

TECHNOLOGIE DE BÂTIMENT

CHAPITRE 1 : LE SOL D'ASSISE, LE TERRASSEMENT ET LES FONDATIONS

I. LE SOL D'ASSISE

SOL ORIGINE ET FORMATION

Au point de vue géotechnique, les matériaux constituant la croûte terrestre se divisent en deux grandes catégories : les roches et les sols.

Les roches (silice, calcaire, feldspath, ...) sont des matériaux durs qui ne peuvent être fragmentés qu'aux prix de gros efforts mécaniques.

Les sols, au contraire, sont des agrégats minéraux qui peuvent se désagréger en éléments de dimensions plus ou moins grandes sans nécessiter un effort considérable. Ils résultent de l'altération chimique (oxydation, ...), physique (variation de température, gel, ...) ou mécanique (érosion, vagues, ...) des roches.

Suivant le but recherché, on considère :

a) **La géologie**

La géologie étudie les matériaux constituant la partie observable du globe terrestre, ainsi que l'ordre suivant lequel ces matériaux sont répartis dans le temps et dans l'espace. Son but essentiel est l'histoire de la terre et son évolution.

b) **La pédologie**

La pédologie étudie spécialement la couche supérieure de l'écorce terrestre utilisée par les racines des plantes. Elle met en lumière le rôle des constituants du sol fréquemment négligés par les géotechniciens : les matières organiques et la matière vivante (bactéries).

c) **La mécanique des sols ou géotechnique**

La mécanique des sols est l'étude des propriétés mécaniques, physiques et hydrauliques des sols en vue de leur application à la construction.

LE TERRAIN OU SITE



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.

Avant d'envisager son utilisation, il faut s'assurer :

1. qu'il n'est pas assujéti à aucune servitude, restriction ou expropriation ;
2. que la surface est suffisante pour réaliser le projet. Des éléments de surface influent sur la superficie du terrain, la surface et la hauteur au sol de la construction envisagée. Il est nécessaire, avant toute étude, d'obtenir des services locaux les précisions nécessaires indispensables.
3. que son accès est assuré par un chemin sans servitude de 3 m de large.
4. que l'eau et l'électricité peuvent y être amenées facilement, dans le cadre d'une alimentation par puits, la faire analyser.

Il y a la possibilité de bâtir, faire établir par un géomètre le plan de situation cadastrale ainsi que le relevé parcellaire côté avec, éventuellement les côtes de niveaux.

RECONNAISSANCE DES SOLS DE FONDATION

Les fondations sont des parties d'une construction en contact avec le sol à qui elles transmettent des charges. De ce fait, avant de procéder à l'étude d'une fondation, il est nécessaire de connaître la nature et la qualité du sol lequél elle s'appuiera.

A- Etude du terrain

On divise le terrain en trois catégories :

- a) Les terrains incompressibles et in affouillables : ce sont les roches, les schistes, les calcaires, les tufs.
- b) Les terrains incompressibles et affouillables : ce sont les sables, les graviers, les cailloux, les argiles.
- c) Les terrains compressibles et affouillables : ce sont les terres végétales, les tourbes, les remblais.

B- Eléments déterminant une fondation

Deux aspects sont à considérer :

- a) Construction en plaine ou en terrain plat ; ou en pente dans ce dernier cas on devra tenir compte des éventuels glissements du terrain
- b) Le terrain est sec ou immergé dans ce dernier cas on procède à un drainage.

C- Reconnaissance du terrain

Lorsqu'on veut déterminer l'épaisseur de différentes couches de terrain et repérer la présence de nappe d'eau, on procède à la reconnaissance du terrain.

1. LES SONDAGES



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.

Sondage – tout mode d'analyse profonde du sol

Sondage manuel – creusement de puits ou tranchée de reconnaissance

Carottage – prélèvement d'un échantillon cylindrique de sol par enfoncement d'un tube

Pénétromètre – mesure de la résistance d'un sol à la pénétration d'un cône chargé

Échosondage = sismographie – mesure du temps de propagation des ondes mécaniques dans le sol

Sondage électrique – mesure de la résistivité électrique du sol

Forage à barre à fonder : cas de faibles profondeurs à explorer

Forage à la bure avec tarière : cas de grandes profondeurs et de terrain pas très dur

Forage au trépan : cas de terrain dur et profondeurs à explorer très grandes.

On utilisera également des sondes qui sont animés d'un mouvement circulaire et que l'on retire périodiquement pour extraire des échantillons de différentes couches de terrain que l'on dessine et étudie au laboratoire.

1.1 Sondage par puits

Ils sont plus onéreux mais plus précis du fait que l'on peut voir le terrain en place. Le diamètre du puits est de 1m20 s'il est circulaire et de 0,80 m à 1m de côté quand ils sont carrés. Les sondages enseignent sur la nature de l'épaisseur de différentes couches de terrain traversé et la profondeur de chacune. On peut également mesurer le niveau de la nappe phréatique et faire des prélèvements d'eau pour analyser son agressivité éventuelle, on peut aussi mesurer son débit.

1.2 Pénétration dynamique

L'appareil utilisé est le pénétromètre dynamique léger conformément à la norme NF P 94-114.

Il permet de réaliser un essai de reconnaissance de sol et d'évaluer la résistance du sol à la pénétration d'une tige métallique. Il peut être utilisé jusqu'à 12, 00 m de profondeur en sols normaux.

L'essai consiste à faire pénétrer dans le sol par battage des tiges métalliques, à l'aide d'une masse tombant sur une enclume.

Pour déduire la résistance dynamique du sol, on utilise la formule dite des « HOLLANDAIS », de la façon suivante :

$$R_d = \frac{M^2 H}{A} * \frac{1}{M + P_z} * \frac{1}{E}$$

- Rd = Résistance dynamique de pointe du sol en daN/cm²,
- M = Poids de la masse,
- H = Hauteur de chute de la masse,
- Pz = Poids des tiges en daN à la profondeur z,
- A = Section de la pointe en cm²,
- E = enfoncement par coup en cm.

Les graphiques de pénétration sont joints aux pages en annexe

En fondations superficielles, on peut approximer la pression limite ultime admissible (q_u) du sol comme suit :

$$R_d/12 < q_u < R_d/6$$

Pour prendre en compte les précautions d'usage et pour garantir plus de sécurité aux ouvrages projetés, nous avons retenu d'appliquer un coefficient de sécurité de 1.5 à la valeur la plus faible de q_u et de déterminer la pression ultime admissible par la formule : $q_u = R_d / (12 * 1.5)$.

D'une manière générale, les pénétrogrammes ont montré des résistances moyennes sur tous les points de pénétration de la surface du sol.

2. Calcul de la résistance d'un sol à la compression

L'enfoncement d'un sol sous l'effet d'une charge s'exprime en kg c'est-à-dire pour une charge de poids P portant sur une surface S, la pression = $\frac{P}{S}$. on est convenu que la résistance prise comme unité de compression est une charge comprise entre 1/6 et 1/10 de la charge supposée admissible

$$\frac{1}{10} x \frac{P}{S} < R < \frac{1}{6} X \frac{P}{S}$$

ESSAI de la TABLE

Dans la pratique pour contrôler la résistance d'un sol on opère de la façon suivante :

Méthode de la table ; on charge cette plateforme jusqu'à ce que l'on obtient un enfoncement de 1-2 cm puis on mesure la charge P. il suffit pour déterminer la résistance du sol d'appliquer la formule suivante :

$$\frac{p}{10s} < R < \frac{P}{6S}$$

Exemple : un bloc reposant sur un sol à étudier, a une section de 25 cm² après chargement l'enfoncement de 1- 2 cm est obtenu sous une charge de 150 kg. Quelle sera alors la résistance du sol : P=150kg, S = 25 cm², R= ?

$$\frac{1}{10} x \frac{P}{S} < R < \frac{1}{6} X \frac{P}{S} = \frac{1}{10} x \frac{150}{25} < R < \frac{1}{6} x \frac{150}{25}$$

$$0,6 < R < 1 \Rightarrow R = 0,8b$$

CHOIX DU TYPE DE FONDATIONS



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).

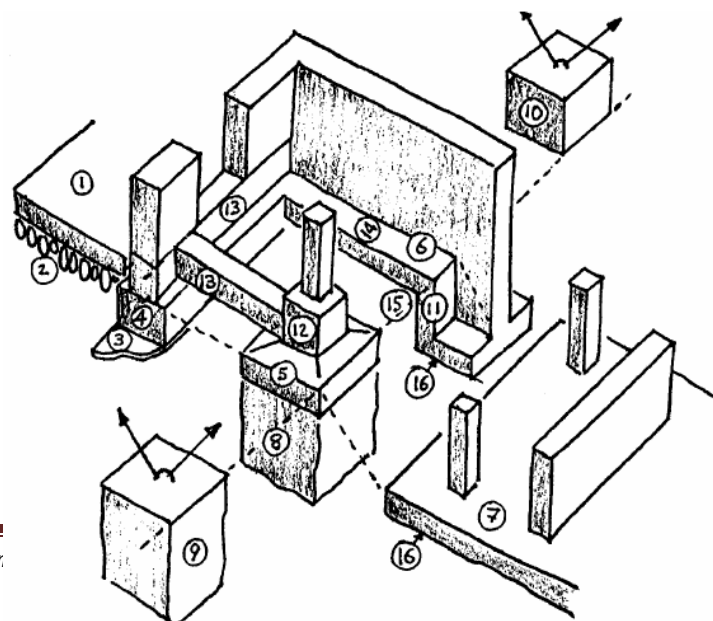
II. LES FONDATIONS

2.1 FONDATIONS SUPERFICIELLES

1. Quelques définitions

Assise – ensemble des ouvrages de fondation d'un édifice

- (1) dallage sur terre-plein
- (2) hérisson
- (3) béton de propreté
- (4) rigole
- (5) semelle ponctuelle / semelle filante
- (6) semelle filante
- (7) radier
- (8) massif de blocage
- (9) massif d'ancrage
- (10) lest
- (11) bêche
- (12) dé
- (13) longrine

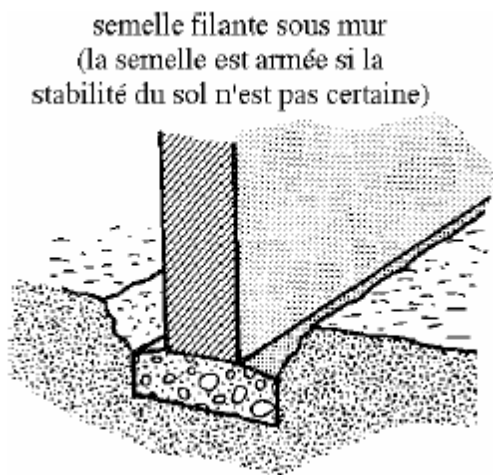


- (14) empattement
- (15) assise à redans
- (16) assiette

3.1.1 STRUCTURE DES FONDATIONS

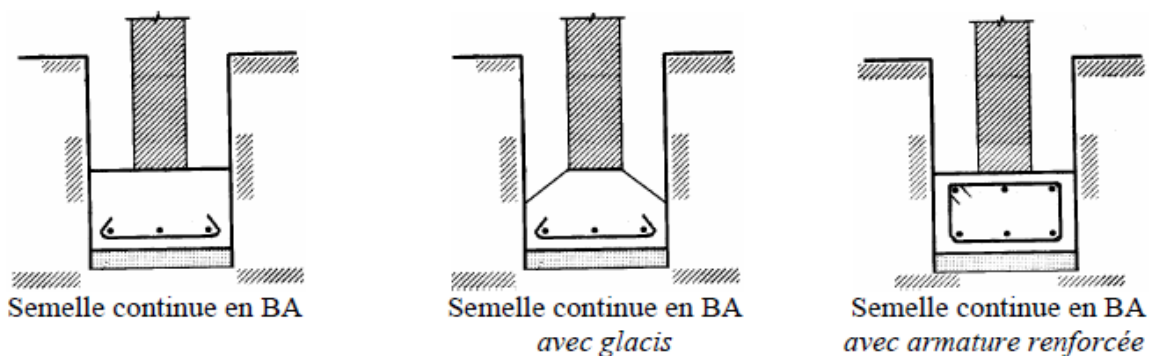
1.1. Fondation en rigoles

Ce mode de fondations est utilisé lorsque le sol apparaît capable de supporter les charges qui lui sont appliquées. On creuse le sol à la profondeur nécessaire pour pouvoir constituer un massif de gros béton de maçonnerie encaissées entre deux parois la largeur du massif doit être > à celle du mur de fondation d'au moins 10 ou 20 cm.



Le béton se prête mieux à ce travail que la maçonnerie (brique). L'exécution se fait par couches de 20 cm fortement pilonnées. L'arase supérieure d'une fondation est en général en dessous du sol fini. La largeur de la rigole dépend à la fois de la charge à supporter et de la résistance du sol. La hauteur nominale d'une rigole est de 26 cm. S'il est nécessaire de prévoir un emportement on peut être amené à augmenter la hauteur pour éviter la fissuration.

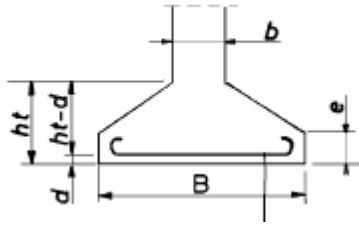
Famille des semelles continues en Béton armé



Dans le cas où la charge au (ml) est la résistance portante du sol oblige un encombrement important, on utilisera des semelles en B.A pour éviter une perte des matériaux qu'occasionne l'utilisation d'une rigole ordinaire.

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



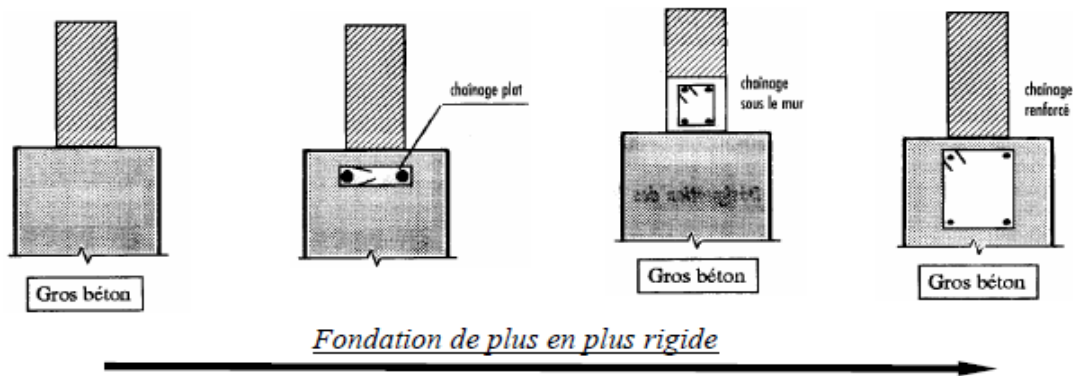
♦ La hauteur des semelles est au moins égale à : $h_t = 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4}$ (la **semelle** est dite alors **rigide**)

♦ Enfin la hauteur e doit être telle que $e \geq 6\phi + 6 \text{ cm}$; avec ϕ diamètre de l'armature porteuse (prendre 1 cm en pratique)

A noter :

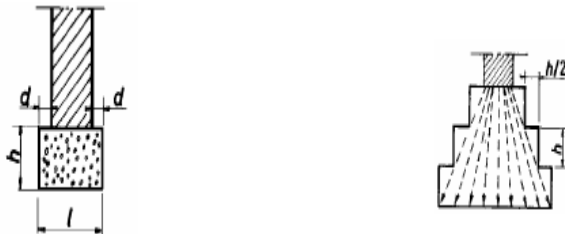
- ✓ Pourquoi faire un glacis ?
- ✓ Pourquoi parle-t-on de semelle Rigide ?

Fondation de plus en plus rigide



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 voir $\sigma \geq \frac{P}{L}$

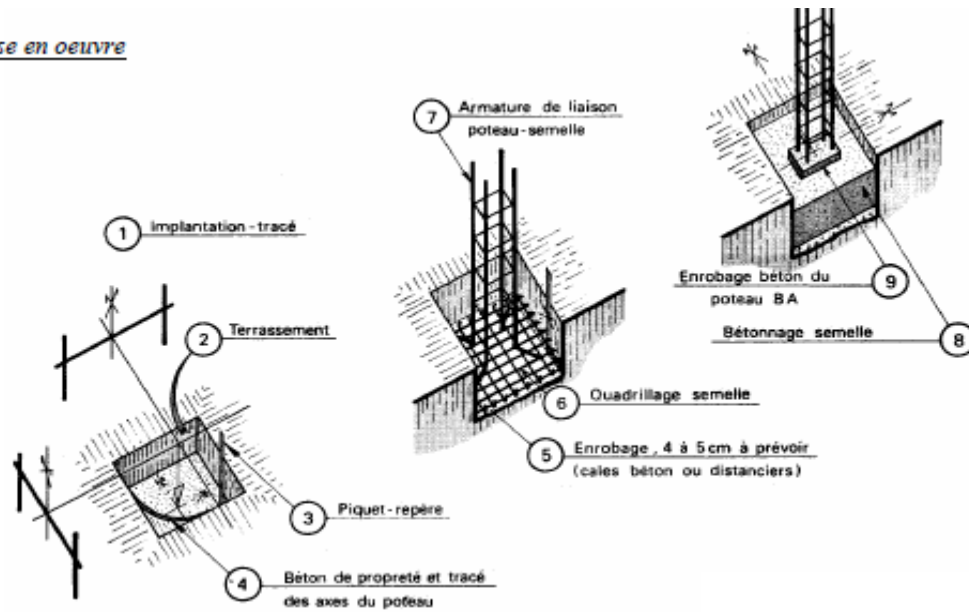
2. Avec $d \leq h/2$

A noter :

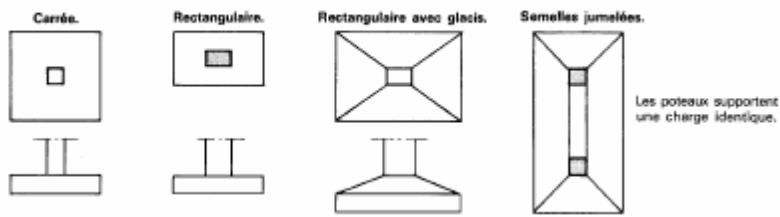
Si le critère n° 2 n'est pas vérifié, la semelle en gros béton devra être nécessairement armée.

