



**ECOLE INTER-ETATS DES TECHNICIENS SUPERIEURS
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EQUIPEMENT RURAL**

01 BP 594 Ouagadougou 01 Burkina Faso

Tél : (226) 31 92 03 / 31 92 04 / 31 92 18

Email : etsher@etsher.org Fax : (226) 31 92 34

COURS DE TECHNOLOGIE de CONSTRUCTION

Tome I

LE GROS OEUVRE

M. CALLAUD juillet 2002

SOMMAIRE

LA FONDATION D'UN OUVRAGE	7
Fondation : Attention à l'adaptation au sol	7
Avant propos-Définition	8
Les différents types de fondations – Définition	8
Les différents types d'excavation de terre - Définition.....	8
LES FONDATIONS SUPERFICIELLES	10
Fondation par semelle continue.....	10
Famille des semelles continue en gros béton (cas des constructions légères)	11
Fondation par semelle isolée	12
Mise en oeuvre	12
Exemples de semelles isolée	12
Dispositions constructives usuelle pour les semelles avec glacis	13
Fonctionnement d'une semelle de fondation superficielle en béton armé	14
Modélisation de la diffusion des efforts sous la semelle en béton armé selon la nature du sol et la rigidité de la semelle elle-même	15
Exercice d'application :	16
Cas de la semelle isolée excentrée	19
Les longrines (cas des bâtiments posés sur fondations ponctuelles et dallage porté)	20
Les radiers	21
Les murs de soutènements.....	22
Schémas détaillés de quelques types de murs	23
Détails sur murs de soutènement (variantes).....	24
L'eau et les fondations	25
Les bas de murs	25
Les dallages	25
Pathologie associée aux bas de murs non protégés en pied par une barrière étanche.....	25
Principe du rabattement de nappe	26
LES JOINTS CONSTRUCTIFS.....	28
Définitions	28
Traitement des joints (cas les plus courants).....	29
Joint simple	29
Joint étanche	29
Couvre joint.....	29
La fissure	29
Cas des dallages sur terre plein (ou encore dallage non porté)	30
Joint de dilatation (A).....	30
Joint de désolidarisation (B).....	30
Joint de retrait (C)	30
Joint d'exécution (D).....	30
Joint de structure (E)	30
Joint de retrait – Mise en oeuvre	31
Joint de structure - Mise en oeuvre	31
LES MURS DE FAÇADE	32
Désignation des murs selon leur position ou leur fonction	32

Classement des murs de façade en fonction de leur résistance à la pluie	33
Mur du type I.....	33
Murs du type II.....	34
Murs du type III.....	35
Mur du type IV	35
Critères pour choisir un mur.....	36
Cas particulier des Bardages :	39
MISE EN ŒUVRE DES MAÇONNERIES.....	40
Avant-propos	40
Harpage de maçonnerie	40
Les joints de maçonnerie.....	40
Epaisseur des Joints.....	40
Disposition des joints	41
Appui ou trumeau&Maçonnerie.....	41
Parements de pose	41
Appareillage des maçonneries en moellon – Règles de l’art	42
LES ELEMENTS DE FAÇADE.....	43
Baies et encadrements - Vocabulaire	43
Différent type de linteau.....	44
Différents types de linteaux préfabriqués.....	44
Les balcons.....	45
Les planelles (traitement des liaisons façade/plancher)	45
Les Gardes corps (principales règles de dimensionnements et de sécurités).....	46
Disposition constructives	46
Sorties de secours des Etablissements Recevant du Publics – Unité de passage.....	46
Les corniches (liaison toiture/façade et lieux du chaînage haut en général).....	48
Les bandeaux de façade (prévenir le ruissellement de l’eau e pluie sur tout le long de la façade)	48
Les acrotères (liaison Toiture-terrasse/Façade) en béton armé.....	49
Dispositions constructives (ferraillage Fe 400).....	49
Cas des acrotères massives non isolée tandis que la toiture terrasse est isolée.....	49
LE CHAINAGE D’UN BATIMENT.....	50
Les chaînages horizontaux	50
Chaînage horizontal des maçonneries	50
Les chaînage horizontaux en béton armé	50
Les chaînages verticaux	54
Chaînage vertical plein mur et d’angle	54
La distance entre chaînage verticaux	55
LES ENDUITS DE FAÇADE.....	57
Dosage progressif des couches de mortier pour l’enduit	57
GOBETIS	57
CORPS DE L’ENDUIT	57
COUCHE DE FINITION.....	57
Finition des enduits	58
Phases de retournement d’un enduit.....	58
Pathologie des enduits.....	59

LE BETON ARME	61
Les Armatures à béton.....	61
Principaux éléments	61
Les différents types de fer à béton	61
Utilisation des armatures : vocabulaire	62
Les treillis soudé.....	62
Composition type des mortiers et bétons	63
Mortiers	63
Bétons.....	63
Mortiers spéciaux pour maçonnerie en BTC.....	63
Vibration et mise en œuvre des bétons.....	64
Pathologie des bétons : la corrosion des armatures.....	65
Les cales d'enrobage	66
LES PLANCHERS.....	67
Plancher Bois traditionnel	67
Les Planchers en béton armé.....	67
Plancher coffré et coulé à dalle pleine sur coffrage	67
Plancher à hourdis + poutrelles préfabriquées	68
Plancher à pré-dalles	70
Plancher préfabriqué nervuré	71
Plancher nervuré.....	71
Plancher à champignon	71
Les planchers à poussée horizontale	72
Les planchers à voûtains	72
Les planchers par voûte en berceau.....	72
LES POUTRES	73
Vocabulaire	73
Les Poutres bois	73
Les Poutres métallique	73
LES ESCALIERS.....	74
Définition&vocabulaire.....	74
Formule de BLONDEL.....	74
Exemple d'escaliers.....	75
Les escaliers suspendus	75
Les escaliers à vis.....	75
LES OUVERTURES (PORTE&FENETRE).....	77
Fenêtres	77
Détails constructifs	78
Feuillures et contre-feuillures.....	78
Huisserie (dormant).....	78
Parcloles (les différents types).....	79
Porte et sens d'ouverture	79
Cas particulier de portes	80
Constitution d'une porte (ouvrant).....	80
LES CHARPENTES	81

Charpentes traditionnelles	81
Charpente industrialisé légère (dit à fermette)	82
Charpente lamellé-collé.....	83
LES FERMES DE CHARPENTE	84
Types de ferme	84
Quelle ferme pour quel type de charge	85
Ferme en “ W ”	85
Ferme en double W	85
Ferme monopente	85
Ferme en “ M ”	85
Ferme en éventail	85
Ferme de combles habitables en “ A ”	85
Ferme de combles habitables à encuvement	85
Ferme “ boîteuse ” pour chien assis	85
Comment réaliser une croupe.....	86
Les fermes à faible pente.....	86
Détail de fermes	87
Exemples d’assemblages.....	87
Détails grille porteuse secondaire pour couverture en petit éléments.....	88
Détail sur faîtage	88
LES COUVERTURES.....	89
Formes et éléments constitutifs d’une couverture - Vocabulaire.....	89
Couverture en grand éléments.....	90
Tôle nervuré (alu ou acier)	90
Tôle ondulée.....	90
Fixation et pose	90
Types de fixations des plaques nervurées à la structure.....	91
Pentes minimales (en %) des couvertures en grands éléments	92
Couvertures en petits éléments.....	93
Tuiles plates.....	93
Tuiles canal	94
Tuiles à emboîtement	94
Tuiles à glissement.....	95
Les bardeaux d’asphalte (Shingle).....	95
Les accessoires de couverture	96
Pentes minimales (en %) des couvertures en petits éléments	97
Choisir une couverture	98
Matériaux traditionnels	98
Matériaux en béton.....	98
Matériaux ondulés	99
Matériaux nervurés.....	100
LES TOITURES TERRASSES	101
Paramètres d’une toiture-terrasse	101
La pente	101
L’ACCESSIBILITE	101
Le revêtement d’étanchéité (dit « étanchéité »)	101
La protection de l’étanchéité	101
Le Liaisonnement du revêtement au support d’étanchéité	101

L'élément porteur	101
Le support d'étanchéité	101
Exemple de toiture-terrasse	102
Les revêtements d'étanchéité en feuille de bitume – mise en oeuvre	102
Toitures-terrasses sur éléments porteurs rigides	103
Les toitures terrasses et leur isolation thermique	104
La position de l'isolant par rapport à l'étanchéité	104
La pose de l'isolant - dispositions usuelles	104
Les éléments porteurs rigides supports d'étanchéité	105
Les protections rapportées sur toiture-terrasse piétonne	106
Asphalte	106
Chape ou dallage avec carrelage	106
Dalles sur plots	106
Dallettes préfabriquées	106
Briques de pavage	106
Pavés	106
Détails constructifs au droit des relevés d'étanchéité sur maçonnerie ou béton	107
Les relevés d'étanchéité sur toiture en bac métallique par relief en métal	108
Les seuils	109

LA FONDATION D'UN OUVRAGE

Fondation : Attention à l'adaptation au sol



Se renseigner au préalable :

Avant de choisir un parti de fondations, il convient de se renseigner sur la configuration et la nature du terrain.

✓ **Visite sur place**

Cette visite a pour objet de recenser les risques : terrain marécageux ou inondable, terrain dans une cuvette, traces de glissements, présence d'anciennes carrières ou d'anciennes décharges publiques, état des constructions voisines, etc.

✓ **Consultation des services compétents**

Se renseigner auprès des Services Techniques de la commune pour savoir si le terrain a été concerné par des activités antérieures, et connaître, le cas échéant, la fréquence et le niveau des crues.

✓ **Consultation des documents relatifs au site**

La consultation des cartes géologiques et, éventuellement, des atlas des carrières permet de se faire une idée approximative des risques encourus.



Reconnaître le sol :

Si l'enquête précédente n'a pas permis d'acquérir une connaissance suffisante du terrain de fondation, ou si elle a mis en évidence des risques potentiels, il convient d'effectuer une reconnaissance de sol.

Parmi les renseignements fournis par cette reconnaissance de sol doivent figurer le niveau de l'eau et, si possible, ses variations.

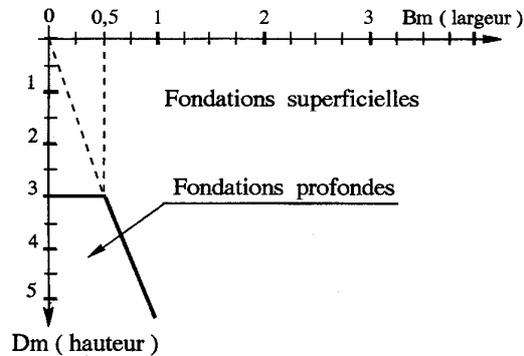
Choisir un type de fondation adapté :

En fonction des indications fournies par la reconnaissance de sol (nature, épaisseur, résistance mécanique et compressibilité des diverses couches de terrain rencontrées, niveau de l'eau, etc.), il conviendra de choisir le mode de fondations le plus adapté pour limiter l'amplitude des tassements: rigoles en gros béton, semelles en béton armé rigidifiées ou non par des longrines, radier (les fondations profondes par pieux ou puits sont réservées aux bâtiments plus lourds que les maisons individuelles). Le bon comportement du bâtiment peut nécessiter une adaptation de la structure (en général rigidification).



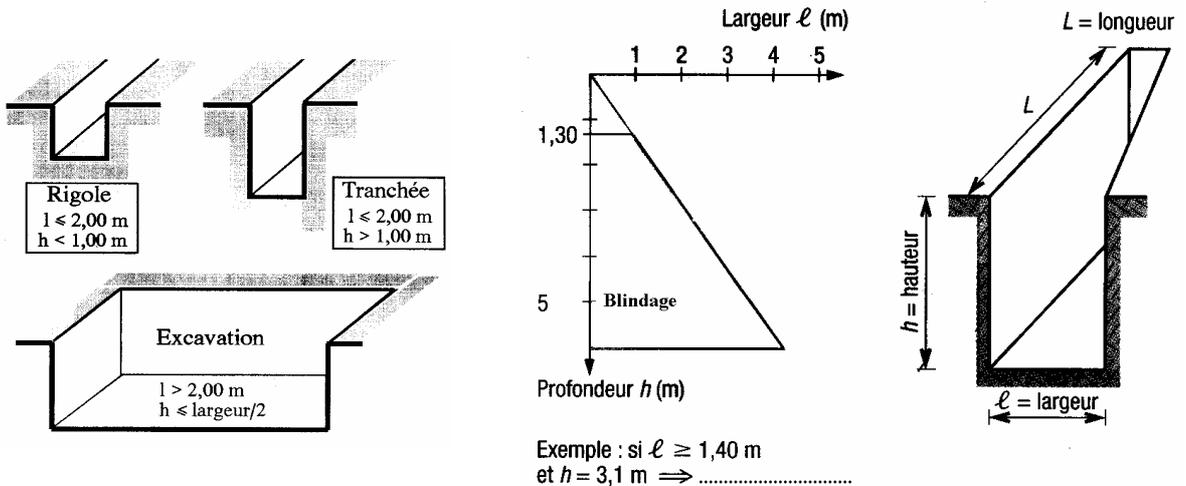
Avant propos-Définition

Les différents types de fondations – Définition



Le présent cours ne traite que des fondations superficielles

Les différents types d'excavation de terre - Définition



A noter :

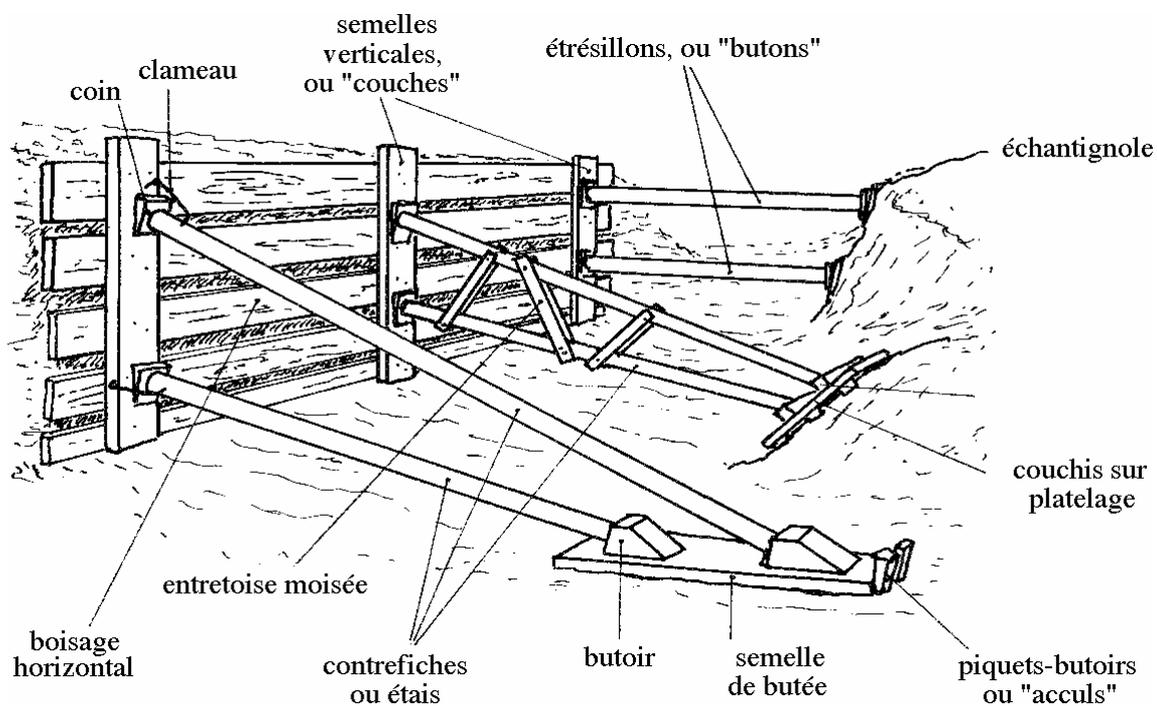
Au sujet des fouilles : question de sécurité

Il est important de noter que selon :

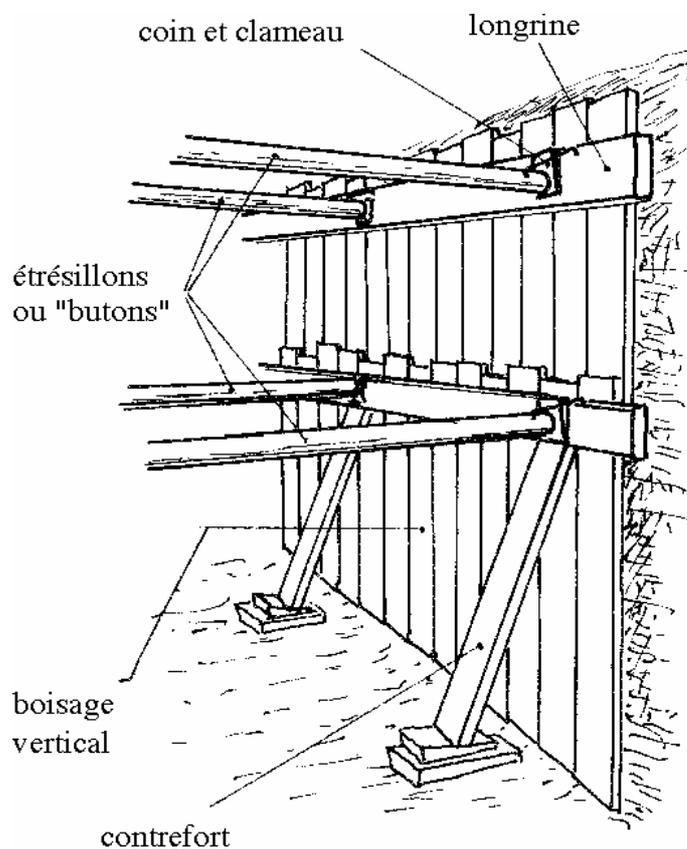
- La nature du sol,
- Sa cohésion (si sable blindage obligatoire quelque soit la profondeur de fouille),
- La présence d'eau ou non,
- La présence de charge importante à proximité ou non (cas des routes, talus de déblais)

, détermine la nécessité ou non d'un blindage.

Blindage à boisage horizontal

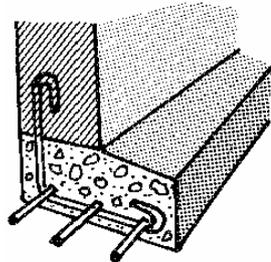


Blindage à boisage vertical



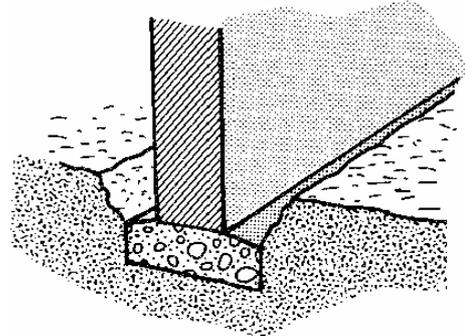
LES FONDATIONS SUPERFICIELLES

Fondation par semelle continue

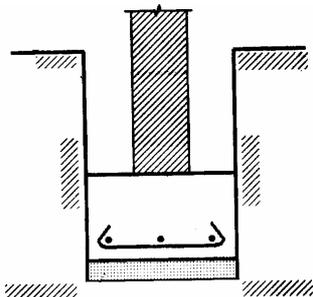


semelle filante armée, excentrée

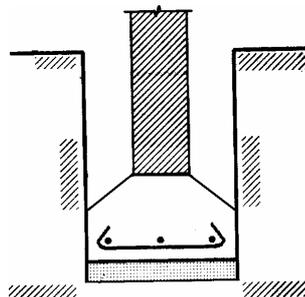
semelle filante sous mur
(la semelle est armée si la stabilité du sol n'est pas certaine)



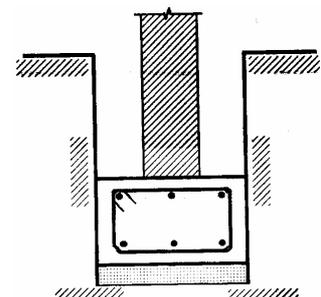
Famille des semelles continues en Béton armé



Semelle continue en BA



Semelle continue en BA avec glacis



Semelle continue en BA avec armature renforcée

Dispositions constructives usuelle pour les semelles continues en béton armé :

- ◆ Si la charge linéaire à supporter est P , et la contrainte admissible du sol est σ : il faut

$$\sigma \geq \frac{P}{B}$$

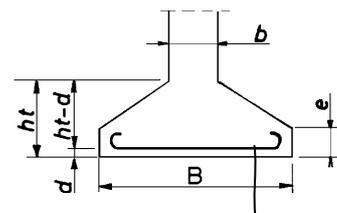
alors avoir

- ◆ La hauteur des semelles est au moins égale à :

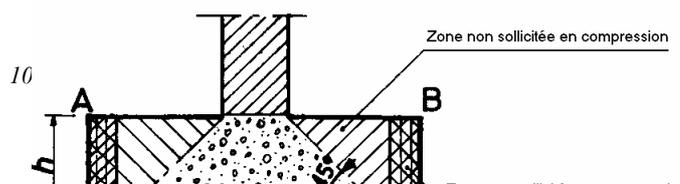
$$h_t = 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4} \quad (\text{la semelle est dite alors rigide})$$

- ◆ Enfin la hauteur e doit être telle que $e \geq 6 \cdot \phi + 6 \text{ cm}$

avec ϕ diamètre de l'armature porteuse (prendre 1 cm en pratique)



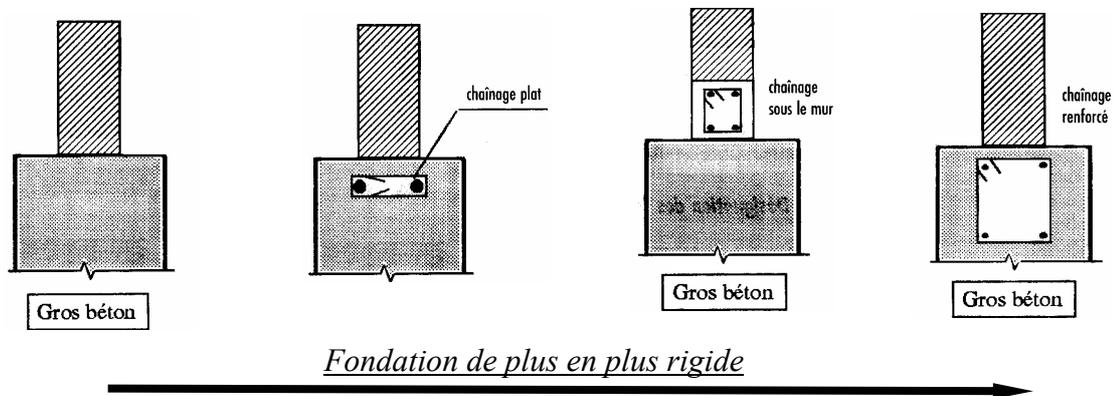
Armature porteuse



A noter :

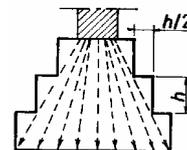
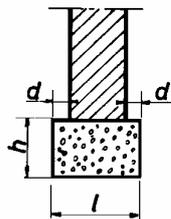
- Pourquoi faire un glacis ?
- Pourquoi parle-t-on de semelle Rigide ?

Famille des semelles continue en gros béton (cas des constructions légères)



Dispositions constructives usuelles pour les semelles continues en gros béton

A noter : Variante possible : Fondation en gradin (économique mais compliqué à faire)



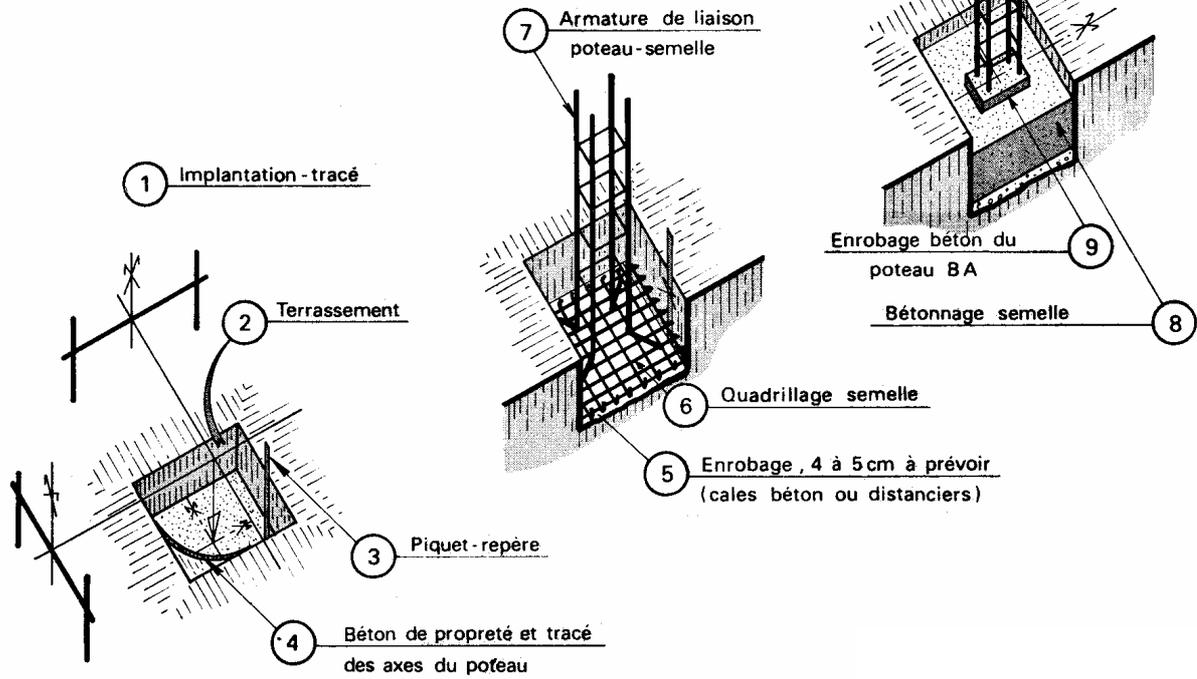
1. Si la charge linéaire à supporter est P , et la contrainte admissible du sol est σ : il faut alors avoir $\sigma \geq \frac{P}{l}$
2. Avec $d \leq h/2$

A noter :

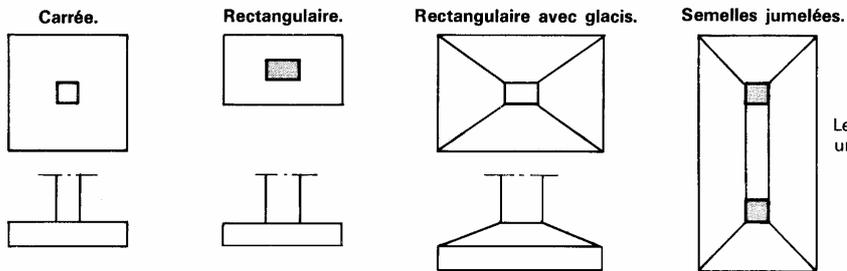
Si le critère n° 2 n'est pas vérifié, la semelle en gros béton devra être nécessairement armé

Fondation par semelle isolée

Mise en oeuvre

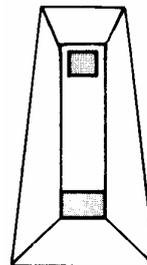
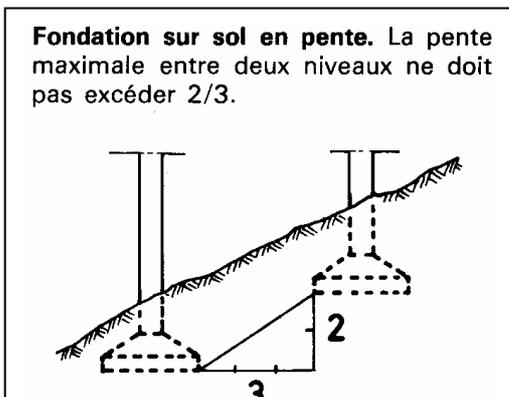


Exemples de semelles isolée



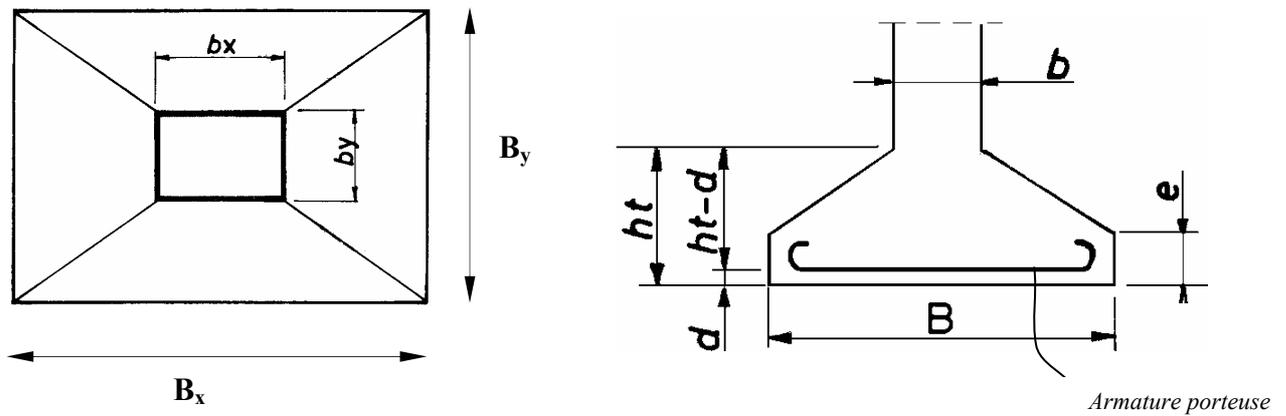
Les poteaux supportent une charge identique.

A noter :



La charge imposée à chaque poteau est différente.
La forme trapézoïdale de la semelle est dans le sens de l'égalisation des pressions sur le terrain.

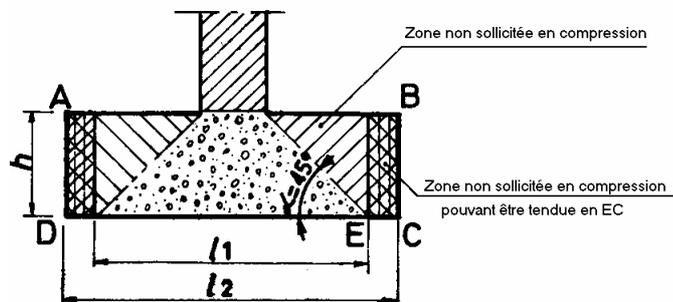
Dispositions constructives usuelle pour les semelles avec glacis



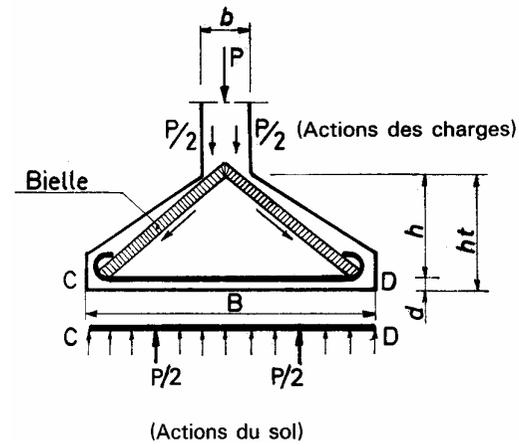
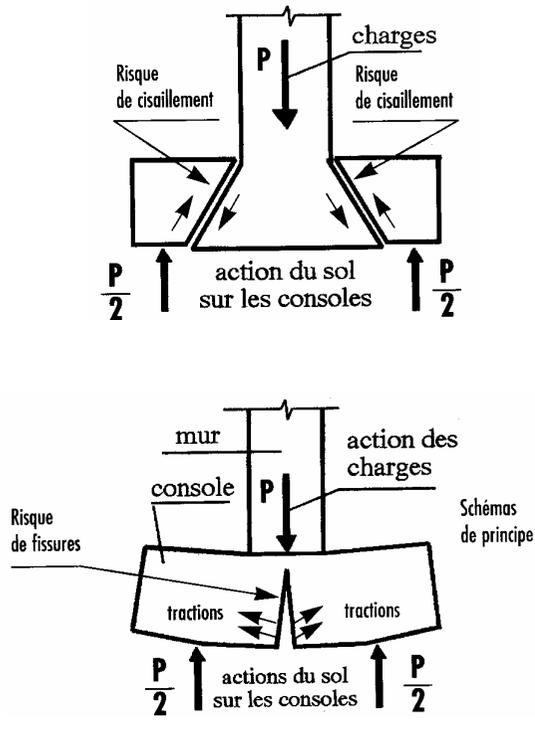
1. Autant que possible avoir des sections homothétiques, soit : $\frac{B_x}{b_x} = \frac{B_y}{b_y}$
2. Si la charge à supporter est P, la contrainte admissible du sol est σ : il faut alors avoir
$$\sigma \geq \frac{P}{B_x \cdot B_y}$$
3. La hauteur des semelles est au moins égale à : $h_t = 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4}$ (la **semelle** est dite alors **rigide**)
4. Enfin la hauteur e doit être telle que $e \geq 6 \cdot \phi + 6 \text{ cm}$ avec ϕ diamètre de l'armature porteuse (prendre 1 cm en pratique)

Exercice

Pourquoi faire un glacis ?



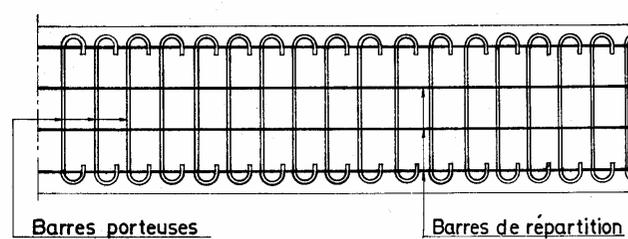
Fonctionnement d'une semelle de fondation superficielle en béton armé



Mode de fonctionnement :

- ✓ La transmission des charges verticales qui agissent à la partie supérieure de la semelle est assurée par des « **bielles de compression** », symétriques par rapport à l'axe.
- ✓ Les bielles obliques ont tendance à provoquer un effort de traction sur le béton à la partie inférieure de la semelle.
- ✓ L'armature transversale de la semelle a pour fonction d'équilibrer les efforts de traction dans le béton

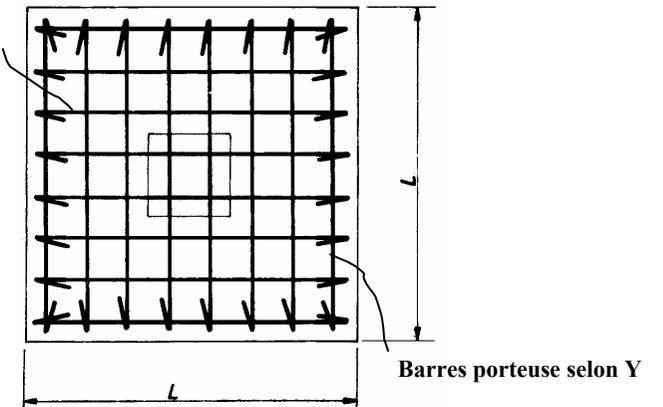
Conséquence :

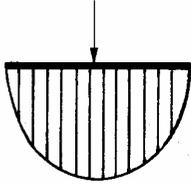
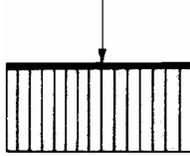
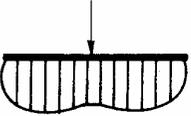
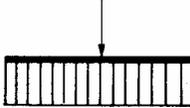
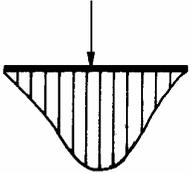
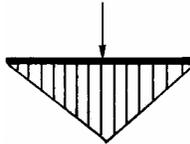


Cas des semelles continues armées

Barres porteuse selon X

Cas des semelles isolées armées



Diagrammes réels <i>(réaction du sol)</i>	Cas rencontrés	Diagrammes théoriques <i>(modélisation de la réaction du sol)</i>	Section d'armature <i>(cas des semelles armées ; concerne la section de l'armature porteuse)</i>	Section d'armature de répartition <i>(cas des semelles filantes armées)</i>	Remarques
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Semelles rigides $(H_t \geq 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4})$ ✓ Sols pulvérulents 		$A = \frac{1}{8} \cdot P \cdot \frac{(B - b)}{(h_t - d)} \cdot \frac{1,15}{f_e}$ (voir A_x ou A_y si semelle isolée avec respectivement B_x et b_x , et B_y et b_y)	$A_{\text{répartition}} = 1/3 \cdot A_{\text{porteur}}$	Semelle rigide indispensable pour les sols pulvérulents
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Semelles flexibles $(H_t < 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4})$ ✓ Sols cohérents 		$A = \frac{1}{8} \cdot P \cdot \frac{(B - b)}{(h_t - d)} \cdot \frac{1,15}{f_e}$ (voir A_x ou A_y si semelle isolée avec respectivement B_x et b_x , et B_y et b_y)	$A_{\text{répartition}} = 1/3 \cdot A_{\text{porteur}}$	
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Semelles flexibles $(H_t < 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4})$ ✓ Sols pulvérulents 		$A = \frac{1}{24} \cdot P \cdot \frac{(2.B - 3.b)}{(h_t - d)} \cdot \frac{1,15}{f_e}$ (voir A_x ou A_y si semelle isolée avec respectivement B_x et b_x , et B_y et b_y)	$A_{\text{répartition}} = 1/3 \cdot A_{\text{porteur}}$	On constate que pour certaines valeurs de $(b ; B)$ on peut avoir une section d'acier négative

A noter :

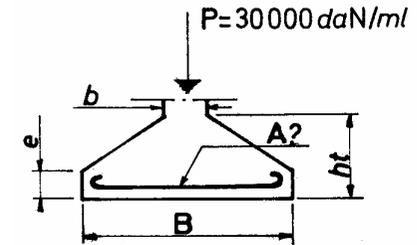
Sur **sol cohérent**, une semelle flexible est préférable à une semelle rigide (meilleure utilisation du sol)

Sur **sol pulvérulent**, une semelle rigide est préférable à une semelle flexible (meilleure utilisation du sol)

Exercice d'application :

Considérons une semelle continue.

1. Quelle est la largeur B de semelle à choisir pour supporter $30\,000\text{ daN/ml}$ (charge ultime soit $30\,000\text{ daN/ml} = 1,35.G + 1,5 Q$, cf. cours de dimensionnement des éléments de structure), sachant que la contrainte admissible pour le sol est de $\sigma = 2\text{ daN/cm}^2$? (σ = Contrainte de calcul q_u divisée par 2, cf. cours de géotechnique)
2. En fonction de la largeur de semelle B juste calculé ci-avant, et en sachant que $b = 30\text{ cm}$, calculer la hauteur de semelle h_t nécessaire pour obtenir une semelle rigide
3. Quel est la section d'acier nécessaire pour supporter la charge de $30\,000\text{ daN/ml}$ avec $B = 150\text{ cm}$, $b = 30\text{ cm}$, $h_t = 35\text{ cm}$, $d = 5\text{ cm}$ et $f_e = 400$ (on suppose donc que pour cette largeur B , le sol est suffisamment porteur). Le sol est considéré comme cohérent.
4. Quelle est alors la section d'acier de répartition ?
5. Est-il possible de remplacer cette semelle filante en semelle en gros béton non armé et sous quelles conditions ?
6. Le prix du gros béton est de $80\,000\text{ CFA/m}^3$; le prix du béton armé de $100\,000\text{ CFA/m}^3$. Quel est le partie le plus économique entre une semelle filante en gros béton ou en béton armé dans notre contexte ?



Réponse :

1. $h_t = 35 \text{ cm}$
2. $B = 150 \text{ cm}$
3. $A_{\text{porteur}} = 4,31 \text{ cm}^2$
4. $A_{\text{répartition}} = 1,44 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ faible donc chaînage minimal soit $A_{\text{répartition}} = 2 \text{ cm}^2$
5. Si le débord d de la semelle est inférieur à la moitié de la hauteur (un chaînage filant à la base pouvant être nécessaires)

Cas de la semelle isolée excentrée

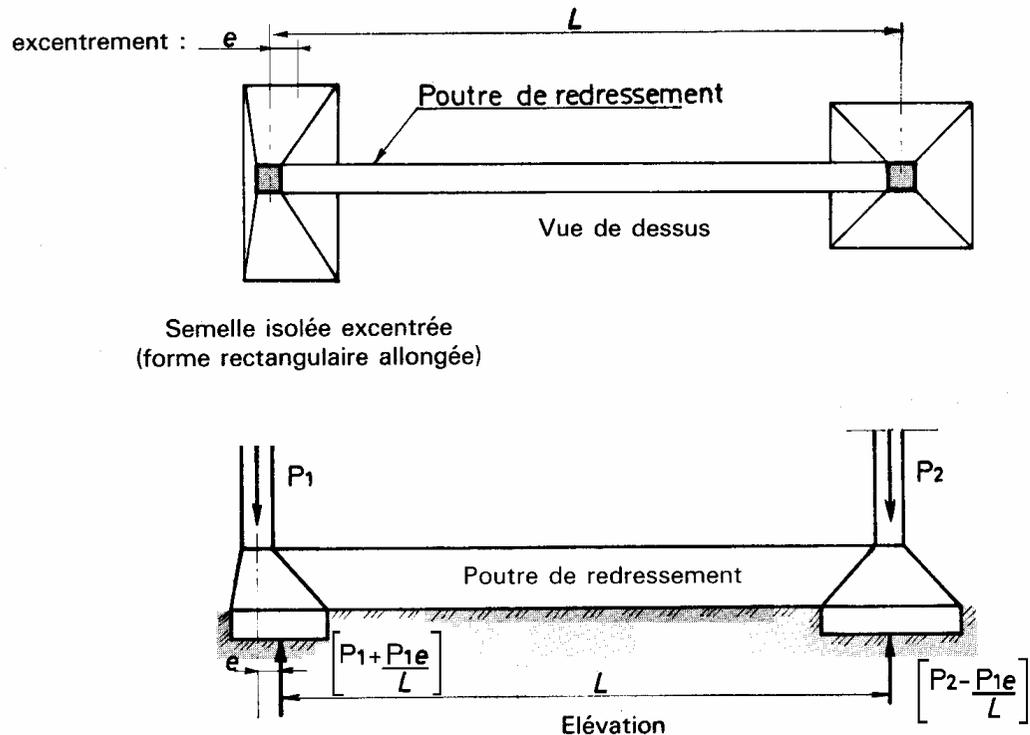
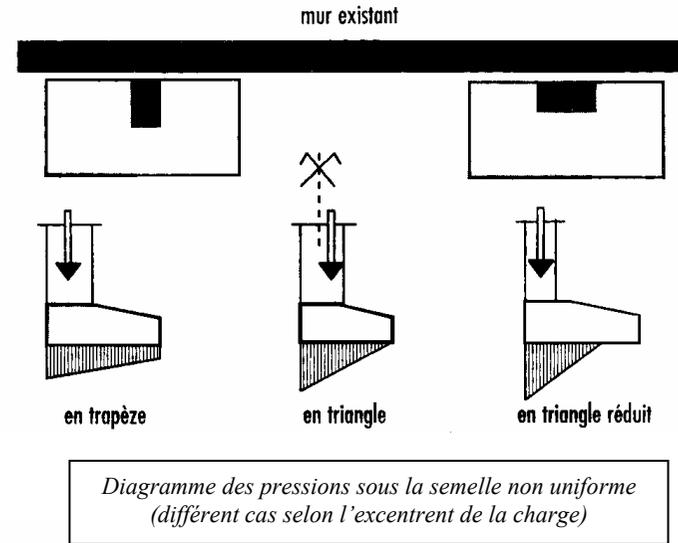
On rencontre un tel cas le plus souvent pour des semelles sous poteaux .

Implantées en rive de propriété ou contre un mur existant.

Le diagramme des pressions est alors tel que l'on peut rapidement dépasser la limite élastique du sol, sans parler tout simplement d'une rotation de la semelle qui pour un bâtiment en hauteur peut avoir des conséquences fâcheuses.

Il convient donc de chercher à ré-obtenir un diagramme uniforme des pression sous la semelle (ie rectangle).

