

OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل
Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

VERSION EXPERIMENTALE

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE 04	PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION
------------------	--

SECTEUR : BTP

**SPECIALITE : TECHNICIEN SPECIALISE
GROS ŒUVRES**

NIVEAU : TECHNICIEN SPECIALISE

REMERCIEMENTS

La DRIF remercie les personnes qui ont contribué à l'élaboration du présent document.

Pour la supervision :

M. Khalid BAROUTI
Mme Najat IGGOUT
M. Abdelaziz EL ADAOUI

Chef projet BTP
Directeur du CDC BTP
Chef de Pôle Bâtiment

Pour la conception :

Mme GUNINA Fatna

Formatrice animatrice au CDC /BTP

Pour la validation :

Mme GUNINA Fatna

Formatrice animatrice au CDC /BTP

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.

DRIF

SOMMAIRE

Présentation du module :

1^{ère} partie

- Les granulats ou matières d'agrégation
- Pierres artificielles
- Les liants
- Les mortiers
- les adjuvants
- Béton et béton arme

2^{ème} partie

- Terrassement
- Fondation
- Les murs
- Les cloisons
- Planchers
- Assainissement et canalisation

Fin de module

Bibliographie

MODULE 4: PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION

Durée : 54 h

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit être **capable d'utiliser les différents matériaux de construction et décrire toutes les opérations relatives à la construction** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'EVALUATION

- Individuellement
- A partir des questions de cours écrites ou orales

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Bonne connaissance des matériaux de construction
- Utilisation adéquate de chaque matériau dans les différentes parties d'un bâtiment.
- Bonne connaissance des différentes parties du bâtiment.
- Bonne décomposition des différentes tâches
- Définition exacte des méthodes et des moyens pour la réalisation de chaque tâche

**PRECISIONS SUR LE
COMPOTEMENT ATTENDU**

A- Etudier les matériaux de base de la construction (1^{ère} Partie)

B- Décrire et schématiser les opérations relatives à la construction (2^{ème} Partie)

**CRITERES PARTICULIERS DE
PERFORMANCE**

- Choix exact des granulats
- Selon leur utilisation dans le bâtiment.
- Connaissance parfaite des différentes sortes de briques
- Connaissance des autres éléments en terre cuite

- Description exacte des liants
- Connaissance parfaite du mortier et sa composition
- Connaissance parfaite des adjuvants et leur utilisation
- Connaissance parfaite du béton et du béton armé et leurs compositions

- Bonne connaissance de différents types de terrassement
- Définition exacte des différents types de semelles de fondation
- Définition exacte des éléments de structure de BA
- Définition exacte des différents éléments en maçonnerie
- Bonne connaissance des structures générales des planchers
- Définition exacte des structures portantes et des matériaux utilisés dans les escaliers
- Identification correcte des différentes couches constituant la terrasse
- Connaissance d'assainissement

OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAITRISER LES SAVIONS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR-PERCEVOIR OU SAVOIR-ETRE JUGES PREALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

Avant d'apprendre à étudier les matériaux de base de la construction (A) :

1. Choisir les pierres naturelles dans la construction selon leur destination
2. Utiliser convenablement les matériaux artificiels cuits
3. Utiliser convenablement les matériaux artificiels non cuits

Avant d'apprendre à décrire et schématiser les opérations relatives à la construction (B) :

1. Connaître parfaitement les différents types de terrassement
2. Définir le rôle et but de fondations
3. Définir les différents types de semelles et murs de fondation
4. Définir les différents types de murs selon leur situation
5. Définir les différents types de cloisons et leurs utilisations
6. Définir les types et rôles différents éléments en BA
7. Connaître la structure générales des planchers
8. Connaître la structure des toitures terrasses
9. Connaître la structure portante et les matériaux utilisés dans les escaliers
10. Connaître les différents types d'escaliers
11. Connaître la structure des différents types de dallage
12. Apprendre correctement à évacuer les eaux hors des bâtiments.
13. Apprendre parfaitement à calculer un réseau d'égout.

Présentation du Module

Ce module consiste à la connaissance de l'utilisation des différents matériaux de construction et à la description de tous les éléments et système relatifs à la construction. Il sera dispensé en une durée de 54 heures durant le 1^{er} semestre du programme de formation.

Le module se déroulera sous forme d'un cours essentiellement théorique :

- ❑ 85% théorique
- ❑ 10% pratique
- ❑ 5% évaluation

M04 : PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION

RESUME THEORIQUE

1^{ère} Partie

Etudier les matériaux de base de la construction

A- Choisir les pierres naturelles dans la construction selon leur destination

Les pierres naturelles

I - Généralités :

1) Définition :

Les matériaux de construction trouvent leur origine dans le sol, en premier lieu les pierres qui sont depuis les temps les plus anciens sont des éléments de construction résultent du refroidissement progressif de la masse de la terre passant dans sa première phase de formation de l'état gazeux à l'état liquide (le magma) puis, au contact de l'atmosphère, à l'état solide (l'écorce terrestre).

D'autres pierres naturelles résultent de celles-ci par désagrégation, sédimentation et altération. Les pierres naturelles possèdent des formes et dimensions très variées.

2) Classification Générale :

Les roches se classent en trois grandes familles suivant leur origine :

2-1- Roches ignées :

Les roches ignées ou éruptives résultent des refroidissements du magma injecté dans les fissures de l'écorce terrestre. Certaines de ces intrusions sont restées en profondeur, d'autres ont crevé la surface pour former des volcans. Suivant leur composition et leur vitesse de refroidissement, ces roches ont donné lieu aux principaux types de texture.

- * Texture granitique (granit) : Ce type de roche se présente sous forme de gros cristaux dus à leur vitesse de refroidissement extrêmement lente.
- * Texture porphyrique (porphyre) : La vitesse de refroidissement est moins lente que celle des granits, ce porphyre est présenté par de gros cristaux entourés d'une pâte microcristalline.
- * Texture vitreuse (laves et ponces) : Sont obtenues par une vitesse de refroidissement très rapide, de ce fait la cristallisation n'a pas pu se faire.

2-2- Roches sédimentaires :

Ces roches proviennent principalement de la destruction mécanique des roches ignées et du dépôt d'organismes calcaires tant animaux que végétaux au fond de la mer.

Exemple : Le calcaire, le schiste.

2-3- Roches métamorphiques :

Ont pour origine des roches préexistantes (éruptives ou sédimentaires) transformées par un phénomène interne forte pression ou température élevée.

Exemple :

Granit	————	Gneiss,
Calcaire	————	Marbre,
Grès	————	Quartzite,
Argile	————	Ardoise.

II - Exigences générales imposées :

L'utilisation des roches doit répondre aux exigences suivantes :

- * Homogénéité de constitution
- * Résistance à la compression
- * Résistance à l'attaque des agents atmosphériques
- * Résistance à l'absorption de l'eau
- * Ouvrabilité c.à.d les pierres doivent se laisser travailler facilement.

1- Roches ignées :**1-1- Le granit :**

- * Caractéristiques :
 - Grande résistance à la compression
 - Très lourd (poids spécifique entre 2,64 et 3,05 kg/dm³).
 - Très bonne résistance aux agents atmosphériques.
 - Se laisse difficilement travailler.
 - Existe en de nombreuses couleurs (gris, bleu, noir, rouge, verdâtre).
 - Utilisation : Généralement utilisé pour les parements de façades, les escaliers et les perrons.

1-2- Le porphyre :

- * Caractéristiques :
 - Compact et dur avec des petits et grands cristaux dispersés.
 - Résiste à l'usure et aux agents atmosphériques.
 - Difficile à travailler.
 - Plus lourd que le granit.
 - Couleur généralement grisâtre.
- * Utilisation : convient très bien comme pierraille pour béton et aussi comme pierre à paver.

1-3 : Le basalte :

* Caractéristiques :

- Très dur et très compact.
- Résistant aux agents atmosphériques.
- Très difficile à travailler.
- Poids spécifique de 2,88 à 3 kg/dm³.
- De couleur variante de gris sombre au bleu-noir.

* Utilisation :

Pratiquement pas utilisé dans la construction à cause de sa grande dureté ; convient pour des travaux hydraulique (murs de quai, brise-lames).

Cependant, le basalte de lave est moins dur, scié en plaques et utilisé pour les marches d'escalier.

2- Roches sédimentaires :

2-1- Le calcaire :

Principalement constitué de carbonate de calcium et partagé en deux sortes principales :

- Pierres blanches.
- Pierres bleues.

a- Pierres blanches :

* Caractéristiques :

- Calcaire très sableux (de 15 à 40% de sable).
- Bonne résistance à la compression.
- Altération rapide de la couleur.
- Résistance assez faible aux agents atmosphériques.
- Absorption d'eau de 2 à 30% en poids.

* Utilisation : Moellons et parements.

b- Pierre bleues : existent en plusieurs sortes.

* Caractéristiques :

- Résistance à la compression allant de 1200 à 1700 kg/cm².
- Absorption d'eau de 0,3 à 1,5%.
- Résistance à l'usure (devient lisse à l'usure).
- Section de rupture lisse avec des cristaux brillants.
- Peut être facilement travaillé.

* Utilisation :

Pour les travaux de façade, soubassements, plinthes, seuils de portes et de fenêtres, encadrements et appuis de fenêtre.

2-2- Le schiste :

Présenté en feuilles parallèles dû aux dépôts successifs des lames d'argile.

* Caractéristiques :

- Très dur et compact.
- Doux au toucher.
- Résistant aux agents atmosphériques.
- Existe en de nombreuses couleurs : gris, bleu-noir, vert, violet, rouge-brun.
- A structure stratifiée.

* Utilisation :

Moellons bruts de construction, les déchets de schiste servent à la fabrication de briques et de blocs de construction.

2-3- Le grès :

* Caractéristiques :

- Absorption d'eau : de 4 à 5 % en poids.
- Résistant aux agents atmosphériques.
- Résistance moyenne à la compression.

* Utilisation : maçonnerie extérieure, pavage.

3- Roches métamorphiques :

3-1- Quartzite : formé par cristallisation de grès :

* Caractéristiques :

- Très dur.
- Surface rugueuse et résistante à l'usure.
- Stable aux influences atmosphériques.
- Couleur variante du gris au bleu clair.

* Utilisation : beaucoup utilisé pour des sols et des escaliers, aussi pour parements de façade sous forme de dalle ou de bandes.

3-2- Marbre : formé par cristallisation de calcaire :

* Caractéristiques :

- Peut être poli
- Dureté et résistante aux agents atmosphériques.
- Changement de couleur peut se produire sous l'influence de l'atmosphère et de lumière.

* Utilisation : principalement pour les travaux d'intérieur tels les parements d'escalier et de sol, appuis de fenêtre, lambris, ...

III - Exploitation de la pierre naturelle :

La pierre naturelle extraite de carrières, cette extraction peut se faire par tirage d'explosifs, par sciage au fil hélicoïdal.

1- Tirage d'explosifs :

De nombreux trous profonds et étroits sont forés dans la roche. Au fond de ces trous, on dispose l'explosif (TNT), relié par des fils ou par des mèches à un déclencheur, pour la mise à feu.

Ce procédé ne convient qu'à l'extraction des moellons à utiliser bruts ou tout-venant, et destinés :

- à la construction de maçonneries grossières :
- à l'enrochement.
- au concassage et à la fabrication des ciments.

En effet, ce procédé déforce la texture de la pierre.

2- Extraction au fil hélicoïdal :

Il s'agit d'un fil d'acier qui scie la roche, un jet d'eau entraînant du sable rugueux est envoyé dans le trait du scie, c'est en fait le sable qui scie la roche et non le fil.

3- Extraction aux coins d'acier ou spigots :

On creuse d'abord des trous suivant la ligne de séparation que l'on a choisie, puis on enfonce des coins (spigots) en acier au moyen d'un marteau d'une vingtaine de kilos.

4- Travail de la pierre :

Les grands blocs extraits sont ensuite débités par clivage ou par sciage à l'aide des scies groupées sur un même châssis (armure) ou de la scie à disque (le disque est recouvert de poussière de diamant). La pierre naturelle peut alors être taillée en fonction de sa nature et de son emploi. C'est ainsi qu'un bloc de pierre peut être travaillé à la boucharde, à la gradine, au ciseau plat,etc
La surface de la pierre peut également être ravalée, égrisée, adoucie, polie mate ou polie brillante.

5- Forme commerciale de la pierre naturelle :

En général, la pierre naturelle est débitée ou sciée en gros blocs, soit à la carrière soit à l'atelier ; elle est sciée en plaques ou tranches, principalement dans les épaisseurs de 2, 3 et 4cm pour les pierres à polir ; de 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 28 et 30 pour les pierres à tailler. Dans les commerces, le m^3 est utilisé comme unité pour les pierres de construction et le m^2 pour le nombre et les pierres polies.

les granulats ou matières d'agrégation

I - Généralités :

1 - Définition :

Les granulats sont des roches qui ont été naturellement cassées et roulées dans le lit des cours d'eau ou mécaniquement concassées. Ils serviront, avec les liants à la composition des mortiers et bétons, donc ce sont des matériaux inertes, de formes et de dimensions quelconques, appelées aussi par des agrégats.

2 - Types de granulats traditionnels :

Pour ce type de granulats, il faut distinguer trois catégories :

- * Le granulat dit "Roulé", obtenu par criblage et lavage des matériaux alluvionnaires, généralement de forme arrondie.
- * Le granulat dit "Concassé" obtenu par concassage de roches éruptives ou sédimentaires, généralement de forme plus ou moins anguleuse.
- * Le granulat dit "Mixte" comporte à la fois des éléments roulés et concassés.

3 - Granulats non traditionnels :

Ils sont d'origines diverses et destinés à des emplois bien particuliers.

Les granulats légers sont des matériaux naturels ou artificiels de faible masse volumique apparente (en général 1000 kg/m^3), utilisés dans la fabrication des bétons légers : il faut citer :

- * Granulats naturels d'origine volcanique tels : la pierre ponce, la pouzzolane.
- * Granulats artificiels sont des produits industriels tels : mâchefer laitier expansé, cendres volantes frittées...
- * Granulats artificiels fabriqués spécialement : argile et schiste expansés, polystyrène expansé, verre expansé, etc...

4- Classification des granulats :

Le classement des granulats s'effectue en les passant à travers des tamis à mailles carrées dont les dimensions sont exprimées en mm.

Un granulat est dit granulat du type d quand il est $\geq 0,5$ mm.

La terme "granulat d/D" est réservé aux granulats dont les dimensions s'étalent de d pour les petits à D pour les grands.

L'appellation d/D doit satisfaire aux conditions indiquées dans le tableau suivant dont les dimensions des grains correspondent à la classification de l'AFNOR norme NFP18304.

- Refus sur le tamis de maille $D \leq 15 \%$ si $D > 1,56 d$
- Tamisât sous et le tamis de maille $d < 20 \%$ si $D \leq 1,56 d$
- Refus sur le tamis de maille $1,56 D = 0$
- Tamisât sous le tamis de maille $0,63 d < 3 \%$ si $D > 5$ mm et $0,63 d \leq 5 \%$ si $D \leq 5$ mm.
- Si $d < 0,5$ mm, le granulat est dit O/D.

Avec

- d : l'ouverture de maille du tamis par laquelle l'agrégat ne passe pas.
- D : l'ouverture de maille du tamis par laquelle l'agrégat passe.

Pour procéder à la classification des granulats, on a affaire à un essai appelé "analyse granulométrique".

5- Essai : Analyse granulométrique :

Un granulat est défini pour deux nombres d/D caractérisant le plus petit et le plus grand des diamètres de ses graines ; la proportion des grains comprise entre les dimensions d et D pouvant être très variable. En effet l'analyse granulométriques traduit la distribution pondérale des granulats élémentaires dans les matériaux étudiés.

L'intérêt de la courbe granulométrique est de pouvoir juger :

- Si le granulat est régulier (courbe continue) ou irrégulier (courbe discontinue).
- Des dimensions extrêmes de d et D.
- Du pourcentage d'éléments fins dans le sable.

5.1 - Appareillage :

Un dispositif de tamisage est composé de plusieurs tamis standardisés qui s'emboîtent.

Le tamis ayant la plus grande ouverture de maille est placé au dessus, celui ayant la plus petite ouverture de maille en dessous. Sous ce dispositif on place un bac ou une boîte ayant un fond.

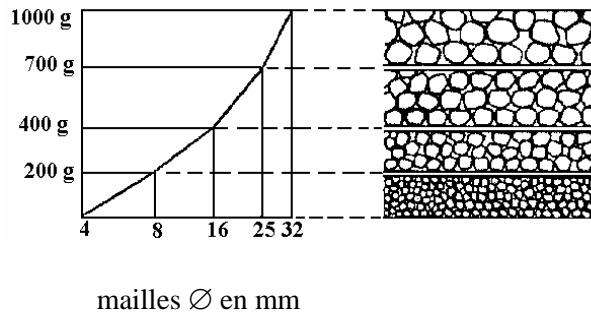
Remarque :

Un tamis à mailles rondes ne correspond pas entièrement à un tamis de mailles carrées de même dimensions, il faut multiplier le diamètre \varnothing d par 0,8 pour obtenir l'ouverture de maille correspondante qui donnera environ le même résultat.

- b) Ses plateaux en tôle.
- c) une balance portée de 10 kg à 15 kg de précision le gamme.
- d) une étuve réglée à 105°C.

Exemple : la courbe granulométrique de trois agrégats 4/32 différents (1kg chacun)

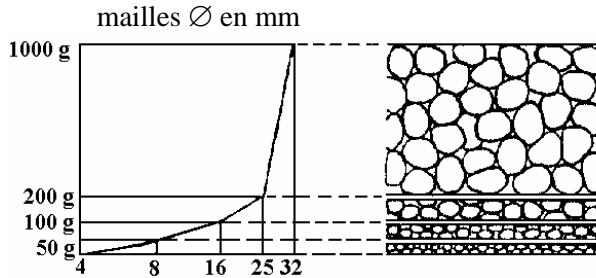
Poids des grains
qui passent par les
tamis respectifs.



Rapport correct entre
les grains de
différentes
dimensions.

BON

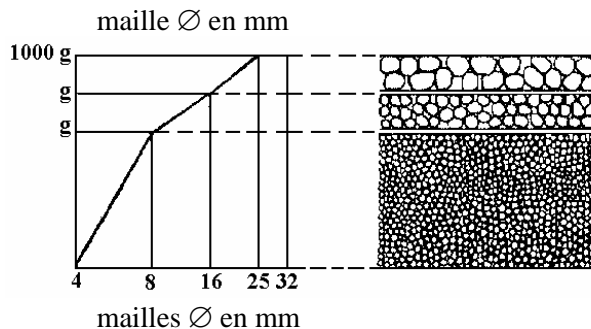
Poids des grains
qui passent par les
tamis respectifs.



Trop de gros grains :

MAUVAIS

Poids des grains
qui passent par les
tamis respectifs.



Trop de grains fins.

MAUVAIS

5.2 - Nota importante :

A retenir les caractéristiques suivantes de la courbe granulométrique :

- * Une courbe progressive signifie un mélange favorable de grains gros, moyens et fins.
- * Une courbe raide entre deux dimensions Ø signifie un grand nombre de grains compris entre ces deux dimensions.
- * Une faible courbe entre 2 dimensions Ø signifie un petit nombre de grains compris entre ces deux dimensions.

6 - Module de finesse :

Il permet d'apprécier la qualité d'éléments fins dans un granulat.

Le module de finesse d'un granulat est égal au 1/100 de somme des refus, exprimés en pourcentage des granulats sur une série spécifiée de tamis :

0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 - 10 - 20 - 40 et 80 mm.

Il faut retenir :

- Plus le grain est fin, plus le module de finesse est petit.
- Plus le grain est gros, plus le module de finesse est grand.

7 - Poids volumétriques absolu et apparent :

7.1 - Poids volumique absolu : est le poids d'un m³ de roche compacte de laquelle on extrait l'agrégat en question.

Le poids volumique absolu des granulats courants varie de 2.600 à 2.700 Kg/m³.

7.2 - Poids volumétriques apparent : est le poids d'un m³ d'un agrégat naturel ou en vrac.

- Plus l'agrégat est gros et plus il y a des dimensions différentes de grains, plus le poids volumétrique apparent sera grand et moins il y aura de vides dans la masse du matériau, ceci pourra être contrôlé en versant de l'eau d'un récipient gradué sur l'agrégat séché jusqu'au moment où tous ces vides sont remplis.
- La pierraille (éléments irréguliers) contient plus de vides que le gravier (grains arrondis se tassant mieux).

8 - Importance de la teneur en eau des agrégats :

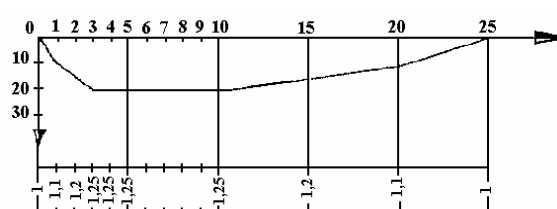
La teneur en eau des agrégats gros et moyens a peu d'importances par contre celle du sable peut avoir des conséquences graves car le sable foisonne sous l'action de l'eau c.à.d le volume du sable varie selon la quantité d'eau qu'il contient.

Afin d'obtenir la quantité de sable prévue, quand ce dernier est humide, il faut :

- * Pour le dosage en volume : multiplier le volume du sable prévu par le facteur de correction. voir graphique.

Augmentation en % de la quantité de sable contenue dans un même volume.

"Facteur de correction "



% d'eau en poids de sable sec déterminé par le séchage d'un échantillon de ± 100 g. ou à l'aide d'un appareil conçu à cet effet tel que le Speed, Moisture Tester.

- * Pour le dosage en poids : augmenter le poids de sable humide du même pourcentage que celui de la teneur en eau.

Exemple : Un sable contient 5 % d'eau et le mélange doit contenir 600 kg de sable, il faut donc employer 630 kg de sable humide.

II - Graviers :

1- Définition :

Le gravier est un agrégat pierreux d'origine naturelle et dont la dimension des grains est généralement comprise entre 2 et 80 mm ; le gravier provient soit du dragage des rivières, soit de l'extraction de carrière de gravier. Le gravier de rivière est essentiellement composé de grains arrondis provenant des roches tombées dans la rivière et étant entraînées par le courant.

2 - Qualités exigées :

Le gravier doit répondre aux exigences suivantes :

- * Il ne doit pas contenir d'impuretés : Le gravier provenant du dragage des rivières est en général pur, ne contenant ni particules d'argile, ni particules de limon ; mais lors du transport ces impuretés peuvent subsister le gravier, et sur chantier, il faut prévoir un lieu de décharge propre, près de la bétonnière.
- * Le grain doit être suffisamment dur et résistant : la résistance à la compression du gravier pour bétonnage doit être au moins égale à celle du ciment employé après durcissement de ce dernier ; un moyen de contrôle simple peut se faire :
 - Un gravier de 0,5 cm à 1 cm, placé entre deux plaquettes d'acier de 5 mm d'épaisseur, doit pouvoir résister à une pression statique de 16 kg.
 - Un gravier de 1 cm à 2 cm de \varnothing doit résister à une pression de 26 kg.
 - Des graviers de plus de 2 cm de \varnothing doit résister au moins à une pression de 34 kg.
- * Le gravier doit pouvoir résister aux intempéries : si le gravier est poreux, il pourra absorber de l'eau et se détériorer par la gelée.
- * La dimension des grains doit être adaptées au travail : le gravier de rivière provenant du dragage peut contenir des grains de dimensions variables. Et pour obtenir du gravier avec des grains de même dimension, il est donc nécessaire de le tamiser.
- * Quelquefois une couleur définie est exigée : pour certains emplois, où le gravier restera visible, il est exigé une couleur résistante à la lumière et aux intempéries.

3 - Utilisation :

Le gravier peut s'employer :

- Lors de la fabrication ou la composition du béton et du béton armé.
- Lors de la fabrication de plaque de gravier lévigé.
- En tant que matériau décoratif par exemple bacs de gravier pour décorer.

III - Pierrailles de pierres naturelles :

1- Définition :

La pierraille est un agrégat composé de pierres naturelles concassées et dont les grains sont généralement des dimensions de 2 à 80 mm. Le concassage se fait par d'énormes concasseurs, près

des carrières, qui broient les rochers naturels, et les grands dispositifs de tamisage tiennent les différentes dimensions de grains.

Le poids volumétrique apparent (déversé en vrac et non tassé) varie de 1300 à 1550 kg/m³ d'après le degré d'humidité et la dimension des grains, parfois ce poids peut attendre 1800 kg/m³ quand le matériau est tassé.

2- Qualités exigées :

La pierraille doit satisfaire aux exigences suivantes :

- * Elle ne peut pas contenir d'impuretés : la pierraille livrée sur chantier dépourvue d'impureté, pour cela, il faut prévoir un lieu de décharge propre, au sol dur, près de la bétonnière où il n'y a ni plantes, ni terre.
 - * Le grains doivent être suffisamment durs : le même essai de l'écrasement peut être appliqué à la pierraille, de plus la pierraille de porphyre résiste plus que celle du calcaire concassé.
 - * La pierraille doit pouvoir résister aux intempéries : il faut éviter l'emploi de la pierraille poreuse car elle ne répond pas à cette exigence.
 - * La dimension des grains doit être adaptée au travail : la pierraille est donc tamisée afin d'être livrée en calibre normalisés de 2/8 ; 8/22 ; 22/40 , 40/63 ; 63/80 ; même en subdivision de 2/4 ; 4/8 ; 8/16 ; 16/22 et en calibres spéciaux de 8/12 et 12/16. Elle peut aussi s'obtenir en "tout - venant" ce qui veut dire non triée.
 - * La forme des grains doit se situer dans certaines limites :
- Il ne peut y avoir trop de pierres longues ou plates dans la pierraille car ces dernières sont trop fragiles quand elles sont soumises à un effort de compression. Pour obtenir du béton qui répond à des exigences sévères de compression, il faut employer de la pierraille ayant été concassé plusieurs fois pour que les grains soient plus cubiques.
- * Quelquefois une couleur définie est exigée : pour l'emploi du béton bouchardé où la pierraille restera visible et donnera sa couleur, la couleur de la pierraille doit résister à la lumière et aux intempéries.

3- Utilisation :

La pierraille s'utilise surtout pour la fabrication du béton et du béton armé mais aussi lors de la construction de routes et comme ballast sous les voies de chemin de fer.

IV - Briquillon :

1- Définition :

Le briquillon s'obtient en morcelant des briques provenant en général de la démolition ou d'une mauvaise cuisson de briques, le morcellement peut se faire par des concasseurs ou au marteau.

2- Qualités exigées :

Le briquillon concassé doit répondre aux exigences qui suivent :

- * La matière doit être suffisamment dur : des briques pas assez cuites, des tuiles, des débris de poteries ou de verre ne peuvent fournir du briquaillon utilisable.
- * Les grains doivent être purs et sans corps étrangers : le briquaillon provenant de démolitions peut contenir beaucoup d'impuretés tels : mortier de plâtre, terre, bois, fer blanc et autres matériaux impropres, il est donc nécessaire de tamiser le briquaillon pour le purifier ; par contre celui provenant des conduits de cheminées ne convient pas.
- * Les grains ne peuvent dépasser environ 5 cm : le briquaillon concassé mécaniquement répond généralement à cette exigence, par contre, celui concassé à la main doit être soigneusement tiré.

3- Utilisation :

Le briquaillon s'emploie lors de la fabrication du béton damé (béton non armé) nécessaire aux fondations massives, fondations de murs et soubassements ainsi que lors de la fabrication du béton de remplissage.

V - Sables naturels :

1- Le sable :

C'est un produit provenant de la désagrégation naturelle de la pierre siliceuse (quartz) et/ou du silex (silicium), Il se compose de grains meubles n'ayant aucune cohésion.

La dimension des grains peut varier de 0,15 à 4,76 mm ; si le grain est plus petit que 0,6 mm parle de "sable fin" ; s'il atteint presque 1,2 mm "sable moyen" et s'il atteint enfin presque 4,76 mm, c'est le "gros sable" ; ce dernier ayant des grains de plus de 2 mm ressemble à du gravier fin, appelé alors "sable graveleux".

2- Les différents types de sable : ou en distingue :

- * Dans certaines rivières, où on le drague, ce sable s'appelle : sable de rivière ou sable fluvial, il est constitué de grains durs et arrondis ayant tous les calibres, il est très pur (lavé par l'eau).
- * Dans les sablonnières, d'où il faut l'extraire, ce sable s'appelle "sable de carrière" ; il a été entraîné par les cours d'eau aux temps primitifs, contenant des particules d'argile, le limon et des restes organiques.
- * En mer, où on le drague, ce sable s'appelle "sable de mer", il provient des roches sous-marines ou de falaises érodées ; il est préférable de rincer ce sable à l'eau douce car il contient des sels qui ne sont pas néfastes mais peuvent occasionner des efflorescences.
- * Dans les montagnes, le sable s'appelle "sable de feuilles", il a été emporté par le vent et s'est déposé contre les flancs des montagnes et des collines. Le grain de ce sable est très fin et de dimension régulière, ce qui donne lieu à un grand pourcentage de vides par conséquent, il ne pourra être utilisé qu'avec un mélange d'autres sortes de sable.

3- Qualités exigées :

Le sable doit répondre aux exigences suivantes :

- * Il ne peut pas contenir d'impuretés : il doit être exempt d'argile, de limons, d'humus, d'éléments végétaux et de toutes autres particules nocives. Le pourcentage d'impuretés ne peut excéder 3 %.

Des essais de pureté de sable peuvent se faire sur chantier :

- a) Etaler du sable en le frottant sur un linge propre, après avoir enlevé le sable, il ne peut y avoir de souillure.
 - b) Frotter du sable entre les doigts, il doit crisser dans la main et il ne peut y avoir des particules d'argile ou de boue collant aux doigts.
 - c) Essai de lévigation : remplir à moitié un verre gradué avec une même quantité d'eau et de sable, bien agiter afin que toute l'argile et la boue soit en suspension. Laisser se reposer pendant tout un temps et l'épaisseur de la couche de boue donne une idée de la quantité d'impuretés.
- * La dimension et la composition des grains doivent être adaptées au travail : le sable est d'autant meilleur qu'il est composé de grains de dimension différentes ; les grains moyens bouchent les vides entre les plus gros et les très fins bouchent entre les moyens, on obtient ainsi une bonne consistance, et on prescrit les modules de finesse suivants :
- Sable pour béton pour constructions : entre 3,40 et 1,40
 - Sable pour béton maigre pour fondations : entre 3,40 et 0,90
 - Sable pour mortier de maçonnerie : entre 1,70 et 0,90
 - Sable pour mortier de carrelage : entre 1,70 et 0,90
 - Sable pour plafonnage : entre 3,40 et 0,90
 - Sable pour couche de fondation pour dallage : entre 2,50 et 0,90

4 - Opportunité de mélanger diverses sortes de sable :

Le mélange de plusieurs sables présente les deux grands avantages suivants :

- * En mélangeant du sable contenant de l'argile avec du sable n'en contenant pas, on obtient un sable non gras, donc utilisable.
- * Du sable n'ayant pas une bonne composition granulométrique peut être amélioré en y ajoutant du sable ayant des grains de calibres différents.

5 - Utilisation :

Le sable d'employé lors de la préparation des mortiers, du béton et du béton armé. Son utilité est de réduire ce retrait et la fragilité du mortier causé par le liant. Lors de la préparation du béton, il améliore la densité et en facilite le travail ; de plus le sable est l'élément économique du mortier et du béton.

VI - Sables artificiels :

Le sable artificiel s'obtient en brayant mécaniquement de la pierre naturelle ou du laitier de haut fourneau, il est constitué de grains meubles n'ayant aucune cohésion. La dimension des grains peut varier de 0,15 à 4,7 mm et, comme le sable naturel, le sable artificiel peut être fin, moyen ou gros suivant que la dimension des grains est inférieure à 0,6 mm ; 1,2 mm et 4,7 mm.

1 - Types du sable artificiel : on distingue :

- Le poussier de pierre naturelle : c'est le produit du concassage de roche saine et dure de porphyre, de quartzite, de grès et de calcaire.
- Le poussier de laitier : c'est le produit du concassage de bloc de laitier basique de haut fourneau à texture deux pierreuse non vitreux, qu'ont été refroidis à l'air en couches de moins de 0,25 m.
- Le sable concassé : c'est du poussier de laitier dont on a éliminé le filler (le filler est de la fine poudre dont le grain est inférieur à 0,074 mm).
- Le laitier granulé : c'est le produit résultant du refroidissement soudain du laitier basique s'écoulant du haut fourneau.
- Le laitier broyé : étant le produit obtenu par monture du laitier granulé.

2 - Qualités exigées et utilisation :

Les qualités exigées sont les mêmes que pour le sable naturel, aussi pour l'utilisation sauf pour le sable artificiel provenant du laitier, il faut prendre des précautions pour certaines application afin d'éviter des influences nocives sur les liants.

VII - Bims :

Le bims ou la pierre ponce est une roche volcanique qui, séchée a un poids volumétrique apparent n'excédant pas 700 kg/m^3 , la dimension du grain varie de 0 à 20 mm et il est trié en calibres de 2/12 ; 2/15 et 5/20 mm ; de plus il a un grand pouvoir d'isolation thermique.

Le bims s'emploie pour la préparation du béton léger, soit en massifs de maçonnerie ou en hourdis, soit en masses monolithes (exemple : béton de pente sur les toits plats). Le béton léger a un retrait assez important pendant les premières semaines de durcissement, c'est pourquoi les blocs de bims doivent être vieux de quelques mois avant de les employer.

VIII - Perlite :

La perlite est une roche volcanique concassée qui a subi un traitement thermique (échauffement). Ce traitement dilate la roche en prenant la forme de grains creux remplis d'air allégé et non humide et dont l'extérieur est en verre. C'est un matériau ayant une grande isolation thermique avec un poids volumétrique apparent variable de 70 à 130 kg/m^3 .

La perlite s'ajoute au béton léger (planchers et toits plats) et entre dans la composition de certains mortiers de plâtre préparés et de plaques isolantes.

IX - Vermiculite :

La vermiculite est une roche ressemblant au mica et à l'amiante, sa stratification est épaisse. On l'échauffe et on la laisse ensuite refroidir, ce qui la fait expander (dilater) et se fissurer les grains de vermiculite sont très légers (poids volumétrique apparent : 60 à 100 kg/m^3) et ont un excellent pouvoir d'isolation thermique. La vermiculite résiste à une très haute température et à l'humidité. La dimension des grains varie de 0 à 15 mm.

La vermiculite s'ajoute au béton léger (isolation de plancher, plaques isolantes) et entre dans la composition de certains mortiers de plâtres préparés, appropriés au plâtrage de hourdages non absorbants tels bétons, métaux, pierres naturelles.Elle s'emploie aussi comme matériau de protection contre l'incendie.

X - Argile expansée :

L'argile expansée est constituée de grains d'argile qui ont été cuits dans un four rotatif grâce à une température augmentant rapidement. C'est un matériau se présentant sous forme de grains creux, légers et ayant de bonnes caractéristiques thermiques isolantes avec un poids volumétrique apparent variant de 400 à 600 kg/m³. L'argile expansée s'ajoute au béton léger et au béton thermique isolant (exemple : pour soubassement d'écurie).

XI - Grains de liège :

Les grains de lièges sont très légers, élastiques et ont un excellent pouvoir d'isolation thermique ; il existe aussi du liège expansé obtenu en chauffant du liège sous vide d'air jusqu'à 400C°, les cellules s'agrandissent mais restent closes, on peut constituer un béton d'agglomérés de liège pour chapes et sous planchers puisqu'il résiste à une température de 100C°.

B-Utiliser convenablement les matériaux artificiels

PIERRES ARTIFICIELLES

I-Généralités

Ce sont des matériaux mis en forme par l'homme qui, soit après cuisson, soit après prise d'un liant, atteignent une dureté et une résistance à la compression du même ordre que celle des roches.

On distingue :

- Les pierres artificielles cuites telles les briques, les tuiles, les tuyaux,... etc.
- les pierres artificielles non cuites comme le béton, l'amiante, le ciment, etc.

II - Les briques :

1- définition

Ce sont des éléments de construction formés avec de l'argile obtenue pour cuisson et destinés à l'exécution de la maçonnerie.

2- Composition :

La matière première la plus importante pour la fabrication de la brique est l'argile (roche tendre de couleur grise ou jaunâtre avec beaucoup de grains fin et de forte liaison). La teneur d'oxyde de fer et d'oxyde de chaux composant l'argile détermine la teinte de la brique.

3- propriétés.

- * L'argile utilisée doit avoir une composition homogène qui nécessite un malaxage intense.

- * L'argile humide doit avoir une plasticité parfaite pour permettre le malaxage et la mise en forme ; l'argile grasse c-à-d. l'argile contenant peu de sable a une grande plasticité que l'argile maigre.
- * L'argile doit sécher sans se fissurer et sans se déformer, pour ceci l'argile maigre convient mieux que l'argile grasse.
- * L'argile ne doit pas contenir des matières miscibles pour ne pas présenter des défauts après cuisson.
- * L'argile contient une eau qui après séchage et cuisson disparaît et donne lieu à un rétrécissement de volume, pour corriger ceci les dimensions doivent être plus grande que doit avoir la brique après séchage.

4- Fabrication :

L'extraction de l'argile s'effectue actuellement et le plus souvent avec des excavateurs à godets et des grues à grappin.

Le malaxage de l'argile avec des produits divers a pour but de parfaire le mélange et de fournir une pâte aussi homogène que possible.

Ainsi le moulage des briques peut se faire de différentes façons :

a₁ : Le Moulage à la main :

Le travail se fait sur une banc de moulage, les moules utilisés sont en bois dont les dimensions sont majorées de 10% pour compenser le retrait, une fois les moules sont remplis ils sont égalisés avec une règle et retournés sur une planche. Après démoulage la brique est mise dans une installation de séchage.

a₂ Moulage semi mécanique :

Une mécanisation partielle est appliquée en pressant l'argile mise sur une table dans deux moules métalliques. Les briques ainsi formées sont chaque fois démoulées par l'action d'un levier et conduites aux sections.

a₃ Moulage mécanique :

- * par presse à moules : Dans la presse à moules, l'argile est d'abord mouillée dans un pétrin à lames tournantes. Sous son propres poids et par le mouvement des lames. l'argile du fond du pétrin est pressée dans des moules métalliques.
- * par étirage à la filière ou extrusion : pour une production importante, cette méthode est la plus employée. Elle consiste à mettre dans la machine de l'argile préparée et de l'eau dans un fond perforé et pressé par une vis sans fin vers une embouchure.
L'argile est ainsi extrudée sous forme d'un boudin rectangulaire dont la section répond au format demandé. Ensuite le boudin est coupé en morceaux à l'aide de fils en acier qui montent et descendent mécaniquement.
Après le moulage des briques, celles-ci aboutissent au stade de séchage de deux manières:

b -Séchage à l'air libre :

les briques formées sont stockées sous un hangar, placées légèrement en oblique et distantes de la largeur d'un doigt, le séchage se fait progressivement de la surface jusqu'au noyau, et pour bien aboutir à cela, les briques doivent rester en stade de trois à quatre semaines moins de cette période, les briques sont mal séchées à l'intérieur et soumises à la cuisson, elles risquent de se déformer et de se fissurer.

Le bon séchage peut être reconnu à la couleur et à son produit par la brique. En effet, le séchage peut être accéléré ou ralenti par les conditions atmosphériques.

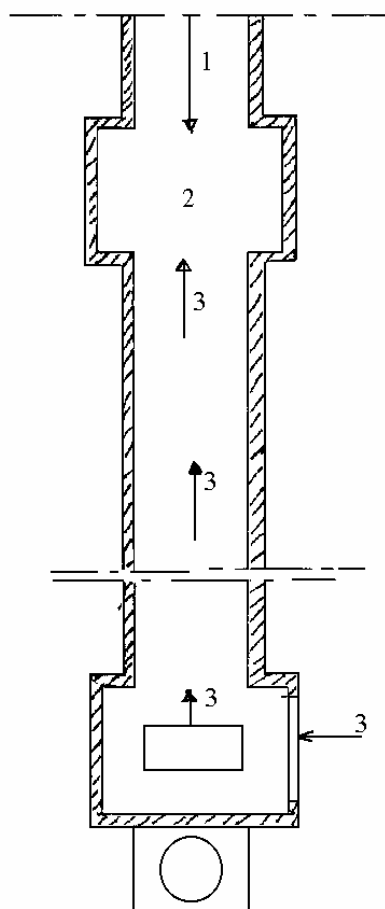
- * Séchage artificiel : il s'effectue dans des chambres ou tunnels chauffés à l'air ou à la vapeur dans un temps de 60 minutes à 48 heures suivant les briqueteries. La chaleur fait dilater les pores de l'argile ce qui facilite l'évaporation de l'eau encore présente dans les briques.

c- Cuisson :

La cuisson s'effectue dans des fours tunnels de section environ 93 (m) et d'une longueur variante de 60 à 120 m.

Au centre du four, il y a une source de chaleur qui produit une température d'environ 1400°C. A la sortie du tunnel, de l'air froid est soufflé pour refroidir les briques cuites, les gaz usés se dirigent de la source de chaleur vers la cheminée qui se trouve à l'entrées du four.

Dans le tunnel , les briques passent successivement dans la zone de séchage, dans la zone de cuisson où se trouve la source de chaleur et dans la zone de refroidissement.



1- Air froid

2- Source de chaleur

3- Trajet du chargement

5- Différentes sortes de briques.

Les briques peuvent être classées suivant :

- leur format.
- leur méthode de fabrication : façonnées à la main ou à la machine.
- leur degré de dureté : la dureté dépend de la nature.
- leur degré de l'argile suivant les régions.
- leur degré d'étanchéité : briques lourdes légères ou éponges.
- la configuration de leur section : briques pleines, perforées ou creuses.
- leur forme extérieure briques moulurées, à segment ou fendues.
- certaines qualités spéciales : briques réfractaires.

a- briques pleines perforées et creuses :

lors de la fabrication, les briques peuvent être pourvues de trous qui ont comme but :

- de laisser sécher mieux et rapidement les briques crues
- fabrication d'éléments plus grands, sans augmenter le poids
- Economie dans les matières premières et le poids du transport
- Amélioration de l'adhérence du mortier à la brique
- Amélioration de l'isolation thermique et l'isolation contre l'humidité

La distinction entre les briques pleines et perforées est donnée pour le degré des vides se trouvant dans la brique.

	% vides	Poids volumique en Kg/m ³
Pleine	jusqu'à 15	1800
Perforée	15 à 25	1600
	25 à 40	1400
Creuses	40 à 60	1100
	plus de 60	800

Pour les briques pleines, les dimensions courantes sont :

	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)
classe 50	190	90	50
classe 57	190	90	57
classe 65	190	90	65

Dimensions normalisées des briques perforées.

Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Poids moyen par brique en kg
290	140	90	4,800
290	90	90	3,250
190	90	90	2,000

b- Briques légères :

Elles sont obtenues en ajoutant à l'argile une matière inflammable (charbon, liège, polystyrène) qui disparaît sous forme de gaz au moment de cuisson. Ainsi leurs poids est léger et sont probablement employées pour les cloisons légères.

c- Briques réfractaires :

Elles sont obtenues en mélangeant des matériaux argileux déjà cuits avec du quartzet de la terre alumineuse, l'ensemble doit être de nouveau cuit. Ces briques résistent aux t° élevées pour les employer aux revêtements des fours et les conduites de fumée.

Dimensions des formats courants : 216 x 107 x 53 (mm)
 250 x 125 x 65 (mm)
 220 x 110 x 20 (mm)

d- Propriétés et qualités des briques :

d₁- Résistance à la compression :

La résistance à la compression de la brique est exigée de 80 kg/cm² tandis que celle de la maçonnerie est de 10 kg/cm² grâce à la présence des joints.

d₂- Porosité :

La brique est un matériau poreux, ce qui diminue souvent la résistance à la compression, cette porosité est mesurée comme suit : D'abord sécher la brique, la tremper dans l'eau pour se remplir.

La différence de poids entre la brique sèche et la brique trempée donne le poids de l'eau absorbée ; ce poids divisé par le poids original et multiplié par 100 donne la porosité ou le pourcentage d'absorption d'eau, ce pourcentage est souvent limité à 15 % au maximum.

ou $P\% = (P_H - P_s / P_s) \times 100$

d₃ : Gélivité :

Les pores très fins vont par capillarité absorber et retenir l'eau dans la brique; par grands froids, l'eau gèle, augmente de volume et la fait ensuite s'écailler, la brique qui a été pressée fortement présente plus de défaut que la brique mauvis compactée.

d₄ : Efflorescence :

Elle apparaît sous forme de mois issue blanche à la surface de la maçonnerie, et peut être causée par :

- des sels présents dans la brique
- des sels présents dans le liant
- des sels provenant de la terre en contact avec la maçonnerie

Ces sels sont dissous par l'humidité, en temps secs, cette humidité l'évapore en laissant des tâches blanches.

c- Essai et contrôle de la qualité :

Les dimensions de la brique sont contrôlées avec une tolérance de ± 4 mm sur la longueur et ± 2 mm sur la largeur on l'épaisseur par rapport aux dimensions du format autorisée.

Pour les essais de contrôle, et faut s'inspirer des essais déjà mentionnés (porosité, Gélivité et effervescence).

En outre il faut contrôler la brique soit par :

e₁ contrôle visuel :

La brique ne peut, ni extérieurement ni sur la section de la rupture, présenter des fentes ou des vides et d'une autre, ou ne doit pas voir de rainures dans la brique.

e₂ - contrôle à l'ouïe :

Deux briques frappées avec la partie plate l'une contre l'autre, doivent rendre un son clair.

III- Les Hourdis

1- définition :

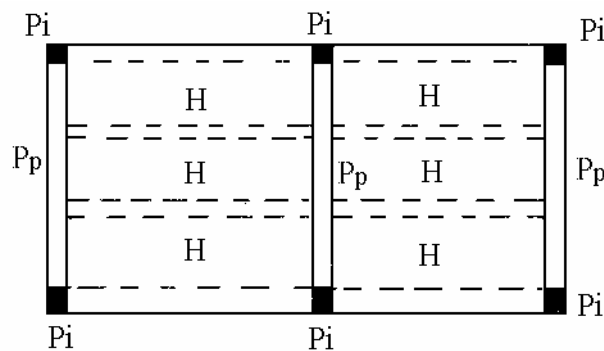
Les briques pour hourdis sont des éléments d'argile cuite employées pour la fabrication des planchers ou des hourdis creux. Aussi, il existe un grand choix de types de hourdis dont il faut distinguer ces deux types principaux.

- * Les hourdis creux obtenus en maçonnerie les briques pour hourdis l'une contre l'autre par des joints avec des barres d'acier.

- * Les éléments pour hourdis employés comme remplissage (appelés voûtains) et posés les poutrelles en béton armé ou en béton précontraint.

Nota : Un plancher se compose :

- d'un hourdis H présentant généralement une épaisseur de 7 à 12 cm .
- de poutrelles P espacées de 1,5 à 2,5 m sur lesquelles s'appuient les hourdis.
- des poutres principales P_p espacées de 4 à 6 m recevant des poutrelles, ces poutres reposent elles même sur des murs porteurs en maçonnerie ou sur des piliers.



2- Avantage :

- Allégement de la construction
- Suppression de coffrage
- Rapidité de la mise en oeuvre
- Economie de matière
- Bonne isolation thermique et Acoustique
- Absence de fissuration.

IV- Les tuyaux :

1- Tuyaux en argile ferreux (tuyaux en grès) :

Ces tuyaux sont pressés à la machine et cuits à haute température, pendant la cuisson, on met du chlorure de sodium (sel de cuisine NaCl) sur le feu et par volatilisation se dissout en chlore et sodium, ce dernier couvre les parois des tuyaux et forme ainsi une couche vitrifiée qui les rend étanches et résistants aux attaques chimiques. Ces tuyaux conviennent bien pour les égouts (canalisations l'évacuation des eaux usées), et présentent des longueurs variantes de 0,75 m à 1 m avec des diamètres intérieurs courantes entre 8 ; 10 ; 12,5 et 15 cm. On fabrique aussi des cardes (45° et 90°), des coudes à arrondi, des tubulures simples et doubles, des siphons et des pièces de réduction.

2- Drains :

Les tuyaux de drainage sont des tuyaux courts et poreux, en argile cuite, non vitrifiée ; employées pour effectuer les travaux de drainage dans des terrains riches en eau. Ils sont posés en file et à une profondeur limitée en dessous du niveau du terrain naturel afin que l'eau du sol puisse entrer par les joints ouverts entre les tuyaux. Ces tuyaux ont une longueur de 30 ou 33cm et leur diamètre intérieur de 3, 4, 6, 8, 10 ou 12cm.

V- Les tuiles :

Ce sont des éléments rectangulaires et minces en argile cuite, employés pour la couverture des toitures. Ces tuiles sont pourvues d'un ou deux nez pour permettre un accrochage facile des tuiles derrière les linteaux, ils ont également des bords rainurés pour obtenir une couverture étanche.

La fabrication des tuiles est semblable à celle des briques mais l'argile employée doit être plus propre afin d'éviter toute déformation pendant le séchage et la cuisson ils peuvent également subir un enrobage ou peuvent être vernissées.

Autres produits de terre cuite :

Il y a encore un nombre important d'éléments de constructions fabriqués en argile cuite comme les boisseaux de cheminée; seuils de fenêtres, marches d'escalier, contre marches, couvre-murs, etc.

Les boisseaux de cheminée ont normalement une hauteur de 23 cm et des sections qui permettent la construction d'un ou de deux conduites de fumée de 16 x 16 cm jusqu'à 40 x 60 cm.

Les éléments pour les encadrements de portes et de fenêtres, seuil de fenêtre, marche d'escalier et contremarches, peuvent être obtenues dans le commerce sous des profils et des couleurs différents vernissés ou non.

Les couvre-murs peuvent être obtenus de deux types : avec simple versant et avec double versant. Leur longueur varie de 33 à 50 cm.

LES LIANTS

I- Définition

Les liants sont des produits généralement employés sous forme de poudres fines et qui, gâchés avec l'eau en pâte plus au moins épaisse, durcissent et forment une masse dure et compacte analogue à la roche naturelle.

II classification

D'après la pétrification on classe les liants en deux sortes :

a- les liants hydrauliques :

Peuvent durcir correctement lors qu'ils sont immergés dans l'eau, sans être au contact de l'air et c'est ça qui les différencie des liants aériens.

b- les liants aériens :

Lorsqu'ils sont additionnés d'eau ils ne se pétrifient qu'au contact de l'air.

III- Cuisson

La cuisson est la seconde étape de la fabrication des liants.. elle s'effectue dans des fours appartenant à deux types.

- Les fours verticaux à chauffage direct ou indirect.
- Les fours rotatifs.

1- Les fours verticaux

a- Les fours verticaux à chauffage direct.

Appelés aussi fours à calcination par stratification dans le quels les matières premières et le combustible sont placés par couches alternatives (10 cm de charbon pour 25 cm de pierre).

Le travail se fait d'une manière continue en retirant les matières calcinées par le dessous au fur et à mesure que l'on place de nouvelles couches par le dessus.

La cuisson dans ce type de four a l'inconvénient de faire perdre une partie des qualités des matières obtenues à cause du contact direct des matières premières avec le combustible, mais à l'avantage d'assurer une plus grande régularité du produit cuit et une économie de combustible.

b- Les fours de verticaux à chauffage indirect.

Appelés aussi fours à calcination à grande flamme dans lesquels le combustible est placé dans un foyer séparé de la pierre à calciner.

La matière qui sort de ces fours est d'une qualité supérieure à celle obtenue par chauffage direct car les matières premières ne sont pas en contact avec le combustible.

Les fours verticaux sont encore employés pour la fabrication des chaux et des plâtres, mais tendent à disparaître pour être avantageusement remplacés par des fours rotatifs qui ont un rendement supérieur.

2- Les fours rotatifs.

Les fours rotatifs sont des cylindres métalliques dont l'axe est légèrement et tournent très lentement autour de leur axe (1tr/mn).incliné sur l'horizontale, leur diamètre est compris entre 3 à 7 m. et leur longueur entre 50 et 200 m, ils sont garnis intérieurement de revêtements réfractaires.

IV- Les ciments.

Les ciments occupent la première place parmi les liants servant à lier les matières solides tels que le sable, graviers et cailloux.

La naissance de ces produits résultait de combinaison entre la silice, l'alumine, l'oxyde de fer et la chaux..

A- Fabrication des ciments

Le schéma de la fabrication du ciment (FiB A) est le suivant : concassage, broyage et mélange d'une matière argileuse et d'une matière calcaire. le mélange dont la composition doit être tenue rigoureusement constante est envoyé dans un four où l'on chauffe progressivement jusqu'au point de clinkérisation (combinaison et agglomération sous forme de granulés).

Le clinker tombe, à la sortie du four, dans un refroidisseur puis il est mélangé à une proportion de gypse soigneusement dosée et enfin broyé sous forme d'une poudre fine qui est ensachée.

La fabrication de ciment portland respecte toujours ce schéma simplifié néanmoins elles peuvent différer sur certains points et en particulier sur le mode de préparation du mélange d'argile et du calcaire qui peut se faire par voie sèche ou par voie humide.

A-1 Préparation du cm

a- Voie sèche :

La voie sèche est généralement indiquée lorsque l'on est en présence d'une roche qui ne nécessite qu'une faible correction de dosage (pierre à ciment) ou encore lorsque l'on ne dispose que de roches non délayables).

Dans ce cas les matières premières peuvent être d'abord grossièrement mélangées au moment de concassage.

Ce premier mélange est envoyé dans des trémies après les quelles se trouvent les engins doseurs qui peuvent être de type très différents. le mélange alors soigneusement dosé est envoyé dans de broyeurs où il est réduit en poudre fine.

Cette poudre est mise dans des silos spéciaux de stockage qui ont pour but d'assurer une meilleure homogénéisation, ensuite elle est humidifiée puis briquetée pour aller au four droit, ou granulé pour aller au four rotatif.

b- Voie humide :

Dans le procédé humide, une au moins de matières est généralement délayable. Cette opération s'effectue dans de grands bassins cylindriques ou octogonaux en maçonnerie.

Sur un arbre vertical central est fixé un grand châssis en fer supportant des herse suspendues par des chaînes.

Ces herse divisent, sont envoyées et brassent énergiquement la matière. Les matières délayées sous forme de pâte dans des tubes broyeurs où l'on opère un premier dosage. Cette pâte soigneusement broyée pompée dans de gros bassins doseurs où se fait le stockage et le dosage fini du mélange. Le brassage de la pâte dans les doseurs se fait mécaniquement et par l'air comprimé. Cette pâte est ensuite envoyée au four.

On arrive alors au stade de la cuisson qui dans la plupart des cas s'effectue à l'heure actuelle dans des fours rotatifs.

A-2 Cuisson du mélange

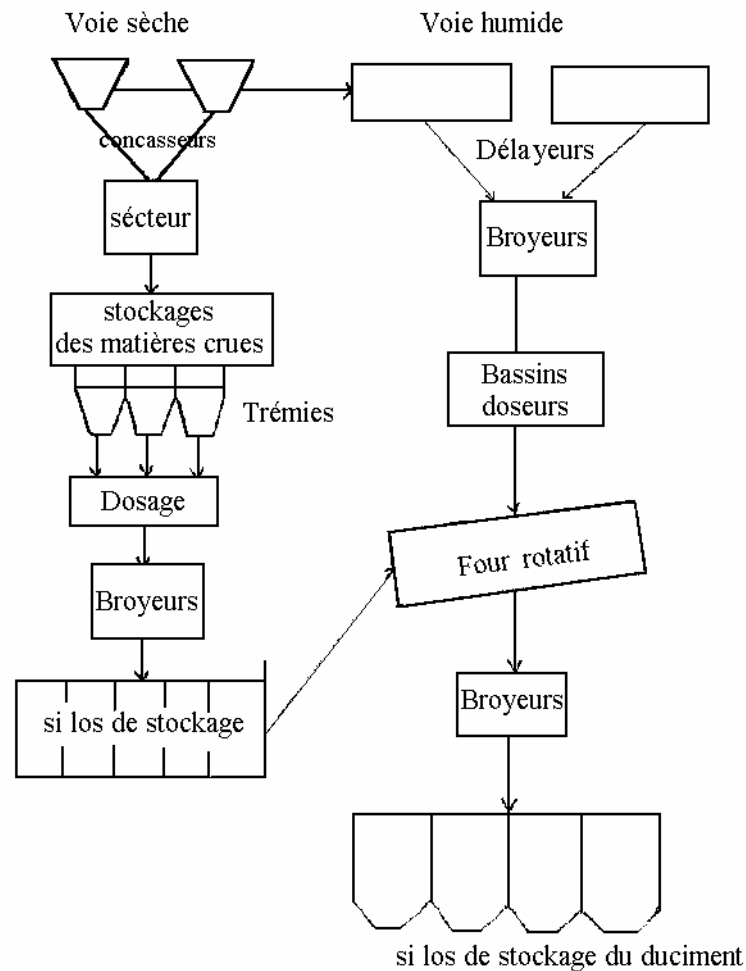
Le mélange à la poudre à la pâte, est cuit dans le four de cimenterie, principal élément de l'usine où il subit ses transformations pour aboutir à la formation du clinker.

La matière circule à sens du brûleur placé à l'extrémité inférieure du four, elle est soumise à une augmentation progressive de la température qui provoque ses transformations et atteint environ 1500°C dans la dernière section du four (zone de cuisson où se produit la clinkensation).

Il y a trois zones dans l'installation de cuisson correspondant aux trois transformations fondamentales de la matière :

Dans la première zone se produit la déshydratation accompagnée d'un préchauffement de la matière. La deuxième zone est la zone de décarbonatation qui commence aux environs de 900°C. La troisième zone est la zone de cuisson qui débute vers 1100°C où la matière est clinkerisée.

A la sortie du four le clinker dont la t° est supérieure à 1000°C , tombe dans des refroidisseurs.



- Schéma de la fabrication du ciment-

Le clinker refroidi est stocké afin de compléter le refroidissement de permettre l'extinction de faible proportion éventuelle de chaux libre, enfin pour constituer une stock régulateur.

Additionnée de gypse dans les proportions voulues, le clinker est envoyé dans des broyeurs.

La poudre fine ainsi obtenue est envoyée dans des silos où il est bon de laisser séjourner un certain temps avant de l'en sécher.

B- Les différentes catégories de ciments.**a- Les ciments normalisés.**

On appelle ciments portlands, ciments portlands à haute résistance initiale (U.R.I) et super ciment, les produits résultant de la mouture de clinkers obtenus par la cuisson, dans des conditions de durée et de température suffisantes pour amener la combinaison des éléments, d'un mélange soigneusement homogénéisé et dosé dont les éléments principaux sont la silice, l'alumine, l'oxyde de fer et la chaux.

a₁ Les ciments portlands artificiels**a-1-1 Les ciments portlands artificiels sans constituants secondaires.**

Ils sont exclusivement constitués de clinker moulu avec une addition de gypse comme régulateur de prise.

Ils sont au nombre de quatre (4) selon la classe de résistance à laquelle ils appartiennent.

- C.P.A 250
- C.P.A 325
- Ciment portland à haute résistance initiale ->
- > HRI 400
- Superciment 500.

a-1-2 Les ciments portlands artificiels avec constituants secondaires.

Il s'agit des précédents auxquels un ou deux des trois constituants secondaires (laitier, cendres, pouzzolane) peuvent être ajoutés.

Les additions autorisées sont de 10 à 20% pour les CPA et de 10% maximum pour les H.R.I.

a-1-2-1 Les ciments binaires

Ces produits ne renferment qu'un seul constituant secondaire qui sont :

C.P.A.L	250 et 325
C.P.A.C	250 et 325
C.P.A.P	250 et 325
H.R.I.L	400
H.R.I.C	400
H.R.I.P	400

a-1-2-2 Les ciments ternaires :

Dans ces ciments on peut ajouter soit cendres et laitier soit pouzzolane et laitier.

Le rapport $\frac{\text{Laitier}}{\text{cendres}}$ et ou $\frac{\text{Laitier}}{\text{Pouzzolane}}$ doit être compris entre $\frac{2}{3}$ et $\frac{3}{2}$

Ils sont au nombre de 6

- CPALC 250 ET 325
- CPALP 250 ET 325
- HRICC 400
- HRILP 400

A-2. Les ciments portlands de fer (C.P.F)

Sont des produits résultant de la mouture d'un mélange de 65 à 75 parties de clinker portlands et de 25 à 35 parties de laitier avec addition éventuelle en petites quantités d'autres matières (produits d'addition) ces ciments existent dans les classes CPF 250 et 325.

a-3 Les ciments métallurgiques mixtes (C.M.M).

Sont des produits résultant de la mouture d'un mélange en parties égales de clinker et de laitier avec addition en petites quantités d'autres matières (produits additifs).

Il existe des C.M.M dans les classes 250 et 325.

a-4 Les ciments de tout fourneau (C.H.F).

Produits résultant de la mouture d'un mélange de 25 à 35 parties de clinker et de 65 à 75 parties de laitier, avec addition en petites quantités d'autre matières (produits additifs).

Les C.H.F existent dans deux classes : 250 et 325.

a-5 Ciment de laitier au clinker (C.L.K).

Produits résultant de la mouture d'un mélange de laitier égal ou supérieur à 80 parties représentant au maximum 20% et d'une certaine quantité de sulfate de calcium avec addition en petites quantités de matières (produits additifs).

Les C.L.k existent également dans les deux classes : 250 et 325.

a-6 Ciments de laitier à la chaux (C.L.X)

Produits résultant du mélange parfaitement homogénéisé et finement mouler de chaux grasse ou hydraulique et de laitier ce dernier entrant dans le mélange dans la proportion de 70% au minimum.

Les ciments de laitier à la chaux sont des classes 100 et 160.

a-7 Les ciments métallurgiques sur sulfatés (C.S.S).

Produits obtenus par mélange bien dosé et homogénéisé de la laitier et de sulfate de chaux en proportion telle que la tenant au SO_3 du mélange soit supérieure à 5% avec une petite quantité d'un catalyseur qui peut être de la chaux, du clinker ou du ciment.

Les C.S.S existent dans les classes 325 et 400.

a-8 Ciments naturels (C.N)

Produits résultant de la mouture de roches clinkérisées qui sont obtenus par la cuisson à température convenable de calcaire marneux dont la composition est très régulière et voisine des mélanges d'argiles et de calcaires servant à la fabrication des C.P.A.

Les C.N sont de la classe 160.

a-9 Ciment à maçonner (C.M)

On appelle ciments à maçonner des ciments dont les éléments essentiels sont identiques aux éléments constitutif de C.P.A, dont les propriétés et le comportement dans les milieux courants sont semblables à ceux de ces ciments, mais dont la fabrication ne donne pas le garanties de résistance, de régularité et d'homogénéité aussi élevées que celles que donne la fabrication par vie artificiels des C.P. Les deux classes des cette catégorie sont: 160 et 250.

a-10 liants à maçonner (L.M).

On appelle liants à maçonner les produits hydraulique, à prise lente ou demi - lente, fabriqués par les mêmes procédés que les C.M, ils diffèrent seulement de ceux-ci par leur résistance un peu mains élevée.

Les L.M sont de la classe 100.

b- Les ciments non normalisés.

Parmi les ciments non normalisés, on peut citer :

- Ciments au pouzzolanes : sont des mélanges en proportion variables de clinker, de CPA, de laitier de haut fourneau granulé et de cendres volants actives. Les ciments ternaires satisfont à la classe 250 - 315.
- Ciments alumineux : sont produit par la mouture, après cuisson poussée ou non jusqu'à fusion, d'un mélange composé principalement d'alumine de silice, d'oxyde de fer et de chaux, ils doivent contenir au moins 30% de leur poids d'alumine.

Les ciments alumineux satisfont d'une façon générale, assez largement à la classe 315 - 400.

Bien qu'ils soient à prise lente, ces ciments possèdent des durcissements initiaux supérieurs aux H.R.I.

- Ciments double cuisson. le procédé de la double cuisson imaginé par vicat consiste à remplacer dans le mélange cru du ciment artificiel le calcaire par de la chaux grasse.

La première opération consiste à cuire un calcaire donnant une chaux qui est éteinte. Le produit ainsi obtenu est mélangé avec une argile marneuse, elle même séchée au tour, broyée et buttée . La cuisson se fait généralement au four droit.

- Ciments blancs : la couleur grise des ciments artificiels étant due principalement à l'oxyde de fer, on prépare les ciments blancs avec des matières premières aussi pures que possible et l'on évite d'introduire du fer au cours de la fabrication par les cendres des combustibles par exemple.

Les ciments blancs possèdent les classes de résistance des ciments artificiels.

- Ciments prompts : Ces ciments sont le plus souvent des produits naturels caractérisés par une prise très rapide débutant généralement moins de cinq (5) minutes après le gâchage.

Il existe également des ciments prompts artificiels obtenus par cuisson ou four rotatif d'un mélange artificiel reproduisant les meilleures compositions comme de ciments prompts naturels.

B- Conditions d'emploi des ciments.

Vu le grand nombre de types de ciments disponibles sur le marché on a essayé de préciser rapidement un certain nombre de points permettant d'orienter l'utilisateur vers le bon choix du ciment à employer.

- Pour le béton armé (ossatures, ouvrages d'art...) les liants les plus indiqués sont les ciments portlands artificiels ordinaires, H.R.I et supers.
- Pour les travaux en fondation ou en souterrain, surtout si le milieu est agressif (eau résiduelles ou nocives) les ciments les plus utilisés sont les ciments de laitier, ternaires et sur sulfatés.
- Pour les grosses masses les barrages par exemple il faut utiliser des portlands à faible chaleur d'hydratation tels que les ciments siliceux faible en alumine, les ciments à base de laitier, les ciments ternaires et les ciments pouzzolaniques.
- Pour les travaux en prise à la mer les ciments utilisés sont les ciments alumineux on peut utiliser également des portlands artificiels spéciaux dont la teneur en aluminat tricalcique est limitée, et les ciments à base de laitier, ternaires, pouzzolaniques.
- Dans les travaux en maçonnerie (mortiers de joints, d'enduits) la tendance depuis plusieurs années déjà est d'employer des portlands 250 - 315 ce qui est un tort. Il est préférable d'utiliser au plus, des artificiels 160 - 250 et mieux des ciments à maçonner ou encore des mortiers bâtards à la chaux hydraulique qui donnent généralement beaucoup moins de fissures et dont les résistances mécaniques sont, dans ces cas d'utilisation largement suffisantes.

V- Les chaux

1- Définition :

On appelle chaux les produits résultant de la cuisson de calcaires naturels plus ou moins argileux avec réduction en poudre par extinction suivie ou non de mouture avec ou sans addition de grappiers ou autres améliorants (clinker, laitier et pouzzolane).

2- Catégories de chaux

On distingue trois catégories de chaux , la chaux hydraulique, la chaux grasse (et la chaux) ou aérienne et la chaux maigre. La chaux maigre ne s'emploie qu'en agriculture comme engrais.

a- La chaux hydraulique :

S'obtient par cuisson de calcaire ayant une grande teneur d'argile variant de 5 à 22% et qui contient de l'alumine silicique.

La chaux hydraulique c'est de la chaux durcissant plus rapidement sous l'eau sans être au contact de l'air.

a-1- Différentes catégories de chaux hydrauliques :

La chaux hydraulique se divise en 4 catégories d'après la durée de la prise et le degré d'hydraulicité.

Catégorie	% d'argile dans le calcaire	Index d'hydraulicité	durée de la prise
Chaux faiblement hydraulique	5 à 8%	0,1 à 0,16	16 à 30 h
Chaux moyennement hydraulique	8 à 15%	0,16 à 0,31	10 à 15 h
Chaux normalement hydraulique	15 à 19%	0,31 à 0,42	5 à 9 h
Chaux éminemment hydraulique	19 à 22%	0,42 à 0,5	2 à 4 h

Rq : L'index d'hydraulicité est calculé en fonction des rapports de poids entre la silice (SiO_2), l'alumine (Al_2O_3) et l'oxyde de fer (Fe_2O_3) trois (3) substances contenues dans le calcaire ; il indique l'hydraulicité de la chaux c.à.d son aptitude à durcir au contact de l'eau.

a-2 Utilisation :

L'utilisation de chaux hydrauliques est intéressante pour tous les travaux de maçonnerie courante : Fondations, mortiers de joints et d'enduits , etc.

L'emploi avec les ciments sous forme de mortiers bâtards donne des enduits généralement moins sujet à la fissuration et plus imperméables.

b- La chaux grasse ou aérienne :

S'obtient par la cuisson de calcaire carbonique. L'acide carbonique s'élimine à la cuisson et la roche cuite est de la chaux presque pure (90% d'oxyde de calcium).

Elle n'est pas hydraulique, elle ne durcit qu'au contact de l'acide carbonique contenu dans l'air.

b-1 Utilisation :

La chaux grasse est très appropriée comme enduit intérieur, elle peut aussi servir de chaux blanche, car elle peut facilement se combiner à l'acide carbonique de l'air et ainsi se pétrifier.

Rq : Avant d'utiliser la chaux grasse, il faut la laisser d'éteindre au minimum pendant trois (3) semaines.

b-2- Forme commerciale :

La chaux grasse est encore souvent livrée en roche afin d'être éteinte sur le chantier ; elle éteinte et vendue sous forme de poudre en sacs mentionnant chaux grasse ainsi que la marque de fabrique.

C- Tableau de comparaison.

Si argile	Si calcium
<ul style="list-style-type: none">- Chaux hydraulique- Sacs de papier (en poudre)- Extinction en usine- Conservée à l'abri de l'eau- Utilisée pour mortiers, enduits	<ul style="list-style-type: none">- chaux grasse- roches ou poudre en sacs de papier- Extinction sur chantier- Conservée dans l'eau- Utilisée comme enduit intérieur

VI- Les plâtres :

1- Définition :

Sont des produits obtenus par déshydratation et pulvérisation de gypse (sulfate de chaux hydraté : $\text{SO}_4 \text{Ca}_2 \text{H}_2\text{O}$) après échauffement dans le four. D'après la température de l'échauffement de gypse on obtient des plâtres semi-hydratés et les plâtres anhydres.

2- Plâtres semi-hydratés :

S'obtiennent en échauffant du sulfate de calcium de 125 jusqu'à 180° et en le broyant ensuite finement.

La poudre blanche ainsi obtenue est grasse au toucher et colle aux doigts c'est un liant qui durcit très vite lorsqu'il est additionné d'eau.

a- Formes commerciales :

Ils sont livrés en sacs de papier ou de plastique ou en barils métalliques.

b- Conservation :

Etant donné que ce matériau est très hygroscopique il doit être conservé en un endroit très sec. Si non il se détériore rapidement.

Utilisation : Le plâtre semi-hydraté s'ajoute au mortier à chaux afin d'accélérer le durcissement, d'avoir un aspect blanc et de réduire le retrait.

3- Les plâtres anhydratés (ou anhydrites) :

S'obtiennent par la cuisson de gypse à des températures atteignant 1000 à 1100 °C, ces plâtres additionnés d'eau deviennent durs et résistent aux intempéries leur durcissement est légèrement plus lent que celui du plâtre semi-hydraté, il est donc plus facile à travailler.

a- Formes commerciales :

Le plâtre anhydrite se vend en sac de papier de 50 kg.

b- Utilisation :

L'anhydrite est une excellente matière pour les plâtrages intérieurs vu qu'elle devient beaucoup plu dure que le mortier à chaux et qu'elle devient beaucoup plus dure que le mortier à chaux et qu'elle ne présenté pas de fissures.

4- Remarques :

- Le plâtre se dissout l'eau, il ne peut donc jamais être employé ni à l'extérieur ni en des lieux humides.
- Le plâtre ne peut jamais être mélangé au ciment, car il se forme des cristaux nuisibles au mortier qui se désagrège à couse de l'augmentation du volume.
- Il faut toujours ajouter du plâtre à l'eau et non le contraire afin d'éviter la formation de grumeaux.
- Le plâtre corrode le fer non protégé.

C-Utiliser convenablement les matériaux artificiels non cuits

LES MORTIERS

I- Généralités :

Les mortiers sont obtenus par mélange homogène d'une matière inerte : le sable, avec une matière active : le liant, le tout gâché avec certaine quantité d'eau.

De la proportion des composants dépendent en grande partie la qualité et la résistance du mortier mise en oeuvre . Le rapport quantité de liant sur quantité de mortier prend le nom de "dosage" ; celui-ci permet de classer les mortiers en plusieurs catégories :

1- Mortier normal :

C'est un mortier qui contient en volume une partie de liant pour trois parties de sable normal. Avec ces proportions le liant remplit les vides du sable, c'est à dire que 1m^3 de sable plus $1/3$ de m^3 de liant ne fournit qu'un m^3 de mortier.

$$1\text{m}^3 \text{ de sable} + 1/3 \text{ liant (m}^3\text{)} = 1\text{m}^3 \text{ de mortier.}$$

2- Mortier maigre :

Le volume de liant est inférieur au volume des vides.

$$1\text{m}^3 \text{ de sable} + \text{liant} \leq 1\text{m}^3 \text{ de mortier.}$$

3- Mortier gras :

Le volume de liant est supérieur au volume des vides.

$$\frac{\text{volume de mortier}}{\text{volume de sable}} \geq 1$$

II - Les dosages :

Il existe deux façons de doser le mortier.

1- Dosage en volume :

Ce dosage est utilisé lorsqu'il s'agit d'un mortier de chaux grasse (exemple : 1 volume de chaux pour deux volumes de sable) ou encore dans le cas de fabrication de mortier en petites quantités.

L'unité de mesure peut être le seau (trois seaux de sable pour un seau de ciment).

Pour les ciments à prise rapide, le dosage est souvent volumique.

2- Dosage en poids :

Il s'agit en principe du poids du liant inclus dans un mètre cube de mortier fini. Mais le plus souvent, on entend par dosage en poids le poids de liant à mélanger à 1m³ de sable, ce qui donne environ 1,05m³ de mortier. La différence est relativement négligeable et ne peut guère jouer sur la résistance finale.

Exemple : voir tableau

LIANTS					Chaux hydraulique liant à maçonner	Ciment à maçonner ciment de fer	Ciment de laitier ciment de haut fourneau	Ciment portland ciment métallurgique
Densité apparente					0,500 à 0,800	0,600 à 0,900	0,800 à 0,900	0,900 à 1,300
Mortier	Résistance à l'écrasement en bars				DOSAGES APPROXIMATIFS ET EMPLOIS CONSEILLES			
Maigre	10	20	50	100	250 kg Maçonneries légères	300 kg Maçonneries ordinaires	300 kg Maçonneries en fondations	350 kg Maçonneries ordinaires
Moyen ou normal	12	25	80	130	350 kg Maçonneries ordinaires Enduits-crépis	400 kg Maçonneries résistantes Enduits-crépis	400 kg Maçonneries résistantes Enduits en fondation	450 kg Maçonnerie résistante Enduits- chapes
Gras	15	30	150	200	450 kg Maçonnerie résistante Enduits	500 kg Enduits intérieurs de fosses-égouts	550 kg Maçonneries très résistantes-Enduits en fondation	600 kg Enduits étanches chapes-joints
Très Gras	-	-	-	-			600 kg Enduits étanches (enterrés)	900 kg Enduits étanches sous pression

Tableau de dosage en poids

Remarque :

Les dosages des mortiers bâtards sont extrêmement variables et la proportion du mélange est en rapport avec les travaux à effectuer, ils sont utilisés pour les maçonneries résistantes et les enduits extérieurs.

Le dosage d'un mortier est une opération qui doit être faite avec précision car la résistance finale de l'ouvrage en étant très dépendante. Il ne peut alors être question d'en changer les données soit volontairement pour des raisons d'économies soit involontairement par négligence.

III - Les composantes des mortiers :

Les mortiers sont composés de sable, de liant et d'eau, certains mortiers dits "bâtards" sont le résultat d'un mélange de sable avec deux liants, le plus souvent chaux et ciment, ou deux ciments différents.

Etudions séparément chacun des composants :

1- Le sable :

Un sable est convenable lorsque la grosseur des grains est comprise entre 0,5 et 2 mm ; Cependant pour des travaux de limonsinerie, on emploie souvent des sables tamisés avec des mailles de 5 à 6 mm ; pour des travaux de briquetage ou d'enduits, le sable est plus fin. Le rôle du sable dans un mortier est :

- de diviser la masse du liant pour permettre la prise (liant aérien).
- d'abaisser le prix de revient du mortier.
- d'en diminuer le retrait et ses conséquences (les fissurations) du fait que le sable est incompressible que le retrait se trouve amoindri.

2 - Le liant :

Quel qu'il soit, le liant employé doit être de bonne qualité. Son choix pour la confection d'un mortier est très important, il ne faut pas employer n'importe quel liant pour n'importe quel travail.

Mais qu'il s'agisse de chaux ou de ciment, on doit rejeter son emploi s'il est éventé c'est à dire stocké depuis trop longtemps, il faut encore rejeter tous ceux qui par l'humidité forment des mottes. Celles-ci sont le résultat d'un début de prise qui jouera le rôle très néfaste dans le comportement futur du mortier.

3 - L'eau :

Le choix de l'eau de gâchage a aussi une grande importance, son rôle est primordial puisqu'il consiste à provoquer la prise du liant mélangé au sable.

a - Qualités :

Elle doit être aussi pure que possible. On peut employer sans danger l'eau potable. De toutes façons, elle ne doit pas contenir de matières organiques ou terreuses, ni de déchets industriels de toutes natures (rejeter les eaux acides, les eaux séléniteuses contenant du plâtre, les eaux croupissantes). Les avis différents sur l'emploi de l'eau de mer, elle est à éviter s'il s'agit de liant à forte teneur en chaux libre. Par contre, certains liants résistent bien aux eaux de mer tels que les ciments à base de laitier, ciments aluminieux, ciments sursulfatés et ciments silicieux.

b - Quantité :

La quantité d'eau de gâchage est variable elle dépend :

- de la granulométrie du sable employé et de son degré d'humidité.
- du dosage du mortier.
- du travail à exécuter.
- de la nature du mortier mise en oeuvre.
- de la température ambiante et des matériaux.

Il n'est pas possible de déterminer avec exactitude la quantité d'eau nécessaire à la fabrication d'un mortier ; il ne faut pas dépasser la quantité nécessaire à l'obtention d'une pâte plastique après un bon malaxage.

L'excès d'eau est toujours nuisible, il diminue la résistance finale du mortier. Dans le cas d'emploi d'un mortier mou, il convient d'augmenter le dosage pour obtenir la même résistance, sauf pour les ciments alumineux pour lesquels cet excès est moins nuisible.

Les mortier de chaux demandent en général plus d'eau que les mortiers de ciment de même les mortiers composé de sable fin exige plus d'eau que ceux composés de sable moyen ou gras.

IV - Caractéristiques et propriétés des mortiers :

1°/ Résistance à l'écrasement :

Elle dépend du liant employé, du dosage, des qualités des composants, de la fabrication même du mortier et de la mise en oeuvre de celui-ci.

2°/ L'adhérence au matériau mis en oeuvre :

Un mortier maigre est beaucoup moins adhérent qu'un mortier moyen ou gras ; il est facile de s'en rendre compte à la seule vue du mortier celui-ci n'a aucun pouvoir adhérent si les grains de sable ne sont pas enveloppés de liant.

Il n'est donc pas possible d'obtenir avec un mortier maigre le monolithisme qui caractérise une bonne maçonnerie. Pour obtenir une parfaite adhérence il convient d'employer un mortier ferme avec des matériaux humides.

3°/ Imperméabilité :

Elle est fonction du liant employé et du dosage. Un mortier contenant moins de liant qu'il ne convient pour remplir des vides du sable ne peut pas être imperméable en raison de son parasite. Par contre un mortier trop riche se rétracte et se fissure laissant de cette façon passer le fluide.

L'imperméabilité d'un mortier dépend donc de la capacité du sable employé et du dosage du liant, il est parfois nécessaire d'adjoindre des produits imperméabilisants appelés hydrofuges.

4°/ Retrait :

Pendant leur prise, puis leur durcissement, les mortiers de ciment subissent un certain raccourcissement de leurs dimensions c'est ce qu'on appelle le retrait.

L'importance du retrait est en rapport avec :

- * Le dosage :

un dosage excessif (mortier trop gras) accentue le retrait et de là, la fissuration.

- * La quantité d'eau de gâchage :

Celle-ci joue un très grand rôle dans la qualité d'un mortier.

- * La qualité du liant :

Un super ciment fait un retrait plus important qu'un liant dont la résistance mécanique est de 160 à 250 bars est un tort de délaissier certains liants au profit de ceux dont la haute résistance mécanique n'est pas en rapport avec les contraintes que subiront les ouvrages.

- * La fabrication du mortier :

Celui-ci doit être mélangé de façon parfaite afin d'obtenir une pâte homogène.

- * Les précautions après la mise en oeuvre :

S'il s'agit de travaux effectués pendant l'été, une déshydratation trop rapide produit un retrait trop brutal et diminue la résistance du mortier, on doit alors le recouvrir et l'humidifier.

Remarque :

L'addition d'un peu de chaux, ayant la propriété de gonfler en faisant sa prise, contre balance le retrait du ciment.

V - Fabrication des mortiers :

1- Fabrication à la main :

Il faut tout d'abord, avec la pelle, mélanger à sec le sable et liant aussi parfaitement que possible et former ensuite au milieu du mélange une cuvette qui recevra l'eau de gâchage. La masse est humectée progressivement puis malaxée à l'aide d'un robot à mortier.

Cependant il faut savoir :

- Que le mélange à sec doit être fait soigneusement pour que le liant soit parfaitement réparti dans toute la masse.

- Que l'eau doit être versée en plusieurs fois, d'abord pour la commodité et la qualité du mélange, ensuite parce qu'il est facile d'ajouter un peu d'eau alors qu'on ne peut pas en enlever.

2- Fabrication mécanique :

La fabrication des mortiers se fait à l'aide des engins appelés bétonnières. Avec certains modèles, le mélange doit être fait à sec, en partie avant l'introduction dans le tambour mélangeur où il est mouillé convenablement. D'autres font elles-mêmes le mélange complet : on introduit soit directement dans le tombeur, soit dans une benne, l'ensemble des éléments constitutifs du mortier. L'opération ne dure que quelques minutes, elle est beaucoup plus rapide et moins pénible qu'à la main.

LES ADJUVANTS

I - Définition :

Une bonne partie des mélanges des béton produits de nos jours contiennent un ou plusieurs adjuvants, ce sont des substances autres que le ciment, l'eau et les granulats, ajoutées au béton, au mortier ou au ciment en vue de changer ou l'améliorer une ou plusieurs de leurs propriétés.

En effet, ces additifs de béton, même s'ils sont habituellement employés en faibles dosages (en général moins de 2 % de la masse du ciment, sauf dans le cas des adjuvants inertes) peuvent changer considérablement la caractéristiques du béton plastique et du béton durci. Toutefois l'utilisation d'adjuvants dans le béton entraîne généralement une augmentation du coût de celui-ci ; on devrait toujours comparer ce coût additionnel avec celui qu'entraînerait une correction dans le processus de mise en oeuvre et de mûrissement, en vue d'améliorer les mêmes propriétés du béton.

II - Catégories et rôle des adjuvants :

1 - Rôle des adjuvants :

Les adjuvants sont toujours incorporés dans la masse et leur emploi, qui nécessite des dosages précis, ne peut être envisagé que sur des chantiers disposant de moyens suffisants pour assurer un contrôle rigoureux.

Il ne faut pas les considérer comme des palliatifs destinés à remédier à une mauvaise exécution, mais comme agents susceptibles d'améliorer les qualités d'un bon béton.

* Leur action est :

- soit mécanique, en modifiant la consistance du mélange.
- soit physique, en agissant sur la tension superficielle des composants.
- soit chimique, en modifiant la vitesse de prise des liants.

* Leurs différents buts :

- améliorer la maniabilité ou la consistance.
- réduire la teneur en eau.
- améliorer la durabilité.
- accélérer la prise et le durcissement.
- améliorer l'imperméabilité.
- améliorer la résistance à l'abrasion.

- réduire le retrait de la pâte.
- produire une expansion.
- réduire le ressuage.
- améliorer l'adhésivité d'un nouveau béton sur un ancien.
- diminuer la chaleur d'hydratation.
- améliorer la résistance aux attaques chimiques.
- produire une teinte ou une couleur.

2 - Les différentes catégories d'adjuvants :

Le critère permettant leur classement est le résultat de leur action et l'on distinguera :

2-1- Les plastifiants :

Comme son nom l'indique, le plastifiant peut être soit des poudres ou farines très fines qui ont pour rôle essentiel d'améliorer la plasticité du béton et par conséquent de faciliter sa mise en place. Certains plastifiants permettent de réduire la quantité d'eau de gâchage ce qui entraîne une amélioration des performances du béton.

On distingue les différents : poudres et farines très fines qui ont essentiellement une action mécanique et complétant la granulométrie du béton en rendant le mélange plus onctueux. On peut citer par exemple : la chaux grasse, la bentonite, le kieselguhr (sable siliceux), les pouzzolanes très fines ; employés à raison de 2 à 3 % du poids du ciment.