1.2. Fondation par semelle isolée

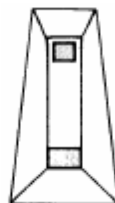
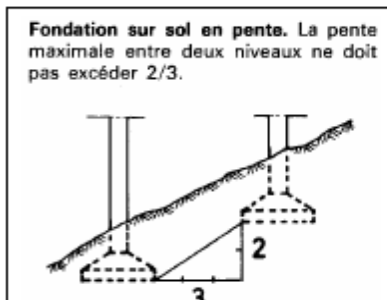
Mise en oeuvre



Exemples de semelles isolée

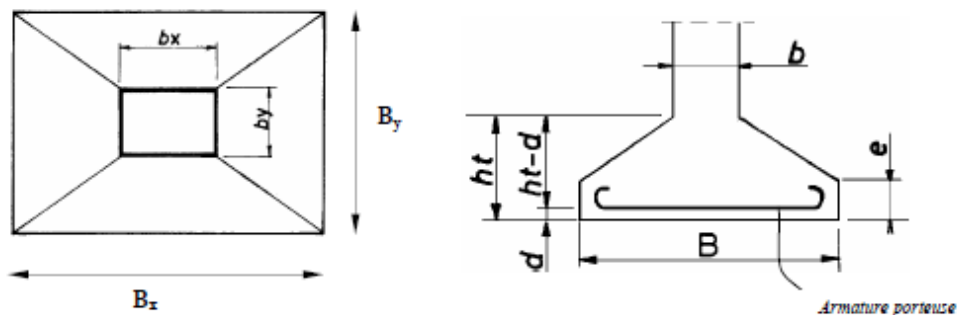


A noter :

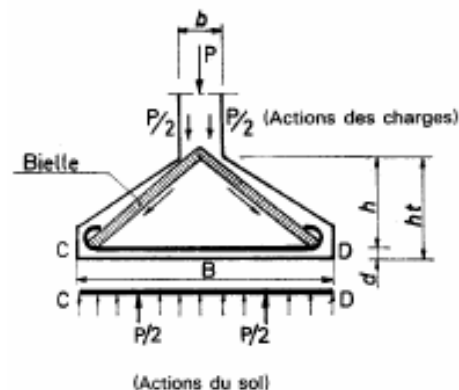
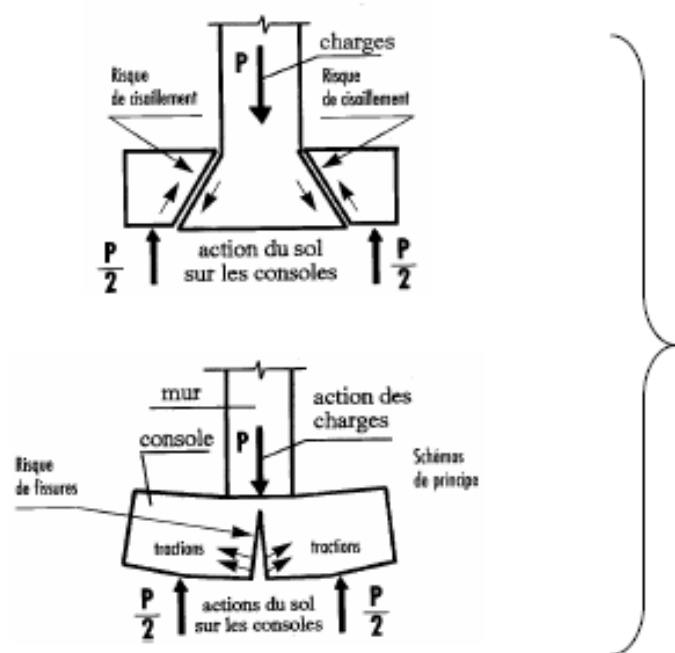


La charge imposée à chaque poteau est différente. La forme trapézoïdale de la semelle est dans le sens de l'égalisation des pressions sur le terrain.

Dispositions constructives usuelle pour les semelles avec glacis



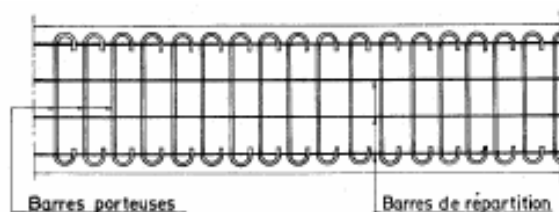
Fonctionnement d'une semelle de fondation superficielle en béton armé



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

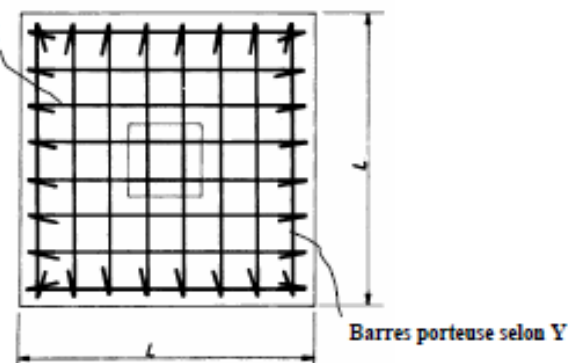
Conséquence :

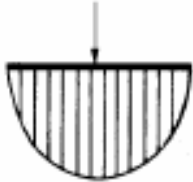
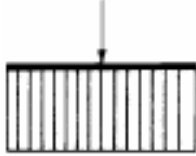

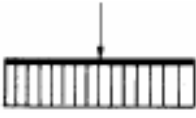
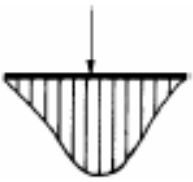
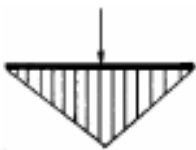


Cas des semelles continues armées

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 $(H_i \geq 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4})$ ✓ Sols pulvérulents 		$A = \frac{1}{8} \cdot P \cdot \frac{(B - b)}{(h_i - d)} \cdot \frac{1,15}{f_c}$ (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 $(H_i < 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4})$ ✓ Sols cohérents 		$A = \frac{1}{8} \cdot P \cdot \frac{(B - b)}{(h_i - d)} \cdot \frac{1,15}{f_c}$ (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 $(H_i < 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4})$ ✓ Sols pulvérulents 		$A = \frac{1}{24} \cdot P \cdot \frac{(2B - 3b)}{(h_i - d)} \cdot \frac{1,15}{f_c}$ (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 :

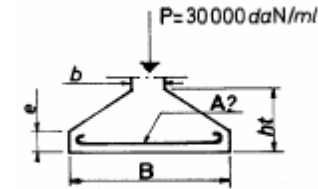
Sur **sol cohérent**, une semelle flexible est préférable à une semelle rigide (meilleure utilisation du sol)

Sur **sol pulvérulents**, 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 $\sigma = 2\text{ daN/cm}^2$? ($\sigma =$ 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)

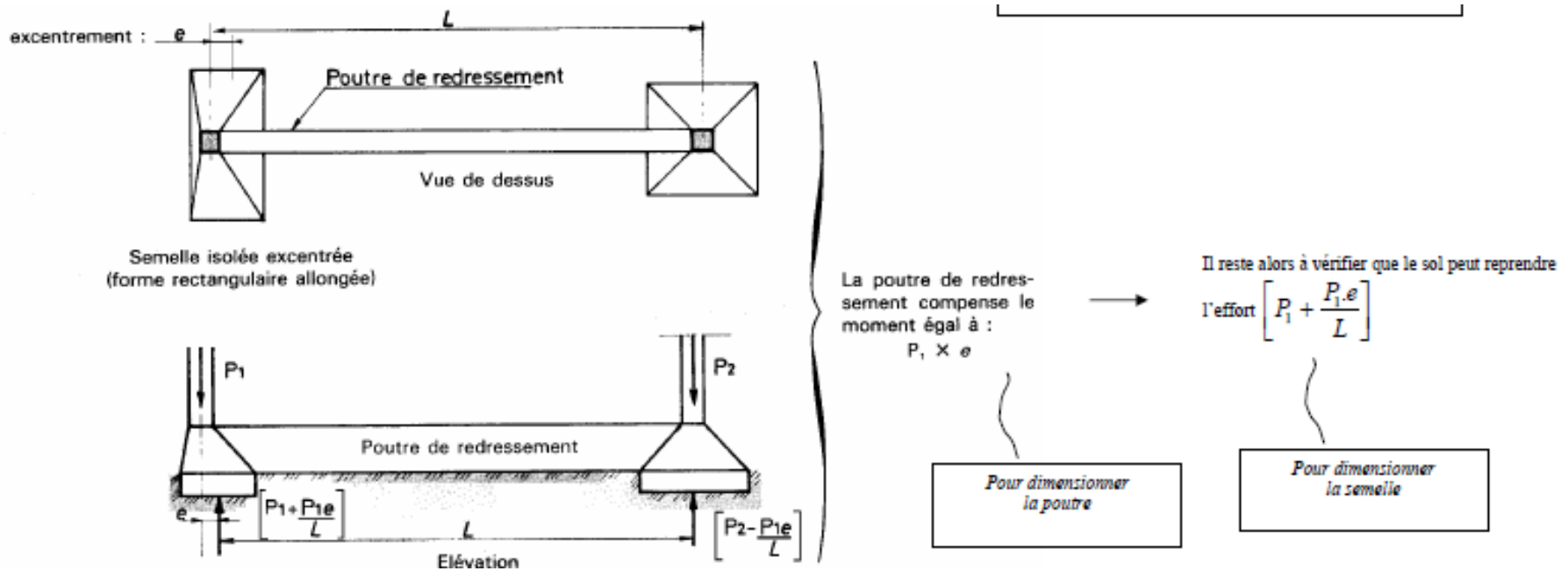
Cas de la semelle isolée excentrée

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

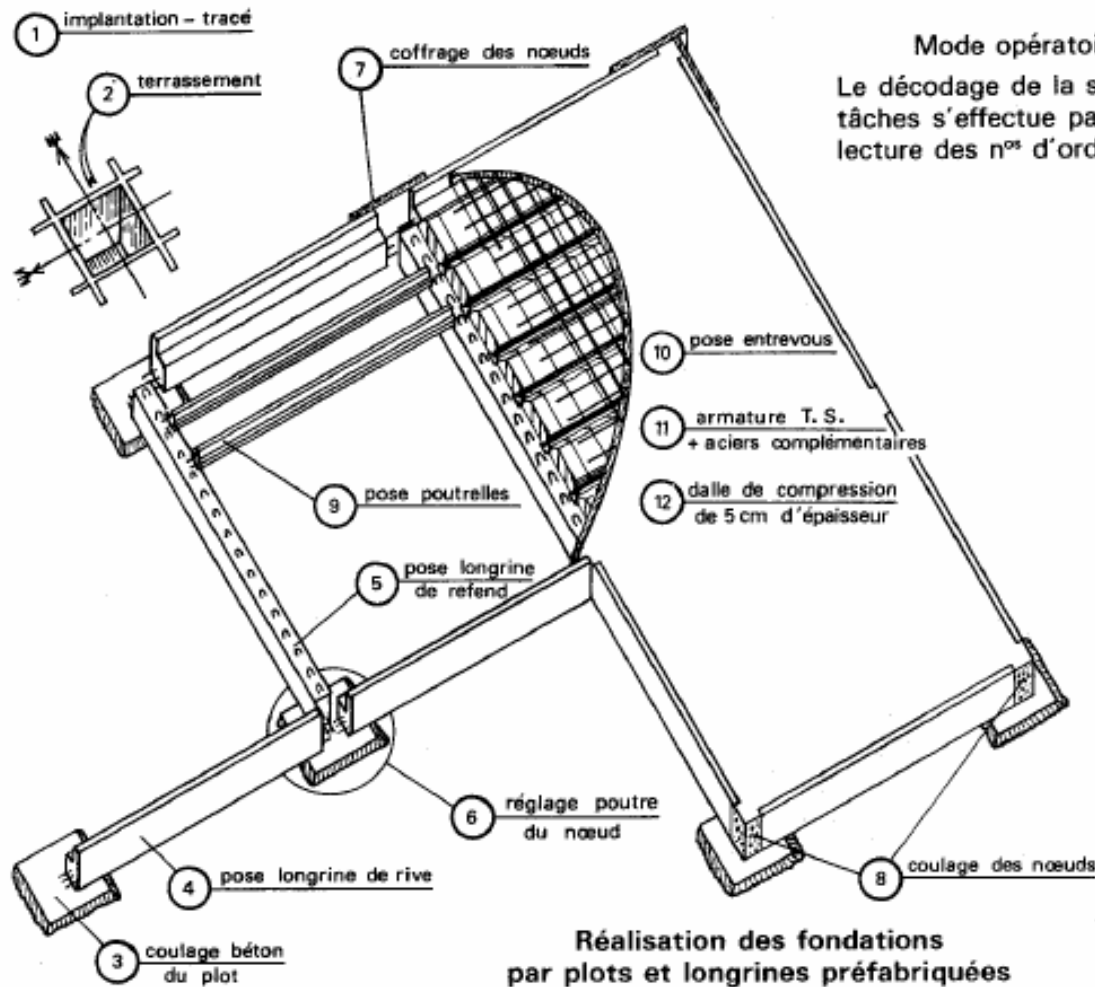
Implantées en rive de propriété ou contre un mur existant.

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.

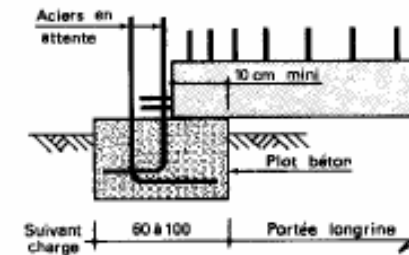
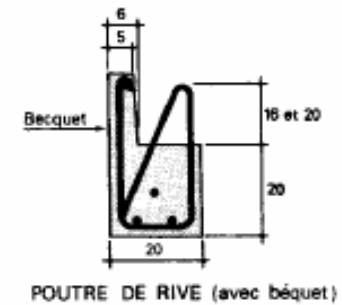
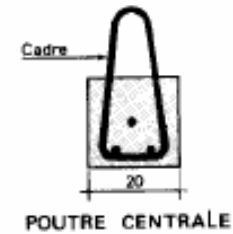
Il convient donc de chercher à réobtenir un diagramme uniforme des pressions sous la semelle (ie rectangle). **La solution** consiste à adjoindre **une poutre de redressement**, dont le mode de fonctionnement est le suivant :



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.



1.3. Fondations sur 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 intérêt dans ce cas à relier les semelles entre elles et à construire ainsi une plateforme sur laquelle la construction sera assise. Le radier évite des fondations profondes. Il peut être formé par une dalle en béton armé ou non, par des boutes renversées en briques ou encore par du sable fortement tassé entre le muré. Dans le cas d'un radier en béton armé la dalle sera quadrillée de nervures si la porte entre le mur est top grande.

Un radier est donc :

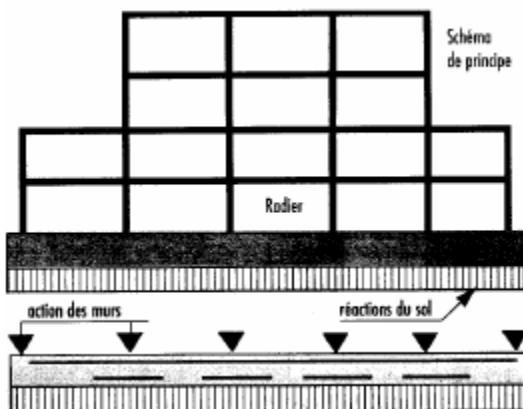
- Une dalle en béton armé posé à même le sol sous toute l'emprise du bâtiment,
- Une dalle de forte épaisseur (0,5 à 1 mètre d'épaisseur),
- Une dalle nervurée ou non (poutre incluse ou non dans l'épaisseur du radier, en particulier au droit des appuis de poteau)
- Une dalle lestée ou non avec des granulats 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.

A noter :

1. Un radier se calcul 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 : $P \geq 1,5.S.z$



Le fait d'armer un radier en béton permet d'en réduire considérablement l'épaisseur. Il existe également des radiers boutes en briques d'épaisseur moyenne de 0,22 m, on peut également dans certains cas utiliser des radiers en sable leur mise en place se fait par couches successives de 20 cm d'épaisseur fortement pilonnées et arrosées. Les parois du radier sont limitées des murés en maçonneries ou en béton.

3.2 FONDATIONS PROFONDES

1. Quelques définitions

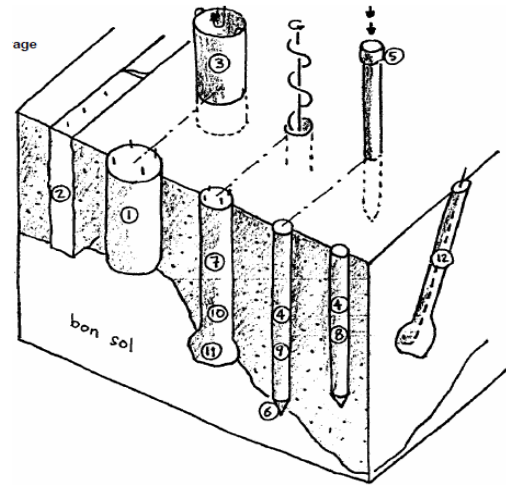
Pieu = pilot – toute pièce longue moulée ou foncée dans le sol pour le stabiliser ou fonder un édifice

Pilotis – *singulier collectif* – ensemble de pieux

Fonçage – enfoncement d'un pieu par *battage* à l'aide d'une *sonnette* (ensemble de la machine) équipée d'un *mouton* (outil de percussion verticale)

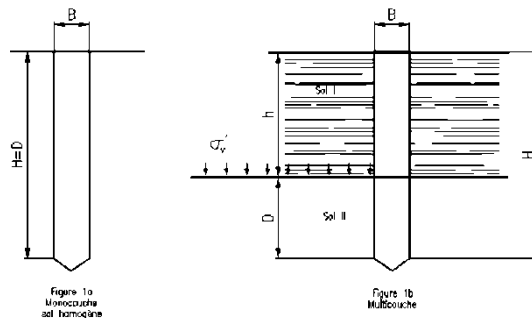
Forage – creusement d'un puits à l'aide d'un *trépan*, d'une *trousse coupante* ou d'une *tarière* (outils d'abrasion du sol), l'éboulement étant prévenu par un blindage de *bentonite* ou par un *tubage*

- (1) puits moulé
- (2) paroi moulée
- (3) chemise
- (4) pieu battu / pieu moulé
- (5) casque de pieu battu
- (6) sabot de pieu battu
- (7) pieu moulé
- (8) pieu flottant
- (9) pieu ancré
- (10) pieu exposé
- (11) bulbe
- (12) barre d'ancrage = clou d'ancrage



2. Fondations sur puits

Dans le cas de terrain hétérogène où l'on ne peut pas avoir une fondation courante (cas de remblai par exemple), lorsque la couche se trouve à une profondeur modérée on creuse pour l'atteindre un puits à travers des terrains non résistants. On constituera ainsi des puits, pts d'appui solide sur lesquels se posera la construction projetée. On peut donner au puits une forme carrée ou circulaire de diamètre 0,80 m, à 1,20 m. lorsque le terrassement est fini on remplit les puits de béton de gros cailloux. Les puits sont réunis entre eux par leurs parties supérieures soit avec des longrines en béton armé soit par des arcs de décharge en maçonnerie de brique ou en B.A. on place la poutre au droit des puits les plus chargés dans la construction c'est-à-dire sans les trumeaux sous les poteaux et aux angles.



3. Fondations sur pieux

On adopte ce type de fondation lorsque le bon sol est difficilement accessible par les puits. Dans ce cas, on creuse jusqu'à au bon sol (ou au refus), des pieux qui lui transmettent les charges à supporter, évitant ainsi les fouilles en déblai et le terrassement important qui nécessite la construction de puits. On adopte ce type de fondation quand les différentes couches de terrains traversées sont compressibles et que le bon est difficilement accessible. Les pieux compriment le sol ce qui a pour effet d'augmenter sa résistance sans négliger le frottement latéral dans le cas où les pieux sont coulés sur la surface et fortement comprimés ou dans le cas où les pieux sont enfoncés à l'aide d'un mouton (lourde masse métallique manœuvre à l'aide d'une sonnette). On distingue plusieurs sortes de pieux :

1. Un pieux est dit bâtir en refus lorsqu'il résiste à l'enfoncement de celui-ci.
2. Pieux en bois muni d'un sabot en acier à sa partie inférieure et d'une ceinture à sa partie supérieure pour exciter l'----- dû à la chute du mouton.
3. Pieux à vis : c'est un pieux métallique utilisé dans les terrains présentant des nappes aquifères. Il est enfoncé par rotation et peut atteindre 20 m de profondeur.
4. Pieux en BA se présente sous deux formes. Le pieu préfabriqué est enfoncé à l'aide d'une sonnette, et le pieu coulé sur place. Pour faire donc ces travaux on procède à un forage et à un tubage à l'aide des tarières et de trépan ou béton par ----coulée dans le tube et pilonné. Le tubage est remonté ensuite au fur et à mesure de l'incorporation du béton.