La solution consiste à adjoindre **une poutre de redressement**, dont le mode de fonctionnement est le suivant :



La poutre de redressement compense le moment égal à : $P_1 \times e$

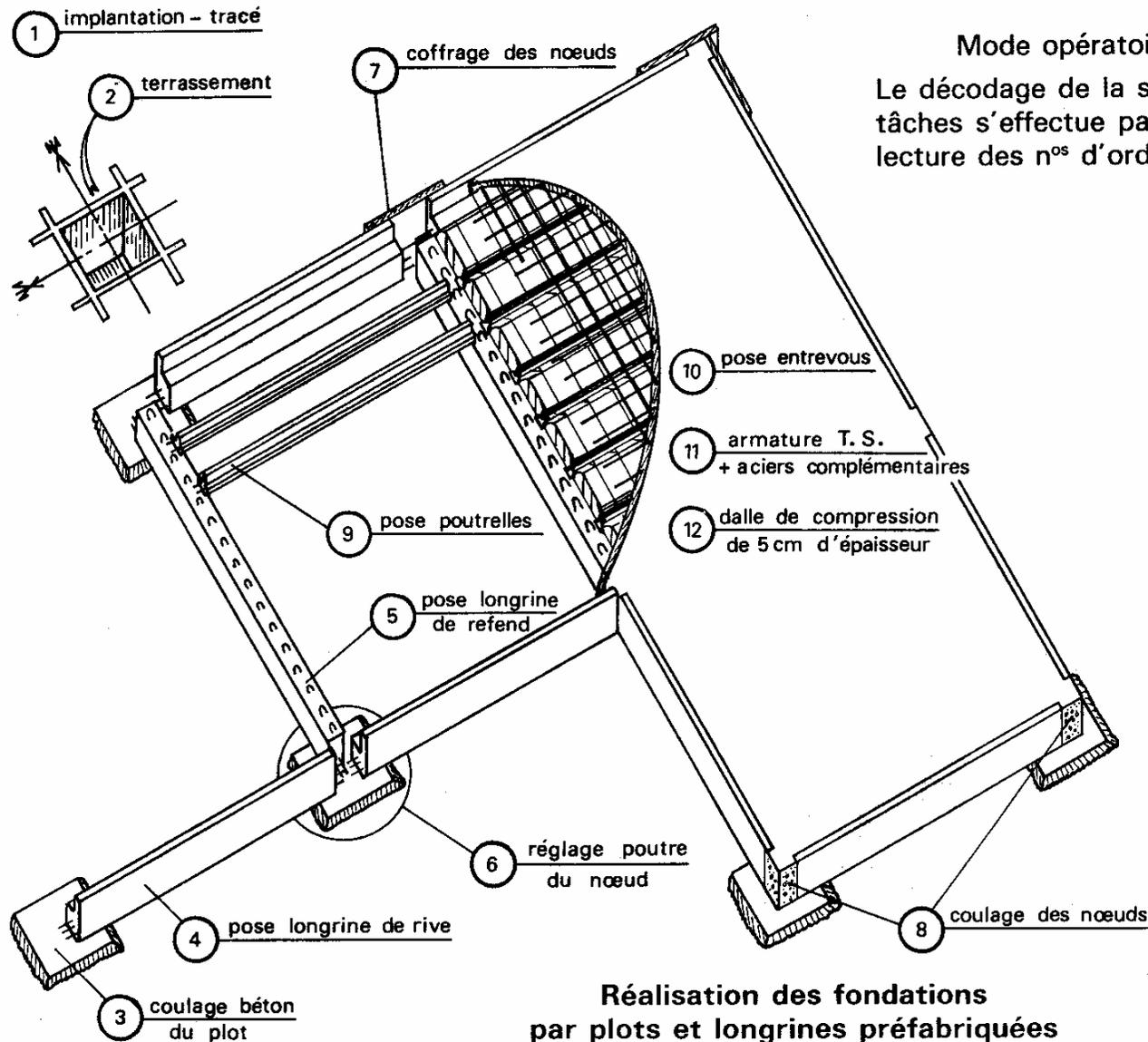
Il reste alors à vérifier que le sol peut reprendre

l'effort $\left[P_1 + \frac{P_1 \cdot e}{L} \right]$

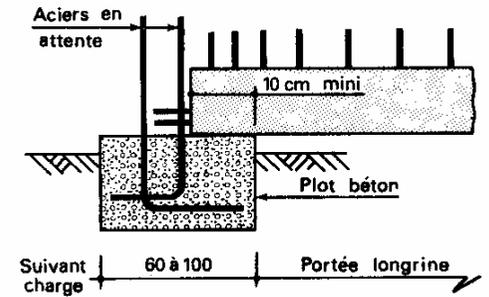
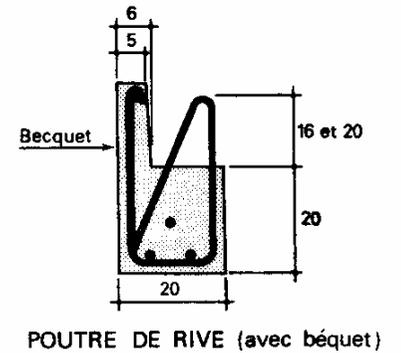
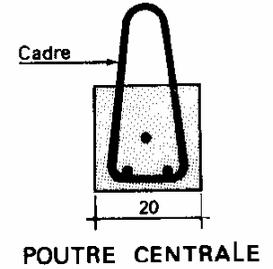
Pour dimensionner la poutre

Pour dimensionner la semelle

Les longrines (cas des bâtiments posés sur fondations ponctuelles et dallage porté)



Mode opératoire
 Le décodage de la suite des tâches s'effectue par simple lecture des n^{os} d'ordre.



Réalisation des fondations par plots et longrines préfabriquées

Les radiers

Si le sol est très mauvais, les semelles deviennent très larges et tendent à occuper tout l'entre-axe des poteaux. On a alors affaire à un radier. Un radier est donc :

- Une dalle en béton armé posé à même le sol sous toute l'emprise du bâtiment,
- Une dalle de forte épaisseur (0,5 à 1 mètre d'épaisseur),
- Une dalle nervurée ou non (poutre incluse ou non dans l'épaisseur du radier, en particulier au droit des appuis de poteau)
- Une dalle lestée ou non avec des granulats lourds (scories de haut fourneaux : densité 7, 8 au lieu de 2,5 pour des cailloux usuels)

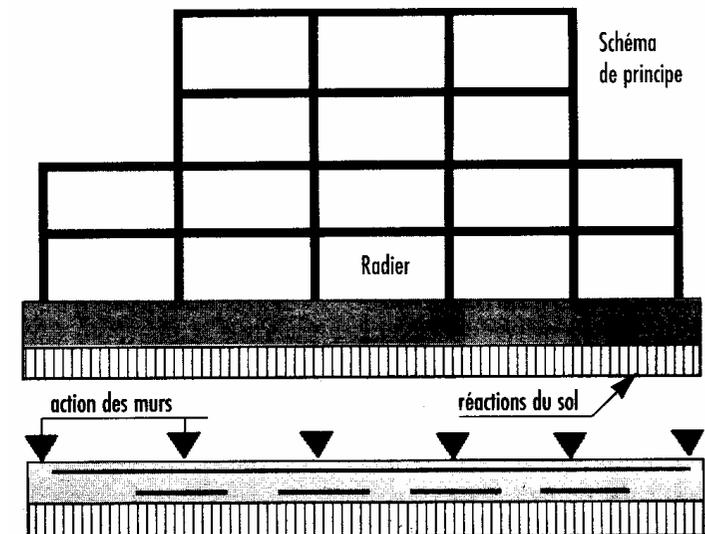
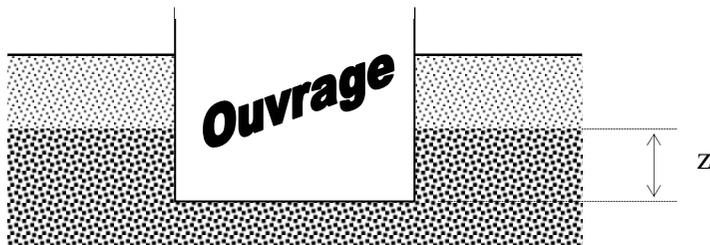
On distingue deux utilisations des radiers :

- Les radiers sur mauvais sol,
- Les radiers formant cuvelage pour lester un ouvrage en particulier face aux poussées hydrostatique (exemple de l'ambassade d'Afrique du Sud à Paris en bords de Seine qui à défaut d'être lester est un bâtiment qui flotte avec une variation de hauteur sur l'année : ± 15 cm ; cas des piscines, fosses, cales sèche pour navire...)

A noter :

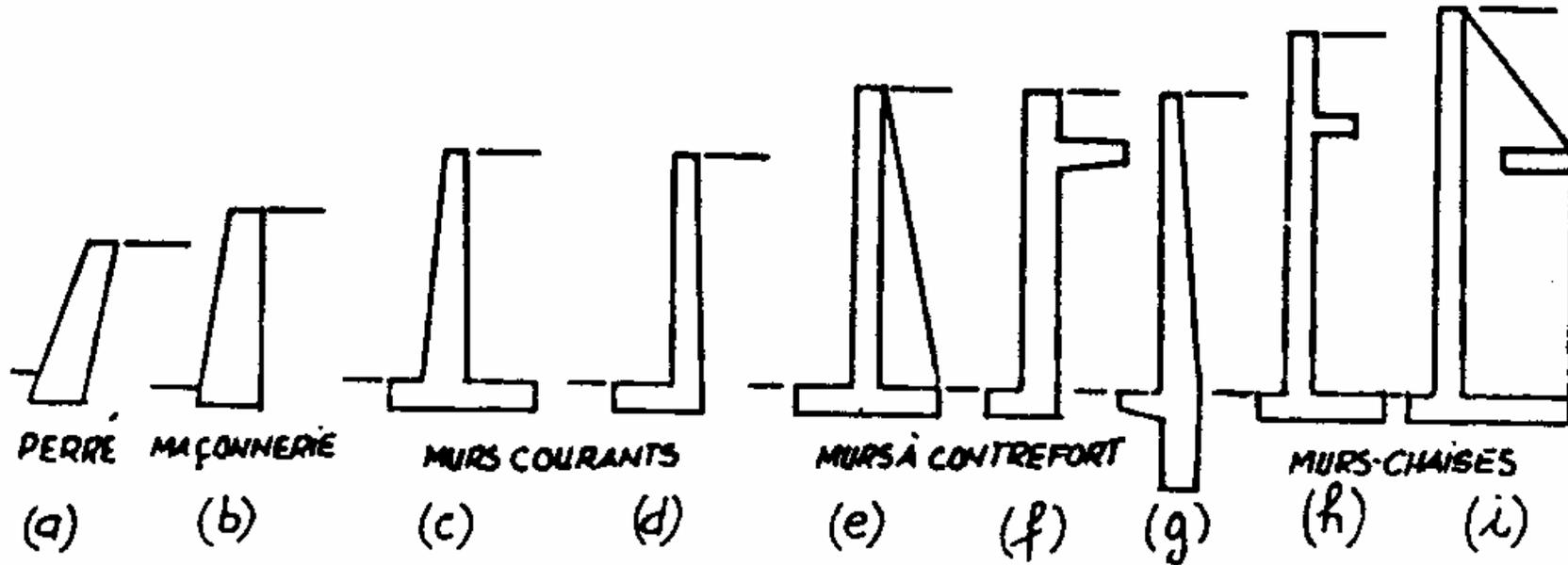
1. Un radier se calcule comme un plancher renversé (hypothèse de calcul d'une répartition uniforme des pressions sur le sol ; mêmes valeurs de pré-dimensionnement que les poutres et planchers).
2. Si le radier doit servir de leste, on prend habituellement un coefficient de sécurité de 1,5. vis-à-vis du risque de soulèvement et on vérifie que : $P \geq 1,5.S.z$

Z = pression hydrostatique en t/m²
S = surface du sol en m²
P = poids total du bâtiment en tonnes



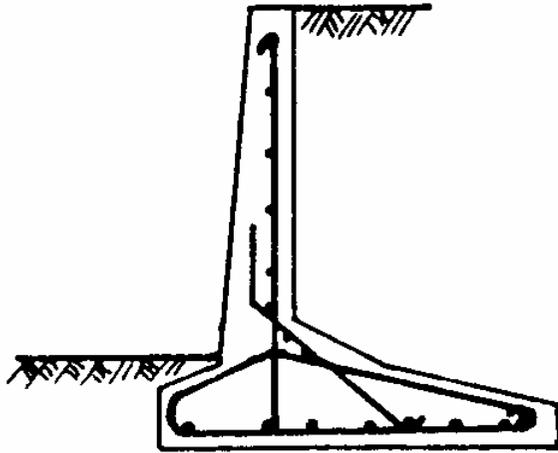
Les murs de soutènements

Ce sont des ouvrages indépendants fondés presque toujours superficiellement et dont la seule fonction est de reprendre la poussée des terres. Ils sont de différents types suivant la hauteur à soutenir et suivant qu'on se trouve ou non en limite de propriété.



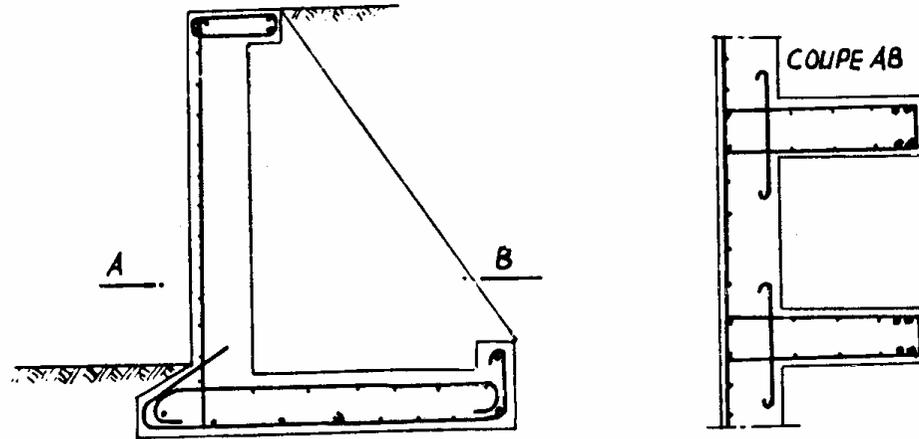
Schémas détaillés de quelques types de murs

Il s'agit des dispositions constructives ou encore solutions, le plus usuellement adoptées.



Voile de soutènement fonctionnant en console sur sa semelle

Cette solution ne convient que pour de faibles hauteurs (inférieures à 3 ou 4 m).



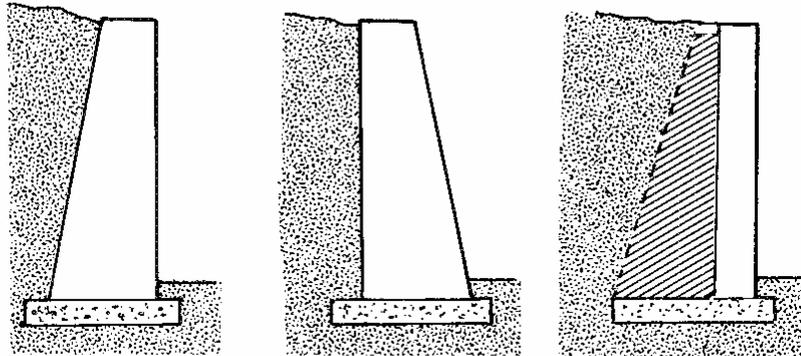
Voile de soutènement avec contreforts

C'est la solution la plus courante pour des hauteurs moyennes et même relativement importantes (supérieures à 3 ou 4 m).

Cependant pour de telle hauteur on préfère l'utilisation de tirant d'ancrage (voir principe rabattement de nappe ci-après)

Détails sur murs de soutènement (variantes)

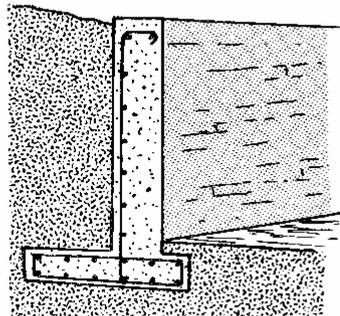
murs-poids en béton banché ou en maçonnerie de blocs pleins ou de moellons



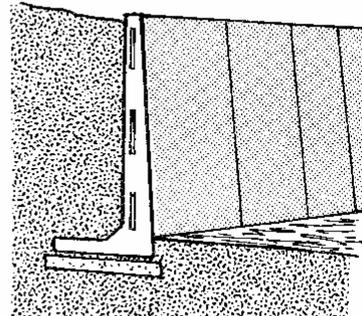
à contrefruit

à fruit

à contreforts intérieurs



soutènement en béton armé
(principe d'armature)

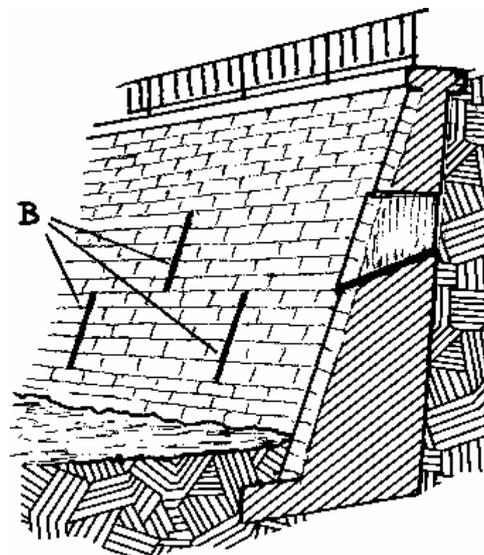


soutènement en éléments
préfabriqués juxtaposés, sur
semelle et lit de sable

A noter :

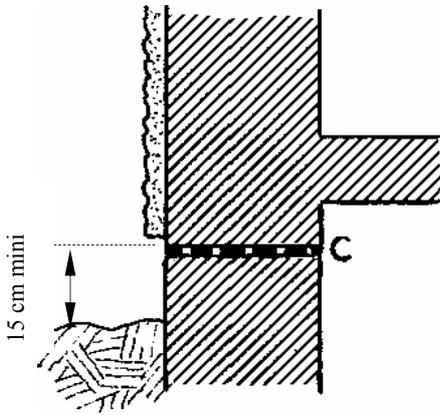
Attention à ne pas oublier les barbacanes si nécessaire

B pour barbacanes
(écoulement de l'eau)

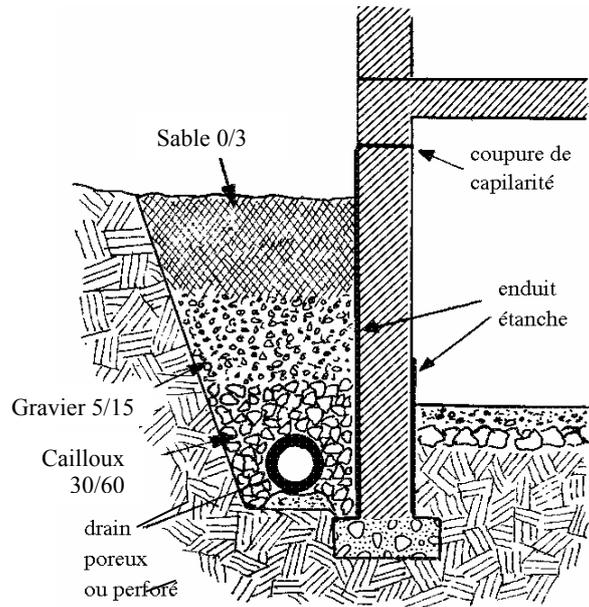


L'eau et les fondations

Les bas de murs

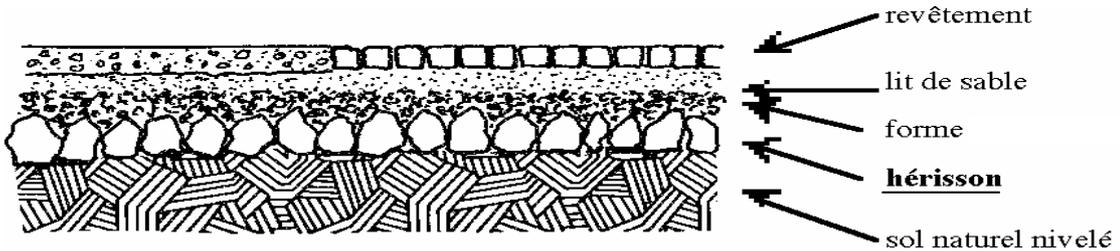


Coupure de capillarité



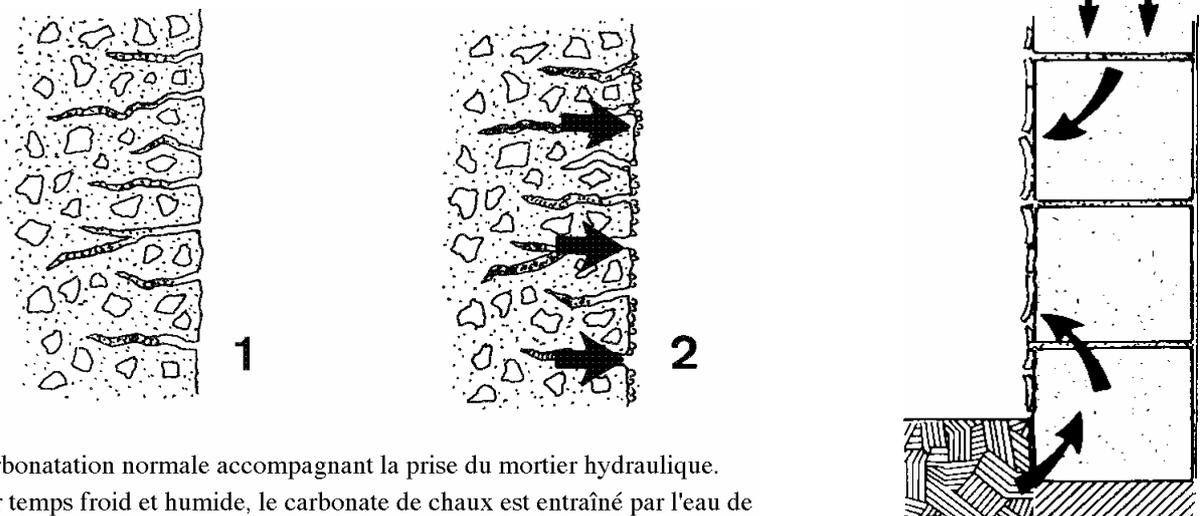
Drainage de sol en pied de mur (cas général)

Les dallages



Détail constructif d'un hérissron (sous couche drainante sous dallage, route, ...)

Pathologie associée aux bas de murs non protégés en pied par une barrière étanche

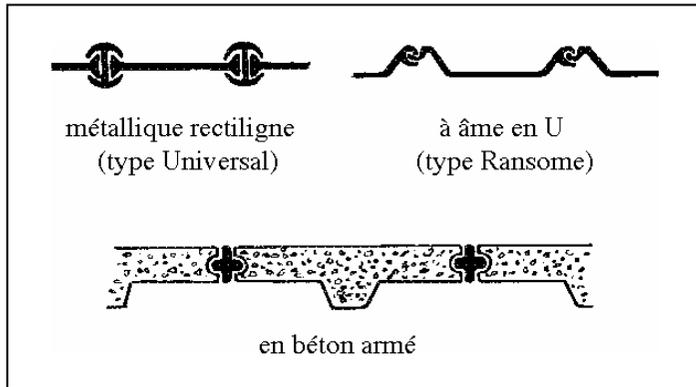


1. carbonatation normale accompagnant la prise du mortier hydraulique.
2. par temps froid et humide, le carbonate de chaux est entraîné par l'eau de gâchage vers l'orifice des capillaires, où il se dépose en petits cristaux blancs insolubles : dans ce cas, la carbonatation est visible.

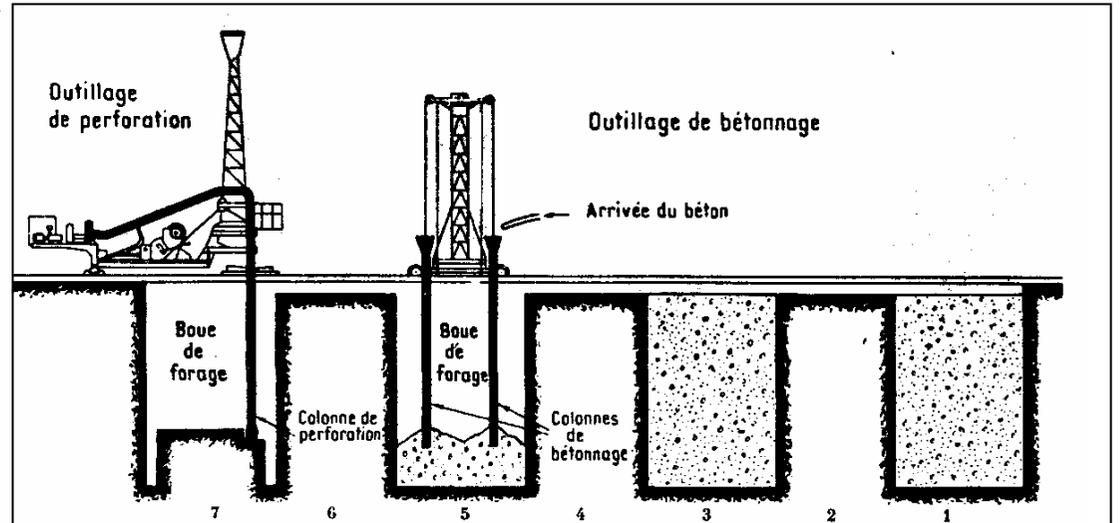
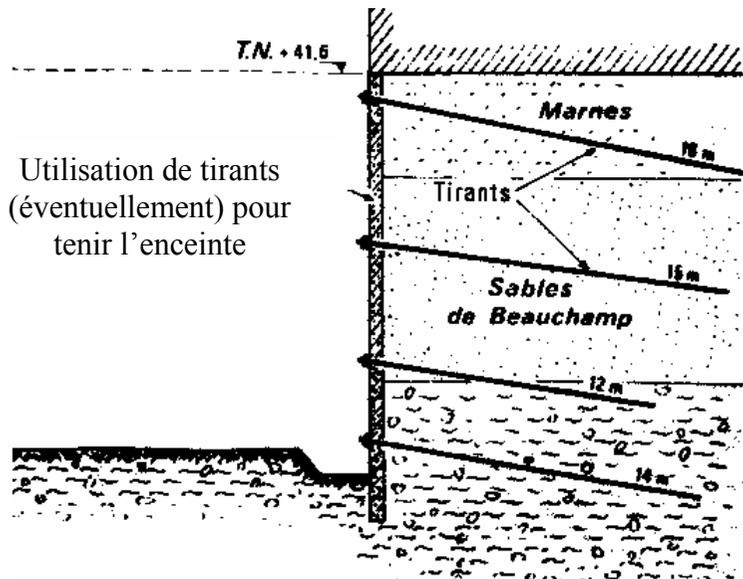
Cas extrême : décollement de l'enduit

Principe du rabattement de nappe

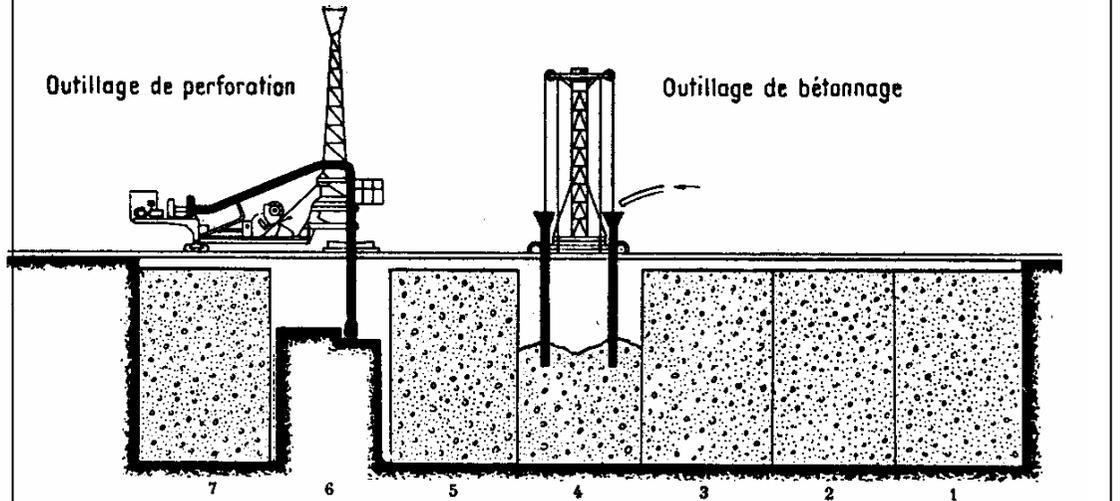
1 – Installation d’une enceinte
(palplanche, paroi moulée ...)



Exemples de palplanches

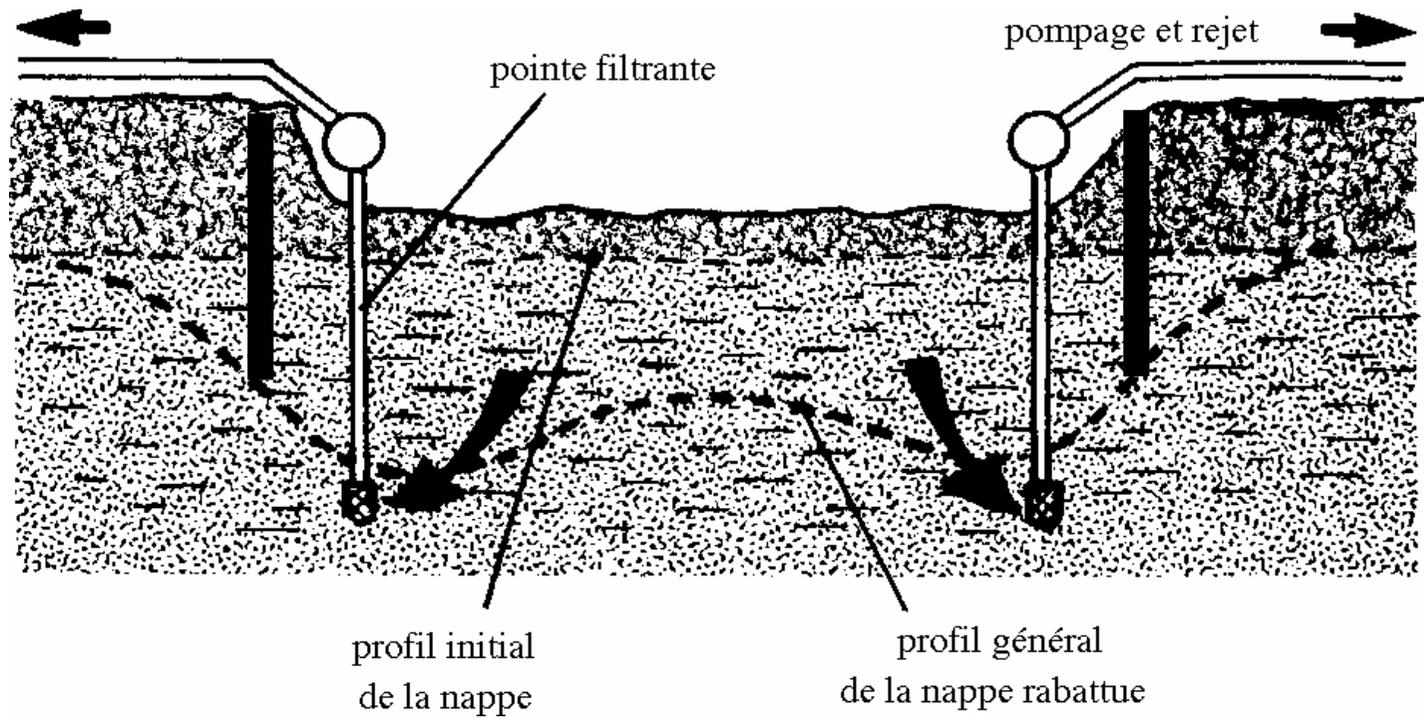


1^{er} temps - Forage et bétonnage des panneaux impairs



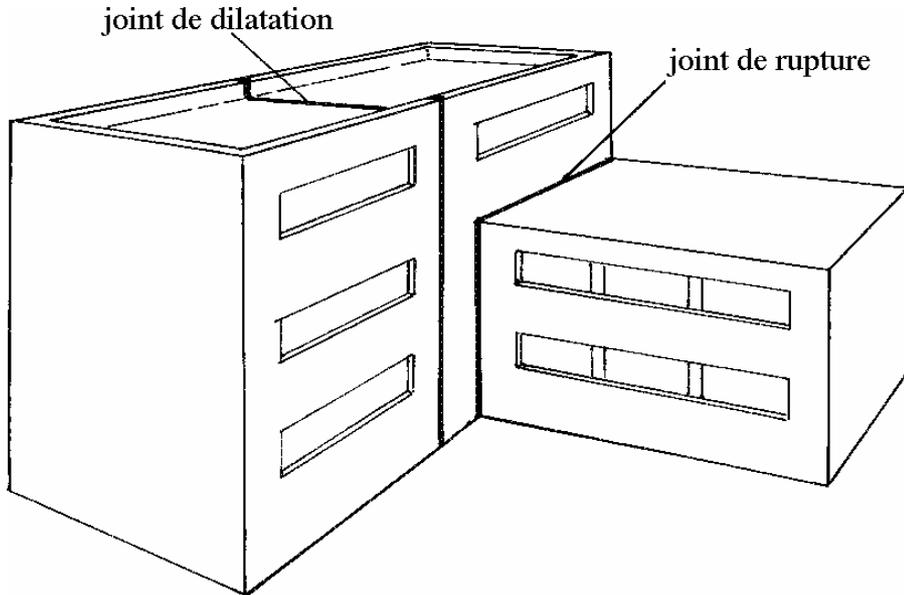
2^e temps - Forage et bétonnage des panneaux pairs

2 – Rabattement de la nappe



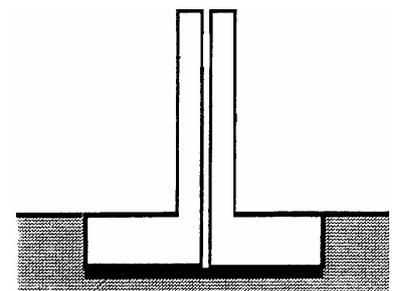
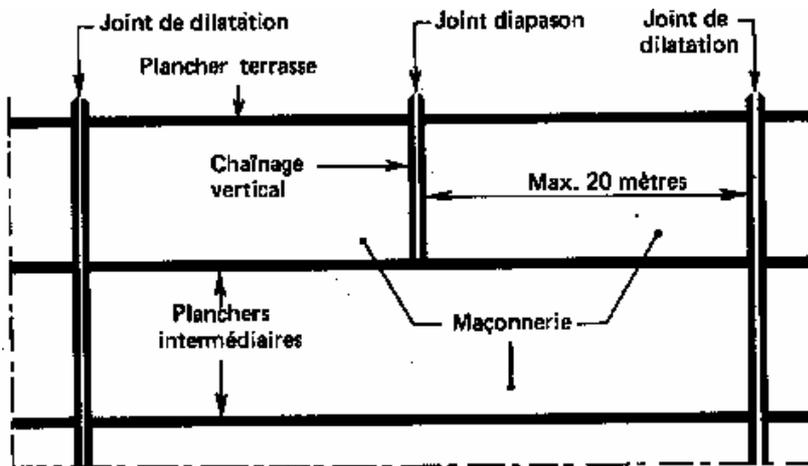
LES JOINTS CONSTRUCTIFS

Définitions

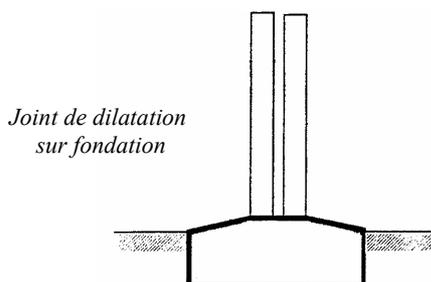


Les joints de rupture sont indispensables lorsque :

- Deux bâtiments/ouvrages sont de nature différentes (poids propre, charge d'exploitation),
- Il existe des terrains avec changement brusque de compression
- Un nouveaux bâtiment est accolé à un ancien (tassement du bâtiment le plus récent).



Joint de rupture sur fondation



Joint de dilatation sur fondation

A noter :

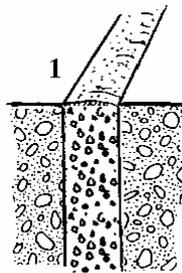
La fondation d'un nouveau bâtiment accolé à un ancien, se met **toujours à la même profondeur** que celle du bâtiment ancien.

En Afrique : joint de dilatation tous les **20 m**

Traitement des joints (cas les plus courants)

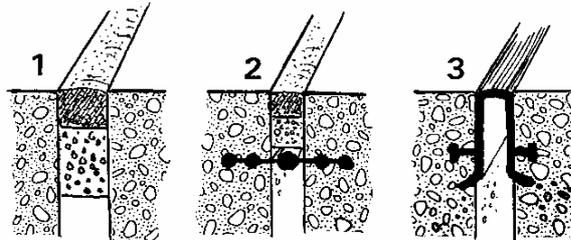
Joint simple

- 1 . Polystyrène
(joint non étanche)

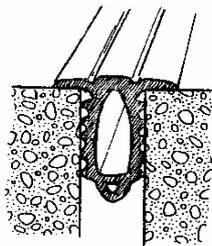


Joint étanche

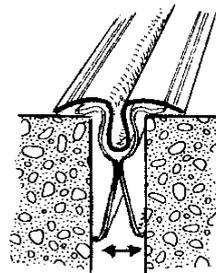
- 1 . mastic élastomère
sur fond de joint
2 . idem, avec profilé
élastomère incorporé
3 . joint profilé
plastique incorporé



Couvre joint



en profil élastomère
compressible



en tôle profilée
formant ressort, et
profilé rigide de surface

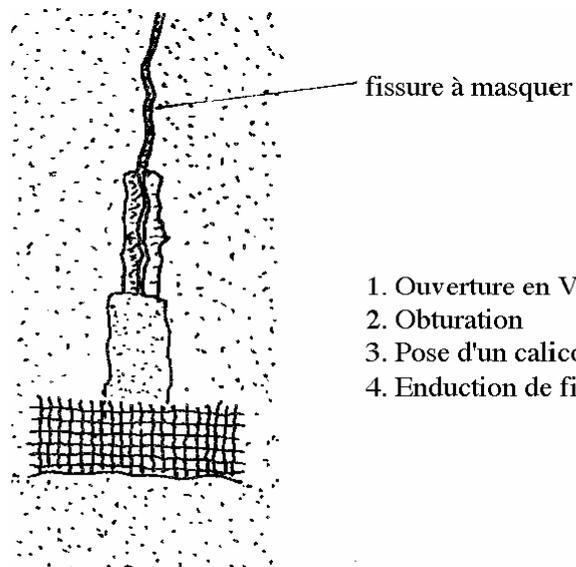
La fissure

La fissure est l'expression d'un joint qui a été oublié quelque part.

Le traitement de ce joint particulier nécessite d'abord que la cause en soit maîtrisée.

Il existe deux types de fissure :

- Fissure morte (retrait, tassement)
- Fissure vivante (dilatation thermique ou hydrique)



fissure à masquer

1. Ouverture en V de la fissure
2. Obturation
3. Pose d'un calicot débordant
4. Enduction de finition

Traitement d'une fissure morte

Cas des dallages sur terre plein (ou encore dallage non porté)

Sur un dallage on rencontre :

Joint de dilatation (A)

Il reprend la dilatation du dallage ; il traverse le dallage sur toute son épaisseur.

Joint de désolidarisation (B)

Il permet les mouvements différentiels du dallage par rapport à des points fixes et assure une isolation acoustique; il traverse le dallage sur toute son épaisseur.

Joint de retrait (C)

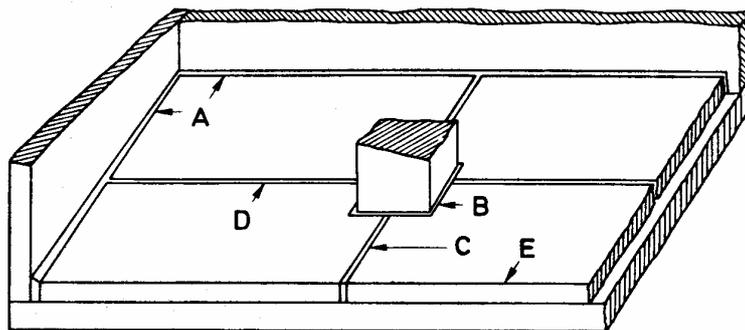
Il canalise la fissure de retrait lié au séchage du dallage ; il ne traverse pas l'épaisseur du dallage (1/4 seulement de son épaisseur).

Joint d'exécution (D)

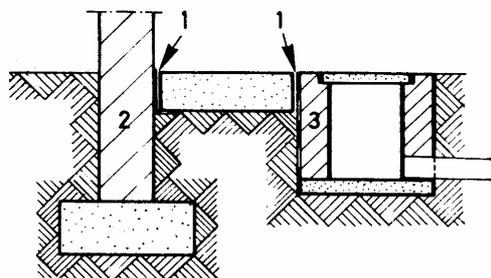
Il résulte du travail en bandes ou en panneaux ou de l'arrêt de travail en fin de journée ; il traverse le dallage sur toute son épaisseur.

Joint de structure (E)

Il correspond à des interruptions de continuité/changement de portance du support (exemple passage du terre plein à la semelle de fondation) ; il ne traverse pas l'épaisseur du dallage (1/4 seulement de son épaisseur).



Exemple



- 1 = joint de désolidarisation
- 2 = poteau/longrine/mur
- 3 = caniveau technique (par exemple)

A noter :

Un dallage sur terre plein est en béton armé de 8 à 15 cm (maison individuelle : 8 cm mini et conseillé 10 cm ; dallage industriel 12 cm mini et 15 cm conseillé). Il se calcule en appliquant la théorie des plaques.

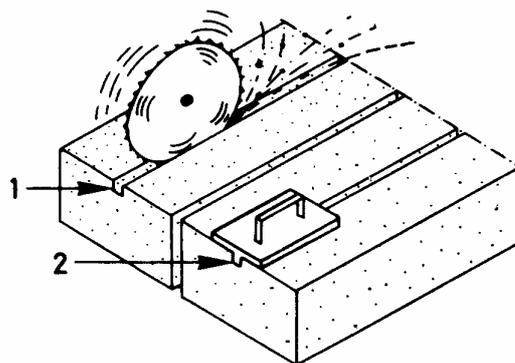
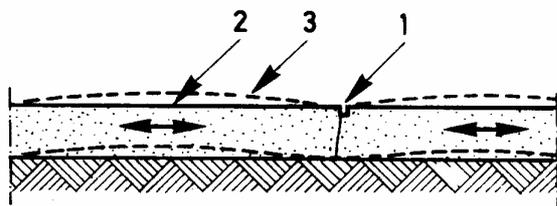
La dalle est armée à l'aide d'un treillis soudé dont le diamètre des armatures est toujours $\leq h/10$
L'écartement entre acier S_t est de :

- Charge répartie : $S_t \leq 3,5.H$
- Charge concentrée : $S_t \leq 2.H$

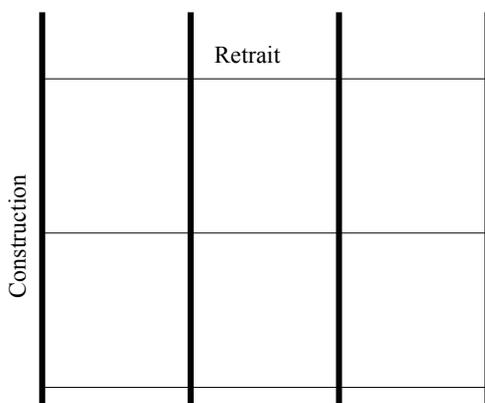
Densité d'armature usuelle : $1,10 \text{ Kg/m}^2$
(charge d'exploitation 250 Kg/m^2)

Joint de retrait – Mise en oeuvre

- 1 = joint de retrait
- 2 = dallage
- 3 = bombement possible par gradient thermique (mise en charge) ⇒ systématiquement un joint de dilatation en périphérie des murs (pour éviter la mise en charge)



Vue de dessus d'un dallage : joint de construction et de retrait

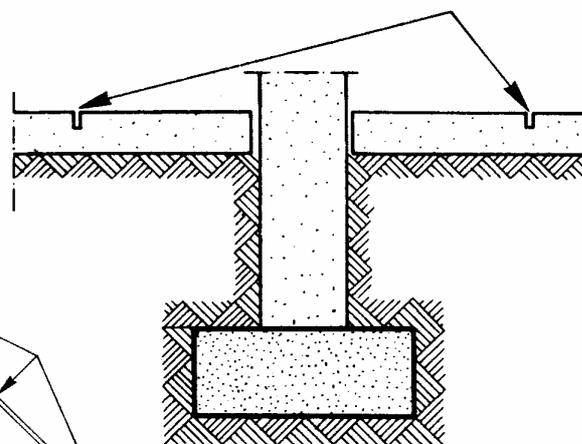
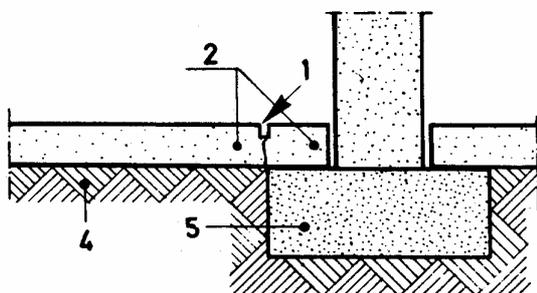


Coulage par bandes

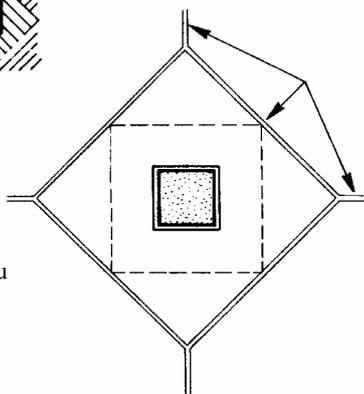
A noter :

Dans tous les cas les joints de retrait doivent être en vis-à-vis.
Maillage des joints de retrait : 5x5 à 8x8 m²

Joint de structure - Mise en oeuvre

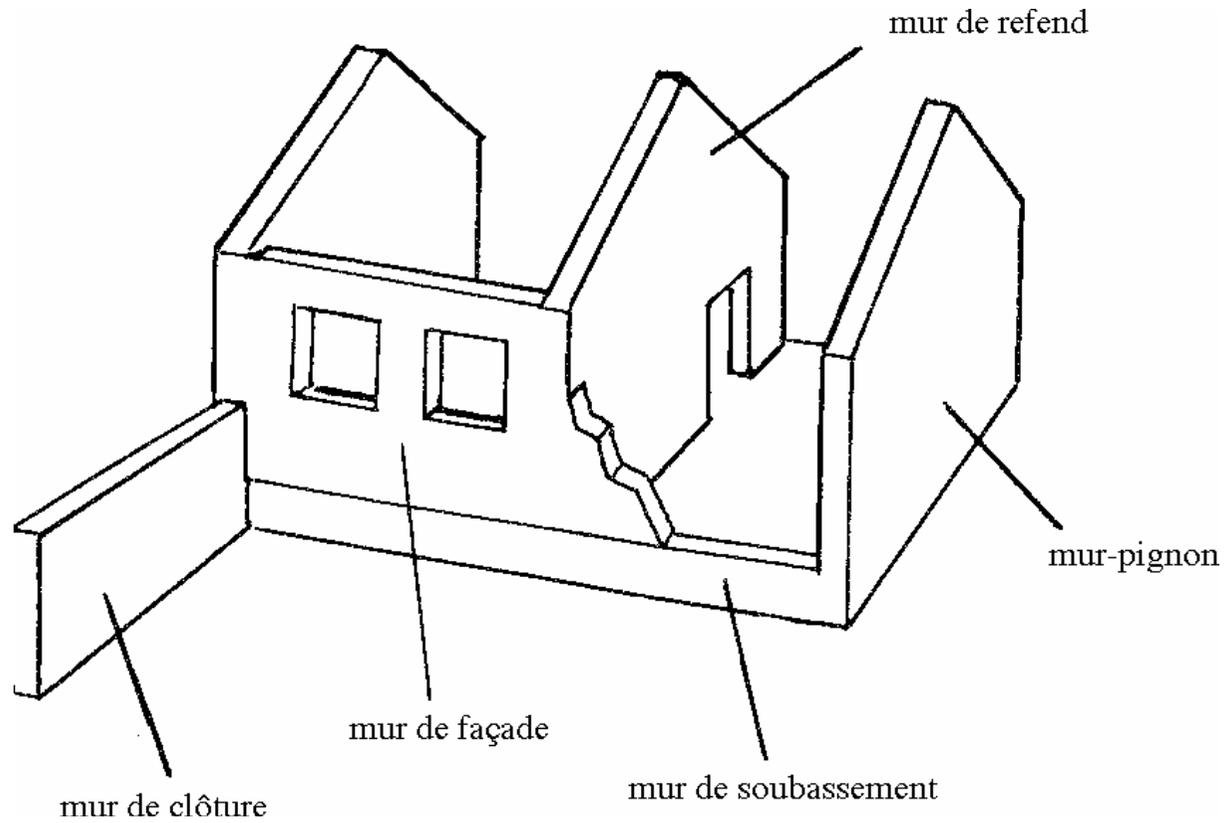


Vue de dessus autour du poteau



LES MURS DE FAÇADE

Désignation des murs selon leur position ou leur fonction



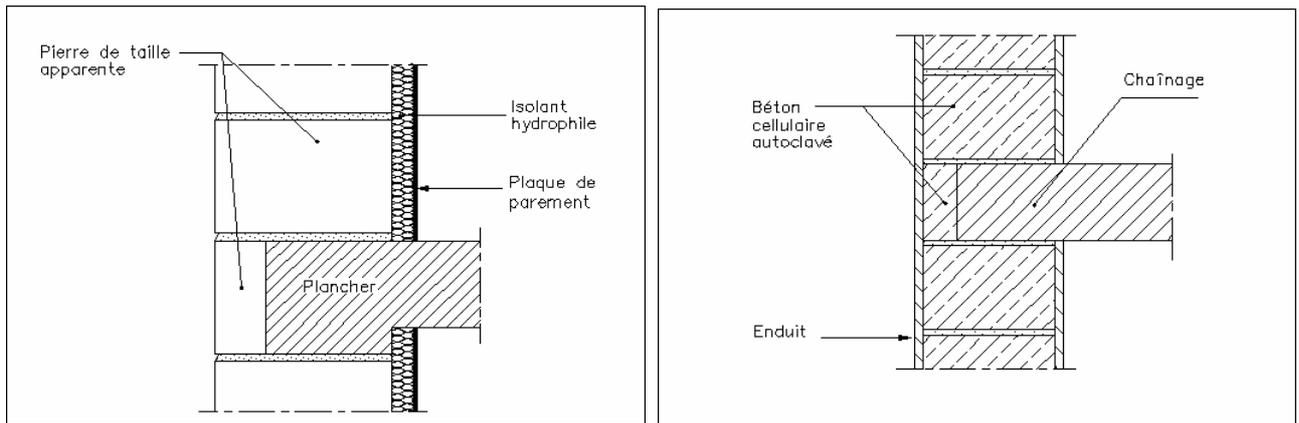
Classement des murs de façade en fonction de leur résistance à la pluie

On distingue 4 types de murs selon l'importance du rôle dévolu à la paroi de maçonnerie dans l'étanchéité du mur complet à la pluie.