L'inconvénient de ces farines est qu'elles exigent pour leur propre mouillage un supplément notable d'eau de gâchage, ce qui risque d'accroître le retrait.

Mentionnons en outre les superplastifiants permettent de produire des bétons très fluides (de 150 à 220 mm d'affaissement) sans qu'on ait affaire à des problèmes majeurs de ressuage, de ségrégation ou de perte de résistance. Ils peuvent aussi être utilisés pour la fabrication de bétons de haute résistance, ces bétons ont un affaissement normal mais leur teneur en eau est sensiblement réduite.

2-2- Les fluidifiants :

Poudres ou farines qui ont une action physico-chimique et abaissent en particulier la tension superficielle entre l'eau et les corps solides.

Ils facilitent donc le mouillage des grains de sable et de ciment et diminuent leur tendance à s'agglutiner les uns aux autres. La mobilité accrue des grains facilite la mise en place du béton et le dosage en eau peut être réduit de 10 à 12 %.

Les fluidifiants sont souvent à base de lignine (extraite du bois) ; les dosages d'emploi varient de 0,5 à 1 % du poids du ciment.

Certains fluidifiants ont un effet retardateur de prise, il est alors nécessaire de veiller particulièrement à la dose prescrite et à la bonne répartition du produit dans la masse.

2-3- Les entraîneurs d'air :

Ce sont des produits tensioactifs, ils facilitent la formation de fines bulles d'air dans la masse du béton frais. Ces bulles tout le diamètre $\varnothing \leq 100$ μ m jouent le rôle de billes très fines et rendent ainsi le béton plus maniable, ce qui permet de réduire la quantité d'eau de gâchage en même temps qu'elles s'intercalent dans les réseaux capillaires en créant des tensions qui augmentent la cohésion du béton des tensions qui augmentent la cohésion du béton frais, diminuant ainsi le risque de ségrégation au cours de transport et une meilleure cohésion du béton (coffrage en pente, décoffrage rapide).

La présence de 4 à 6 % (du volume de béton) d'air finement réparti dans le béton améliore sa résistance au gel (l'air compressible permet à l'eau de s'exposer en glace sans faire éclater le béton) et son imperméabilité car elle entrave l'écoulement de l'eau.

Les entraîneurs d'air sont en général à base de résines ou d'huiles et se présentent sous forme de poudre ou de solutions à mélanger à l'eau de gâchage. Le dosage à employer est faible et se situe entre 0,1 et 0,5% du poids du ciment. Il est préférable d'en préparer d'avance, en solution bien homogénéisée, par grandes quantités (200 litres par exemple). Leur emploi est très délicat.

- Leur excès peut entraîner une chute importante de la résistance mécanique, le volume d'air entraîné qui doit être compris entre 3 et 5 % du volume du béton et varie pour un même dosage, suivant la température d, la nature du sable et l'intensité du malaxage.
- Il a lieu de procéder en cours d'exécution à la mesure de l'air exclu sur des échantillons de béton frais.
- Enfin il faut que la vibration du béton soit modérée pour éviter une agglomération et une remontée des bulles d'air.
- Ils conviennent surtout à des ouvrages des caractéristiques mécaniques moyennes et surtout à des bétons qu'il a lieu de réaliser très mous, fluides.

2.4. Les réducteurs d'eau :

Les adjuvants réducteurs d'eau sont des produits qu'on emploie soit pour obtenir une résistance donnée avec un dosage en ciment plus faible, soit pour augmenter affaissement d'un béton sans avoir augmenter sa teneur en eau. La diminution possible de la teneur en eau est généralement de 5 à 10 %. Plusieurs produits de ce type retardent quelque peu la prise du béton. Les réducteurs d'eau entraînent aussi une faible quantité d'air dans le béton et ils peuvent améliorer considérablement d'efficacité des agents entraîneurs d'air lorsqu'ils sont utilisés en même temps que ceux-ci. Ils peuvent, de plus, réduire les risques de ressuage et de ségrégation.

2-5- Les retardateurs de prise :

Ce sont des produits qui permettent d'allonger la période de temps durant laquelle le béton reste plastique et maniable. On peut citer les phosphates, les sulfates (en particulier le gypse ajouté au ciment au stade de sa fabrication) et les sucres connus retardateurs.

Les principaux usages des retardateurs sont les suivants :

- Pour des bétons mis en place par pompage, ou transportés sur des longues distances ou dans une circulation encombrée.
- Pour des ouvrages où l'on désire éviter l'affaiblissement que représentent les reprises de bétonnage.
- Pour le bétonnage par temps chaud ou en grande masse, afin d'étaler dans le temps le dégagement de la chaleur d'hydratation.
- En surface de certains panneaux préfabriqués, pour permettre le délavage de la couche superficielle de ciment et laisser apparaître les agrégats, dans un but décoratif.

L'emploi des retardateurs est particulièrement délicat, car leur dosage doit être très précis et très homogène ; un excès localisé de produit peut en effet arrêter la prise et en provoquer des accidents graves. De plus leur emploi permet une diminution la teneur en eau du mélange, ce qui réduit les possibilités de ressuage et de ségrégation. La résistance à très court terme (durant les 24 premières heures) les généralement réduite, mais à long terme, on enregistre des résistances mécaniques supérieures.

2-6- Les accélérateurs de prise :

Les adjuvants accélérateurs de prise peuvent être employés avantageusement dans plusieurs cas, par exemple, vouloir réduire la durée de mûrissement d'un béton soit pour permettre l'enlèvement des coffrages plus tôt, soit pour accélérer la mise en service de la structure. Une autre utilisation très courante est pour le bétonnage d'hiver où l'emploi d'un tel adjuvant permet de contre carrer partiellement le ralentissement de la réaction d'hydratation occasionné partiellement les basses températures. Le chlorure de calcium est l'adjuvant de ce type le plus couramment utilisé, habituellement dans des concentrations de 0,5 à 2 % de la masse du ciment. Toutefois, le chlorure de calcium augmente les risques de corrosion de l'acier d'armature et de la précontrainte en raison de la sensibilité de l'acier dur. Ainsi, les agents accélérateurs de prise provoquent souvent une augmentation du retrait et des risques de fissuration du béton.

2-7- Les antigels :

Ce sont des adjuvants complexes qui font fonction à la fois de plastifiants, des entraîneurs d'air et des accélérateurs de durcissement (ou de prise). Ils permettent donc de bétonner dans les meilleures conditions possibles en période d'hiver.

Grâce aux plastifiants, il devient possible de réduire l'eau de gâchage tout en améliorant les conditions de mise en place. L'air entraîné permet à l'eau incluse dans le béton de geler éventuellement sans faire éclater le matériau. L'accélérateur permet à une vitesse normale, malgré la baisse de température.

Il faut observer les mêmes précautions que pour les adjuvants de base, vérifier par ailleurs les risques de corrosion.

2-8- Les hydrofuges de masse :

Ce sont des poudres ou des liquides qui confèrent aux bétons des mortiers, des propriétés

anti-mouillantes, s'opposant ainsi à la pénétration de l'eau dans les pores. Ils sont à base de sels minéraux et de savons ou d'albuminoïde ou de protéines.

Les hydrofuges de masse, lorsqu'ils possèdent des propriétés plastifiantes ou lorsqu'ils sont associés à des plastifiants, conduisent également à une augmentation de la compacité et par conséquent à une diminution des perméabilités à l'eau.

Certains hydrofuges peuvent provoquer une baisse sensible de la résistance du béton, ou une augmentation de retrait.

2-9- Autres adjuvants :

En utilise quelque fois des colorants dans le béton ou le mortier pour leur donner une teinte particulière, à cette fin, on emploie habituellement des pigments minéraux en fine poudre (oxydes et autres sels de cuivre, fer, cobalt, ...etc.). Les agents d'expansifs permettent une augmentation du volume de la pâte de ciment, avec des dosages élevés, on produit des bétons ou des mortiers alvéolaires, dans lesquels on retrouve une forte proportion de vides, avec des dosages assez faibles, l'expansion peut compenser le retrait dû au séchages.

Les agents adhésifs permettent d'améliorer considérablement l'adhésivité d'un nouveau béton à un ancien. Les produits, à base de latex ou de résines polymères, sont particulièrement utiles lorsqu'on effectue des travaux de réparation. Les adjuvants imperméabilisants produisent des bétons étanches, moins perméables, qui pourront être utilisés pour des ouvrages hydrauliques. On ajoute parfois de la poudre d'acier dans les bétons qui serviront à la fabrication de plancher de bâtiment industriels. En effet, cet adjuvant améliore sensiblement la résistance du béton à l'abrasion et aux chocs.

III - Normes, dosage et efficacité des adjuvants :

Le catalogue des normes marocaines homologuées dans le secteur BTP donne les spécifications et les méthodes d'échantillonnage et d'essai des adjuvants, ils sont regroupés de la façon suivante :

- * NM 10-1-108 : Essais des adjuvants pour mortier et béton : Influence du froid sur le comportement au stockage.
- * NM 10-1-106 : Essais des adjuvants pour mortiers et bétons : contrôle de la résistance au gel des antigels.
- * NM 10-1-104 : Essais des adjuvants pour mortiers et bétons : masse volumique.
- * NM 10-1-100 : Essais des adjuvants pour mortiers et béton pouvoir moussant.
- * NM 10-1-101 : Essai des adjuvant pour mortier et béton pouvoir réducteur.

La majorité des adjuvants pour béton viennent sous forme liquidé, soit en solution aqueuse, soit à l'état d'émulsion, cela permet une meilleure dispersion de adjuvant à travers le mélange et, par le fait même, une meilleure homogénéité du béton.

La façon de doser les adjuvants est généralement fonction de la nature de ceux-ci, les adjuvants minéraux employé en poudre sont dosés par masse, on exprime alors le dosage en kilogramme d'adjuvants par mètre cube de béton à produire. On dose les adjuvants liquides

par volume et on exprime habituellement le dosage en millimètres par 100 kilogrammes de ciment. Les manufacturiers adjuvants fournissent pour leur produit les dosages recommandés toute fois, ces valeurs sont approximatives et il vaut mieux déterminer expérimentalement pour le mélange de béton qu'on utilise le dosage optimal c'est à dire celui qui donne le meilleur rapport efficacité/coût. Le moment où on introduit l'adjuvant dans le mélange inclue ses effets. L'adjuvant peut être introduit en même temps que les granulats, le ciment ou l'eau, on encore après que tous ingrédients aient été malaxés ensemble lorsqu'on en remplit dans un mélange de béton deux ou plusieurs adjuvants, ceux-ci doivent dans certains cas, être introduits suivant un ordre précis, par exemple, les agents accélérateurs de prise sont habituellement ajoutés en tout dernier lieu à ce sujet, il est préférable de se fier aux recommandations du fabricant.

Lorsqu'on détermine le dosage optimal d'un adjuvant, on doit aussi tenir compte des effets négatifs ou indésirables que peut avoir un tel produit, par exemple, la poudre d'alumine un agent expansion est généralement ajouté en faible quantité (moins de 1% de la masse du ciment), pour produire une légère expansion de la pâte de ciment, pour contre, lorsqu'on veut une expansion plus importante, c'est à dire avec des dosages plus élevés de cette substance, il y a une diminution très considérable de la résistance et de la durabilité .

Plusieurs autres facteurs modifient l'efficacité des adjuvants pour exemple, le malaxage doit être assez long pour permettre la dispersion du produit et l'homogénéité du mélange. La température du béton, son affaissement, le dosage en ciment du mélange, les caractéristiques des granulats et les conditions de transport et de mise en place constituent autant de facteurs qui peuvent améliorer ou le plus souvent diminuer l'efficacité des adjuvants.

3 - EMPLOI D'ADJUVANTS

Il conviendra d'employer un adjuvant (plastifiant ou fluidifiant) lorsqu'on cherchera à atteindre une résistance assez élevée tout en conservant une plasticité suffisante (voir exemple béton normal $D = 25 \text{ mm}$).

Il conviendra alors de suivre scrupuleusement les indications données par le fabricant de l'adjuvant car il peut se faire qu'une certaine dose fournissant des résultats favorables, une dose plus forte entraîne une diminution de la qualité du béton ; il est rappelé que le dosage en eau s'en trouve alors diminué en plaçant le point D' sur la droite "Dosage en eau avec adjuvant".

4 - CONCLUSION

Il doit être bien entendu que cette méthode n'est qu'approximative et a pour seul but de trouver une solution approchée qui sera précisée en fonction des nécessités du chantier, ce qui ne veut pas dire que l'on se bornera à ajouter de béton en s'inspirant des principes exposés dans la présente notice le but recherché : "qualité-sécurité" sera atteint.

BETON ET BETON ARME

I- Propriétés générales des bétons

Un béton est un mélange intime de granulats inertes, de liants hydrauliques et d'eau qui, après sa mise en oeuvre, durcit dans l'eau ou dans l'air, grâce au liant qu'il contient.

Les liants hydrauliques sont des produits industriels normalisés, ce qui signifie que leurs performances doivent correspondre à des exigences précises.

Au contraire, les granulats, cailloux, gravillons et sables sont des matériaux naturels. Leurs forme, granularité, propreté, couleur, densité, dureté, varient d'un point à un autre du territoire, de sorte que les qualités d'un béton ne dépendent qu'en partie de celles du liant ; elles peuvent être gravement altérées par les défauts éventuels des granulats ou le mauvais emploi qui en est fait.

1.1- Ouvrabilité

L'ouvrabilité caractérise l'aptitude d'un béton à remplir les coffrage et à enrober les armatures convenablement et facilement.

La pratique déplorable, mais malheureusement courante, consistant à ajouter de l'eau exagérément en croyant améliorer d'autant plus l'ouvrabilité que le béton sera plus liquide, ne peut aboutir à un bon résultat parce, comme on l'expliquera ci-dessous, la résistance du béton est fonction du rapport poids de ciment.

poids d'eau

En conséquence, le fait d'ajouter de l'eau (en quantité appréciable, s'entend) devrait toujours être compensé par un rajout de ciment si l'on ne veut pas diminuer la résistance. Il faut donc savoir mesurer cette ouvrabilité, ne serait-ce que pour appuyer sur des bases précises l'évaluation que le praticien peut en faire par observation directe dans la bétonnière.

La méthode du Cône d'Abrams, du Cône de celui qui l'a vulgarisée, est à la portée de tous les utilisateurs ; c'est celle dont on se sert pour vérifier l'ouvrabilité des livraisons de béton prêt à l'emploi.

1.2- Mesure de la plasticité au cône d'abrams (ou slump test)

L'appareil est constitué par un tronc de cône en tôle muni de deux poignées. Il est aisé de confectionner un tel cône, dont les dimensions normalisées et indiquées sur la figure doivent être respectées.

Le processus de mesure est lui aussi normalisé. Il est le suivant lorsqu'il est effectué dans les laboratoires de contrôle. Après avoir posé le cône sur une surface bien plane, on le remplit avec le béton à essayer en quatre couches de même épaisseur (7,5 cm, environ) tassées avec une tige d'acier de 16 mm de diamètre à raison de 25 coups par couche.

On enlève ensuite le moule avec précaution et en faisant, si nécessaire, tourner légèrement le moule autour de son axe. L'affaissement du béton qui en résulte, mesuré en centimètres exprime sa maniabilité.

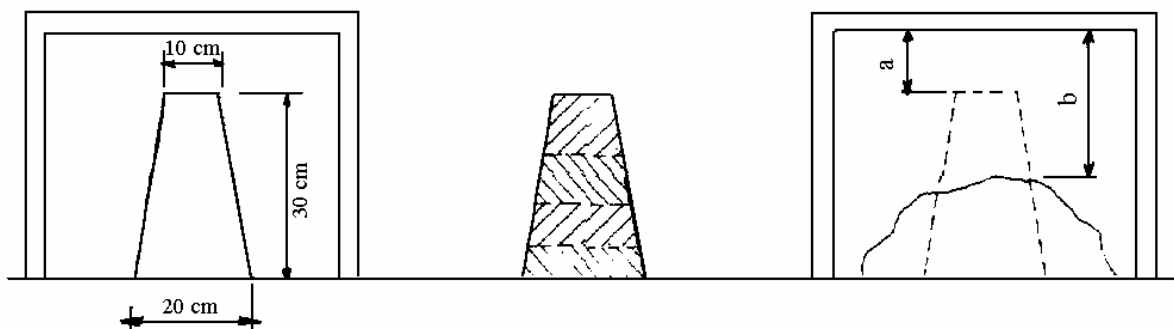
Pour effectuer cette mesure, on se sert d'un petit portique enjambant le tas de béton affaissé dont la hauteur est égale à celle du cône. Si l'aire est suffisamment grande et plane est si les deux bases du tronc de cône sont bien parallèles, on peut se contenter d'appuyer une règle sur la partie supérieure de celle-ci.

On peut classer comme suit les qualités d'ouvrabilité (plasticité) du béton en fonction de l'affaissement au cône :

Qualité du béton	Affaissement
Béton très ferme	0 à 2 cm
Béton ferme	3 à 5 cm
Béton mou	6 à 8 cm
Béton très mou	13 à 16 cm
Béton "soupe"	supérieur à 16 cm

Il est préférable d'effectuer l'opération trois et de prendre la moyenne. Il arrive quelquefois que le cône s'effondre complètement pour des affaissements supérieurs à 10 cm ; il convient alors de renouveler l'opération , mais en démoulant très lentement.

Si l'affaissement est supérieur à 16 cm, le béton est en général liquide et la mesure au cône n'a plus de sens.



à gauche : Cône d'Abrams et son portique
au centre : Remplissage du cône en quatre couches
à droite : Mesure de l'affaissement = $b - a$

1.3- Relations entre compacité, ouvrabilité et caractéristique finales d'un béton.

Le but poursuivi lors de préparation d'un béton est évidemment de lui assurer avec une certaine marge de sécurité la résistance désirée, en même temps que l'ouvrabilité convenable pour sa mise en place.

La quantité d'eau de gâchage destinée à assurer les combinaisons chimiques qui provoque le durcissement d'un mélange de liant hydraulique est d'eau était très inférieure à celle que nécessite la confection d'un béton avec ce liant. En effet, le fait d'ajouter des granulats à une pâte pure de ciment, exige une certaine quantité d'eau supplémentaire pour leur mouillage. La composition d'un béton doit donc concilier ces deux tendances contraires: d'une part, mettre le moins d'eau possible dans le béton pour obtenir une bonne résistance, et, d'autre part, mettre suffisamment d'éléments fins (parties fines du sable et liant) et d'eau pour obtenir un béton assez plastique afin de remplir complètement les moules et d'enrober parfaitement les armatures lorsqu'il y en a.

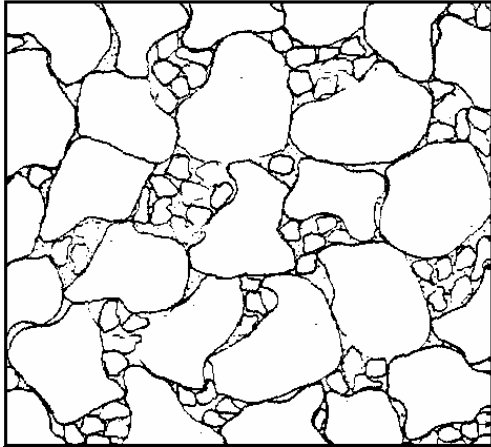


FIGURE 1

Ce béton comporte le maximum possible de gros éléments se touchant. Entre eux ne peuvent trouver place que des éléments dont la grosseur moyenne n'est que de l'ordre de 1/5 de celle des premiers. Cette granulométrie discontinue assure théoriquement une compacité et une résistance maximales, mais les frottements entre gros éléments sont tels que les défauts de mise en place réduiraient cette résistance (1)

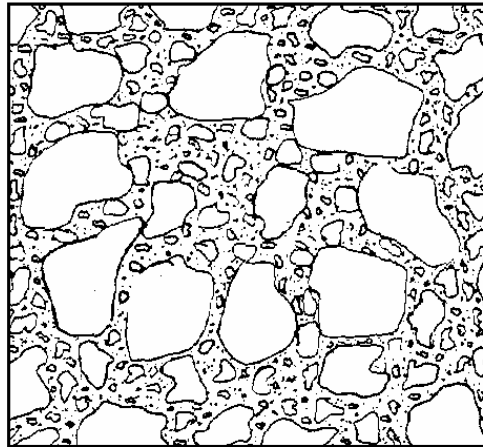


FIGURE 2

Ce béton contient les mêmes gros éléments qu'en fig. 1, mais séparés par des grains de toutes grosseurs. Cette granulométrie continue donne une compacité et une résistance théorique inférieure, mais le béton bien maniable permettra un remplissage des moules et un enrobage des armatures complets. La résistance dans l'ouvrage se trouvera supérieure à celle obtenue par le béton plus compact (1).

La résistance à la compression d'un béton contenant suffisamment de liant croît avec sa compacité.

La compacité est le rapport entre le volume absolu (ou plein) des éléments solides et le volume apparent du béton qu'ils constituent.

Au fur et à mesure que s'accroît la compacité (fig.1) les frottements entre les grains de granulat augmentent et l'ouvrabilité diminue, de sorte qu'un béton très compact, théoriquement susceptible de donner la plus forte résistance peut se révéler moins satisfaisant en pratique qu'un béton un peu moins compact mais plus maniable, donc susceptible de se mettre en place sans laisser de vides (fig.2)

1.4 - Avantages d'une bonne compacité

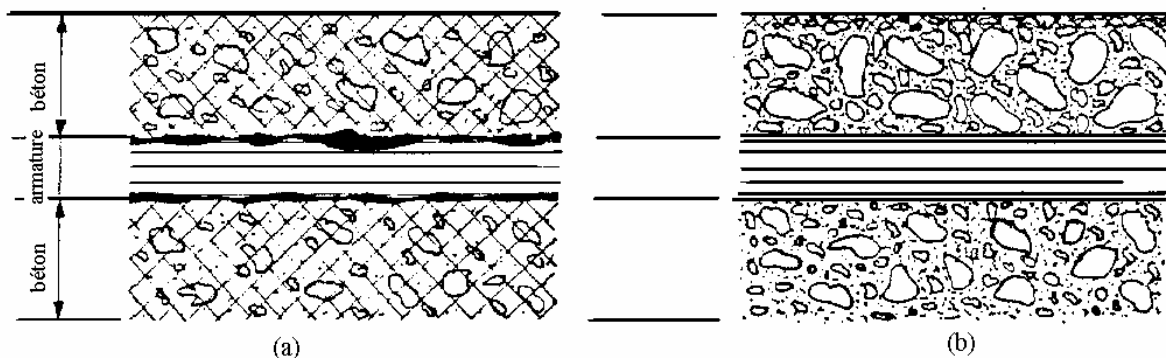
La bonne compacité d'un béton présente par elle-même les avantages suivants :

- Moins il existe de vides dans le béton (en dehors des inévitables capillaires) accessibles à l'air, moins sa dessiccation est rapide. La protection du béton contre la dessiccation qu'on appelle "cure du béton" est ainsi plus facile à assurer dans de bonnes conditions. Rappelons, en effet, que les phénomènes physiques et chimiques qui provoquent la prise et le durcissement du ciment nécessitent qu'une humidité régulière soit maintenue dans toute la masse du béton, on diminue la tendance à la fissuration.
- Si un béton est plongé dans un liquide agressif : eau pure, eaux séléniteuses, eau contenant des acides organiques, etc., l'attaque qu'il subit est évidemment beaucoup plus lente si elle n'intéresse que sa surface extérieure au lieu de s'étendre à de nombreuses zones intérieures du massif grâce aux vides traversant un béton peu compact.

– Si on recherche l'étanchéité (réservoir), une fuite locale appréciable, conséquence probable d'une mauvaise compacité, ne se bouchera jamais d'elle-même ; au contraire, un léger suintement réparti par se colmater par un processus analogue à la formation des stalactites dans les grottes (à la partie supérieure dissolution de la chaux libérée par la prise du ciment ou du carbonate de calcium auquel elle a donné naissance- dépôt de carbonate de calcium à la face inférieure qui obture les capillaires).

Dans le cas du béton armé, une bonne compacité est indispensable pour protéger les armatures contre l'oxydation : en effet, le ciment portlant dégage de la chaux au cours de son durcissement.

L'acier est protégé contre l'oxydation tant qu'il est baigné par cette chaux ; mais si elle se carbonate au contact de l'air pour revenir à l'état de carbonate de calcium (calcaire), l'acier redevient vulnérable. En retardant cette carbonatation, une forte compacité assure la protection des armatures.



- a) Béton armé manquant de compacité. L'air circulant dans le béton a rapidement carbonaté la chaux qu'il contenait : L'acier n'est plus protégé et rouille, notamment aux points où il est en contact avec l'air.
- b) Béton armé compact. La carbonatation progresse lentement et n'intéresse qu'une faible profondeur à partir de la surface. Les armatures sont protégées.

1.5 - Résistance à la compression et à la traction

Une bonne résistance à la compression (ou à l'écrasement) est la qualité recherchée en premier lieu pour le béton durci, mais on verra ci-dessous que des inconvénients d'un autre ordre peuvent résulter d'une recherche à tout prix d'une forte résistance.

La résistance à la compression de différents bétons présentant des ouvrabilités voisines augmente avec la valeur du rapport $\frac{\text{poids de ciment}}{\text{poids de l'eau}}$ contenu dans ce béton. Le poids d'eau intervenant est le poids total, c'est-à-dire l'eau dite de gâchage qui est celle que l'on met effectivement dans la bétonnière plus celle contenue naturellement dans les granulats, le sable notamment.

1.6 - Retrait

Le retrait est la diminution de longueur d'un élément en béton. Il se développe au cours de la prise et du durcissement.

Le béton fraîchement coulé peut subir un premier retrait dit "avant prise", causé par l'évaporation d'une partie de l'eau qu'il contient et non imputable au ciment, même "frais" ; il peut en résulter des fissures avant la fin de la prise. Ce phénomène est analogue à celui qui se produit sur une flaque de boue se desséchant au soleil dont la surface se craquèle en hexagones plus ou moins réguliers. Le remède est évidemment de s'opposer au départ de l'eau par tous les moyens : bonne granularité, protection contre la dessiccation, notamment par utilisation d'un produit de cure.

Après la prise, interviennent successivement le retrait thermique et le retrait hydraulique.

Le retrait thermique provient de la diminution de longueur, consécutive au retour à la température ambiante du béton dont le durcissement s'est produit alors qu'il n'avait pas encore dissipé la chaleur due à la prise du ciment.

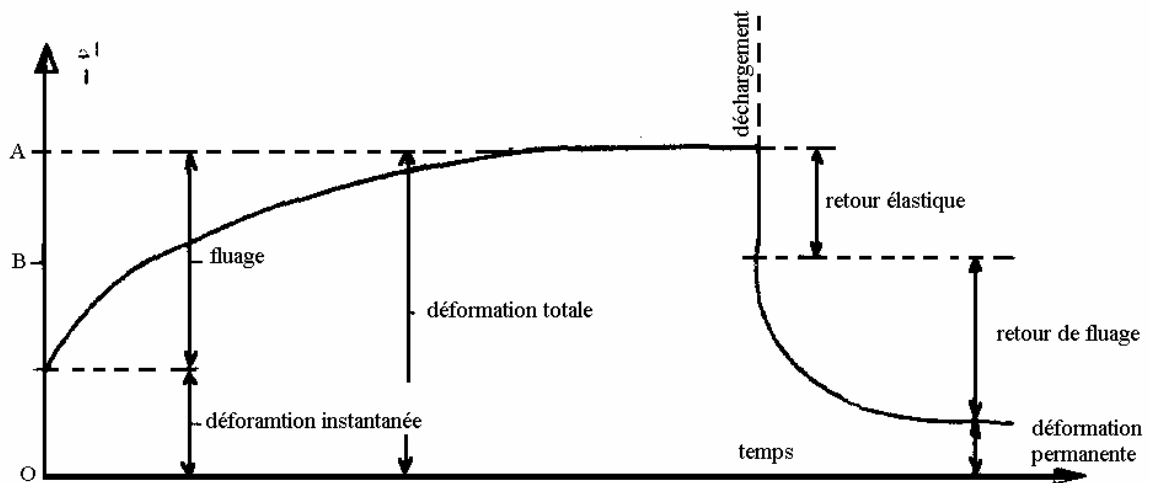
Le retrait hydraulique résulte de ce que le volume des composants du ciment est légèrement diminué par l'hydratation. Il est de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ (1 mm par mètre) pour une pâte pure.

Ce phénomène, d'abord rapide, se poursuit de plus en plus lentement et peut durer des années. Du fait que la pâte de ciment est mélangée à des granulats (mortier ou béton), son raccourcissement n'affecte que les joints qui les séparent. Donc, moins il y a de joints, moins important sera le retrait du béton, c'est-à-dire que celui-ci diminue lorsque la dimension des gros granulats augmente. En moyenne, ce retrait atteint, après une durée variable, une valeur de l'ordre $\frac{4}{10000}$ (4 dixièmes de millimètre pour un mètre). Il augmente avec le dosage en ciment et en général avec sa finesse de mouture laquelle d'augmente sa résistance. C'est pourquoi le retrait s'accroît en général avec la classe de résistance du ciment. Il diminue lorsque le durcissement du béton s'effectue en atmosphère humide.

1.7 - Fissuration

C'est la manifestation visible sur un élément de construction en béton de certains des comportements examinés ci-dessus : évolution de la résistance à la traction et retraits de diverses natures tendant à se produire alors que, du fait de son incorporation dans une construction, cet élément ne peut évoluer librement.

C'est le fluage qui impose l'étalement des planchers en béton armé après décoffrage, alors que la résistance atteinte à ce moment est suffisante pour qu'ils puissent supporter leur propre poids. A défaut de cette précaution, le plancher continuerait à fléchir et ne se stabiliserait qu'au bout de temps très long.



Toutefois, le fluage, qui se produit pendant très longtemps, permet aux constructions de s'adapter aux efforts qu'elles subissent et constitue en quelque sorte un remède naturel contre la production de fissures.

-

II - Diverses sortes de bétons

La composition d'un béton ne pouvant résulter que d'un compromis entre la recherche d'une qualité déterminée et l'obligation d'accepter un minimum d'inconvénients qui en dérivent, les conditions auxquelles doivent satisfaire les bétons en fonction d'un certain nombre d'usages courants sont examinées ci-dessous.

1 - BETON ORDINAIRE

On entend par - là un béton ne recevant que des efforts assez faibles ou agissant par son poids propre et dont les plus gros granulats ont un calibre faible par rapport à la plus petite dimension de l'ouvrage : ainsi, par exemple, un béton de cailloux dont les plus gros éléments atteindraient 60 mm, qui servirait à la construction d'un mur de soutènement de 0,50 m d'épaisseur. Dans un tel ouvrage, on compte surtout sur la masse du béton pour résister à la poussée des terres et non pas tellement sur sa résistance propre.

Si un béton de ce type n'a pas à faire face à des conditions particulières (présence d'eau, éventuellement agressive, usure par frottement, points d'ancrage, etc.), on peut admettre des tolérances assez larges du point de vue de la compacité. Avec des cailloux, le dosage est de l'ordre de 250 kg de ciment /m³ et, avec du gravillon, 300 kg/m³. Le ciment à utiliser est de la classe 325 au plus. Rappelons qu'il est préférable, dans ce cas, d'utiliser une plus grande quantité de ciment d'une classe de résistance inférieure. La compacité, l'ouvrabilité et la résistance aux agents agressifs ne peuvent qu'un gagner. L'affaissement au Cône d'Abrams peut varier de 5 cm pour du béton damé et descendre jusqu'à 10 cm pour du béton coulé lorsque une plus grande facilité de moulage est nécessaire.

On peut rattacher à cette catégorie les bétons dits "maigres" visant :

- Le simple remplissage de volumes ne concourant pas à la stabilité des constructions mais pour lesquels un simple remblaiement en sable ou terre ne serait pas admissible en raison des tassements probables.
- La mise en état de propreté d'un fond de fouille peu résistant , de manière à permettre la circulation des ouvriers exécutant par exemple le montage des armatures du béton armé de fondation. En cas de fouille dans des sables propres et graveleux, on pourra aller jusqu'à employer sur place le sable tout venant, ce qui est formellement prohibé pour le béton de structure.

Suivant les cas d'espèce, le dosage pourra même descendre jusqu'à 150 kg de ciment par m³ de béton.

2 - BETON ARME

Le béton de gravillon destiné à cet emploi doit s'adapter à diverses conditions :

2.1 - Dimensions du granulat

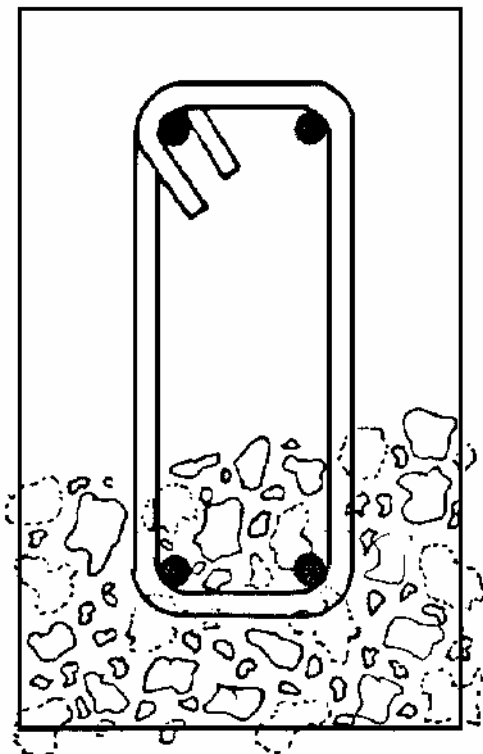
Les dimensions des pièces en béton armé sont en général faibles et la présence d'armatures nécessite que le calibre du gravillon ne dépasse pas le quart de la plus petite dimension de la pièce et les $\frac{3}{4}$ de la plus petite distance séparant deux armatures ou une armature et le coffrage lorsqu'il n'est prévu pour la mise en place qu'une vibration faible ou même un simple piquage.

2.2 - Distance entre coffrage et armature

La distance minimale à respecter entre le coffrage et une armature doit être au moins égale au diamètre nominal de celle-ci (c'est-à-dire le diamètre par lequel est désignée l'armature dans les barèmes et factures, compte tenu de ce que les aciers à haute adhérence n'ont pas de diamètre géométriquement déterminé).

En outre, cette distance comptée à partir des étriers entourant l'armature ne doit pas être inférieure.

- 10 mm dans les locaux couverts et clos non exposés aux condensations.
- 20 mm pour les parements exposés aux intempéries ou condensations.
- 40 mm pour les parements exposés aux embruns et brouillards salins.



Cette figure représente un béton destiné à une grosse pièce peu ou pas ferraillee (gravillons dessinés en traits pleins et pointillés et, en surpression la section d'une poutre en béton armé. Les gravillons figurés en pointillés sont ceux qui empiètent sur les coffrages et les armatures et qu'il faudrait enlever aussi un peu de mortier correspondant aux parties d'armatures autres que celles qui se superposaient partiellement aux gravillons enlevés. Il se produirait aussi un réarrangement des gravillons restants, mais au total, le rapport $\frac{\text{gravillon}}{\text{mortier (sable)}}$ serait

diminué. Donc, plus une pièce en béton armé est petite et ferraillee, plus il faut diminuer le diamètre des plus gros gravillons, mais plus aussi il faut augmenter la proportion de mortier (sable)

2.3 - Effet de paroi

La présence d'armatures souvent serrées et les dimensions assez modestes en général des pièces de béton armé font intervenir un phénomène appelé "effet de paroi" qui exige que l'on introduise d'autant moins de gravillon dans le béton que la pièce est de faible dimensions et que le ferrailage y est plus serré.

La figure explique cette nécessité.

2.4 - Résistance à la compression

On sait que le principe du béton armé consiste à utiliser au mieux les qualités mécaniques respectives du béton et de l'acier : ce dernier résiste bien aux efforts de traction (partie inférieure des poutres posées sur deux appuis et soumises à une flexion) alors que le béton, qui possède une bonne résistance à l'écrasement, supporte les efforts de compression à la partie supérieure de la poutre. La résistance à l'écrasement du béton est donc ici primordiale.

Tableau de résistances caractéristiques F_{c28} en fonction du ciment et du dosage

Classe ciment		45 et 45 R		55 et 55 R	
Conditions de fabrication du béton		CC	AS	CC	AS
F_{c28}	F_{t28}				
16 MPa	1,56 MPa	300 kg/m ³			
20	1,80	350	325	325	300
22	1,92	x	350	350	325
25	2,10	x	400	375	350

CC : Conditions courantes de fabrication des bétons

AS : Avec auto-contrôle surveillé

x : Cas à justifier par une étude appropriée.

Le dosage normal du béton armé est 350 kg de ciment par m³ de béton. La plasticité mesurée au Cône d'Abrams peut varier de 6 cm pour des pièces d'assez fortes dimensions et peu ferraillées à 15 cm pour des pièces minces ou très ferraillées dans lesquelles la pénétration du béton est difficile et suivant la méthode de mise en place.

3 - BETONS POUR DALLAGES

Une prochaine notice technique sera réservée à cette question. Néanmoins, les caractéristiques du béton convenant à ces ouvrages peuvent être précisées dès maintenant.

Le dosage à utiliser est de l'ordre de 300 kg de ciment portlant 45 ou ciment portlant de fer ou ciment au laitier et à la pouzzolane avec 800 litres de gravillons 5/20 et 450 litres de sable. La quantité d'eau doit être juste suffisante pour que le dosage puisse être effectué sans reflux latéral du béton et avec obtention d'une surface fermée. (Soit un affaissement au Cône d'Abrams de 5 cm environ).

4 - BETONS CAVERNEUX

Le béton caverneux est un béton dans lequel on réserve volontairement des vides dont l'importance globale est de l'ordre de 30% mais qui, individuellement, doivent être aussi gros que possible. Ils répondent à certaines préoccupations particulières :

- Diminution de la conductibilité thermique du béton (de l'ordre de 1/3, mais au prix d'une certaine diminution de l'isolation phonique).
- Diminution de la quantité de matériaux nécessaires.

- Diminution du poids (dentiste environ 1,9 à 2 au lieu de 2,3 à 2,4).
- Diminution de la porosité.

Cette dernière qualité nécessite quelques éclaircissement : il est évident qu'un tel béton, qui renferme des vides importants et communiquant entre eux est perméable, c'est-à-dire qu'il peut être traversé par un liquide ; on fait de cette manière des dalles supportant le sable utilisé pour la fabrication des eaux. Par contre, l'eau baignant un morceau de béton caverneux à sa partie inférieure ne s'élève pas à l'inférieur de ce béton, alors qu'un béton imperméable mais poreux (c'est-à-dire ne comportant que des canaux capillaires) aspire l'eau. C'est par ce mécanique que les vieux murs construits en matériaux poreux absorbent l'eau du sous-sol.

Un mur construit en béton caverneux doit être protégé par un enduit étanche pour éviter la pénétration de la pluie, mais il s'opposera aux remontées d'humidité.

Le béton caverneux est composé de granulats aussi réguliers que possible en forme et en diamètre, de cailloux ou gravillons, pourvu que leur calibre ne dépasse pas le 1/6 de l'épaisseur de l'ouvrage à construire (comme on cherche à créer un vide maximal, des sphères de même diamètre donneraient théoriquement la meilleure solution), d'un peu de sable et de ciment. Le dosage en ciment portland doit être aussi faible que possible et ne devrait pas dépasser 275 kg. La quantité d'eau ne peut être précisée ; elle est à déterminer par essais successifs de manière à obtenir un enrobage correct de tous les agrégats par une pâte de ciment bien onctueuse pour les coller suffisamment les uns aux autres au voisinage de leurs points de contact, tout excès étant susceptible d'entraîner un égouttage de la pâte de ciment des parties supérieures avec obturation des vides à la partie inférieure.

Cette technique peut présenter un certain intérêt dans des bâtiments destinés à l'élevage de bétail lorsqu'il y a lieu de la préserver du froid et de l'humidité. Son intérêt serait accru par l'utilisation de granulats légers naturels ou artificiels qui permettent également d'augmenter l'isolation thermique.

III - Préparations du béton

1 - GENERALITES

Sur les chantiers moyens ou petits où prépare le béton sur place, la composition du béton est encore le plus souvent affaire de routine.

Le mélange effectué avec une brouette de 80 litres à raison de brouettes de gros granulat et 5 de sable plus le nombre de sacs de ciment correspondant au dosage adopté-généralement entre 25 et 40 kg au m³ - représente, en principe, la composition passe-partout : 800 litres de gravillon pour 400 litres de sable, plus 7 à 8 sacs de ciment pour un mètre cube de béton mis en place par piquage. Quant à l'eau, elle est ajoutée "à l'oeil", si en fait varier son volume sans modifier dans la même proportion le dosage en ciment, on modifie du même coup la résistance à la compression puisque le rapport $\frac{C}{E}$ ne reste pas constant.

D'autres causes d'erreurs interviennent couramment, telles que :

- non arasement des brouettes dont la contenance correspond à un chargement arasé suivant le haut des côtés,
- foisonnement important du sable pour des teneurs en eau de 3 à 5 % en poids amenant un sous dosage de cet élément,
- influence du diamètre du plus gros granulat, la quantité d'éléments fins (sable + ciment) devant diminuer lorsque ce diamètre augmente,
- forme du gros granulat (roulé ou concassé).

Une composition précise des bétons ne peut être exprimée qu'en poids, ce qui implique l'emploi de bascules pour la mesure des granulats. Si certains utilisateurs ne peuvent pas en général employer un tel matériel, en raison de son prix, le dosage en volumes qu'ils pratiquent obligatoirement est heureusement susceptible de perfectionnements. La méthode "DREUX" pour la composition des bétons en volumes a été mise au point à leur intention.

2 - ELEMENTS DU PROBLEME A RESOUDRE

a) On veut réaliser un béton présentant à 28 jours une certaine résistance à l'écrasement, par exemple, celle qui résulte de l'échelonnement ci-dessous :

- au-dessous de 15 MPa	Résistance faible
de 15 à 25 Mpa	Résistance moyenne
de 25 à 30 Mpa	Bonne résistance normale
- au-dessus de 30 Mpa	Très bonne résistance

Ces valeurs correspondant à des bétons tels qu'ils peuvent être mis normalement en oeuvre par les destinataires de la présente notice.

b) Compte tenu de la forme des coffrages et des moyennes de serrage dont on dispose (piquage ou vibration), on désire que le béton frais ait une certaine ouvrabilité exprimée par l'affaissement qu'il devra présenter au Cône d'Abrams.

c) Enfin, les conditions de passage entre le coffrage et les armatures, d'une part à travers le réseau de ces dernières d'autre part, imposent un certain diamètre maximal des gros granulats à choisir parmi les trois catégories suivantes que l'on suppose disponibles :

- gravillons 5/16 mm
- gravier 5/25 mm
- caillou 20/40 mm

A défaut de 5/25, on peut utiliser un mélange en parties égales de 5/16 et de 15/25.

d) On dispose enfin d'un ciment de classe 45.