3.3 OUVRAGES D'ASSISE DIVERS

Fondation spéciale – adaptée à un sol exceptionnellement médiocre (grande profondeur du bon sol, fort Tassement, présence d'eau) ou à une charge anormalement contraignante (vibration, grande hauteur)

Fondation **anti vibratile** – évitant la transmission des vibrations des machines à l'assise grâce à des *amortisseurs*

Cuvelage –

Reprise en sous-œuvre – travaux de transformation de l'assise d'un ouvrage existant

Étai – tout ouvrage temporaire de soutien d'ouvrage en cours de construction, de reprise ou de destruction ;

Étalement = étayage

Chevalement – étau propre à la reprise en sous-œuvre

1. fondation dans l'eau

On distingue 3 cas :

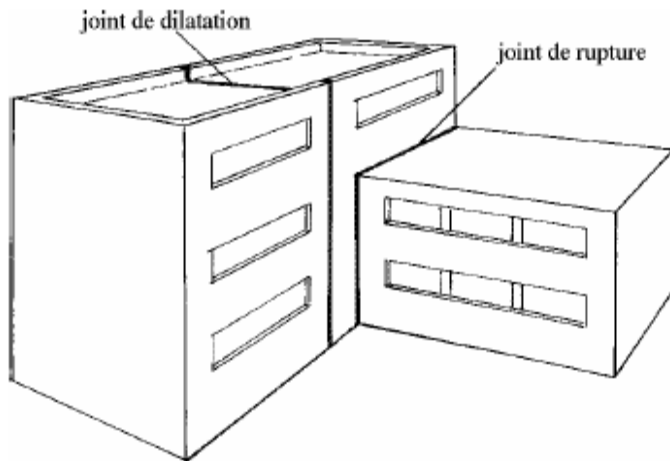
- a- La proximité des nappes d'eau cause des infiltrations mais il est possible d'assécher l'emplacement des fondations par drainage qui amène l'eau vers un puits ou par des pompes qui en assurent l'évacuation. De toute façon il suffit de maintenir le terrain à sec durant les travaux.
- b- La nappe se trouve à l'emplacement des fondations et qu'il est possible d'assécher celle-ci par pompage après l'avoir isolé par des batardeaux. Les batardeaux sont constitués par des digues provisoires le plus souvent en terre argileuse ou encore par des palles planches. Les palles planches sont formés par des éléments en acier assemblés par des languettes et de rainures et battus à force ou à moyen d'une sonnette. On assèche alors l'emplacement à l'aide de la pompe. Le travail est effectué à l'intérieur du caisson ainsi formé en assurant constamment l'évacuation du pompage des eaux d'infiltration.
- c- Une nappe d'eau se trouve à l'emplacement des fondations mais malgré la pose des batardeaux, il est impossible de puiser en raison de la perméabilité du sol. Dans ce cas

on coule dans un coffrage immergé un mortier de chaud hydraulique ou de ciment permettent ainsi une prise sous l'eau.

On peut utiliser dans le cas des travaux importants et délicats des caissons à air comprimé qui permettent d'assécher provisoirement le sol sur lequel on désire travailler c'est-à-dire tout le travail s'effectue à l'intérieur de ces caissons.

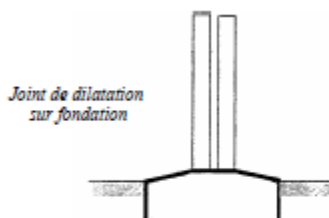
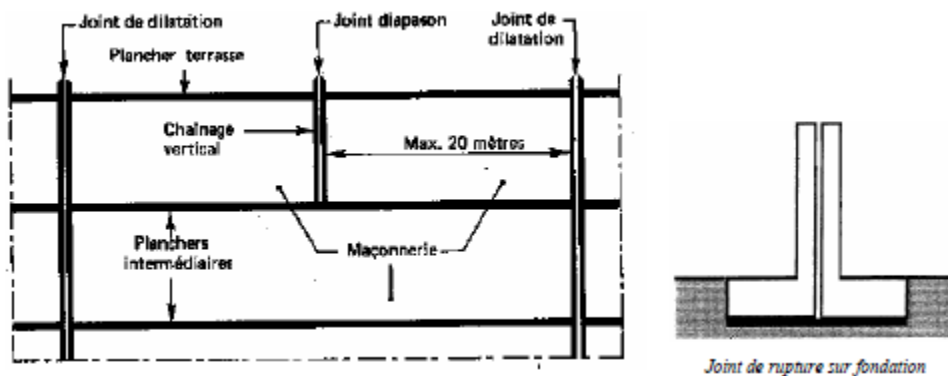
LES JOINTS CONSTRUCTIFS

Définitions



Les joints de rupture sont indispensables lorsque :

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



A noter :

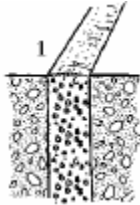
La fondation d'un nouveau bâtiment accolé à un ancien, se met **toujours à la même profondeur** que celle du bâtiment ancien.

En Afrique : joint de dilatation tous les **20-30 m**

Traitement des joints (cas les plus courants)

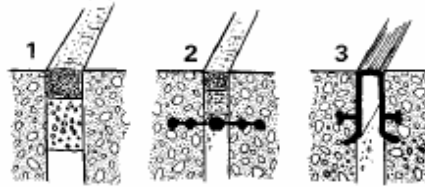
Joint simple

1. Polystyrène
(joint non étanche)

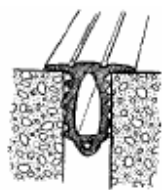


Joint étanche

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



Couvre joint La fissure



en profil élastomère compressible



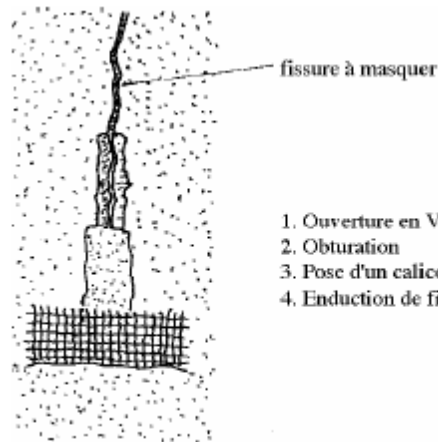
en tôle profilée formant ressort, et profilé rigide de surface

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)



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 :

1. Joint de dilatation (A)

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

2. 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.

3. Joint de retrait (C)

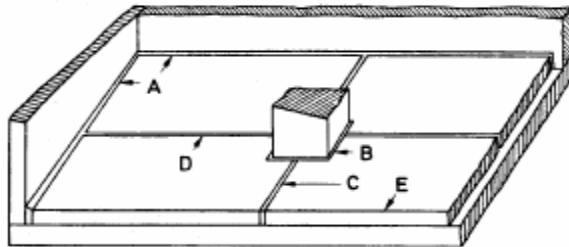
Il canalise la fissure de retrait lié au séchage du dallage ; il ne traverse pas l'épaisseur du dallage (1/4 seulement de son épaisseur).

4. Joint d'exécution (D)

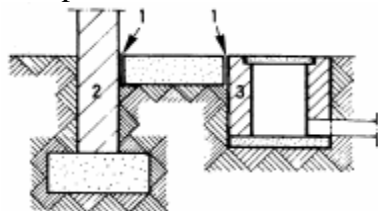
Il résulte du travail en bandes ou en panneaux ou de l'arrêt de travail en fin de journée ; il traverse le dallage sur toute son épaisseur.

5. 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 Kg/m²

(Charge d'exploitation 250 Kg/m²)

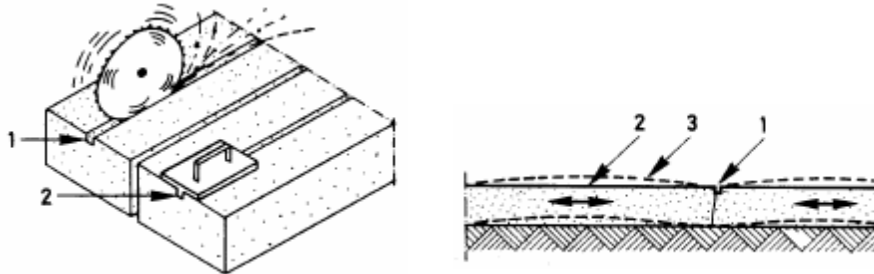
Joint de retrait – Mise en œuvre

Joint de structure - Mise en œuvre

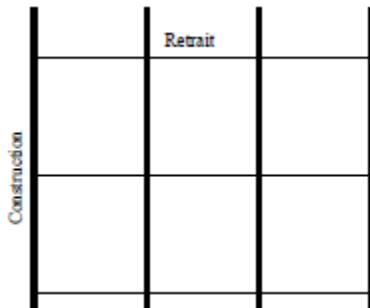
Vue de dessus autour du poteau

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

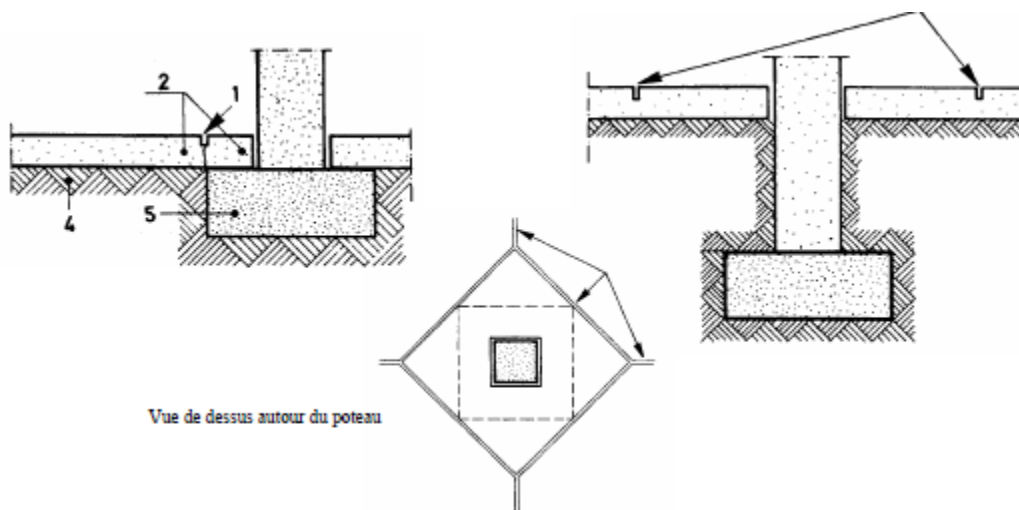


A noter :

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

Coulage par bandes

Joint de structure - Mise en oeuvre



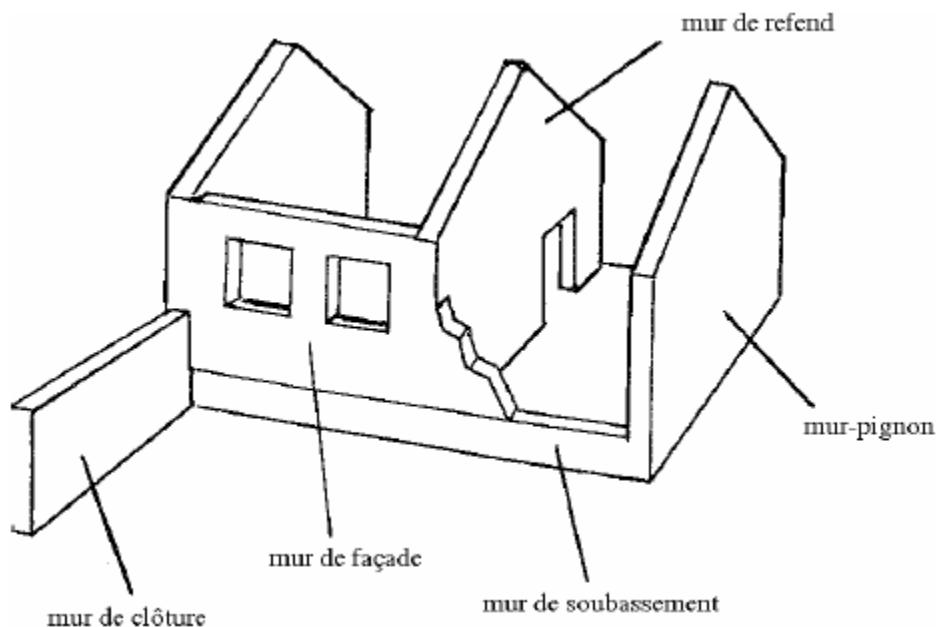
LES MURS DE FAÇADE

La maçonnerie doit être conçue de sorte à présenter les performances adaptées à son utilisation prévue.

Pour réaliser des maçonneries qui répondent aux critères de performances spécifiés et qui résistent aux conditions d'environnement auxquelles elles sont exposées, il convient que la détermination de la classe d'exposition prenne en compte :

- les facteurs climatiques ;
- le degré de sévérité de l'exposition à l'humidité ou au mouillage ;
- l'exposition aux cycles de gel/dégel ;
- la présence de produits chimiques susceptibles d'entraîner des réactions préjudiciables.

Désignation des murs selon leur position ou leur fonction



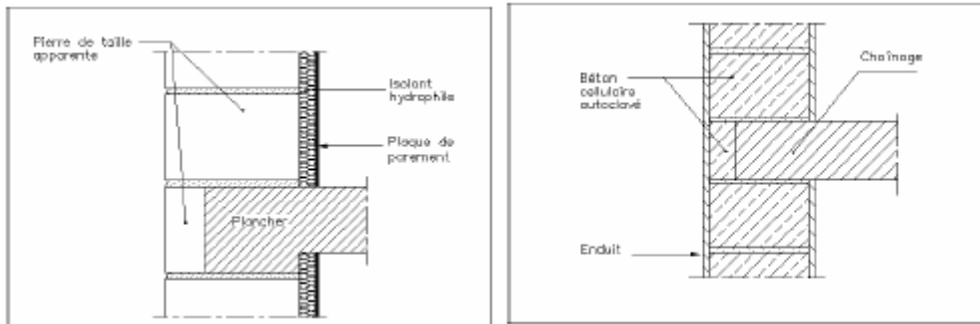
Classement des murs de façade en fonction de leur résistance à la pluie

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.

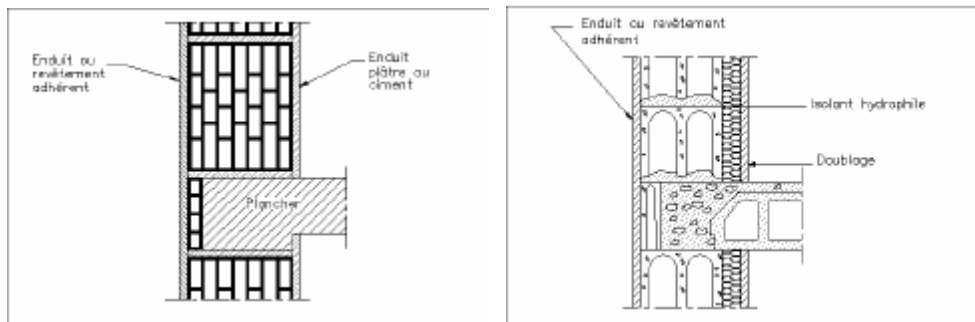
Mur du type I

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



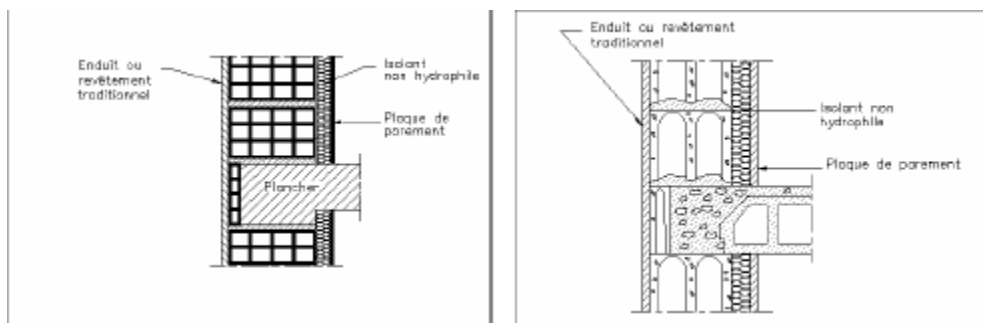
Exemples de murs du type I : bloc creux avec côté extérieur par un enduit ou un revêtement adhérent

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

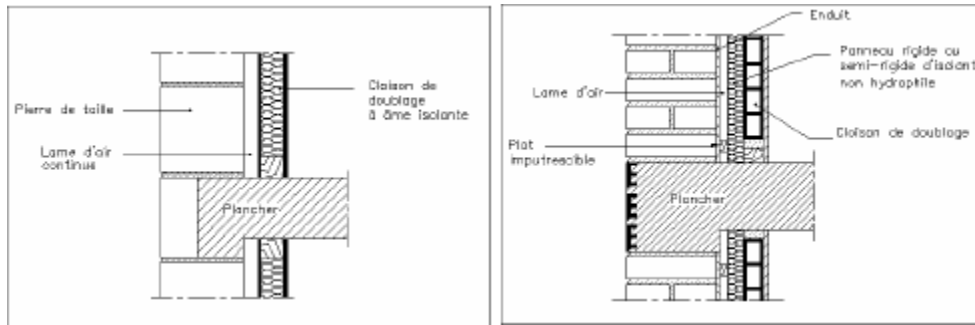
Dans ce type de mur, la coupure de capillarité est constituée par des panneaux isolants non hydrophiles .



Exemples de murs du type IIa

Type IIb

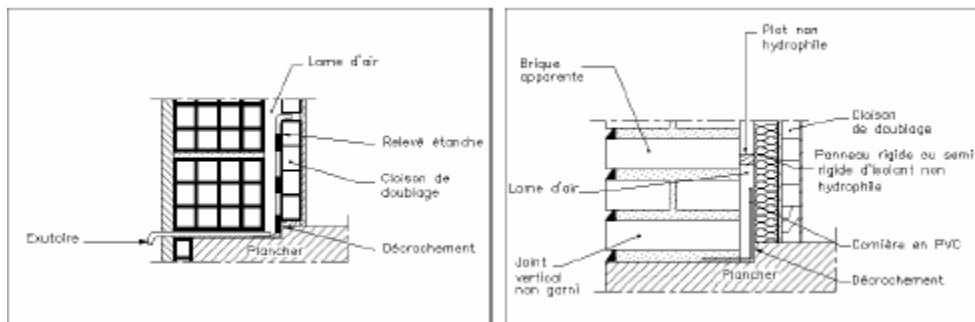
Dans ce type de mur, la coupure de capillarité est constituée par une lame d'air continue. Par assimilation, cette lame d'air est encore considérée comme continue si elle est traversée seulement par des agrafes métalliques ou par d'autres dispositifs de faibles dimensions, en matériaux non hydrophiles et imputrescibles.