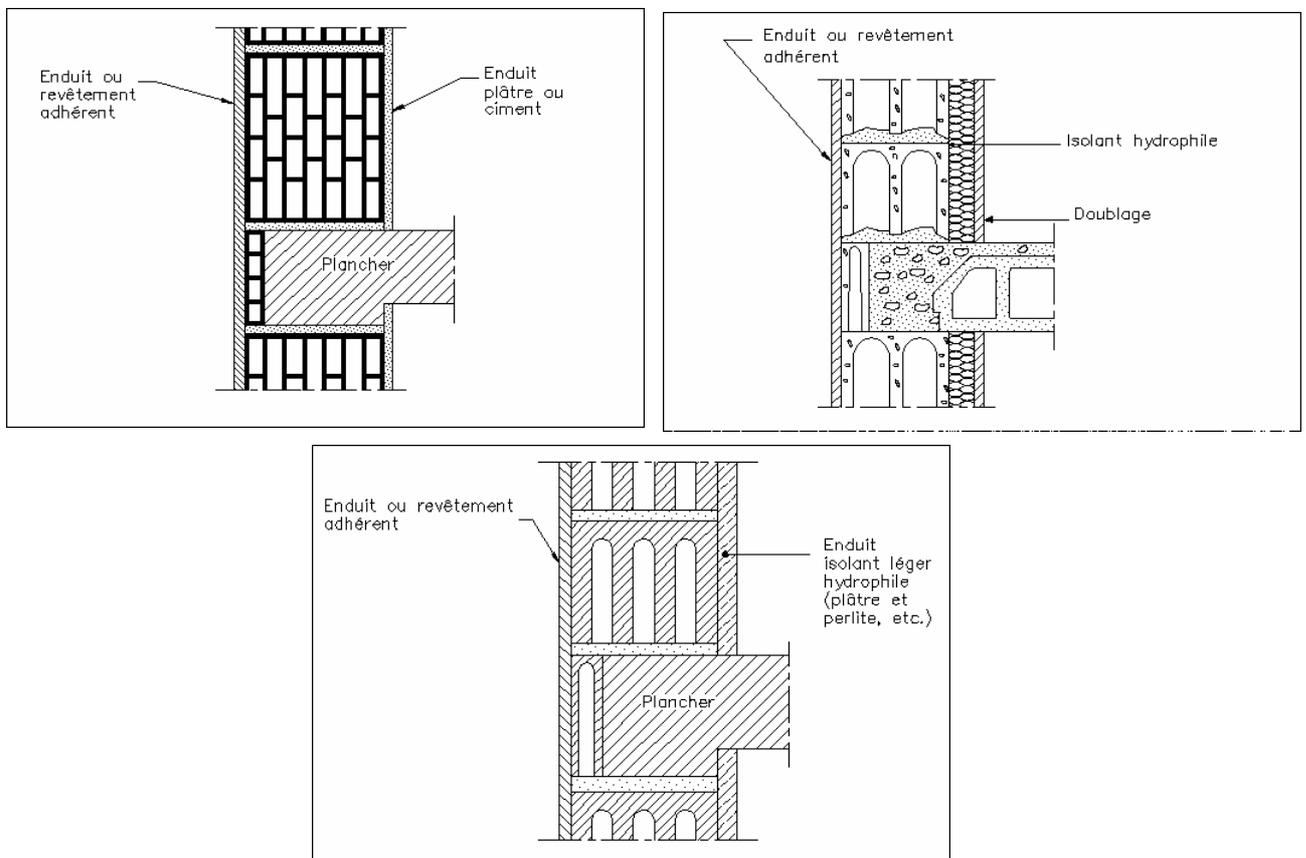
Mur du type I

Un mur du type I est un mur ne comportant :

- Ni revêtement étanche sur son parement extérieur,
- Ni coupure de capillarité dans son épaisseur.



Exemples de murs du type I : matériau plein



Exemples de murs du type I : bloc creux avec côté extérieur par un enduit ou un revêtement adhérent

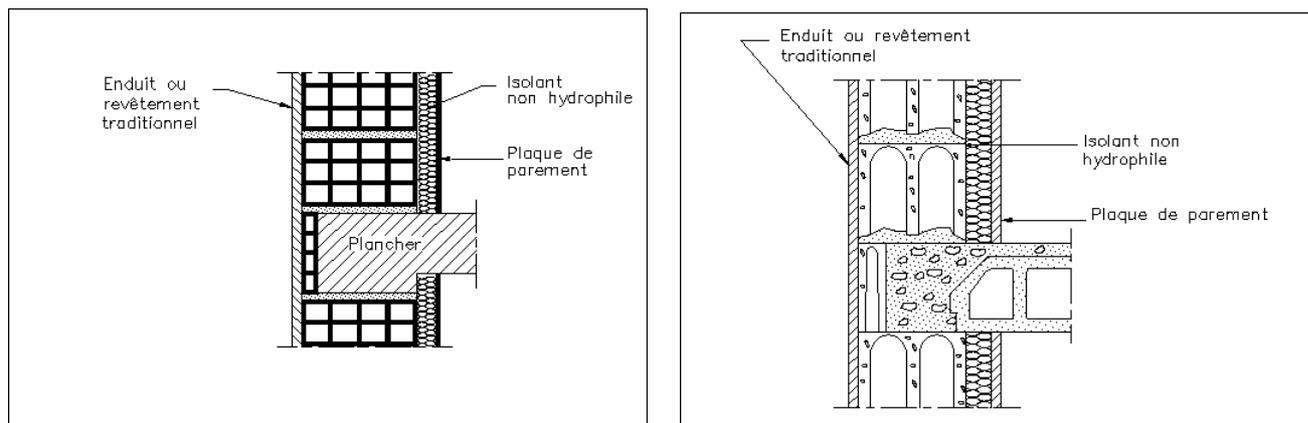
Murs du type II

Un mur du type II est un mur ne comportant aucun revêtement étanche sur son parement extérieur mais comportant, dans son épaisseur, une coupure de capillarité continue.

Suivant le mode de réalisation de cette coupure de capillarité, le type II se divise en deux catégories :

Type IIa

Dans ce type de mur, la coupure de capillarité est constituée par des panneaux isolants non hydrophiles.

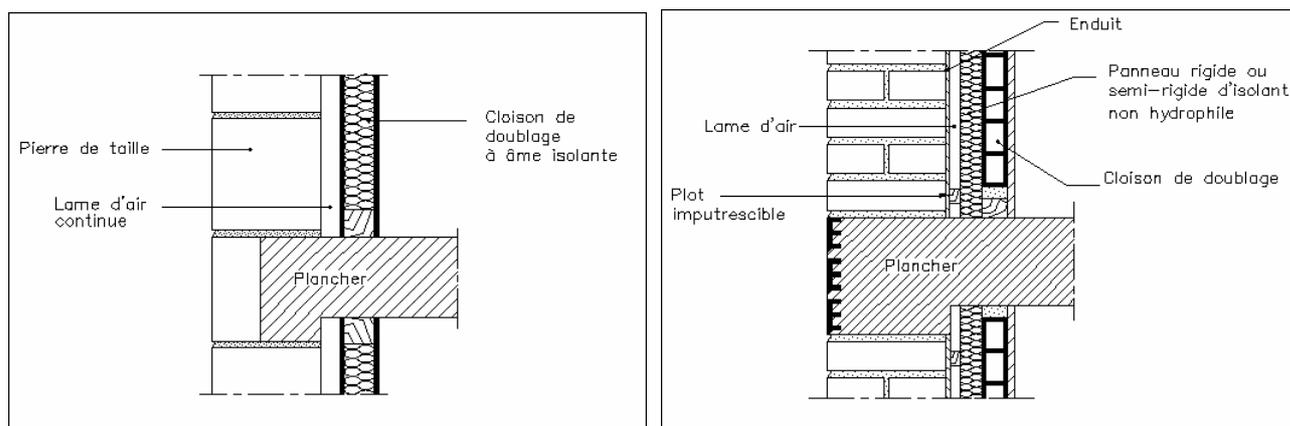


Exemples de murs du type IIa

Type IIb

Dans ce type de mur, la coupure de capillarité est constituée par une lame d'air continue.

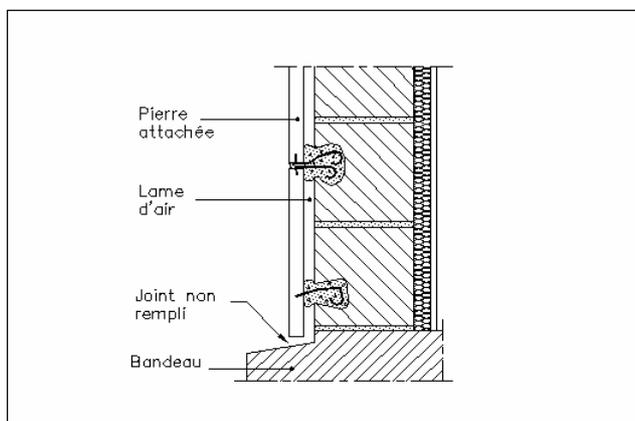
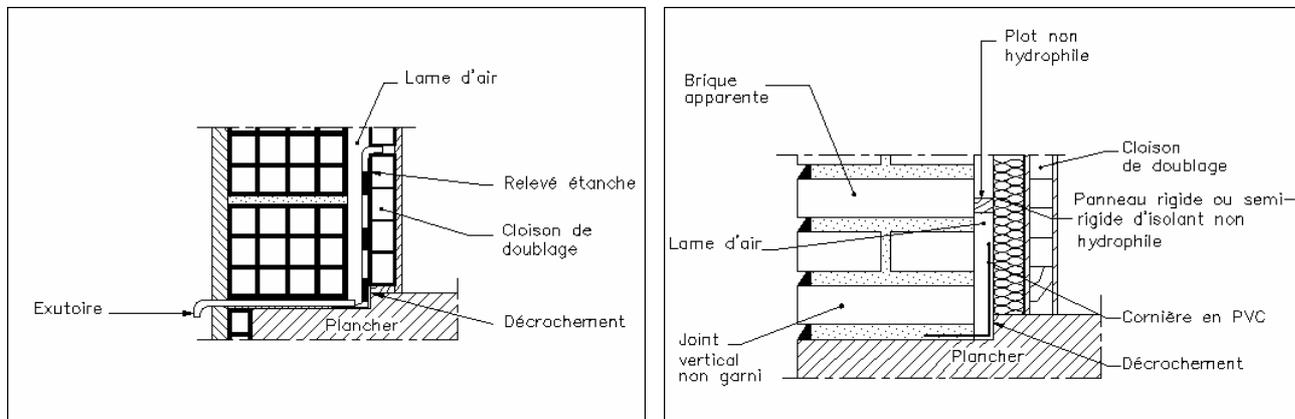
Par assimilation, cette lame d'air est encore considérée comme continue si elle est traversée seulement par des agrafes métalliques ou par d'autres dispositifs de faibles dimensions, en matériaux non hydrophiles et imputrescibles.



Exemples de murs du type IIb

Murs du type III

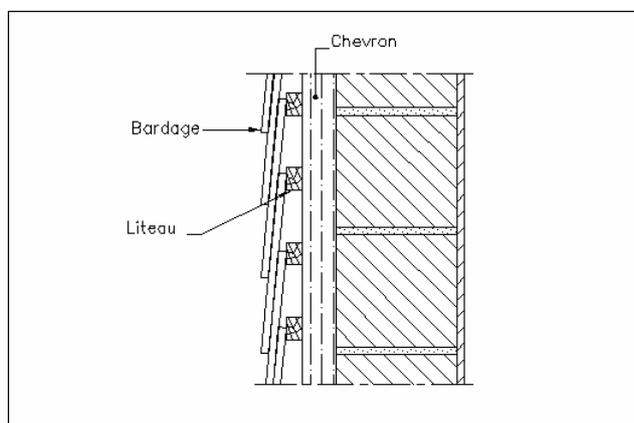
Les murs du type III sont des murs dans lesquels la paroi extérieure en maçonnerie, non protégée par un revêtement étanche, est doublée par une seconde paroi séparée de la première par une lame d'air continue à la base de laquelle sont prévus des dispositifs de collecte et d'évacuation vers l'extérieur des eaux d'infiltration éventuelles.



Exemples de murs du type III

Mur du type IV

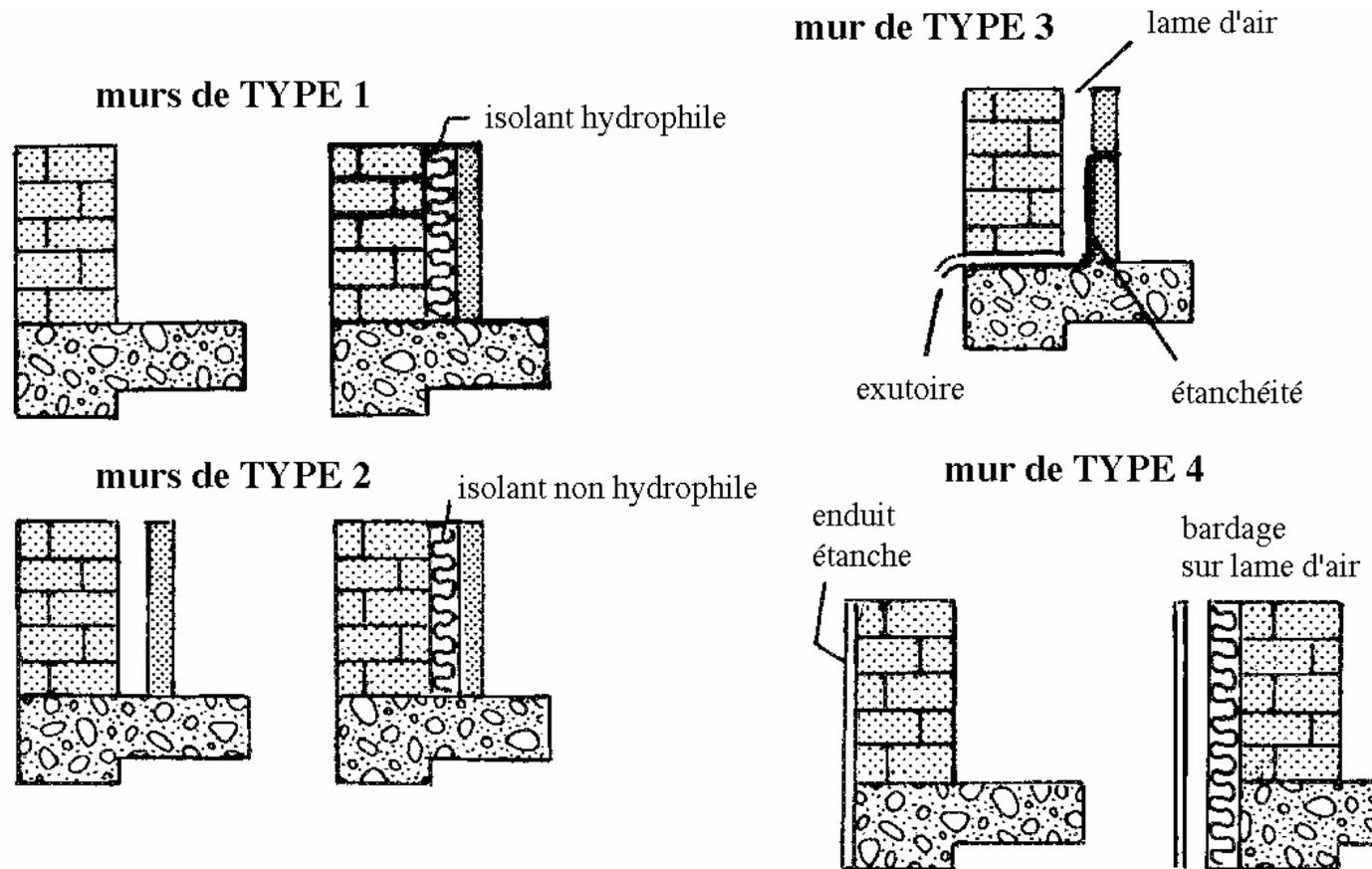
Un mur du type IV est un mur dont l'étanchéité à la pluie est assurée par un revêtement étanche situé en avant de la paroi en maçonnerie.



Exemple de murs du type IV (bardage extérieur traditionnel rapporté)

Critères pour choisir un mur

En résumé les types de mur extérieurs sont :



Le choix est fonction :

- De l'exposition à la pluie (façade abritée ou au vent),
- Du vent (Région, site, hauteur du bâtiment, ... ⇒ Voir NV66.cours de dimensionnement des structures)

L'objectif étant d'obtenir un mur de façade **étanche à l'eau**. Les tableaux et schémas ci-après définissent et illustrent ce choix.

A noter : S'il ne pleut pas (désert), cette question n'a pas de sens !

Hauteur du mur au-dessus du sol (m)	Situation a, b, ou c		Situation d		
	Façades abritées	Façades non abritées	Façades abritées	Façades non abritées	
				Zone littorale sauf front de mer	Front de mer
< 6	IIa (Cf note 1)	IIa (Cf note 2) (Cf note 5)	IIa (Cf note 1)	IIb (Cf note 2) (Cf note 5) ou III (Cf note 3)	III
6-18	IIa (Cf note 1)	IIa (Cf note 2) (Cf note 5)	IIa (Cf note 1)	IIb (Cf note 2) (Cf note 5) ou III (Cf note 3)	III
18-28	IIa (Cf note 1)	IIb (Cf note 2) (Cf note 5) ou III (Cf note 3)	IIa (Cf note 1)	III	III (Cf note 2)
28-50		(Cf note 4)		(Cf note 4)	(Cf note 4)
50-100		(Cf note 4)		(Cf note 4)	(Cf note 4)

(note 1) Pour ces cas d'exposition, il est possible, exceptionnellement et sur justifications (référence à l'expérience locale...), d'utiliser des murs du type I en pierres apparentes (pierres de taille ou moellons), sous réserve de respecter les épaisseurs minimales fixées par les Règles de calcul DTU n° 20.1 (REF).

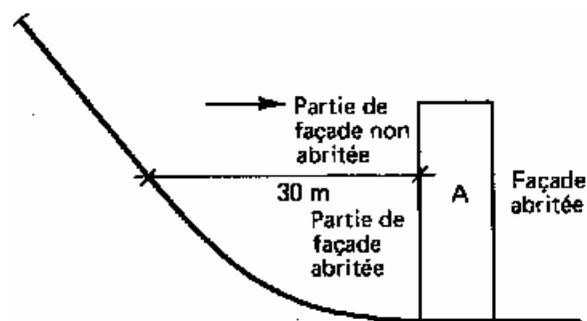
(note 2) Pour ces cas d'exposition, ce type de mur nécessite, pour certaines maçonneries, des dispositions complémentaires explicitées dans le chapitre correspondant aux matériaux constitutifs du cahier des clauses techniques d'exécution DTU n° 20.1 enduit côté intérieur (art. 3.2.2.3) ou jointement après coup (art. 3.2.2.3) (REF).

(note 3) Dans les cas courants, le mur du type IIb moyennant les dispositions complémentaires visées au renvoi (Cf note 2) est suffisant ; toutefois, en fonction des connaissances de la sévérité des conditions climatiques de lieu, le concepteur peut demander l'exécution d'un mur de type III.

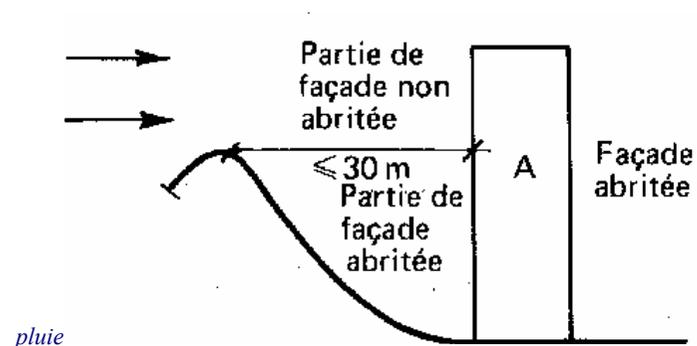
(note 4) Ces cases correspondent à des utilisations exceptionnelles non visées par le présent document et devant faire l'objet d'une étude particulière.

(note 5) Dans le cas d'utilisation de blocs en béton apparent à alvéoles débouchant et pour toutes les façades non abritées, il convient d'utiliser des murs de type III.

Cas des maçonneries destinées à rester apparentes



les flèches indiquent la direction des vents de



les flèches indiquent la direction des vents de pluie

Hauteur du mur au-dessus du sol (m)	Situation a, b ou c		Situation d		
	Façades abritées	Façades non abritées	Façades abritées	Façades non abritées	
				Zone littorale sauf front de mer	Front de mer
< 6	I	I ou IIa (Cf note 2)	I	I ou IIa (Cf note 5)	IIb
6-18	I	I ou IIa (Cf note 3)	I	IIa	IIb
18-28	I (Cf note 1)	I ou IIa (Cf note 4)	I (Cf note 1)	IIb	IIb (Cf note 6) ou III
28-50		IIa ou IIb (Cf note 2)		III	III
50-100		III ou IV (Cf note 2)		IV	IV

(note 1) Pour ces conditions d'exposition, les façades comportant des balcons et loggias ne peuvent, en règle générale, être considérées comme abritées (voir art. 3.2.3.1.5 **REF**).

(note 2) Excepté pour les murs du type IV, il n'a pas été tenu compte, dans l'analyse qui précède, de la nature du revêtement extérieur, qui peut cependant contribuer à la résistance à la pénétration de l'eau de pluie. Il reste, bien entendu, possible au concepteur d'utiliser ce paramètre pour préciser son choix en considération de la situation particulière de l'ouvrage.

(note 3) Le mur du type I ne peut, dans ces conditions d'exposition, être utilisé que lorsque l'épaisseur brute de la paroi en maçonnerie est supérieure ou égale à 27,5 cm. Dans les autres cas, la solution minimale est le mur du type IIa.

(note 4) Le mur du type I peut, dans ces conditions d'exposition, être admis en fonction des conditions climatiques particulières du lieu et sous réserve de justifications résultant d'expériences locales satisfaisantes, lorsque l'épaisseur brute de la paroi en maçonnerie est supérieure ou égale à 32,5 cm, en blocs perforés de terre cuite et blocs de béton de granulats courants. Dans les autres cas, la solution minimale est le mur de type IIa.

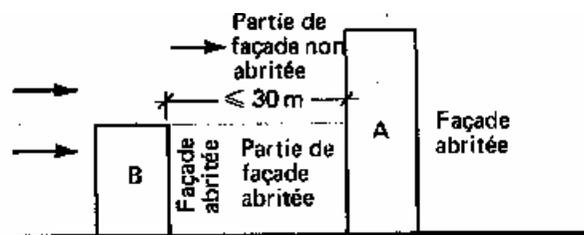
(note 5) Le mur du type I peut, dans ces conditions d'exposition, être admis en fonction des conditions climatiques particulières du lieu et sous réserve de justifications résultant d'expériences locales satisfaisantes, lorsque l'épaisseur brute de la paroi en maçonnerie est supérieure ou égale à :

- 37,5 cm en blocs perforés de terre cuite,
- 27,5 cm en blocs de béton,
- 27,5 cm en blocs de béton cellulaire autoclavé.

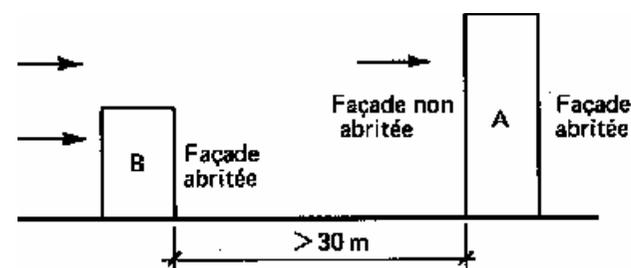
Dans les autres cas, la solution minimale est le mur de type IIa.

(note 6) Le mur de type IIb peut, dans ces conditions d'exposition, être admis en fonction des conditions climatiques particulières du lieu et sous réserve de justifications résultant d'expériences locales satisfaisantes. Dans les autres cas, la solution minimale est le mur de type III.

Cas des maçonneries destinées à recevoir un enduit ou un revêtement traditionnel ...



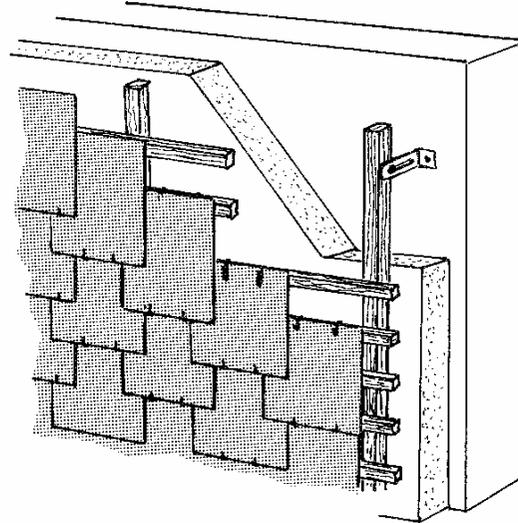
Les flèches indiquent la direction des vents de pluie



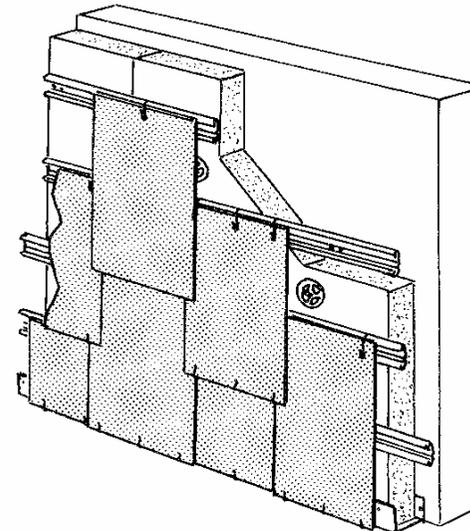
Les flèches indiquent la direction des vents de pluie

Cas particulier des Bardages :

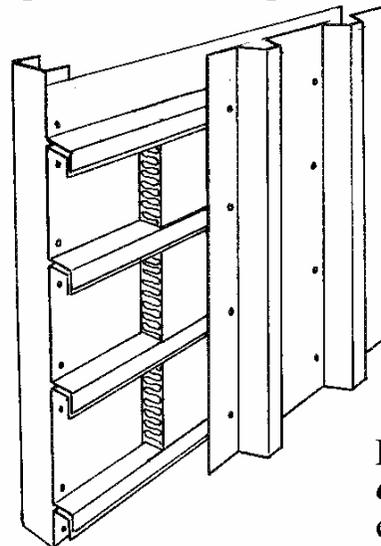
bardage d'ardoise sur ossature bois



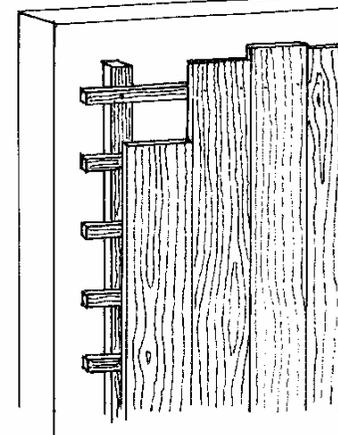
bardage isolant en plaques (ardoise, fibre-ciment...) sur rails métalliques



bardage en tôle *double-peau*, avec isolant intégré, sur ossature de poteaux métalliques



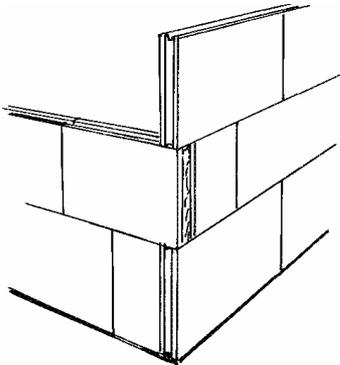
bardage de bois ventilé sur ossature bois



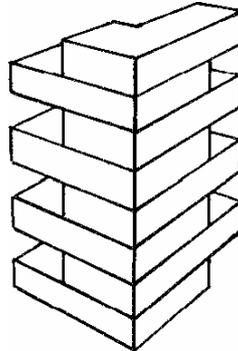
L'ossature, fixée sur la paroi, est dite *ossature primaire*, et l'ossature horizontale en tasseaux ou liteaux est dite *ossature secondaire*.

MISE EN ŒUVRE DES MAÇONNERIES

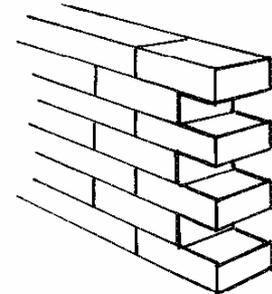
Avant-propos



Cloison intérieure

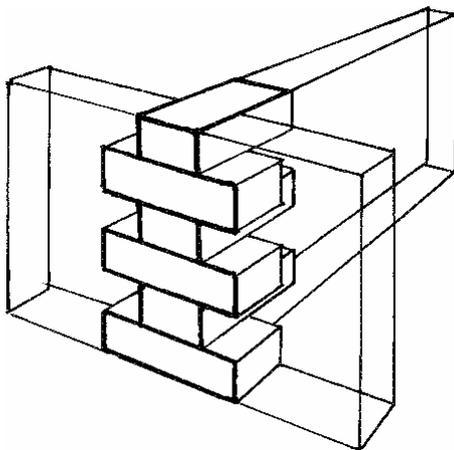


d'angle

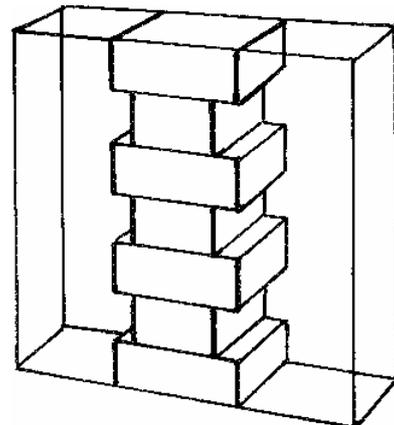


d'attente

Harpage de maçonnerie

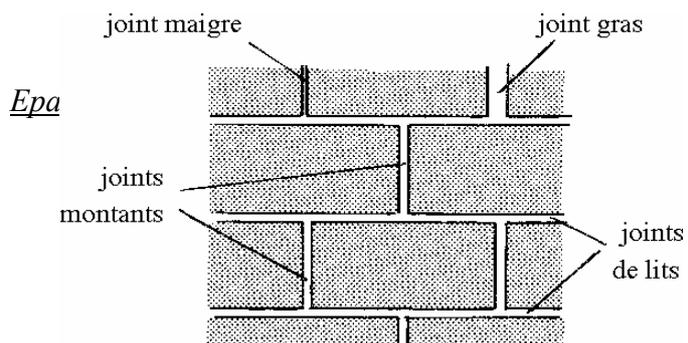


Harpage formant tête de mur de refend ou séparatif



Harpage formant chaînage verticale

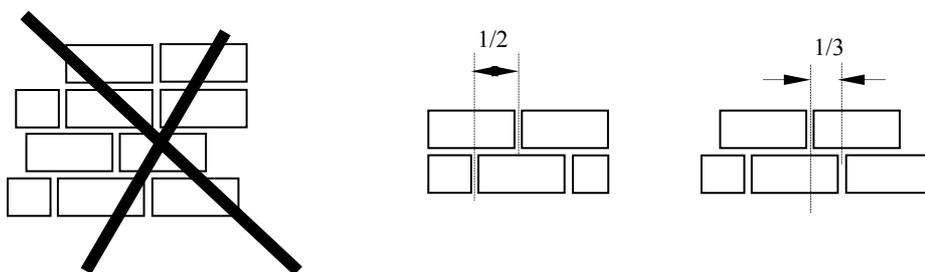
Les joints de maçonnerie



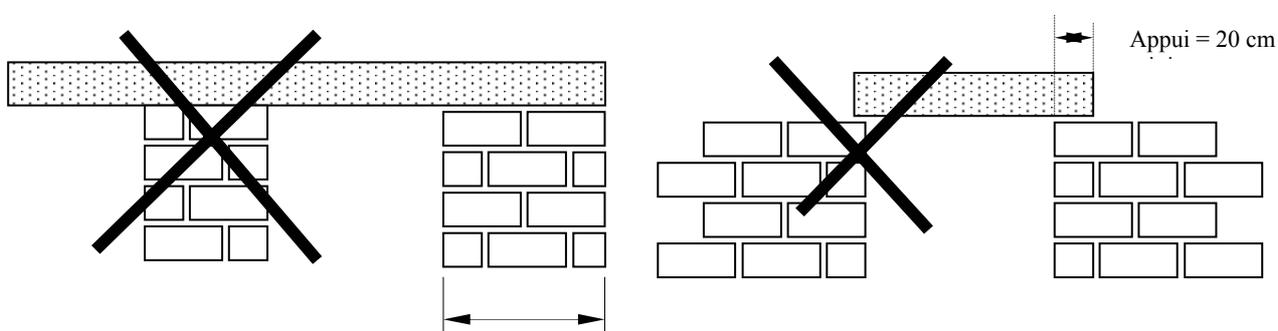
Les joints verticaux et horizontaux sont en moyenne de 10 à 15 mm d'épaisseur. Ils ne devront jamais dépassés :

$$8 \text{ mm} < e < 20 \text{ mm.}$$

Disposition des joints

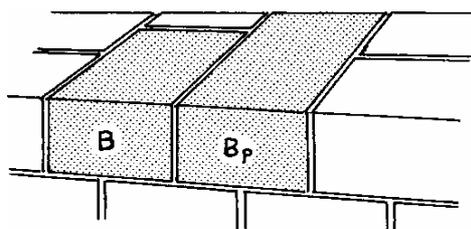


Appui ou trumeau & Maçonnerie

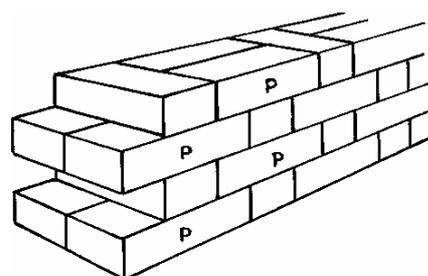


Appui sur au moins 0,80 m ou 2 x la longueur d'un

Parements de pose

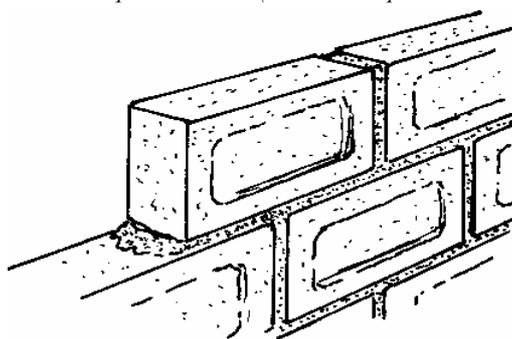


Parement boutisse (pose)

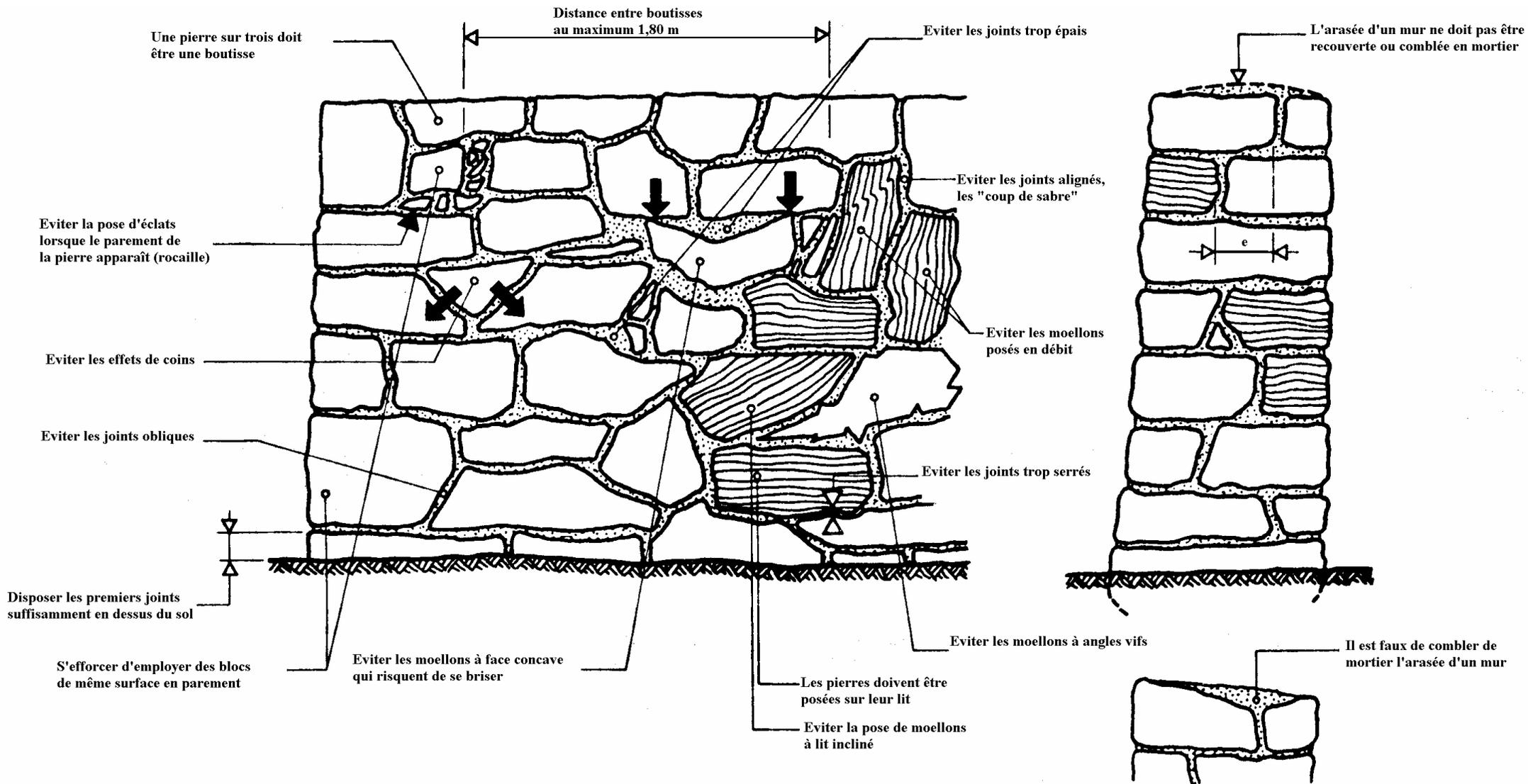


Parement panneresse (pose)

Pose de briques sur chant (autorisé uniquement en cloison intérieure)

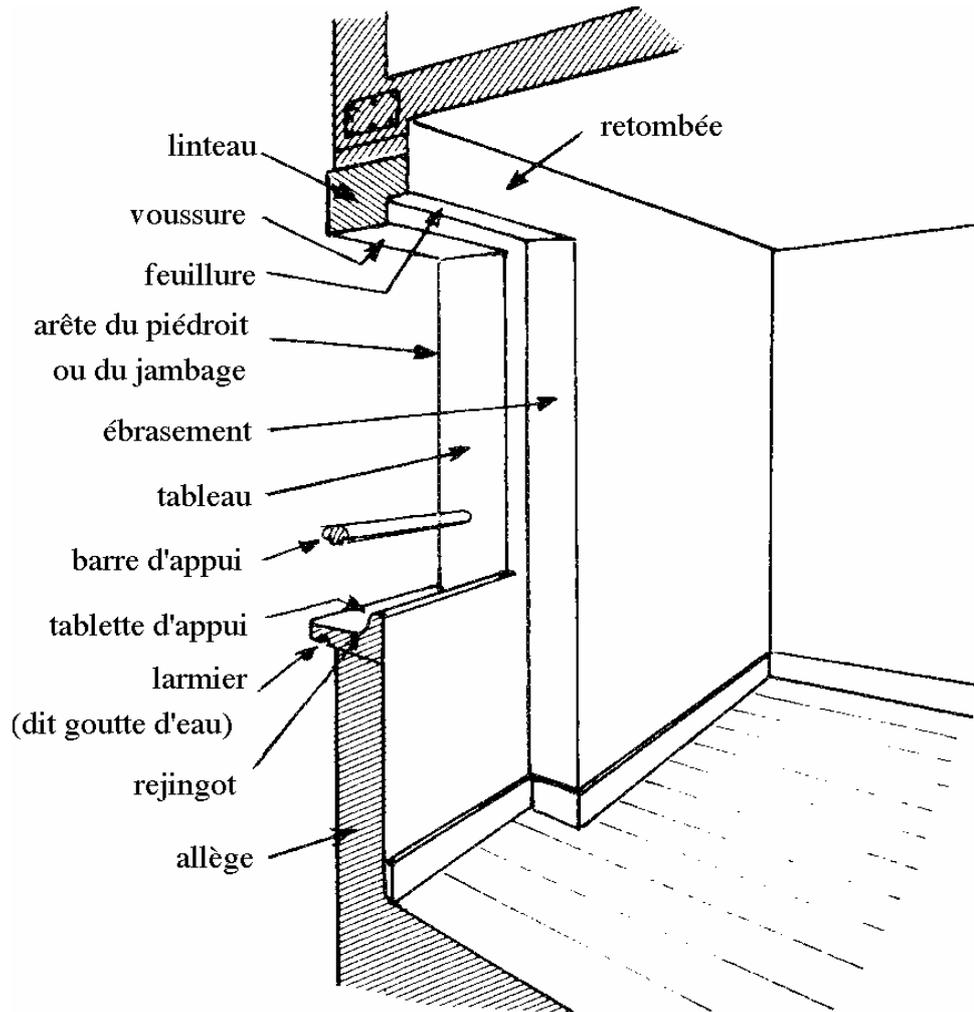


Appareillage des maçonneries en moellon – Règles de l'art



LES ELEMENTS DE FAÇADE

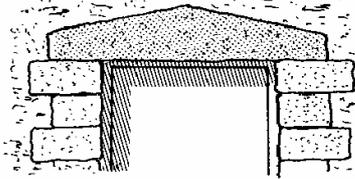
Baies et encadrements - Vocabulaire



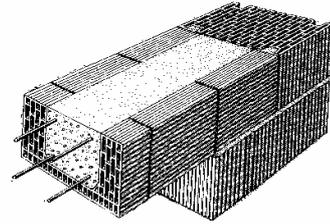
Différent type de linteau



linteau rustique en bois



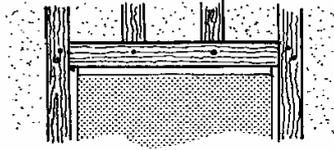
linteau de pierre en bâtière



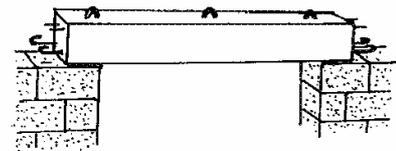
linteau isolant, à âme de béton armé coffré dans des prélinteaux de brique alvéolaire



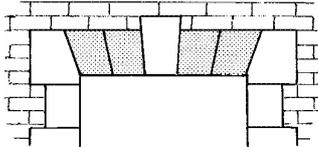
linteau métallique, sous un arc de décharge en briques



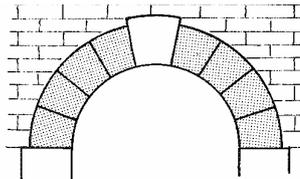
linteau de pan de bois



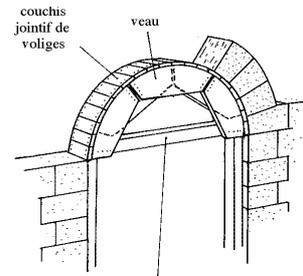
linteau préfabriqué, en béton armé ou béton cellulaire armé



de plate-bande

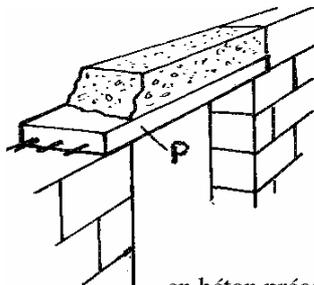


claveaux d'arc, ou voussoirs

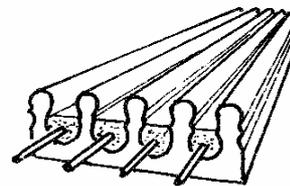


entrail
(nécessaire si portée de plus de 1,50 m)

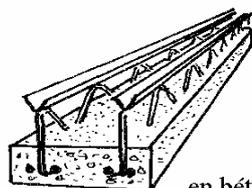
Différents types de linteaux préfabriqués



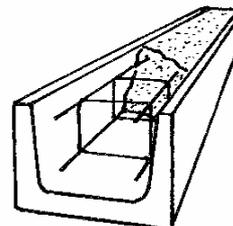
en béton précontraint
(rehausse béton banché)



céramique, à âmes
en béton précontraint

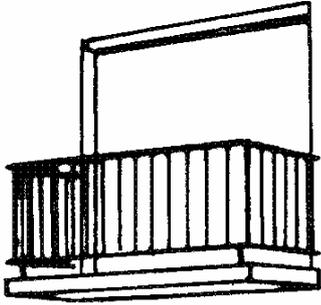


en béton armé,
à raidisseurs métalliques

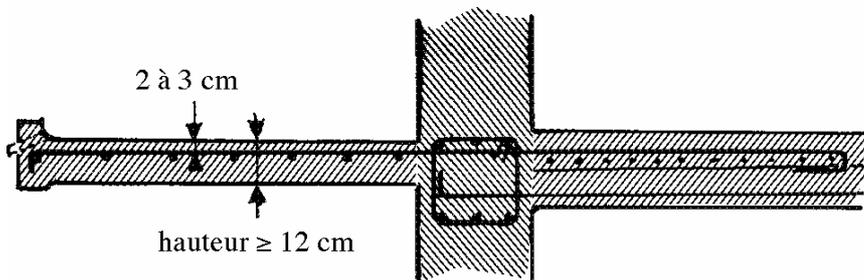


en béton moulé
formant coffrage

Les balcons

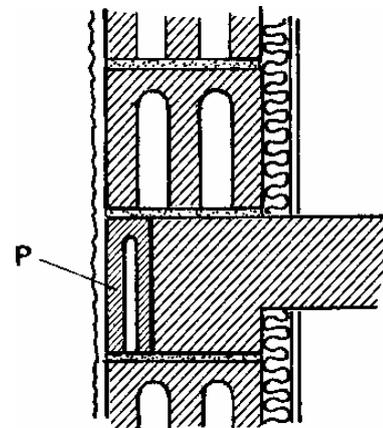
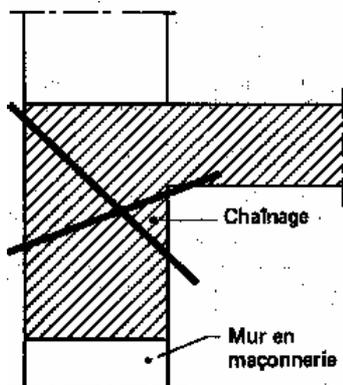


Important : la construction de balcons en béton armé fait l'objet de règles strictes (V. le DTU 20.1) ; en particulier, à l'armature de la partie saillante d'un balcon doit correspondre une armature de profondeur au moins égale, ancrée dans la dalle du plancher.