IV - Détermination de la composition du béton

De nombreuses méthodes de composition des bétons, basées sur des considérations théoriques diverses, ont été proposées et plusieurs d'entre elles sont appliquées en pratique.

La méthode "Dreux" est en fait une synthèse de celles qui ont abouti à des résultats favorables. Elle fournit dans chaque cas particulier une solution (béton satisfait aux nécessités du chantier, après légère mise au point éventuelle. Mais elle implique encore des manipulations et l'usage d'un matériel de laboratoire que les petits utilisateurs ne possèdent pas ; elle aboutit d'ailleurs à des dosages en poids.

En admettant quelques valeurs forfaitaires, notamment en ce qui concerne la teneur en humidité des granulats et son influence sur leur volume, la méthode "Dreux" elle est une méthode simplifiée qui est à la portée de tous les petits utilisateurs, car elle ne nécessite aucun calcul mais simplement l'usage de graphiques appelés abaques qui permettent, en partant des valeurs caractéristiques que doit présenter ce béton et de celle concernant les matériaux disponibles, de trouver automatiquement la solution (quantités de matériaux à utiliser) en suivant un cheminement défini par des règles précises.

L'évaluation préalable de l'humidité contenue dans les granulats peut être faite, soit par pesée avant et après dessiccation, soit plus simplement en appliquant les valeurs forfaitaires figurant dans le tableau ci-dessous :

Degré d'humidité des granulats		Sec	Humide	Mouillé	Trempé
Teneur en eau en poids	dans le sable	0 à 3 %	4 à 7 %	8 à 11 %	12 à 15 %
	dans le gravier	1 %	3 %	5 %	6 %

Ces états apparents du sable sont précisés ci-dessous :

- **SEC** :

- Cas rare : les granulats présentent un aspect mat et laissent la main un peu poussiéreuse.

- **HUMIDE** :

- Cas le plus courant : l'aspect des granulats est brillant, ils laissent la main mouillée ; les grains de sable y adhèrent légèrement et on peut en faire une boulette en la comprimant,

MOUILLE :

- Cas ne se présentant guère que pour des granulats subissant ou venant de subir une pluie importante,

- TREMPE :

- Cas rare : cela suppose des granulats complètement saturés d'eau et à peine égouttés.

VI- Coffrages

1- COFFRAGE TRADITIONNELS BOIS

La valeur du coffrage représentant en moyenne, le tiers du prix de revient du B.A. il faut d'efforcer de réaliser des ensembles économiques, mais qui doivent toutefois satisfaire à d'autres impératifs tels que résistance, stabilité, étanchéité, parement.

2- COFFRAGES ET ECHAFAUDAGES

Les coffrages et échafaudages présenteront une rigidité suffisante pour résister sans tassements ni déformations nuisibles, aux charges, surcharges et efforts de toute nature qu'ils sont exposés à subir pendant l'exécution des travaux et, notamment aux efforts engendrés par le serrage du béton.

Dans le cas où il ne s'agit pas de dispositions courantes et confirmées par l'usage, ces coffrages et échafaudages devront faire l'objet de dessins faisant partie du projet d'exécution. Les coffrages devront être suffisamment étanches, afin que le serrage par vibration n'entraîne pas la perte d'une partie appréciable du ciment.

- Les matériaux

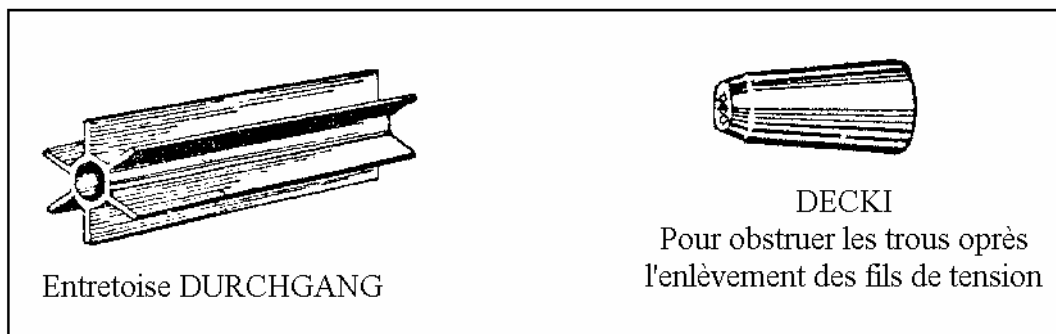
on distingue :

- Les éléments de moulage, assurant la forme du bâton : planches 27 mm, 34 mm, le contre-plaqué, les panneaux préfabriqués, les panneaux de fibres de bois comprimées (Isorel ou analogues) tuyaux ciment ou éternit (poteaux).
- Les éléments d'étalement, supports du moule : bastings, chevrons, rondins, étais métalliques, poutrelles extensibles, coffrages extensibles.

L'emploi des éléments métalliques permet d'obtenir économiquement des coffrages très stables surtout lorsqu'il s'agit de supporter un moule à grande hauteur.

- Les éléments de raidissement

- Contreventement : planches, chevrons, bastings.



- Les accessoires divers : pointes, serre-joints, cales, tortillards, entretoises préfabriquées, tendeurs à clavette..

formats normalisés du contre-plaqué

LES NOUVEAUX FORMATS NORMALISES DU CONTREPLAQUE				EPAISSEURS				4 mm	5 mm	8 mm	9 mm	10 mm	12 mm	15 mm	19mm	22 mm	25 mm	
				NOMBRE DE PLIS				3			5			7		9		
	CHOIX COURANT		205 x 100		X		X	X		X	X		X	X		X	X	
			250 x 122	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
			250 x 153	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
			300 à 310°x 153		X		X	X	X	X	X	X	X					
	C.T.O.X	COFFRAGE	205 x 100		X		X	X		X	X		X	X				
			250 x 122		X		X	X		X	X		X	X				
			250 x 153		X		X	X		X	X		X	X				
			300 à 310°x 153		X		X	X		X	X		X	X				
		EXTERIEUR	250 x 122		X		X	X		X	X		X	X				
			250 x 153		X		X	X		X	X		X	X				
			300 à 310°x 153		X		X	X		X	X		X	X				
			Grille des coefficients de prix appli- cable en fonction des epaisseurs Bse 100 = contreplaqué 10 mm				115	103		105	BASE 100	98		87				

Notons qu'il est possibles de trouver des contre-plaqués revêtus en usine (caoutchouc, polyester, lamifié...) présentant des avantages très appréciables : pas de déformation du bois, moins d'huile de décoffrage, parement très lisse, prolonge la vie du coffrage, améliore l'étanchéité.....

3- Qualités des coffrages :

Les qualités d'un coffrage peuvent être énumérées comme suit :

- robustesse, résistance à la pression du béton , chocs, vibration,
- stabilité,
- étanchéité,
- économie, le prix d'achat ou de fabrication devant être évidemment en rapport avec le nombre de réemplois prévus ou possibles.
- Le contre-plaqué

Utilisé d'une façon rationnelle, le contre-plaqué répond aux exigences de sécurité et de qualité pour la plupart des ouvrages de coffrages.

Avantages :

- Résistant.
- Clouage facilement sans risque de fente.
- Stabilité, ne gauchit pas.
- Légèreté (panneau 2,50 x 1,22 x 15 mm = 26 kg).

- Nombreux réemplois

Exemple : pour un ouvrage avec un fini de qualité : 5 à 20 réemplois,
pour un ouvrage en fondation : 50 à 100 réemplois.

Ces quantités dépendent évidemment du soin apporté au décoffrage, manutention, entretien.

- Moins de joints, donc plus étanche. Possibilité de joindre les feuilles posées bord à bord avec un ruban collant (type scotch).
- Facile à cintrer, à scier, forer, rainurer.
- Face lisse, assurant au béton une surface uniforme.
- Facilité d'entretien.
- Inventaire facile.
- Moins d'espace de rangement.

Ces nombreux avantages doivent permettre au métreur d'établir des prix de revient très intéressants, bien que le contre-plaqué soit plus cher à l'achat. Cependant, il n'est pas intéressant d'employer le contre-plaqué des éléments de dimensions réduites au nombre de réemploi limité (surtout après l'arrachage des pointes).

- exactitude des dimensions,
- aptitude à une mise en place aisée des armatures,
- aptitude à un bon remplissage,
- possibilité de réaliser les parements désirés,
- résistance à la détérioration, à l'humidité ou au contact du béton frais,
- facilité d'entretien.

Certaines de ces qualités sont déterminantes pour le choix du matériau et la réalisation du coffrage.

4- Les revêtements de coffrage :

Tous les coffrages sont susceptibles de recevoir un revêtement aussi bien les coffrages en bois, en contre-plaqué, en aggloméré, que les coffrages métalliques, les moules en béton, ou même les tables de préfabrication (pour les revêtements résistant à la chaleur).

Ces revêtements de coffrages cherchent, avec plus ou moins de succès, à apporter les améliorations suivantes :

- 1) Donner au béton une surface encore plus lisse, ce qui permet d'appliquer les peintures sur les murs sans nécessiter d'enduisage.
- 2) Permettre un mouillage parfait du coffrage par le béton et diminuer ainsi les risques de bullage en parement.

- 3) Renforcer les bords du coffrage pour les rendre moins sujets aux épaufrures et aux écornages à condition que les bords soient bien dressés. On évite ainsi la formation de balèvres sur le parement du béton et les pertes de laitance. Théoriquement, l'emploi de bandes adhésives pour le raccord entre panneaux se trouve facilité, ce qui permet la aussi de diminuer les effets des écornages légers ; mais pratiquement l'adhérence de ces bandes sur coffrages huilés est problématique.
- 4) Faciliter le décoffrage en évitant que le béton pénètre et s'accroche dans les fibres de bois. Il faut noter cependant que les revêtements donnent parfois des parements tellement lisses qu'ils ont tendance à retenir le coffrage par effet de ventouse et que l'emploi des huiles facilite sensiblement le décoffrage, à moins qu'il soit possible de décoffrer en soufflant de l'air comprimé entre coffrage et béton. A l'heure actuelle, pratiquement, seuls les revêtements à base de silicones ne nécessitent pas d'huilage avant bétonnage, mais ils en sont toutefois encore au stade expérimental.
- 5) Assurer au coffrage une surface lisse et diminuer la porosité du bois ce qui permet de réduire considérablement la quantité d'huile à appliquer. Mais il faut bien noter que, dans la majorité des cas, ils ne dispensent pas d'huiler le coffrage.
- 6) Réduire ou supprimer les nettoyages entre deux bétonnages.
- 7) Tendre à stabiliser le bois. Le revêtement étanche empêche l'humidité de pénétrer et de déformer le bois, mais il est toujours préférable d'appliquer un revêtement sur les deux faces pour assurer la symétrie des migrations d'eau quitte à prévoir un revêtement moins coûteux sur la face non coffrante.
- 8) Si le coffrage présente des trous par suite d'une utilisation précédente ou si sa planéité est altérée par un creux dû à des chocs ou par une rayure, il est possible de le réparer à l'aide d'un mastic et d'une nouvelle couche de revêtement. Cette réparation est d'ailleurs indispensable, si non le revêtement se détériore complètement de façon très rapide.
- 9) Permettre une économie. Le revêtement accroît la résistance à l'usure du coffrage et multiplie le nombre de réemplois. Mais la longévité du coffrage dépend énormément du soin apporté lors de l'application du revêtement (préparation de la surface, humidité du panneau, nombre de couches, traitement des bords du coffrage) et du soin avec lequel on l'utilise : clouage, déclouage, décoffrage, circulation du personnel et du matériel, nettoyage, stockage..
- 10) Les revêtements appliqués en usine sur contre-plaqué sont de qualité supérieure et plus constante (à chaud, sous pression..). Le travail sur chantier se trouve réduit à une simple peinture d'entretien.

5 - Les coffrages métalliques :

- Caractéristiques

L'emploi des coffrages métalliques réduit une partie des inconvénients des coffrages en bois (main d'oeuvre importante, réemplois limités, chutes élevées et inévitables), mais leur prix d'achat est très élevé et ils n'offrent qu'un intérêt restreint pour les travaux courants du bâtiment sauf s'il s'agit de l'exécution répétée d'éléments toujours identiques.

En effet, la condition essentielle d'emploi du coffrage métallique est la possibilité de le réemployer un certain nombre de fois. Cette grande capacité de réemploi donne à l'utilisateur l'assurance que, quelle que soit l'importance d'un seul chantier, le même matériel de coffrage remplira son office pendant toute la durée des travaux.

Les problèmes de rotation des coffrages sont plus facilement résolus en tenant compte, évidemment de la nature de la construction et du planning d'avancement des travaux.

Le poids souvent très élevé des panneaux nécessite des engins de levage mais ceci ne peut être considéré réellement comme un inconvénient, tous les chantiers, même moyens, possèdent leurs grues. Par contre, il faut prendre quelques précautions par temps froid où le métal risque de ne pas protéger suffisamment le béton.

Ces coffrages disposent d'accessoires très étudiés qui permettent des clavetages et des blocages faciles, des possibilités de réglages très précis, mais cela impose entretien systématique après chaque emploi, entretien qui sera déterminant sur la "vie" du coffrage lui-même.

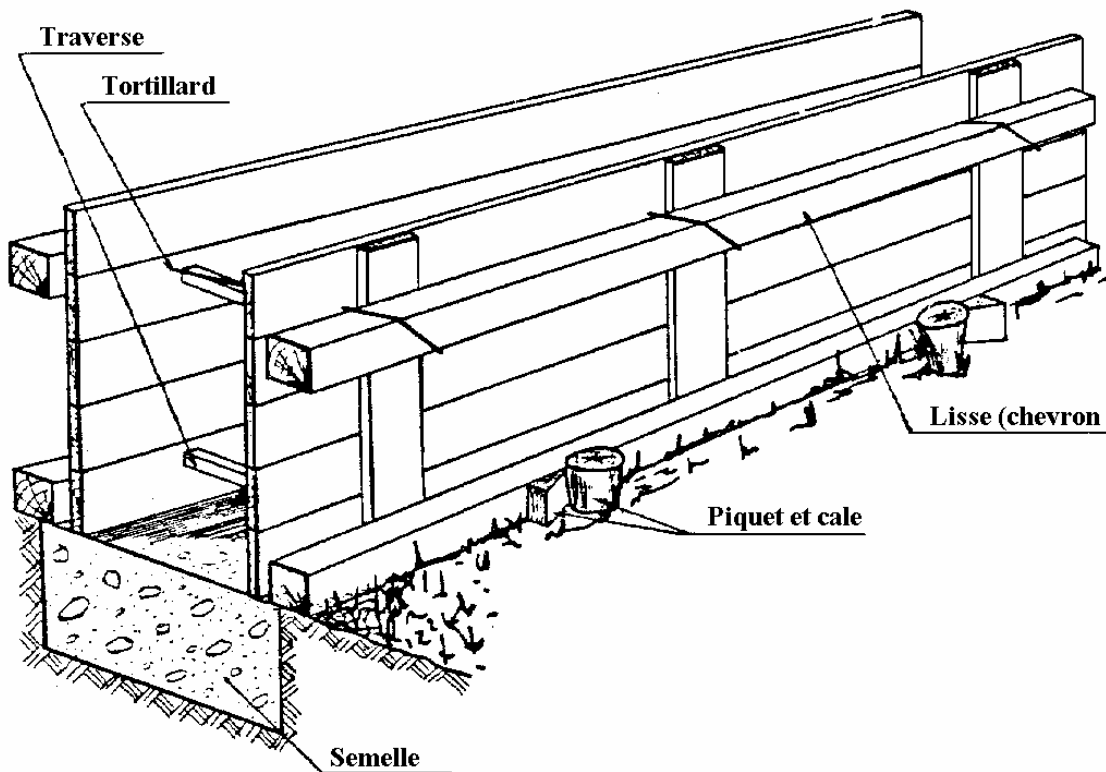
6- Mise en oeuvre des coffrages :

Dans les ouvrages de maçonnerie courante, le moule qui impose sa forme définitive au béton coulé est appelé boisage parce que le plus souvent réalisé en bois de sapin.

- Boisage traditionnel

En planches jointives non rabotées, ce procédé a fait ses preuves et s'il n'est guère plus employé que sur les petits chantiers, il présente de nombreux avantages :

- Il permet de boiser à la demande selon des cotes prescrites,
- La manutention des planches peut se passer d'engins de levage,



- La mise en oeuvre ne nécessite aucun outillage, autre que l'outillage courant du maçon,
- Les planches isolent bien le béton du froid et de la chaleur qui assure une prise plus régulière,
- Le parement rugueux obtenu sans bullage facilite l'accrochage de l'enduit éventuel,
- Les planches utilisées économiquement coûtent bien moins cher que le contre-plaqué, la tôle ou la matière plastique.

Par contre , il signaler certains inconvénients :

- Réemploi des planches très limité (2 à 5 fois),
- coupes intempestives entraînant des pertes,
- Stockage et entretien difficiles,
- parement strié de balèvres.

Mise en oeuvre

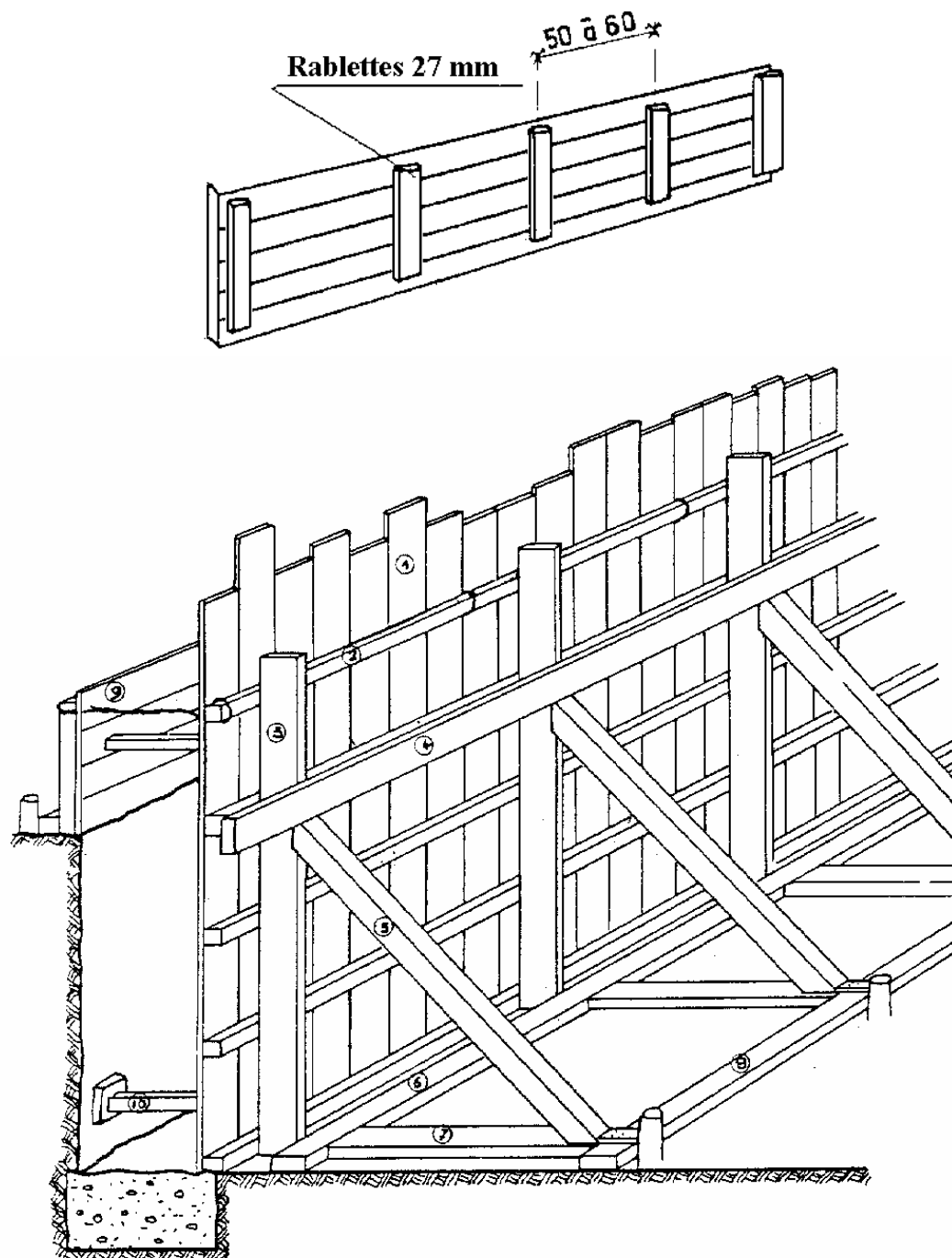
Le boisage est constitué du moule et des ouvrages de soutien :

Le moule est fait de panneaux en planches de 27 mm jointives assemblées par des raclettes (chutes de planches) au moyen de pointes de 55 mm. On peut aussi employer des planches de 34 mm ou la volige pour du boisage courbe.

Les panneaux sont raidis par des chevrons.

Les éléments de soutien par des chevrons, des bastings ou des madriers.

On emploiera aussi des accessoires d'assemblage dont le rôle est d'assurer l'exactitude des cotes, la stabilité et la facilité du démontage : entretoises, carcans, tiges filetées, clavettes de coffrage.



Boisage d'un mur de fondation
à une face de coffrage dans la hauteur du sous-sol

1 Planche de 27 mm	6 Basting 6 ⁵ x 16 ⁵
2 Traverses en chevrons 8 x 8	7 Basting 6 ⁵ x 16 ⁵
3 Bastings 6 ⁵ x 16 ⁵	8 Basting 6 ⁵ x 16 ⁵
4 Lisse en basting 6 ⁵ x 16 ⁵	9 Tortillard
5 Contre-fiche 10 x 12	10 Entretoise

- Boisage à panneaux de bois raboté

Le bois raboté, assemblé à rainures et languettes offre toutes les possibilités de coffrage. Il permet l'obtention de surfaces brutes de décoffrage donnant même un parement décoratif qui peut comporter les empreintes soit des dessins du bois utilisé (noeuds, fibres) soit des combinaisons géométriques réalisés par un plan d'appareillage.

- Boisage en contre-plaqué

Il permet d'obtenir un parement brut de décoffrage qui après un léger ragréage des bulles peut éviter l'enduit au mortier.

Cependant, si le contreplaqué présente l'avantage d'une économie de .M.O. et une grande facilité d'emploi, il supporte mal les manutentions répétées qui détériorent rapidement les arêtes et les angles, rendant difficile le coffrage jointif.

On emploie soit la qualité C.T.B.O. ou C.T.B.X. suivant le nombre de réemplois prévus.

On peut éventuellement employer du contre-plaqué bakélinisé, c'est-à-dire ayant reçu une imprégnation protectrice.

Les fibres des plis extérieurs sont à orienter dans le sens perpendiculaire aux appuis. L'emploi de pointes est à réduire au minimum.

Le contre-plaqué permet de réaliser des moules cintrés les rayons de courbure varient selon les épaisseurs de plaques et le sens de cintrage.

- Boisage en panneaux de fibre de bois aggloméré.

Sont d'un réemploi plus limité que le contre-plaqué et nécessitent beaucoup plus de précautions, mais leur prix d'achat est inférieur.

Existent en 2 qualités : dure et extradure portant des labels D et ED suivi des chiffres donnant l'épaisseur.

Leur résistance mécanique est nettement inférieure à celle du contre-plaqué. Leur faible rigidité oblige l'emploi d'un support solide et presque continu.

- Boisage en matières plastiques

Le plus riche d'avenir, car il possède des qualités indéniables : légèreté, imputrescibilité, stabilité dimensionnelle, rapidité de pose et dépose, facilité d'entretien et de stockage. Par ailleurs, du fait de leur facilité de moulage les MP se prêtent particulièrement bien au boisage de formes compliquées non développables.

Et surtout , le nombre de réemplois est pratiquement illimité.

La fabrication de ces coffrages est faite à partir de résine renforcée à la fibre de verre. La résine la plus employée est le polyester, la résine époxy présente des caractéristiques nettement supérieures, mais son prix en est plus élevé.

Le coefficient d'élasticité du plastique armé étant très faible, il est nécessaire pour les pièces de grandes dimensions de disposer de nombreux raidisseurs en bois ou en métal afin de réduire les déformations.

Ces raidisseurs sont noyés dans le plastique au moment de la fabrication ou bien collés à la sous-face du coffrage .

cependant, il est peu rentable de fabriquer des coffrages constitués par de grandes surfaces planes.

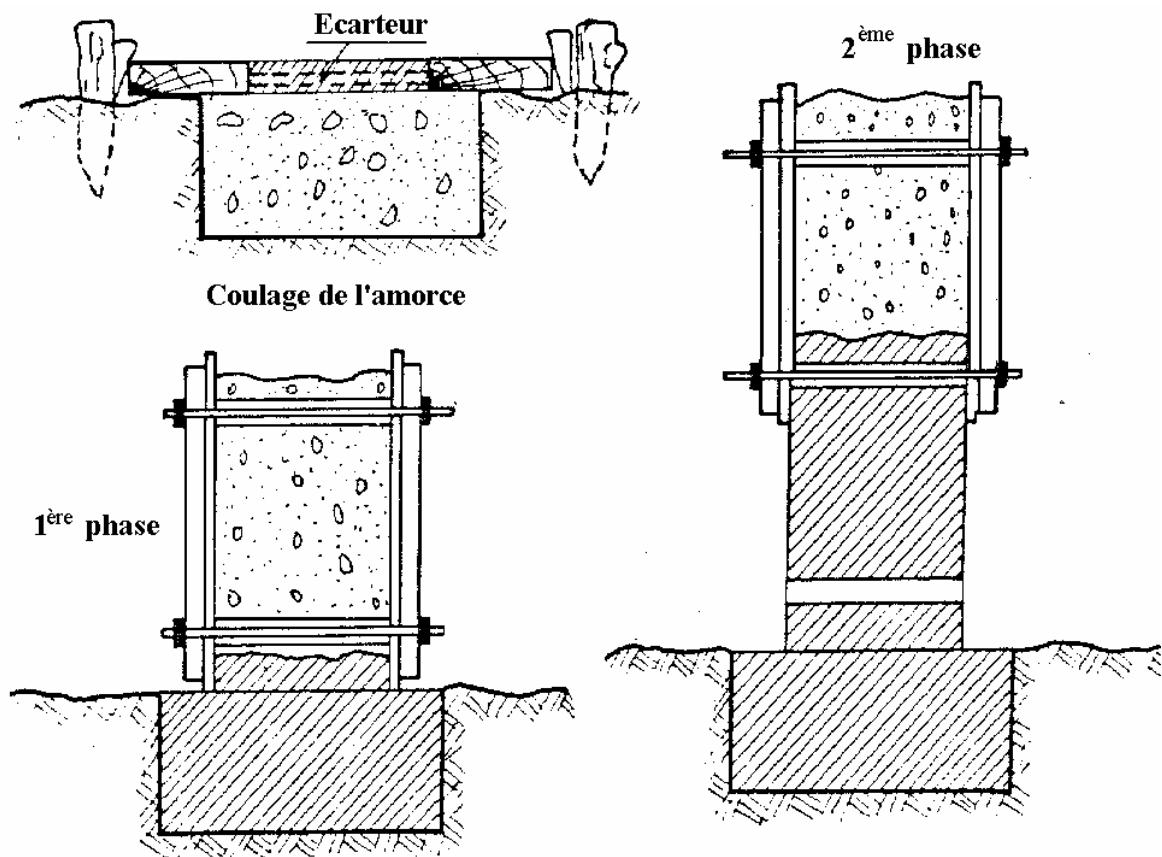
Une solution originale en ce qui concerne le problème du chauffage du béton est de réaliser des coffrages isothermes constitués par de la mousse de polyuréthane prise en sandwich entre deux parements en plastique armé.

- Le banchage

Pour permettre une exécution plus rapide, on peut remplacer le boisage par des banches en bois ou en métal. Les banches ou encoffrements sont des panneaux mobiles interchangeables, constituant une sorte de coffrage unitaire, maintenus par des boulons ou des étriers à un écartement égal à l'épaisseur du mur. Les banches sont déplacées au fur et à mesure de l'avancement des travaux, réalisent une économie de matériel sur le chantier. En alternant la fixation des boulons sur les banches, on facilite le repérage des positions successives.

- Les banches en bois

Elles sont bien souvent réalisées par l'entreprise en fonction de l'ouvrage à exécuter et de ce fait présentent un investissement relativement faible.



L'entretoise filetée peut être avantageusement remplacés par du fil de fer raidi à l'aide de tendeurs spéciaux dont la mise en oeuvre est plus aisée et rapide.

Les dimensions des banches seront tout d'abord limitées par les moyens de levage dont on dispose et ensuite par les moyens de raidissement qui devront leur être appropriés. En effet, il y a lieu de tenir compte de la poussée latérale exercée sur les parois cette poussée est variable suivant le degré de plasticité du béton, sa masse volumique, le vide de remplissage du moule, le mode de serrage et la température ambiante.

2^{ème} Partie

Décrire et schématiser les opérations relatives à la construction

A- TERRASSEMENT

I. Terrassement

I.1 Définition :

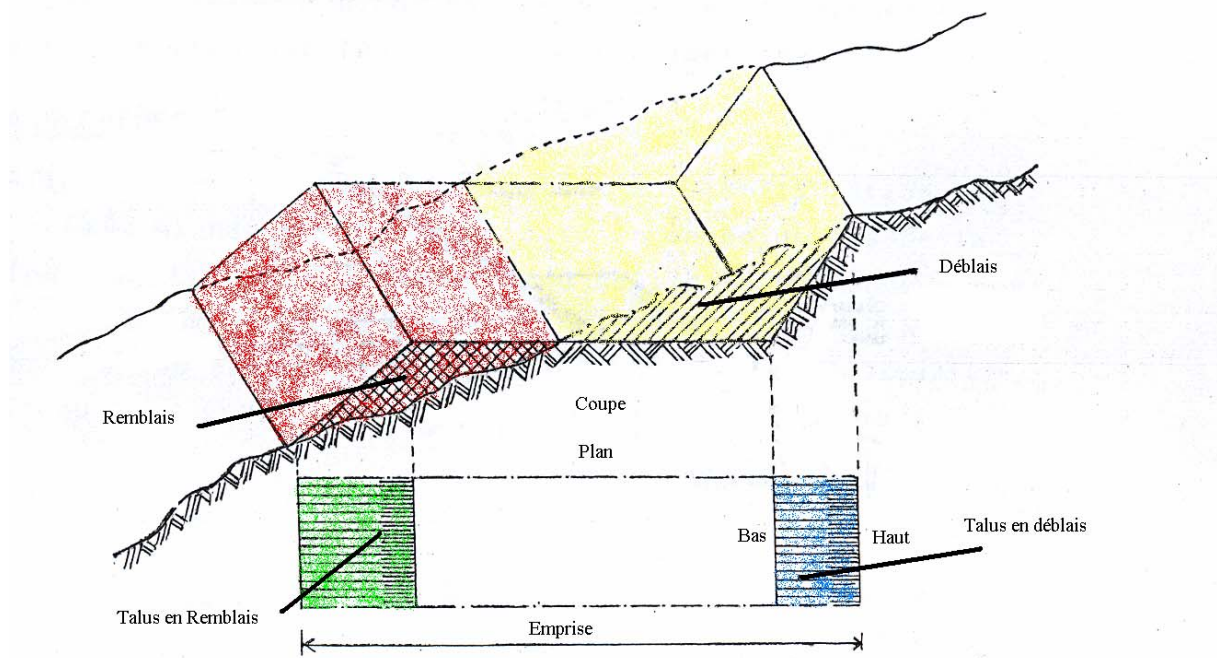
Les terrassements correspondent à la première phase de travaux en vue de l'édification d'un ouvrage, et à la première étape concrète dans la réalisation de votre projet de construction de maison, piscine, terrasse ou tout bâtiment. Le prix varie aussi selon la nature des travaux.

Les travaux de **terrassement** sont extrêmement variables d'un chantier à l'autre, selon la configuration du terrain, le volume enterré de la construction, la nature du terrain (roche, sables...). Un sol compact limite l'effondrement des parois qui se produira inmanquablement dans un terrain formé d'alluvions. Les plus grandes difficultés surgissent quand on rencontre un sol non homogène, formé d'un banc de roche adjacent à un terrain plus meuble. L'assise de la construction nécessite des fondations renforcées

Les terrassements regroupent tous les ouvrages et travaux destinés à modifier provisoirement ou définitivement les formes d'un terrain.

Les ouvrages de terrassement regroupent principalement l'exécution des travaux suivants :

- les **fouilles**
- les **déblais**, les **remblais**
- les **tranchées**, le **talutage**, etc



I.2 Exécution :

Ce lot est exécuté par le terrassier.

Cet artisan interviendra à plusieurs moments de la construction :

- Fouilles principales, nivellement, réalisation du chemin d'accès...
- Rigoles de fondations
- Tranchées pour les raccordements, évacuations...
- Assainissement, pose de la fosse toutes eaux, filtre...
- Drainage, remblaiement (mouvements de terre), regarnissage en terre végétale

Le terrassier est lui un sculpteur de terrain. De la qualité de ses premières interventions dépendront les conditions de travail de l'auto constructeur pendant des mois lors de la réalisation de la maçonnerie, charpente... Le modelé du terrain, l'harmonie des volumes remblayés sera directement lié à ses qualités artistiques. Lorsque le terrassier a fini son travail, la future pelouse doit ressembler à un jardin, pas à un champ labouré. Autre détail : dans le cas d'un sous-sol, les tolérances sur la planéité et l'horizontalité du sol devront être inférieures à 10 cm

les qualités d'un bon terrassier qui intéressent l'auto constructeur sont :

- Respect des engagements (dates, prix, contenu de la prestation...)
- Connaissance du sous-sol et habitude de ce genre de travaux
- Souci du travail propre et bien fait
- Disponibilité et souplesse pour de petites interventions épisodiques
- Bon rapport qualité prix

Le terrassier le moins cher ne sera peut-être pas le plus méticuleux. Avant d'en choisir un, il est indispensable de voir par soi-même sa façon de travailler. Ce métier étant sensible au temps, il est en partie saisonnier on aura intérêt à convenir au plus tôt de la période de réalisation des fouilles. Selon le type de terrassement, les engins utilisés pourront être différents : si un tractopelle est indispensable pour creuser des rigoles ou tranchées, un bull sera sans doute plus rentable si le volume du trou dépasse une centaine de mètres cube. Si une partie des terres doit être évacuée, ou si du remblai doit être rapporté par la suite, il sera plus efficace que le terrassier possède lui-même un camion.

Le terrassier utilise des engins mécaniques afin de préparer l'assise de la construction et de ses abords.

Les travaux exécutés par ce dernier sont essentiellement les suivants :

les déblais :

cette phase consiste à creuser le sol

(exemple : creuser une fouille afin de réaliser une fondation, une canalisation, etc.)

Les remblais :

cette phase consiste à prélever, à transporter puis à combler les cavités.

Le décapage des terres :

Cette phase consiste à éliminer la couche supérieure du terrain.

Les travaux de terrassement sont effectués suivant les indications et les plans dressés par le

Maître d'œuvre.

Pour se faire, le terrassier devra se conformer aux plans suivants :

- plan d'implantation*
- plan de masse*
- plan des profils en long et en travers.*

L'exécution de ce lot doit se faire par un professionnel, car souvent, ce dernier devra attirer l'attention sur les caractéristiques des sols rencontrés.

I.3 Quels sont les documents nécessaires avant de démarrer les travaux de terrassement ?

Avant d'effectuer les travaux de terrassement, il est indispensable de définir :

- l'emplacement des travaux ainsi que les accès et les abords du chantier*
- le nivellement du sol et éventuellement, l'emplacement des anciennes constructions à démolir ou démolies*
- l'emplacement et la nature des canalisations (eau, égouts, gaz, chauffage urbain, air comprimé, lignes électriques, télécommunications, etc.) Existantes sur le terrain et à sa périphérie. Il est préférable également d'indiquer celles qui devront être préalablement déplacées.*
- la nature et l'hydrologie du sol. Observations. Si le terrain a déjà fait l'objet d'avis techniques, d'études de laboratoires ou de mécaniques des sols, les renseignements correspondants doivent figurer au dossier.*

➤ Évacuation des eaux :

Dès le début des travaux il est nécessaire d'évacuer toutes les eaux (sources mises au jour, ruissellement de la pluie...). Il peut être judicieux de réaliser sans attendre le raccordement à l'égout, au fossé ou du moins à un point plus bas du terrain. Les propriétaires des terrains voisins situés en contrebas ne peuvent s'opposer à l'évacuation des eaux de pluie et de drainages, par contre ils peuvent

réclamer une participation aux frais engendrés par des travaux d'évacuation. Le choix de la canalisation principale d'évacuation doit être fait en tenant compte :

- ***De la pente (au moins 5%)***
- ***Du débit maximum d'eau à évacuer (au présent et dans le futur) avec un coefficient de sécurité confortable. Un diamètre de 200mm est un ordre de grandeur pour une maison (pluie, drainage...)***
- ***Des déformations possibles du terrain qui pourraient provoquer la formation de points bas***

Deux types de matériaux sont concurrents : le béton et le PVC. Par rapport au premier le PVC est plus léger, en grandes longueurs, plus cher, plus facile à mettre en œuvre, moins résistant à l'écrasement. En cas d'utilisation de tubes en béton, bien cimenter les raccords pour éviter les intrusions de racines des arbres proches. La pose d'une canalisation n'est pas problématique mais doit être réalisée avec soin et un minimum de règles.

Des regards seront placés de façon à permettre la visite et le nettoyage ; leur diamètre est fonction de leur profondeur. Les sorties doivent être grillagées pour interdire l'introduction d'objet (ballons d'enfants...) Ou d'animaux (rats...). La profondeur de la canalisation est importante : trop faible il y a risque de gel et d'écrasement par les véhicules; On peut toutefois prévoir une canalisation pré isolée quand la configuration du terrain ne permet pas un enfouissement en profondeur et/ou renforcer les caractéristiques mécaniques de la canalisation.

Avant rebouchage, relever soigneusement la position et la profondeur des canalisations par rapport à des repères permanents (angle de mur, bornes...). Conserver en lieu sûr le document

Drainage :

Le but du drainage est de protéger la partie basse de la construction (fondations, sous-sol, bas des murs extérieurs des infiltrations d'eau (sources, ruissellement...) En construisant une canalisation poreuse ceinturant au plus près le bâtiment, en dessous de son point le plus bas. Le drainage est une opération importante qu'il convient de réaliser soigneusement, même dans le cas d'un vide sanitaire.

Réalisation :

- ***Dégager sur au moins soixante centimètres de large le pourtour du bâtiment jusqu'au niveau du point le plus bas (par ex. : plancher du sous-sol)***
- ***Niveler le fond de fouille avec une pente minimum de 1cm par mètre.***
- ***Enduire les murs d'une peinture étanche spéciale fondations sur au moins un demi mètre de haut***
- ***Recouvrir les murs enterrés d'un film spécial (feuille de plastique semi-rigide muni de bossages)***
- ***Poser le drain bien à plat en le calant avec du gravier 5/15***
- ***Mettre en place les regards ou coudes de raccordement à chaque changement de direction***

- *Installer le regard collecteur au point d'évacuation qui est aussi le point le plus bas*
- *Recouvrir le drain avec environ 50cm de gravier ou de galets*
- *Couvrir le lit de gravier avec un géotextile pour éviter la pollution du drainage avec les terres de remblaiement*
- *Remblayer avec au minimum vingt centimètres de terre.*

Si une source est mise à jour lors des fouilles, il est nécessaire de la capter et de l'évacuer comme on le fait avec les eaux de pluie.

Les drains en barres rigides de PVC avec une rigole en partie inférieure doivent être préférés au drain agricole trop souple et plus fragile.

➤ Voies et chemins :

Une construction isolée au milieu d'un terrain peut comporter :

- *Un chemin d'accès au garage ou à la place de stationnement*
- *Une allée piétonne pour se rendre à la porte d'entrée*
- *Des allées permettant de se rendre en divers endroits du terrain (jardin, abri, piscine...) Ou faisant le tour de la maison*

Au début de la construction, et tant que le remblaiement n'a pas été effectué, on se contentera de faire réaliser un chemin d'accès résistant au passage des véhicules les plus lourds.

La réalisation de ce chemin consiste en :

- *Décaissement (enlèvement de la terre végétale) sur une profondeur allant en général de 20 à 30cm*
- *Mise en place d'un géotextile pour éviter le mélange de la terre et de la première couche de concasser*
- *Epandage d'une couche de roche concassée (tout-venant 0-50) sur une épaisseur de 20cm environ. Cette première couche constituera l'ébauche du chemin définitif. Elle sera damée par le passage des véhicules et sera stabilisée lorsque la maison sera terminée, prête à recevoir le revêtement final (pavé, macadam...). La pente du chemin ne devrait pas excéder 10%. Si le chemin est long, une place de retournement doit être aménagée à proximité de la sortie du garage.*

Les murs de soutènements seront si possible réalisés en même temps que les murs du sous-sol. Ils devront être surdimensionnés et drainés pour résister à la pression de la terre, en particulier par temps de gel. Il existe des pavés ajourés qui permettent de réaliser des places de parking stables et verdoyantes. C'est une bonne solution pour conserver la surface de terrain absorbante pour la pluie.

II. Les différents types de terrassement

Tous types de terrassement peuvent être réalisés, à ciel ouvert ou en sous-œuvre, en milieu urbain ou en rase campagne, en respectant à chaque fois les délais imposés par le client et les contraintes environnementales.

➤ **Assainissement :**

C'est l'ensemble des techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées et pluviales d'une agglomération (assainissement collectif), d'un site industriel, ou d'une parcelle privée (assainissement autonome) avant leur rejet dans le milieu naturel. L'élimination des boues issues des dispositifs de traitement fait partie de l'assainissement.

➤ **Dérochement :**

Le dérochement est l'enlèvement de pans de la roche affleurant un terrain, au moyen d'outils comme la barre à mine, les coins en fer ou encore la poudre. C'est par dérochement qu'ont été engendrées les énormes quantités de pierres nécessaires à l'édification des aménagements agricoles en pierre sèche.

➤ **Enrochement :**

...Les enrochements sont une solution économique pour remplacer un mur de soutènement en béton ou un coûteux ouvrage de génie civil; ils sont construits au moyen de grosses pierres choisies en carrière et placées à l'aide de camions grappins ou de pelles mécaniques, selon les accès. Cette méthode de soutènement est très utilisée pour maintenir les talus de nos routes de montagnes et plus particulièrement en Valais.