Exemples de murs du type IIb

Murs du type III

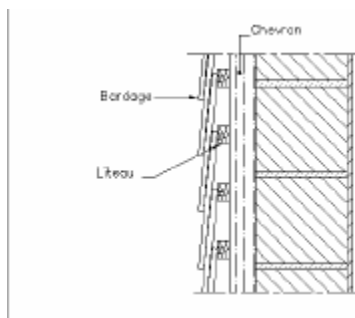
Les murs du type III sont des murs dans lesquels la paroi extérieure en maçonnerie, non protégée par un revêtement étanche, est doublée par une seconde paroi séparée de la première par une lame d'air continue à la base de laquelle sont prévus des dispositifs de collecte et l'évacuation vers l'extérieur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

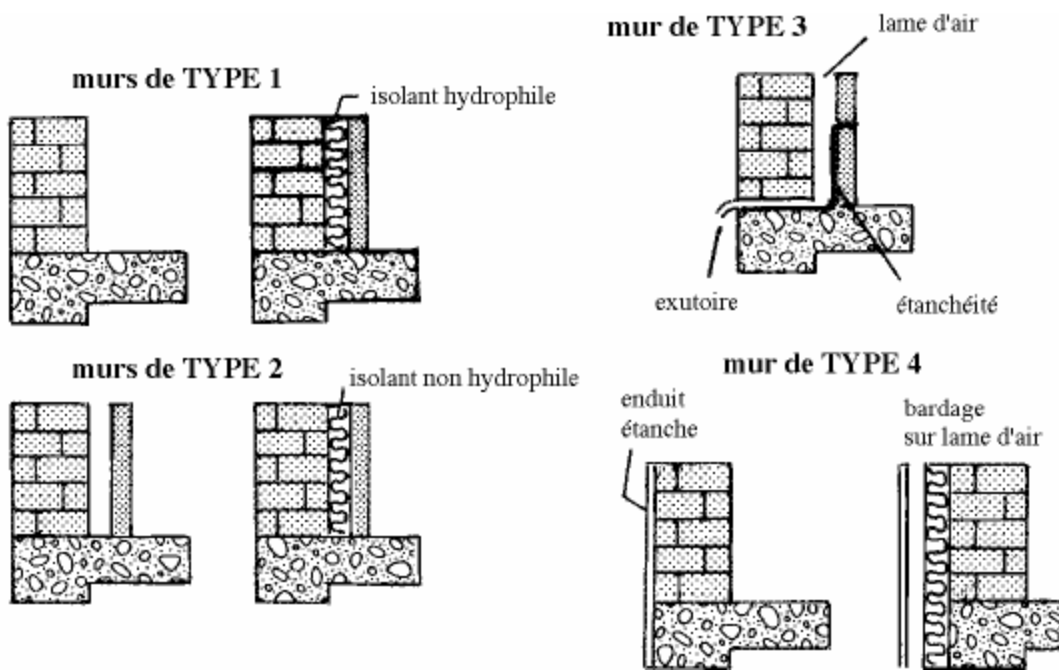


Choix des matériaux

Les matériaux, lorsqu'ils sont incorporés dans les ouvrages, doivent être aptes à résister aux actions auxquelles ils sont susceptibles d'être exposés, y compris les actions liées à l'environnement.

Critères pour choisir un mur

En résumé les types de mur extérieurs sont :



Le choix est fonction :

- De l'exposition à la pluie (façade abrité 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 tableau 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)	II	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. 3.2.2.2.3] (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

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		II 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'user de 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 :

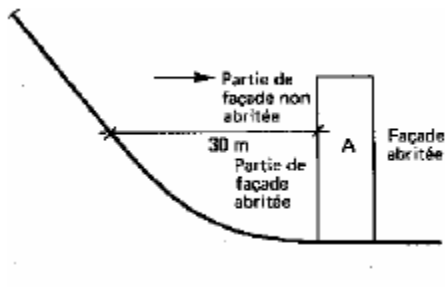
- 37,5 cm en blocs perforés de terre cuite,
- 27,5 cm en blocs de béton,
- 27,5 cm en blocs de béton cellulaire autoclavé.

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

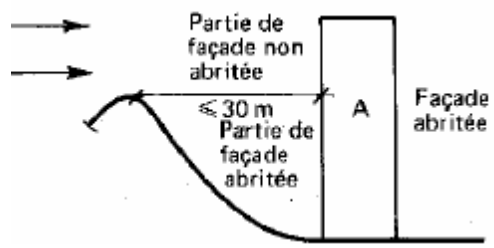
(note 6) Le mur de type IIb peut, dans ces conditions d'exposition, être admis en fonction des conditions climatiques particulières du lieu et sous réserve de justifications résultant d'expériences locales satisfaisantes.

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

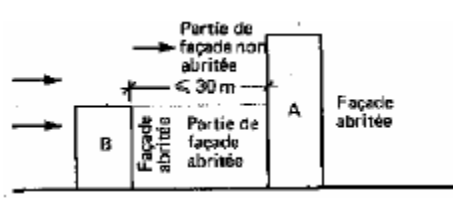
Cas des maçonneries destinées à recevoir un enduit ou un revêtement traditionnel ...



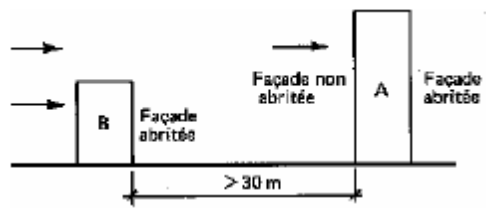
les flèches indiquent la direction des vents de pluie



les flèches indiquent la direction des vents de pluie



Les flèches indiquent la direction des vents de pluie

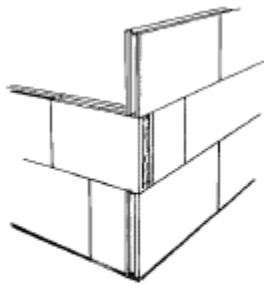


Les flèches indiquent la direction des vents de pluie

MISE EN OEUVRE DES MAÇONNERIES

Avant-propos

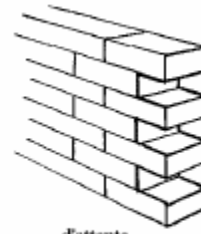
Cloison intérieure



Cloison intérieure



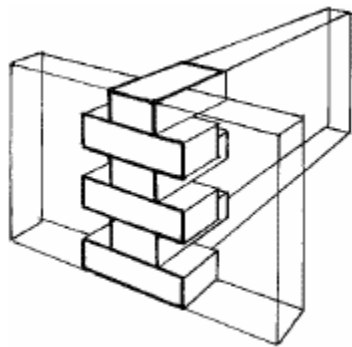
d'angle



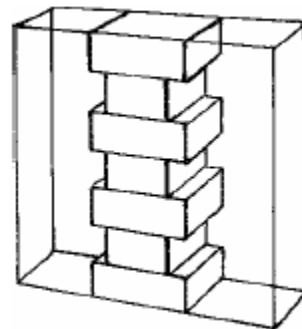
d'attente

Harpage de maçonnerie

Harpage formant tête de mur Harpape formant chaînage verticale de refend ou séparatif

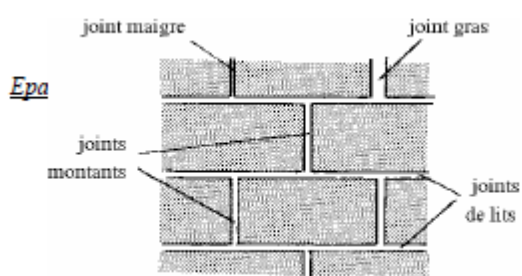


Harpape formant tête de mur



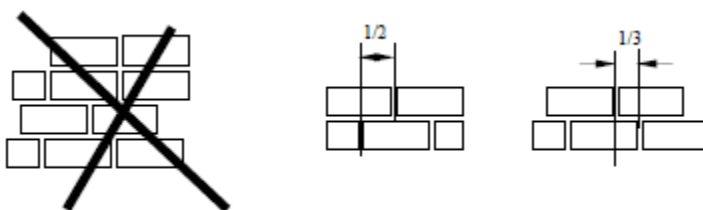
Harpape formant chaînage verticale de refend ou séparatif

Les joints de maçonnerie

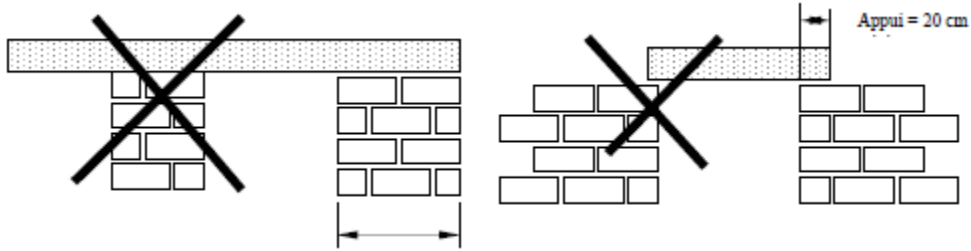


Les joints verticaux et horizontaux sont en moyenne de 10 à 15 mm d'épaisseur. Ils ne devront jamais dépassés : $8 \text{ mm} < e < 20 \text{ mm}$.

Disposition des joints

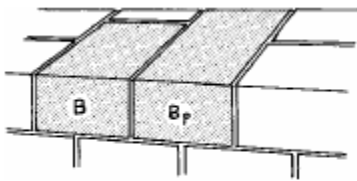


Appui ou trumeau & Maçonnerie

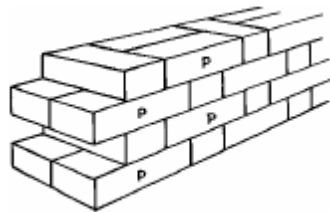


Appui sur au moins 0,80 m ou 2 x la longueur d'un

Parements de pose

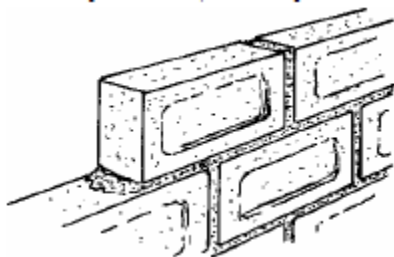


Parement boutisse (pose)

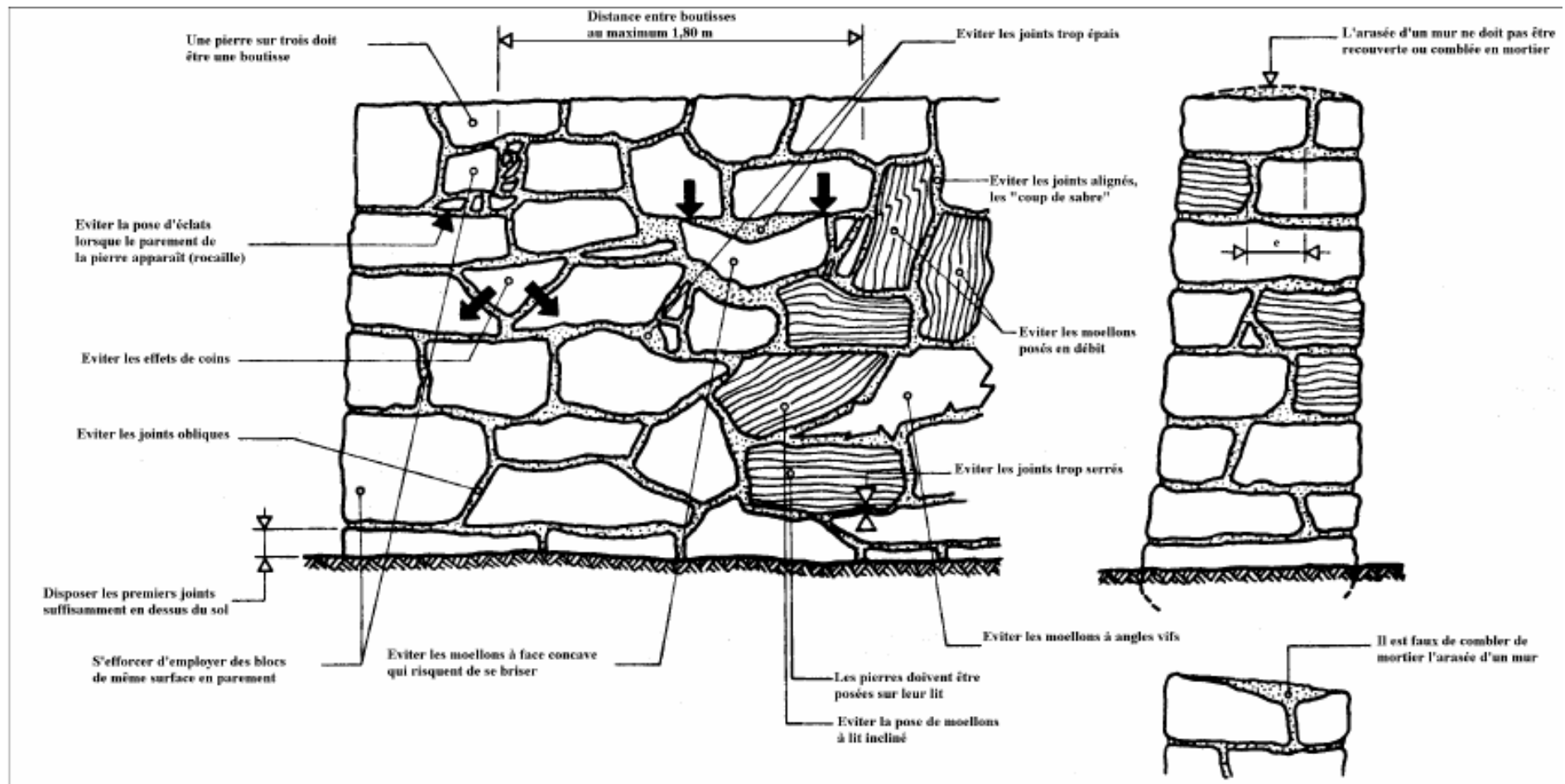


Parement panneresse (pose)

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

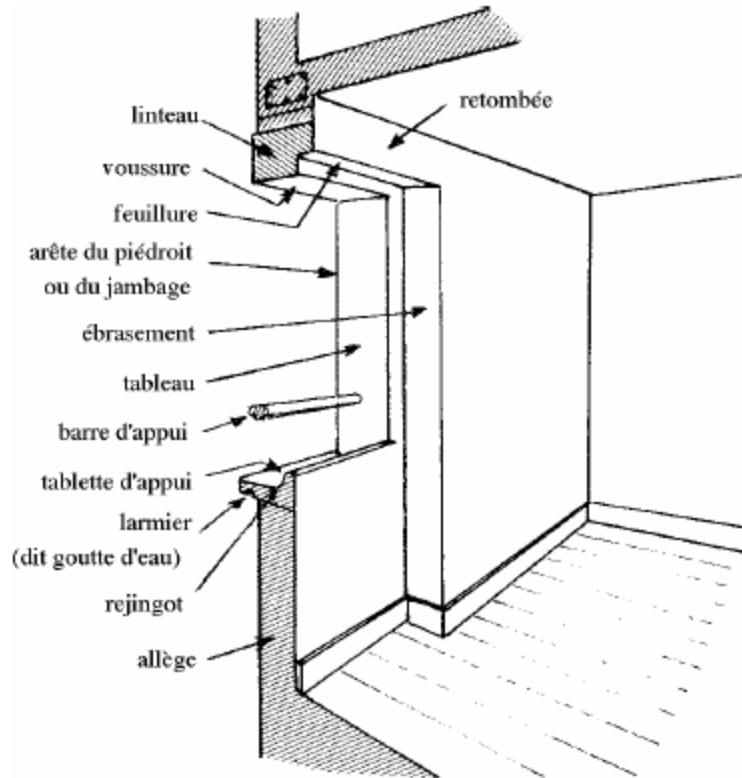


Appareillage des maçonneries en moellon – Règles de l'art

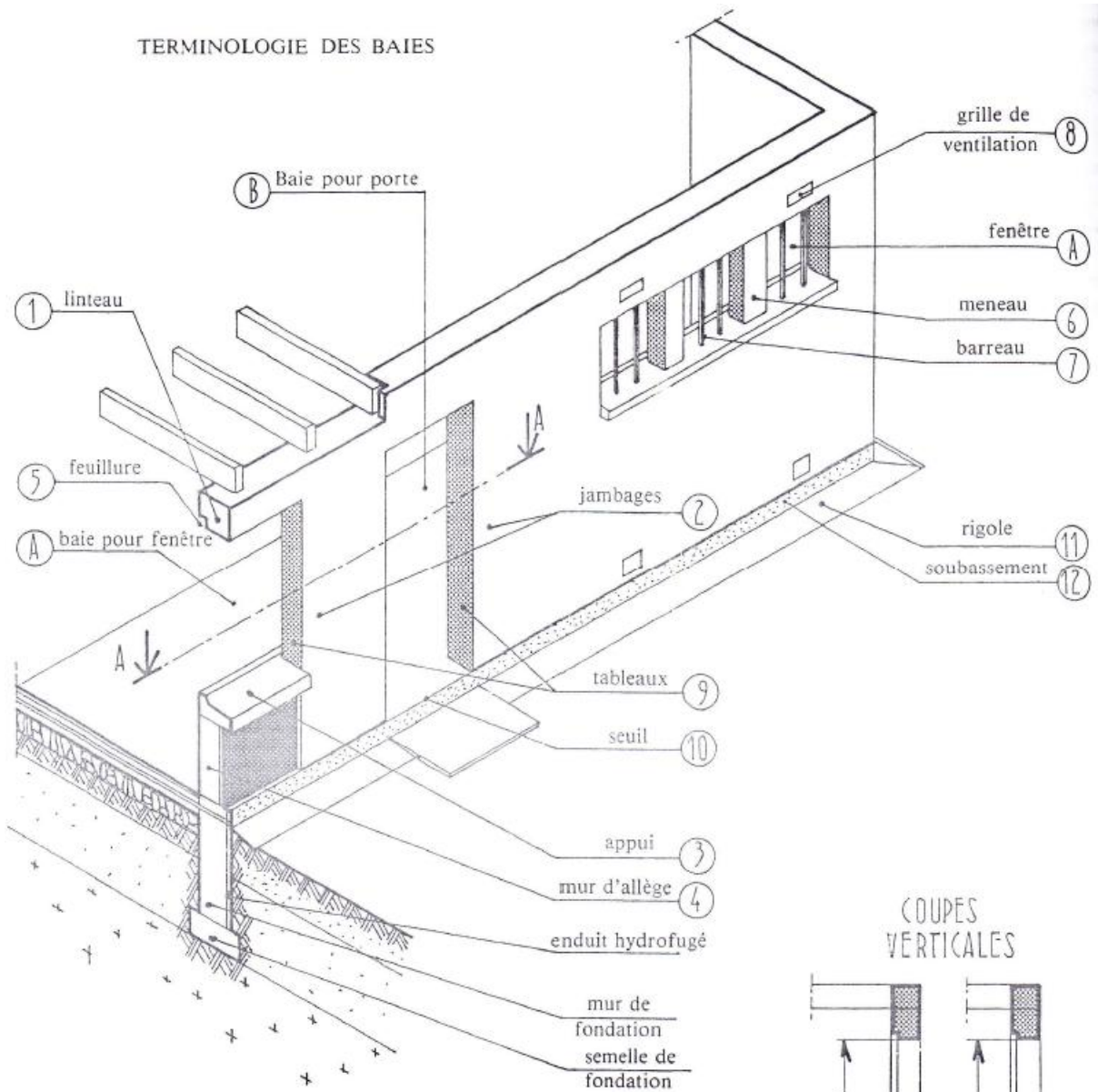


LES ELEMENTS DE FAÇADE

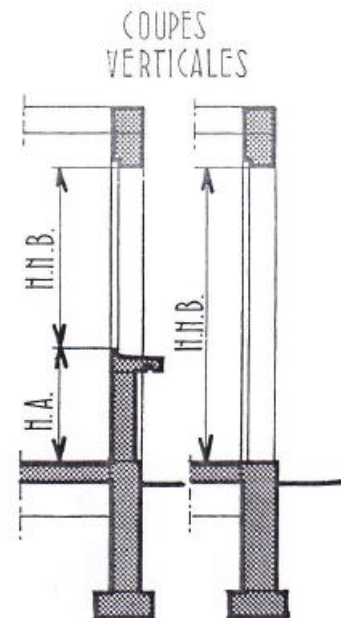
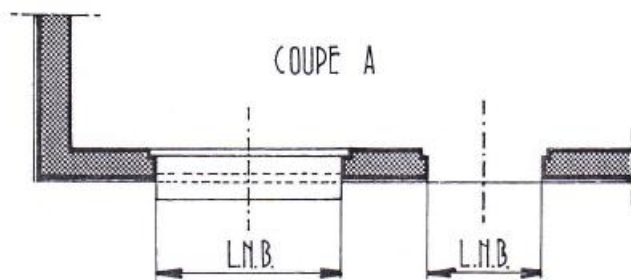
Baies et encadrements – Vocabulaire