Les planelles (traitement des liaisons façade/plancher)

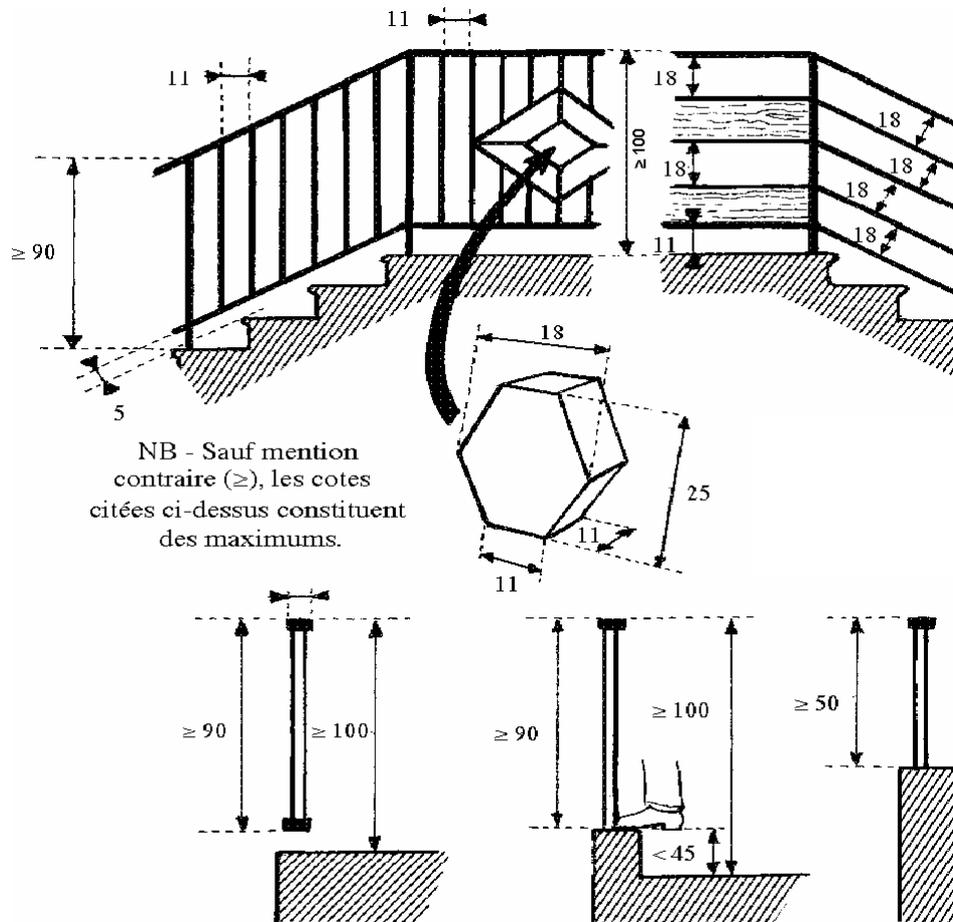
Utilisation d'une brique **planelle** en nez de dallage pour prévenir la fissure horizontale (lieux d'infiltration d'eau)



Pièces massives \Rightarrow
désordres

Les Gardes corps (principales règles de dimensionnements et de sécurités)

Disposition constructives



A noter :

- Le gabarit représente les dimensions de la tête d'un enfant (1 ans).
- La fixation au support d'un garde de corps doit être tel qu'une personne tombante ne puisse l'arracher (essai de la belle-mère ☺)

Sorties de secours des Etablissements Recevant du Publics – Unité de passage

Largeur des unités de passage (Textes Généraux Sécurité Incendie – Articles CO) :

1 unité : 0,80 m
2 unités : 1,40 m
3 unités : 1,80 m
n unités $n \times 0,60$ m $n \geq 3$

A noter :

Il s'agit ici des dispositions réglementaires Françaises. **En la matière vous devez vous soumettre à la réglementation en vigueur du pays où vous construisez.** A défaut consulter les compagnies d'assurance locales (les exigences de l'assureur).

Nombre de sorties et unités de passage en fonction du nombre de personnes pouvant être reçues dans un local :

EFFECTIF	NOMBRE MINIMAL D'ISSUES	DIMENSIONS
20 à 50	2	1 unité chaque
51 à 100	2	1 unité chaque ou 2 unités + sortie accessoire de 0,60 m
101 à 200	2	1 unité + 2 unités
201 à 300	2	2 unités chaque
301 à 400	2	2 unités + 3 unités
401 500	2	2 unités + 4 unités ou 3 unités + 3 unité

Distances maximales à parcourir

- 40 mètres si le choix existe entre plusieurs sorties,
- 30 mètres dans le cas contraire.

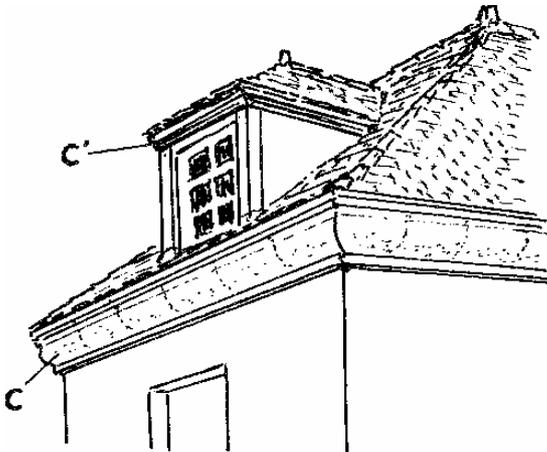
A noter :

En ce qui concerne la position des sorties les unes par rapport aux autres, **le bon sens est de rigueur.**

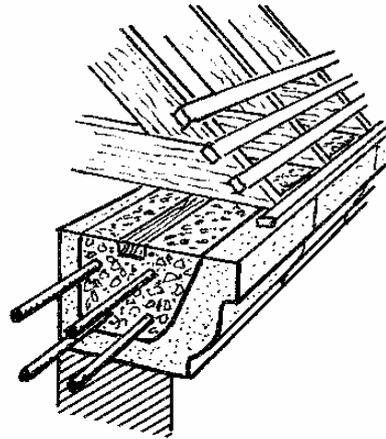
Une sortie d'un ERP s'ouvre toujours vers l'extérieur.

Exercices :

Les corniches (liaison toiture/façade et lieux du chaînage haut en général)

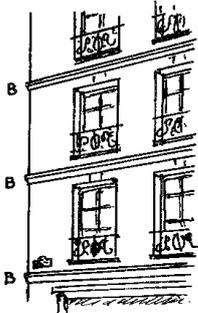


corniche extérieure (C)
et corniche de lucarne (C')

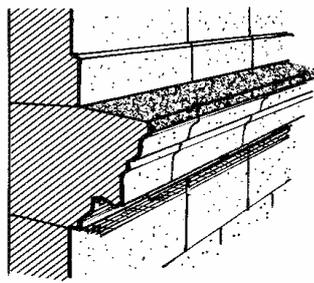


corniche en éléments préfabriqués
formant coffrage de chaînage (d'après doc. MMC)

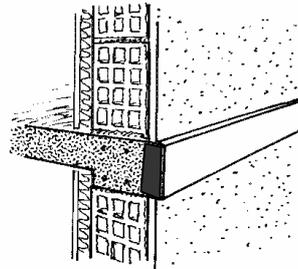
Les bandeaux de façade (prévenir le ruissellement de l'eau e pluie sur tout le long de la façade)



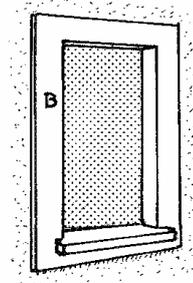
bandeaux de façade



bandeau de pierre
protégé par bavette

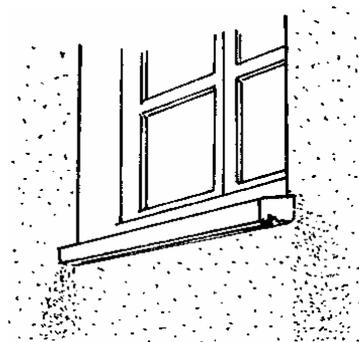


chaîne horizontale
formant bandeau



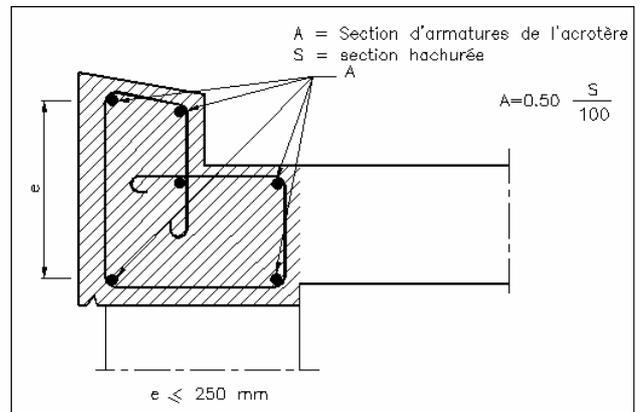
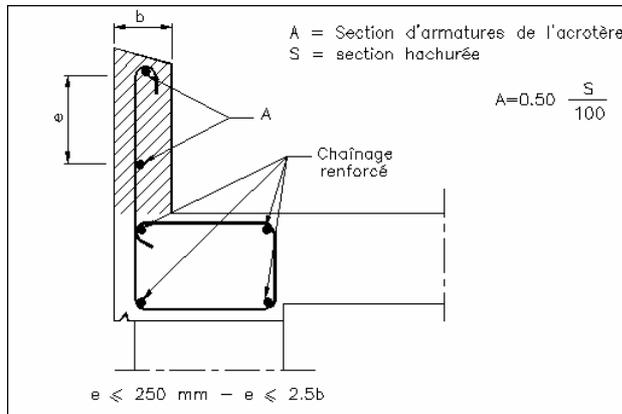
encadrement de baie
à bandeau tournant

..... et en particulier prévenir les « moustaches »

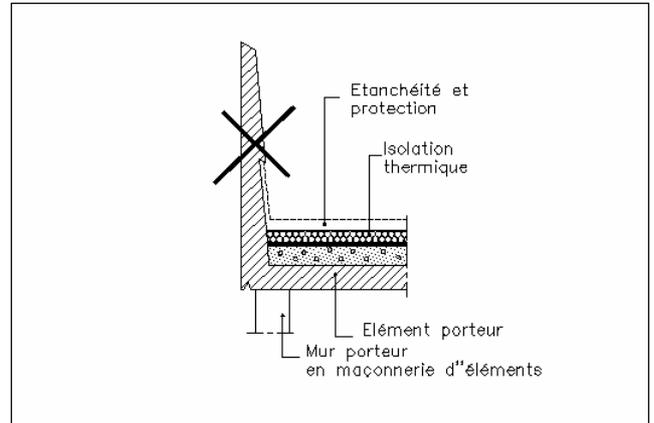
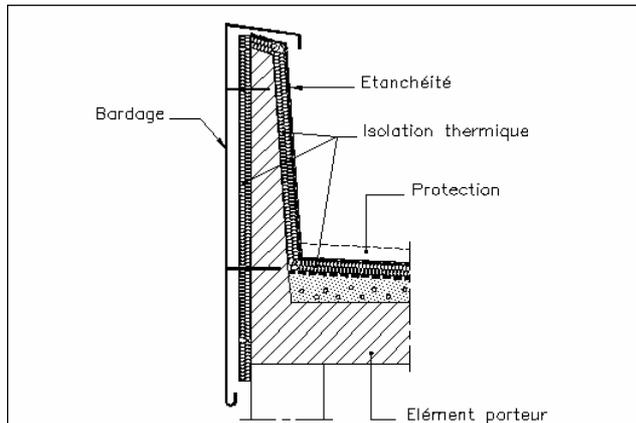


Les acrotères (liaison Toiture-terrasse/Façade) en béton armé

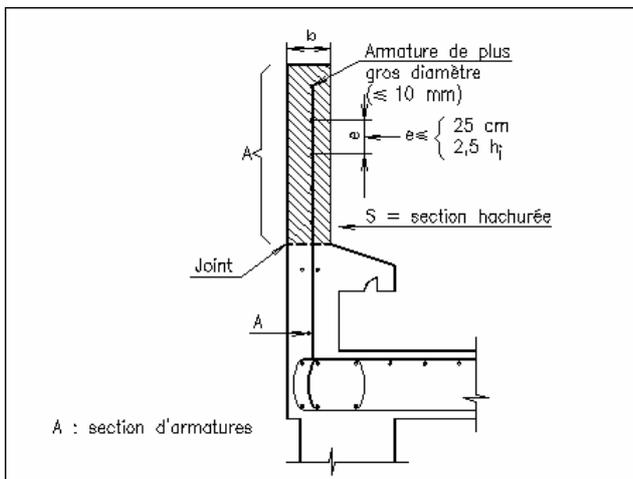
Dispositions constructives (ferrailage Fe 400)



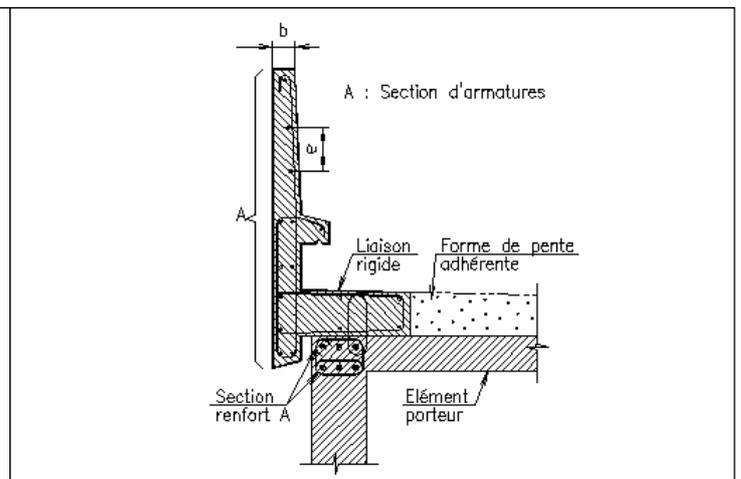
Cas des acrotères massives non isolée tandis que la toiture terrasse est isolée



Autres solutions technique possibles :



Coulée en deux temps

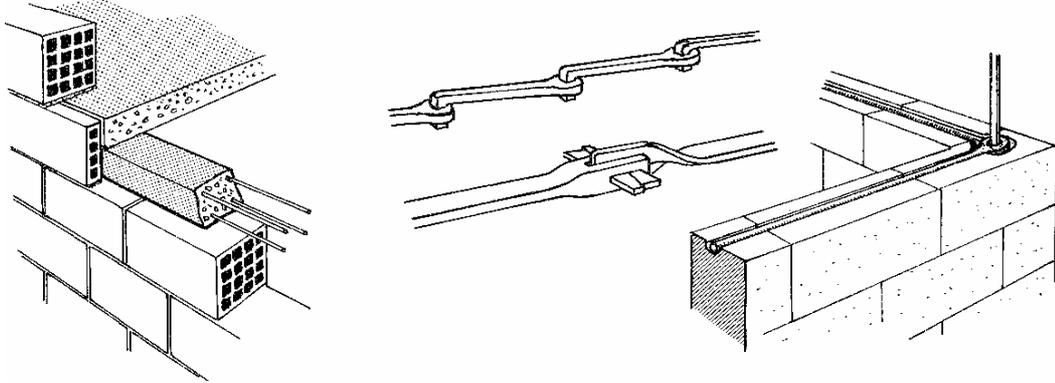


Préfabrication

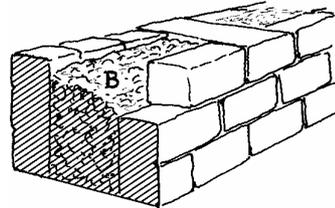
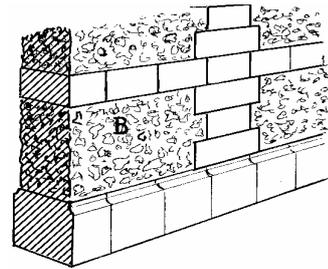
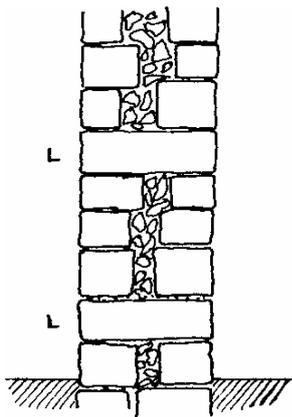
LE CHAINAGE D'UN BATIMENT

Les chaînages horizontaux

Chaînage horizontal des maçonneries

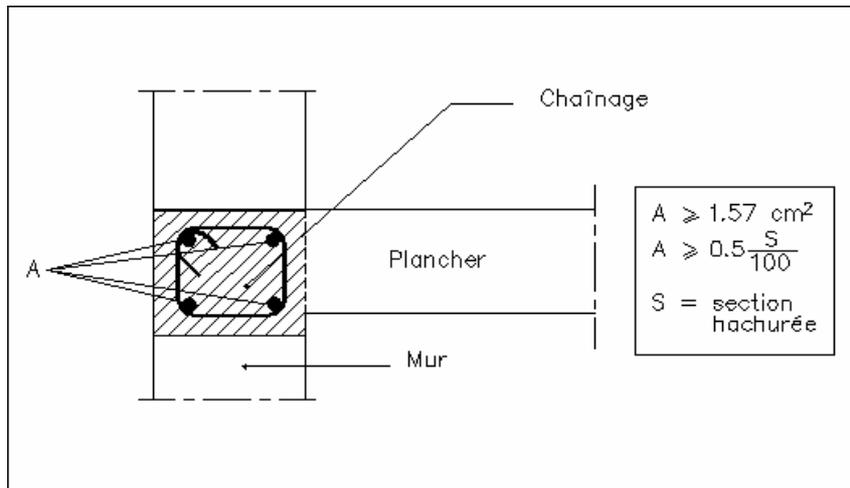


Chaînage horizontal d'un mur en pierre taillé avec blocage

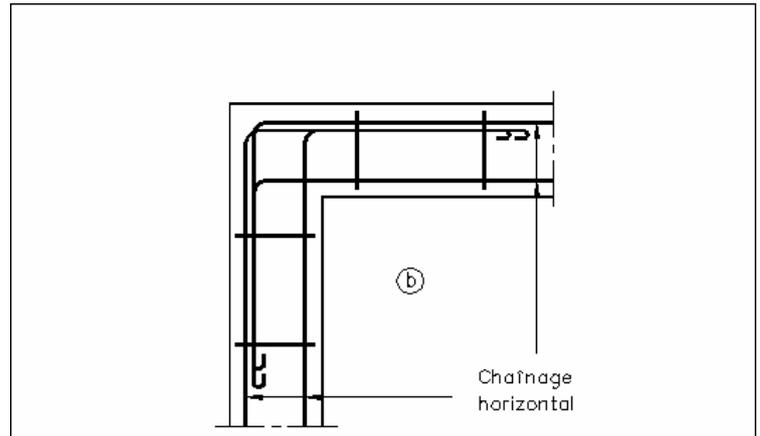
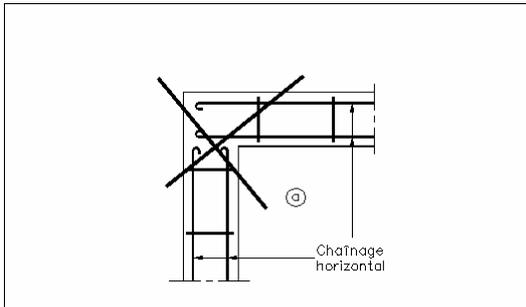


Les chaînages horizontaux en béton armé

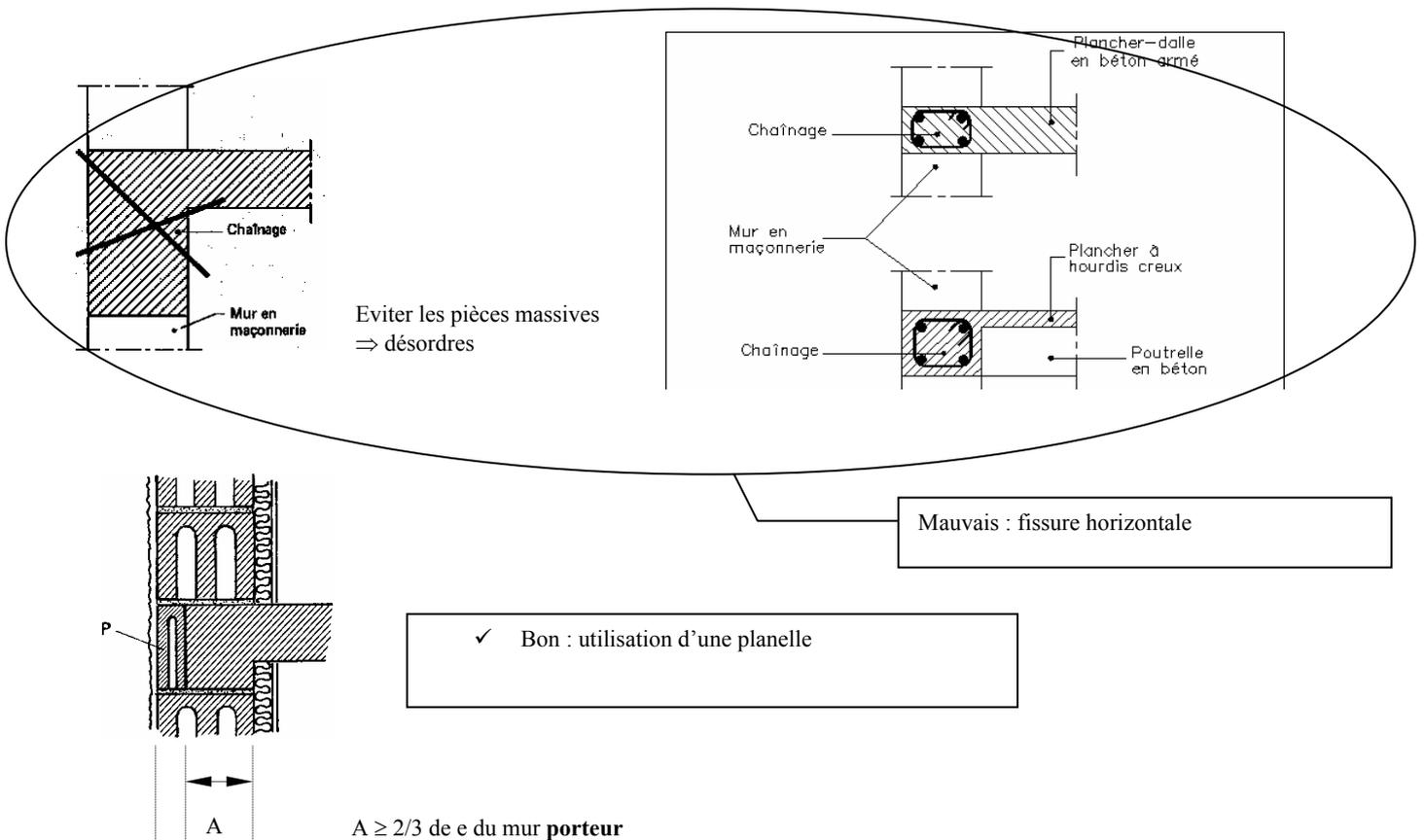
Dispositions constructives minimal pour les chaînages horizontaux en BA (Fe 400)



Détail au droit des angles : bien assurer la continuité du chaînage



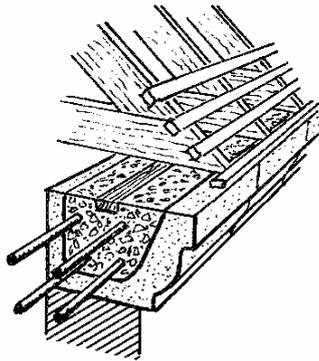
Les chaînage horizontaux et leurs liaisons entre plancher/façade



A noter :

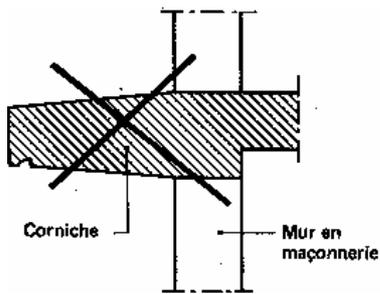
1. Dans la pratique l'absence de planelle est tolérée pour une hauteur de chaînage/plancher inférieure ou égale à **15 cm**. Un traitement dans l'épaisseur d'enduit par addition d'un grillage est alors à prévoir.
2. La profondeur d'appui d'un plancher doit être d'au moins égale au **2/3 de l'épaisseur du mur porteur**.

Cas particulier d'un chaînage horizontal haut fait dans l'épaisseur de la corniche

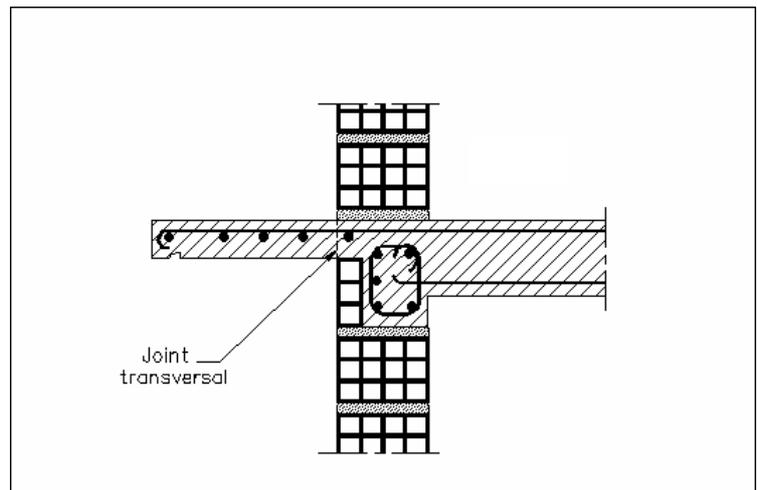


corniche en éléments préfabriqués formant coffrage de chaînage

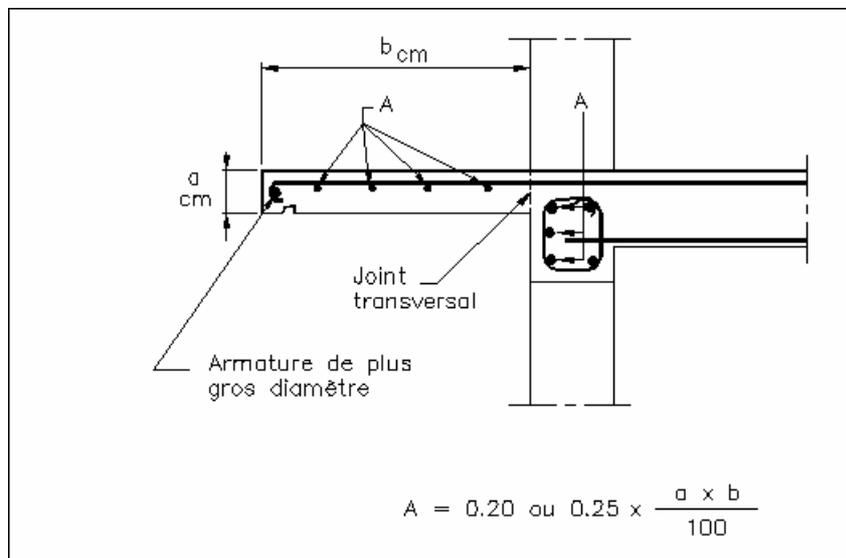
Cas des corniches, créé à partir d'un chaînage horizontal à la suite d'un plancher



Eviter les pièces massives
⇒ désordres

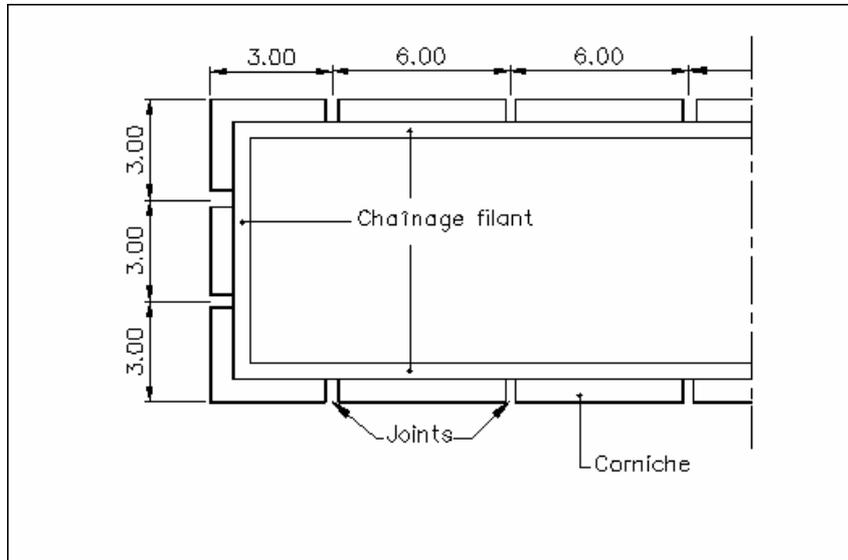


Avec pour ferrailage de la casquette (Fe 400) :

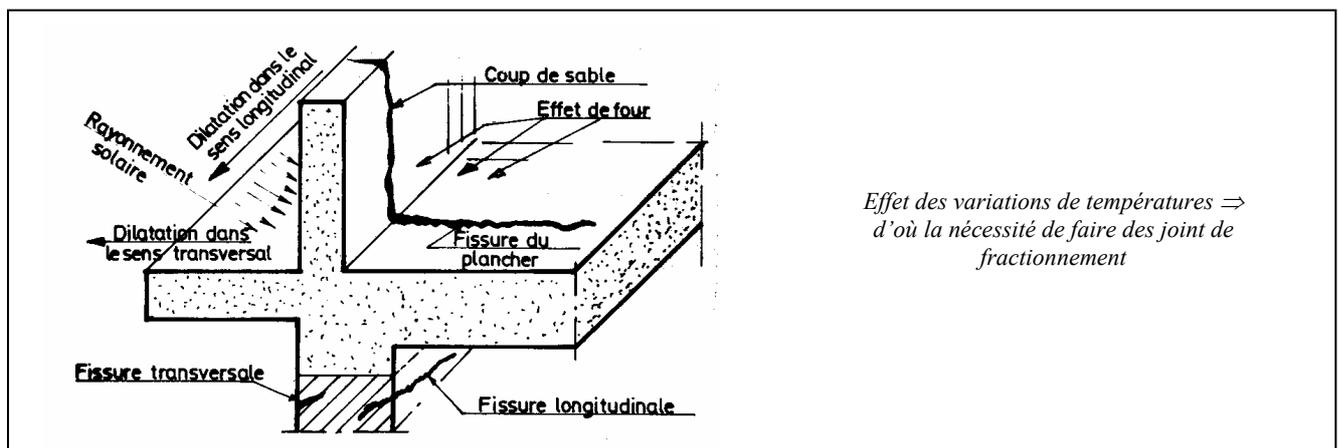
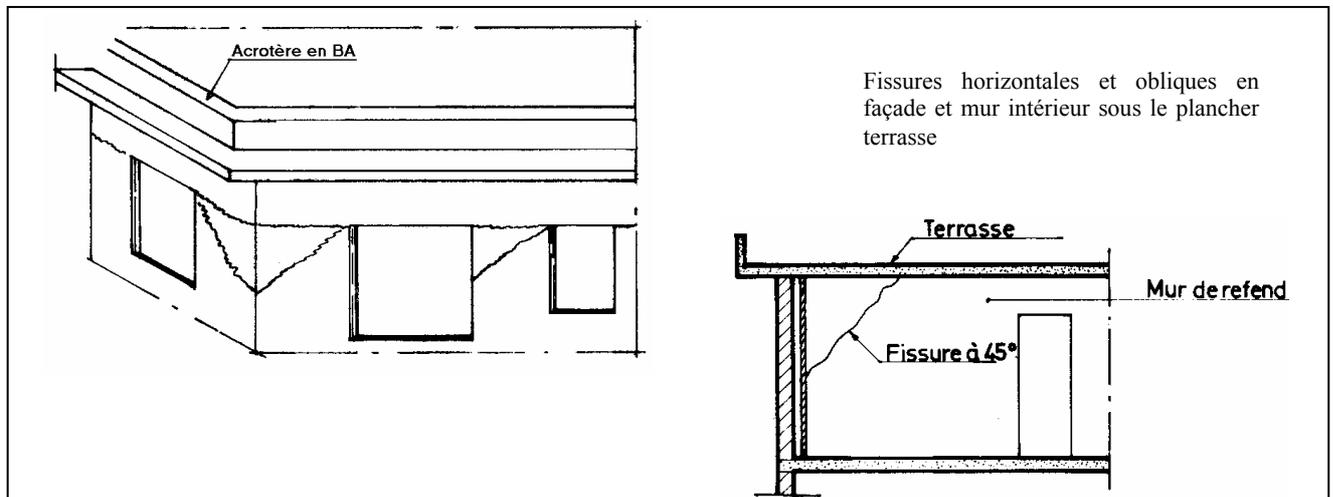


A noter :

Attention au détail constructif pour créer une corniche à partir d'un plancher.
L'utilisation d'une planelle est là aussi indispensable pour éviter les désordres en façade (fissuration horizontale ; infiltration d'eau, ..) ; mais aussi des joints de fractionnement tous les 3 mètres en angle et 6 mètres en partie courante.

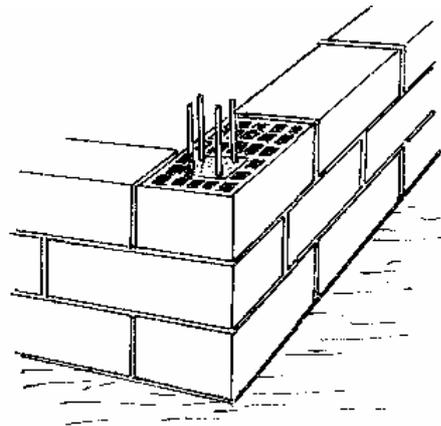
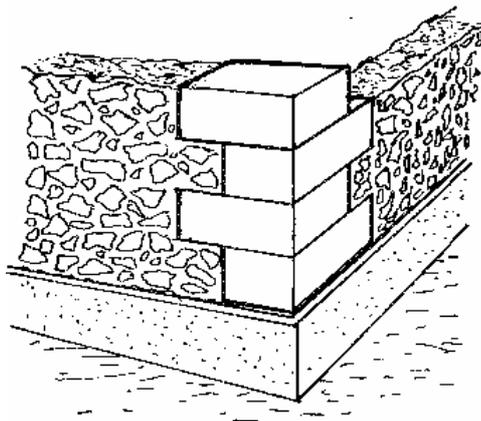
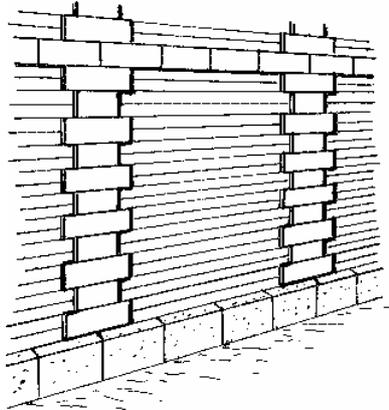


Pathologie associée aux insuffisances de chaînage de corniche



Les chaînages verticaux

Chaînage vertical plein mur et d'angle



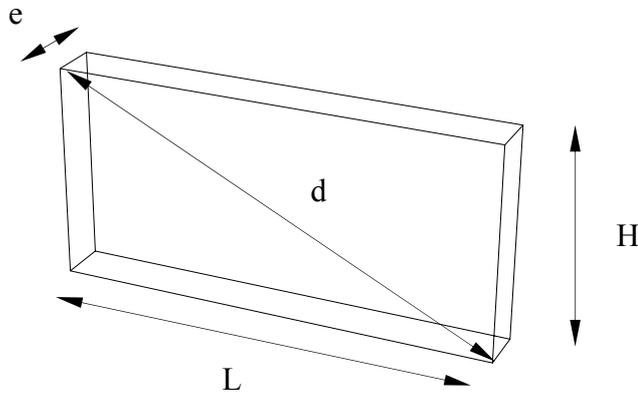
Le chaînage vertical est indispensable lorsque :

- Il est nécessaire de raidir le mur (poteau raidisseur)
- Le dernier plancher est en béton armé (exemple : toiture-terrasse)
- Le terrain sur lequel est construit le bâtiment est de très mauvaises qualités

Pour réaliser un chaînage vertical ou poteau raidisseur on pourra le faire à raison de la section minimale de $1,6 \text{ cm}^2$ (FE 400 , Cf. DTU, soit 2 ϕ 10 et épingles ϕ 6 espacés 20 cm, ou encore 4 HA 8 et étrier ϕ 6 espacés 15 cm).

La distance entre chaînage verticaux

Cette distance est fonction de la hauteur du mur, de son épaisseur et s'il est tenu en tête ou non. On peut utiliser les formules suivantes, en supposant que le mur est tenu en tête :



□ *Disposition minimale, quelque soit le cas :*

- $L \leq 5 \text{ m}$; $S \leq 20 \text{ m}^2$ (surface du mur) ; $\frac{h}{e} \leq 20$ (élancement du mur)

□ *Dispositions particulière selon le matériaux utilisé :*

- *Murs en éléments pleins ou BA* $\begin{cases} e \geq 10 \text{ cm} \\ d \leq 40.e \end{cases}$

- *Murs en éléments creux* $\begin{cases} e \geq 20 \text{ cm} \\ d \leq 25.e \end{cases}$

A noter :

E = épaisseur totale du mur (parpaing+enduit par exemple, soit un parpaing de 15 cm enduit 2 faces en enduit traditionnel)

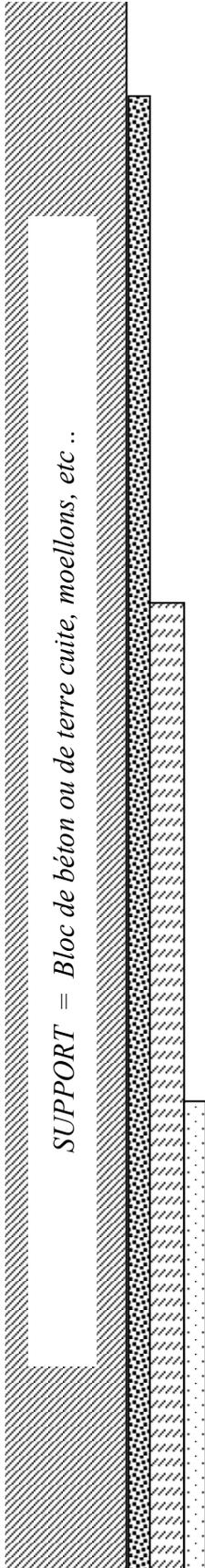
Exercices

1. Distance entre deux raidisseurs pour un mur en parpaing creux de 15 enduit 2 face et de 3 m de hauteur ?
2. Hauteur autorisée pour un mur de clôture en pierre maçonnerie de 14 cm avec raidisseurs tous les 3 m ?
3. Hauteur autorisée pour un mur de clôture en parpaing de 15 cm sans enduit avec raidisseurs tous les 3 m ?