Ces "murs secs" constituent un élément "poids" capable de soutenir des masses importantes; n'étant pas maçonnés ils offrent une certaine flexibilité au tassement car avec le temps, les pierres se calent les unes sur les autres.

Il y a, bien entendu, la possibilité de les végétaliser afin qu'ils s'intègrent au mieux dans le paysage. Le choix de la pierre est également important: de ce fait, nous proposons naturellement des pierres indigènes.

➤ **Remblaiement :**

Un mètre cube de terre remuée occupe plus de volume que la terre tassée (phénomène de foisonnement), ce qui implique de majorer l'épaisseur de remblai pour tenir compte du tassement qui peut s'effectuer durant de nombreuses années. Toute construction postérieure au remblaiement devra reposer sur le sol ferme, ce qui implique parfois de creuser profondément pour établir une semelle de fondation, même pour une construction « légère » comme une véranda... L'aménagement d'une terrasse sur un remblai quelque peu épais devra être considéré comme provisoire (dalles sur sable ou gravier et non pas dalle bétonnée). L'utilisation d'un engin à chenilles est préférable pour faciliter la stabilisation. Selon la nature et l'épaisseur du remblai la stabilisation peut prendre de un à dix ans.

Le remblaiement commence par le décapage de la terre végétale, si ce n'est déjà fait, suivi de la réalisation des tranchées et la pose des regards, fosses... La terre stérile est ensuite répartie suivant la forme à donner au terrain. Si le terrain est

humide, le moment est venu de poser les drains puis la bonne terre est étalée sur une couche d'au moins 15 à 20 cm pour le gazon (mais jusqu'à 80cm pour un arbre). La pente à donner doit être suffisante pour faciliter le ruissellement de l'eau de pluie mais ne pas dépasser 50% si un engazonnement est prévu.

B-FONDATIONS

I. Fondation

Une construction doit être en position d'équilibre par rapport au sol.

Les actions qui s'exercent sur la construction sont :

- ✓ *Les forces dues à sa masse : forces d'attraction de la terre (poids)*
- ✓ *Les forces dues au vent, à la neige, à la chaleur solaire*
- ✓ *Des forces de contact du sol sur la partie de la maçonnerie qui porte le nom de fondation.*

Cet ensemble des forces doit à tout instant être en équilibre

I.1 Rôle de la fondation

La fondation transmet au sol les effets :

- ✓ *Des charges permanentes*
- ✓ *Des charges d'exploitation*
- ✓ *Des actions climatiques.*

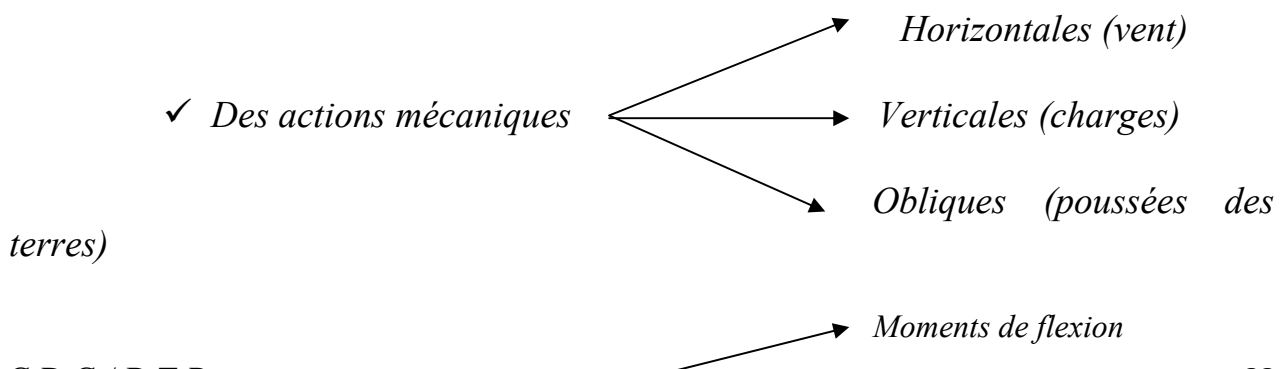
Elle reçoit les actions ascendantes du sol. Toutes ces actions constituent un système de forces en équilibre (principe de l'égalité des actions réciproques)

I.2 But de fondation :

Stabilité de l'ensemble du bâtiment

1. Problèmes posés au constructeur

- a) *La déformation du sol porteur peut s'effectuer par tassement élastique ou par tassement permanent du squelette ou des désordres graves (dislocation, fissuration, rupture des éléments de construction surtout si l'affaissement est inégal.) Et le poinçonnement.*
- b) *La stabilité du complexe située dans le sol (infrastructure) ou au dessus du sol (super structure) dépend de :*



✓ Des sollicitations qui s'en suivent

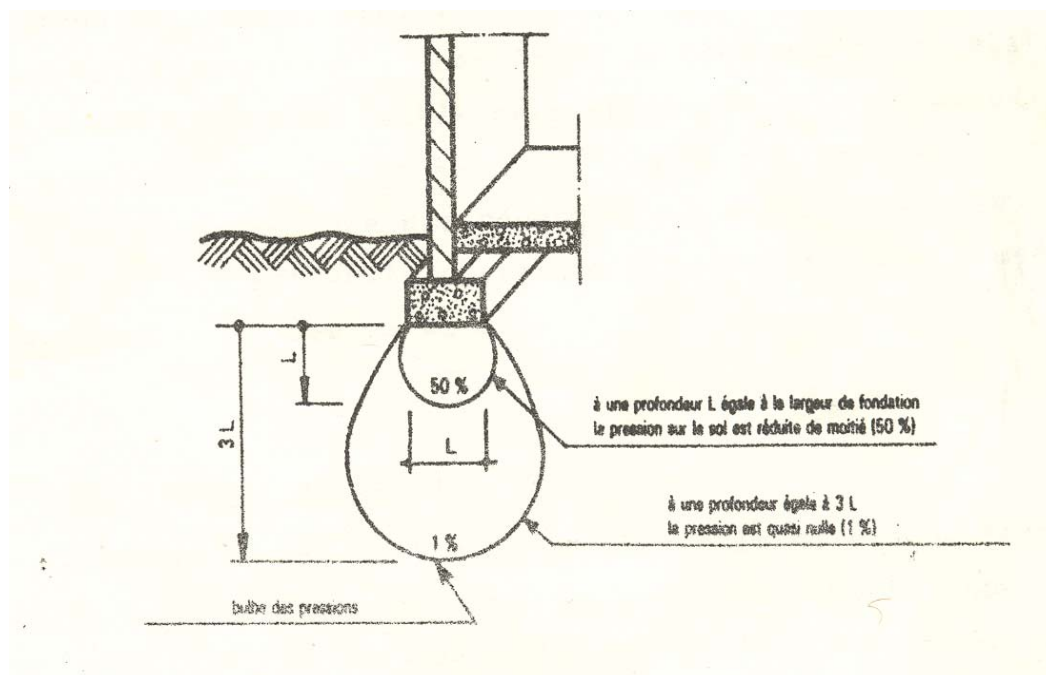
Moments de torsion

2. Démarche à suivre pour remédier à la situation

Avant d'étudier un projet il est indispensable de connaître le sous sol qui supportera les bâtiments de manière à déterminer :

- ✓ Sa composition
- ✓ L'épaisseur des couches
- ✓ Sa force portante (le taux de compression admissible)
- ✓ L'état des nappes aquifères

L'examen du sous-sol doit être poussé jusqu'à une profondeur telle que le poids de la construction ne se fasse plus sentir. Pratiquement il est conseillé de prospecter le sous-sol en dessous du niveau prévu des fondations sur une profondeur égale à 3 fois la largeur de la semelle .en effet à cette distance la pression exercée par le bâtiment est quasi nulle.



I.3 MOYENS DE CONNAISSANCE DU SOL :

La connaissance du sous-sol peut se faire par différents moyens très variable suivant l'importance du bâtiment, le budget et les moyens disponibles. Les données peuvent être obtenues :

- a) Pour les constructions de faible importance :
 - en interrogeant les personnes qui ont construit dans le voisinage.
 - en utilisant des puits.
 - en effectuant des sondages en surface (+/- 1,50)
- b) Pour des constructions importantes :
 - En effectuant des sondages ou des forage en profondeur.

- *En utilisant des charges d'essai.*

-

▪ IMPORTANCE DE L'ETUDE DU SOL :**• Par rapport à l'ouvrage à réaliser :**

L'étude du sol doit être adaptée au type d'ouvrage à réaliser. Si l'ouvrage est peu important, un petit nombre de sondage judicieusement répartis sur le terrain suffira dans la plupart des cas.

Pour l'exécution de grands ouvrages (ponts, barrages, immeubles, tours, etc....) La connaissance parfaite du sous-sol est indispensable. Les frais de sondages ne constituent dans ces cas qu'un faible pourcentage du prix total de l'ouvrage. Quoi qu'il en soit, ils ne représentent que peu de chose en face des dépenses qu'entraînerait la ruine de l'ouvrage par suite d'erreurs qui résulteraient d'une mauvaise connaissance du sol.

• Par rapport au terrain :

L'étude du sol doit être adaptée à la nature du terrain. Si le sol est homogène quelques sondages peuvent apporter des informations valables. Par contre s'il est hétérogène même un nombre de forages important ne renseignera pas sur le comportement globale du sol. Il convient alors d'effectuer un grand nombre de mesures à l'emplacement même des fondations.

▪ TAUX ADMISSIBLE DE COMPRESSION DES SOLS :

Pour qu'un bâtiment soit stable il faut que la force qu'il exerce sur le sol soit inférieure à la force portante du sol. Sinon, le bâtiment s'enfoncera dans le sol.

Avant de construire il est donc indispensable de connaître la force portante du sol c'est-à-dire son taux admissible de compression. Plusieurs méthodes permettent de déterminer ce taux.

Méthode de la table :

*Cette méthode consiste à mesurer les enfoncements du pied d'une table sous des charges croissantes. Le pied de la table est constitué d'une pièce de bois de dimensions égales à est constitué d'une pièce de bois de dimensions égales à 20 * 20 (400cm²).*

Principe d'utilisation : (voir figure, page suivante)

- *On repère le niveau de la table avant chargement.*
- *On charge la table progressivement par des sacs de poids connu.*
- *On mesure les enfoncements progressifs de la table et on les indique sur un diagramme.*
- *Lorsque l'enfoncement croît brusquement la charge maximale supportée par le terrain est atteinte.*
- *On trouve le taux de compression théorique du terrain en divisant cette charge maximum par la surface du pied de la table.*
- *Ce taux de compression étant un de rupture théorique, par mesure de sécurité on prend comme taux de compression admissible le 1/10 e cette valeur.*

Etant donné que les sols sont rarement parfaitement homogènes, il est nécessaire de procéder à un certain nombre d'essais avant de fixer définitivement les valeurs à admettre.

Procédé de chantier pour déterminer la force portante
d'un sol: "Méthode de la table"

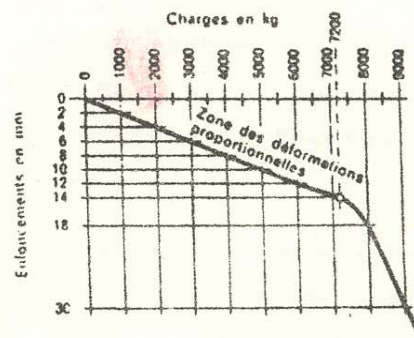
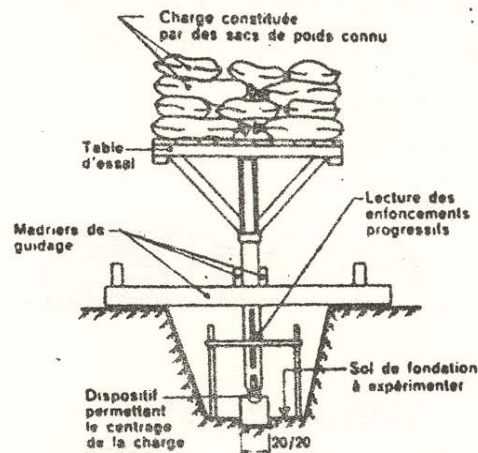


Diagramme des contraintes (1)

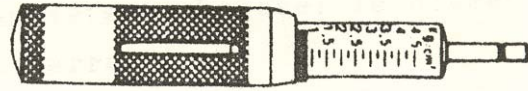
$$\text{Contrainte sur terrain éprouvé} : \frac{7200 \text{ daN}}{400 \text{ cm}^2} = 18 \text{ bars } (\pm 18 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$\text{Contrainte admise sur sol} : \frac{18 \text{ bars}}{10} = 1,8 \text{ bar } (\pm 1,8 \text{ kgf/cm}^2)$$

Bien que seules les unités du système international soient en principe d'utilisation, leur équivalence sera donnée en unités M.Kp.S. Qui ce jour restent les plus usitées.

Autre méthodes :

Différents appareils (pénétromètres, compressiomètres) permettent de déterminer relativement facilement le taux de compression admissible du sol en exerçant sur celui-ci une pression graduée. Ces appareils servent notamment à définir la résistance des



Le pénétromètre de poche

couches rencontrées lors des sondages.

4-1 Taux de compression admissible de quelques sols types :

Le taux de compression admissible des sols dépend de leur nature. Il peut varier de 0 bars pour certains sols boueux à 20 bars et plus pour les roches.

<i>Nature du sol</i>	<i>Taux de compression Admissible en bars (+/-1 Kgf/cm²)</i>
Remblais, boues, sable, mouillés.	0 à 1
Sable ferme	1 à 2
Terre compacte	2 à 5
Roche	5 à 20

II. Choix de types de fondation

Le choix s'effectue souvent à partir de deux critères principaux :

- ✓ Assurer la sécurité des habitants et la stabilité de l'immeuble
- ✓ Adopter une solution économique

Parmi les techniques qui s'offrent au constructeur en matière de fondation et étudiées par la suite on a :

▪ **Les semelles de fondation**

- Continues sous un mur
- Continues sous des poteaux
- Isolées
- Excentrées
- Les radiers : -Simples ou généraux

Fondations dites superficielles
(A la surface du sol)

- Les puits → Fondations semi profondes
- Les pieux → Fondations profondes
- Les parois moulées, les cuvelages → Fondation spéciales

II-1 Pression supportée par le sol

Les taux usuels indicatifs estimés pour les pressions des fondations superficielles sont de l'ordre :

- ✓ 0.2 à 2bars pour les argiles
- ✓ 0.5 à 2.5bars pour terrains non cohérents à compacité moyenne
- ✓ 2.5 à 5bars pour les terrains non cohérents à bonne compacité
- ✓ 5 à 30 bars pour les roches saines non désagrégées non fissurées

- ❖ Le bar est l'unité qui correspond à $1\text{dan}/\text{cm}^2$
- ❖ La compacité est définie par le rapport $\frac{\text{Volume de tous les grains}}{\text{Volume total (grains + vides)}}$

La prise en compte des charges transmises au sol s'avère indispensable dans le choix des fondations, On distingue :

- ✓ Les charges permanentes : poids des toitures, planchers, murs, etc
- ✓ Les charges d'exploitation
 - Statiques : meubles, matériels, dépôts
 - Dynamiques : Machines, personnes
 - Climatiques : neiges, vents, dilatations.

III. Les différents types de fondation

III.1 Les fondations superficielles

Il s'agit des fondations à faible profondeur (en surface) sans ou avec peu d'armature. Les fouilles sont effectués en rigoles peu larges et peu profondes $\leq 1\text{m}$

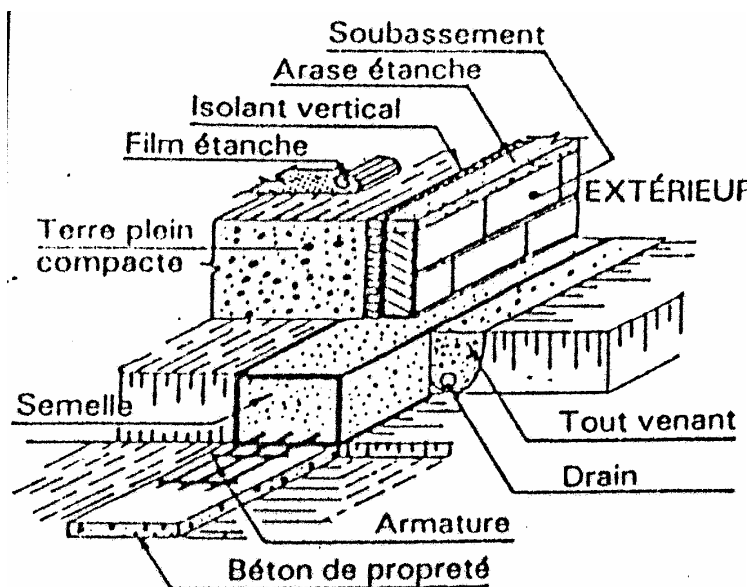


FIG. 9 FONDATION SUPERFICIELLE

Fondation par rigoles

Rôle	Caractéristiques	Avantages et inconvénients	Cas d'emploi
Supporter de faibles charges : des murs continus porteurs ou non	<p>Section rectangulaire</p> <p>Dimensions courantes de 25 cm × 50 cm</p> <p>hauteur × largeur à 50 cm × 100 cm</p> <p>Constitution :</p> <ul style="list-style-type: none"> - gros béton - béton cyclopéen <p><i>Remarque :</i></p> <p>Le béton cyclopéen est constitué par du gros béton + des moellons incorporés dans la masse (fig. 4)</p>	<p>La forme du béton est celle de la rigole : pas de coffrage (fig. 1).</p> <p>Mise en œuvre du béton très facile et rapide : simple remplissage.</p> <p>Quelques zones sont sensibles aux variations de charges : risque de tassement différentiel.</p>	<p>Ouvrage de petite importance : garage, villa, constructions légères avec des moellons noyés dans la masse du béton, la fondation des murs de clôture devient plus économique.</p>

Chaînage minimal (D.T.U. 13,12)

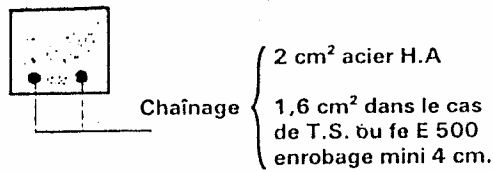


FIG. 10

Protection contre le gel. Profondeur
des fouilles : 60 à 100 cm suivant les
régions.

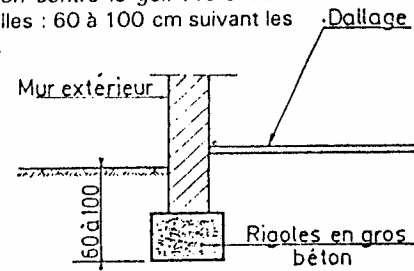


FIG. 11

FIG. 12

Diagrammes de contraintes

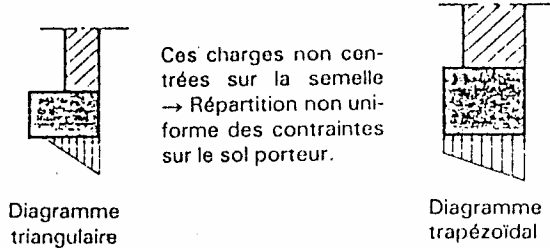


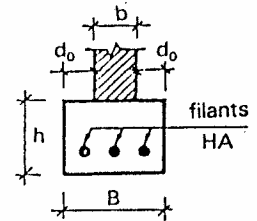
FIG. 13

Semelle continue sous mur
sans aciers transversaux

Conditions :

- charge verticale centrée
- $h \geq 2 d_0$

En général :
 $B \geq 40$ cm
 $h \geq 20$ cm
 $d_0 \geq 8$ cm



Protection pour soubassement :

Rôles	Matériau DELTA MS	Mise en œuvre
<ul style="list-style-type: none"> étanchéité verticale isolation thermique respiration du mur protection humidité 	<ul style="list-style-type: none"> matière plastique (polyoléfine) épaisseur : 600 microns excroissances ≈ 8 mm stable, résistante aux chocs allongement de rupture 60 % forme : série de troncs de cônes dis- posés à intervalles réguliers 	<ul style="list-style-type: none"> fixation mécanique (chevilles + lattes ou clous adhésifs) drain collecteur nécessaire en pied

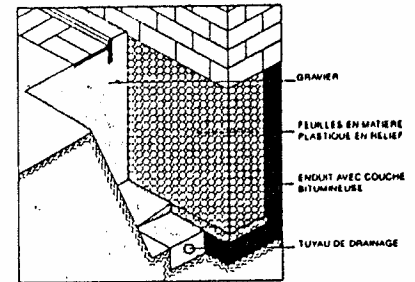


FIG. 14

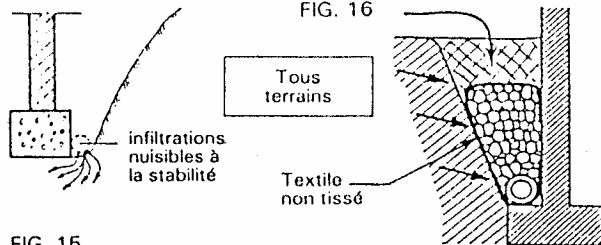
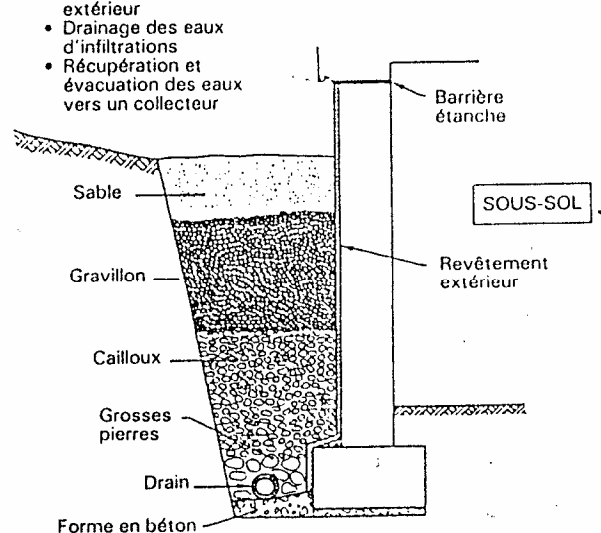


FIG. 15

- Enduit étanche extérieur
- Drainage des eaux d'infiltrations
- Récupération et évacuation des eaux vers un collecteur

FIG. 17



PROTECTION DES MURS ENTERRÉS (D.T.U. 20,1)

Drainage périphérique

Commentaire (D.T.U. : 20,1)

Sur les terrains sensiblement plats, le drainage ceinture totale-
ment le bâtiment (fig. a); sur les terrains en pente notable, le
drainage n'est en général pas nécessaire sur la façade aval
(fig. b).

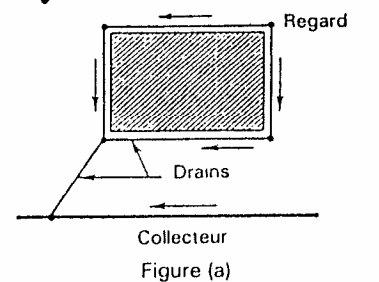


FIG. 18

Cas des terrains sensiblement plats

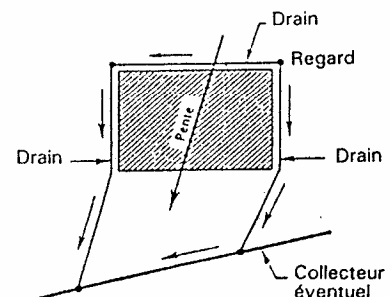
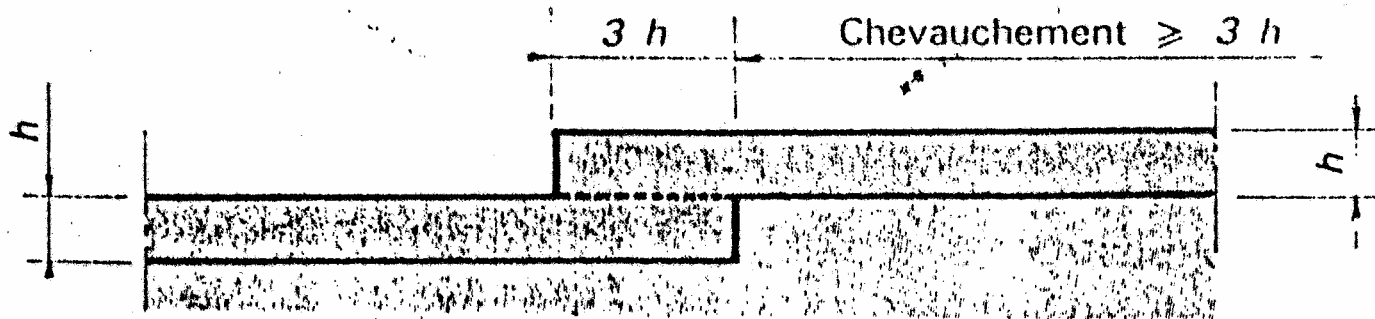


FIG. 19

Figure (b)
Cas des terrains en pente

Règles de construction :

1. La charge agissante (mur+charge) doit être centrée sur la largeur de la fondation pour obtenir une répartition uniforme sur le sol de fondation (**figure7**)
2. La portance du sol doit correspondre aux charges à supporter pour permettre l'équilibre de la construction.
3. Le fond de fouille doit être sensiblement horizontale :
 - Longitudinalement
 - Transversalement
 Sinon on est conduit à réaliser des gradins (**figure8**)



Réalisation des fondations

- La réalisation de ce type de fondation a pour but :
- La stabilité des constructions par une résistance au poinçonnement ; résistance à la flexion des consoles
- La protection contre le gel
- La protection contre l'humidité

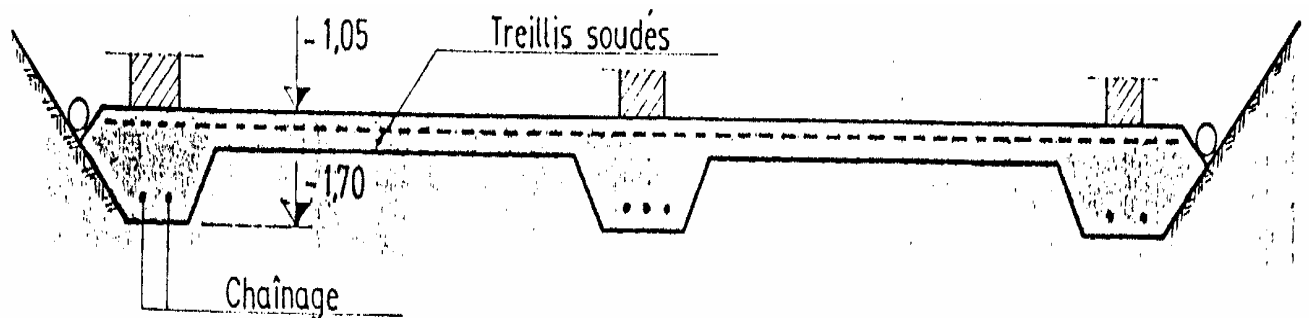
Ce qu'il faut éviter :

- Placer une canalisation au niveau de l'arase inférieure de la fondation : risque de déchaussement
- Imposer au terrain des pressions abusives surtout dans les cas des murs bâtis en limite de parcelle

Cas de exécution simultanée des rigoles et du dallage :

Le système de réalisation consiste à :

- Exécution du terrassement
- Mise en place d'une couche de pierres cassées ou de tout venant 0 à 60 mm sauf en fond de rigoles
- Mise en place des canalisations éventuelles
- Disposition d'un film étanche (polyane)
- Disposition d'une armature :
 - Chaînage pour rigoles
 - Treillis répartiteur
- Coulage, vibration, et dressage du béton et une seule fois

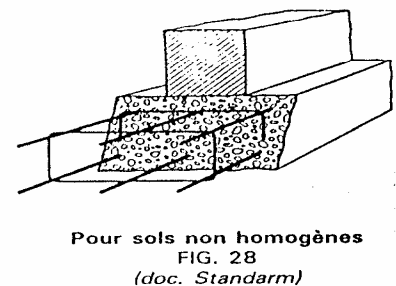
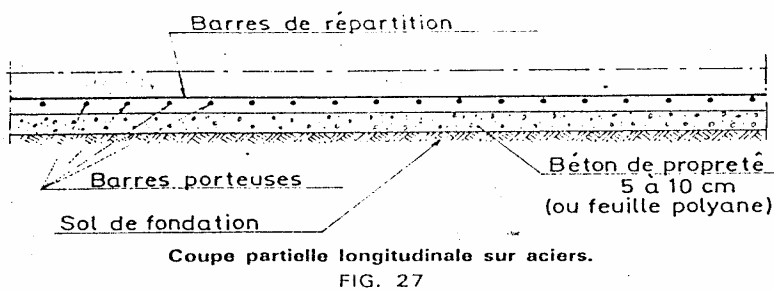
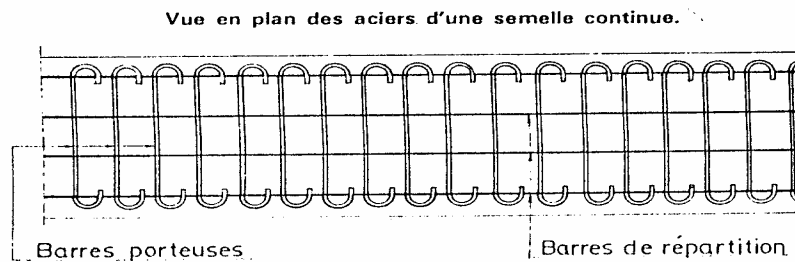
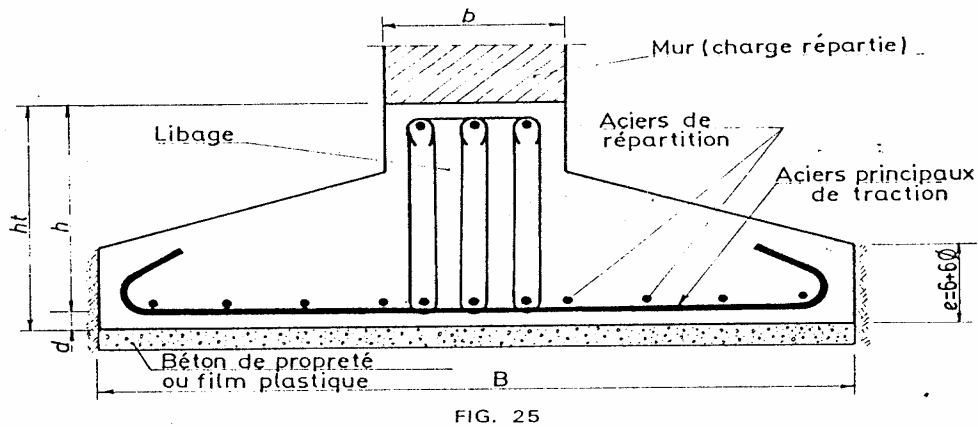
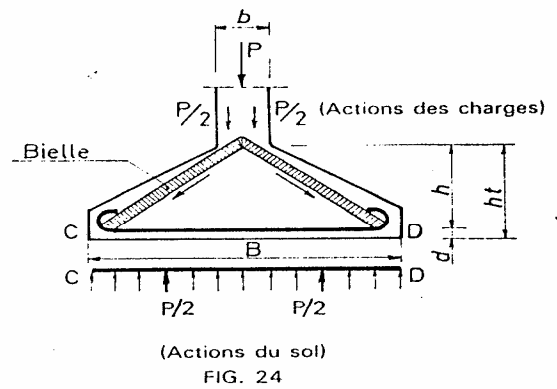
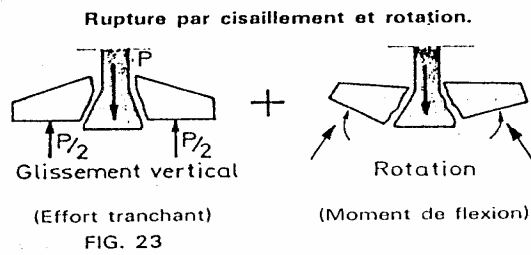


La portance du sol doit correspondre aux charges à supporter pour permettre l'équilibre de la construction

Semelles continues armées :

La semelle continu ou filante reçoit :

- un mur généralement continu*
- des poteaux situés sur une même ligne*
- la longueur de la semelle est grande par rapport à sa largeur (2 à 15 fois)*



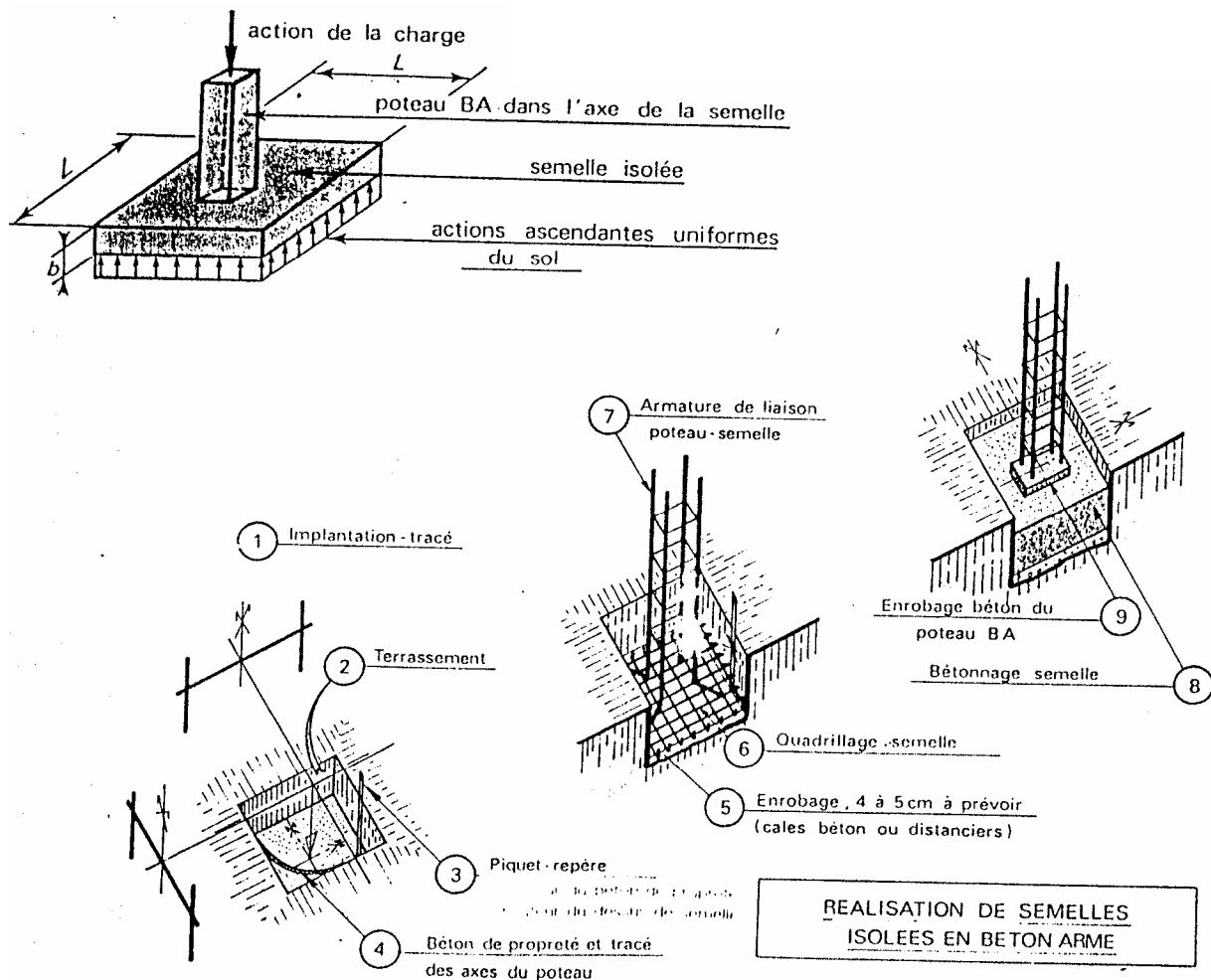
Semelles isolées en béton armé :

La semelle isolée reçoit : un poteau isolé :

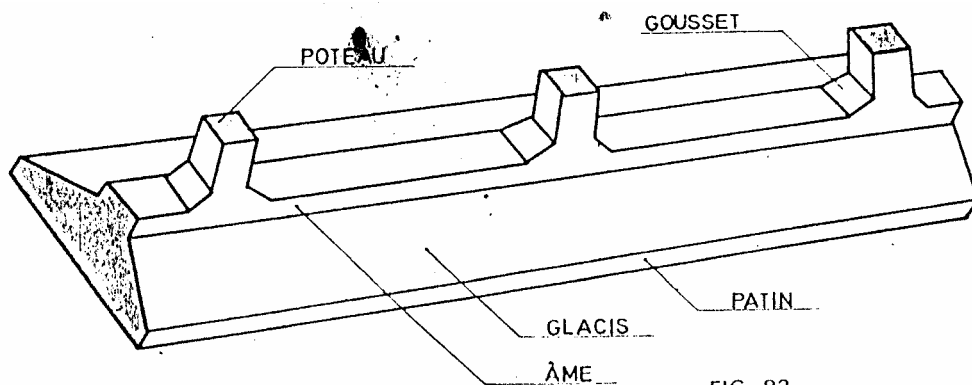
- d'angle
- de rive
- intérieur
- des poteaux jumelés dans le cas de joints de dilatation

Les semelles isolées sont généralement armées par deux nappes d'aciers orthogonaux protégés de l'oxydation par une épaisseur d'enrobage de 4 à 5 cm

Un béton de propreté en fond de fouille facilite l'implantation et l'enrobage régulier



Semelles continues sous poteaux :



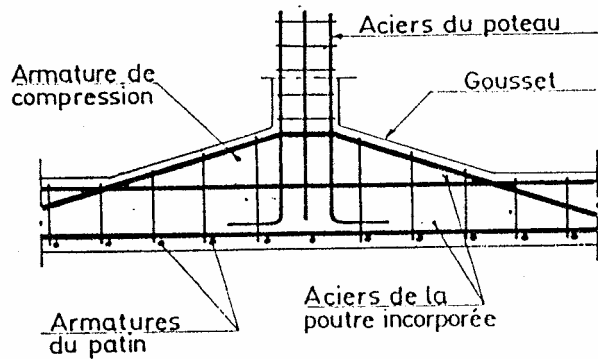


FIG. 109. - Détail d'armature d'un gousset.

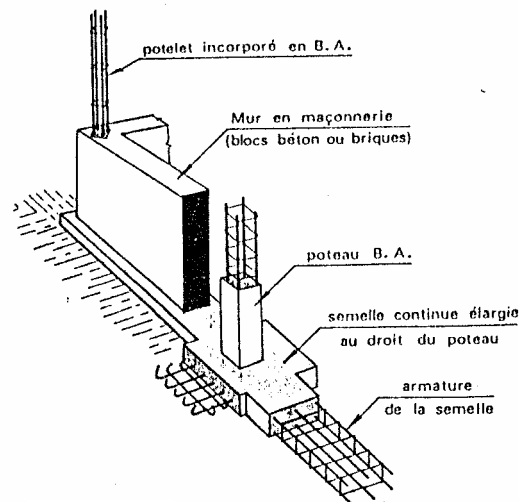


FIG. 110. Armature d'une semelle continue sous poteaux B.A.

III.2 fondations semi profonde

Fondation par puits

Un puits de fondation s'apparente à un gros pilier armé ou non prenant appui sur le sol résistant à une profondeur supérieur à 2metres

Il reçoit des fortes charges

Un plot en béton s'apparente à un puits .il sert pour les constructions légères

Quand choisit-on la fondation par puits

Cette solution est choisie si :

- la couche superficielle représente une résistance insuffisante pour équilibrer les charges :
- les charges sont importantes et concentrées
- les puits sont moins coûteux que :
 - le radier
 - les semelles massives
- les conditions particulières du chantier s'y prêtent
- la rapidité d'exécution est un facteur déterminant

Où placer les puits ?Combien ?

