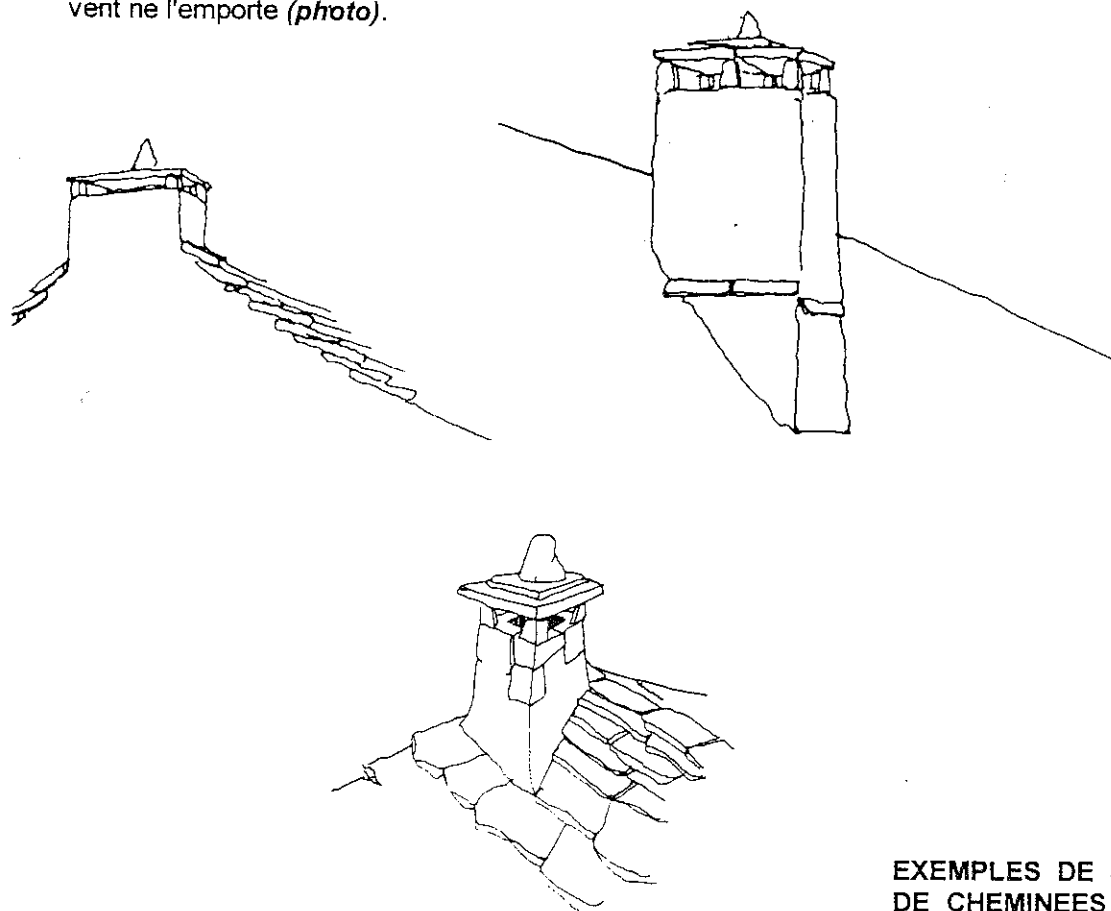
#### *Les solins*

L'étanchéité, à l'endroit des solins et des souches de cheminées, est à soigner particulièrement, car là comme dans les noues, le métal n'est pas admis. Les solins sont traités en déversé, c'est-à-dire que l'on fait remonter deux lauzes en bordure du mur de manière à renvoyer l'eau vers la toiture ; le solin, en mortier de chaux hydraulique naturelle, parfait l'étanchéité en se raccordant au mur. Le solin peut encore être protégé par une rangée de lauzes engravées dans le mur, parallèlement au rampant à une dizaine de centimètres au-dessus du solin.