Exercice sur plan

LES ENDUITS DE FAÇADE

Dosage progressif des couches de mortier pour l'enduit



GOBETIS

Fonction : Couche mince d'accrochage au support

Temps d'application : une fois le tassement du bâtiment fait (1 mois au moins après la maçonnerie)

Epaisseur : 2 à 5 mm

Dosage en ciment : 500 à 600 Kg de ciment de la classe 35 par m³ de sable sec

Granulométrie du sable : 0,25/3,15

Particularité : humidification du support avant application indispensable

CORPS DE L'ENDUIT

Fonction : Couche épaisse dressée, pour l'imperméabilisation et planitude

Temps d'application : 48 h minimum après le gobetis

Epaisseur : 8 à 12 mm

Dosage en ciment : 400 à 500 Kg de ciment de la classe 35 par m³ de sable sec

Granulométrie du sable : 0,1/3,15

Particularité : Sensible à un séchage trop rapide (soleil et surtout vent)

COUCHE DE FINITION

Fonction : Couche de parement pour la décoration et protection de surface

Temps d'application : 4 à 7 jours après le corps d'enduit

Epaisseur : 5 à 7 mm

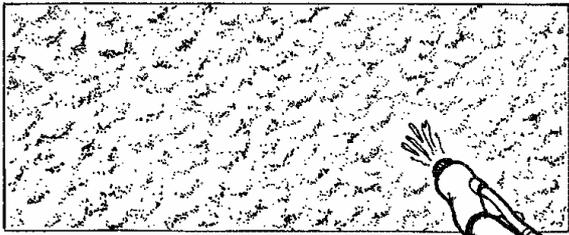
Dosage en ciment : 300 à 400 Kg de ciment de la classe 35 par m³ de sable sec

Granulométrie du sable : 0,1/0,2

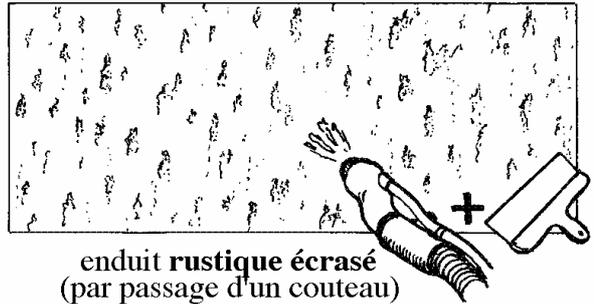
Particularité : humidification du support avant application indispensable

$$\sum \text{épaisseur} = 20 \text{ à } 25 \text{ mm}$$

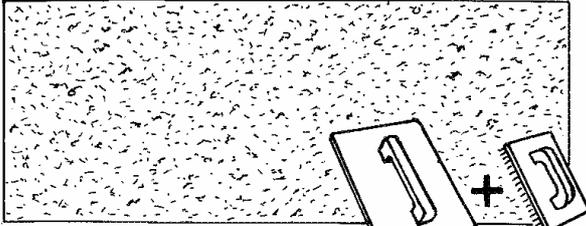
Finition des enduits



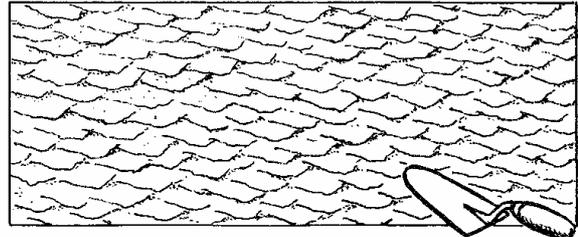
enduit brut de projection (projection pneumatique à la pompe à mortier)



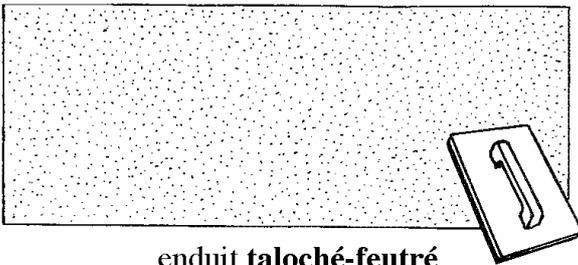
enduit rustique écrasé (par passage d'un couteau)



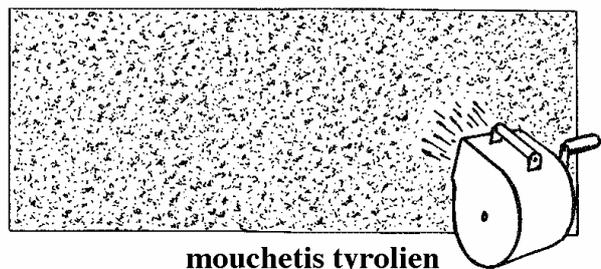
enduit gratté (grattage d'un enduit taloché, en cours de prise)



enduit jeté-truelle (diverses structures et reliefs possibles)

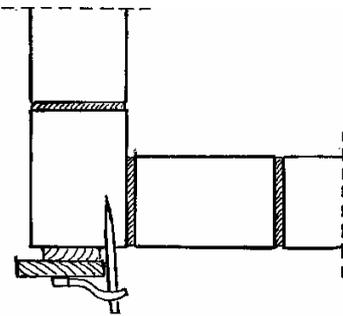


enduit taloché-feutré

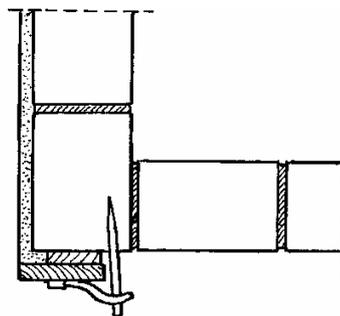


mouchetis tyrolien

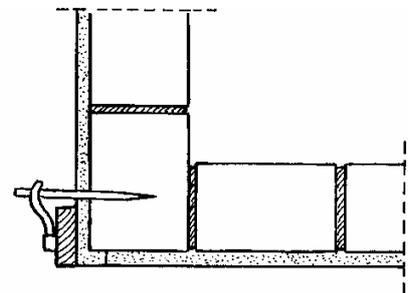
Phases de retournement d'un enduit



1. Préparation (pose des règles)



2. Exécution d'une face et de l'arête



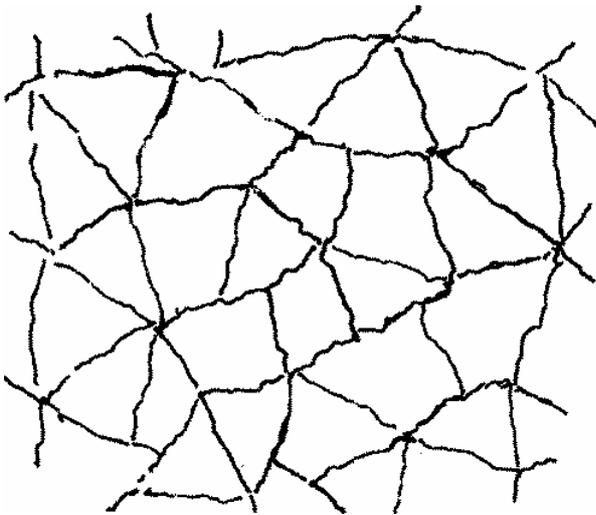
3. Retournement et exécution de l'autre face.

Pathologie des enduits

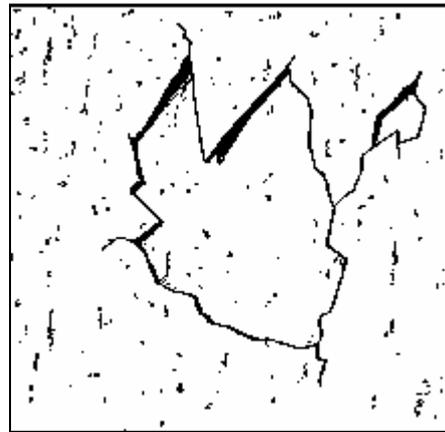
Lorsqu'un enduit est mis en œuvre sur un support trop absorbant ou dans des conditions climatiques défavorables, il se dessèche prématurément avant la prise du liant, ce qui peut se traduire par des décollements ou une friabilité excessive.

En outre, des fissurations résultent souvent du mauvais dosage d'une couche, ou de délais de séchage insuffisants entre chaque couche

Enfin, en couche de finition il est indispensable de choisir des teintes claires (coef. d'absorption solaire $>0,7$), ou encore d'éviter de juxtaposer des teintes trop contrastées, sous peine d'obtenir des fissurations de l'enduit (choc thermique & dilatation différentielles).

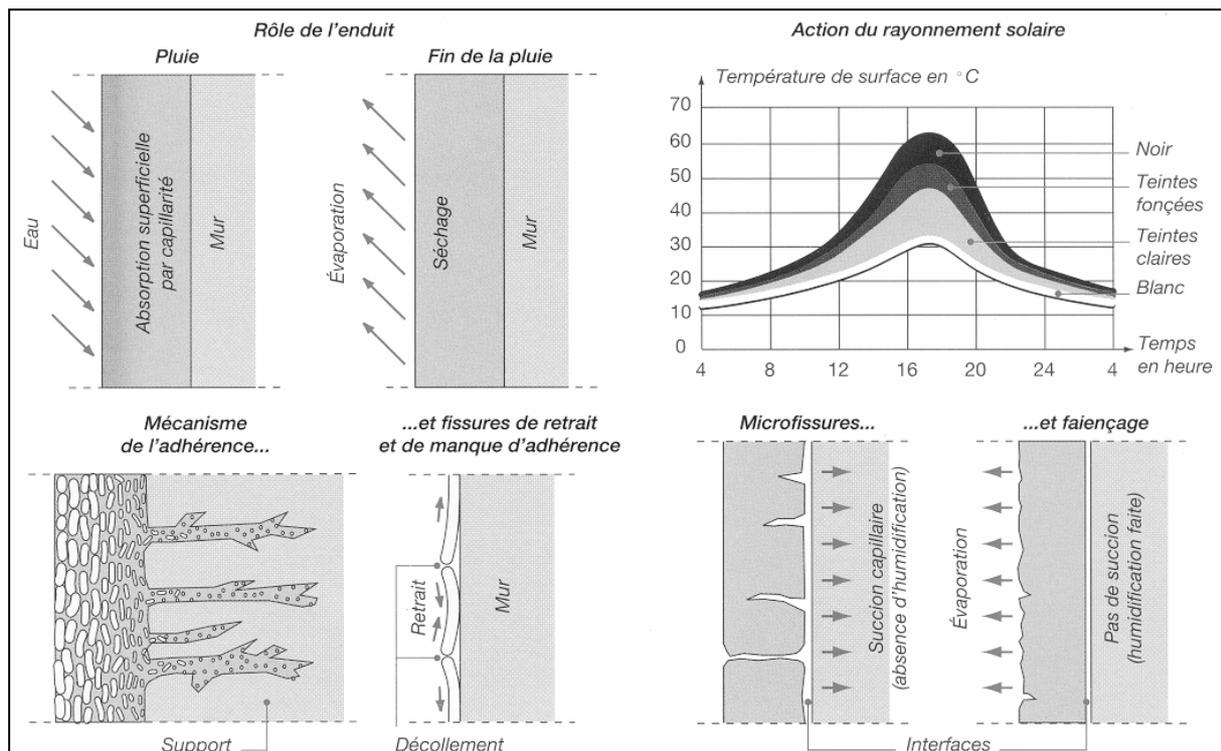


Faïencage des mortiers hydrauliques

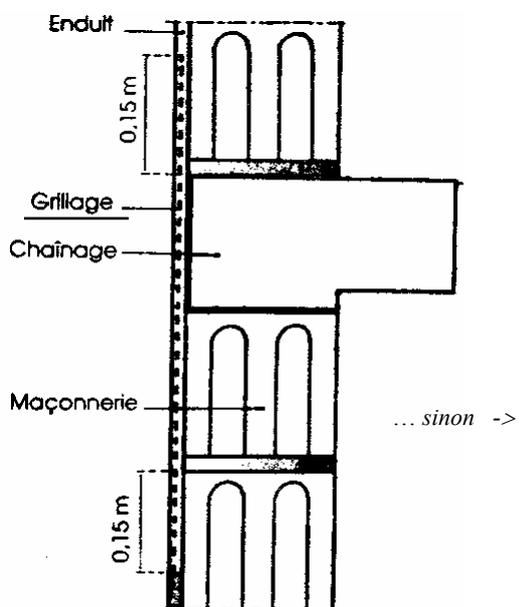


Fissuration et décollement

A noter : plus le maillage du faïencage est faible plus c'est l'expression d'un enduit fragile.



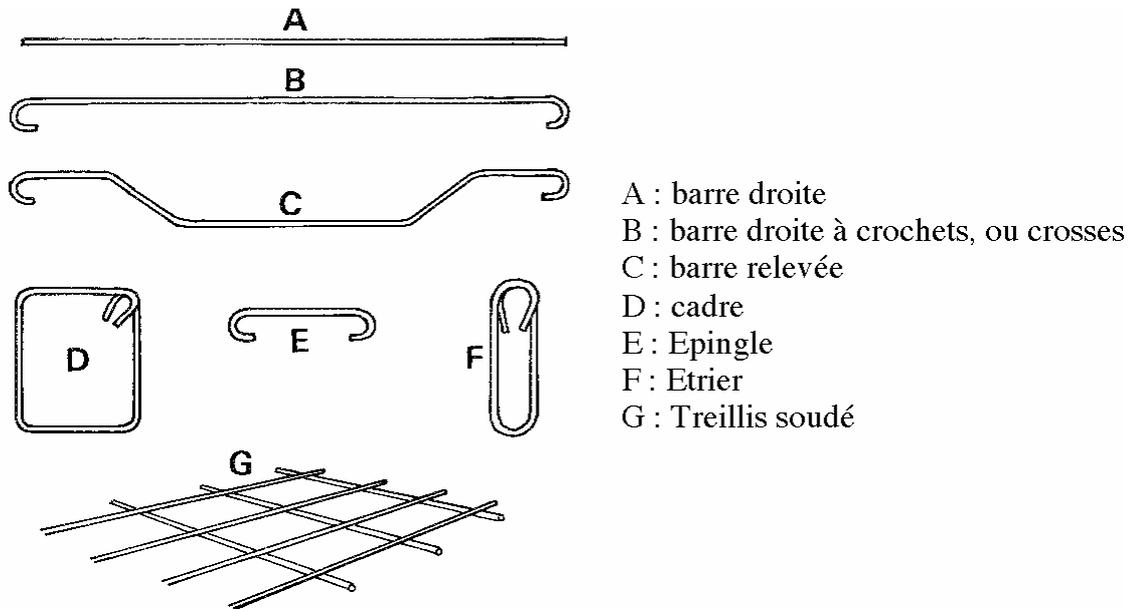
Par ailleurs, si malgré tout le chaînage horizontal ou plancher est mi en œuvre sans planelle, il convient alors d'incorporer un grillage dans l'épaisseur de l'enduit.



LE BETON ARME

Les Armatures à béton

Principaux éléments



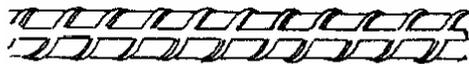
Les différents types de fer à béton



acier CARON (C)



acier NERSID nervuré (N)



acier CRÉLOI (SE)



acier TENTOR (TT)



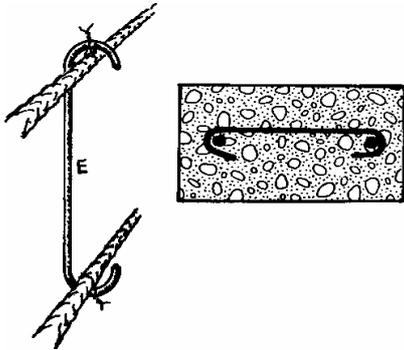
acier BRETEUIL (BR)



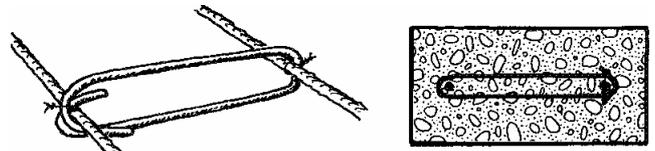
acier TOR (T)

(V. détails de caractéristiques, diamètres, sections et masse dans un ouvrage tel que le Technor ou un traité de béton armé)

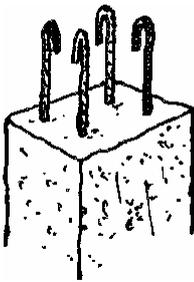
Utilisation des armatures : vocabulaire



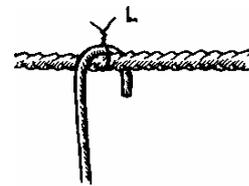
Epingles (d'armature de béton)



Etrier d'armature du béton

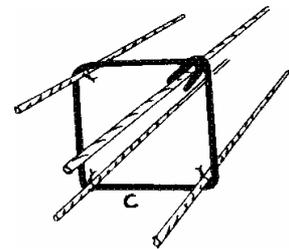


Armature en attente

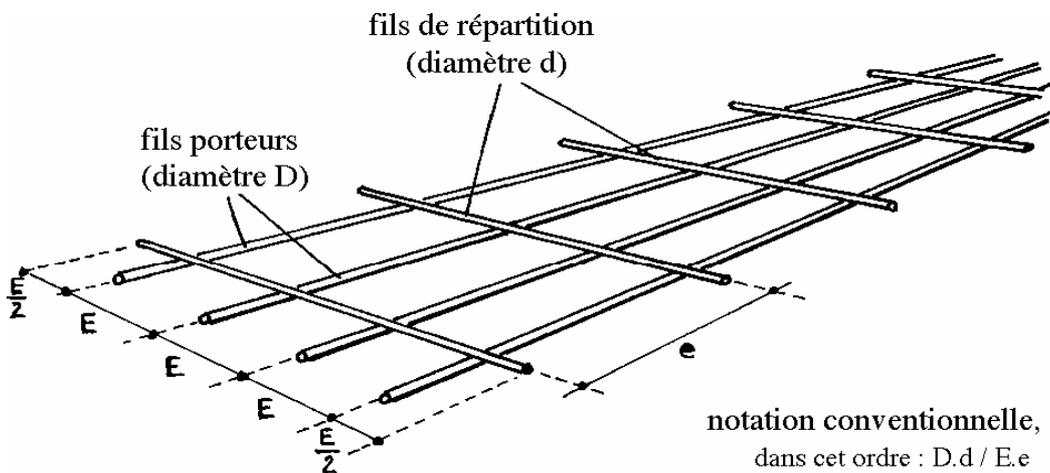


Ligature d'armature

Cadre
d'armature



Les treillis soudé



notation conventionnelle,
dans cet ordre : D.d / E.e
exemple : TS ou PS (panneau standard) 5.4 / 100.250

Composition type des mortiers et bétons

Mortiers

Désignation des mortiers	Poids de ciment pour 1000 litres de sables
Mortier n°1 : maçonnerie, hourdage,	300 kg / classe 45
Mortier n° 2 : enduits extérieurs et intérieurs	300 à 500 kg (selon couche)/ classe 35
Mortier n°3 : chape ordinaire, jointoiment	250 kg / classe 35
Mortier n°4 : scellements	750 kg / classe 45

Bétons

Désignation des bétons	Dosage en gravier (5/25)	Dosage en sable (0/5)	Dosage en ciment par m3 de béton en place
Béton n°1 : (propreté)	800 Litres	400 Litres	150 Kg / classe 45
Béton n°2 : (gros béton de fondation)	800 Litres	400 Litres	250 Kg / classe 45
Béton n°3 : (forme de sols, agglomérés ⇔ chapes et parpaings)	800 Litres	400 Litres	250 Kg / classe 45
Béton n°4 : (béton armé)	800 Litres	400 Litres	350 Kg / classe 45

Mortiers spéciaux pour maçonnerie en BTC

Désignation du mortier BTC	Dosage en ciment en % de Poids de terre latéritique
Mortier BTC	Le double du dosage utilisé pour la fabrication du bloc BTC

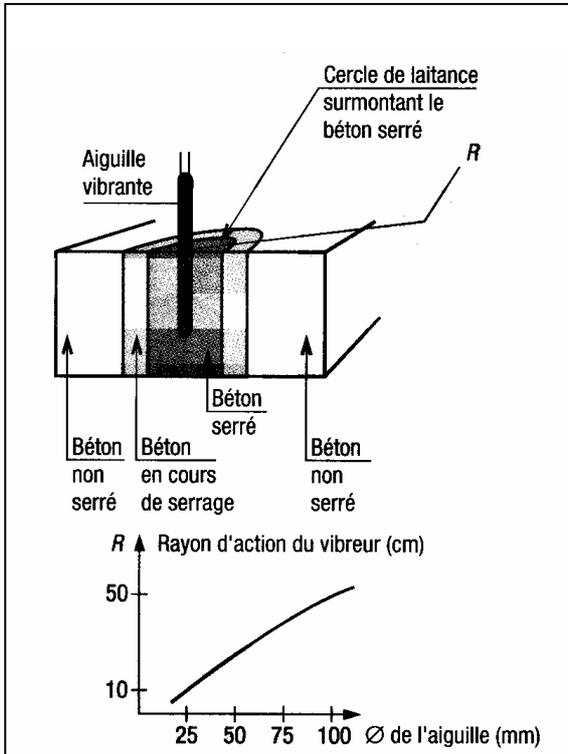
A noter :

Il existe dans la pratique deux types de BTC :

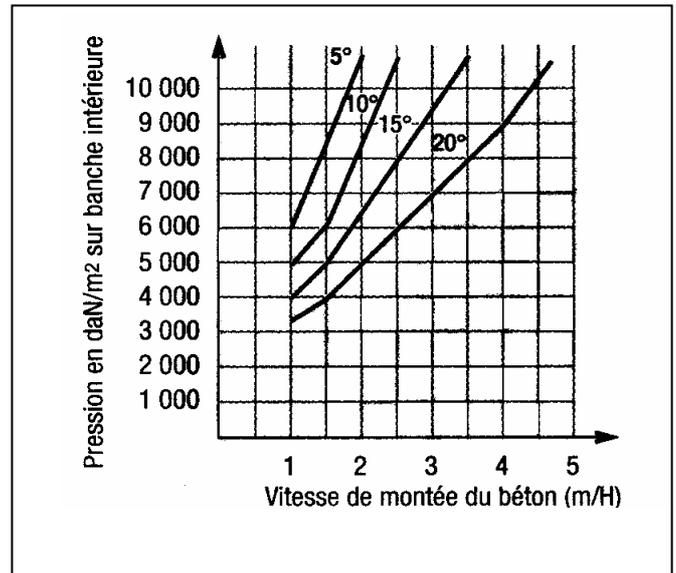
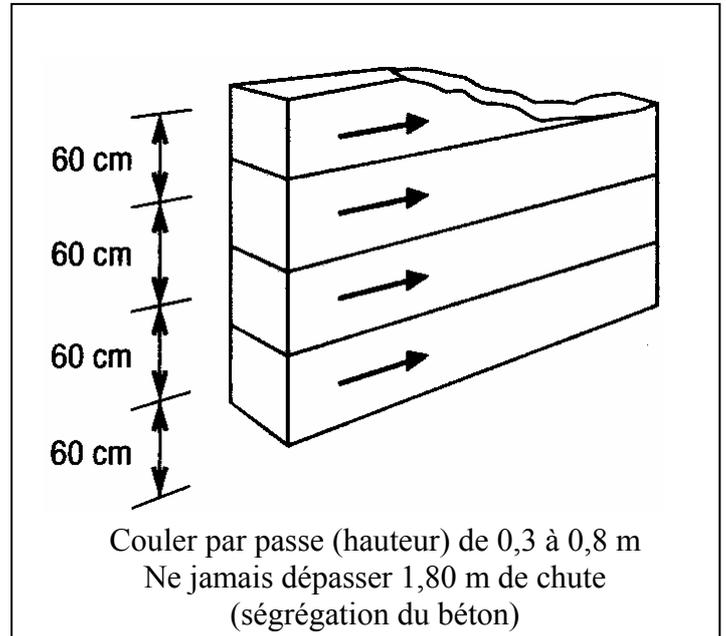
- ✓ BTC pour maçonnerie **intérieure** : dosage en ciment = 6 %
- ✓ BTC pour maçonnerie **extérieure** : dosage en ciment = 8 %
- ✓ BTC pour maçonnerie **extérieure façade exposée** : dosage en ciment = 12 %

D'où le dosage du mortier de pose.

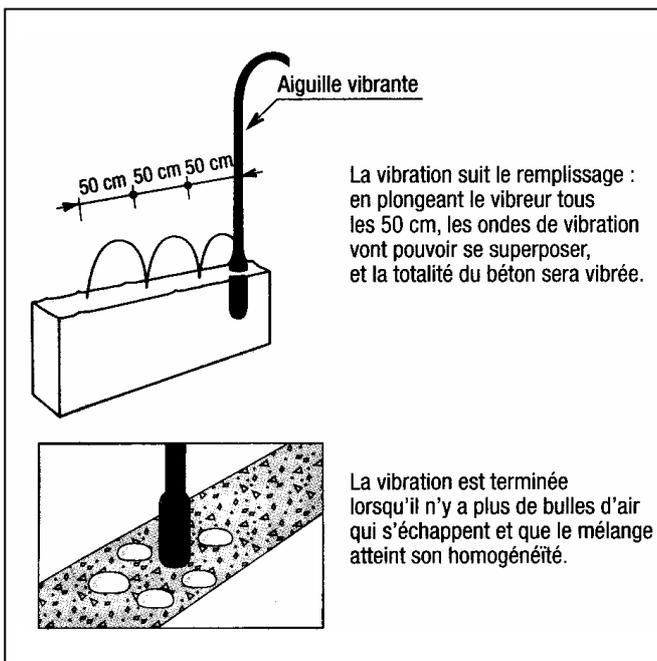
Vibration et mise en œuvre des bétons



Rayon d'action d'une aiguille vibrante



Vitesse de bétonnage à ne pas dépasser pour un béton courant



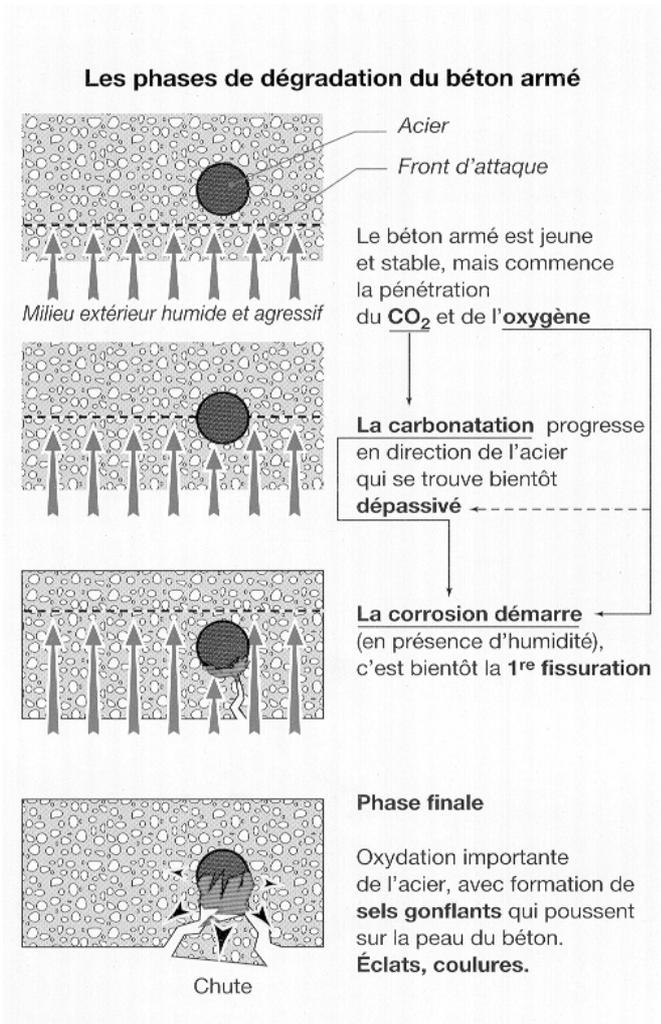
Utilisation de l'aiguille vibrante

Pathologie des bétons : la corrosion des armatures

Le béton est un matériau basique, dont le Ph, tout au moins aux premiers âges, se situe entre 12 et 14.

C'est aussi un matériau relativement étanche qui joue un rôle de barrière vis à vis de l'environnement.

La protection des armatures est donc à la fois chimique (du fait de l'alcalinité de la solution interstitielle et de la passivité de l'acier dans ce milieu) et physique (par l'enrobage).



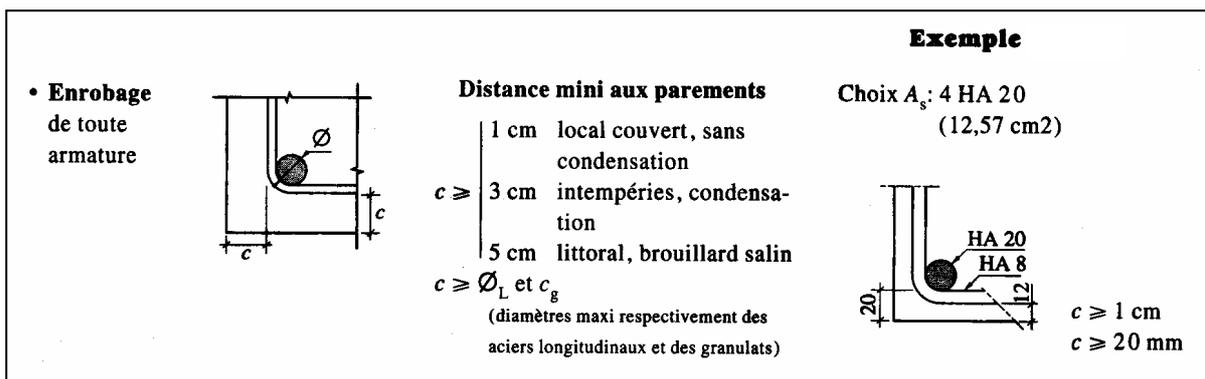
Sous l'action d'un certain nombre d'agents extérieurs, atmosphériques et chimiques, le béton entame un processus de carbonatation et perd petit à petit son caractère basique, de sorte que son Ph peut descendre au dessous de 10.

La protection de l'acier n'est plus assurée et la corrosion devient donc possible.

Le béton se trouve alors soumis à des contraintes très importantes qui résultent du gonflement des armatures sous l'effet de la rouille (le volume d'une armature peut quadrupler sous l'effet de l'oxydation), ce qui se traduit par une poussée au vide qui conduit à l'éclatement du béton au droit de l'armature qui se trouve ainsi mise à nu.

Ce phénomène est particulièrement visible dans le cas des nez de balcons, des bandeaux et dans certains voiles de façades dans lesquels les armatures ne sont pas correctement positionnées, ainsi que dans des ouvrages soumis à l'action des embruns ou de sels.

D'où l'enrobage des armatures, à savoir :

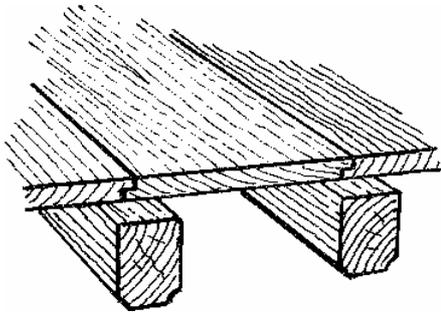


Les cales d'enrobage

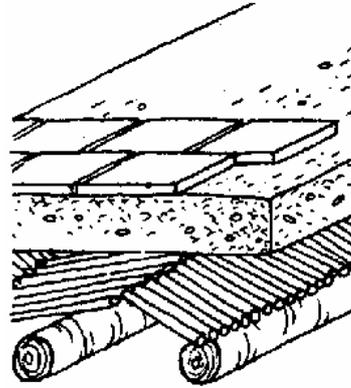


LES PLANCHERS

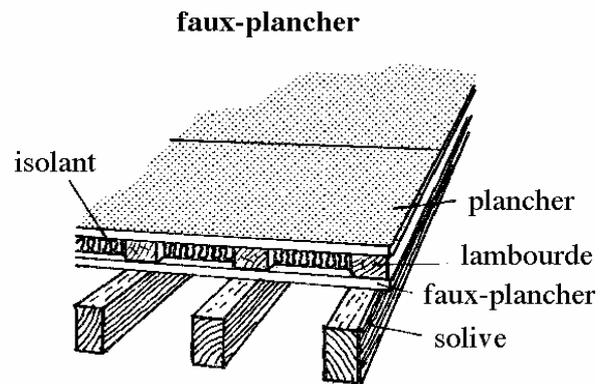
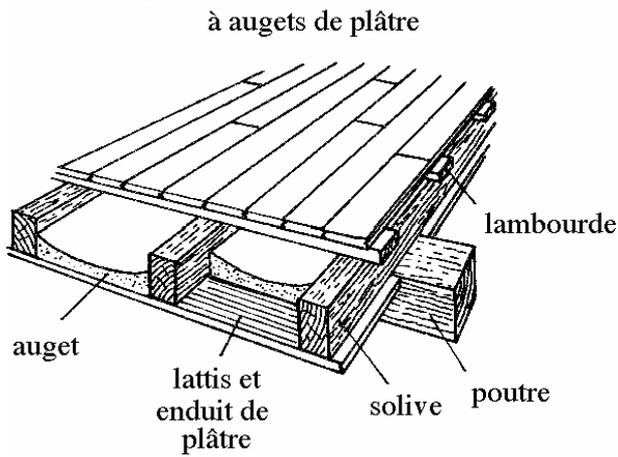
Plancher Bois traditionnel



Platelage bois sur solives

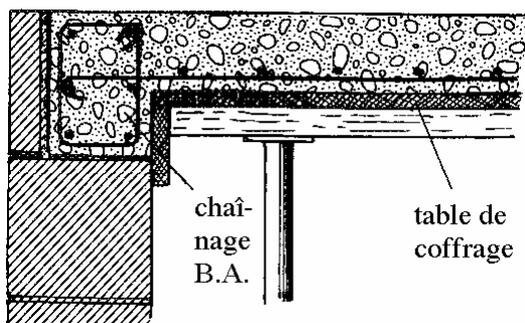


Plancher sahélien



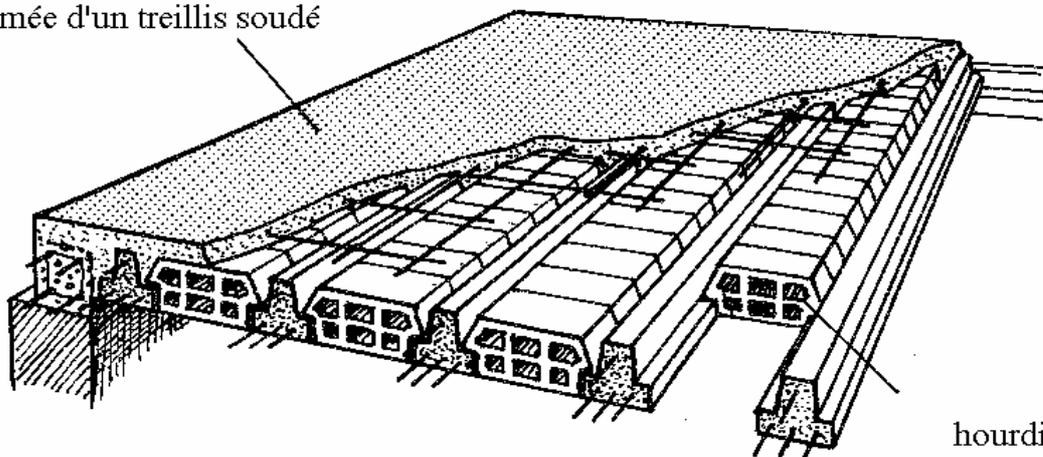
Les Planchers en béton armé

Plancher coffré et coulé à dalle pleine sur coffrage



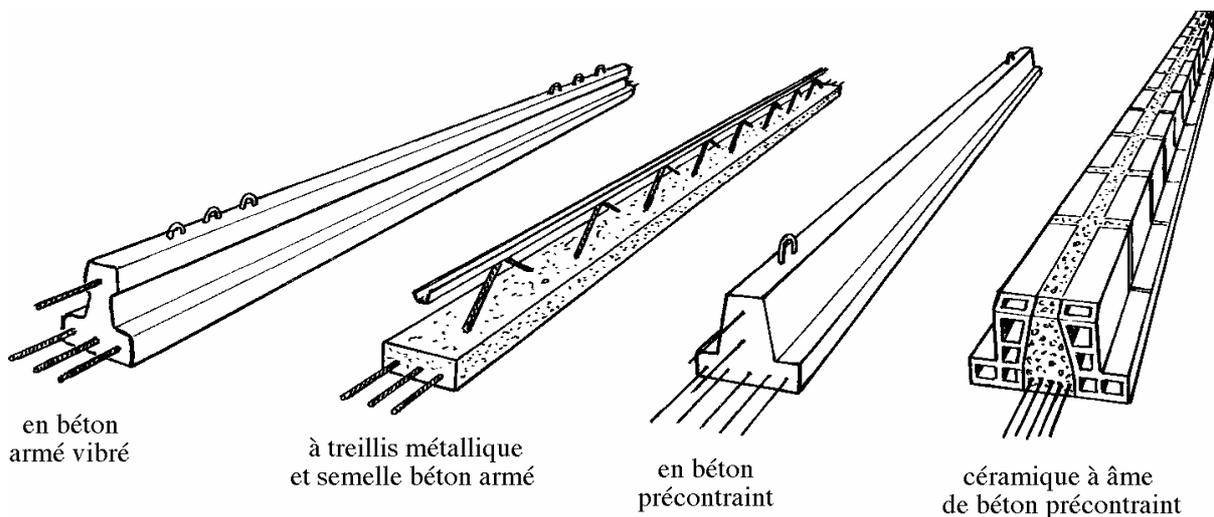
Plancher à hourdis + poutrelles préfabriquées

dalle de répartition
armée d'un treillis soudé

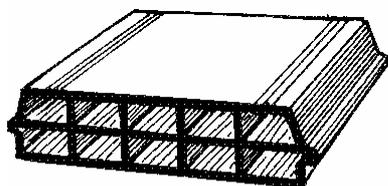


hourdis ou
entrevous en corps
creux (béton, céramique
ou mousse isolante)

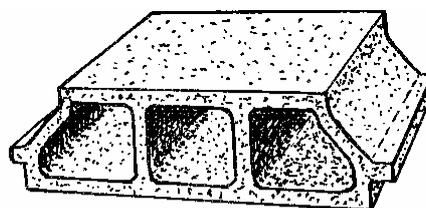
Différent type de poutrelle



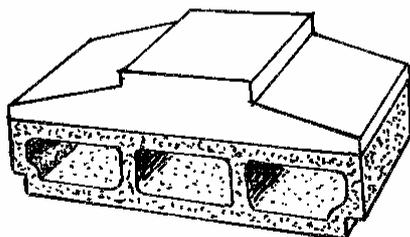
Les différents types d'Hourdis



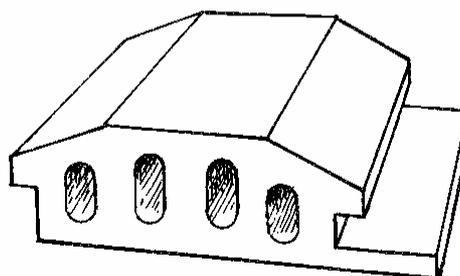
en céramique



en béton de granulats

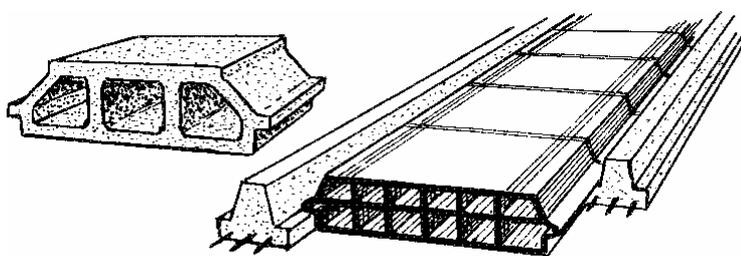


en béton, à rehausse
isolante en polystyrène

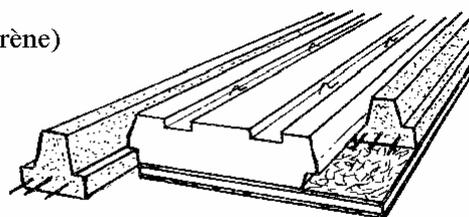


en polystyrène expansé,
à languette

Les dispositions constructives des plancher poutrelles+ hourdis

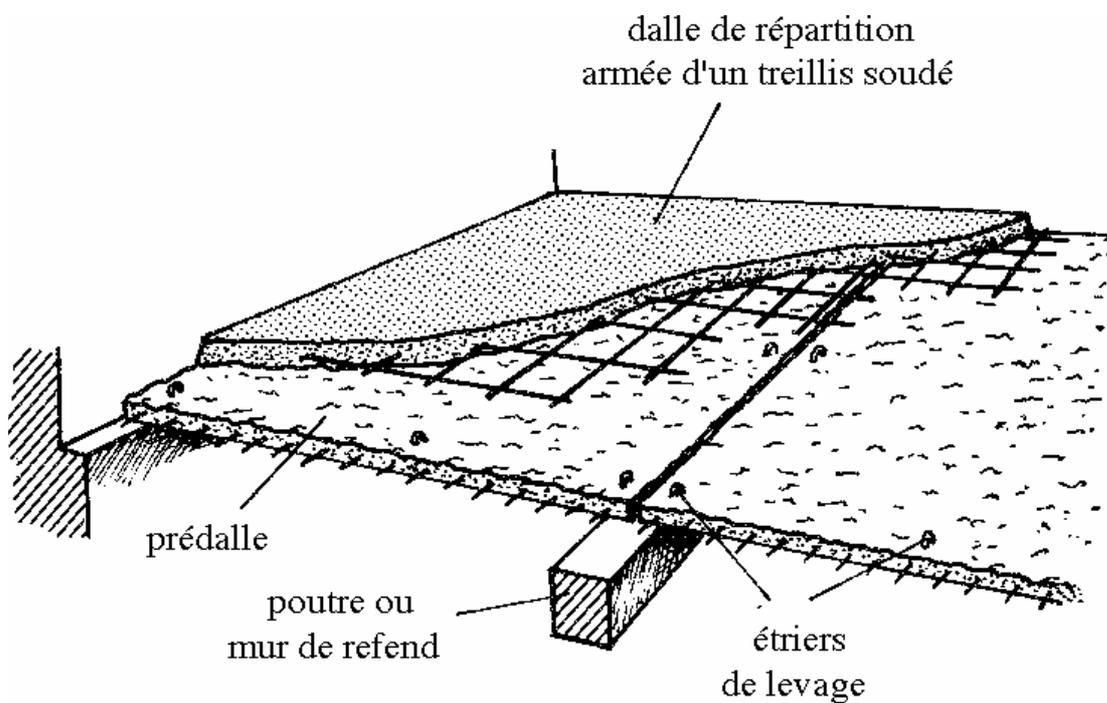


en béton de granulats et en céramique
(se font aussi avec rehausse isolante en polystyrène)

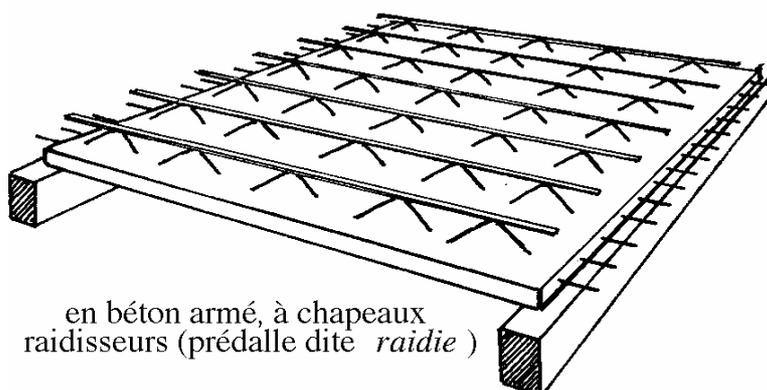
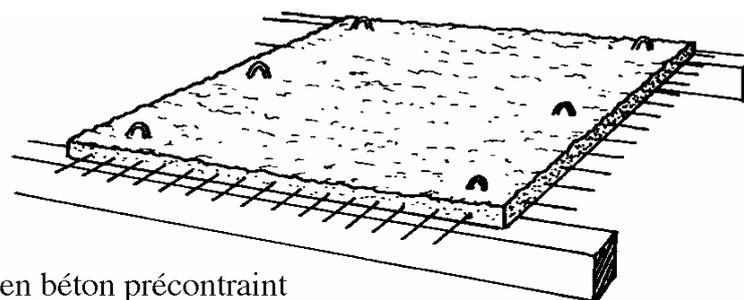


en polystyrène à panneau
formant languette en sous-face

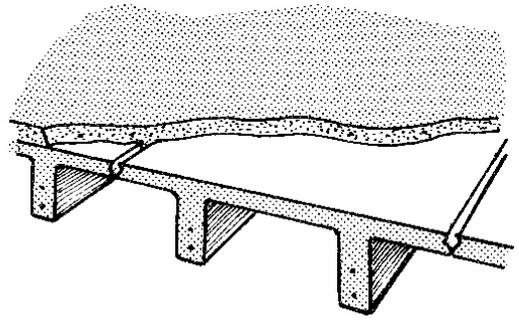
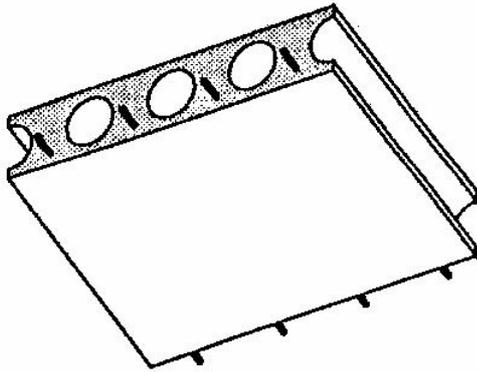
Plancher à pré-dalles