Les emplacements des puits sont ceux des éléments de construction les plus chargés :

- angles extérieurs ou intérieurs*
- intersections de mur intérieur*
- poteaux en BA.(d'angle, de rive,intérieur)*
- trumeaux en BA*

Le nombre de puits résulte d'un compromis entre des exigences en conflit :

- d'une part,le terrassement le remplissage en béton pour les puits*
- de l'autre part, la portée et la section des longrines dépendantes des puits*

Le choix de l'entreprise doit concilier à la fois l'aspect technique et l'aspect économique

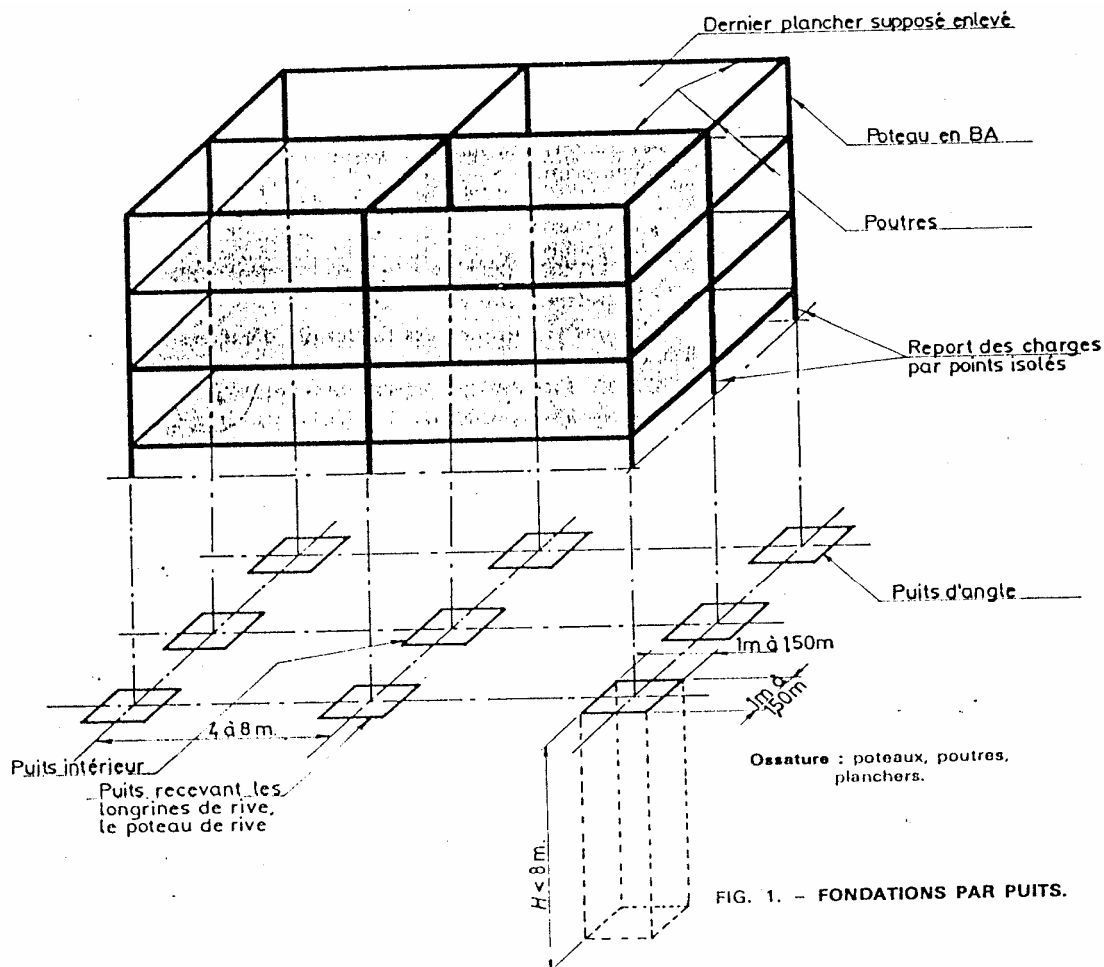
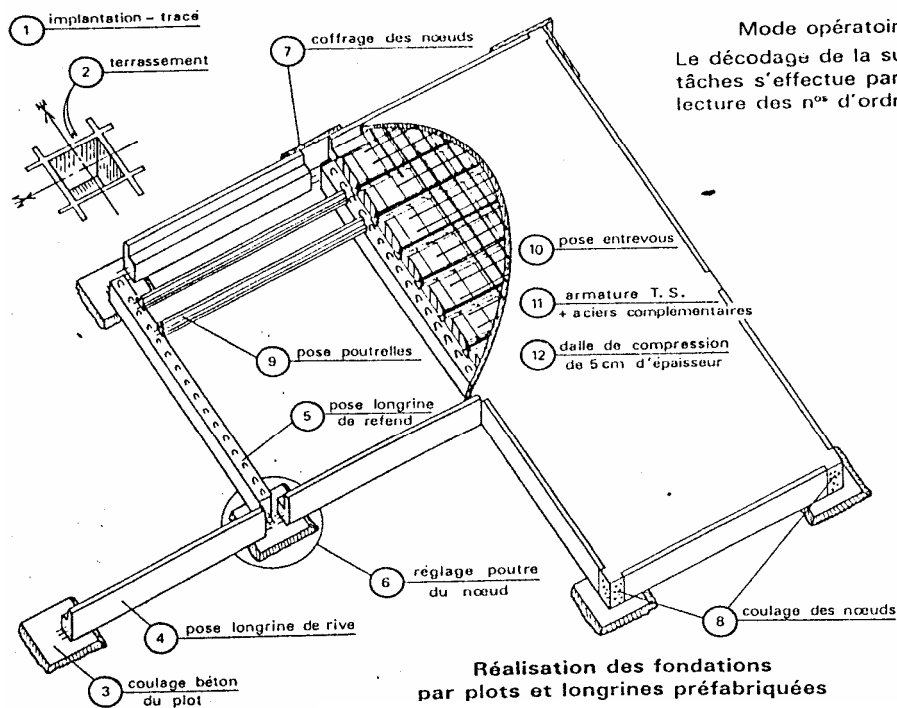
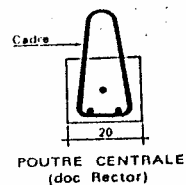


FIG. 1. - FONDATIONS PAR PUITS.

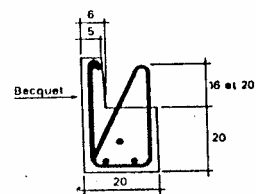


Réalisation des fondations
par plots et longrines préfabriquées

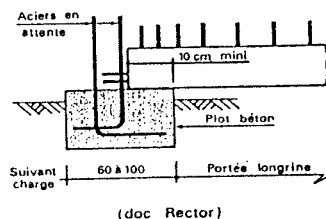
Mode opératoire
Le décodage de la suite des
tâches s'effectue par simple
lecture des n° d'ordre.



POUTRE CENTRALE
(doc Rector)



POUTRE DE RIVE (avec bécuet)
(doc Rector)



(doc Rector)

III.3 Fondations profondes

✓ **Pieux en béton armé :**

Ils sont destinées à reporter à grande profondeur (20m.40m, et plus) les charges d'une construction.

Ils sont groupés par 2,3,4,5 et plus et réunis par une semelle très épaisse sur le sol soit :

- *Par frottement latéral*
- *Par effet de pointe*
- *Par frottement latéral et effet de pointe*

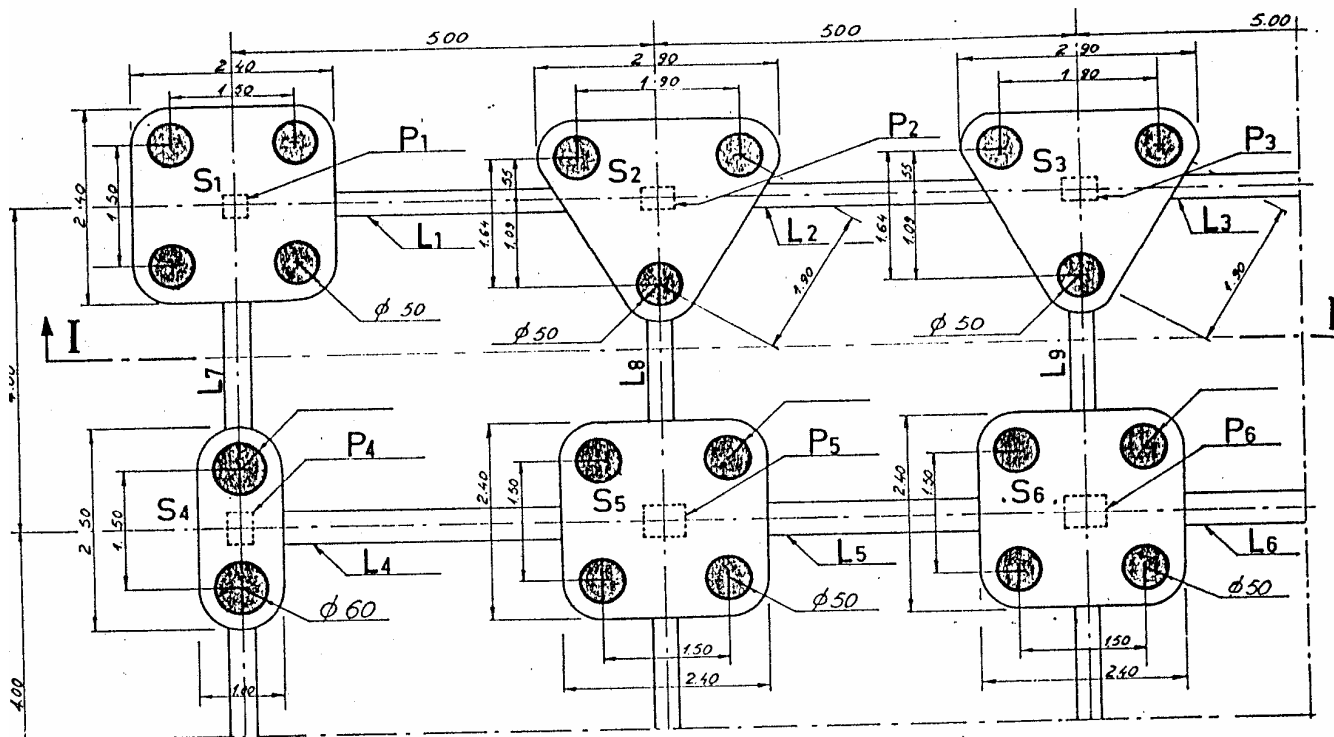
Ils doivent résister généralement à l'effet :

- *Des charges verticales*
- *Des poussées horizontales ou obliques*

✓ **Pieux préfabriqués :**

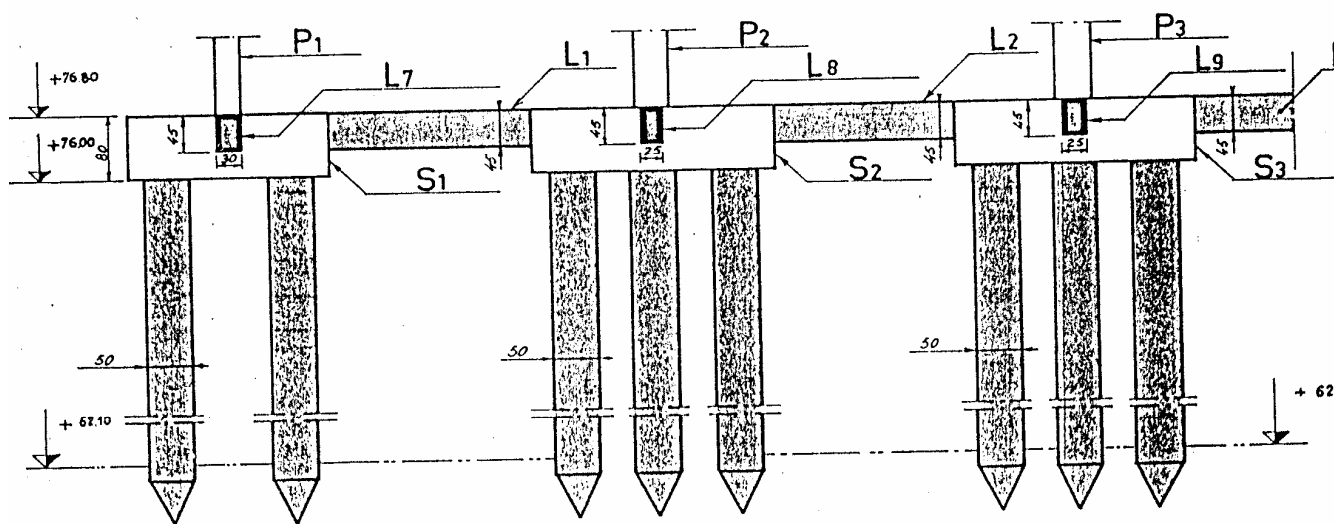
Même principe que les pieux en BA sauf que la technique des fondations par pieux préfabriqués pose les problèmes suivants :

- *La préfabrication des pieux*
- *Le transport*
- *La mise en œuvre*
- *L'établissement de la semelle et les travaux qu'elle nécessite*



VUE EN PLAN D'UN ANGLE DE BÂTIMENT

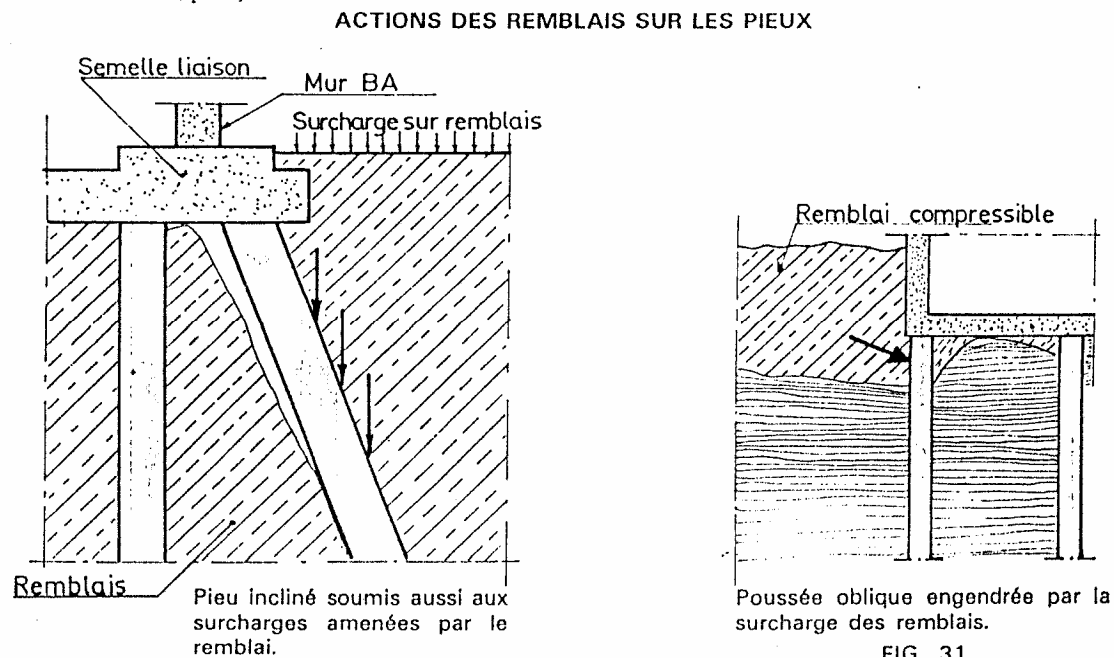
FIG. 1



COUPE I-I

FIG. 2

FONDACTIONS PAR PIEUX



III.4 Fondations spéciales

Les parois moulées dans le sol : parois verticales en béton ou en BA rectilignes ou courbes, effectuées sur une grande profondeur jusqu'à 40m à 50m, pour la réalisation des fondations profondes en milieu urbain elles assurent :

- *Le soutènement des terres sans rabattement de nappes*
- *Le rôle porteur pour les constructions (fondations et murs)*
- *L'écran d'étanchéité pour le sous sol*

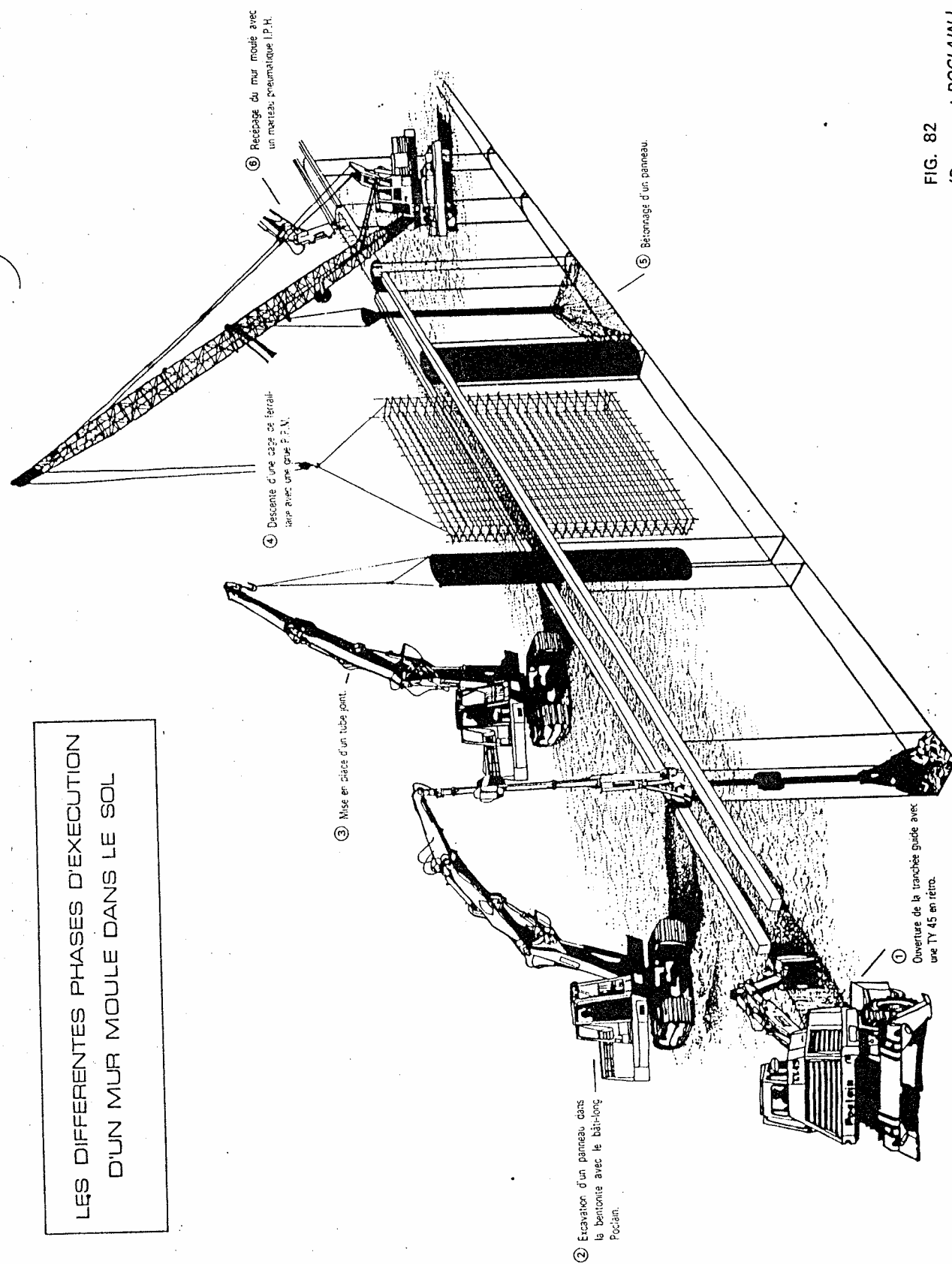


FIG. 82
(Document POCLAIN.)

LES DIFFÉRENTES PHASES D'EXECUTION
D'UN MUR MOULE DANS LE SOL

III.5 Radiers

Radier général

Il est constitué par une semelle générale couvrant toute la surface au sol du bâtiment et parfois cette semelle déborde par console extérieure

Le radier se trouve justifié si les semelles continues ou isolées deviennent très large en raison de :

- *De la faible capacité portante du sol*
- *Des charges élevées du bâtiment(immeuble)*
- *Du rapprochement des poteaux*
- *De la profondeur a atteindre pour fonder sur un sol résistant*
- *Des difficultés d'établir des pieux(vibrations nuisible)*
- *De charges excentrées en rive de bâtiment*

Il est indiqué de fonder le bâtiment de type lourd sur une semelle unique constituant un radier général de répartition des charges

Calcul de l'armature.

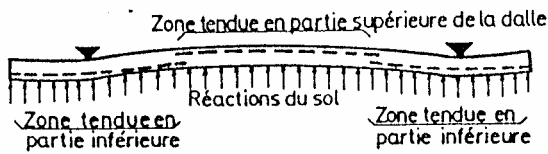


FIG. 10

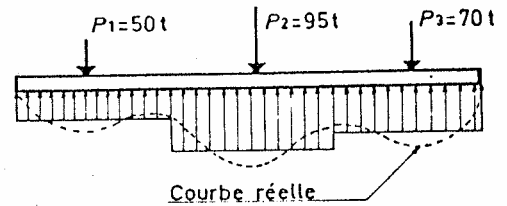


FIG. 11

Cas d'un mur

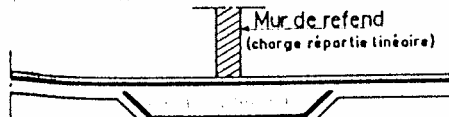


FIG. 12

Cas des poteaux

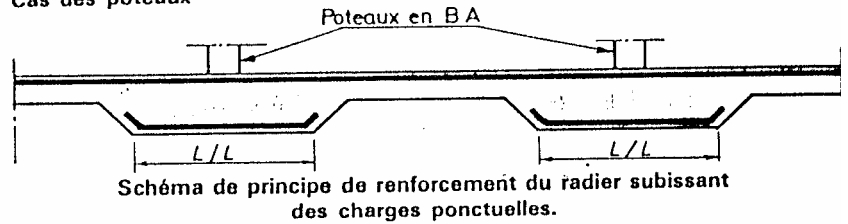
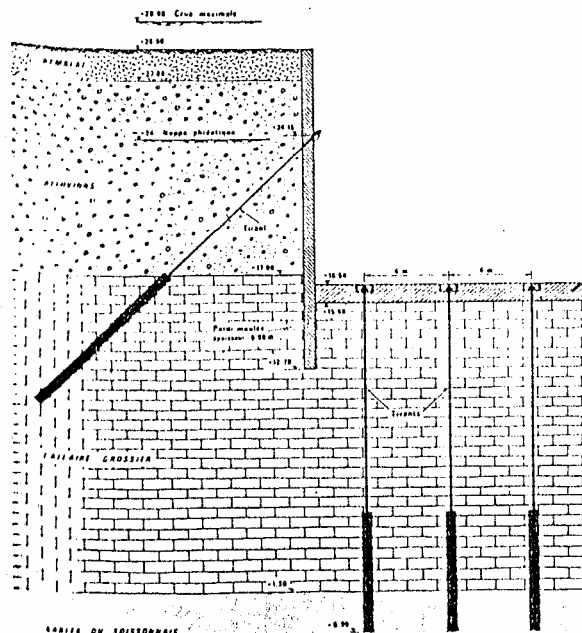
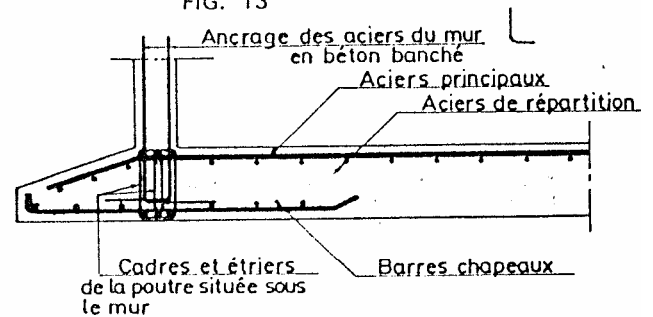


FIG. 13

- ① Paroi moulée maintenue par tirants inclinés à 45°, espacés de 2 m, de 18 m de longueur avec scellement sur 6 m pour l'ancrage.
- ② Radier qui vient buter la paroi moulée, avec tirant de même type et même capacité.

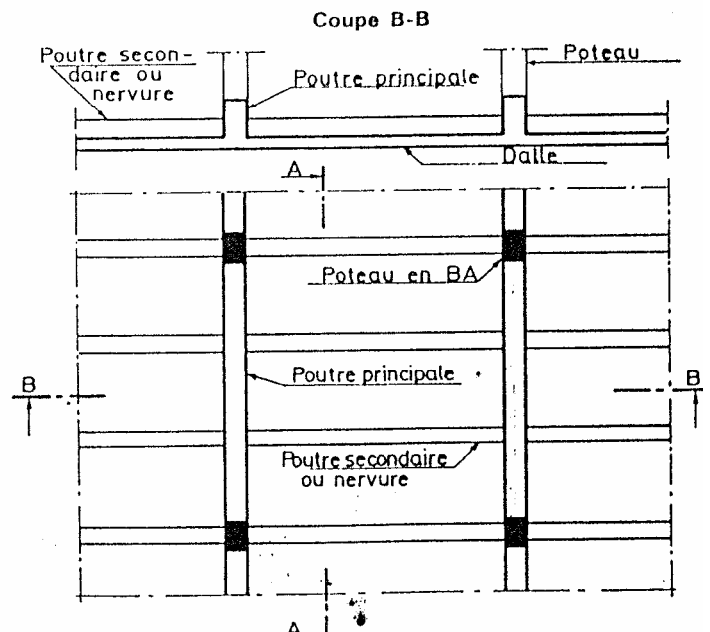


Paroi moulée et radiers avec tirants d'ancrage
(doc. Solétanche)



Armature d'un radier plan épais.

FIG. 14



C. LES MURS

I. Murs

I.1 Fonctions des murs :

On appelle murs les éléments porteurs verticaux, de section droite, Très oblongue. Les cloisons, en revanche, n'ont aucune fonction portante.

En général : Murs > 15 cm > Cloisons

I.2 Rôle essentiel des murs

Les murs doivent remplir certaines fonctions et en permettre D'autres. Ils doivent notamment :

- A) **clore** : *pour limiter la construction exemple : mur de façade ; mur pignon*
Pour séparer des locaux : chambre, cuisine
Pour séparer des propriétés non bâtis : mur de clôture
Pour séparer l'habitation du milieu naturel : mur de cave, mur de sous-sol, mur de parking
- B) **résister** : *-a la charge amenée par sa propre masse la section de la base étant la plus sollicitée*
Exemple : sous sol d'un collectif.
-a la charge des planchers , des charpentes et des couvertures, des charges d'exploitation transmise aux murs porteurs : longitudinaux et transversaux
-a la poussée éventuelles des terres
- à la fois aux charges verticales et horizontales exemple : mur de façade soumis à l'action du vent
-a l'action des changements de température : dilatation et choc thermique
- c) **isoler** : **thermiquement.** *C'est-à-dire assurer le confort de l'habitant , en s'opposant au passage de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur et le contraire pour des raisons économiques : incidence de l'isolation sur la consommation d'énergie .et des exigences de réalisation du complexe : isolation, ventilation aération*

Acoustiquement : *pour se protéger des agressions dues aux bruits transmis par l'air environnant et pour réduire l'intensité des sons émis à l'intérieur d'un logement*
contre l'incendie : *pour pallier la très nette diminution des caractéristiques mécaniques des matériaux sous l'action de la chaleur*
Nous allons créer des baies pour les portes.
- D) **protéger** : *a fin de s'opposer à la pénétration de l'eau de pluie (mur de façade), éviter les remontées capillaires dues à l'humidité du sols et résister aux agents physiques (sels, actions du vent, du soleil, de la pluie etc*

E) embellir

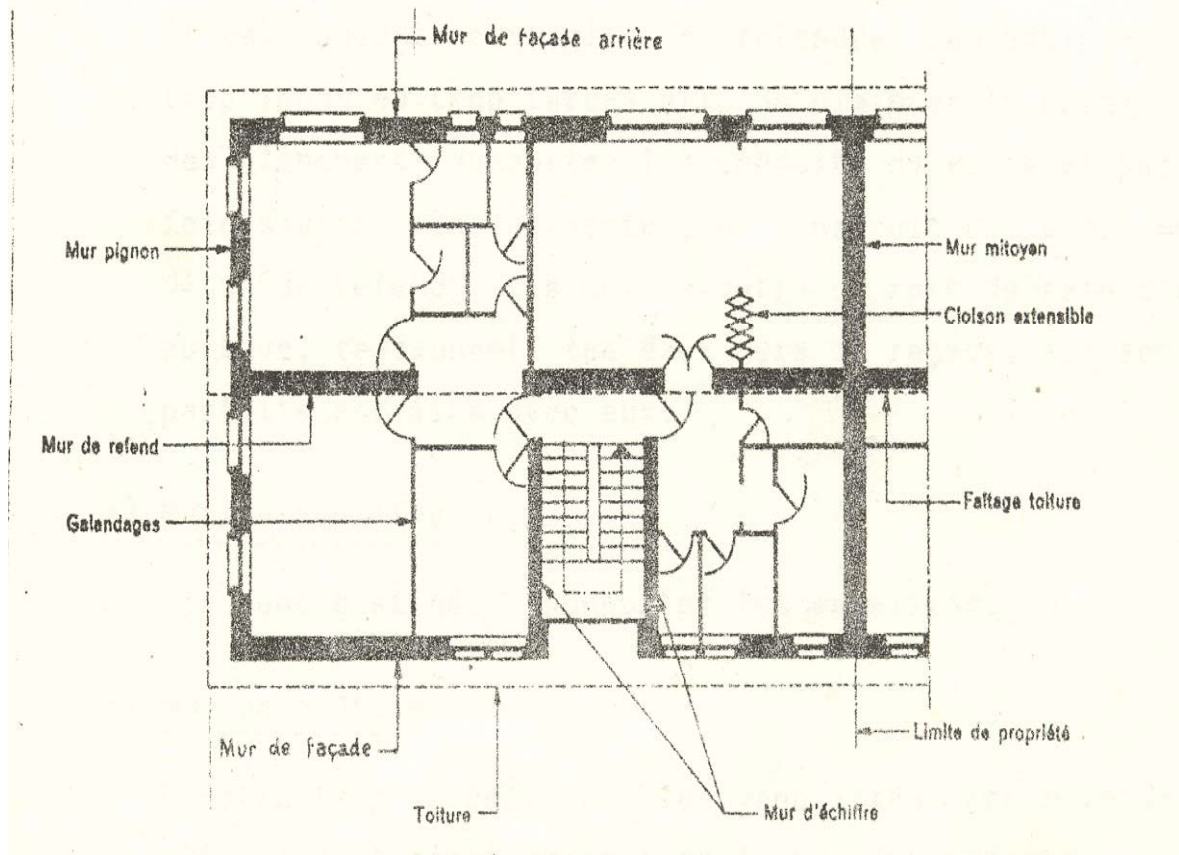
C'est-à-dire constituer un élément de décoration, soit à l'extérieur soit à l'intérieur par le parement restant apparent, le jeu des formes et des coloris soit des matériaux naturels pierres soit des matériaux artificiel : parement reconstitués

1.3 LES DIFFERENTS TYPES DE MURS :

La figure ci-après indique la terminologie adoptée pour les murs des bâtiments traditionnels, où ils constituent l'élément porteur intégral des planchers et assurent le contreventement de la construction.

Dans les immeubles de conception moderne les murs sont en quelque sorte des cloisons aux caractéristiques bien définies s'incorporant dans une ossature porteuse .cette ossature en béton armé ou en construction métallique, fait parfois appel aux murs pour réaliser son contreventement. Il convient de noter que la plupart des petits bâtiments (habitation, petites écoles, etc.) Peuvent être avantageusement construits avec des murs porteurs .en effet, la construction d'une ossature en béton coûte chère : elle demande une abondante main d'œuvre qualifiée et nécessite des matériaux onéreux : fer et le ciment. L'expérience montre qu'avec ce système, le gros -œuvre d'un bâtiment peut coûter beaucoup plus cher qu'avec le système « murs porteurs ».

Les différents types de murs suivant leur situation



A. Murs de façade :

Le plus souvent parallèles à la rue, ils comportent des ouvertures : portes et fenêtres.

S'ils sont porteurs, ils ont à supporter le poids des différents planchers et de leurs surcharges.

B. Murs pignons- Murs mitoyens :

Le plus souvent perpendiculaires aux murs de façade, ils ont généralement la forme de la toiture (droite ou en pointe). Comportant moins de baies que les murs de façade, ils ont à supporter le conduit de fumée et les gaines de ventilation.

Dans les agglomérations il n'est pas rare qu'un pignon appartienne à deux propriétaires. Il est alors mitoyen.

C. Murs de façade arrière :

On ne recherche pas pour ceux-ci l'esthétique indispensable aux murs de façade sur rue. Souvent parallèle aux premiers, ils supportent les mêmes charges et par fois des conduits de fumée et gaine diverses.

D. Murs de refend :

Il est souvent nécessaire de « refendre » les bâtiments trop longs ou trop larges de diminuer la portée des planchers, supporter les conduits de fumée et par fois soutenir la charpente ; on construit alors des murs dits « de refend ». Ils ont en outre un rôle de raidisseur puisque, rejoignant les deux murs de façade, ils sont parfaitement liés avec eux.

E. Murs d'échiffre :

Ils sont destinés à supporter les escaliers.

F. Murs de clôture :

Construits pour délimiter les propriétés, les murs de clôture sont constamment exposés aux intempéries.

Ils doivent être recouvert d'un couronnement ou chaperon. Ce chaperon est destiné à empêcher les eaux de pénétrer dans le mur.

L'épaisseur des murs de clôture varie en fonction de leur hauteur et leur longueur, des renforts ou contreforts qu'ils peuvent recevoir, ainsi que des matériaux employés à leur réalisation.

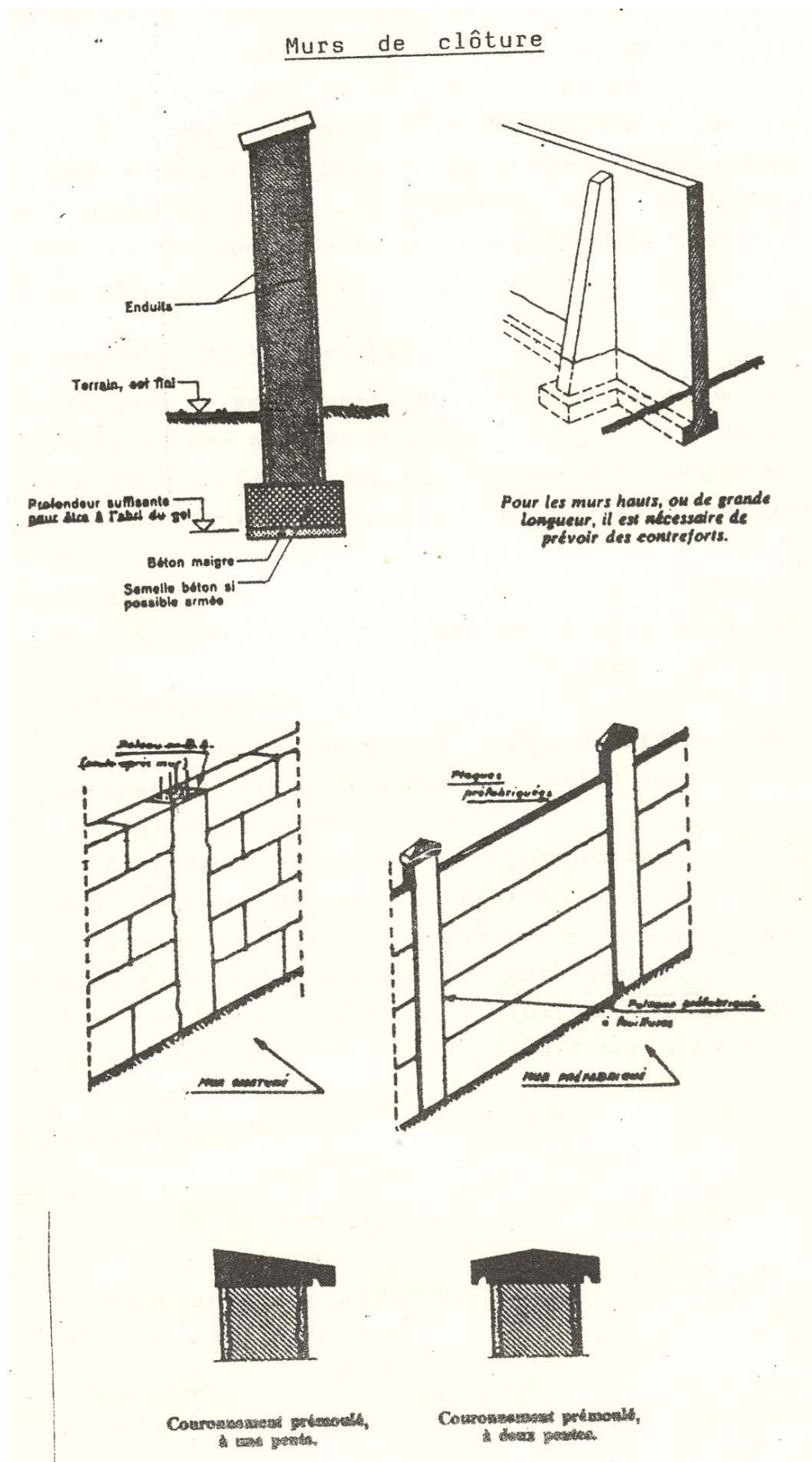
La hauteur de ces murs dépend des règlements locaux, de leur situation et de leur destination.

Les murs préfabriqués sont le plus souvent composés de poteau de béton armé, de section variable, comportant sur deux faces des rainures dans lesquelles sont glissées les plaques également préfabriquées composant le corps du mur.

Ils ont l'avantage d'être montés beaucoup plus rapidement, leur faible épaisseur permet une meilleure utilisation du terrain, ils peuvent être mis en place par des « armatures » et ils sont récupérables mais ils ne sont pas esthétiques.

La poussée du vent sur un mur de clôture peut paraître négligeable. Il n'en est rien : Ainsi : si un vent faible n'exerce qu'une poussée de 2 dan/m², un vent fort atteint de 20 à 30 dan/m² une tempête peut produire une poussée de 80 dan/m² et un cyclone plus de 250 dan/m².

C'est pourquoi, dans certains cas, il est prudent de faire de distance en distance, des contreforts qui augmentent la stabilité de l'ouvrage.



G. Les murs de soutènement

Les murs de soutènement sont destinés à supporter latéralement une poussée des terres ou le renverser.

L' inclinaison est en rapport avec le talus naturel formé par les terres qu'il doit soutenir.

Les murs de cave

Ils ont à supporter tout le poids du bâtiment et ses surcharges, et constituent une partie ou toutes les fondations de celui-ci.

En plus des charges verticales énumérées ci dessus, ils subissent les poussées latérales des terres appuyées contre leur parement extérieur. Ce dernier point les rend comparables aux murs de soutènement.

Ces murs sont construits le plus souvent en maçonnerie de moellons durs et résistants à l'humidité.

II. MACONNERIE

II.1 MACONNERIES DE BRIQUES ET DE BLOCS :

▪ Généralités

On distingue :

-La maçonnerie non portante.

-La maçonnerie portante.

La maçonnerie est dite « non portante » lorsqu'elle est utilisée comme remplissage dans une ossature en béton armé ou en métal. Les seules charges qu'elle supporte sont son poids propre et éventuellement le poids des appareils accrochés aux murs.

La maçonnerie est « portante » lorsque des charges autres que son poids propre peuvent être appliquées à la maçonnerie.

Les briques ou blocs mis en œuvre doivent être d'aspect sain et sans cassure importante.

Les briques et les blocs sont posés à plein bain de mortier. tous les joints horizontaux et verticaux sont remplis de mortier, les joints ont une épaisseur uniforme de 8 à 12 mm.

Généralement, les maçonneries de parement sont exécutées avec rejointoyage ultérieur.

Les murs sont exécutés d'aplomb et bien plans.

Les assises doivent être horizontales.

▪ Les appareillages :

Définitions et but :

L'appareillage est la façon dont les briques sont disposées dans un mur ou cloison un appareillage doit :

-assurer une bonne liaison à la maçonnerie.

-assurer une bonne répartition des charges.

-donne un effet esthétique dans le parement des murs.

▪ **Condition d'un bon appareillage :**

L'appareillage de la maçonnerie doit satisfaire à plusieurs

- les joints verticaux sont décalés entre assises contiguës.*
conditions :
- il est conseillé de ne pas maçonner avec des morceaux de dimensions moindres que celles d'un demi élément.*
- aux croisements et aux jonctions, il faut que l'appareillage assure la liaison entre murs perpendiculaires.*
- l'emploi de différents types de matériaux dans une même maçonnerie doit être évité.*

▪ **Epaisseur des murs :**

L'unité de l'épaisseur d'un mur de brique est la panneresse.

*Si la largeur d'une brique est de 9 cm et longueur est de 19 cm ,
tandis que l'épaisseur du joint est de 1 cm , l'épaisseur ;*

** d'un mur d'une demi-brique sera de 9 cm. .*

** d'un mur d'une brique sera de 19 cm.*

** d'un mur d'une brique et demie sera de 29 cm.*

** d'un mur de deux briques de 39 cm.*

*Il convient de rappeler que les dimension d'une brique normalisée
doivent tenir compte de l'épaisseur des joints : la panneresse doit être égale à
deux boutisses plus l'épaisseur du joint.*

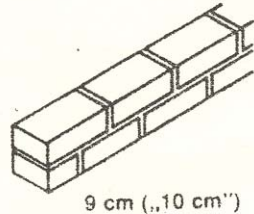
*Sinon, il est impossible d'exécuter correctement une maçonnerie d'une
largeur ou de deux briques.*

-

Fig. 4.3.2.3

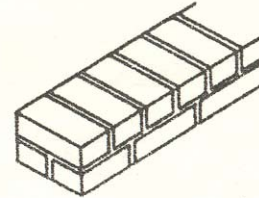
Epaisseur des murs

A. Mur d'une demi-brique



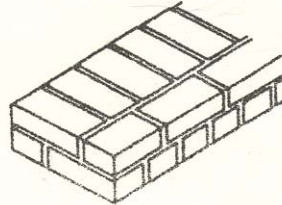
9 cm („10 cm“)

B. Mur d'une brique



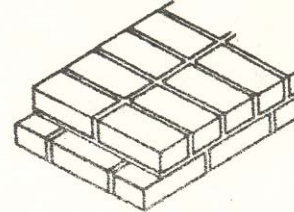
$9 + 1 + 9 \text{ cm} = 19 \text{ cm}$
(„20 cm“)

C. Mur d'une brique et demie



$9 + 1 + 19 \text{ cm} = 29 \text{ cm}$
(„30 cm“)

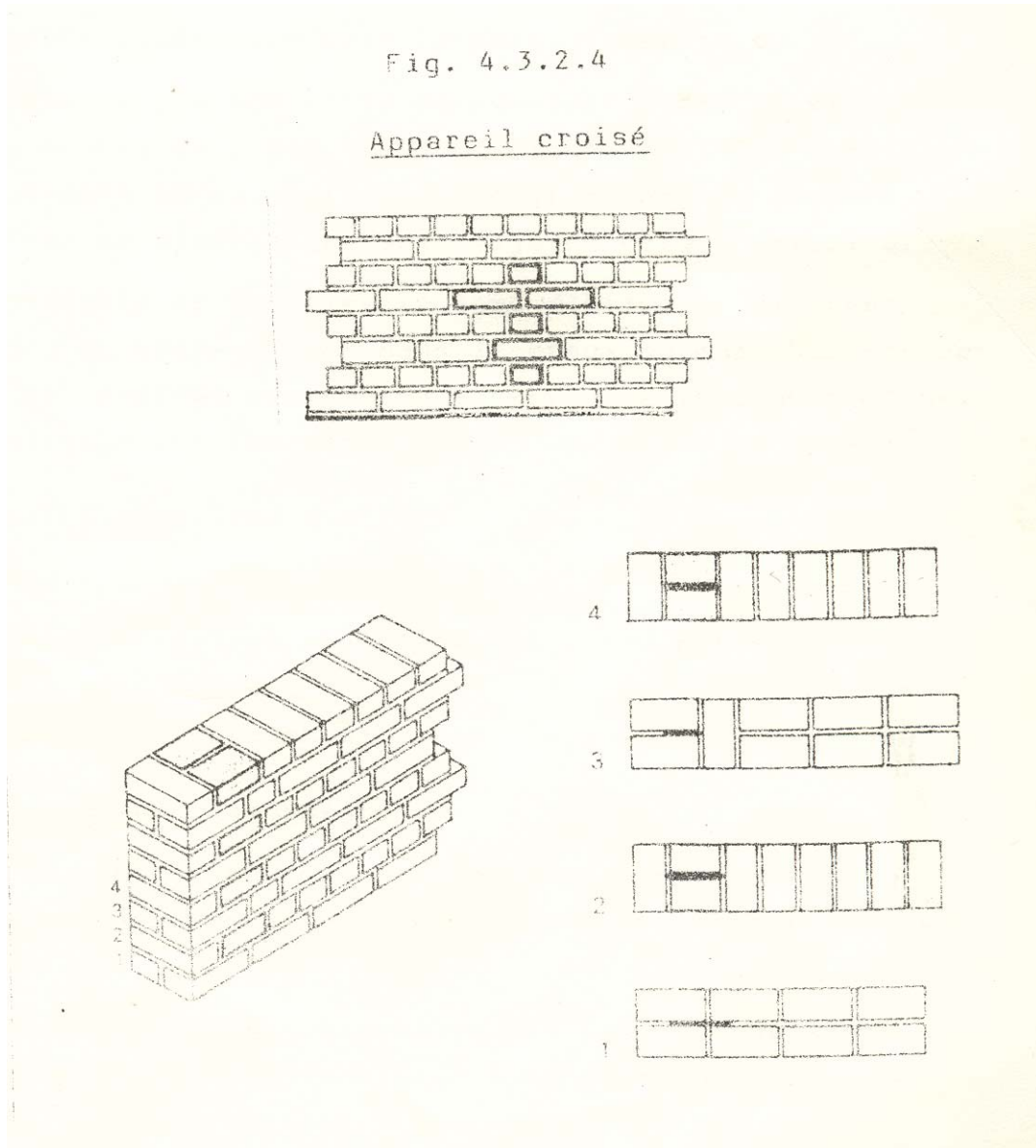
D. Mur de deux briques



$9 + 1 + 19 + 1 + 9 \text{ cm} = 39 \text{ cm}$
(„40 cm“)

-Exemple d'appareillage : appareil croisé :

- les assises de boutisses et de panneresses alternent .
- les boutisses se superposent.
- D'une assise de panneresses à l'autre les panneresses sont décalées latéralement d'une demi brique.
- Les joints verticaux sont décalés d'un quart de brique entre les assises successives de boutisses et de panneresses.
- les murs de plus d'une brique dont l'épaisseur comporte un nombre impair de demi brique font apparaître dans une même assise la panneresse dans un parement et la boutisse dans l'autre .
- les trois -quarts de brique nécessaires à la réalisation de l'appareillage se trouvent après la première



II.2 CONCEPTION DES MURS :

Type de murs extérieurs :

▪ Mur composite avec lame d'air :

Le mur composite ou double mur est constitué :

- d'un parement extérieur en brique ou autre matériau décoratif.
- d'un vide intermédiaire de 5 cm.
- d'une paroi intérieure en blocs maçonnés. Afin d'obtenir une bonne isolation thermique, les épaisseurs 19 cm et 24 cm sont indiquées (voir fig. 4.4.4.1A)

C'est le type classique de mur utilisé pour les habitations, villas, immeubles, écoles, clinique ... le rôle essentiel du vide intermédiaire est d'empêcher le passage par contact de l'humidité extérieure vers la paroi intérieure.