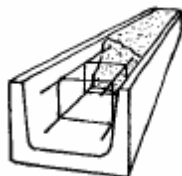
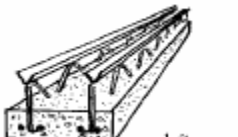
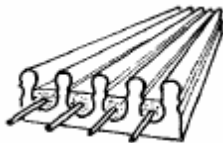
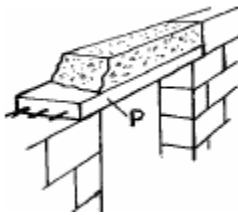
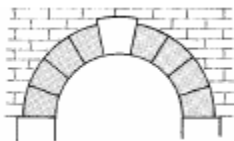
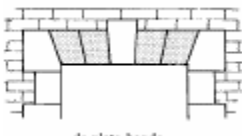
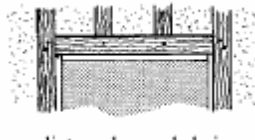
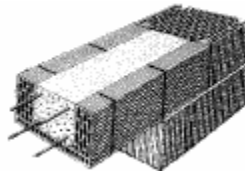
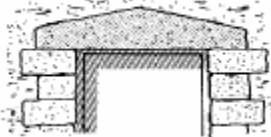


TERMINOLOGIE DES BAIES



DIMENSIONS NOMINALES DES BAIES





Sorties de secours des Etablissements Recevant du Publics – Unité de passage
Largeur des unités de passage (Textes Généraux Sécurité Incendie – Articles CO) :

1 unité : 0,90 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 unités

Distances maximales à parcourir

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

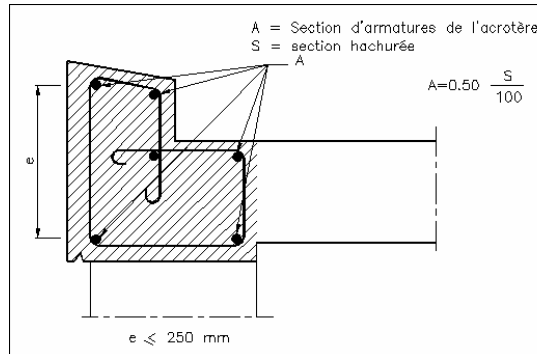
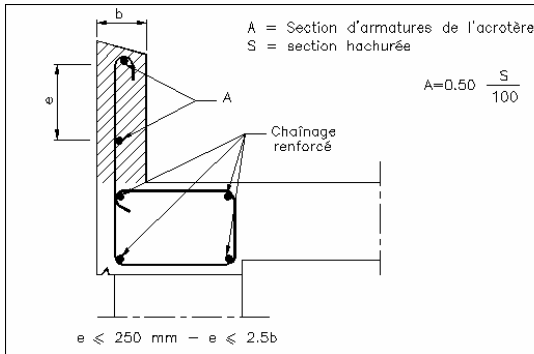
A noter :

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

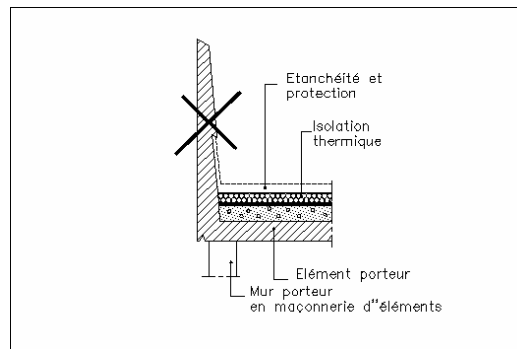
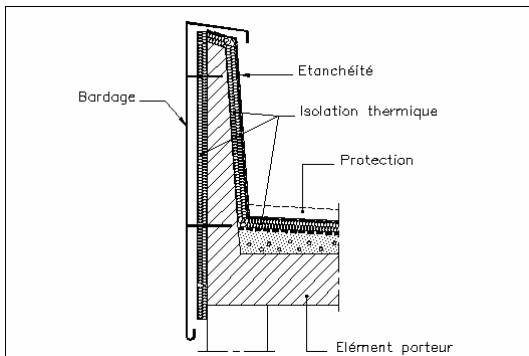
Une sortie d'un ERP s'ouvre toujours vers l'extérieur.

LES ACROTÈRES NF P10-203-1(DTU20.12 septembre 1993)

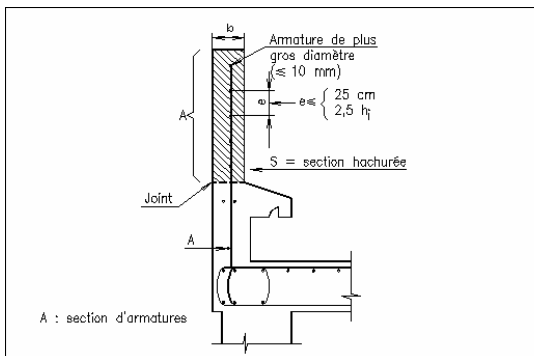
Les acrotères (liaison Toiture-terrasse/Façade) en béton armé Dispositions constructives (ferrailage Fe 400)



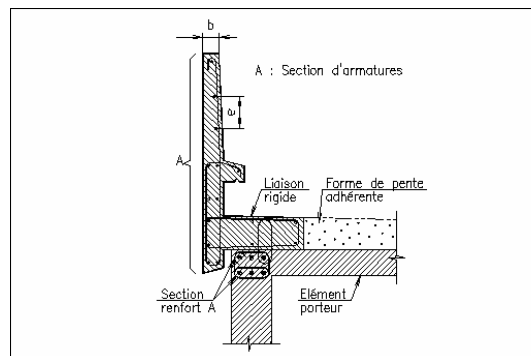
Cas des acrotères massifs non isolée tandis que la toiture terrasse est isolée



Autres solutions technique possibles :



Coulée en deux temps

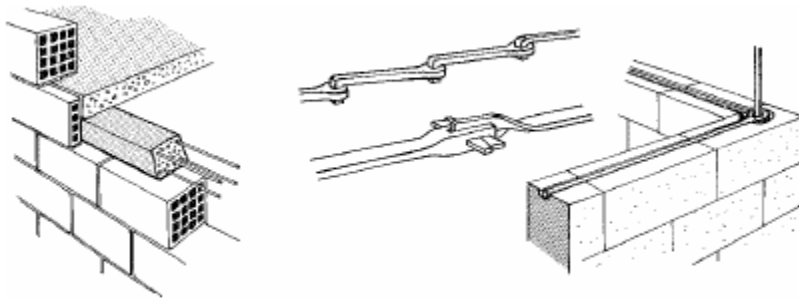


Préfabrication

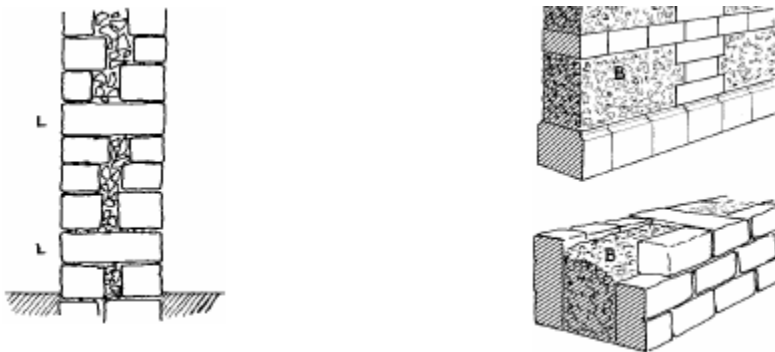
LE CHAINAGE D'UN BATIMENT

LES CHAINAGES HORIZONTAUX

Chaînage horizontal des maçonneries

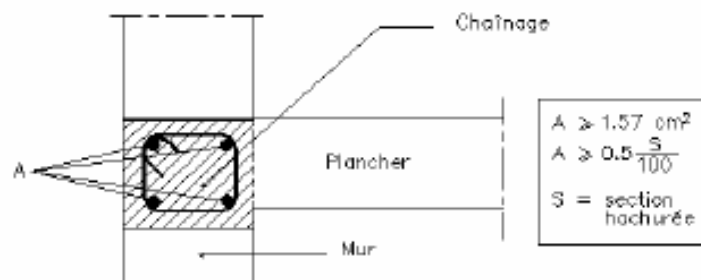


Chaînage horizontal d'un mur en pierre taillé avec blocage



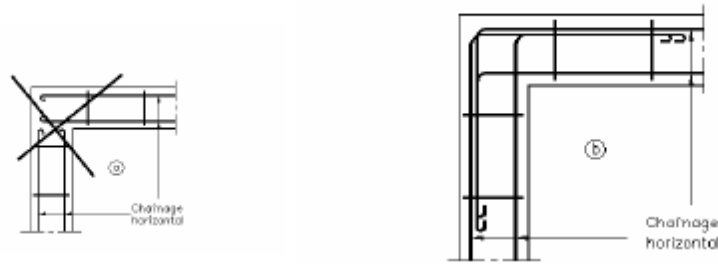
Les chaînages horizontaux en béton armé

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

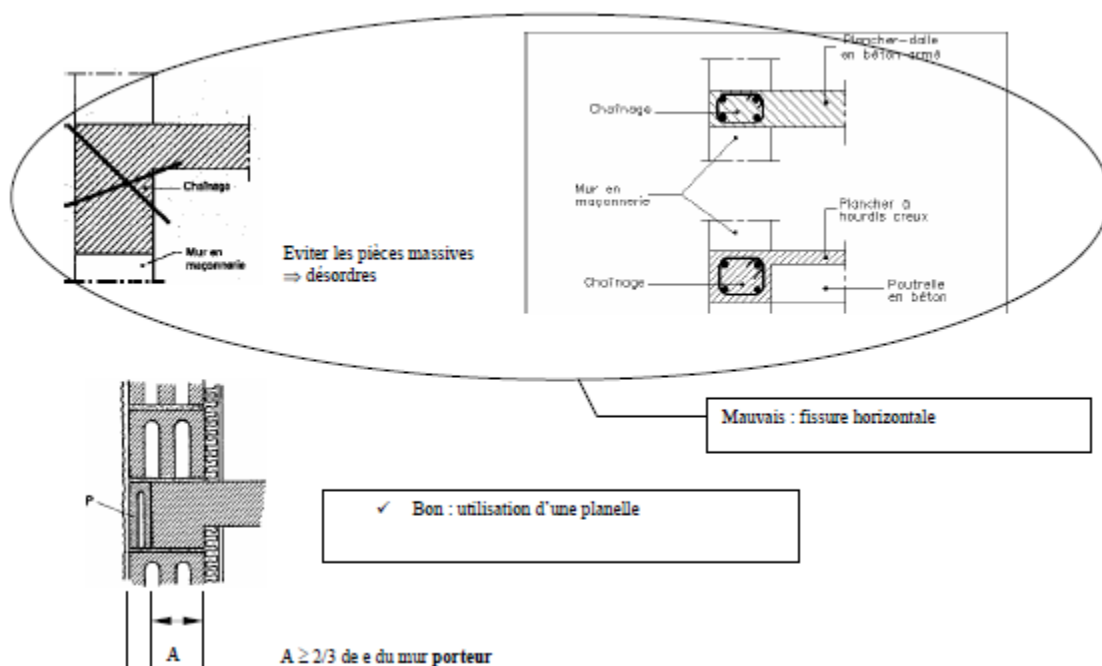


Détail au droit des angles : bien assurer la continuité du chaînage

Attention aux poussées au vide aux angles



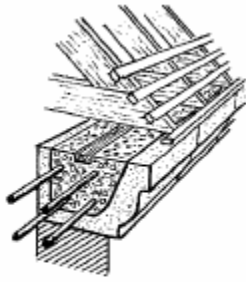
Les chaînages horizontaux et leurs liaisons entre plancher/façade



A noter :

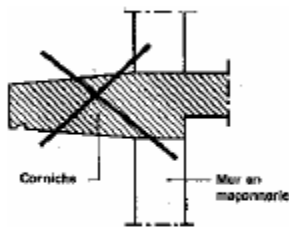
1. Dans la pratique l'absence de planelle est tolérée pour une hauteur de chaînage/plancher inférieure ou égale à **15 cm**. Un traitement dans l'épaisseur d'enduit par addition d'un grillage est alors à prévoir.
2. La profondeur d'appui d'un plancher doit être d'au moins égale au **2/3 de l'épaisseur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

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

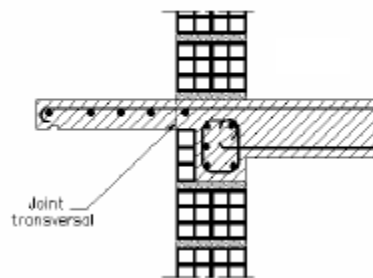


corniche en éléments préfabriqués
formant coffrage de chaînage

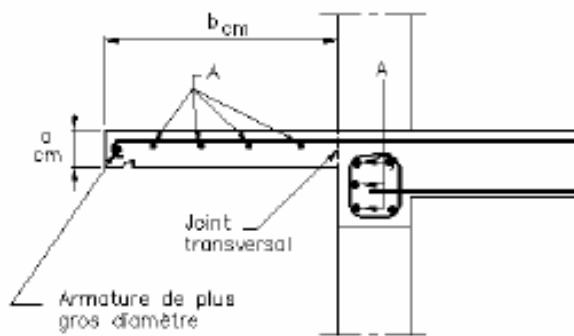
Cas des corniches, créé à partir d'un chaînage horizontal à la suite d'un plancher



Eviter les pièces massives
=> désordres



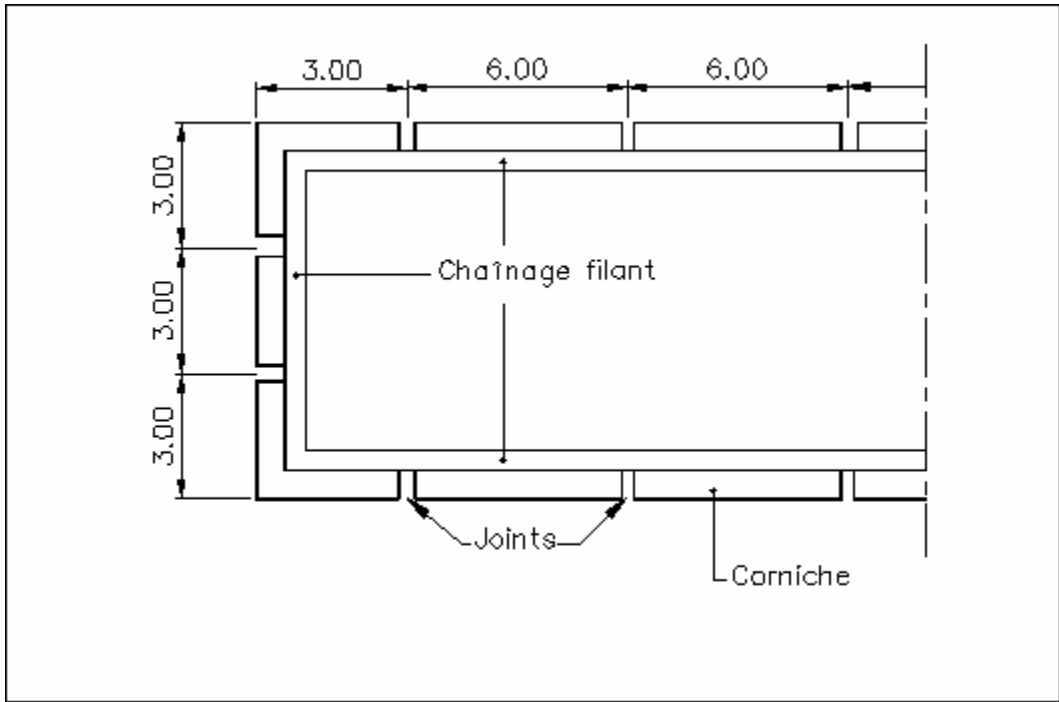
Avec pour ferrailage de la casquette (Fe 400) :



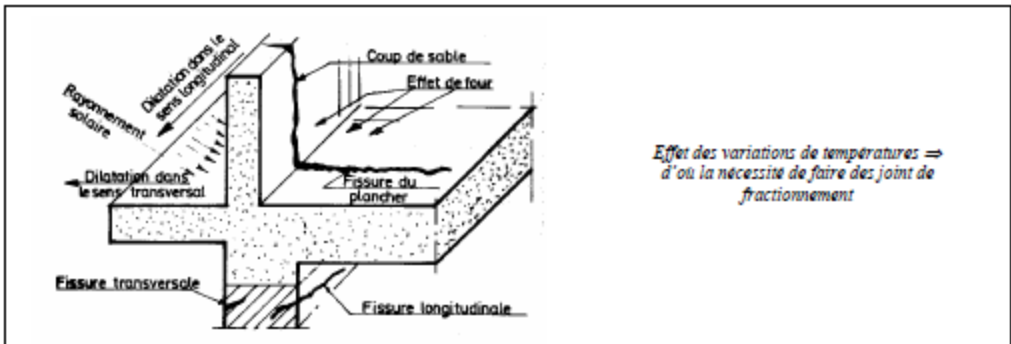
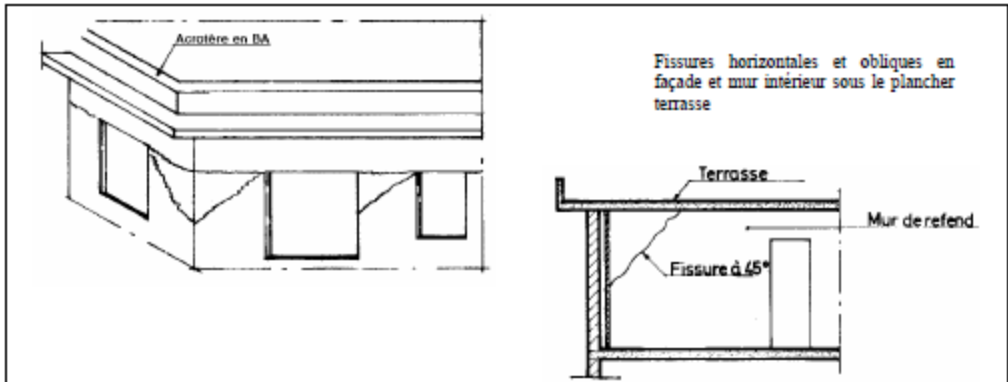
$$A = 0.20 \text{ ou } 0.25 \times \frac{a \times b}{100}$$

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 mètre en partie courante.