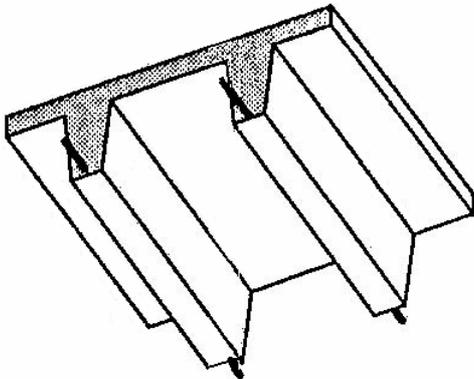
Les différents types de pré-dalle



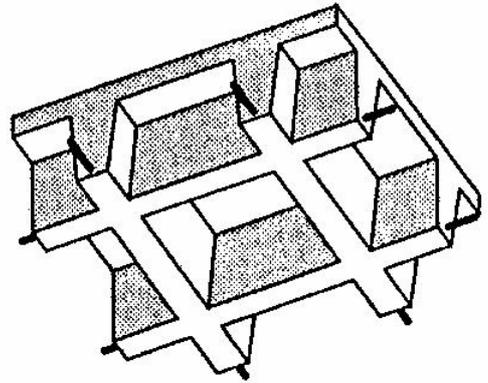
Plancher préfabriqué nervuré



Plancher nervuré



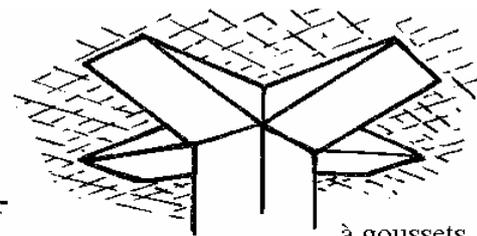
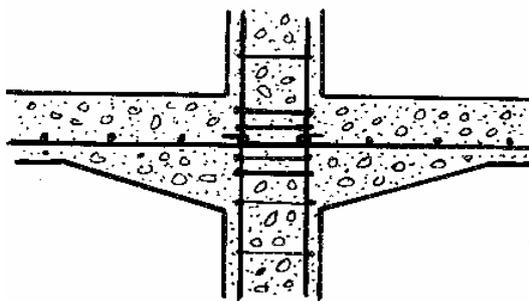
1 sens



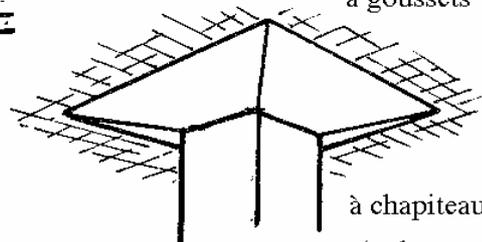
2 sens

Plancher à champignon

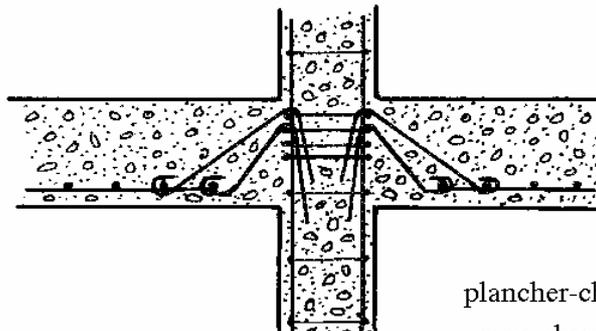
plancher-champignon



à goussets



à chapiteau
(polygonal
ou circulaire)

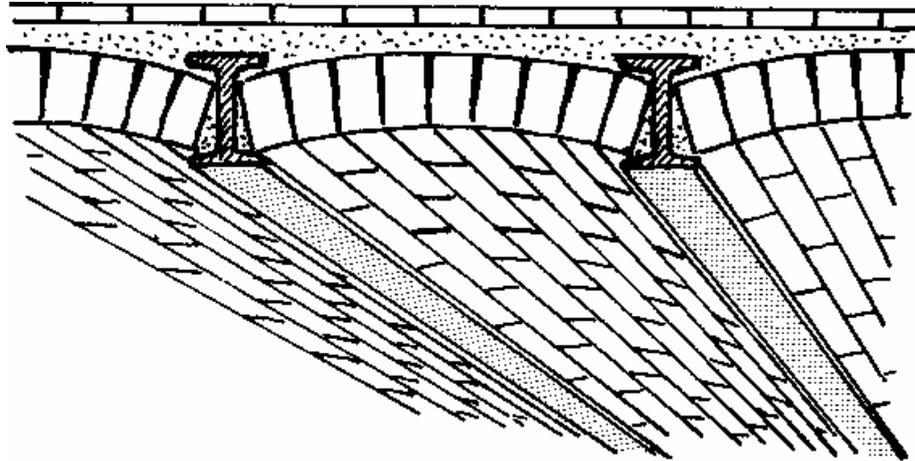


plancher-champignon
sans chapiteau, dit

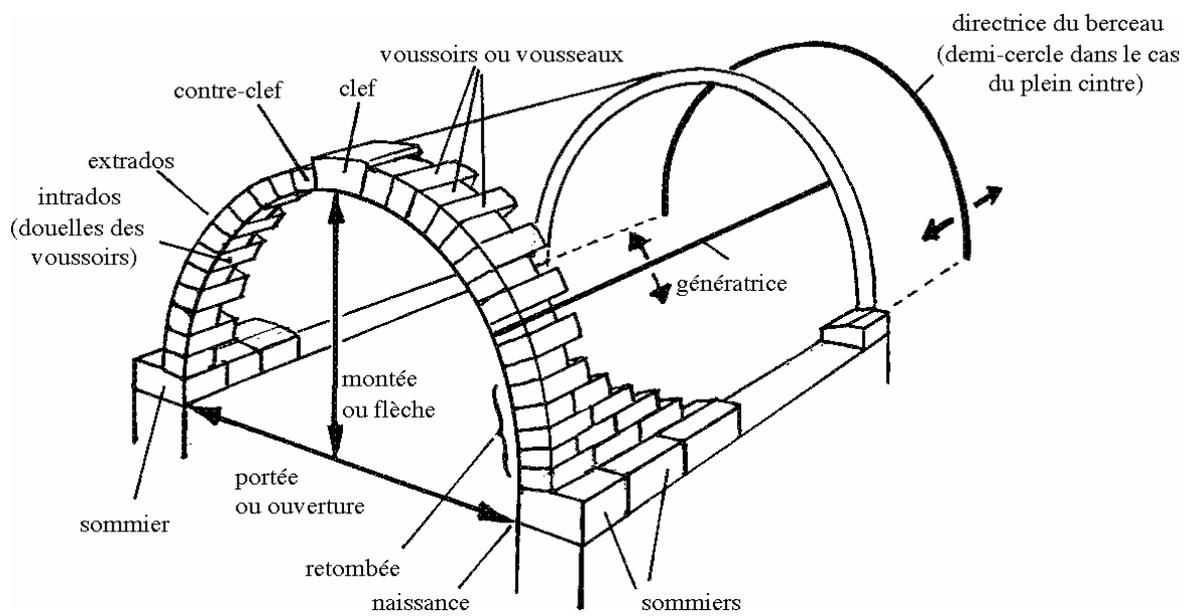
"plancher-champignon sans champignon"

Les planchers à poussée horizontale

Les planchers à voûtains

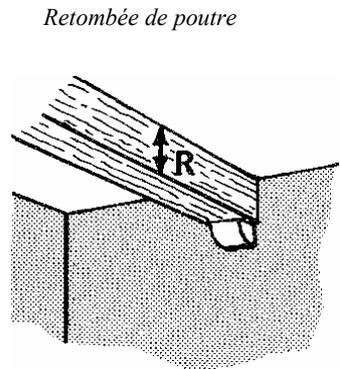
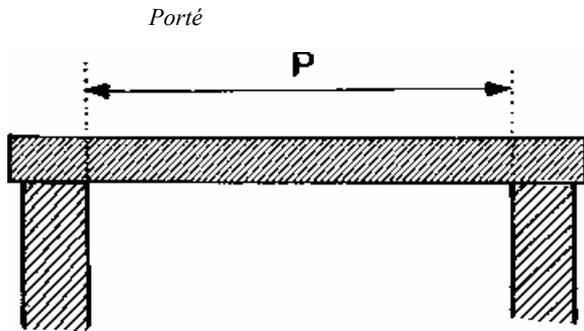


Les planchers par voûte en berceau

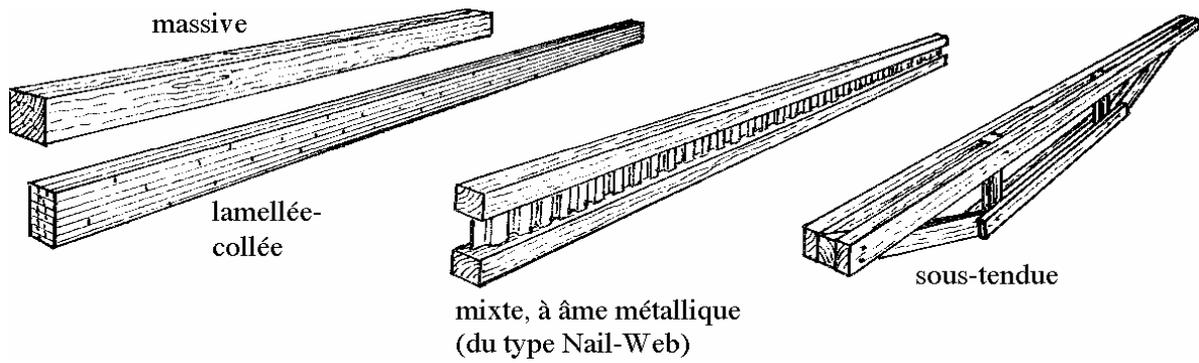


LES POUTRES

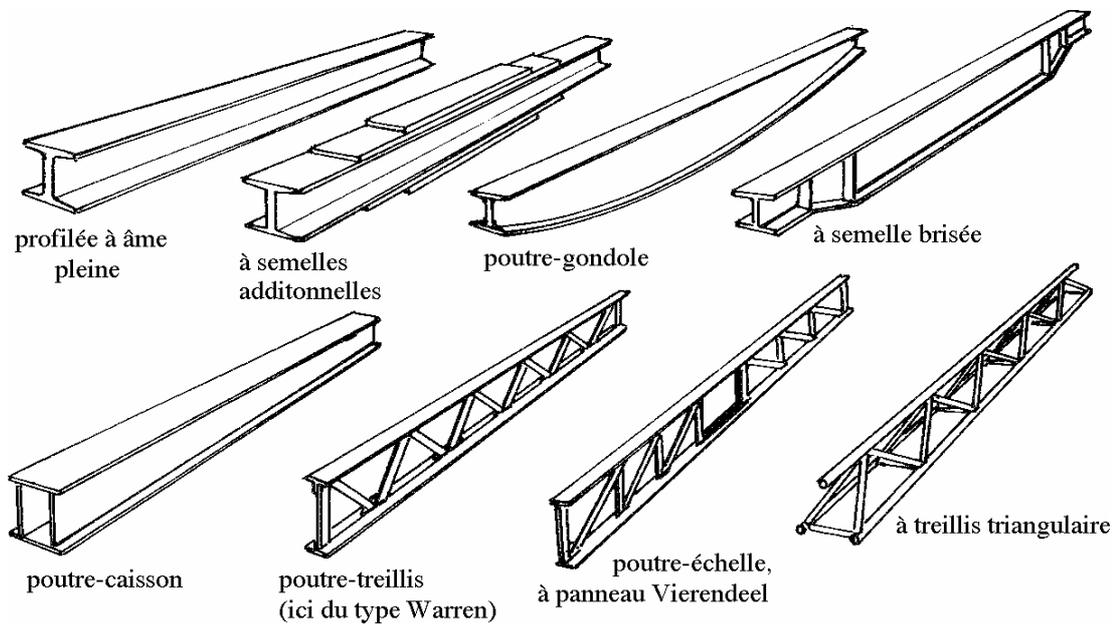
Vocabulaire



Les Poutres bois

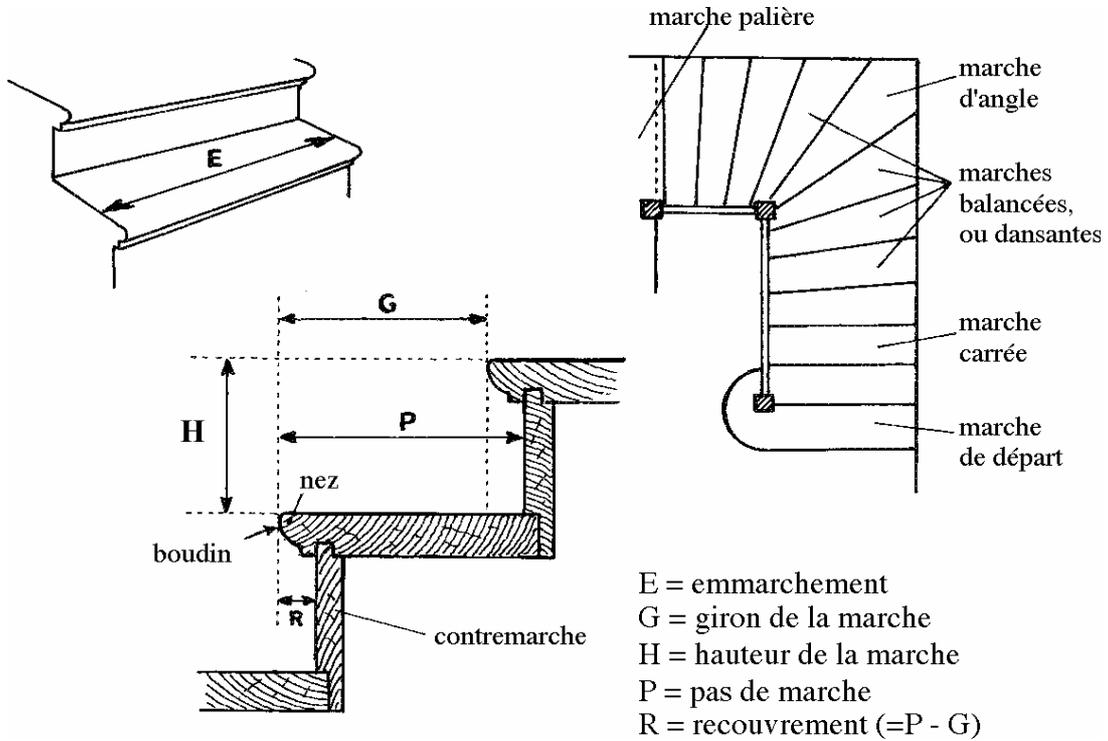


Les Poutres métallique

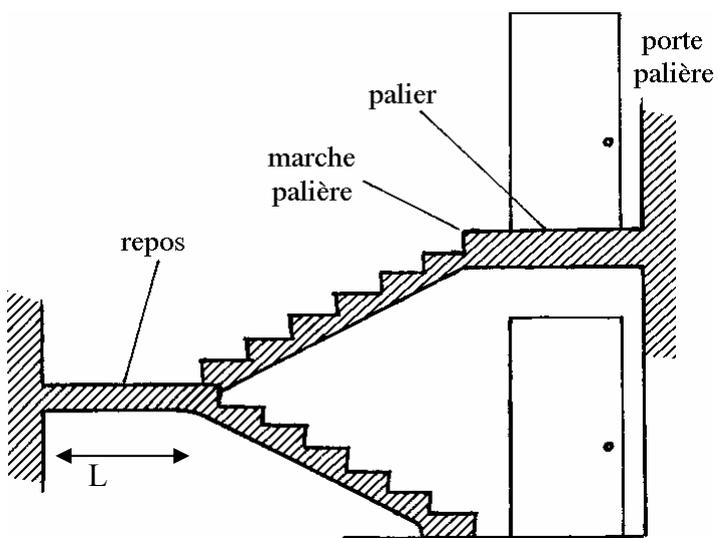


LES ESCALIERS

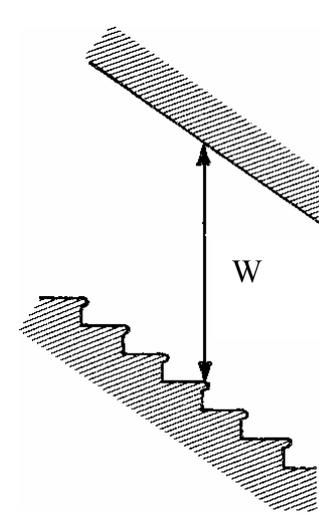
Définition & vocabulaire



Formule de BLONDEL
 $2.H + G = 60 \text{ à } 64 \text{ cm}$
(avec G entre 25 et 32 cm ; 28 cm en générale)



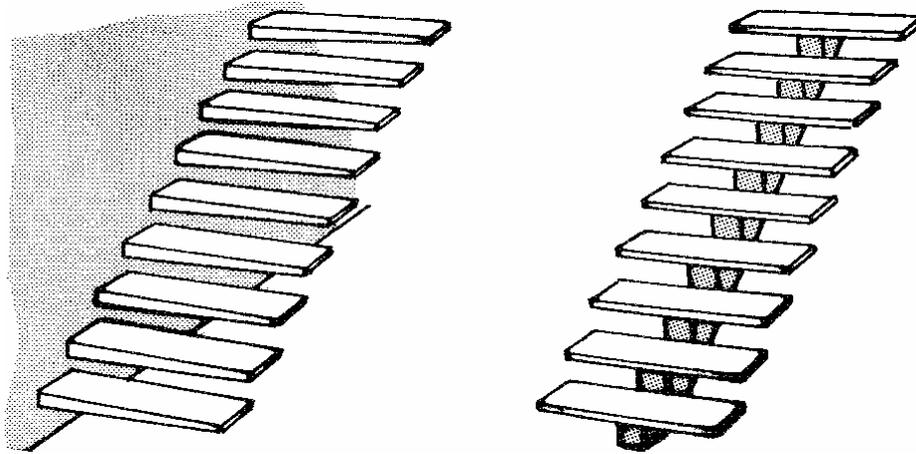
W = Echappé : prendre 2,10 m au minimum



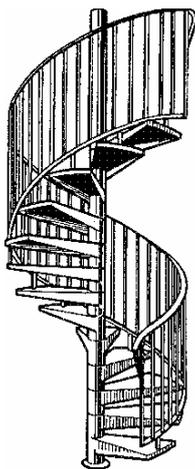
Prendre pour largeur de palier ou de repos $L = 1,2 E$
 (E largeur de l'escalier = emmarchement)

Exemple d'escaliers

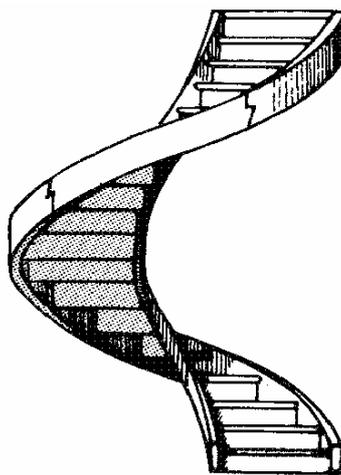
Les escaliers suspendus



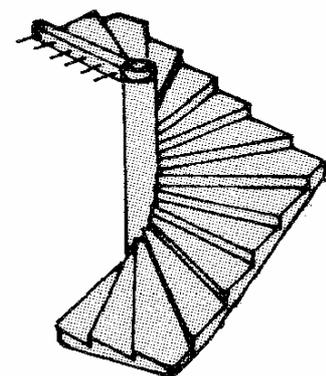
Les escaliers à vis



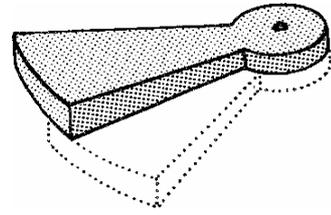
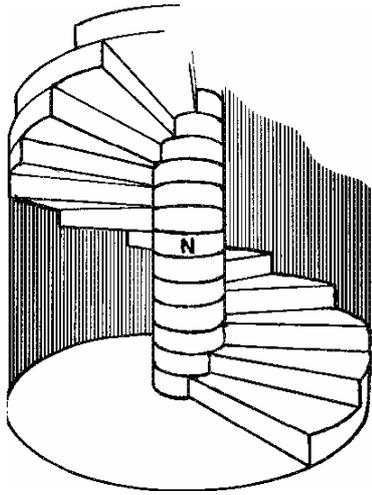
métallique à noyau central



à limons à la française
portant de plancher à plancher,
à jour central



préfabriqué en béton



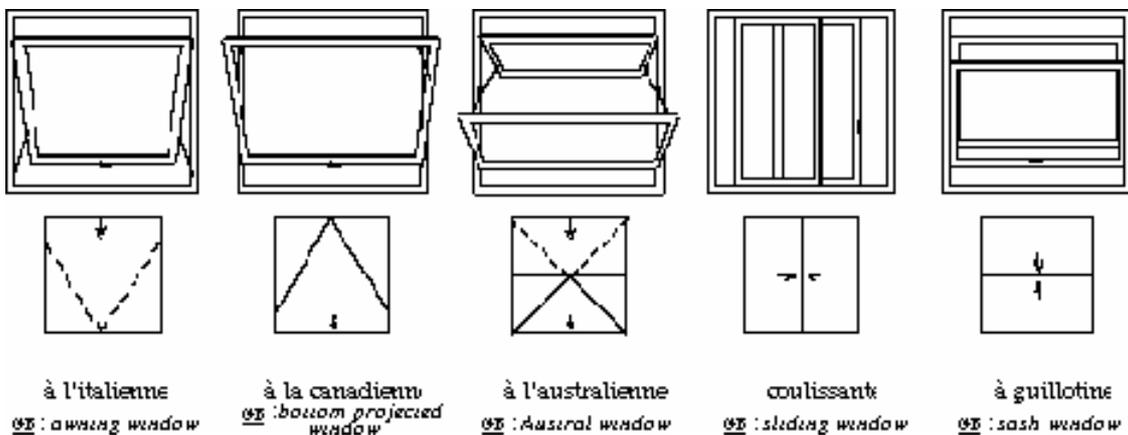
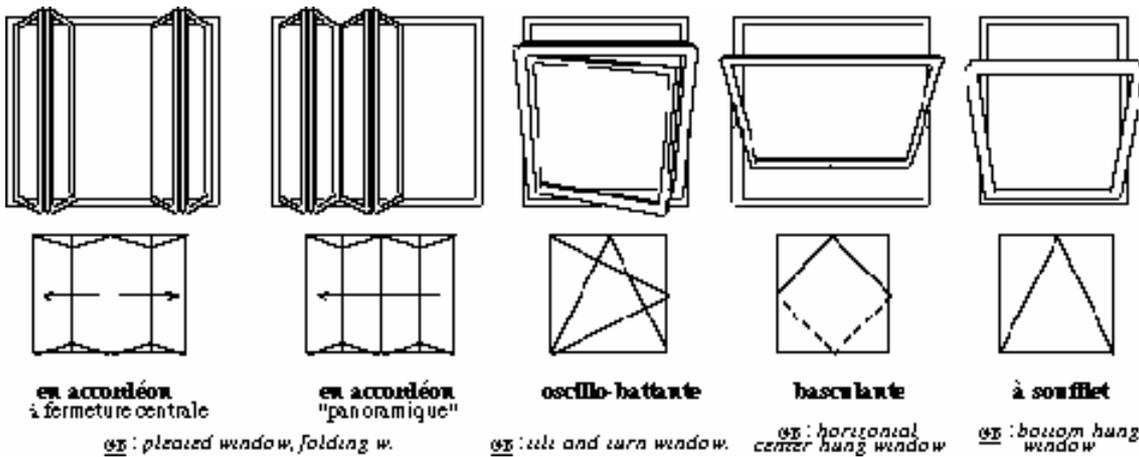
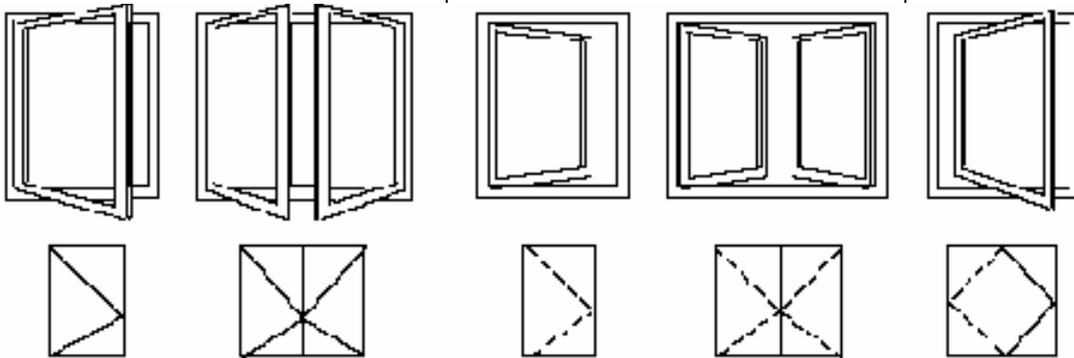
LES OUVERTURES (PORTE&FENETRE)

Fenêtres

à la Française,

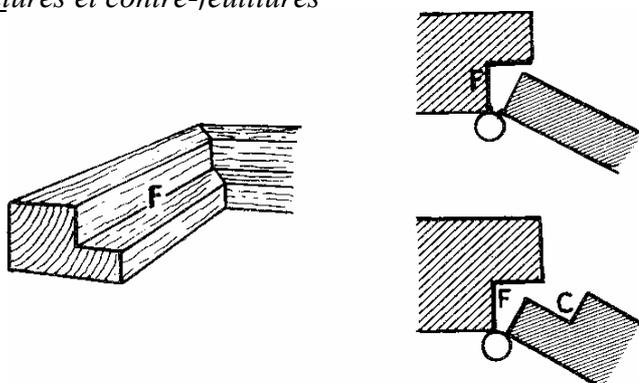
à l'anglaise

pivotante

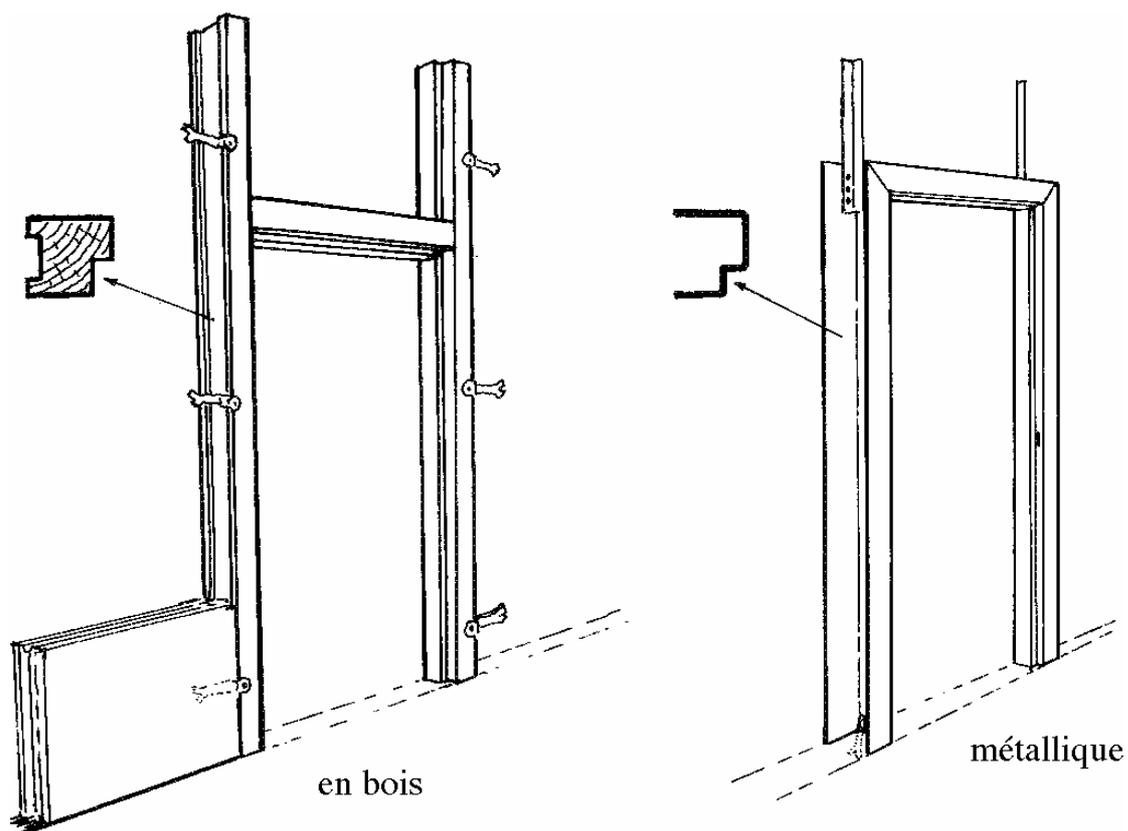


Détails constructifs

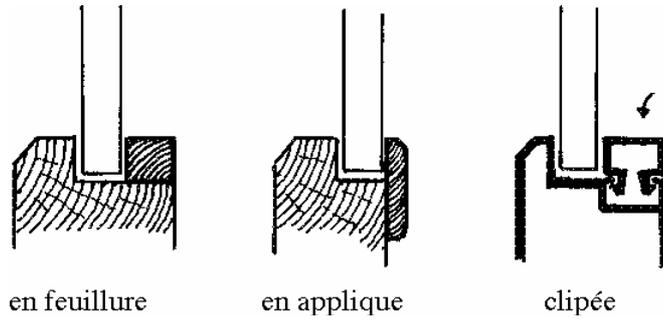
Feuillures et contre-feuillures



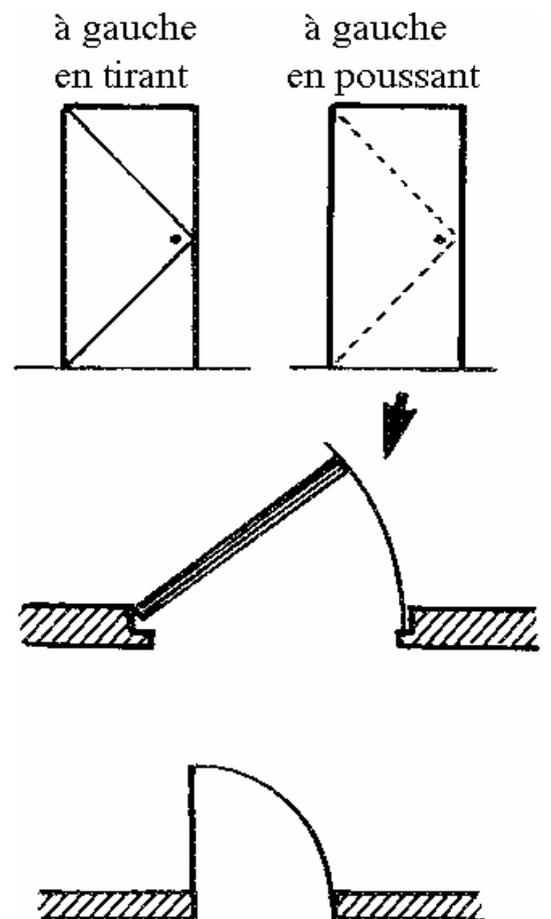
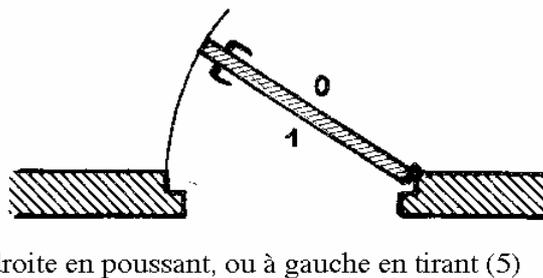
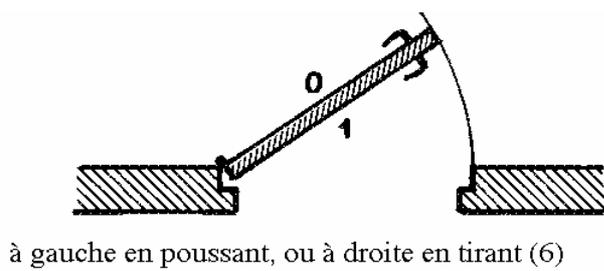
Huisserie (dormant)



Parclores (les différents types)



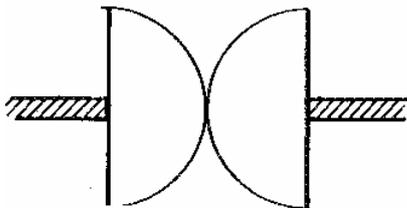
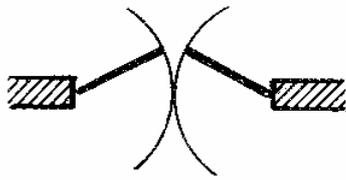
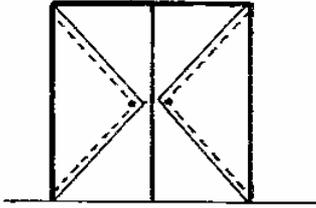
Porte et sens d'ouverture



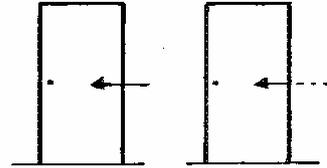
NB - Suivant la convention internationale ISO (ISO-R-1220), les chiffres 0 et 1 désignent les faces d'ouverture (0) et de fermeture (1). La convention désigne par le chiffre 5 le sens d'ouverture par rotation, vue de dessus, dans les sens des aiguilles d'une horloge, et par 6 la rotation dans le sens inverse.

Cas particulier de portes

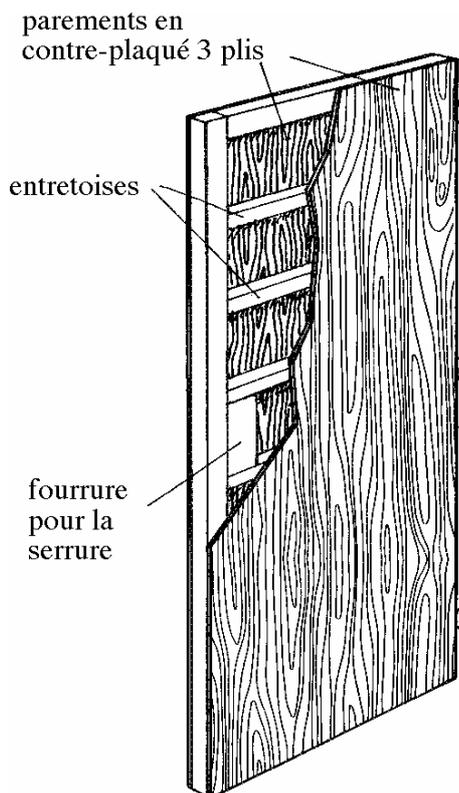
Porte va-et-vient
(ici à deux vantaux)



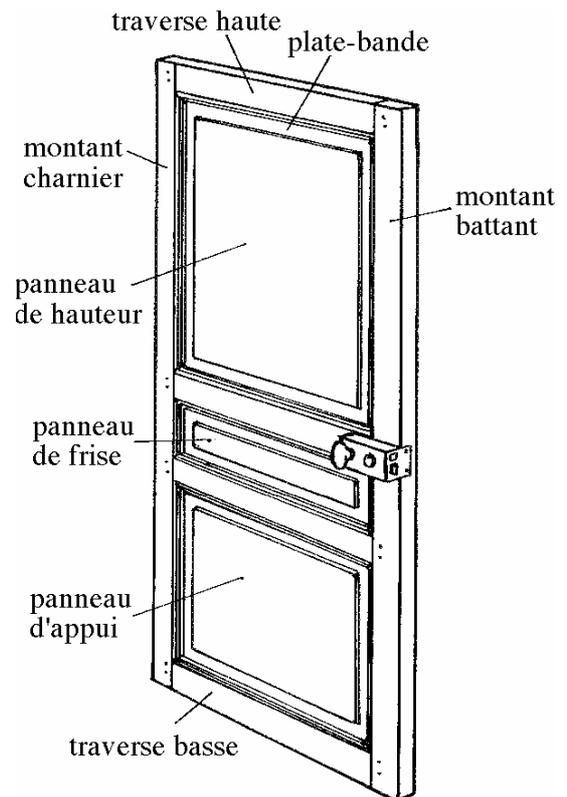
Porte coulissante



Constitution d'une porte (ouvrant)



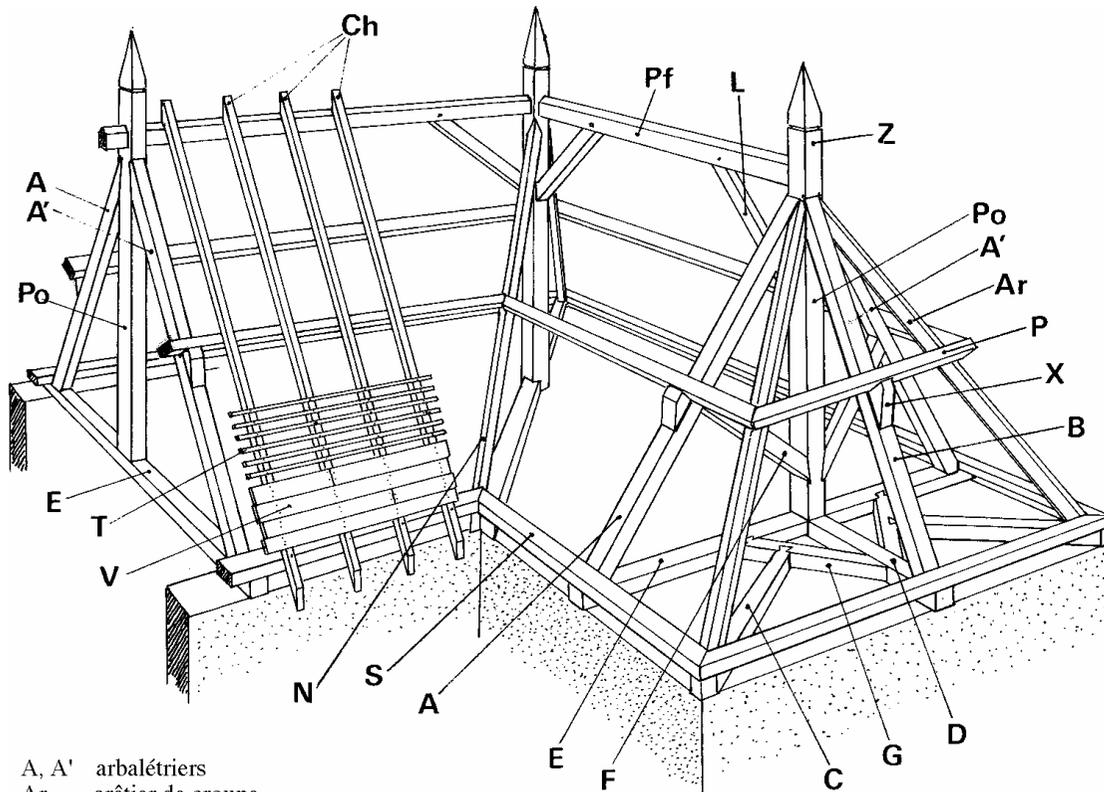
Porte isoplane



Porte pleine

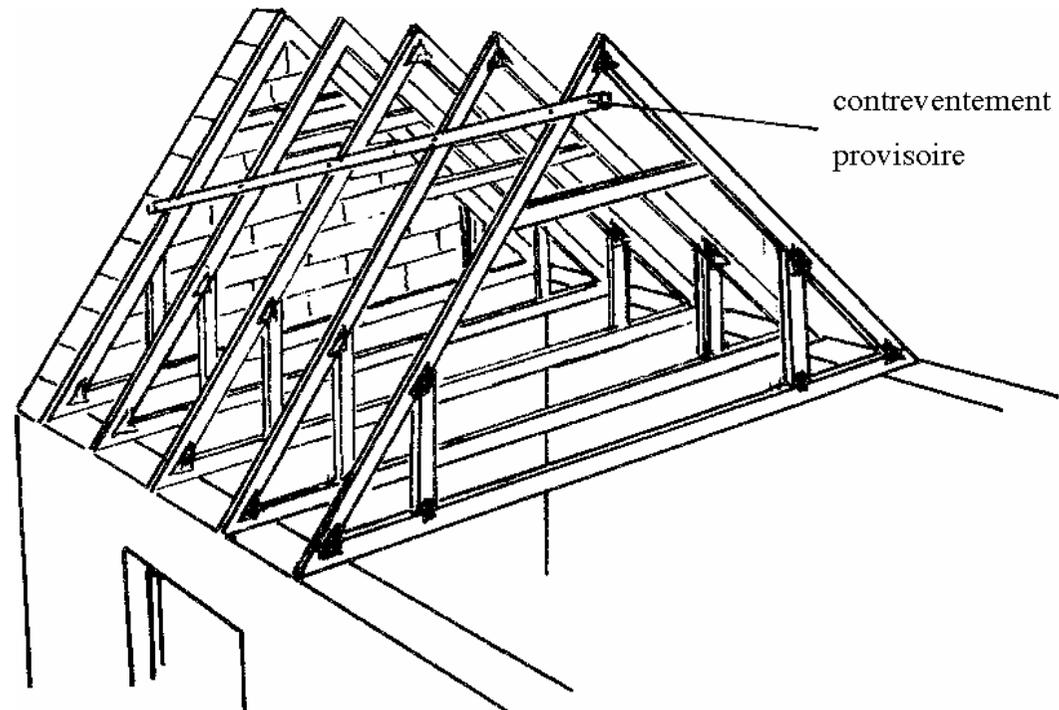
LES CHARPENTES

Charpentes traditionnelles



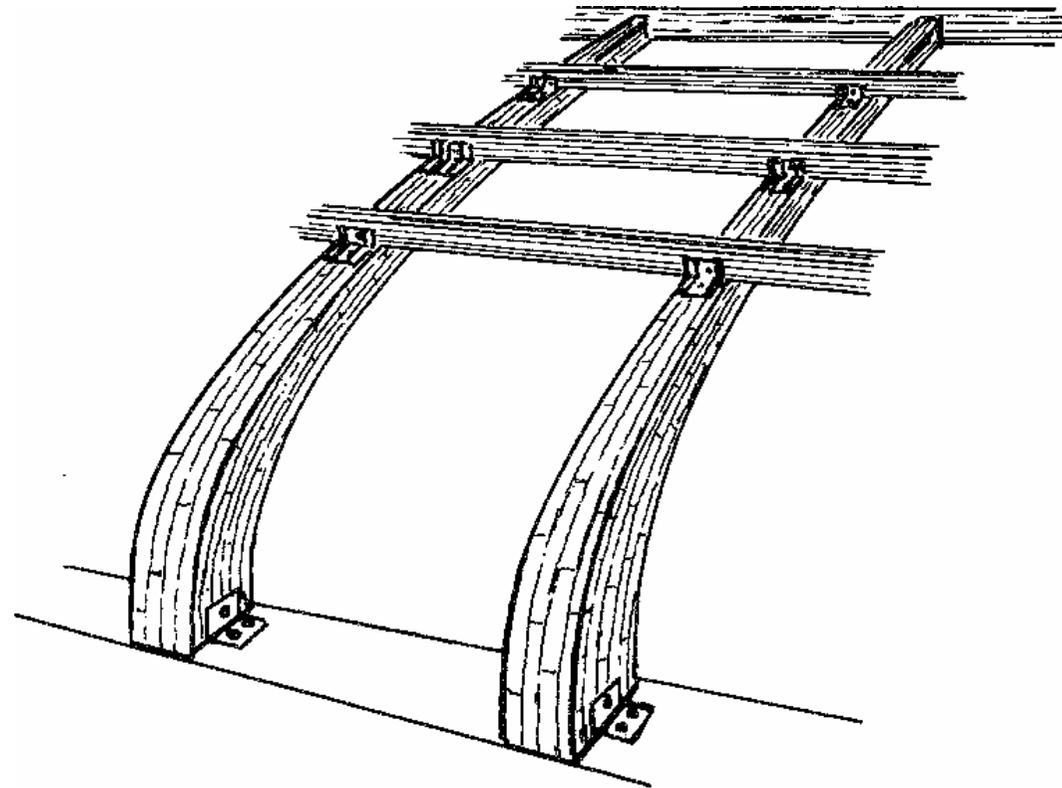
- | | | | | | | |
|-------|-----------------------|----|----------------|---|-------------|------------------------------------------|
| A, A' | arbalétriers | G | gousset | S | sablère | Ensemble A, A', E, Po = ferme |
| Ar | arêtier de croupe | L | lierne | T | liteaux | Ensemble B, D, Po = demi-ferme de |
| B | arbalétrier de croupe | N | noue | V | voligeage | croupe |
| C | coyer | Pa | panne | X | chantignole | Ensemble D, C, E, G = enrayure de croupe |
| Ch | chevrons | Pf | panne faitière | Z | épi | |
| D | demi-entrait | Po | poinçon | | | |
| E | entrait | | | | | |
| F | contrefiche | | | | | |

Charpente industrialisé légère (dit à fermette)



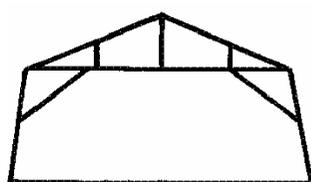
A noter : L'étaiement provisoire en phase de construction (de mur, charpente ...) et en particulier contre les effets du vent = **SECURITE**

Charpente lamellé-collé

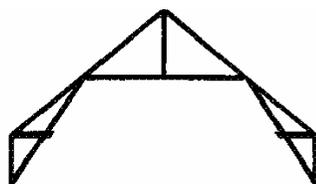


LES FERMES DE CHARPENTE

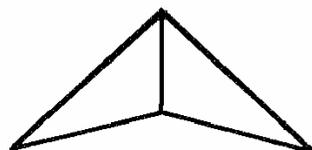
Types de ferme



à la Mansart



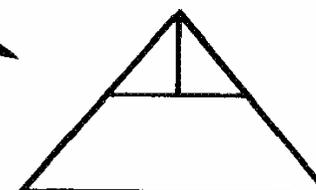
à entrain retroussé



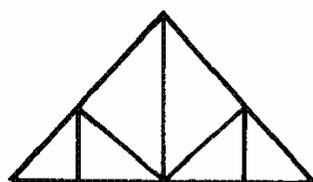
à entrain brisé



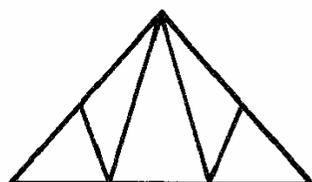
à écharpes



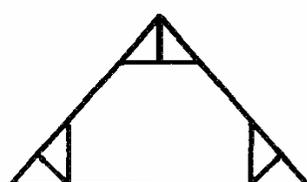
à faux-entrait



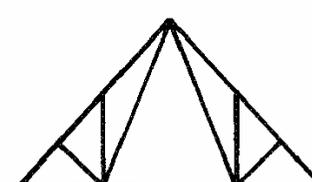
en M



en W

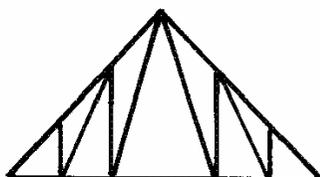


en A

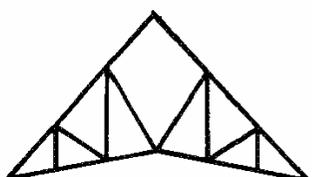


en éventail

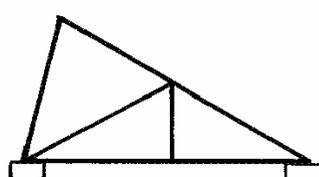
ferme dite à la Palladio ou à la Polydor



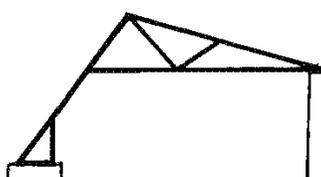
anglaise



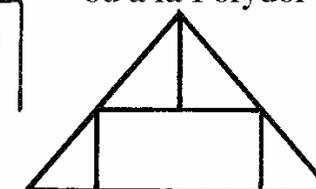
belge, à entrain brisé



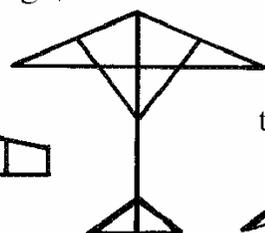
en shed



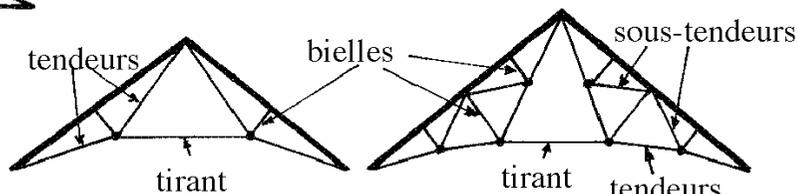
boiteuse



à treillis



en parapluie



tirant

à la Polonceau, à deux et à trois bielles

Quelle ferme pour quel type de charge

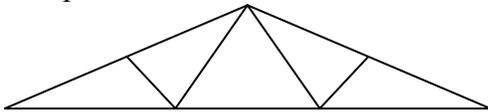
Il existe deux grandes familles de fermes

Fermes avec entrain

Ces fermes sont courantes et leur mise en œuvre présente peu de difficultés. L'entrain ayant pour conséquence de "refermer" les forces sur la ferme. Elles transmettent des efforts horizontaux réduits à ses appuis et facilite ainsi l'étude et la réalisation des ancrages

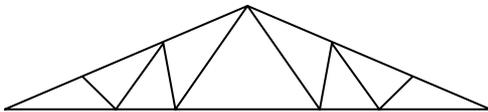
Ferme en "W"

La plus courante

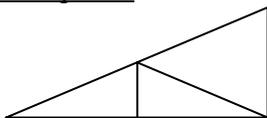


Ferme en double W

Elle est équilibrée et convient aux **grandes portées et aux charges importantes**

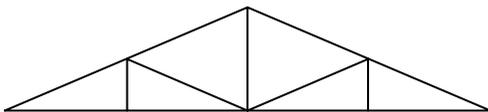


Ferme monopente



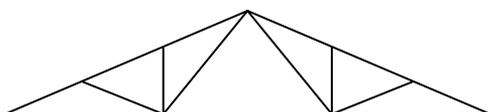
Ferme en "M"

Elle convient aux **plafonds lourds et aux couvertures légères**



Ferme en éventail

Elle convient aux **plafonds légers et aux couvertures lourdes**

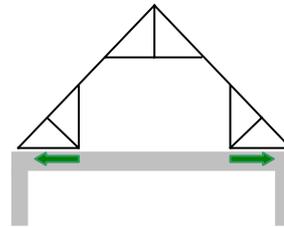


Fermes sans entrain

Ces fermes sont non courantes et posent des problèmes de calcul complexes (attaches au droit des noeuds, point d'appui, stabilité ...) Leur emploi est donc réservé à des cas particuliers et aux professionnels.