Les crochets de liaison entre parement et paroi intérieure, prévus

Au nombre de 5 par m², sont placés dans les joints, horizontalement ou en pente vers l'extérieur, de façon à ce que l'eau de pénétration soit rejetée vers l'extérieur.

Il est conseillé de ventiler la lame d'air pour diminuer les risques de condensation dans le creux du mur. Une couche isolante est parfois ajoutée dans ce vide afin d'obtenir une meilleure isolation thermique (voir fig. page 48).

▪ Mur composite sans lame d'aire :

Il comprend :

- *un parement extérieur en briques ou autre matériau décoratif.*
- *Une paroi intérieure en blocs de 19 ou 24 cm d'épaisseur.*

▪ mur plein en blocs maçonnés :

A l'extérieur et suivant la destination du bâtiment, les blocs restent apparents où reçoivent une protection contre les intempéries.

Quelque soit le type de mur choisi, il est indispensable de placer un feutre bitumé (roofing) à sa base pour arrêter l'humidité ascensionnelle.

II.3 liaisons béton- maçonnerie :

▪ Dispositions constructives :

Le retrait hydraulique du béton lourd est de l'ordre de 0.5 mm par m. D'autre part, il est sensible aux variations de température. Pour un refroidissement de 10° C, le raccourcissement du béton est d'environ 0.1 mm par mètre.

Ce mouvement est réversible et un réchauffement entraîne la dilatation du béton.

Ces mouvements peuvent créer des contraintes importantes dans la maçonnerie. Aussi est-il recommandé, dans l'association béton –maçonnerie, de prendre des précautions pour diminuer ces contraintes.

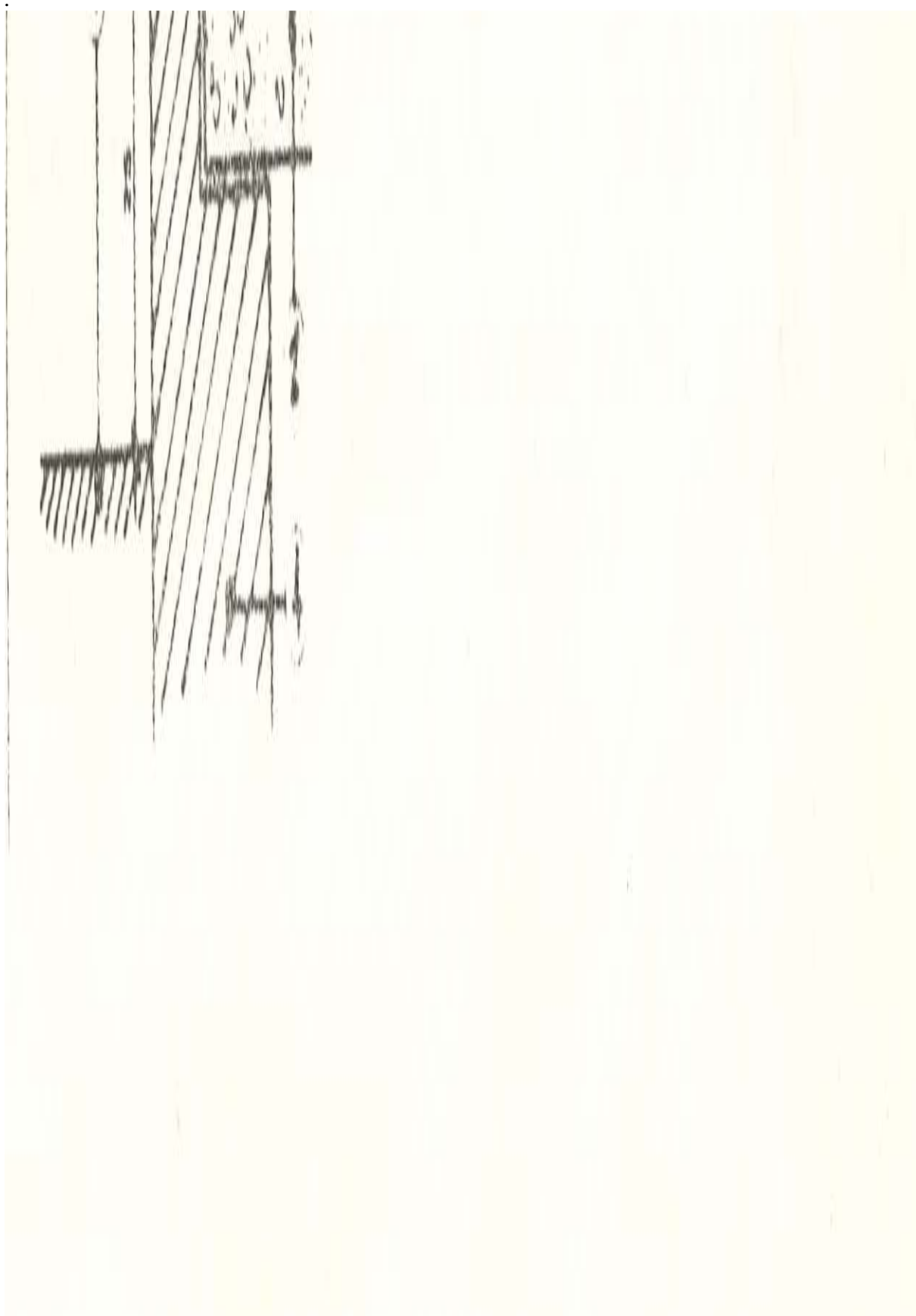
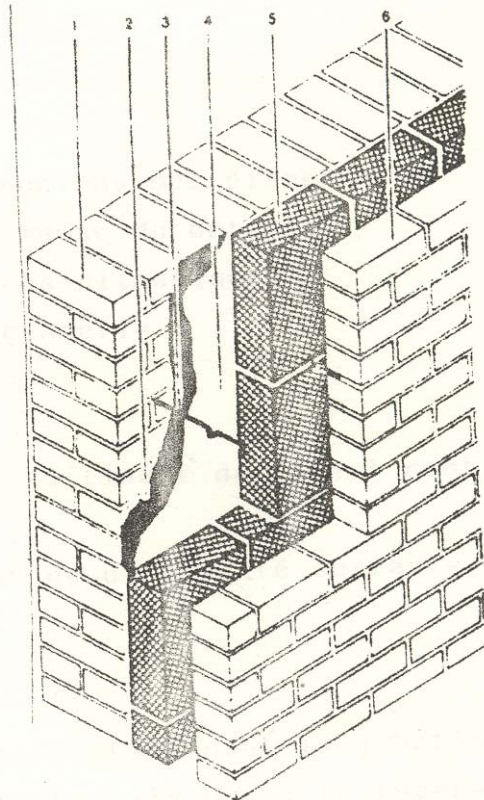


Fig. 4.4.1.1. B

Mur composite avec isolation
supplémentaire

- 1 - Mur porteur
- 2 - Couche d'accrochage
- 3 - Crochet de liaison
- 4 - Adhésif
- 5 - Isolation supplémentaire
- 6 - Parement



Il faut notamment veiller :

- sur le plan conception :
 - à réduire au maximum les dimensions des éléments en béton, de façon à réduire la masse du béton.
 - à les soustraire aux influence climatiques.
 - à les désolidariser de la maçonnerie.
- sur le plan exécution :
 - à les munir d'un ferrailage suffisant destiné à contrarier le retrait.
 - à les fabriquer avec un béton de plasticité correcte.

Cas d'application :

Ces principes trouvent leur application dans la jonction de la maçonnerie avec des éléments tels que : toitures, terrasses, acrotères, allèges, planchers, poutres réparation, chaînages, linteaux....

Toiture-terrasses

Les toitures –terrasses en béton seront posées sur les maçonneries avec interposition d'un feutre bitumé (roofing) ou de tout autre matériau élastique. Elles seront isolées extérieurement par un isolant spécifique ou béton de pente isolant.

Des joints de dilatation doivent être prévus dans le cas de dalles grandes dimensions.

▪ Acrotères

Les acrotères, poutre de couronnement et corniches en béton, sont isolés au même titre que les toitures.

▪ Allègues

On désolidarise les allèges du gros-œuvre en garnissant les logements des allègue, avant coulage du béton, de plaques d'agglomérés ou de fibres végétales ou de bandes de polystyrène expansé.

▪ Planchers

Les planchers qui s'appuient sur les murs extérieurs sont isolés thermiquement par des blocs de 7 cm d'épaisseur.

L'interposition d'un feutre bitumé (roofing) entre plancher et gros œuvre est conseillée. Il en est de même pour les murs intérieurs. (Voir fig.1.1.2.2).

▪ Murs ossatures :

tandis que dans la construction traditionnelle le mur est un élément porteur, la tendance actuelle de l'architecture est de construire les bâtiments au moyen de poteaux et de poutres. Les murs ne trouvent une fonction que dans les étages situés sous le niveau du sol . parfois encore , ils sont employés à la réalisation on des contreventements.

Les murs de façade sont souvent remplacés par des panneaux de façade ou des murs-rideaux. Ceux-ci, entièrement préfabriqués, plein ou vitrés, sont accrochés à l'ossature dans le but d'offrir une protection thermique et phonique suffisante.

Les avantages principaux de cette conception sont :

- *le gain de la surface habitable.*
- *Le gain de la surface habitable.*
- *La légèreté.*
- *La faible quantité d'eau apportée dans la construction.*

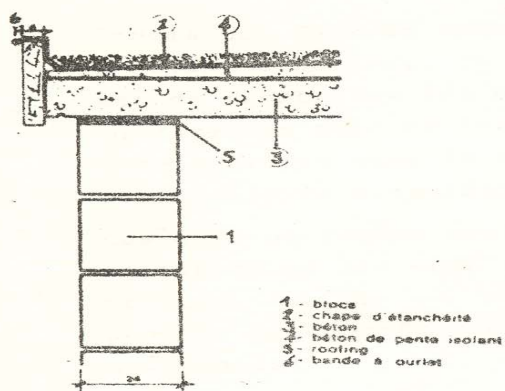
Mais ce type de construction ne se justifie que pour des immeubles importants . Comme déjà dit précédemment, pour des petits immeubles, le système de construction avec murs porteurs est moins cher.

Fig. 4.4.2.2

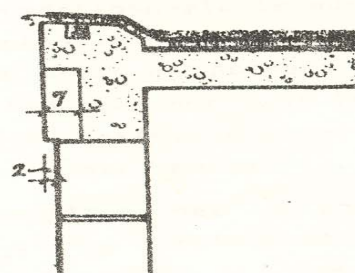
Liaisons béton-maçonnerie

Cas d'application

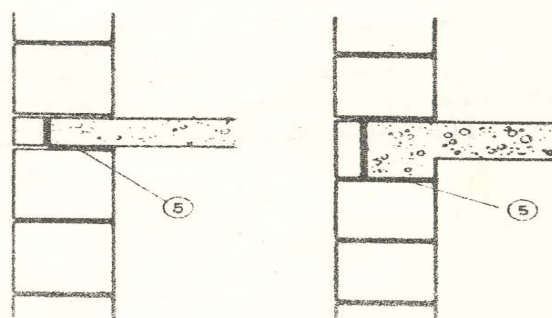
Toiture-terrasse



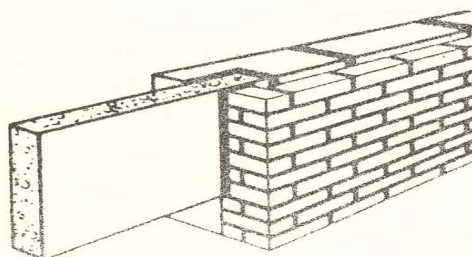
Acrotère



Planchers



Allège



D. LES CLOISONS

1- DEFINITION :

Les cloisons sont des parois de faible épaisseur dont la fonction est uniquement séparatrice et non portante.

Leur rôle principal est de diviser l'intérieur d'un bâtiment.

Elles sont liées aux murs de la construction mais leur structure ne leur permet pas de jouer un rôle de raidisseur, ni de stabilisateur .

2- DIFFERENTS TYPES DES CLOISONS :

a) Cloisons légères entre poteaux :

En carreaux de plâtre entre poteaux : épaisseur 4 à 6 cm, enduits ou non d'après le carreau employé.

- *En brique plâtrières creuses : épaisseur avec enduit : 5 cm .maintenue entre poteaux de bois.*
- *En briques pleines posées sur champ qui donnent une cloison finie de 7 cm d'épaisseur environ.*

b) Cloisons sans poteaux :

L'industrie produit des agglomérés de ciment dont l'épaisseur est de 7.5 cm , qui fournissent une cloison de 10 cm enduit compris.

c) Cloisons amovibles :

Il s'agit de cloisons légères amovibles, permettant de transformer suivant les besoins la distribution intérieure d'un appartement, d'un magasin ou d'un bureau.

Citons parmi celles –ci :

- *les cloisons en fibres de bois agglomérées.*
- *les cloisons en coupeaux agglomérés.*
- *Les cloisons en amiante ciment*
- *Les cloisons par panneaux métalliques.*

d) les cloisons translucides en brique de verre :

Elles sont constituées par des briques de verre posées sur du mortier armé ou du plâtre.

3- LIAISONS CLOISONS- STRUCTURES PORTANTES :

Etant encadrée par des planchers bas et hauts, et latéralement par des colonnes ou des murs, la cloison est dépendante du comportement de ces éléments.

III.1 Comportement de la structure portante :

Dans les immeubles à plusieurs étages les structures en béton armé ne sont pas totalement rigides. Deux facteurs influencent en effet leur comportement :

- le fluage, caractéristique propre au béton.
- Les variations de température, cause externe.

▪ fluage du béton :

Le fluage du béton est une déformation lente de celui-ci dans le temps, sous charge permanente. Il se prolonge pendant plusieurs années et son ampleur finale est trois fois plus élevée que la déformation instantanée qui se produit lors de la mise sous charge.

La flexion excessive des planchers ou des poutres due au fluage peut provoquer des désordres dans les cloisons.

Ces désordres se traduisent par des fissures caractéristiques : horizontales ou à 45 (en escalier). dans les cas extrêmes, l'ouverture Des fissures peuvent attendre un centimètre.

▪ variation de température

Les dilatations des colonnes extérieures apparentes, entraînées par les variations de température, sont préjudiciables à la bonne tenue des cloisons.

Les toitures sont également sujettes à forte dilatation

Dans le cas de toitures-terrasses, l'étanchéité (produit noir) peut amener facilement la dalle porteuse à une température de 100°C. Si celle-ci n'est pas isolée de façon efficace, il en résultera des déformations importantes qui entraîneront des désordres dans les cloisons et murs des derniers étages.

III.2 précautions à prendre :

Les précautions à prendre pour assurer la bonne tenue des cloisons intéressent aussi bien les éléments porteurs que les cloisons elles-mêmes.

▪ éléments porteurs :

Deux aspects sont à prendre en considération : la charge et la raideur des éléments porteurs.

-charge : dans le calcul de la charge d'un plancher, il faut tenir compte :

- 1- des points morts de ce plancher.
- 2- des charges permanentes.
- 3- de la surcharge d'utilisation.

- raideur : il faut que les planchers et les poutres qui supportent des cloisons aient Une raideur suffisante.

La hauteur a une influence déterminante sur la flèche :

Plus la hauteur du plancher ou de la poutre sera grande par rapport à la portée, plus la flèche sera faible.

▪ cloisons :

Deux règles fondamentales doivent être observées :

- créer des sections indépendantes dans les cloisons de longueur supérieure à 8mètres
- dissocier les cloisons de la structure portante.

Cette dissociation est obtenue de différentes manières :

- la première rangée de blocs est posée sur un matériau compressible de 2 cm d'épaisseur.
- Le joint supérieur est fermé une matière adhésive ayant une certaine plasticité.
- La séparation de la cloison des colonnes est réalisée de fait ,il suffit alors de rejointoyer le joint vertical avec un produit adéquat

III.3 Maçonnerie armée :

Il est parfois nécessaire de renforcer une cloison (manque de place pour un mur plus épais, charges sur la cloison, etc.....) dans ce cas, on arme la cloisons.

La résistance de la maçonnerie en compression, en flexion et en traction peut être sensiblement augmentée en armant celle-ci. La présence des armatures diminue également les risques de fissures provoquées par les variations dimensionnelles des murs (gonflement, retrait).

Les murs simples en maçonnerie de brique avec armatures préfabriquées légères espacées de 20 à 40 cm présentent une résistance d'environ 20% supérieure à celle d'un mur identique non armé.

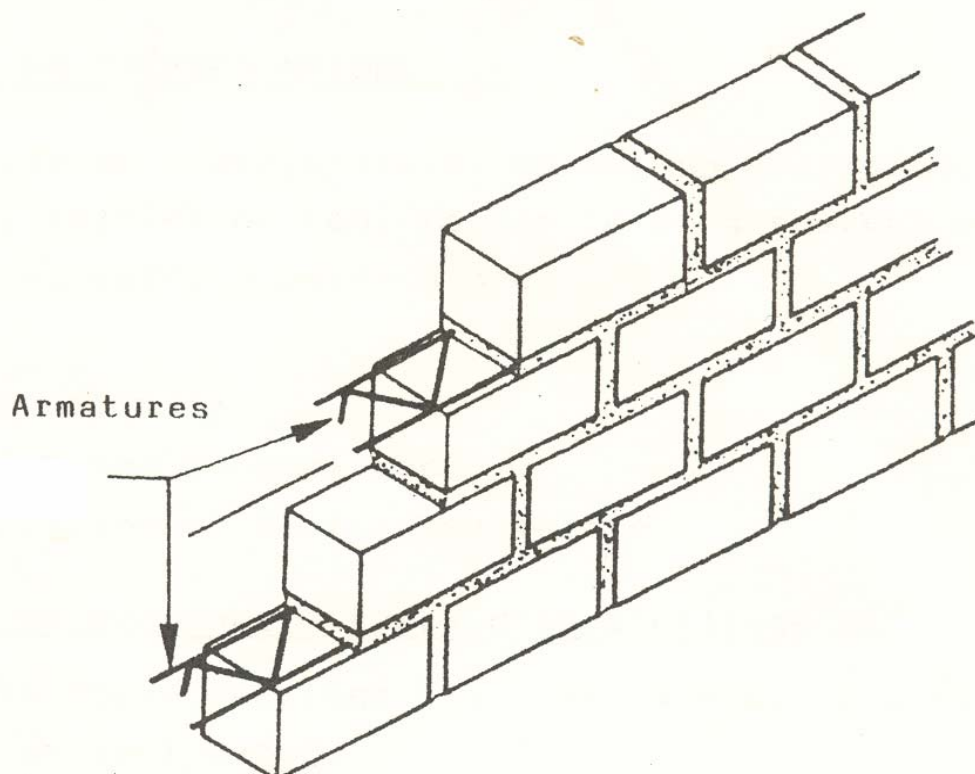
Lorsque la maçonnerie est armée dans ensemble, une assise au moins sur deux comporte des armatures.

Deux types d'armatures sont utilisés :

▪ armatures préfabriquées :

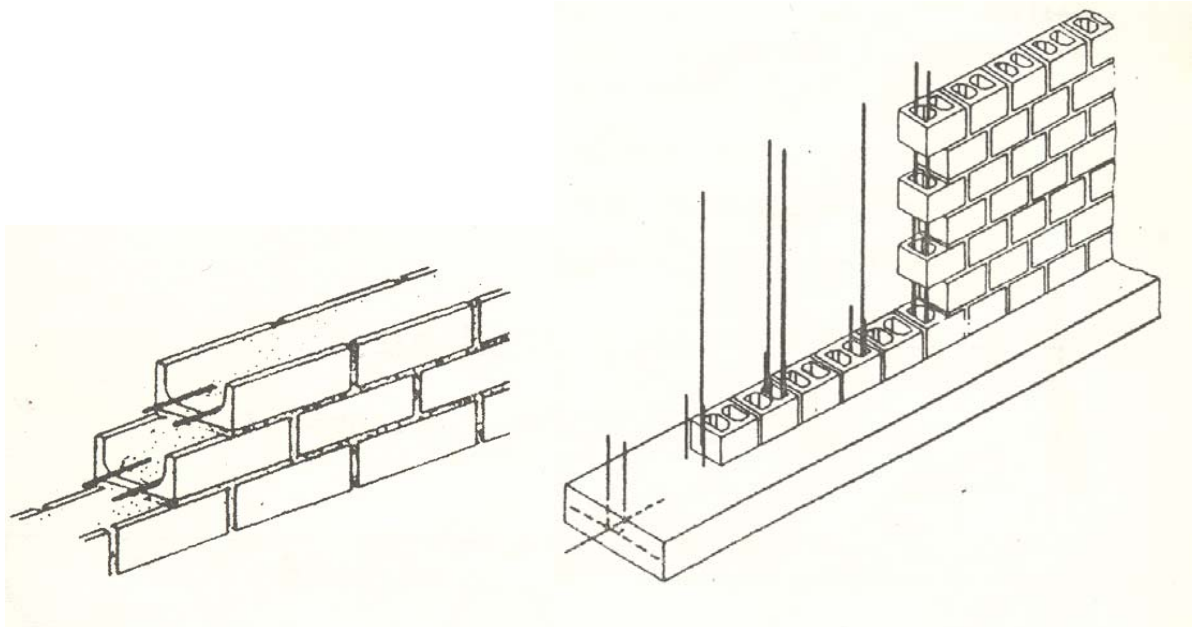
Elles sont en général composées de 2 fils longitudinaux de 4 à 10 mm de diamètre reliés une diagonale de 4 mm de diamètre .

Les armatures sont logées dans les joints horizontaux de la maçonnerie.



n armé :

Des armatures pour béton armé peuvent également être logées dans la maçonnerie, soit horizontalement, soit verticalement.



▪ Maçonnerie en pierres naturelles :

La maçonnerie en pierres naturelles est un assemblage d'éléments, taillés ou non, réunis le plus souvent par un mortier.

On distingue :

- les maçonneries en moellons.
- les maçonneries en pierres en pierres de taille.

▪ Maçonnerie en moellons – types d'appareillage :

On considère comme moellons les pierres pouvant être manipulées par un seul homme.

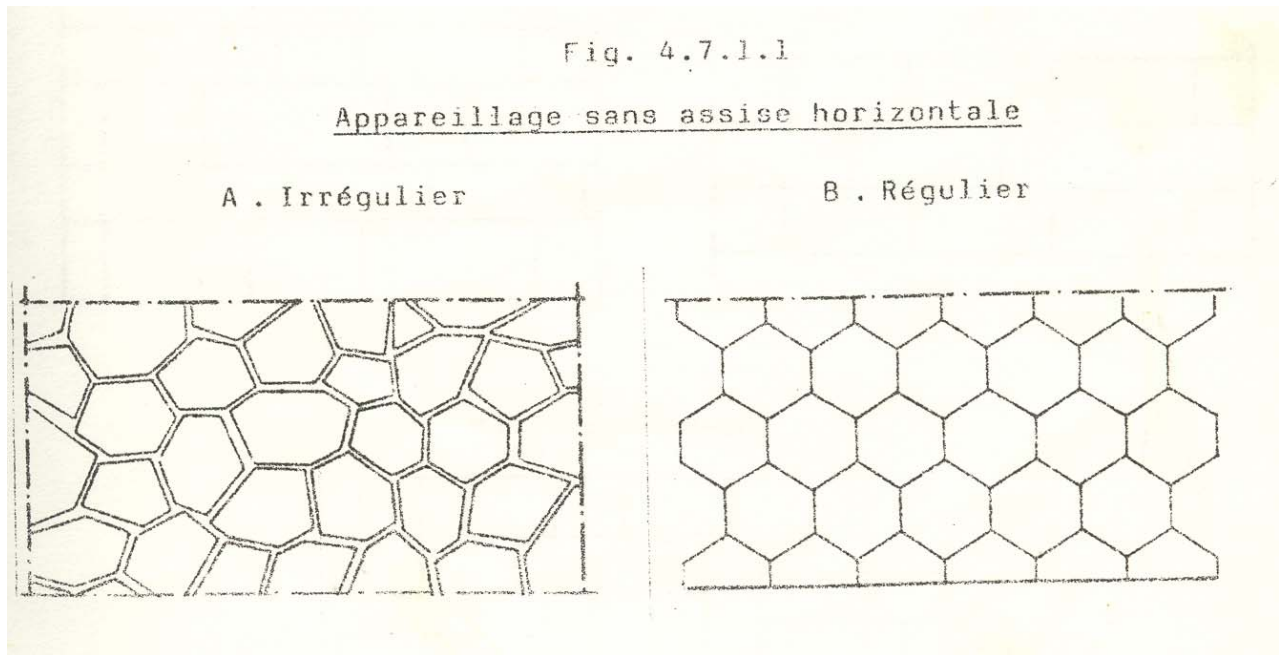
▪ Appareillage sans assise horizontale :

a) joint polygonaux irréguliers (opus incertum) :

Les faces visibles sont taillées sommairement. Il faut éviter le prolongement des joints et leur superposition, de même que les joints horizontaux et verticaux.

b) Mosaïque hexagonale :

Cet appareillage diffère du précédent par la régularité des moellons employés. Ceux-ci sont pré-taillés aux mêmes dimensions d'après gabarit hexagonal.



▪ Appareillage avec assises horizontales :

Les dimensions de ses moellons sont :

- hauteur : 12 cm jusqu'à 35 cm.
- Longueur : 1.5 à 4 fois la hauteur.

a) mosaïque assisée irrégulière :

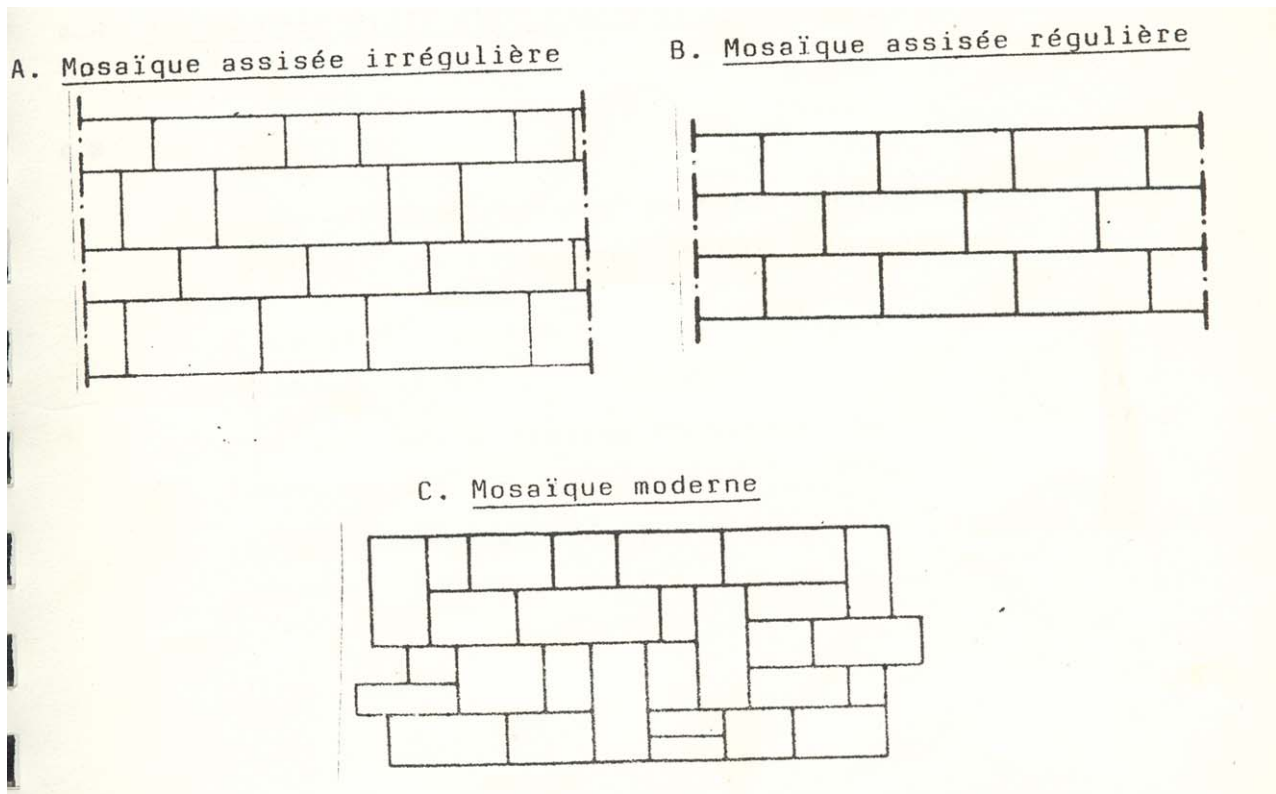
Les assises successives n'ont pas la même hauteur. Les arêtes sont vives et chaque moellon est taillé parfaitement d'équerre sur sa face de parement.

b) Mosaïque assisée régulière.

Les assises ont la même hauteur. Les moellons sont équarris.

c) Mosaïque moderne :

Des pierres verticale coupent 2 ou 3 assises. Les pierres ne doivent pas être trop rapprochées.



▪ maçonnerie en pierres de taille :

les éléments de pierre de taille sont des blocs dont le volume dépasse $1/15$ de mètre cube . Il n'est donc pas possible pour un homme seul d'en assurer la mise en œuvre.

La maçonnerie est montée suivant un plan d'appareil établi par l'architecte. Il s'agit d'une maçonnerie très soignée utilisée notamment dans certaines constructions de qualité édifices publics, etc.

▪ Exécution de la maçonnerie en pierres :

Il est nécessaire que chaque maçon ait à sa disposition et sous la main un assez grand choix de pierres.

Chaque pierre doit être soigneusement a jutée entre les pierres voisines.
L'épaisseur des joints doit être régulière et limitée à :

- 4 cm pour les moellons non équarris.
- 1 à 2 cm pour la maçonnerie en pierres de taille.

III.4 Maçonnerie mixte avec parement en pierres naturelles ou artificielles

▪ Définition :

Les maçonneries mixtes avec parement en pierre naturelles ou artificielles sont généralement composées :

- a. d'une partie porteuse (souvent réalisée en briques ou en béton) ;

- b. d'un revêtement réalisé en pierres naturelles ou artificielles ;*
- c. ce revêtement est accroché à la partie porteuse par des agrafes.*

a. partie porteuse

La partie porteuse est généralement constituée d'un mur de briques ou de béton. Elle doit être assez résistante :

- pour supporter en plus des charges habituelles le poids des plaques de revêtement ;*
- pour permettre un scellement efficace des agrafes.*

b. Le revêtement

Il existe une grande variété de pierres naturelles ou artificielles susceptibles d'être employées en revêtement : (chacune a ses caractéristiques propres (aspect esthétique, protection, etc.) qui en font son attrait.

Compte tenu du poids de la pierre et de l'expérience, il est conseillé de ne pas mettre en œuvre des plaques dont la surface dépasse 40dm² (ex : 50 cm x 80 cm).

Les plaques de pierre sont accrochées au mur par des agrafes qui sont des pièces métalliques spécialement conçues pour ce genre d'accrochage.

Les trous de logement destinés aux agrafes sont réalisés mécaniquement à la foreuse.

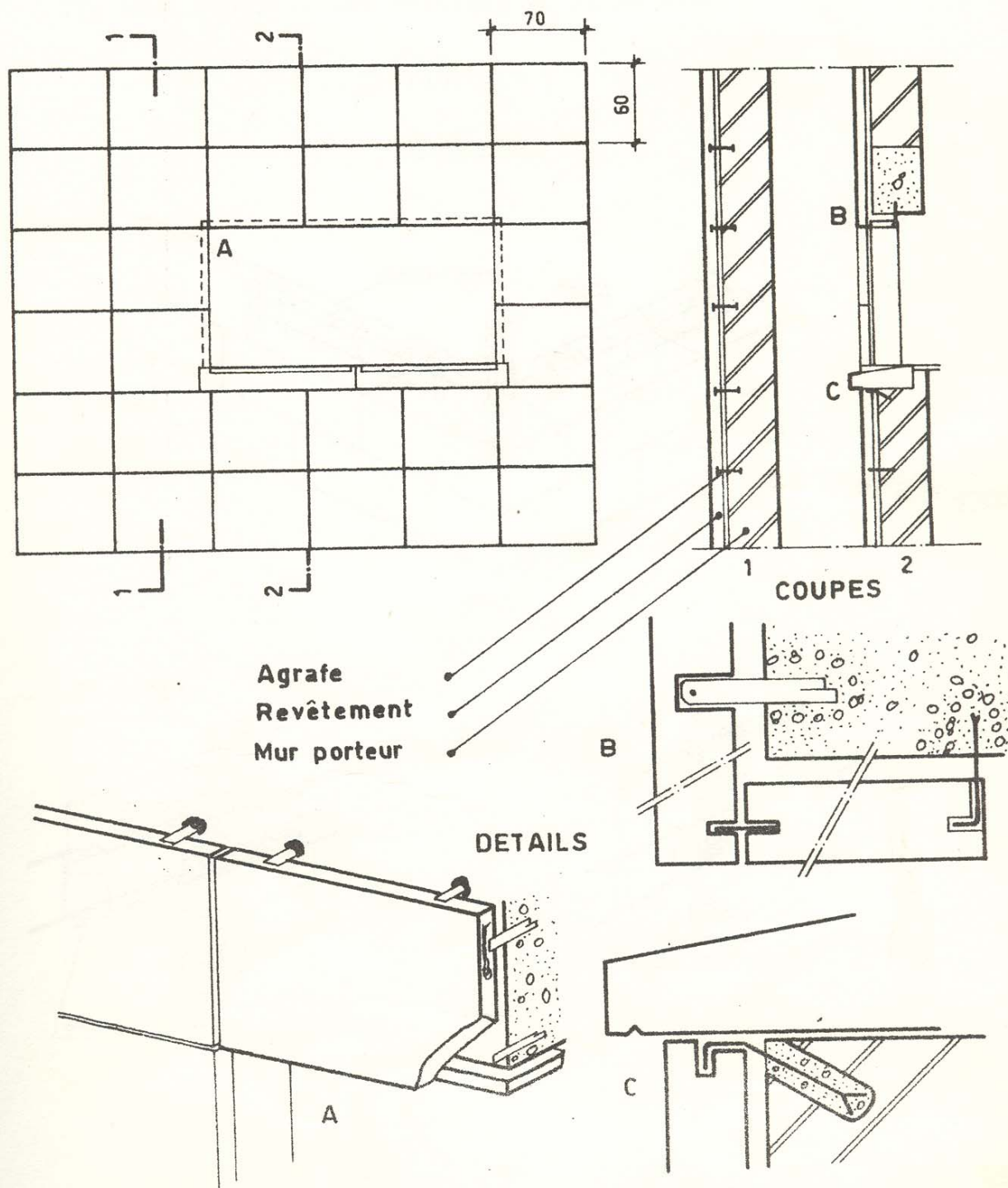
c. Les agrafes

Elles sont des formes très variées : crochets, pattes d'ancrage, goujons etc. Bien plus que le mortier, les agrafes constituent l'élément primordial de support et de fixation des dalles. Aussi doivent –elles avoir certaines qualités indispensables :

- a. Inaltérabilité : c'est-à-dire inoxydable et inattaquable par les agents chimiques qui peuvent être véhiculés par l'eau.*
- b. Elasticité : les agrafes doivent suivre sans danger les déformations relatives des éléments en présence.*
- c. Résistance à la flexion et à la traction : les agrafes sont souvent réalisées en acier inoxydable, en acier à haute résistance recouvert d'une couche protectrice, en bronze ou en cuivre.*

Fig. 4.8

Maçonnerie mixte avec parement en pierres
Accrochage du revêtement



IV Les chaînages

Les chaînages sont les éléments de liaison entre les différents composants du gros œuvre (murs, planchers, poteaux, panneaux fabriqués). Ils servent à solidariser les éléments verticaux (murs, poteaux, panneaux) et horizontaux (planchers).

Ils sont généralement réalisés en béton armé.

IV.1 Définition

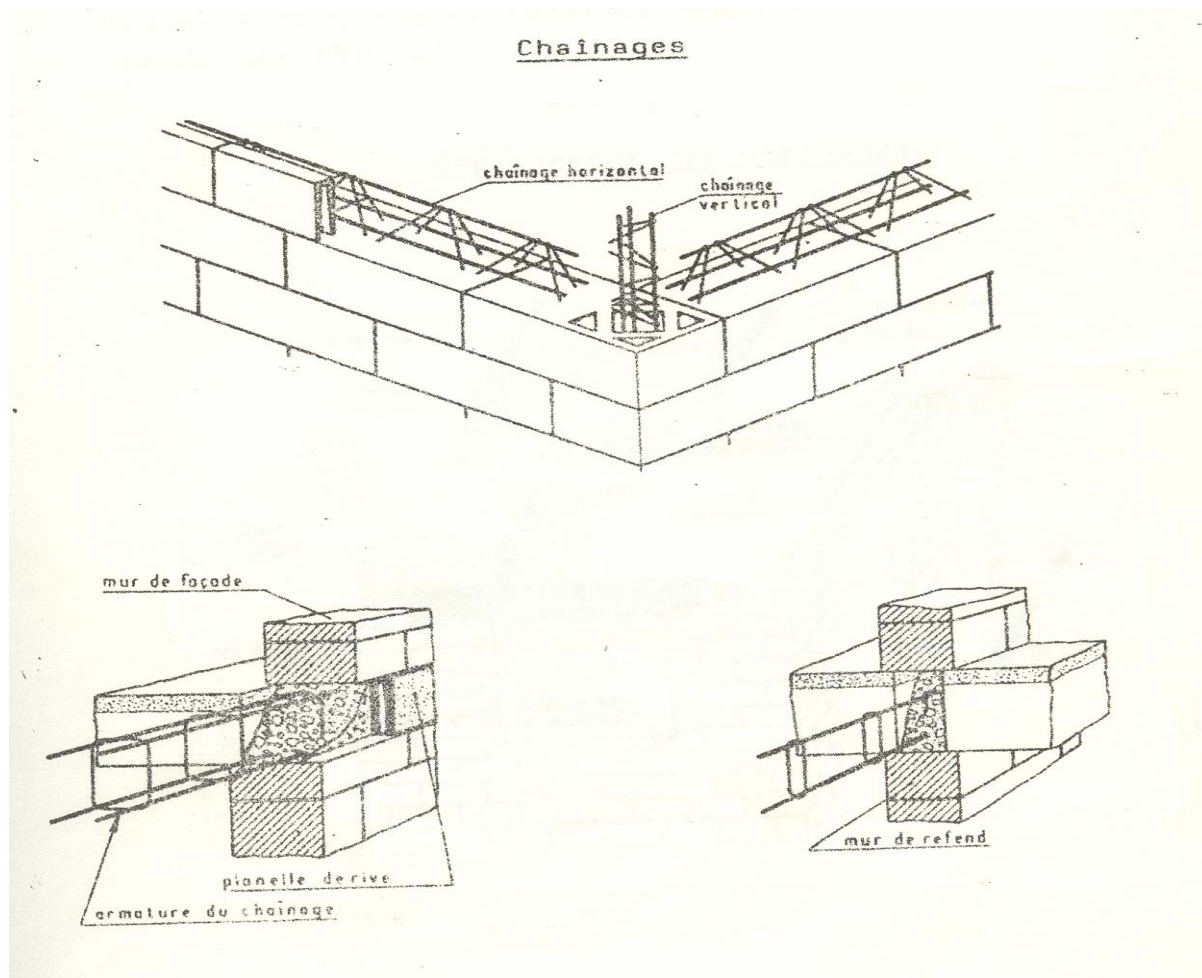
Rôle : ils ceinturent les murs en maçonnerie porteuse et en maçonnerie de remplissage

(entre ossature BA)

- à chaque étage
- au niveau des planchers
- au couronnement des mur

Ils résistent essentiellement aux efforts normaux de traction et ont un rôle de répartition des charges

ils sont habillés d'une planelle du côté extérieur ou moulés dans des blocs en forme d'U de même nature que la maçonnerie



IV.II EMLACEMENT DES CHAINAGES :

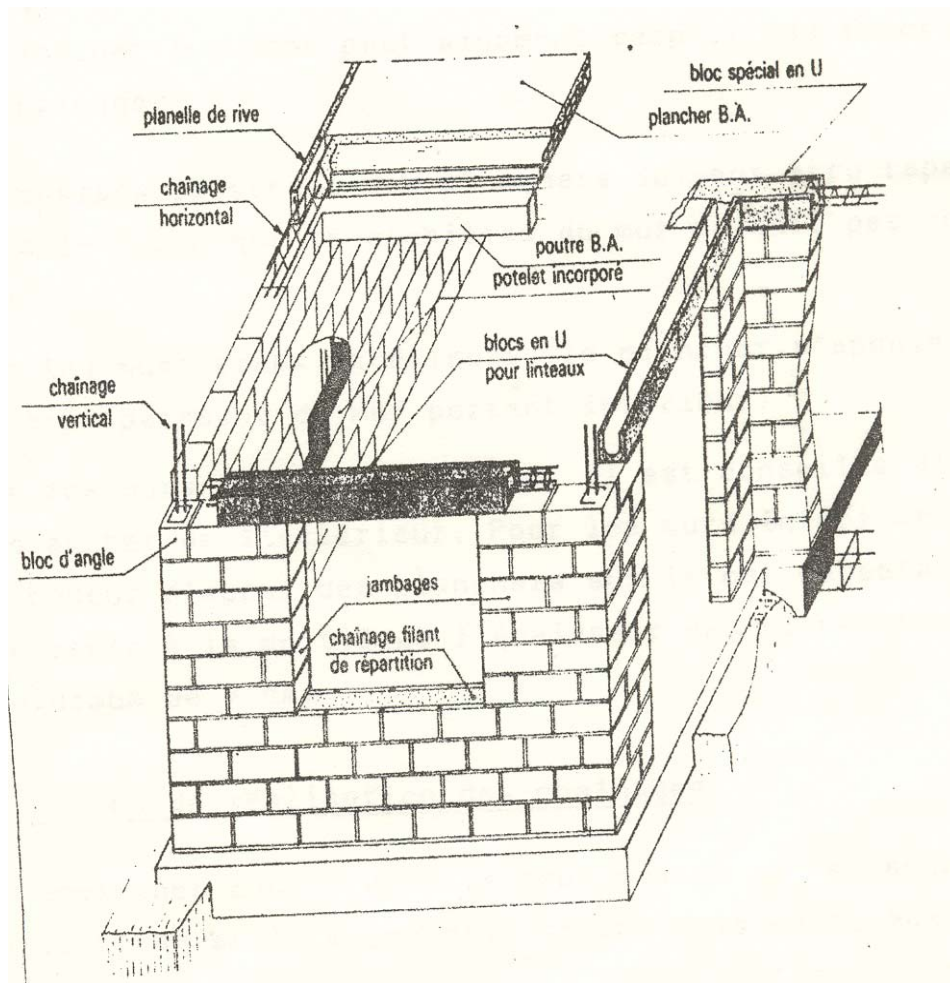
Les chaînages verticaux sont coulés dans les blocs d'angle et parfois dans les blocs des murs tous les 3 ou 4 mètres.