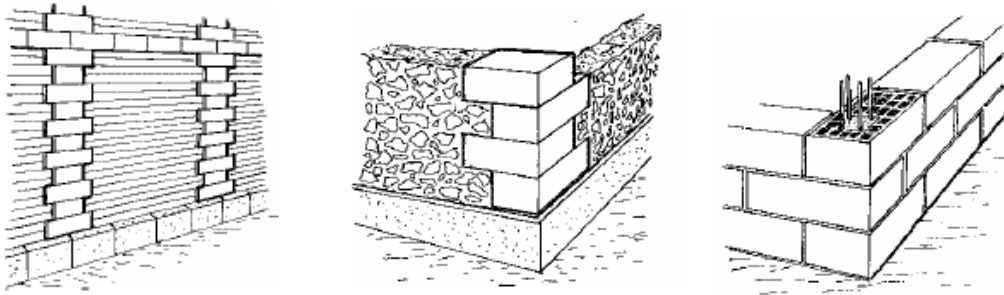


Pathologie associée aux insuffisances de chaînage de corniche



LES CHAINAGES VERTICAUX

Chaînage vertical plein mur et d'angle



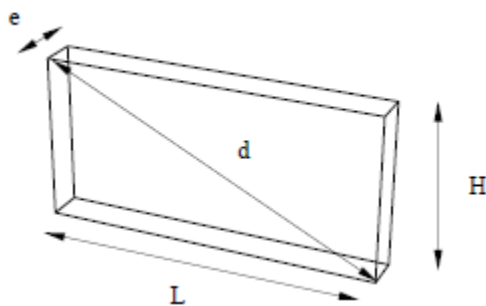
Le chaînage vertical est indispensable lorsque :

- 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 $2 \phi 10$ et épingles $\phi 6$ espacés 20 cm, ou encore 4 HA 8 et étrier $\phi 6$ 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 :



A noter :

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

Disposition minimale, quelque soit le cas :

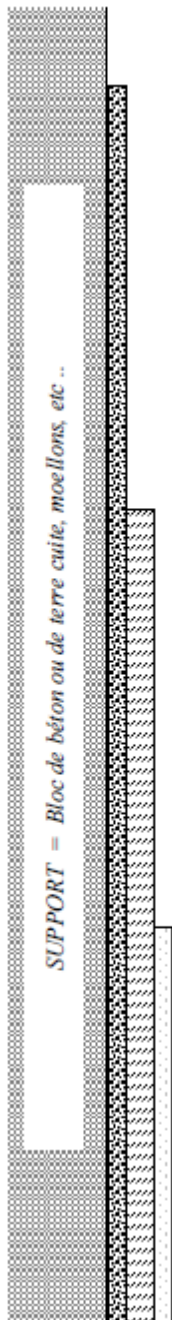
- $L \leq 5 \text{ m}$; $S \leq 20 \text{ m}^2$ (surface du mur) ; $\leq 20.e$; $\frac{h}{e}$ (élancement du mur)
- Dispositions particulière selon les matériaux utilisés :
- Murs en éléments pleins ou BA $\begin{cases} e \geq 10 \text{ cm} \\ d \leq 40.e \end{cases}$
- Murs en éléments creux $\begin{cases} e \geq 20 \text{ cm} \\ d \leq 25.e \end{cases}$

Exercices

1. Quelle est distance entre deux raidisseurs pour un mur en parpaing creux de 15 enduits 2 faces et de 3 m de hauteur ?
2. Quelle est la hauteur autorisée pour un mur de clôture en pierre maçonnerie de 14 cm avec raidisseurs tous les 3 m ?
3. Quelle est la hauteur autorisée pour un mur de clôture en parpaing de 15 cm sans enduit avec raidisseurs tous les 3 m ?

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

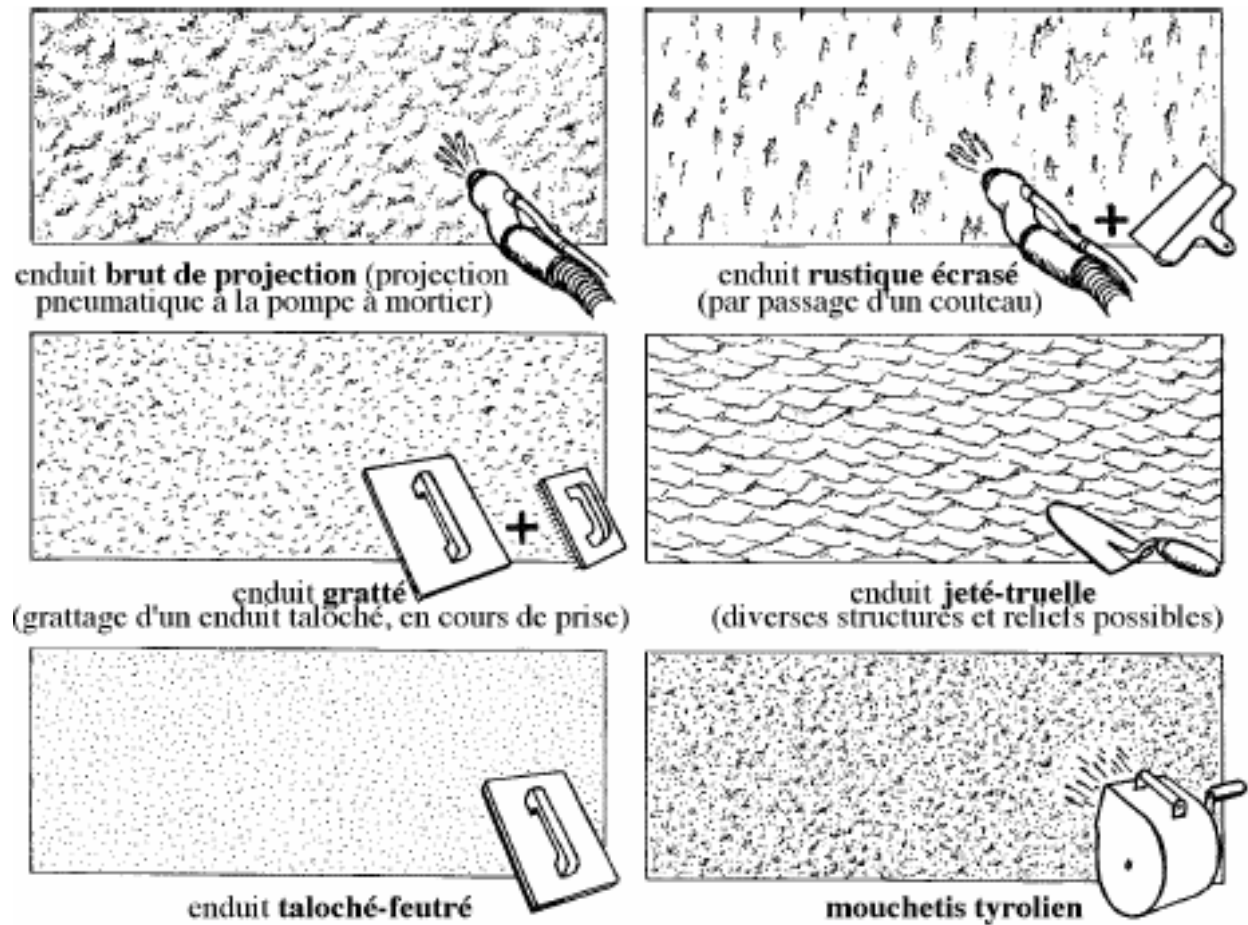
Dosage en ciment : 300 à 400 Kg de ciment de la classe 35 par m³ de sable sec

Granulométrie du sable : 0,1/0,2

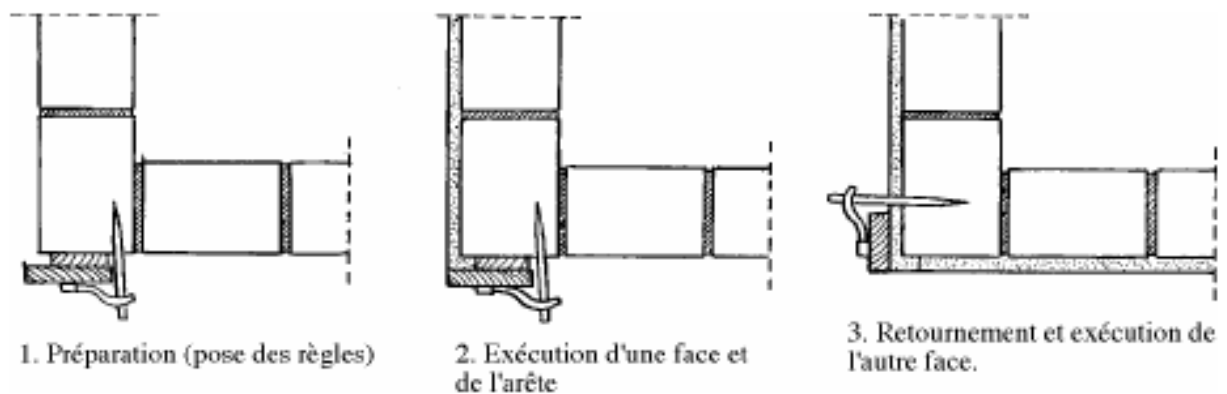
Particularité : humidification du support avant application indispensable

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

Finition des enduits



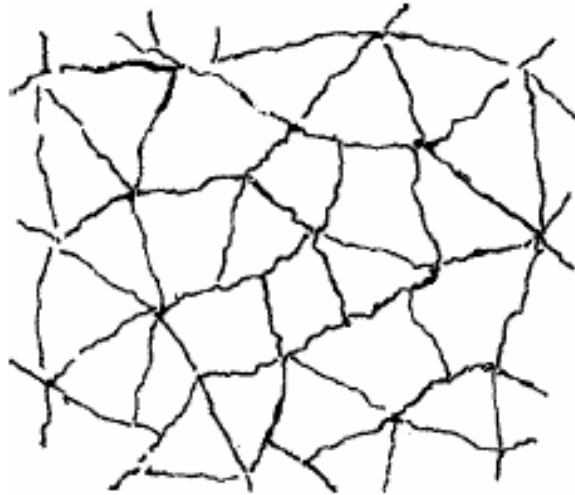
Phases de retournement d'un enduit



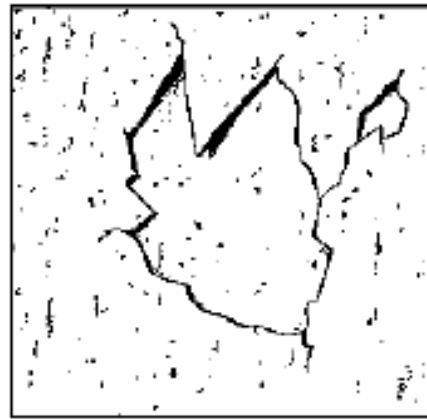
Pathologie des enduits

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 (coefficient 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).

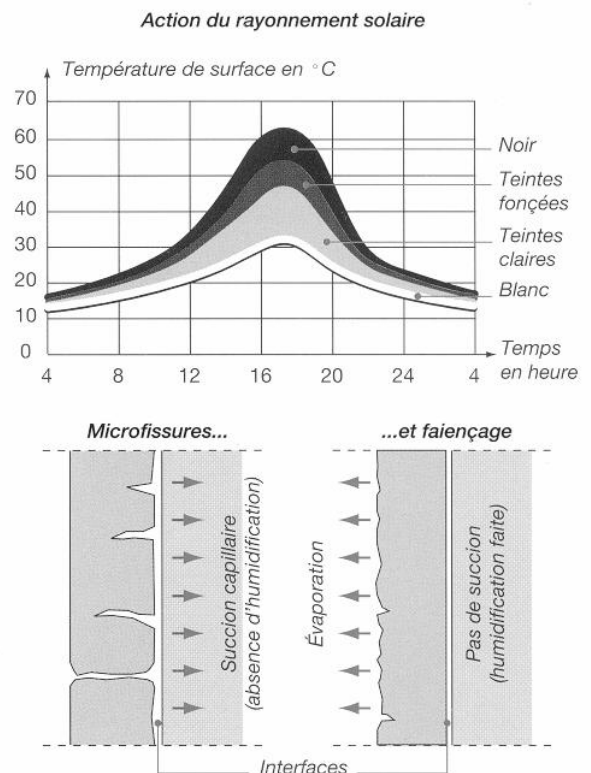
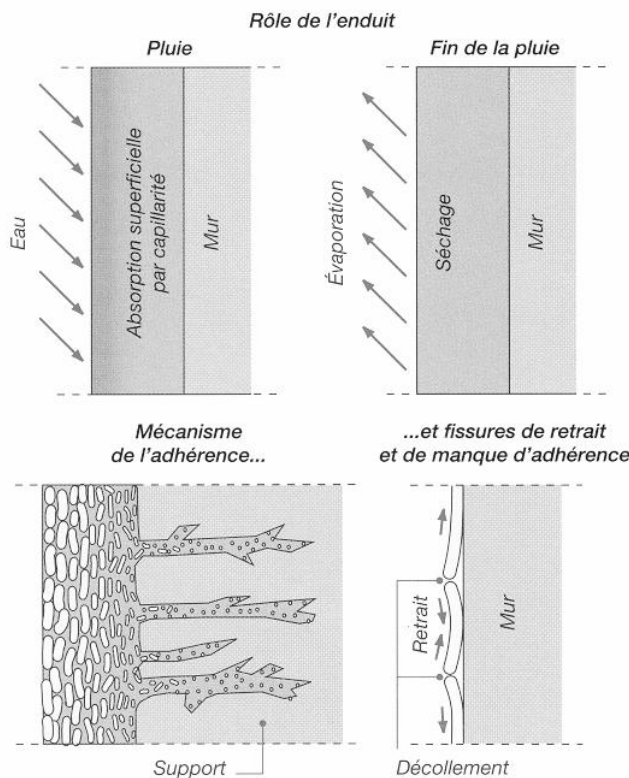


Faïençage des mortiers hydrauliques



Fissuration et décollement

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

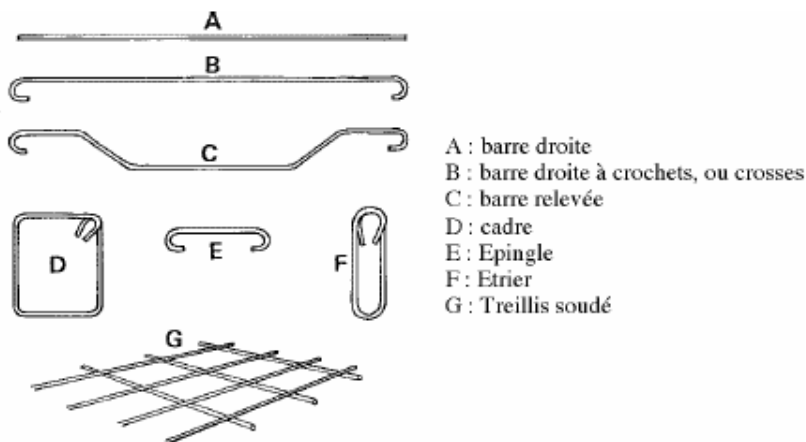


Par ailleurs, si malgré tout le chaînage horizontal ou plancher est mi en œuvre sans planelle, il convient alors d'incorporer un grillage dans l'épaisseur de l'enduit.

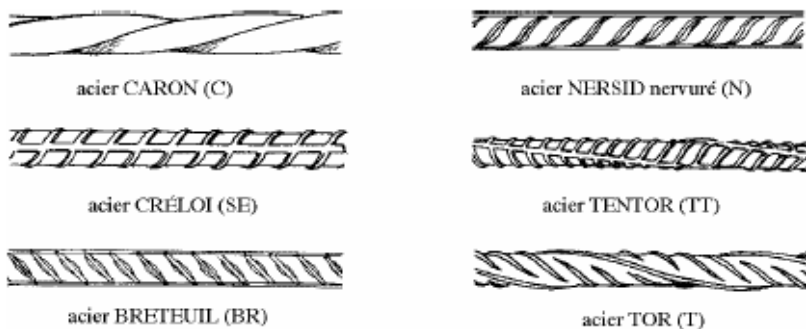
LE BETON ARME

Les Armatures à béton

Principaux éléments

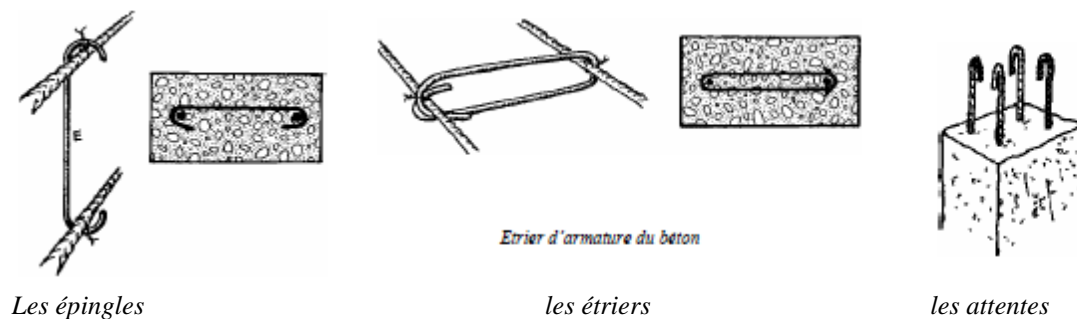


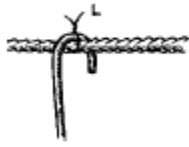
Les différents types de fer à béton



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

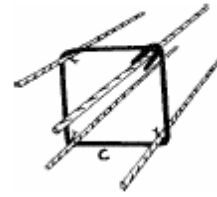
Utilisation des armatures : vocabulaire





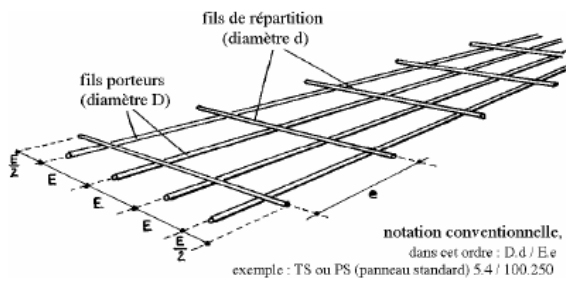
Ligature d'armature

Ligature



Les cadres

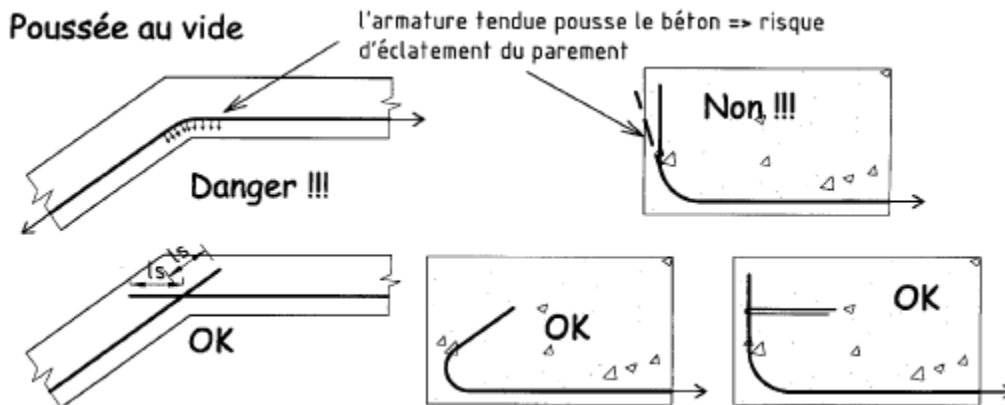
Les treillis soudé



Dispositions constructives diverses

Poussée au vide

Il convient d'adopter un mode constructif qui permette d'éviter tout désordre engendré par la poussée au vide des armatures (A.7.4). On adoptera les dispositions présentées sur la Figure suivantes.



Dispositions constructives à mettre en œuvre pour se prémunir des désordres dus à la poussée au vide.