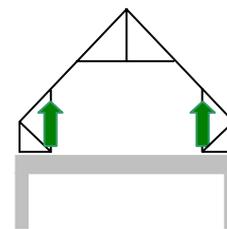
Ferme de combles habitables en "A"

Ce type de ferme soumet le **plancher à une légère traction** et nécessite des appuis bloqués.



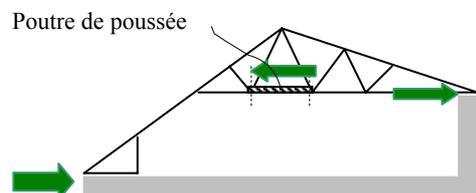
Ferme de combles habitables à encuvement

Ce type de ferme soumet le mur porteur à **une traction considérable**. Ces fermes nécessitent des ancrages très résistants (chevilles à expansion, scellement) fixés sur un support renforcé (ferrailage du béton support).



Ferme "boiteuse" pour chien assis

Le mur soutenant l'appui supérieur de la ferme **ne peut généralement pas encaisser à lui seul** la poussée horizontale importante de ce type de ferme. Une poutre de poussée est généralement nécessaire.

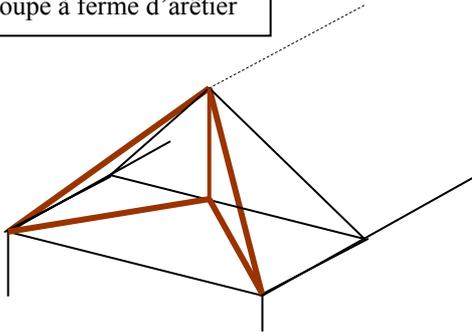


Comment réaliser une croupe

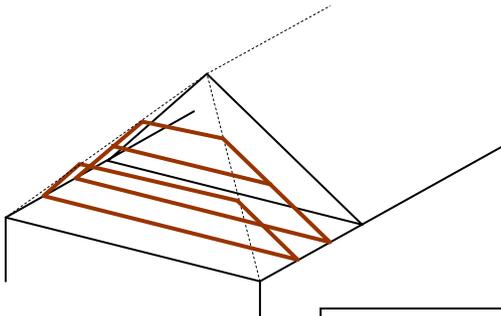
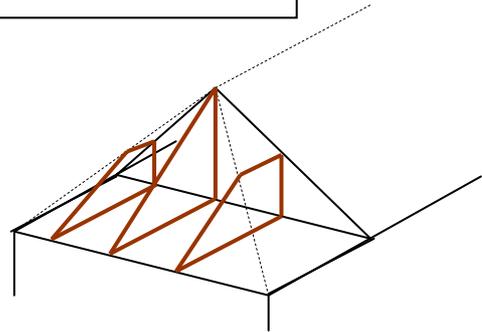
Il existe trois solutions :

- Croupes à empagnons porteurs
- Croupe à fermes tronquées
- Croupe à ferme d'arêtier

Croupe à ferme d'arêtier



Croupe à empagnons

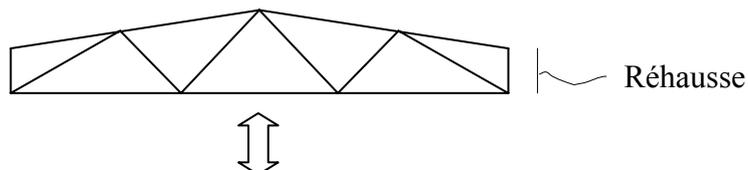


Croupe à ferme tronquée

Pour les croupes à fermes tronquées, attention au problème de flèche différentielle entre fermes tronquées

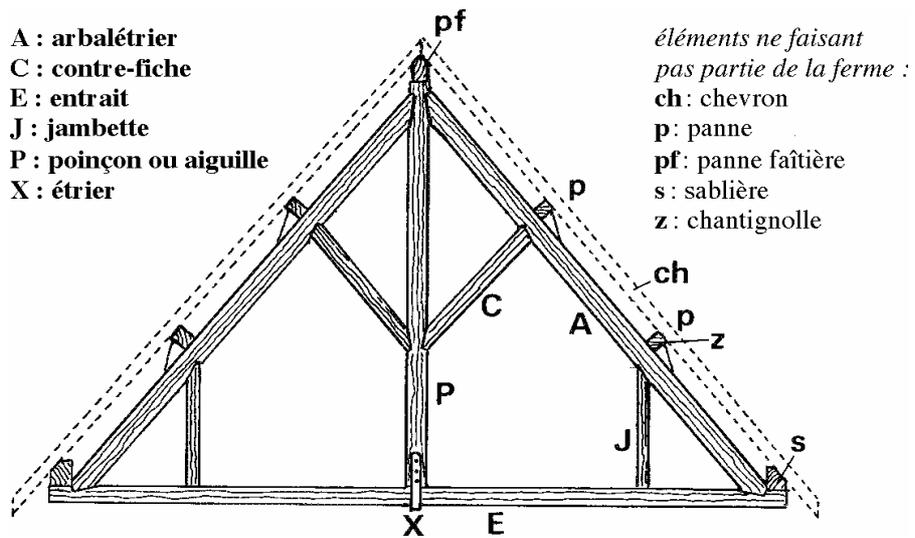
Les fermes à faible pente

Une ferme à faible pente présente une grande souplesse. Il faut donc prévoir à la conception la rehausse de ses extrémités pour améliorer sa rigidité

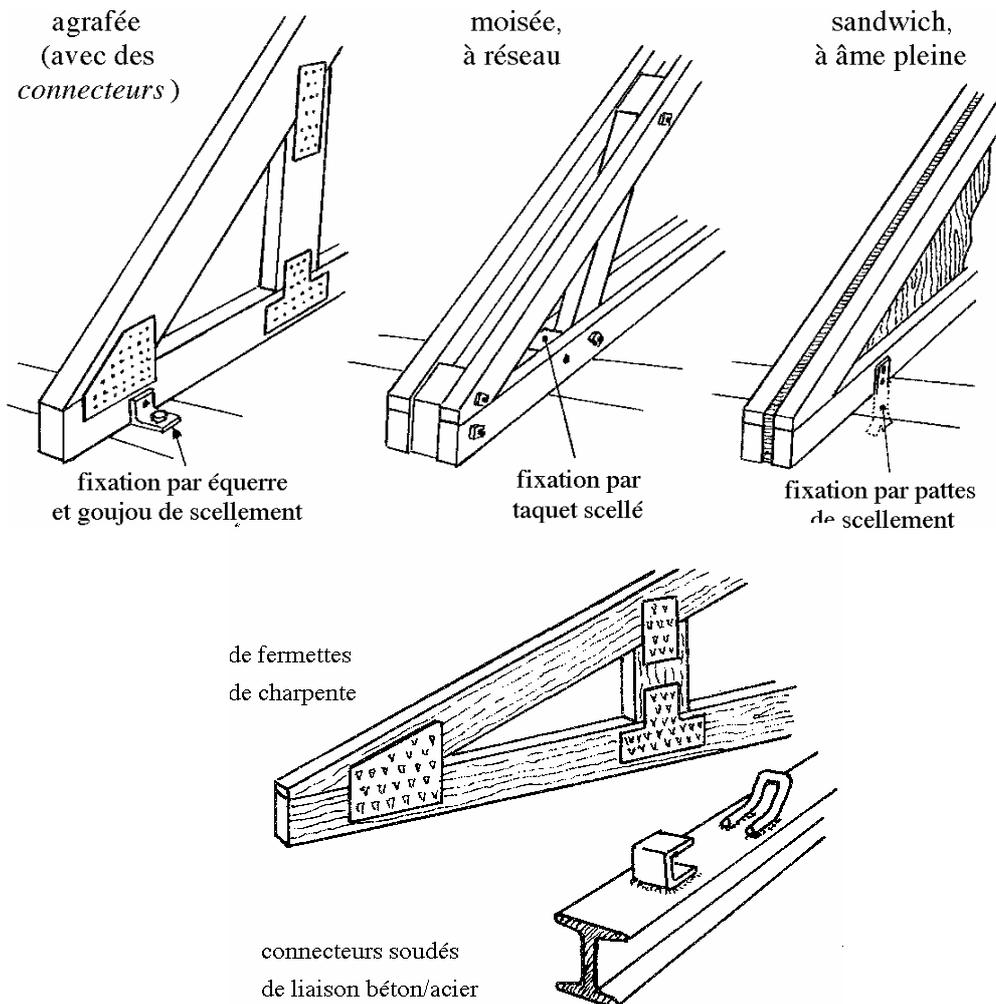


Equivalent donc à une poutre tronquée

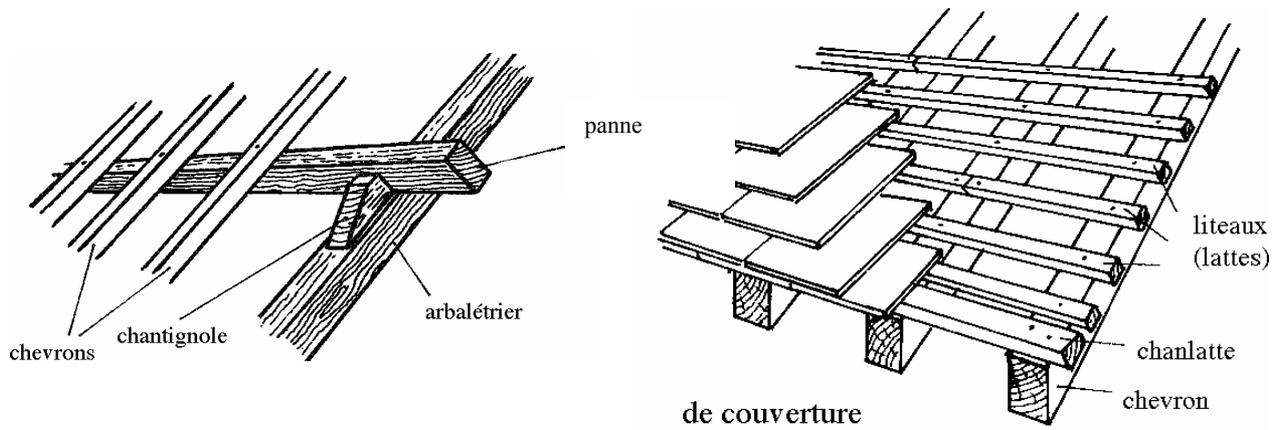
Détail de fermes



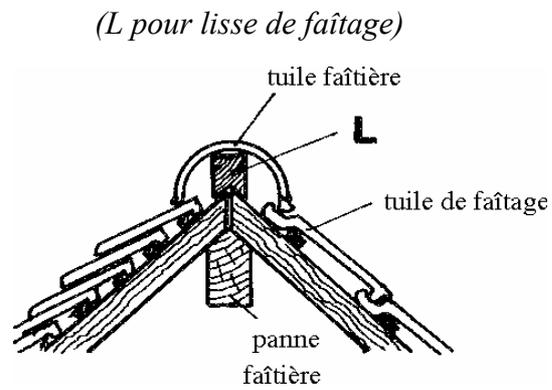
Exemples d'assemblages



Détails grille porteuse secondaire pour couverture en petit éléments

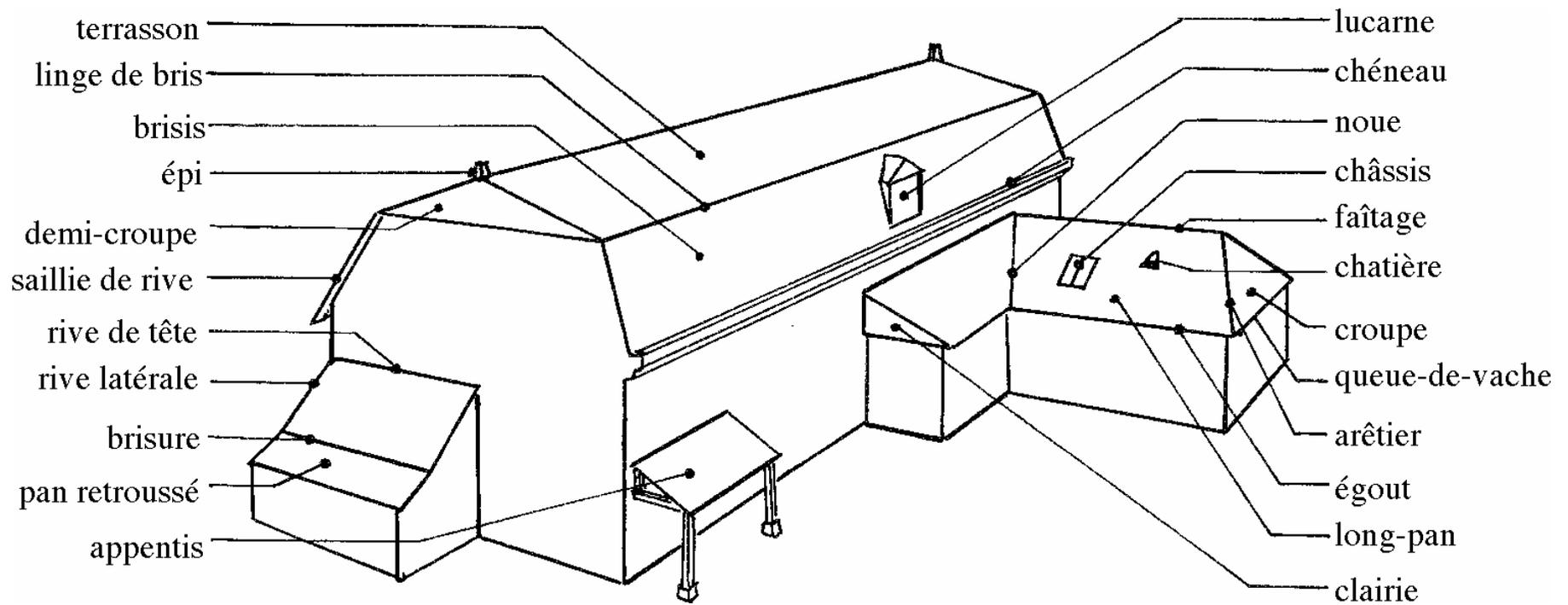


Détail sur faîtage

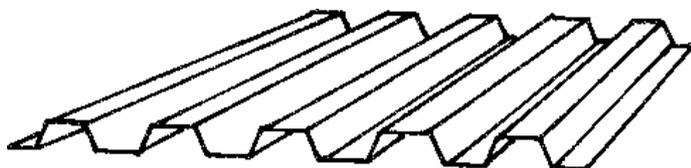


LES COUVERTURES

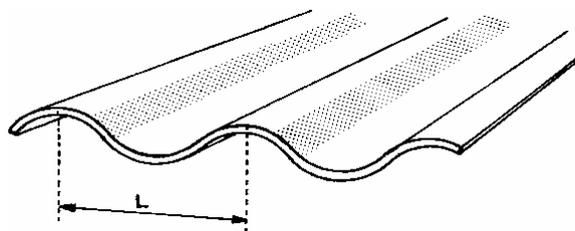
Formes et éléments constitutifs d'une couverture - Vocabulaire



Couverture en grand éléments



Tôle nervurée (alu ou acier)

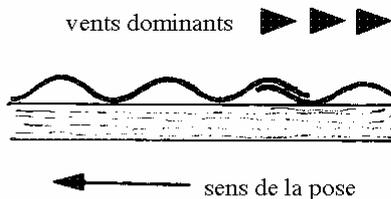
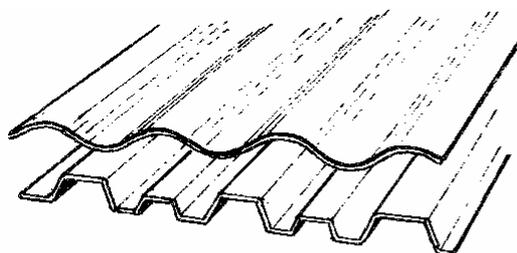


Tôle ondulée

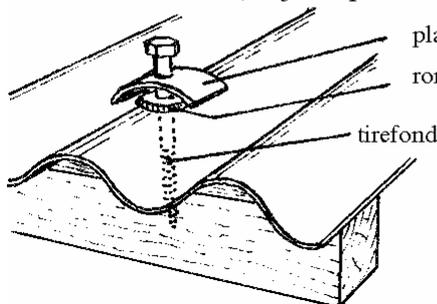
On peut citer en particulier :

- Fibre-ciment
- Onduline (carton/bitume)

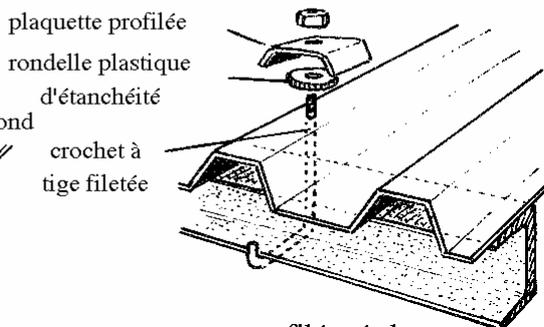
Fixation et pose



fixation (toujours par le sommet des ondes ou des nervures)

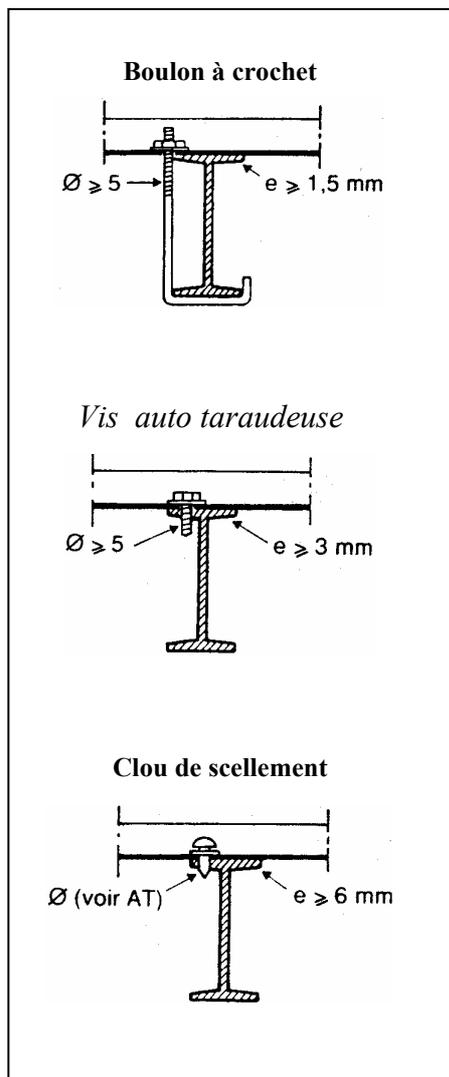


sur panne en bois

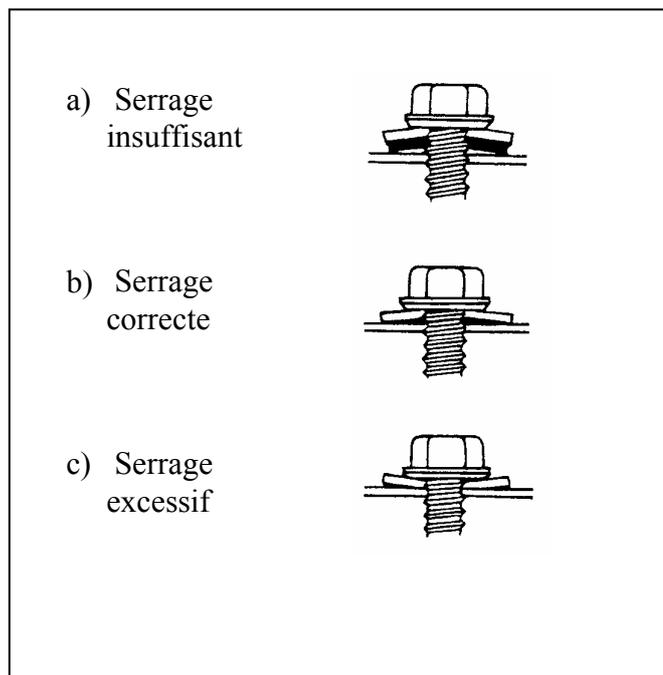


sur profilé métal

Types de fixations des plaques nervurées à la structure



Le Serrage des vis



Pentes minimales (en %) des couvertures en grands éléments

Réf.	Type de couverture		Longueur de rampant (suivant la pente) (en m)	ZONE I			ZONE II			ZONE III			
				Situation			Situation			Situation			
				Protégée	Normale	Exposée	Protégée	Normale	Exposée	Protégée	Normale	Exposée	
DTU 40.31	Plaques ondulées D'amiante-ciment (a)		< 10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
			10 à 12	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
			12 à 15	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10
			15 à 20	10	10	10	13	13	13	13	13	13	13
			20 à 25	13	13	13	16	16	16	16	16	16	16
			25 à 30	16	16	16	21	21	21	21	21	21	21
			30 à 35	21	21	21	26	26	26	-	-	-	-
35 à 40	26	26	26	-	-	-	-	-	-	-			
Avis Technique	Plaques d'amiante-ciment, support de tuiles (b)	Pose classique des plaques	9 à 31 (suivant longueur de rampant)										
Avis Technique	Plaques Diverses et coques d'amiante-ciment,	Coque autoportante	1 (3 si recouvrements transversaux)										
		à nervures de 120 mm	< 20	5	5	5	5	5	5	10	10	10	
			20 à 25	5	5	5	10	10	10	15	15	15	
			25 à 30	10	10	10	15	15	15	15	15	15	
			30 à 35	15	15	15	15	15	15	26	26	26	
35 à 40	15	15	15	26	26	26	-	-	-				
40 à 45	26	26	26	-	-	-	-	-	-	-			
DTU 40.32	Plaques ondulées métalliques		à nervures de 205 mm	10 (5 si pas de recouvrements transversaux)									
			< 20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
			20 à 25	25	25	25	25	25	25	30	30	30	
			25 à 30	25	25	25	30	30	30	40	40	40	
DTU 40.35	Plaques nervurées en acier galvanisé, Prélaqué ou non (c) (d)		= tôle	5	5	5	5	5	5	5	5		
			> tôle	7	7	10	7	10	10	15	15		
Avis Technique	Panneaux sandwich nervurés en acier		5 à 10 (suivant longueur et joints) (e)										
Avis Technique	Plaques en acier et isolant		7 (e) (f)										
Avis Technique	Coques en acier et isolant	à ossature semi-circulaire	5 (e)										
		à ossature en V renversé	2 (e)										
Avis Technique	Tuiles métalliques		25	30 (g)	50	25	30 (g)	50	25	30 (g)	50		
DTU 40.36	Plaques nervurées en aluminium	à nervures > 35 mm	= tôle	5	5	5	5	5	5	5	5		
			> tôle	7	7	10	7	10	10	15	15	15	
		à nervures < 35 mm	= tôle	10	10	10	10	10	10	15	15	15	
> tôle	15		15	15	15	15	15	20	20	20			
	à nervures de 60 mm	= tôle	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
Avis Technique	à joints sertis	= tôle	2 ou 3 suivant procédé										
DTU en (vigueur)	Feuilles Et bandes - zinc	à Tasseaux	à agrafure simple	20	20	25	20	25	25	20	25	25	
			à agrafure double	8	10	14	10	12	16	10	14	20	
			à ressauts de 10 cm	5	5	6	5	5	8	5	6	10	
	à travées continues		5	5	6	5	5	8	5	6	10		
	40.41	à joints débouts	à agrafure simple	47	47	47	47	47	47	47	47	47	
	à agrafure double		20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	à ressauts de 10 cm		5	5	5	5	5	5	5	5	5		
à travées continues	5		5	5	5	5	5	5	5	5			
40.42	à joints débouts	à agrafure simple	47	47	47	47	47	47	47	47	47		
à agrafure double		20	20	20	20	20	20	20	20	20			
à ressauts de 10 cm		5	5	5	5	5	5	5	5	5			
à travées continues		5	5	5	5	5	5	5	5	5			
40.43	à joints débouts	à agrafure simple	47	47	47	47	47	47	47	47	47		
à agrafure double		20	20	20	20	20	20	20	20	20			
à ressauts de 10 cm		5	5	5	5	5	5	5	5	5			
à travées continues		5	5	5	5	5	5	5	5	5			
40.44	à joints débouts	à agrafure simple	47	47	47	47	47	47	47	47	47		
à agrafure double		20	20	20	20	20	20	20	20	20			
à ressauts de 10 cm		5	5	5	5	5	5	5	5	5			
à travées continues		5	5	5	5	5	5	5	5	5			
40.45	à joints débouts	à agrafure simple	47	47	47	47	47	47	47	47	47		
à agrafure double		20	20	20	20	20	20	20	20	20			
à ressauts de 10 cm		5	5	5	5	5	5	5	5	5			
à travées continues		5	5	5	5	5	5	5	5	5			

(a) Avec complément d'étanchéité pour les pentes inférieures à 16.21 ou 16 % selon la zone ou la situation

(b) La plaque n'est pas celle normalisée ; les tuiles associées sont les tuiles canal normalisées.

(c) Pour les hauteurs de nervure < 35 mm :

- . 5 est porté à 7 ;
- . 7 est porté à 10 ;
- . 10 est porté à 15

(d) De 7 à 10 %, compléments d'étanchéité transversaux ou recouvrements de 300 mm.

(a) Restrictions d'emploi :

- montagne ;
- hygrométrie des locaux

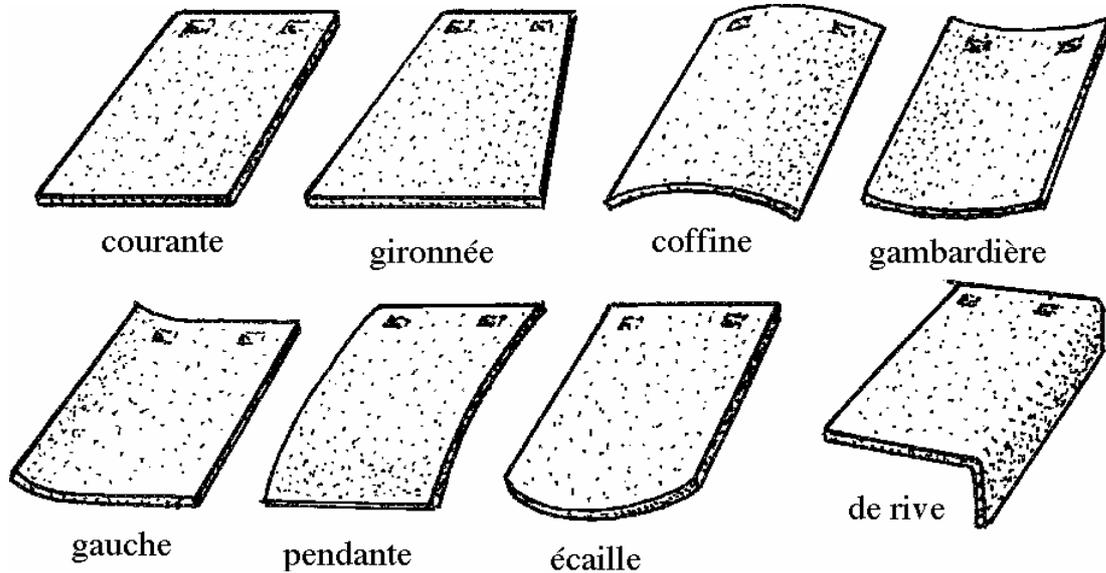
(b) Pente 2 à 7 % , si :

- pas de translucitides ;
- forme simple ;
- double complément d'étanchéité transversal

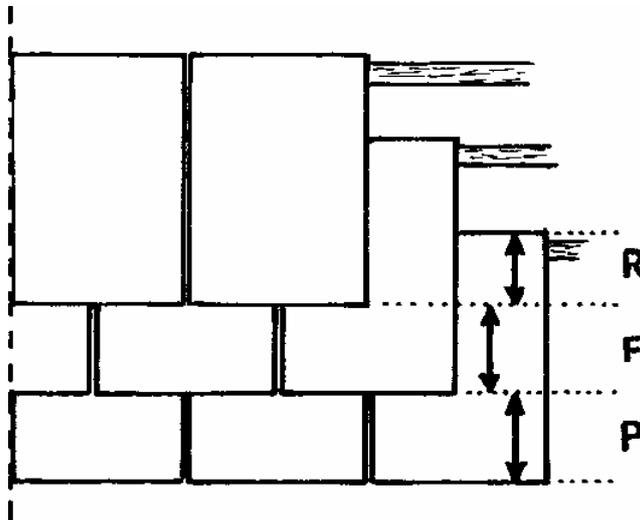
(c) La pente de 30 % peut être ramenée à 25 % selon le procédé.

Couvertures en petits éléments

Tuiles plates



Définition des recouvrements



Nomenclature :

R ⇔ Recouvrement

F ⇔ Faux-pureau

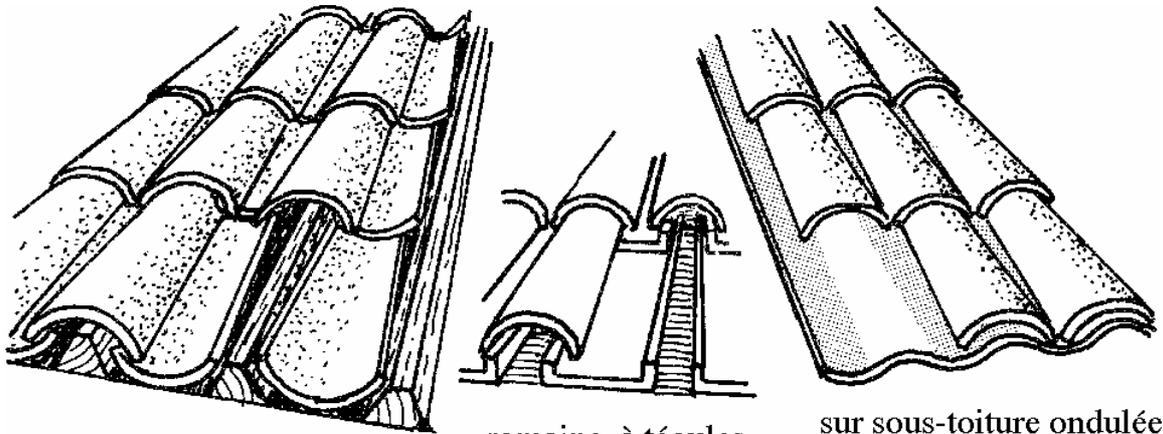
P ⇔ Pureau

A noter :

Les valeurs de recouvrement (en cm, entre 6 et 15 cm) sont fonctions :

- Du type de tuile,
- De la pente de la couverture,
- De la région, site et exposition
- De la longueur du rampant de couverture

Tuiles canal

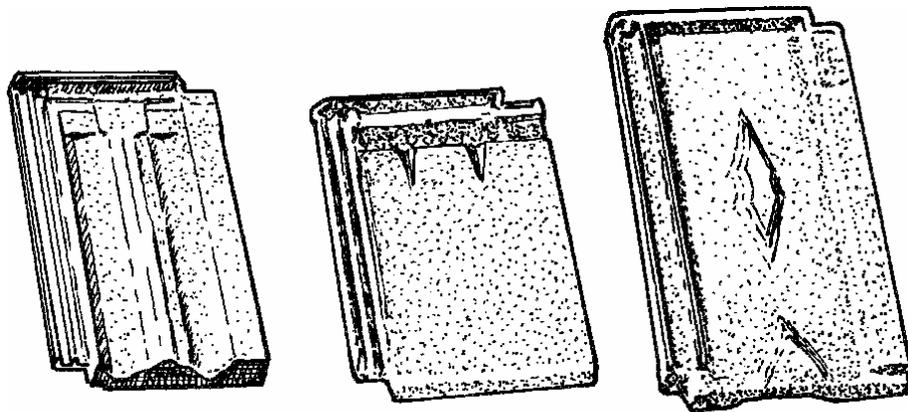


traditionnelle, sur tasseaux

romaine, à tégules
et imbrex

sur sous-toiture ondulée
(sans tuiles de courant)

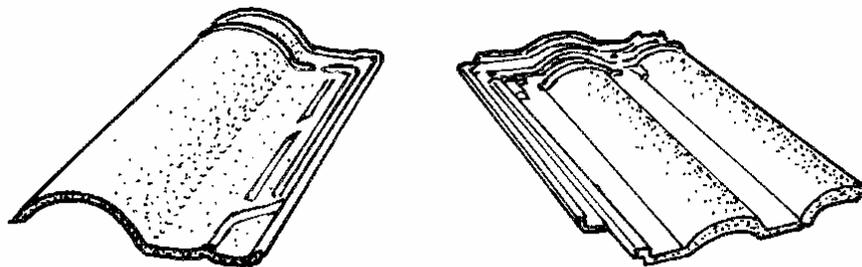
Tuiles à emboîtement



à bourrelets

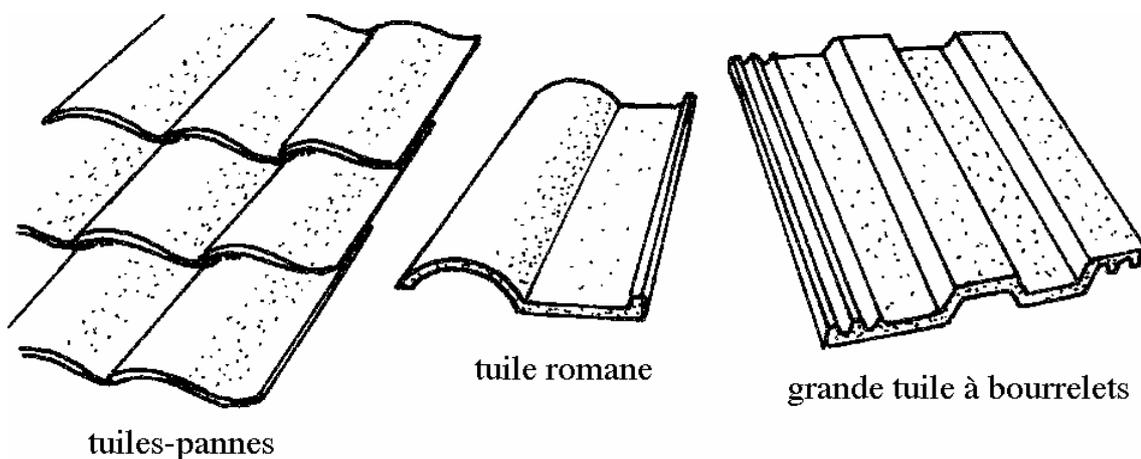
type Super beaucour

losangée



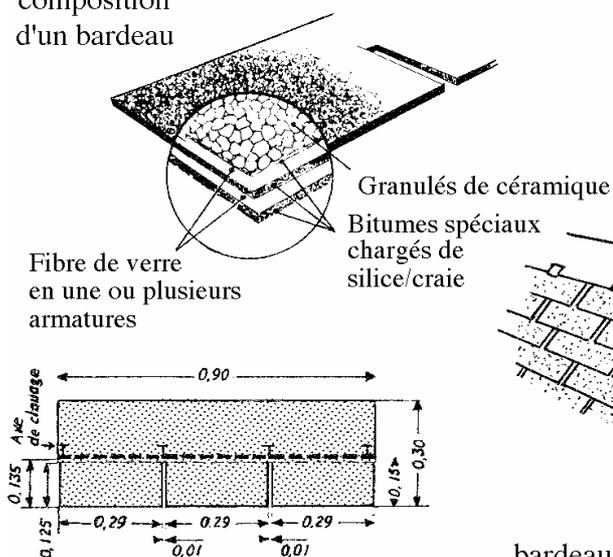
modèles de tuiles romanes simple et double, à emboîtement

Tuiles à glissement



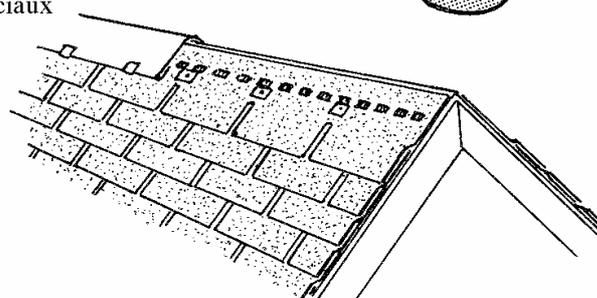
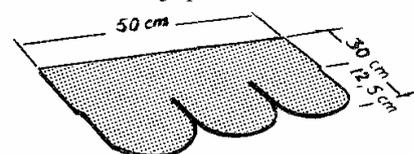
Les bardeaux d'asphalte (Shingle)

composition
d'un bardeau



bardeau 3 jupes

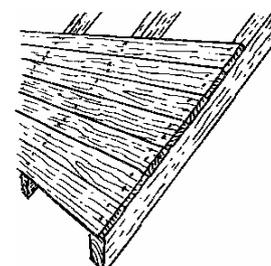
bardeau 3 jupes en "écaille"



bardeaux en oeuvre, et un des modes de faitage (en zinc)

A noter :

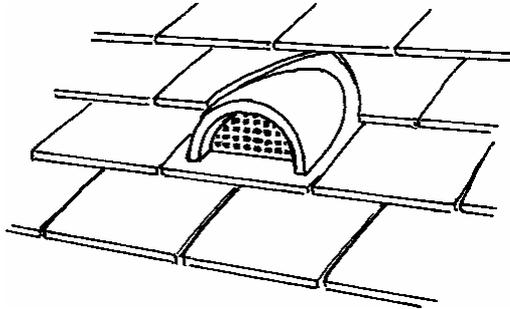
La pose se fait nécessairement sur volige ou panneau bois.
Jamais sur tasseau.