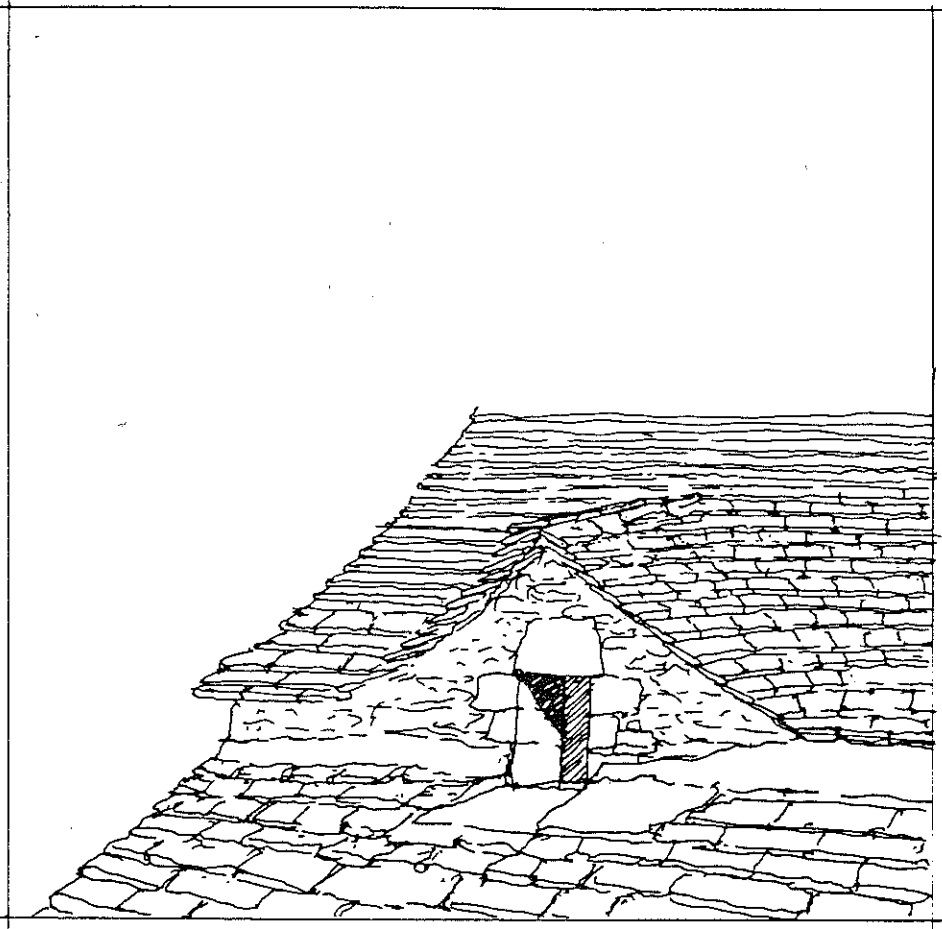
#### *Les cheminées*

Pour éviter l'accumulation d'eau, et les risques d'infiltration, au pied des cheminées, le couvreur traite l'arrière de la cheminée par des noues en chevalet (*fig. 3*).

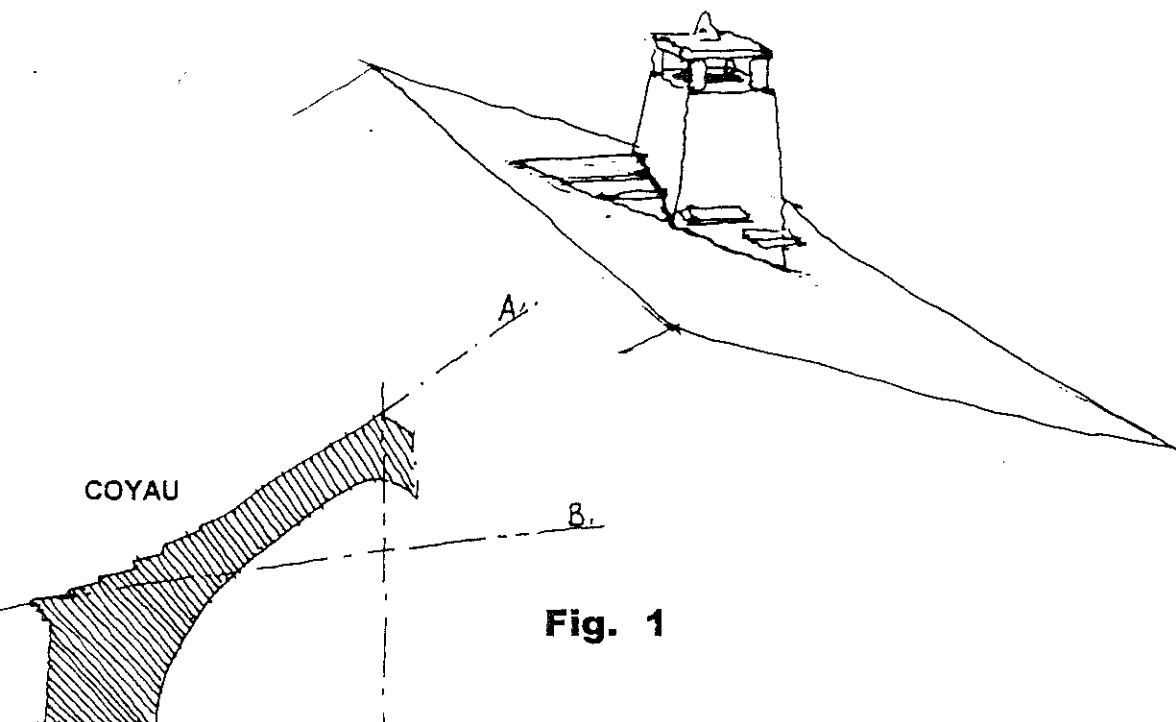
Le couronnement de la cheminée est traité simplement par une dalle de couverture reposant sur quatre potelets ; la dalle est ensuite chargée de quatre pierres pour éviter que le vent ne l'emporte (*photo*).



EXEMPLES DE SOUCHES  
DE CHEMINÉES



**Fig. 2**



**Fig. 3**

**Fig. 1**