3.1 Protection des armatures

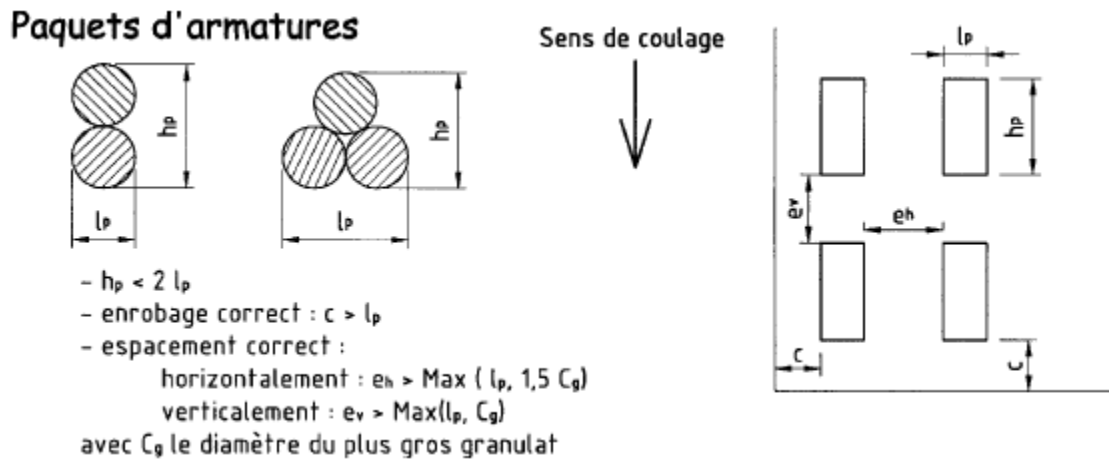
Afin d'éviter les problèmes de corrosion des aciers, il convient de les enrober par une épaisseur de béton suffisante. Cette épaisseur, l'enrobage, dépend des conditions d'exposition de l'ouvrage. On adoptera les valeurs suivantes (A.7.1) :

- 5 cm : pour les ouvrages exposés à la mer, aux embruns ou aux atmosphères très agressives (industries chimiques),
- 3 cm : pour les parois soumises à des actions agressives ou à des intempéries ou des condensations,
- 1 cm : pour des parois situées dans un local couvert et clos et qui ne seraient pas exposées aux condensations.

En outre, l'enrobage de chaque armature est au moins égale à son diamètre si elle est isolée ou à la largeur du paquet dont elle fait partie (A.7.2, 4), comme indiqué sur la Figure ci-après.

Afin de permettre le passage de l'aiguille vibrante, il convient de laisser des espacements d'au moins égale à 5 cm (A.7.2, 8).

Fig.: Protection des armatures et conditions de bétonnage correct.



3.2 Possibilités de bétonnage correct

3.2.1 Diamètre maximal des aciers

Aciers longitudinaux Pour les dalles et voiles d'épaisseur h , afin d'améliorer l'adhérence acier-béton, on limite le diamètre des aciers longitudinaux à :

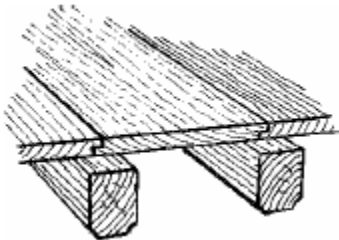
$$\phi_l \leq \frac{h}{10}$$

Aciers transversaux Pour les poutres de hauteur h on limite le diamètre des aciers transversaux à :

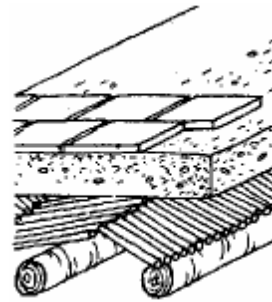
$$\phi_t \leq \text{Mini} \left(\frac{h}{35}, \phi_l, \frac{b_0}{10} \right) ; \text{ où } b_0 \text{ est la largeur de l'âme.}$$

LES PLANCHERS

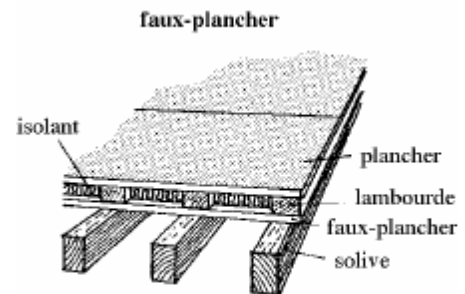
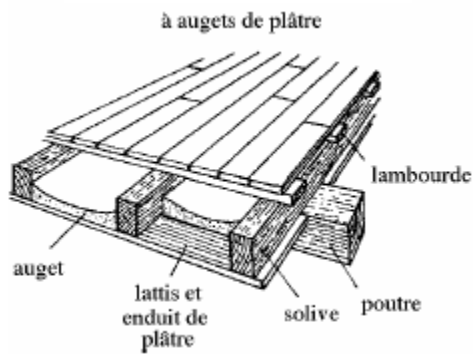
Plancher Bois traditionnel



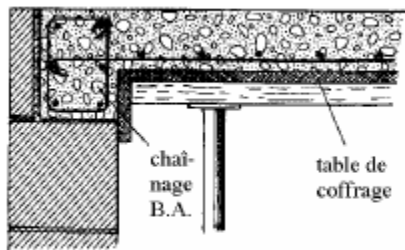
Platelage bois sur solives



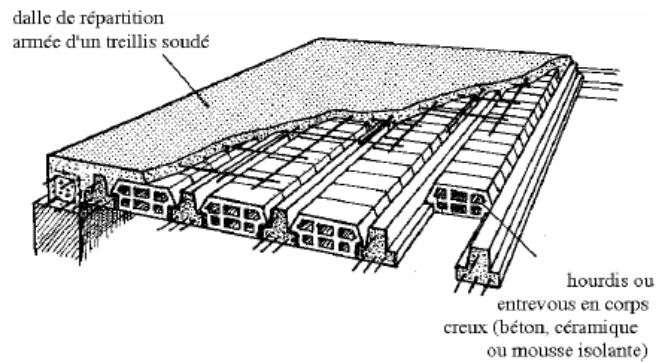
Plancher sahélien



Les Planchers en béton armé

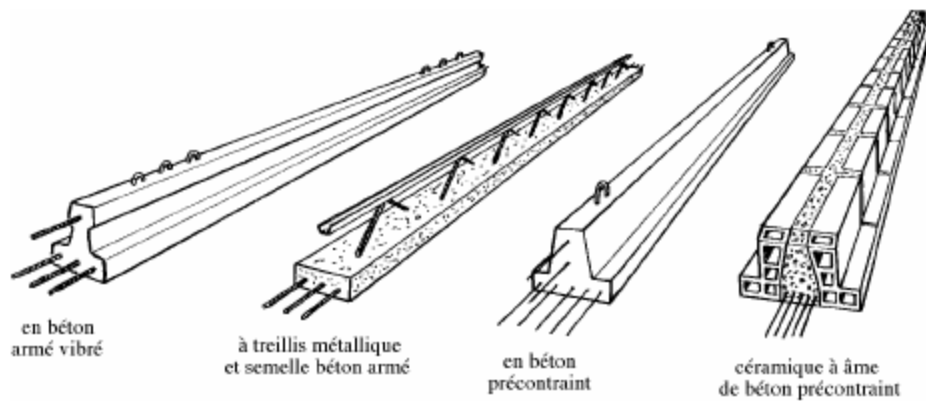


Plancher coffré et coulé à dalle pleine sur coffrage

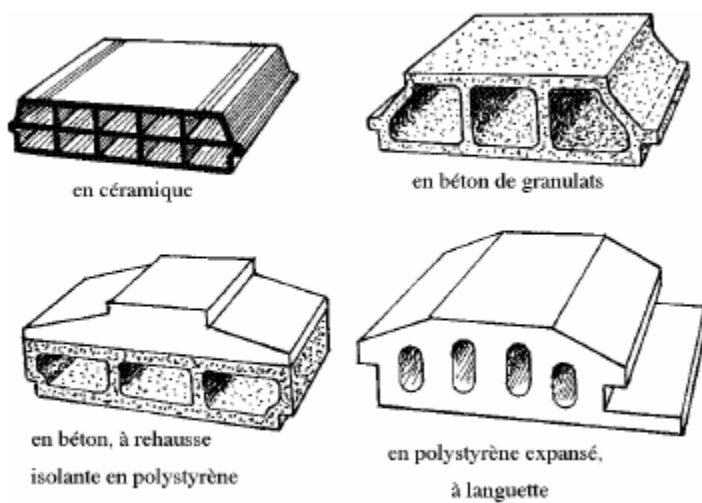


Plancher à hourdis + poutrelles préfabriquées

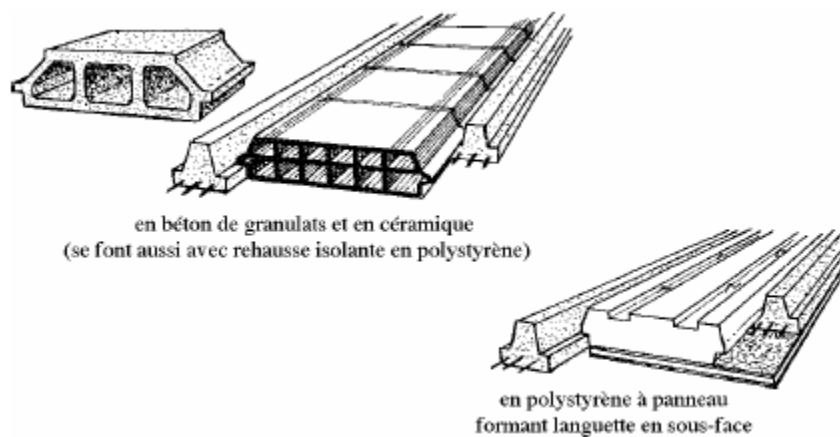
Différent type de poutrelle



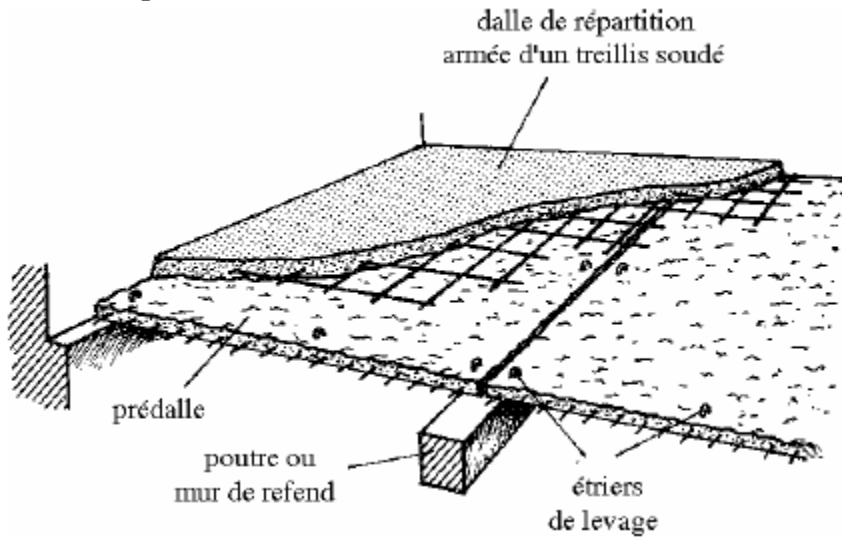
Les différents types d'Hourdis



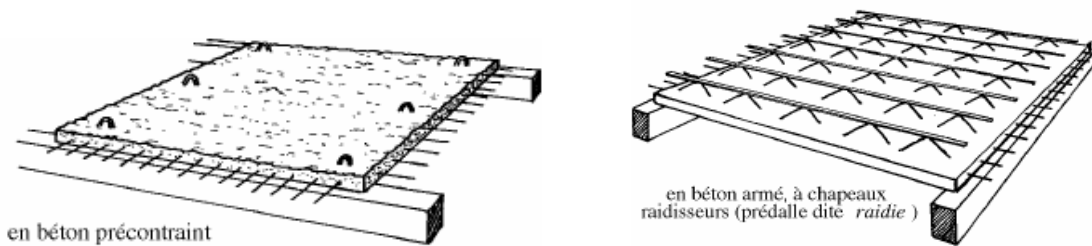
Les dispositions constructives des plancher poutrelles+ hourdis



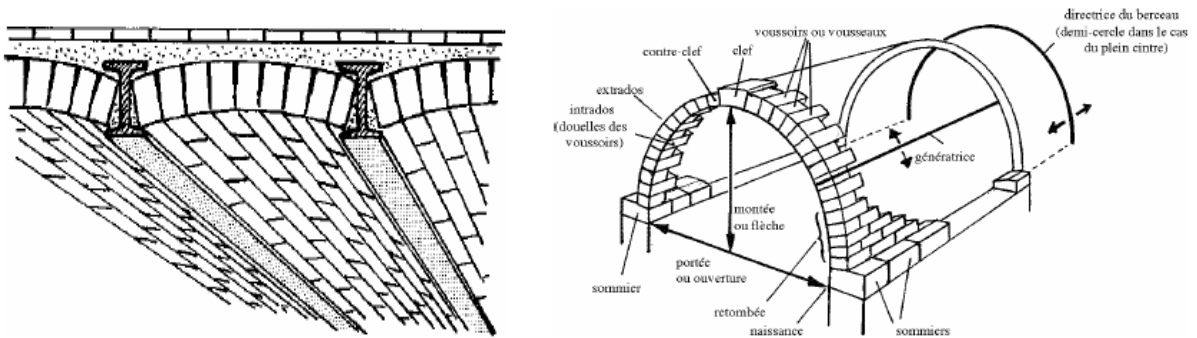
Plancher à pré-dalles



Les différents types de prédalle



Les planchers à poussée horizontale



Les planchers à voûtains

Les planchers par voûte en berceau

LES ESCALIERS

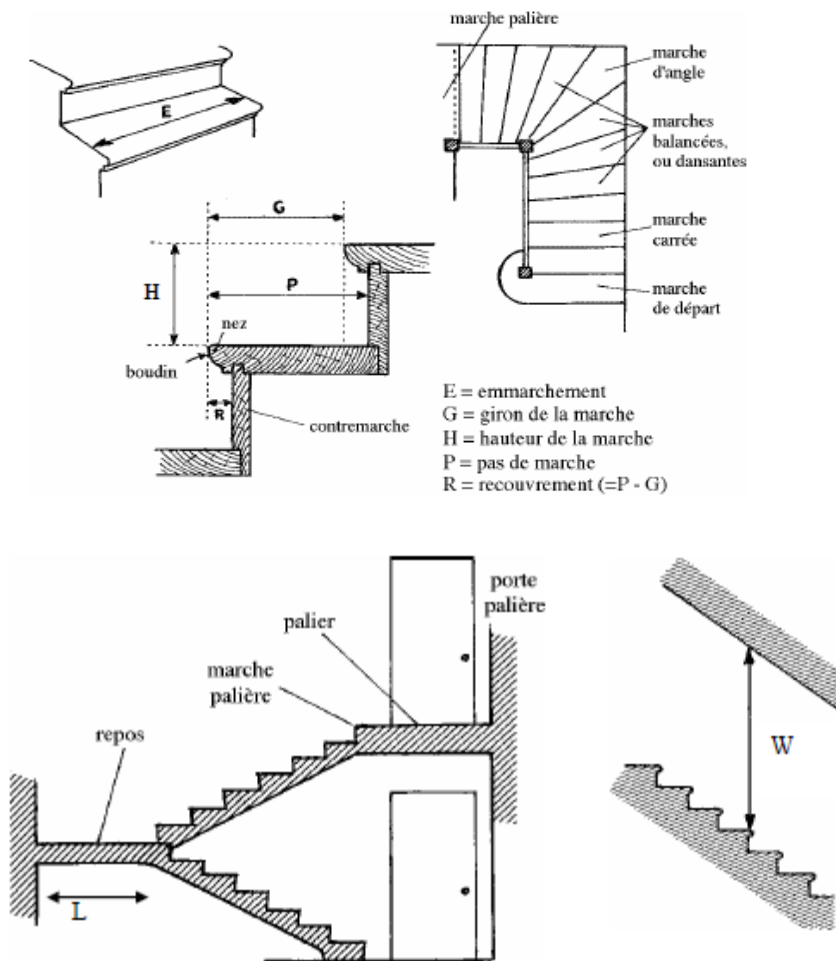
Définition & vocabulaire

1.1. Définition

Un escalier est un ouvrage permettant le passage à pieds entre les différents niveaux d'un bâtiment. Sa conception doit garantir une circulation collective aisée et la sécurité des utilisateurs.

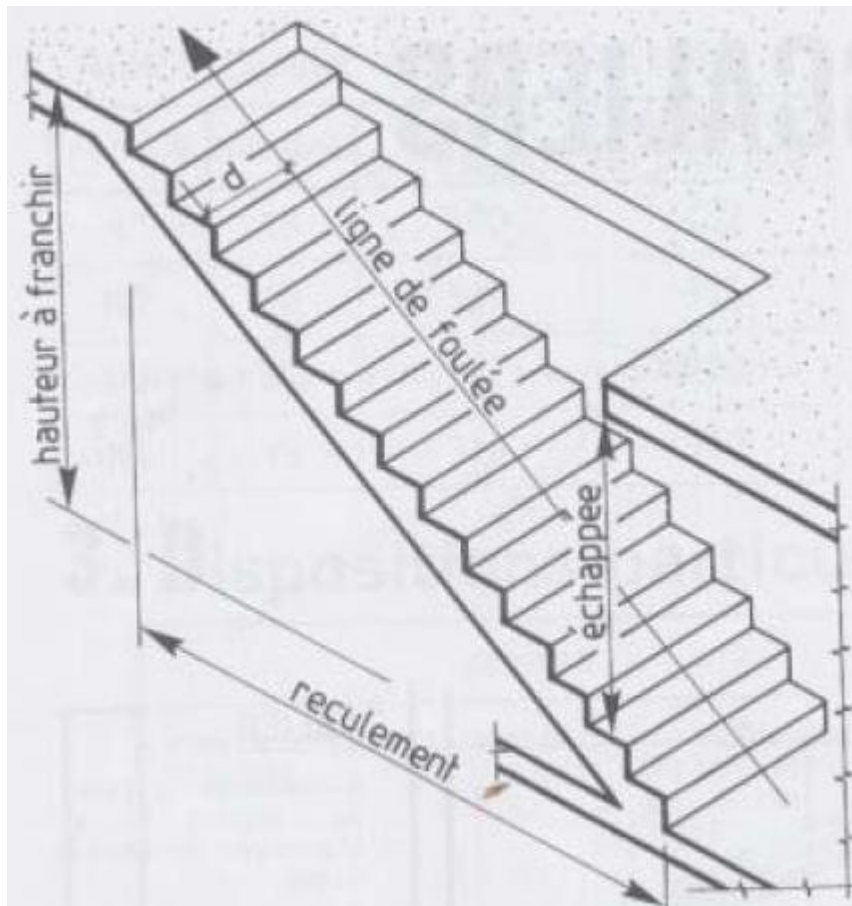
Les escaliers sont généralement droits ou balancés. Ils sont représentés en plan et coupe(s) à l'échelle 1/50^e et en dessin détails à l'échelle 1/20 ; 1/20^e.