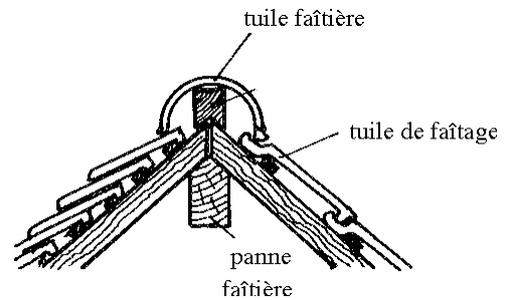
Exemple de volige

Les accessoires de couverture

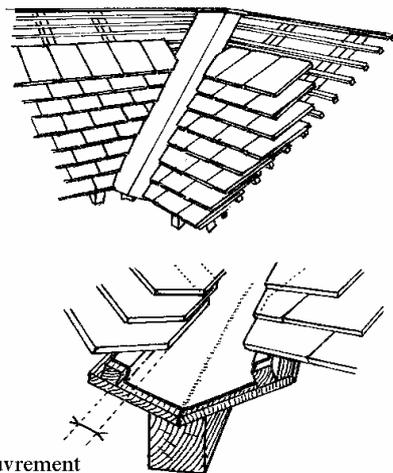
Les chatières (ventilation de la couverture)



Les tuiles faîtière



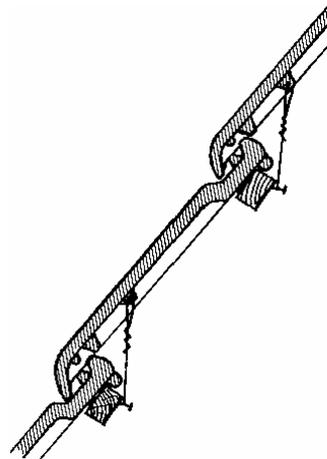
Traitement des noues



recouvrement
minimum : 6 cm

noue ouverte GB : *open valley*
(pour tuiles ou ardoises)

Ligaturage des tuiles



A noter :

Le ligaturage des tuiles est en Afrique indispensable compte tenu des vents violents/tourbillonnants

Pentes minimales (en %) des couvertures en petits éléments

Réf.	Type de couverture		Longueur de rampant (projection horizontale) (en m)	ZONE I			ZONE II			ZONE III			
				Situation			Situation			Situation			
				Protégée	Normale	Exposée	Protégée	Normale	Exposée	Protégée	Normale	Exposée	
DTU 40.11	Ardoises naturelles	à pureau entier	< 5,5 5,5 à 11 11 à 16,5	20 25 30	20 25 30	- - -	27,5 32,5 37,5	275 32,5 37,5	- - -	35 40 45	35 40- 45	- - -	
DTU 40.12 (révisé)	Ardoises en amiantement normalisées	à pureau développé	< 16,5	50	50	-	50	50	-	50	50	-	
		En modèles losangés		57	57	-	73	73	-	-	-	-	
		à claire voirie (a)	< 5,5	60	60	-	60	60	-	-	-	-	
		à pureau entier	clous et crampons	< 8	25	25	28	28	28	35	35	35	-
			Crochet	< 8	25	25	35	35	35	45	45	45	-
			Clous	< 8	30	30	35	35	35	45	45	45	-
		en modèles losangés	< 8	90 (b)	90	120	120	120	140	140	140	140	-
à claire –voie	< 8	100	100	100	100	100	100	100	200	200	-		
Avis Technique	ardoises en amiantement épaisses	Modèle 50 x 30 Modèle 40 x 24	< 8 < 8	25 30	25 30	28 40	28 40	28 40	40 50	40 50	40 50	40 50	
Usages Locaux	Bardeaux De bois	Cèdre rouge shingles (sciés) (Canada) shakes (fendus)						25 35					
		Châtaignier (Limousin) de 0,30 m						88					
		Épicéa (esandoles) de 1 à 2 m							Fortes pentes				
		Ipicéa (travaillons) de 0,45 m							Faibles pentes				
DTU 40.14	Bardeaux Bitumés Normalisés	Sur support Continu	< 5,5 5,5 à 11 11 à 16,5	20 20 25			20 20 25			20 25 25			
Avis Technique		Sur support Discontinu	< 5,5 5,5 à 11 11 à 16,5 16,5 à 30	32,5 35 40 45			32,5 35 40 45			35 40 45 50			
Avis Technique	Bardeaux Bitumés épais	Sur support continu	< 5,5 5,5 à 11 11 à 16,5 16,5 à 30	30 32,5 35 45			30 32,5 35 45			32,5 35 37,5 45			
		Sur support discontinu	< 5,5 5,5 à 11 11 à 16,5 16,5 à 30	40 42,5 45 52,5			40 42,5 45 52,5			42,5 45 47,5 55			
DTU 40.21	Tuiles de terre cuite	À emboîtement	Modèle grand moule Modèle petit moule	< 12	35 40	40 50	60 70	35 50	50 60	70 80	50 60	60 70	80 90
Modèle à faible Pente				Type A	< 12	29	35	50	29	40	60	40	50
			Type B (c)	< 6,5	22	25	33	24	27	37	27	30	40
				6,5 à 9,5 9,5 à 12	26 27	28 32	35 42	28 30	32 35	39 45	30 35	36 40	42 50
Avis Technique			Modèle à très faible pente	< 6,5 6,5 à 9,5 9,5 à 12	18 20 26	21 22 26	- - -	21 23 26	23 25 28	- - -	25 27 30	27 29 32	- - -
DTU 40.22		Canal (d)	< 12	24	27	30	27	30	33	30	33	35	
Avis Technique		Canal à épaulements (d)	< 8	24	27	30	27	30	33	30	35	40	
DTU 40.23		Plates	< 8	80	90	110	80	100	120	90	110	125	
DTU 40.24	Tuiles De béton	Emboîtement surélevé	< 12	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
DTU 40.241		Planes (e)	< 8	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
DTU 40.25		Plates	< 8	80	90	110	80	100	120	90	110	125	

(a) Interdit sur littoral et au-dessus de 300 m d'altitude

(b) Pentes pouvant être abaissées à 50 ou 60 %, suivant le type de fixation

(c) Le classement en type B est établi par constat de traditionnalité.

(d) La région méditerranéenne est incluse en zone II

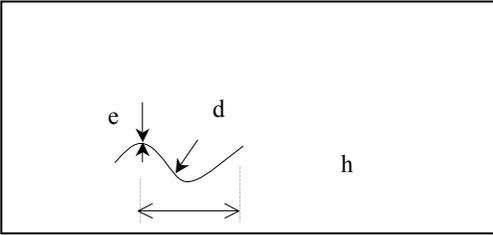
(e) Ou tuiles à emboîtement à mi-épaisseur (ne pas confondre avec les tuiles plates, objet de la norme NFP 31-312).

Choisir une couverture

Pente (en °)	Matériaux de couverture		Poids propre (kg/m ²)	Entre axe entre appuis (m)	Configuration	Surcharge D'exploitation admissible (Kg/m ²)
22 à 30 90 et plus	<u>Matériaux traditionnels</u>	Tuile	40 à 60	0,3 à	Couverture pour forte pente.	30 à
		Ardoise	30 à 40	0,8	Nécessite la pose de liteaux (grille porteuse secondaire)	100
1 à 5	<u>Matériaux en béton</u> (Toiture terrasse)	Poutrelle+ourdis <i>(catégorie A cf. cours de construction)</i>	150 à 330	2 à 6	Penser à l'étanchéité car pente faible. Le poids propre est fonction de l'épaisseur du plancher (et donc de la résistance mécanique recherchée). En particulier les planchers de type poutrelle+ourdis dépendent fortement du type d'ourdis utilisé (ex : si ourdis en polystyrène : ($P_{\text{Propre plancher}} \in [150;210]$) ; si en béton $P_{\text{Propre plancher}} \in [220;310]$)	100 à
		Dalle	370 à 500			500

En Afrique, compte tenu des pluies violentes il est vivement conseillé pour les matériaux traditionnels un complément d'étanchéité au moyen d'un polyane continue de 150 microns minimum en sous-face de la couverture ; de même la ligature de chaque élément est obligatoire.

Pour les matériaux en béton une pente de 3 % est vivement conseillé afin d'éviter la stagnation d'eau.

Pente (en °)	Matériaux de couverture	Poids propre (kg/m ²)	Entre axe entre appuis (m)	Configuration	Surcharge D'exploitation admissible (Kg/m ²)	
4*/11 à 25	Aciers	7 à 10	1,70 à 3,20	4 chiffres pour caractériser le produit : ✓ e : épaisseur (de 0,4 à 1,25 mm pour acier, 0,6 à 1,25 pour l'alu, et 1,5 à 3 mm pour le polyester) ✓ L : longueur d'onde (7 à 8 cm, sauf pour le fibro-ciment ayant 17,7 cm)) ✓ H : hauteur d'onde (2 cm environ) ✓ L : Largeur : 0,90 m L'entraxe entre appuis dépend des conditions climatiques (vent : région, site), des 3 chiffres du produit (e, l et h), des dimensions de plaques et des recouvrements nécessaires (10 à 15 cm selon pente) ⇒ dans la pratique voir la fiche technique du fabricant	50 à 100	
	<i>Matériaux ondulés</i>	Alu	2 à 3			1,6 à 2,2
		Onduline	6,5			0,5 à 0,6
		Polyester	2,5			1,6 à 3,20
		Fribo-ciment	16			1,38 ou 1,44
						

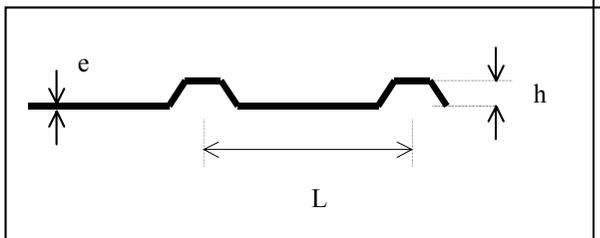
En Afrique, compte tenu des pluies violentes il est vivement conseillé pour les matériaux ondulés une pente minimal de 11° (25 %), et de 7° (15%) pour les plaques fibre-ciment

A noter :

Dans le cas de couverture ondulée, vérifier si nécessaire le taux de travail au moyen de la formule suivant et en particulier sous une charge ponctuelle de 100 daN (poids d'un homme) :

$$\frac{I}{v} = \left(196 + 354 \cdot \frac{h}{L} \right) \cdot h \cdot d \quad (\text{cotes en mm ; résultat en cm}^3)$$

Pente (en °)	Matériaux de couverture	Poids propre (kg/m ²)	Entre axe entre appuis (m)	Configuration	Surcharge D'exploitation admissible (Kg/m ²)
0 à 25	Acier <i>Matériaux nervurés (autoportant)</i> Alu		2,5 à 4 0,8 à 2,5	3 chiffres pour caractériser le produit : ✓ e : épaisseur (de 0,6 à 1 mm environ) ✓ L : longueur d'onde (30 à 40 cm) ✓ H : hauteur d'onde (38 mm mini) ✓ L : largeur : 1 m environ L'entraxe entre appuis dépend des conditions climatiques (vent : région, site), des 3 chiffres du produit (e, l et h), des dimensions de plaques et des recouvrements nécessaires (10 à 15 cm selon pente) ⇒ dans la pratique voir la fiche technique du fabricant	50 à 100

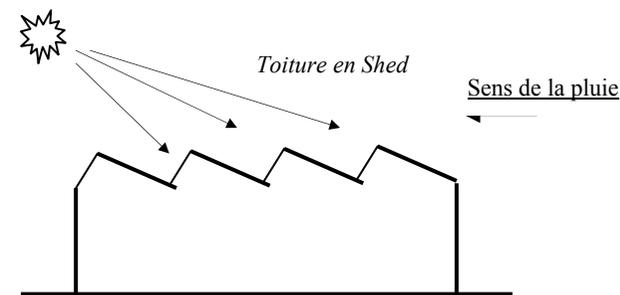


En Afrique, compte tenu des pluies violentes il est vivement conseillé pour les matériaux nervurés une pente minimale de 7° (15%)

De façon générale, en construction métallique préférer les matériaux nervurés et **consulter la fiche technique du fabricant** pour déterminer l'entraxe entre appuis. Souvenez-vous : **on ne construit pas sans le matériaux**

Par ailleurs, avant de se lancer dans des calculs de structures :

- ✓ Penser aux pentes qui implique un type de matériaux préféré et des entraxes entre appuis
- ✓ Penser aux évacuation des eaux pluviales (positions)
- ✓ Penser à l'éclairage naturel le cas échéant (shed, plaque transparente ...)
- ✓ Penser à la ventilation des locaux (poids en plus et aménagements à prévoir)



LES TOITURES TERRASSES

Paramètres d'une toiture-terrasse

La pente

<i>Appellation de la toiture</i>	<i>Pente correspondante</i>
Toiture-terrasse à pente nulle	0 % (tolérance de planéité : 2 cm)
Toiture-terrasse plate	1 à 5 % sur béton et bois 1 à 3 % sur acier
Toiture rampante	5 à 15 % sur béton et bois 3 à 7 % sur acier
Toiture inclinée	≥ 15 % sur béton et bois ≥ 7 % sur acier
<i>Nota : Les valeurs limites sont incluses dans chaque catégorie, sauf les limites inférieures de 3 % et 7 % sur acier.</i>	

- Classification, selon les DTU, des pentes des toitures-terrasses.

L'ACCESSIBILITE

Classification selon les directives UEAtc	Classification selon les DTU 43.1 à 43.4
Architecturales	Inaccessibles
Accessibles à l'entretien	Inaccessibles
Accessibles aux piétons	Piétons
Accessibles aux véhicules	Parc VL ou PL
Spéciales	Jardins
	Techniques

Classification de l'accessibilité des toitures-terrasses.

L'élément porteur

Le support d'étanchéité

Classe I	La pente conduit à la stagnation de l'eau et permet une protection lourde.
Classe II	La pente permet l'écoulement de l'eau et une protection lourde.
Classe III	La pente permet l'écoulement de l'eau, mais pas de protection lourde.
Classe IV	La pente impose des mesures particulières lors de la mise en œuvre.

- Classification des pentes des toitures-terrasses selon les directives UEAtc.

Le revêtement d'étanchéité (dit « étanchéité »)

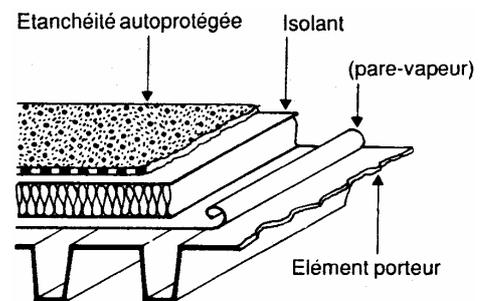
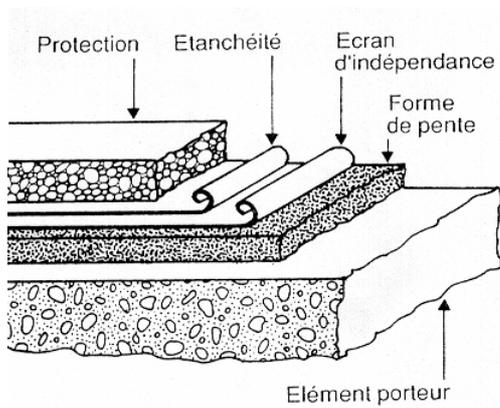
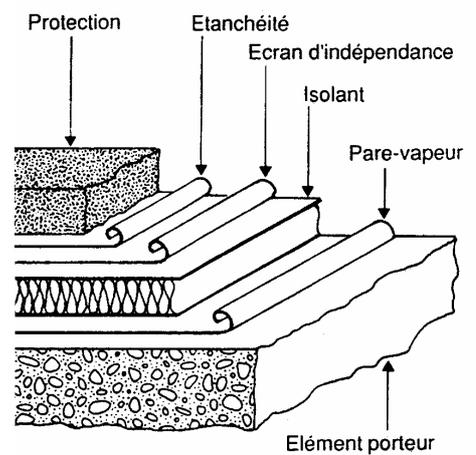
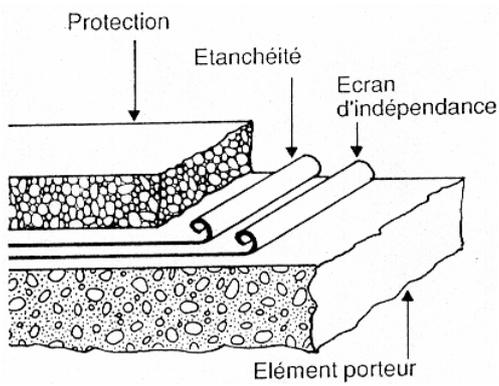
La protection de l'étanchéité

Le Liaisonnement du revêtement au support d'étanchéité

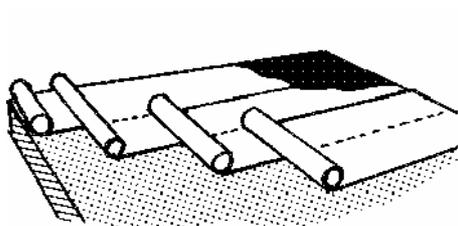
Classification selon les Directives UEAtc	Classification selon les DTU 43.1 à 43.4
Adhérence	Adhérence
Adhérence partielle	Semi-indépendance
Fixation mécanique	Semi-indépendance
Collage et fixation	Semi-indépendance
Indépendance avec lestage	Indépendance

Modes de liaisonnement du revêtement d'étanchéité au support.

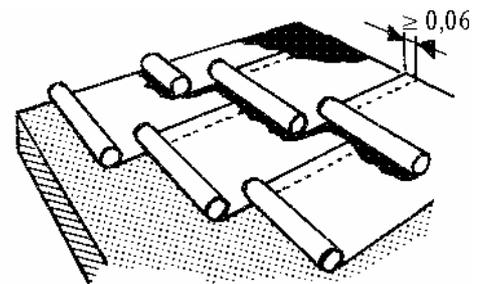
Exemple de toiture-terrasse



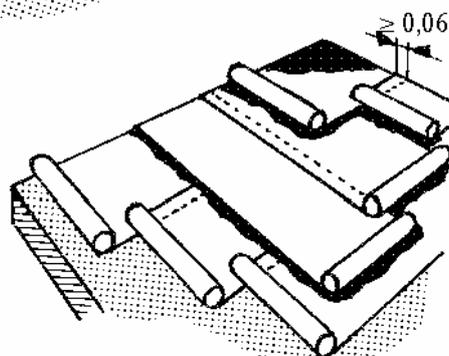
Les revêtements d'étanchéité en feuille de bitume – mise en oeuvre



à lits décalés



à lits successifs



à lits croisés
(recouvrement ≥ 6 cm)

Toitures-terrasses sur éléments porteurs rigides

CLASSIFICATION des toitures-terrasses	Pente minimale (en %)	PROTECTION		
		sur asphalte $p \leq 3 \%$	Sur multicouches	
			$p \leq 5 \%$	$P > 5 \%$
Inaccessible	0	Gravier (a)	gravier (d)	Autoprotection
Technique	0	Dallettes en béton	dallettes en béton	matériau spécial
Piétonne	1	Asphalte gravillonné (b)		
	1	Mortier ou béton (+ carrelage)	mortier ou béton (+ carrelage)	
	1	dallettes, pierre, briques, pavés	dallettes, pierre, briques, pavés	
	0	dalles sur plots sur asphalte gravillonné de type P (c)	dalles sur plots sur forme en béton ou étanchéité adaptée (voir Avis techniques)	
Parc VL	1	Asphalte gravillonné de type P (b)		
	1	béton	béton	
Parc VL	1	Béton épais	béton épais	
Jardin	0	Asphalte gravillonné		
	0	Mortier ou béton	mortier ou béton ou étanchéité adaptée	

Toitures-terrasses sur éléments porteurs flexibles

CLASSIFICATION des toitures-terrasses	Pente Minimale (en %)	PROTECTION		
		sur asphalte $p \leq 3 \%$	Sur multicouches	
			$p \leq 3 \%$ sur bacs métalliques $p \leq 5 \%$ sur autres	$P > 3 \%$ sur bacs métalliques $p > 5 \%$ sur autres
Inaccessible	1 (e)	Gravier	gravier (d)	autoprotection
Technique	1 (e)		dallettes en béton	matériau spécial

(d) Asphalte nu seulement sur béton, en région n'ayant pas à subir de fortes oppositions de température

(e) Interdit sur isolant

(f) Surface limitée à 100 m² en pente nulle

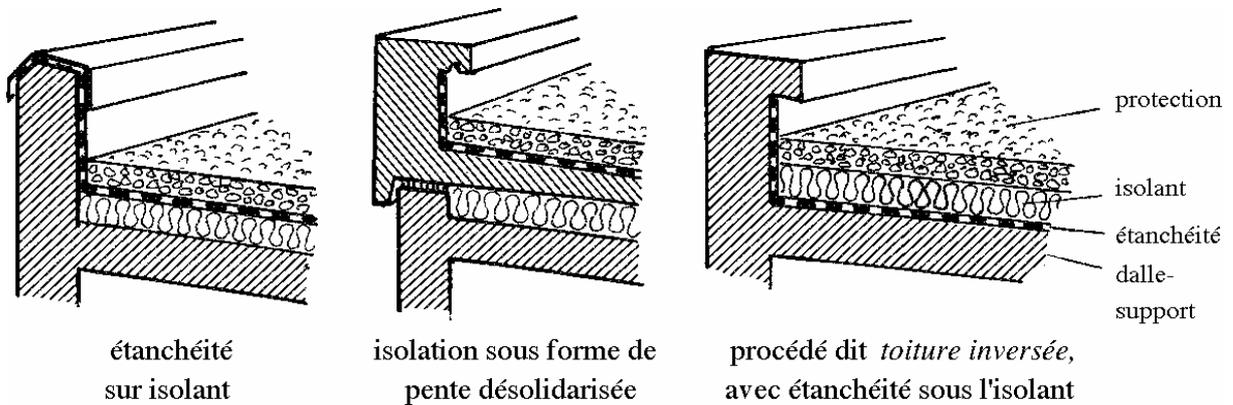
(g) En toiture inaccessible, les multicouches non normalisées peuvent généralement rester sans protection rapportée (voir Avis technique).

(e) Pente en tout point, compte-tenu des flèches dues aux actions diverses.

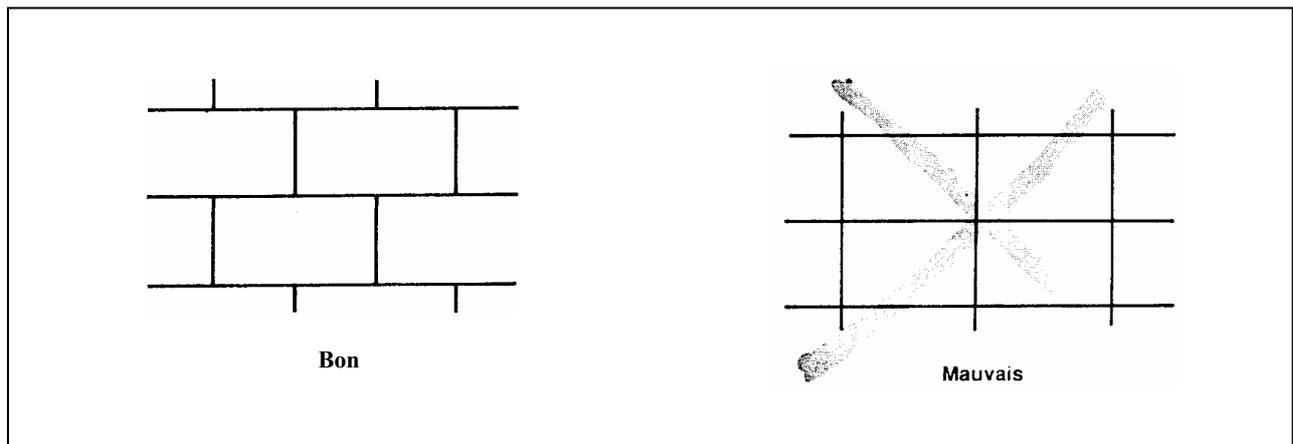
Caractéristiques de la protection d'une toiture-terrasse en fonction de sa pente et de son accessibilité.

Les toitures terrasses et leur isolation thermique

La position de l'isolant par rapport à l'étanchéité



La pose de l'isolant - dispositions usuelles



Le calpinage des panneaux isolant

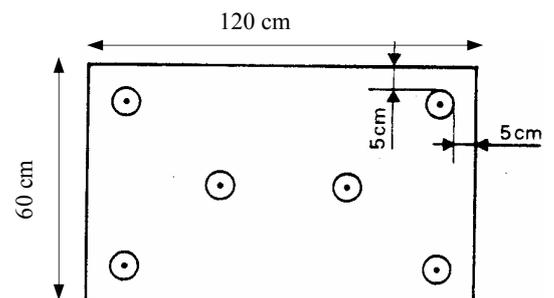
Il existe 4 modes de pose de l'isolant :

- Pose collée (panneau collé au support par du bitume chaud ; uniquement réservée pour les isolants type laine de roche ou verre cellulaire, soit ayant une faible dilatation),
- La pose semi-indépendante (panneau collé par point ; réservée aux isolants en matière plastique, de type polyuréthane),
- La pose en indépendance (réservée aux isolants type polystyrène ou polyuréthane),
- La pose fixée mécaniquement (principalement pour les couvertures en pente).

A noter :

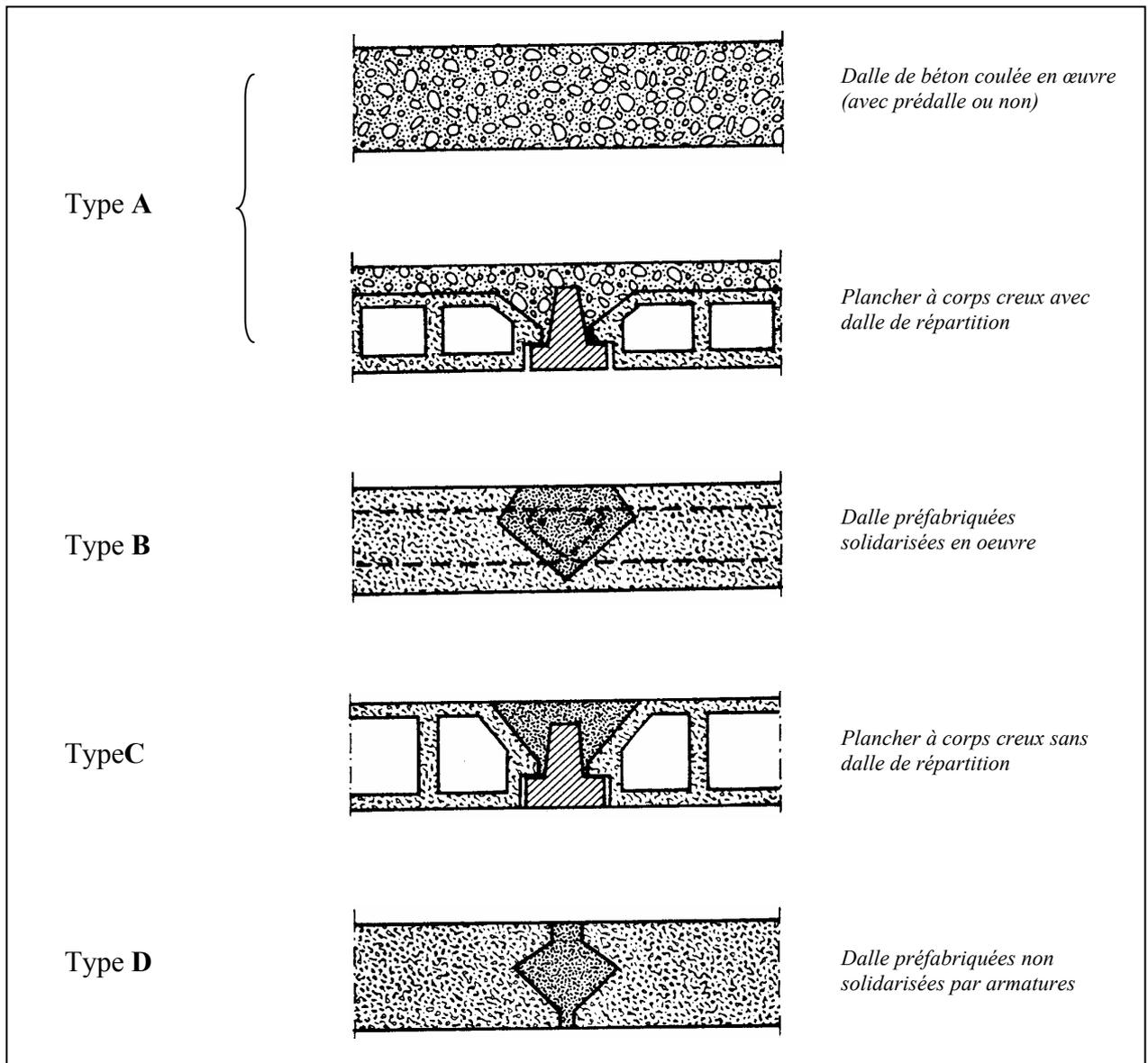
« **Plus l'isolant bouge** (sensible à la dilatation thermique) **plus il faut le désolidariser de son support** »

Le polystyrène est un isolant nécessitant obligatoirement une pose en indépendance.

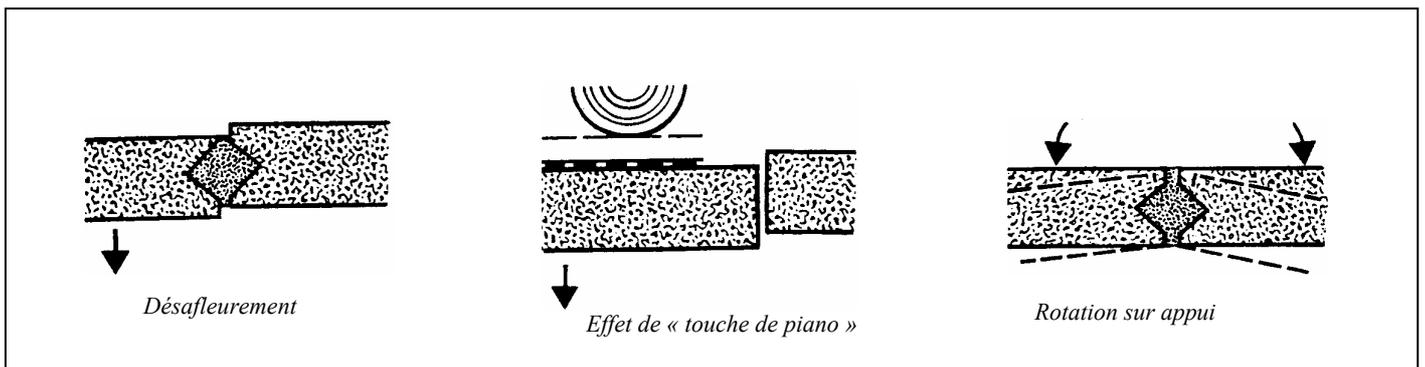


Fixation des panneaux isolant

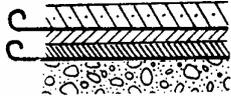
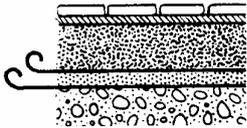
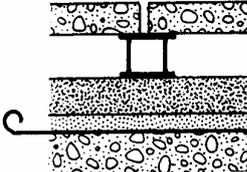
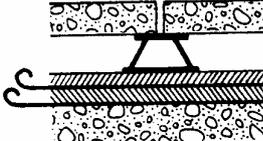
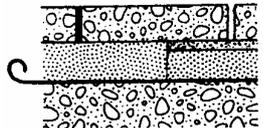
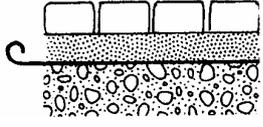
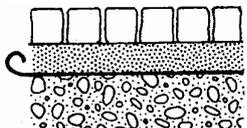
Les éléments porteurs rigides supports d'étanchéité



Pathologie : Inconvénients relatifs aux dalles en béton de type D



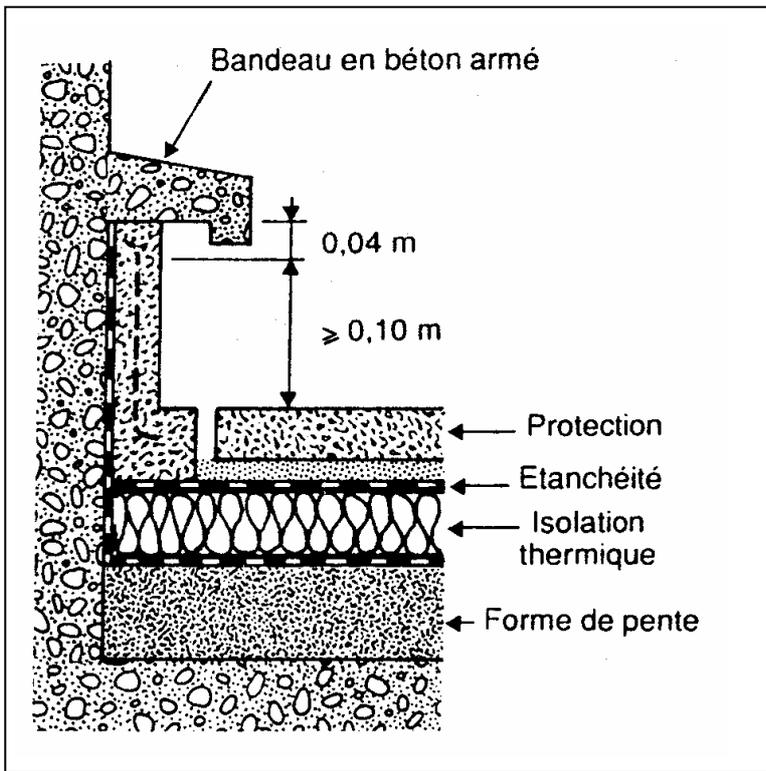
Les protections rapportées sur toiture-terrasse piétonne

Protection	Schéma	Constitution	Fractionnement
<u>Asphalte</u>		<ul style="list-style-type: none"> Asphalte gravillonné (20 mm) 	
<u>Chape ou dallage avec carrelage</u> (pose scellée ou collée)		<ul style="list-style-type: none"> Carrelage 10x10 (1 cm) Mortier de pose (3 cm mini ; pose scellée) Ou si pose collée Mortier colle (1 cm)+ support mortier ou béton Papier Kraft Sable (2 cm) 	Tous les 6 m : <ul style="list-style-type: none"> Joints souples (2 cm) Tous les 3 m : <ul style="list-style-type: none"> Joints secs
<u>Dalles sur plots</u> (sur chape ou dallage)		<ul style="list-style-type: none"> Dallettes 40 à 50 cm Plots h > 5 cm S = 100 cm² R = 250 à 500 daN Mortier ou béton sur papier Kraft Sable (2 cm) 	Entre dallettes : <ul style="list-style-type: none"> 1 cm (0,5 si S > 30 cm²) Dans le dallage : <ul style="list-style-type: none"> Voir ci-dessus
Dalles sur plots (sur asphalte type P)		<ul style="list-style-type: none"> Dallettes 40 à 50 cm Plots h > 5 cm S = 100 cm² (haut) S = 300 cm² (bas) P = 0.2 bar 	Entre dallettes : 1 cm
<u>Dallettes préfabriquées</u>		<ul style="list-style-type: none"> Dallettes 25 à 50 (4 cm) Sable ou gravier (3 cm) (+ mortier maigre si joint sec) 	Entre dallettes : <ul style="list-style-type: none"> Mortier (1 cm) Ou <ul style="list-style-type: none"> Joints secs
<u>Briques de pavage</u>		<ul style="list-style-type: none"> Briques Sable (3 cm) stabilisé Papier Kraft 	Entre brique (0,5 à 1 cm) : <ul style="list-style-type: none"> Sable fin Ou <ul style="list-style-type: none"> Sable stabilisé Ou <ul style="list-style-type: none"> mortier
<u>Pavés</u>		<ul style="list-style-type: none"> Pavés (6 cm) Sable (4 cm) 	Au pourtour

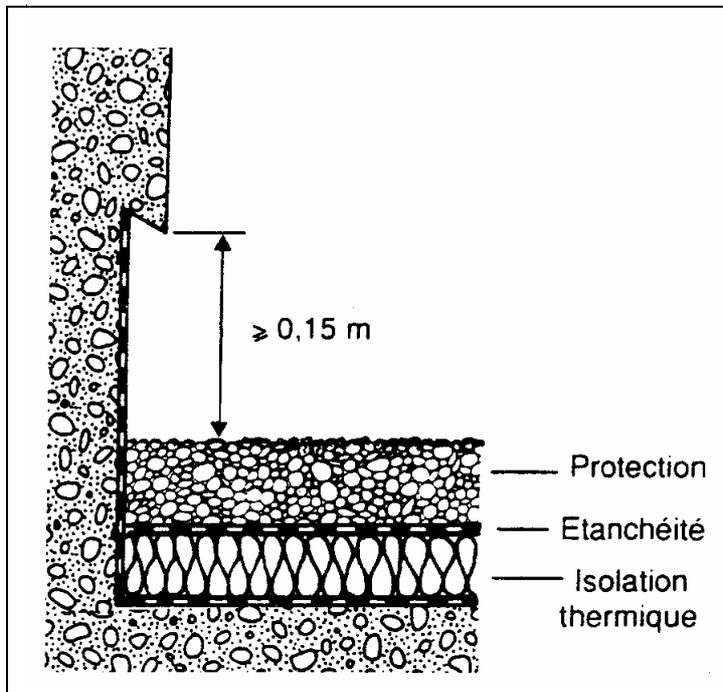
A noter :

Vous avez ici en enlevant l'étanchéité, les dispositions constructives pour créer un pavage piéton (trottoir).

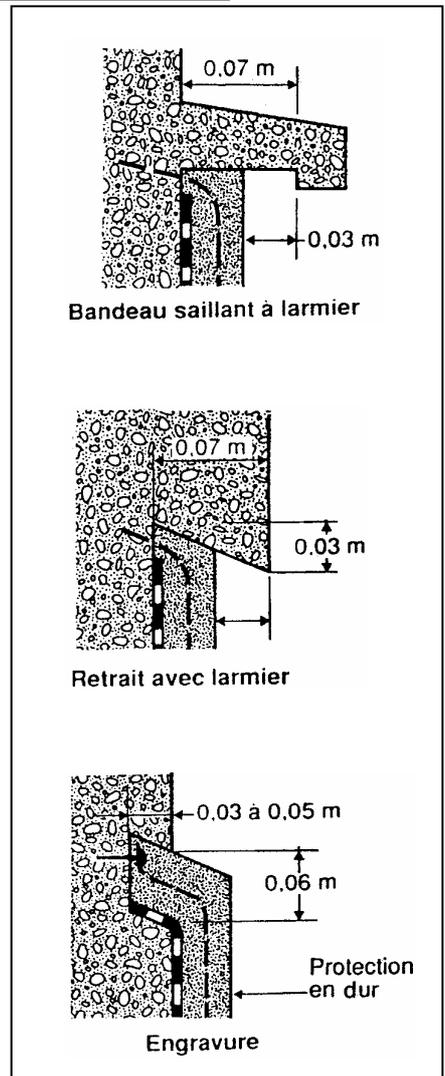
Détails constructifs au droit des relevés d'étanchéité sur maçonnerie ou béton



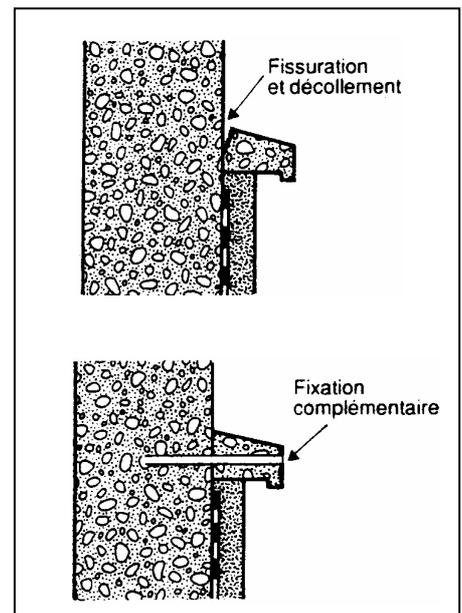
Relief de terrasse accessible



Relief de terrasse à pente nulle

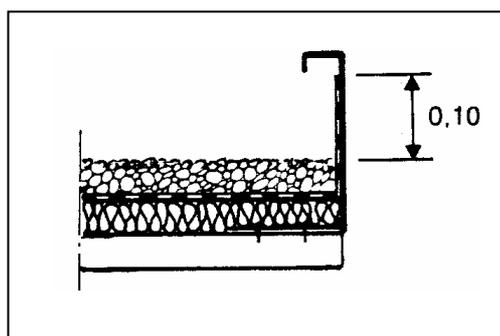


Les principaux dispositifs de protection des hauts de relevé

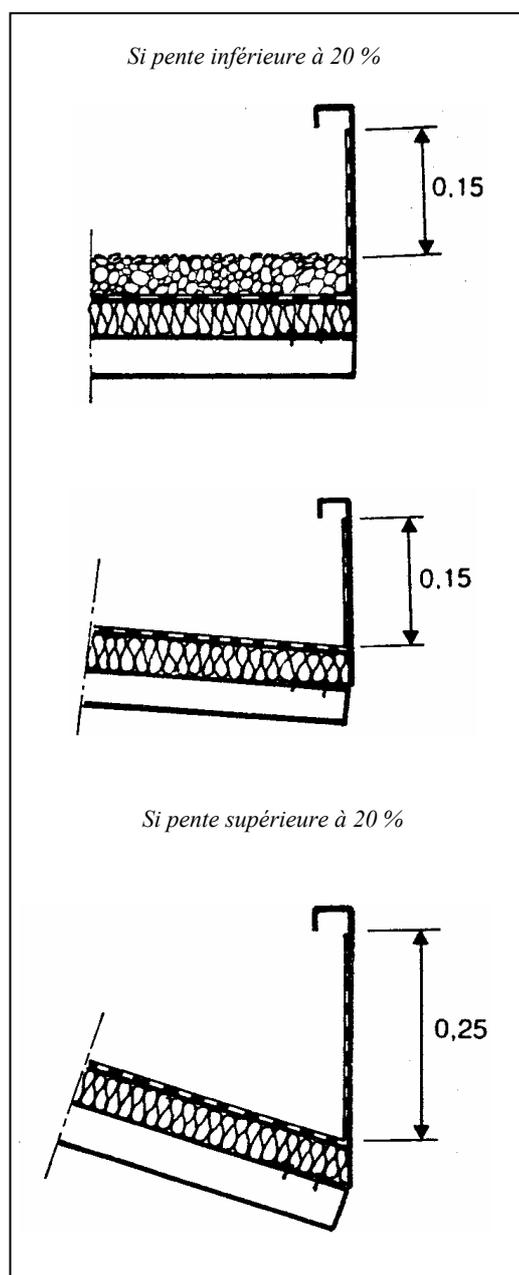


Pathologie des bandeaux rapporté en béton

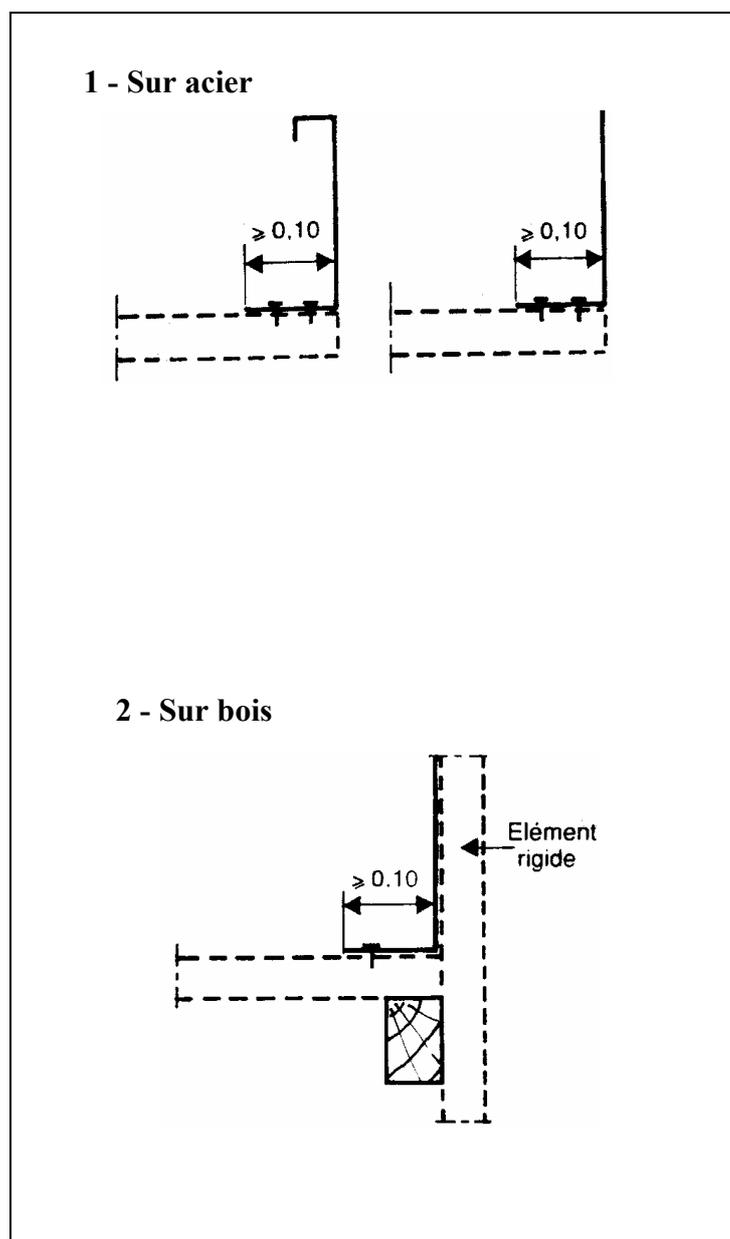
Les relevés d'étanchéité sur toiture en bac métallique par relief en métal



Rive latérale



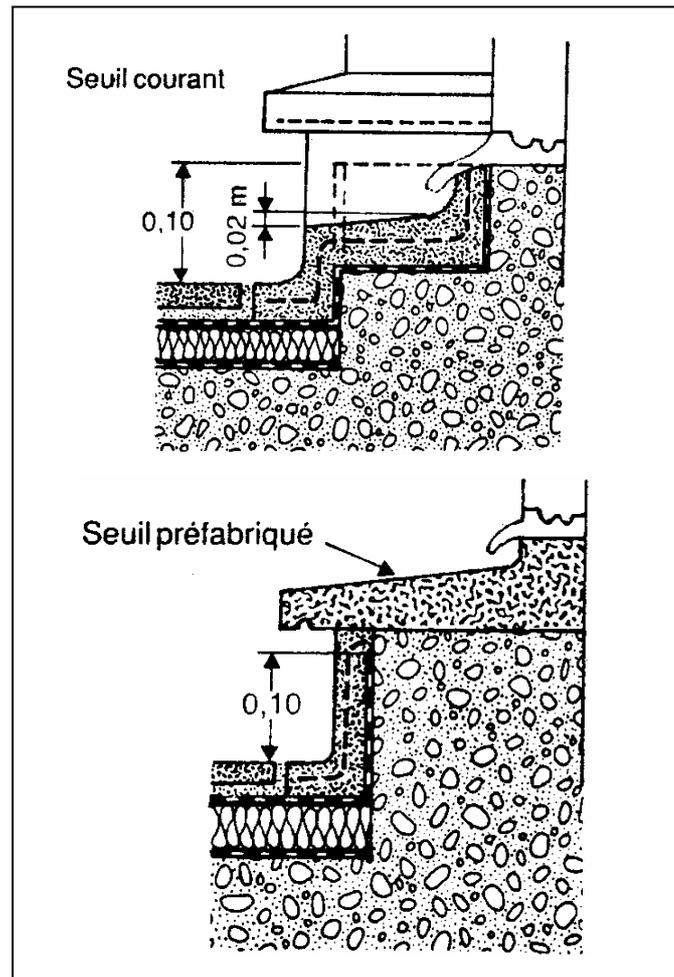
Différents cas de noue de rive



Costières métalliques

Les seuils

Exemples de seuils



Exemples de seuils à niveau