1.2. Terminologies

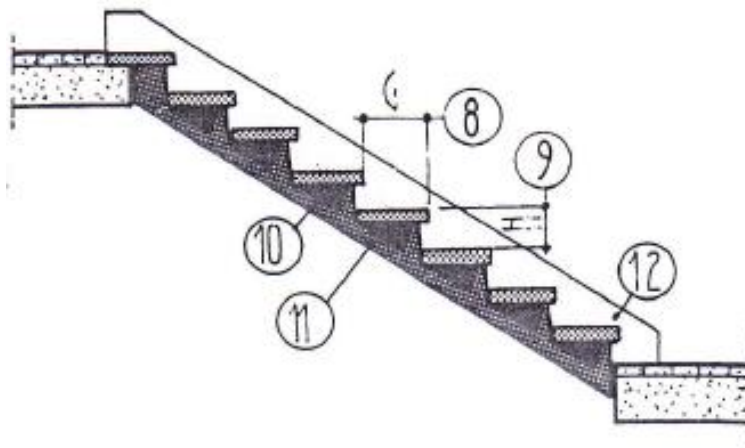


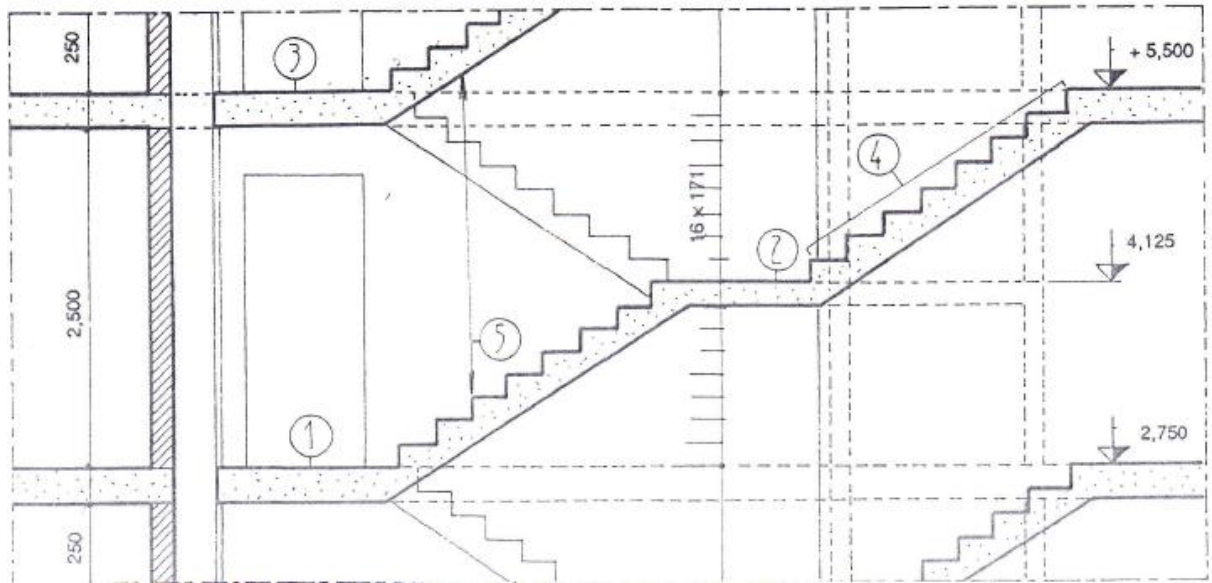
Prendre pour largeur de palier ou de repos $L=1,2 E$
(E largeur de l'escalier = embranchement)

W = Echappé : prendre 2,10 m au minimum

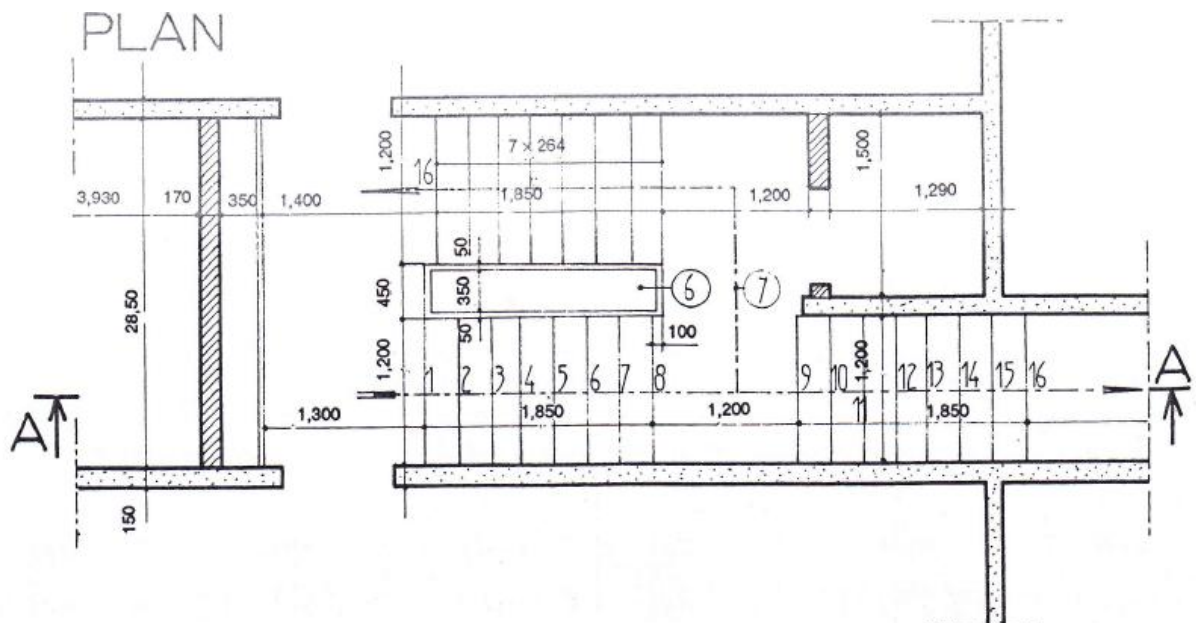


- 1 PALIER DE DÉPART
- 2 PALIER INTERMÉDIAIRE
- 3 PALIER D'ARRIVÉE
- 4 VOLÉE DE MARCHES
- 5 ECHAPPÉE
- 6 JOUR CENTRAL
- 7 Ligne de foulée
- 8 GIRON
- 9 AUTEURDEMARCHE
- 11 GODET
- 11 PAILLASSE
- 12 Le LIMON LATERAL





COUPE A échelle : 1/50



Un escalier se compose d'un certain nombre d'éléments :

- La marche est la partie horizontale, "là où l'on marche".
- La contre marche est la partie verticale, "contre la marche".
- L'embranchement est la longueur utile de chaque marche.
- La ligne de foulée est le trajet théorique emprunté par l'utilisateur :
 - Pour les embranchements $< 1,00\text{m}$; $d =$ moitié de l'embranchement
 - Pour les embranchements \geq ou $=$ à $1,00\text{m}$; la ligne de foulée est tracée à 50 cm de la ligne du jour ($d = 50\text{ cm}$ mesuré à partir de la rampe d'escalier).
- Le giron est la largeur de la marche prise sur la ligne de foulée.
- La paillasse supporte les marches et les contremarches.
- Le mur d'échiffre est celui qui sert d'appui à la paillasse.

- h) Le collet est la largeur de la marche du côté du jour.
- i) Le reculement est la longueur de la volée d'escalier projetée sur le sol.
- j) La hauteur à franchir : hauteur franchie par l'escalier, elle est égale à la hauteur sous plafond + l'épaisseur du plancher.
- k) L'échappée est la hauteur de passage sous un obstacle ; la hauteur minimum de passage est 2,00 m.

Un ensemble de marches de palier à palier est une volée (une suite interrompue de marches). Une volée peut être droite ou courbe, elle doit comporter 18 à 20 marches.

La partie horizontale d'un escalier entre deux volées s'appelle palier. On distingue le palier de départ ; le palier d'arrivée et éventuellement le palier de repos. La longueur d'un palier doit être de trois (03) marches au moins.

Du côté des vides, les volées et paliers sont munis d'un garde corps ou rampe. Deux volées parallèles ou en biais sont réunis par un ou plusieurs paliers ou par un quartier tournant. Cette dernière disposition, de construction plus délicate, permet de gagner un peu de place sur le développement de l'escalier.

Le volume imparti à l'escalier est la cage d'escalier.

Un escalier extérieur permettant l'accès d'un immeuble s'appelle un **perron**. On peut en imaginer de formes et de dispositions très variées.

FORMES ET DIMENSIONS

Le choix des dimensions résulte de conditions d'utilisation et de la destination de l'ouvrage (habitation, salle de classe, salles de spectacles, etc.)

a) Condition d'accès facile d'un étage à l'autre tant dans le sens montant que descendant. La hauteur 'h' des contremarches se situe pratiquement entre 14 et 18 cm et la largeur 'g' se situe entre 25 et 32 cm. La formule très empirique qui les lie est $2h+g=m$ avec $60 < m < 64$. Elle correspond à la distance franchie pour un pas moyen et est considérée comme la fatigue minimum : **$60 \leq g+2h \leq 64$ (formule de BLONDEL)**.

b) Condition de dégagement rapide des escaliers : l'emmarchement est de 0,75 à 1,00 m pour les escaliers 'individuels' et 1,50 m pour les collectifs avec comme base 0,50 m par personne susceptible d'utiliser l'escalier. Et un palier de largeur $l = 1.2 \times E$.

c) Condition de sécurité : rendant le garde-corps indispensable et prévoyant une largeur minimale de collet = 8 cm et une échappée au moins égale à 2, 10 m.

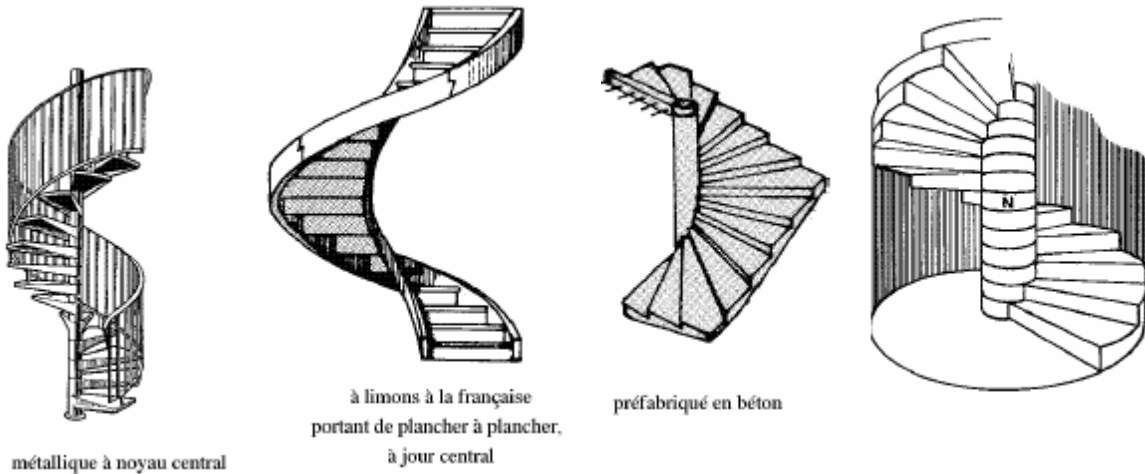
d) Condition d'éclairage.

1.3. Les différents types d'escaliers

On peut pratiquement, à condition naturellement que les dimensions le permettent, adopter un tracé d'escalier à n'importe quelle forme de cage. On distingue notamment, les escaliers :

- Les escaliers droits, droits à quartier tournants, à paliers intermédiaires, à la française (limon apparent sur les cotés), à l'anglaise (marche en débord sur le limon).

- Les escaliers balancés ou à marches balancées.
- escalier hélicoïdal ou à vis
- Les escaliers incurvés



1.4. Dimensions d'escaliers_ tracé

Pour les dimensions des marches (g) et contre marches (h), on utilise généralement la formule de **BLONDEL**.

$60 \leq g + 2h \leq 64$ (avec G entre 25 et 32 cm ; 28 cm en générale)

Cette formule correspond à la fatigue minimum.

La limite inférieure (0,60) correspond à des escaliers courants d'appartement et la limite supérieure (0,64) correspond, elle, à des locaux publics. On peut naturellement sortir de cette fourchette si nécessité il y a.

- h le plus courant varie de 14 à 20 (avec 17 en moyenne)
- g le plus courant varie de 22 à 33 (avec 26 en moyenne).

Le calcul d'un escalier est très simple. Soit H la hauteur totale à franchir (hauteur libre sous plafond + épaisseur de la dalle). Admettons à priori des marches de hauteur h ; le nombre $n = \frac{H}{h}$ n'est pas, en général, un nombre entier ; on prendra l'entier (n') immédiatement supérieur ou inférieur selon le cas et on aura n' marches de hauteur : $\frac{H}{n'}$.

La largeur de la ligne de foulée sera : $L = g(n' - 1)$, le volume de la cage d'escalier doit en permettre l'inscription.

Par exemple :

Soit $H = 3,00$ m, avec $h = 17$ cm

A priori : $n = \frac{300}{17} = 17,65$; donc $n' = 18$ et hauteur des marches : $h = \frac{300}{18} = 16,70$ cm ok

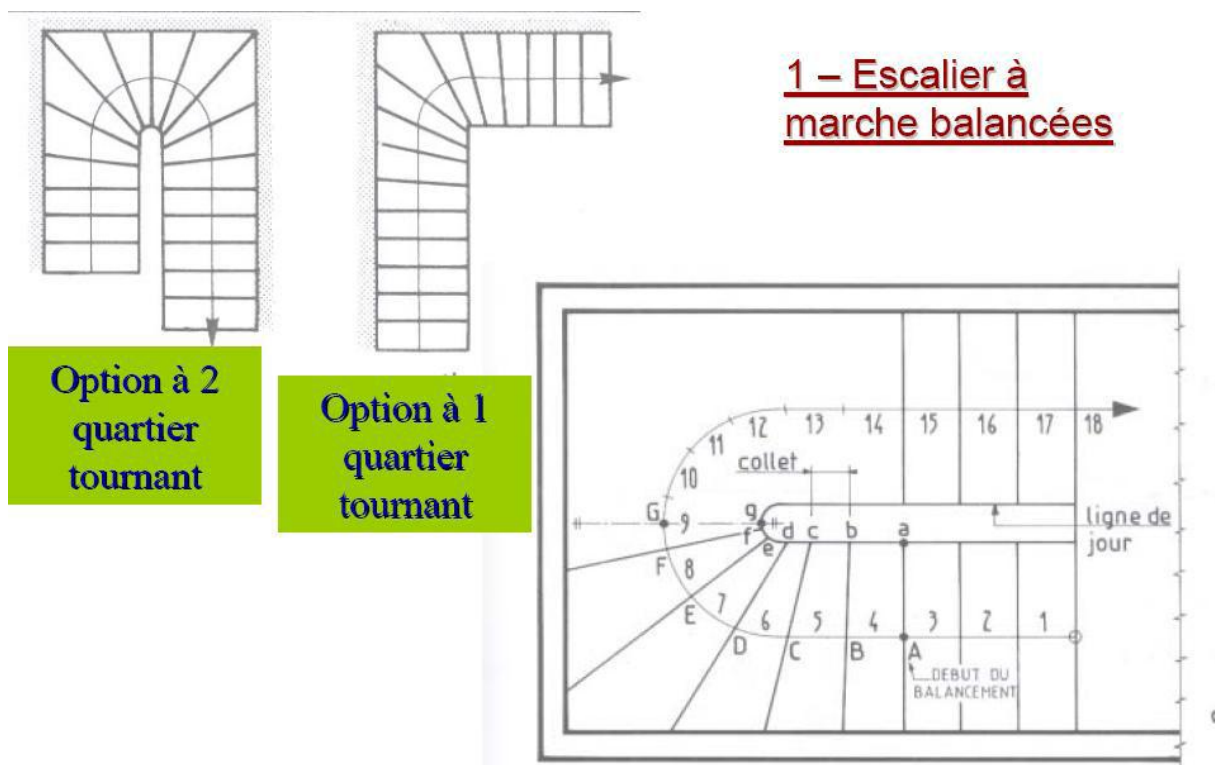
Mais on pourrait prendre aussi : $n' = 17$ et $h = \frac{300}{17} = 17,65$ cm très admissible

Avec $g = 26$, $l = 0,26 (18-1) = 4,42$ m ou $L = 0,26 (17-1) = 4,16$ m.

Le jeu possible sur g et h permet toujours la détermination d'un escalier acceptable. Les choix précédent rentrent dans la **fourchette de BLONDEL** soit :

- $26 + 2 \times 16,70 = 59,40$
- $26 + 2 \times 17,65 = 61,30$

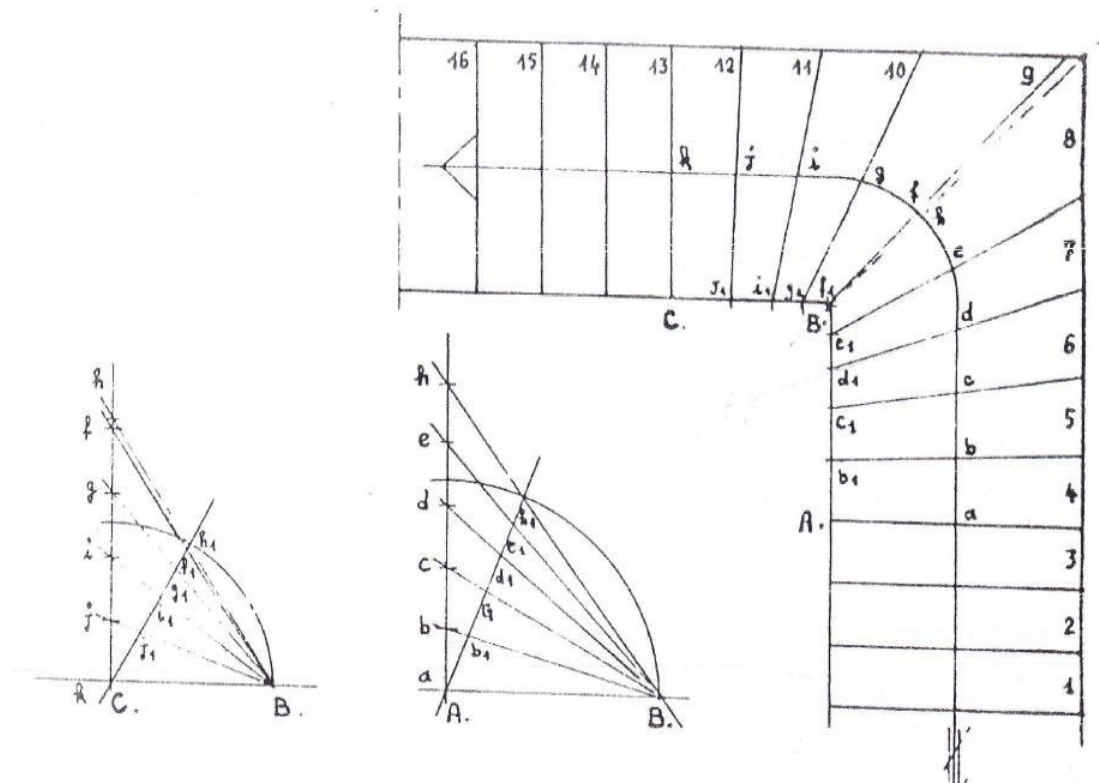
BALANCEMENT DES MARCHES



Ils comprennent des marches différentes entre elles, mais ayant la même largeur de giron sur la ligne de foulée.

Balancement d'un escalier

Méthode de HERSE



Calcul

- 1) Déterminer G et H
- 2) Tracer la ligne foulée
- 3) Porter la largeur des marches sur la ligne de foulée.
- 4) Déterminer la partie à balancer (quatre à cinq marches de part et d'autres de la diagonale)
- 5) Tracer les herses AB et CB
 - a) horizontalement une longueur égale à AB.
 - b) en A, tracer une perpendiculaire à AB.
 - c) porter sur cette longueur la valeur des marches à balancer (a, b, c, à h pour avoir la développée de la ligne de foulée).
 - d) joindre les points obtenus (a, b, c ...) au point B.
 - e) de A comme centre avec un rayon égal à AB, tracer une circonférence qui coupe le dernier rayon h1.
 - f) joindre h1 à A pour obtenir les dimensions des collets des marches (a, b1, c1, d1 ...).
- 6) 6) sur l'épure en plan à partir de A et sur AB, on reporte les dimensions des collets de la herse (a, b1, c1, d1,).
- 7) 7) sur l'épure en plan, joindre a, a1, b1, c1, ..., pour obtenir les marches balancées en plan.

Remarque: les développées des limons et crémaillères restent à faire à partir de l'épure en plan. Il faut refaire une herse pour la deuxième partie de l'escalier en prenant de C vers B et non le de B vers C.