Les chaînages horizontaux sont situés :

- *Au niveau des planchers de chaque étage.*
- *Au couronnement de mur.*

Ils ceinturent les murs (façades, pignons et refends) et sont continus.

Ils sont conçus pour absorber des efforts de traction (comme une chaîne)



IV.3 FONCTIONS DES CHAINAGES HORIZONTAUX :

- a) *Ils répartissent les charges transmises par le plancher sur le mur.*
- b) *Ils relient le plancher au mur (chaînage en B.A coulé sur place avec aciers de liaison).*
- c) *Ils évitent les tassements différentiels (grâce à l'inertie du chaînage longitudinal).*
- d) *Ils s'opposent aux poussées au vide (exemple : poussée de la charpente sur les murs).*

De plus les chaînages peuvent être associés aux linteaux (linteaux chaînages), au plancher, à l'acrotère et aux voiles en B.A.(chaînages incorporés).ils peuvent aussi faire saillie et former des bandeaux.

IV.4 PLANCHER FAISANT FONCTION DE CHAINAGE APPUI DES PLANCHERS :

*Lorsque le plancher est réalisé en béton coulé sur place,
Le plancher lui-même peut aisément remplir les fonctions de chaînage.*

*Les charges provenant des planchers doivent être réparties
De telle façon que la stabilité du mur ne soit pas compromise.*

*Pour les murs creux extérieurs. Le plancher s'appuie sur toute l'épaisseur du
portant intérieur.*

*Pour les murs extérieurs pleins, il est conseillé d'isoler le plancher de
l'extérieur.*

*Pour les murs intérieurs, la profondeur d'appui des planchers sur le mur ne
sera pas inférieure à la moitié de l'épaisseur des planchers avec un
minimum de 9 cm.*

IV.5 C ONDITIONS DE REALISATION DES CHAINAGES :

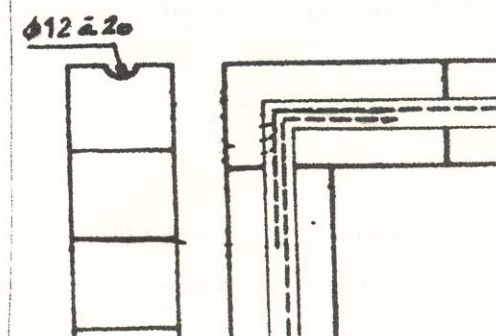
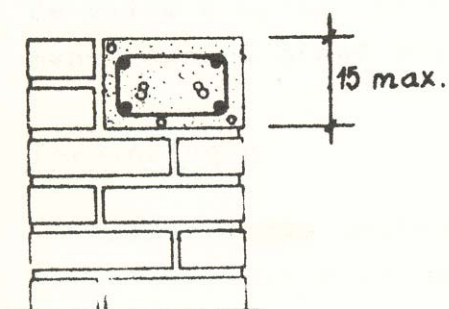
*Les chaînages constituent le seul cas où il est souhaitable que le béton et la
maçonnerie soient unis entre eux de façon délibérée. Il n'y a donc pas lieu
d'interposer un feutre bitumé.*

*Mais il faut éviter de donner à ces chaînages des dimensions exagérées qui
augmentent la masse de béton..*

*Un chaînage ne devrait pas dépasser une hauteur de 15 cm. Il peut même être
constitué par deux armatures, de diamètre 12 par exemple, enrobées simplement
d'un béton de recouvrement nécessaire à la protection des aciers contre la
corrosion.*

*Il est souhaitable que les chaînages aient les dimensions (largeur et hauteur) d'un
multiple d'une brique ou d'un bloc et qu'ils soient des variations trop brutales
de température par un élément de même nature que la maçonnerie.*

Conditions de réalisation des chaînages



E- Planchers

I. Définition :

Se sont des éléments qui servent à séparer entre les différents niveaux d'un bâtiment

II. Les différents types de planchers

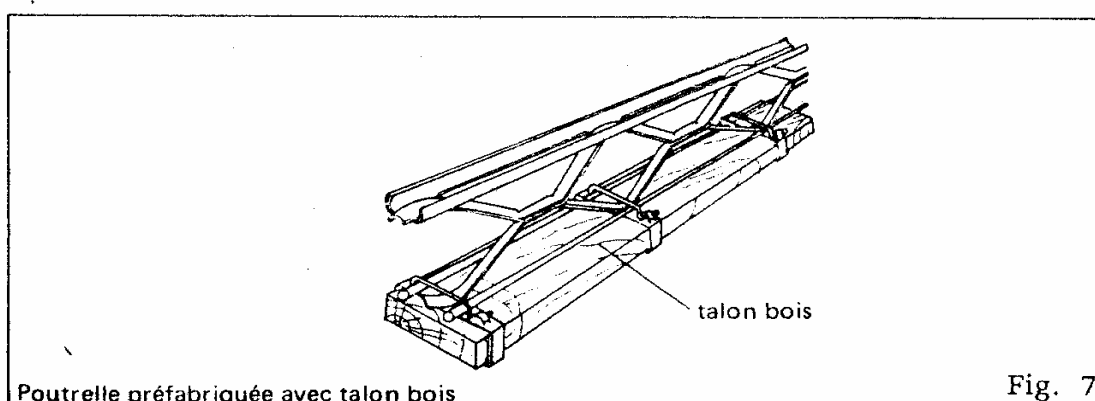
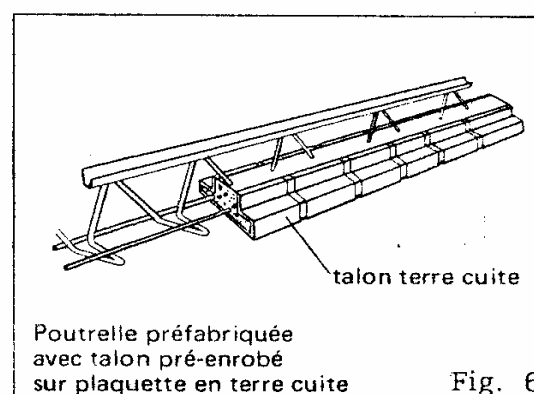
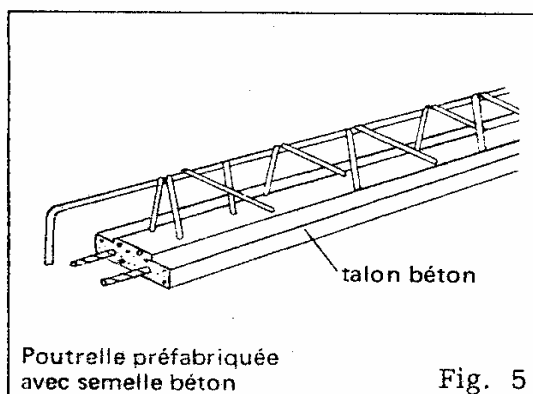
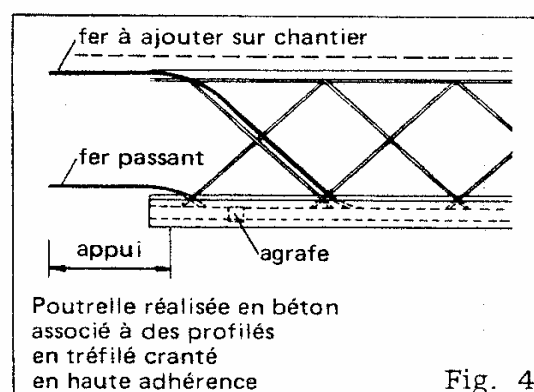
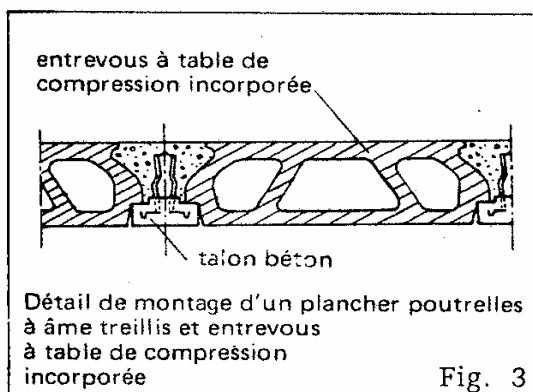
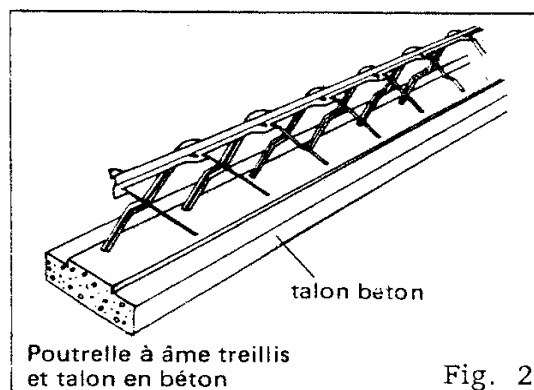
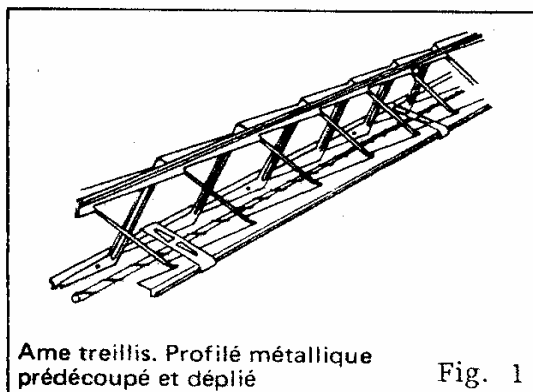
II.1 Les planchers à base de poutrelles en B.A à âme treillis métallique et à poutrelles pleines

Ces planchers, qui font partie de la grande famille des « planchers préfabriqués », présentent une grande variété de types, se distinguant essentiellement à travers les caractéristiques spécifiques de la poutrelle. Les planchers sont constitués d'un élément résistant : la poutrelle en béton armé et des éléments de coffrage : les entrevous. Après mise en place d'un ferrailage complémentaire, une dalle de répartition est coulée sur chantier.

1.1 Les éléments constitutifs :

Les poutrelles à âme treillis : l'élément porteur du plancher est constitué par une poutrelle en treillis métallique soudé qui est livré sur chantier avec :

- Soit un talon pré enrobé
- Soit un talon pré-enrobé sur une plaquette en terre cuite
- Soit un talon pré enrobé avec un tasseau bois incorporé
- Soit un talon en bois



Les poutrelles pleine en béton armé : en forme de T renversé la partie supérieure est appelé âme et les ailes du T servent à l'appui des entrevous .

Les entrevous de coffrage : les entrevous en béton et en terre cuite dans les deux cas les hauteurs sont de 8,12,16,20,25 et parfois 30cm les longueurs de coupe sont généralement de 20cm pour les entrevous en béton et parfois de 40cm pour certains entrevous en terre cuite

La dalle de répartition et son ferrailage

*Les poutrelles et les entrevous ayant été mis en place sur chantier en déroulé généralement un treillis soudé de diamètre 3 et 4 mm à maille de 200*200mm une dalle de répartition est alors coulée sur cet ensemble le béton utilisé et couramment dosé à 350kg de ciment par m³ de béton*

II.2 les planchers à base de poutrelle en béton précontraint avec ou sans terre cuite :

Dans ce type de planchers l'élément résistant est une poutrelle en béton précontraint

- Eléments constitutifs de ces types de planchers :

- Poutrelle en terre cuite et béton précontraint
- Les poutrelles du béton précontraint
- Les entrevous de coffrage
- La dalle de répartition et son ferrailage

II.3 les planchers à pré-dalles en béton armé avec ou sans raidisseurs et en béton précontraint :

- 1 *Les pré dalles de faible épaisseur généralement 4 à 6cm dans lesquelles sont inclus les aciers porteurs de plancher la pré -dalle joue donc un rôle de coffrage pour le béton complémentaire et d'armature l'épaisseur totale du plancher porteur fini est au moins le double de l'épaisseur de la pré dalle seule elles sont posées jointives sur le chantier , un ferrailage complémentaire étant ajouté au dessus des joints et une table de compression étant coulée sur chantier. La sous face des pré- dalles peut rester brute pour recevoir l'enduit de peinture ; elle peut être munie de panneaux isolants de 25 à 60mm d'épaisseur*

Les éléments constitutifs des planchers à pré dalles :

- Les pré dalles en béton armé simple
- Les pré dalles en béton armé avec treillis
- Les pré dalles en béton précontraint
- Le ferrailage complémentaire et la dalle de répartition

II.4 Les planchers en béton armé , coulés en œuvre :

Ce qui distingue fondamentalement ce type de planchers des autres types étudiées c'est que les éléments porteurs sont réalisés directement sur chantier en principe il y a 3 types de planchers en béton armé coulé en ou œuvre :

Plancher dalle : il présentent la caractéristique de donner un plafond parfaitement plan en sous face , ce qui les prédestine essentiellement à la réalisation de plancher d'habitation en particulier dans des immeubles à trame répétitive permettant la réutilisation rapide des coffrage

Plancher pré nervuré à poutres apparentes : ils sont constitués de poutres principales en béton armé espacé par exemple de 5 à 6m qui supportent des poutrelles secondaires en béton armé espacés par exemple de 1.5 à 2.5m sur les quelles repose les hourdis en béton armé lui-même de 8 à 12 cm d'épaisseur dimensionnés pour recevoir de forte charges ces planchers sont essentiellement utilisés dans l'industrie.

Planchers champignons : autre application des planchers- dalles :

Ils sont constitués d'une dalle (ou hourdis) fortement armée reposant sur des piliers par l'intermédiaire d'un chapiteau, confèrent à l'ensemble la forme de champignon.

De même que les planchers nervurés à poutres apparentes, les planchers champignons sont réservés à des cas particuliers, de fortes surcharges ou de grandes portées .la complexité de leur dimensionnement et de leur réalisation sur chantier, les exclue des travaux courant des gros œuvre et du cadre de cet ouvrage.

II.5 Les planchers -dalles alvéolées :

Est formé d'élément alvéolés en béton armé ou en béton pré contrainte ces éléments peuvent assurer la totalité de la résistance, ou encore être associé à un béton coulé sur chantier (dalle de compression rapportée) la sous face est prête à recevoir l'enduit de peintre ; elle est plane dépourvue d'aspérités sauf dans le cas ou une dalle complémentaire est coulée en œuvre sur le chantier ce plancher est dite également « **fini de faces** »

III. Les planchers et la résistance mécanique

La résistance à la flexion :

La résistance mécanique est évidemment la première qualité qu l'on demande à un plancher . Un plancher chargé est soumis à un phénomène de flexion au cours duquel sa face inférieure résiste a des contrainte de traction sa face supérieure par contre est soumise a des efforts de compression

La résistance à l'effort tranchant et aux cisaillements

Deux planches superposées soumises à des charges les deux planches fléchissent et glissent l'une par rapport à l'autre

Si on assemble les deux planches par clous le glissement ne doit pas avoir lieu, on peut dire que la planche du bas est tendue et celle du haut est comprimée et que les clous résistent aux cisaillements horizontaux .la somme de ces contraintes constitue l'effort tranchant

IV. Les planchers et l'isolation thermique

Différents solutions d'isolation thermique dans les planchers

a. Isolation thermique intégrée dans le plancher

L'isolant thermique est présent dans l'épaisseur du plancher sous forme d'un intercalaire entre poutrelles ou entre nervures dans le cas de plancher à base de poutrelles l'atténuation du pont thermique sous le talon des poutrelles est obtenue par une languette isolante faisant corps avec l'entrevous

b. Isolation thermique rapportée sur le plancher

Un isolant thermique sur le plancher permet d'obtenir une isolation continue, Sur la surface brute du plancher on pose donc un isolant thermique (fibres minérales ou végétales, béton de granulats légères, verres cellulaires...) qui se présente sous de plaques sur ce matériaux est coulée une dalle indépendante en béton armé.

La mise en place de cet isolant sous dalle flottante rapportée sur chantier relève de la technique dite traditionnelle et demande beaucoup de précision et de précaution

c. Isolation thermique rapportée sous le plancher

C'est la technique dite du « faux plafond » l'isolant est en effet collé ou fixé sous le plancher porteur ou bien supporté par des profils métalliques sous les quelles sont accrochés les éléments du faux plafond

Celui-ci permet de cacher les défauts d'aspect du gros œuvre ,de rendre accessible les canalisations électriques et d'obtenir une esthétique en plafond par l'utilisation des panneaux décoratifs

V. Les planchers et l'isolation acoustique

Il y a bien souvent un écart considérable entre la qualité de la réalisation et le souhait initial d'une bonne isolation acoustique et sa réalisation . Les solutions utilisées par habitude ou tradition sont bien souvent insuffisante

Les solutions conseillés en planchers :

- Plancher dit « loi de masse »
- Plancher à dalle flottante
- Planchers dit a paroi double avec faux plafond

4-

Terrasses :

La terrasse est le plancher qui supporte l'étanchéité cad la couverture du bâtiment son exécution ne supporte pas la médiocrité l'étude doit être préparé avec l'entrepreneur d'étanchéité

Eléments constitutifs :

-Plancher terrasse : de même conception que les planchers d'étage courant sous réserve des charges et sur charge ; armatures renforcés pour tenir compte des efforts dus aux expositions a.

Autour de toutes les emergences , bandeau a l'armier sur murette BA acrotère avec protection

-sur la dalle, couche pare- vapeur constitué par une couche d'enduit d'application à chaud et un feutre

-isolation thermique par panneau de polystyrène expansé semi rigide épaisseur 3cm, qualité spécial pour cet usage couverture par une feuille de polythylène à large recouvrement

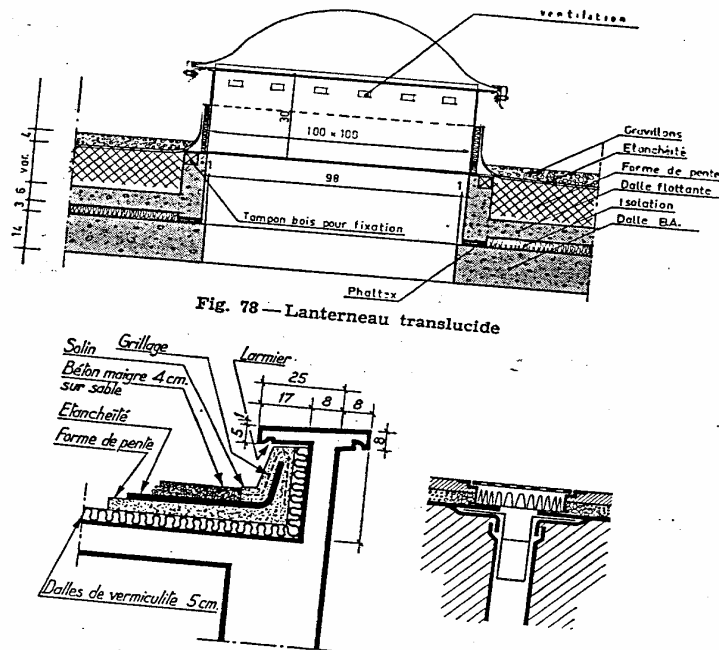
- forme de pente en béton de gravillon, dosage 300kgciment portland épaisseur minimale 4cm, dessus taloché fin, armature par grillage noir en maille de 35mm,défoncement de 2cm au droit des entrées d'eau , joints de 10mm à 30cm des acrotères de tout élément saillant , rempli par un feutre bitumé épais , recouvert par une bande de pontage en feutre de 20cm de largeur, joint déterminant des éléments dont la plus grande partie en diagonale ne dépasse pas 18m

Protection par une couche de gravillon de rivière épaisseur 4cm avec façon de drains en cailloutis au droits des boite à eau relevée multi couche protégé par solin suspendu en mortier dosé a 400kg épaisseur minimal 3cm armé par grillage a maille de 35mm

Joint de dilatation constitué par 2 rives en béton armé, obturation du vides par soufflet en plombe de 3mm pris entre deux couches d'étanchéité t, protection par dalle béton longueur 1m épaisseur 5cm avec pentes sur le dessus et joints bourrés au bitume

Les pentes :les pentes et le quadrillage des joints sont dessiné soit sur un plan spécial à la même échelle que le plan de terrasse soit sur un croquis a petite échelle à coté de ce dernier , pour déterminer les pentes , on trace les fils d'eau joignant les descentes aux angles ou aux points émergents singuliers de la construction on détermine en suite le point le plus élevé en fonction de la pente minimale demandé par l'entrepreneur de l'étanchéité(1cm/m en général) se point haut sera valable pour toute la terrasse et les pentes seront en conséquence légèrement variables

L'épaisseur minimale de la forme de pente est de 2cm sauf dans le cas ou l'isolation thermique est en polystyrène expansé elle sera alors de 4cm au moins pour éviter que le matériau ne sabime à la chaleur dégagéé par le coulage de l'asphalte ou la soudure de multicouche au droit des chutes EP on prévoiera un défoncé de 45*45 profondeur2cm



L'acrotère :

Est un élément décoratif qui est défini par l'architecte on vérifiera que la hauteur est suffisante pour le placer les bandeaux destinés aux relevés d'étanchéité il sera exécuté en béton armé son épaisseur sera de 8 cm au moins et il sera armé en acier doux au pourcentage de 100kg/m^3

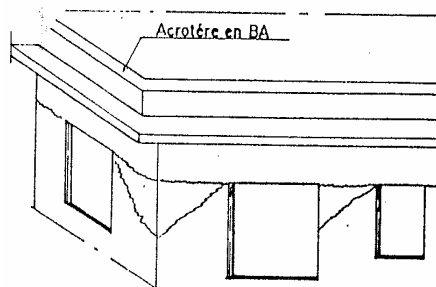
Avec des armatures disposées dans les trois directions de façon à couler le béton efficacement. Cette pièce est souvent préfabriquée.

Fissures horizontales et obliques en façade
sous le plancher terrasse

Les rôles essentiels du plancher terrasse

Le plancher terrasse assure la protection contre : _

- La pluie
- Le gel
- Le vent
- La grêle
- Le soleil
- Le bruit ,les vibrations,etc



Le plancher terrasse supporte :

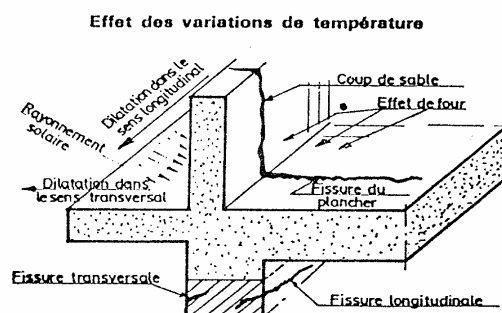
- La masse propre des matériaux constitutifs
- Les charges d'exploitation
- La machinerie d'ascenseur

Le plancher terrasse un rôle porteur

Le plancher terrasse est soumis aux variations des températures il subit les effets alternés :

- De la dilatation allongements
- Du raccourcissement

Nettement accentués par rapport aux plancher inférieurs qui se trouve abrités



F- Les escaliers :

Les escaliers sont les éléments permettant le passage à pied entre les différents niveaux du bâtiment

Les éléments constitutifs :

- **La marche** : est la partie horizontale « là où l'on marche »
 - **la contremarche** est la partie verticale « contre la marche »
 - **l'embranchement** est la longueur utile de chaque marche
 - **la ligne de foulée** est tracée = 0.50m de la ligne du jour
 - **le giron** est la largeur de la marche prise sur la ligne de foulée
 - **la pailasse** supporte marches et contre marches
 - **le mur d'échiffre** est celui qui sert d'appui à la pailasse
 - **le collet** est la largeur de la marche du côté jour
 - **limon supérieur** ou **limon inférieur** permettent aux marches de prendre appui
 - **l'échappée** est la hauteur de passage sous un obstacle 2 m au minimum.
- Un ensemble de marches de palier à palier est une **volée** on distingue :

- le palier de départ
 - le palier d'arrivée
- Le volume imparti à l'escalier est la cage

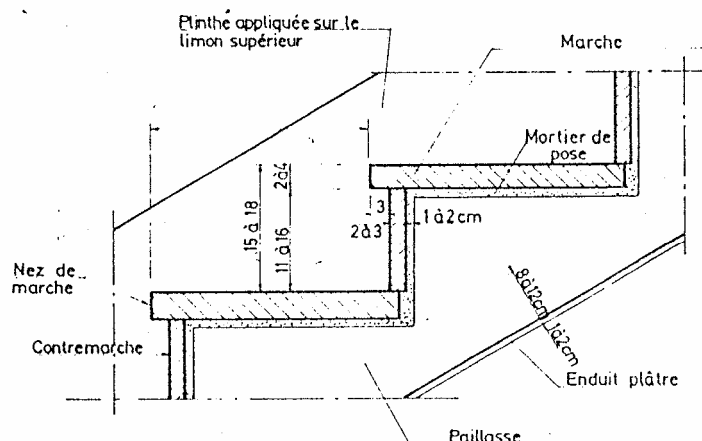


FIG. 1. - Détail d'un escalier droit.

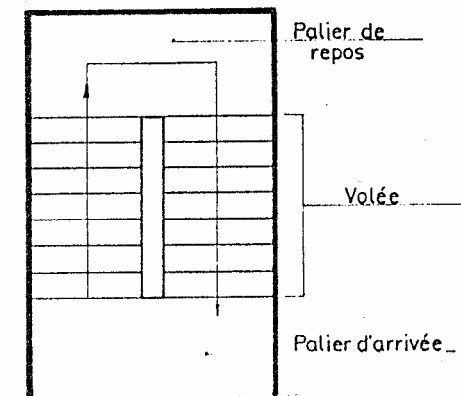


FIG. 4

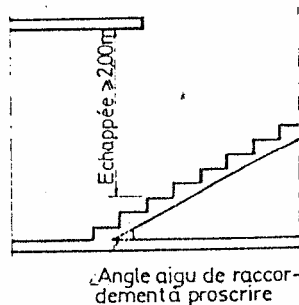


FIG. 3

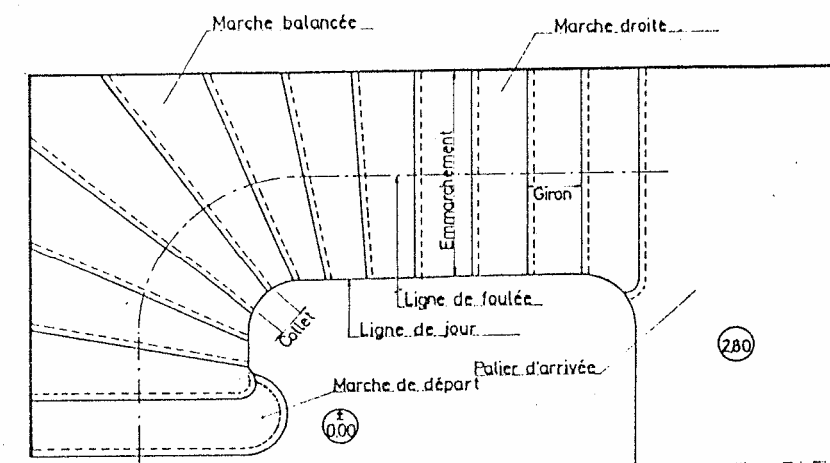
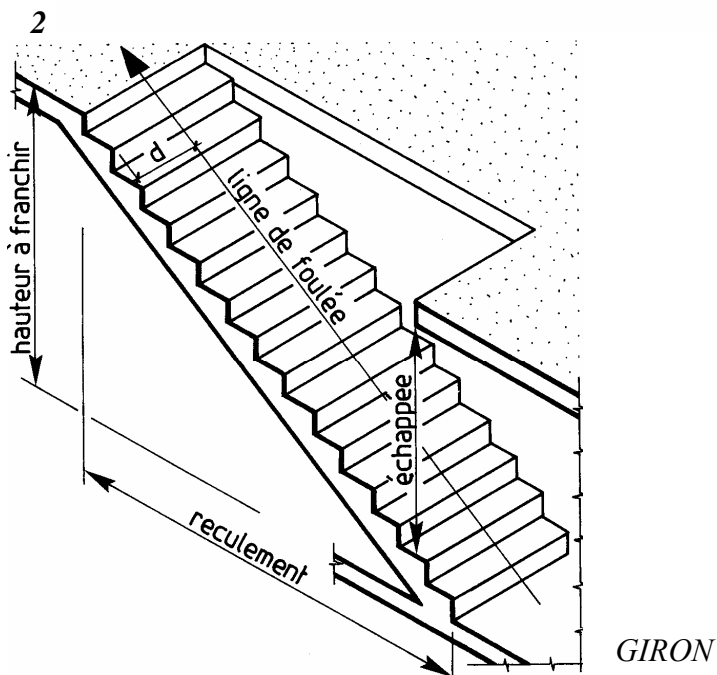
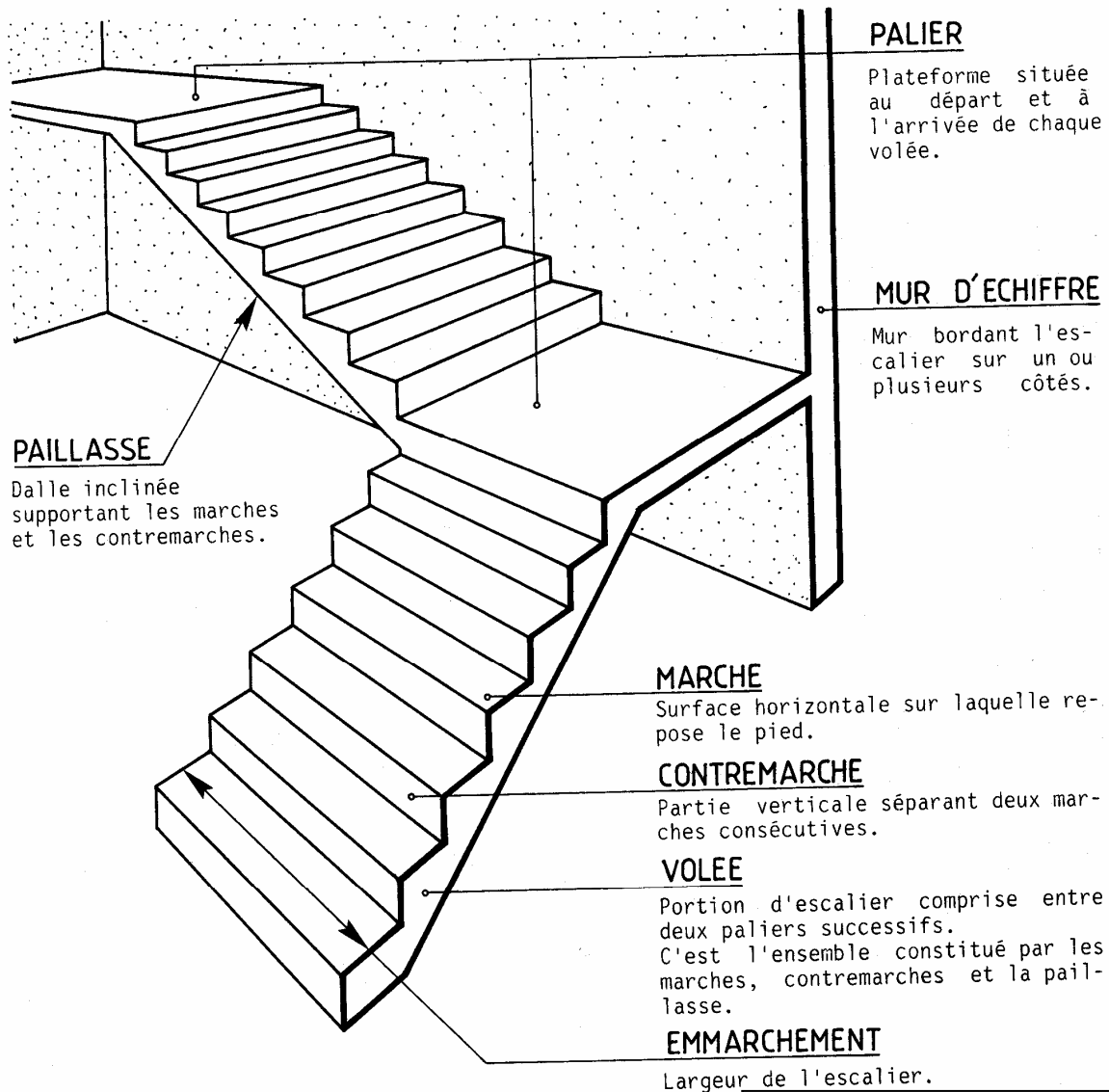


FIG. 2. - Vue en plan d'un escalier balancé.



Reculement :

Longueur de la volée d'escalier projetée sur le sol.

Hauteur à franchir :

Hauteur franchie par l'escalier.

Elle est égale à la hauteur sous plafond + l'épaisseur du plancher.

Echappée :

Hauteur minimum de passage /2,00 m

Ligne de foulée :

C'est le trajet théorique emprunté par l'utilisateur.

❖ Pour emmarchements < 1.00 m :

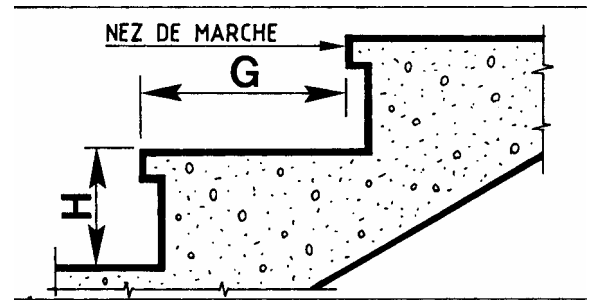
$D = \text{moitié de l'emmarchement.}$

❖ Pour emmarchements /1.00 m :
 $D = 50 \text{ cm (mesuré à partir de la rampe d'escalier).}$

Distance comprise entre deux nez de marche successifs ou largeur de la marche s'il n'y a pas de nez.

H HAUTEUR :

Distance verticale comprise entre deux marches consécutives.



▪ **Escaliers à marches droites :**

- GENERALITES :

Ce sont les escaliers les plus courants. Ils sont constitués de marches rectangulaires et toutes identiques entre elles. Voir exemples

- DIMENSIONS DES MARCHES :

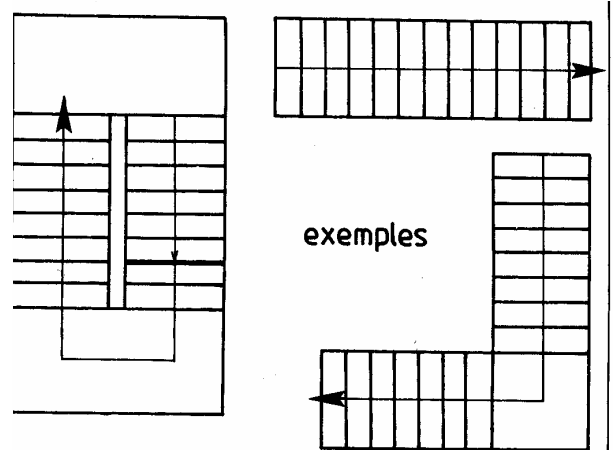
On dimensionnera les marches en utilisant la formule ci-dessous appelée relation de Blonde1

$$60 \text{ cm} \leq 2 \text{ Hauteurs} + 1 \text{ Giron} \leq 64 \text{ cm}$$

Pour un escalier courant desservant les étages d'une habitation, les valeurs moyennes (en cm) de H et de G sont :

$$16.5 \leq H \leq 17.5$$

$$27 \leq G \leq 31$$



- METHODE DE CALCUL :

OBSERVER LA PERSPECTIVE COTEE CI-CONTRE.

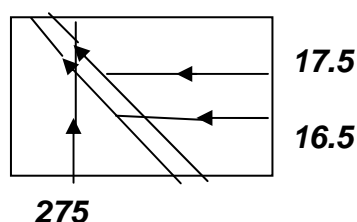
Le reculement de l'escalier à calculer ne pourra pas excéder 4,20 m (présence d'une porte palière). L'échappée devra être supérieure ou égale à 2,00 mètres.

1- DETERMINATION DU NOMBRE N DE HAUTEURS DE MARCHE :

a. Pour une hauteur à franchir de 2.75 m et une hauteur H de marche de 16.5 cm, l'abaque indique : N □ 16.2

b. Pour une hauteur à franchir de 2.75 m et une hauteur H de marche de 17.5 cm, l'abaque indique : N □ 15.6 cm

Voir schéma explicatif ci-dessous :



2- DETERMINATION DE LA HAUTEUR H DES MARCHES :

Arrondir au chiffre supérieur les valeurs de N trouvées précédemment.

Utilisation de l'abaque.

a- Hauteur à franchir = 2.75 m

N = 17

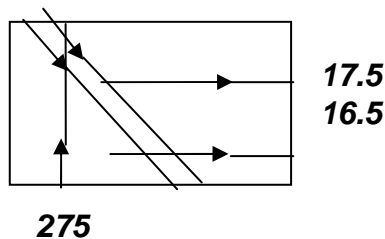
L'abaque indique : $H \square 16.2 \text{ cm.}$

b- Hauteur à franchir = 2.75

N = 16

L'abaque indique : $H \square 17.2 \text{ cm}$

Voir schéma explicatif ci-dessous :

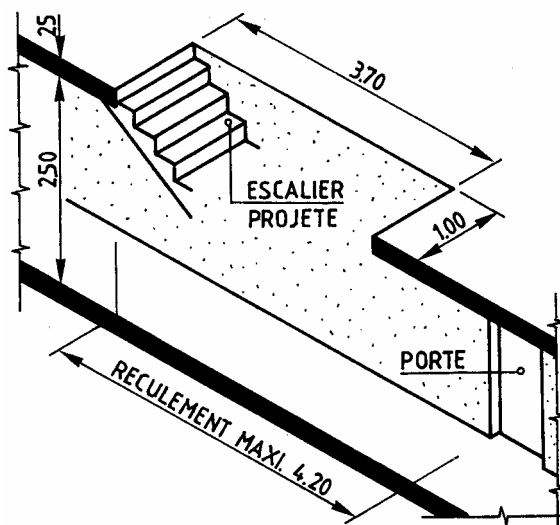


3- CALCUL DU GIRON G :

Avec la formule : $2H + G = 62 \text{ cm}$ (valeur moyenne de la relation de blonde).

A - $2 \times 16.2 + G = 62 \rightarrow G = 29.6 \text{ cm}$

B - $2 \times 17.2 + G = 62 \rightarrow G = 27.6 \text{ cm}$



4- CALCUL DU RECULEMENT:

Nbre de GIRONS = Nbre de HAUTEURS - 1.

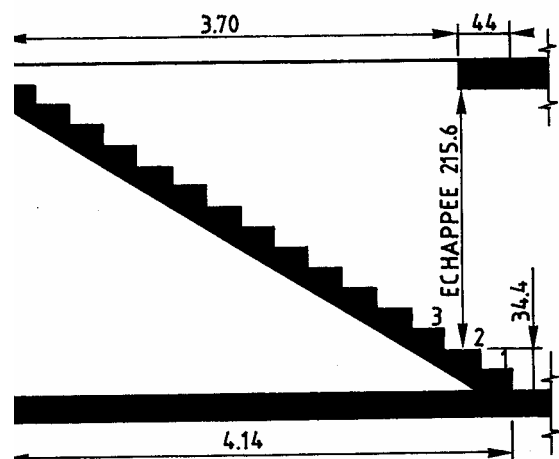
A - $29.6 \times 16 = 473.6 \text{ cm.}$

Solution non retenue car:

$473.6 > 420$ (reculement maxi).

B - $27.6 \times 15 = 414 \text{ cm}$

Solution retenue car : $414 < 420$



5- CALCUL DE L'ECHAPPEE :

Voir figure ci-après.

C D C / B T P

$B - 414 - 370$ (long. Trémie) = 44 cm.
 $\rightarrow 27.6$ (1 Giron) < 44 < 55.2 (2 Girons).
 Il faut prendre en compte deux hauteurs
 De marche pour le calcul de l'échappée.
 $250 - (2 \times 17.2) = 215.6$ cm.
 $215.6 > 200$ (échappée mini).

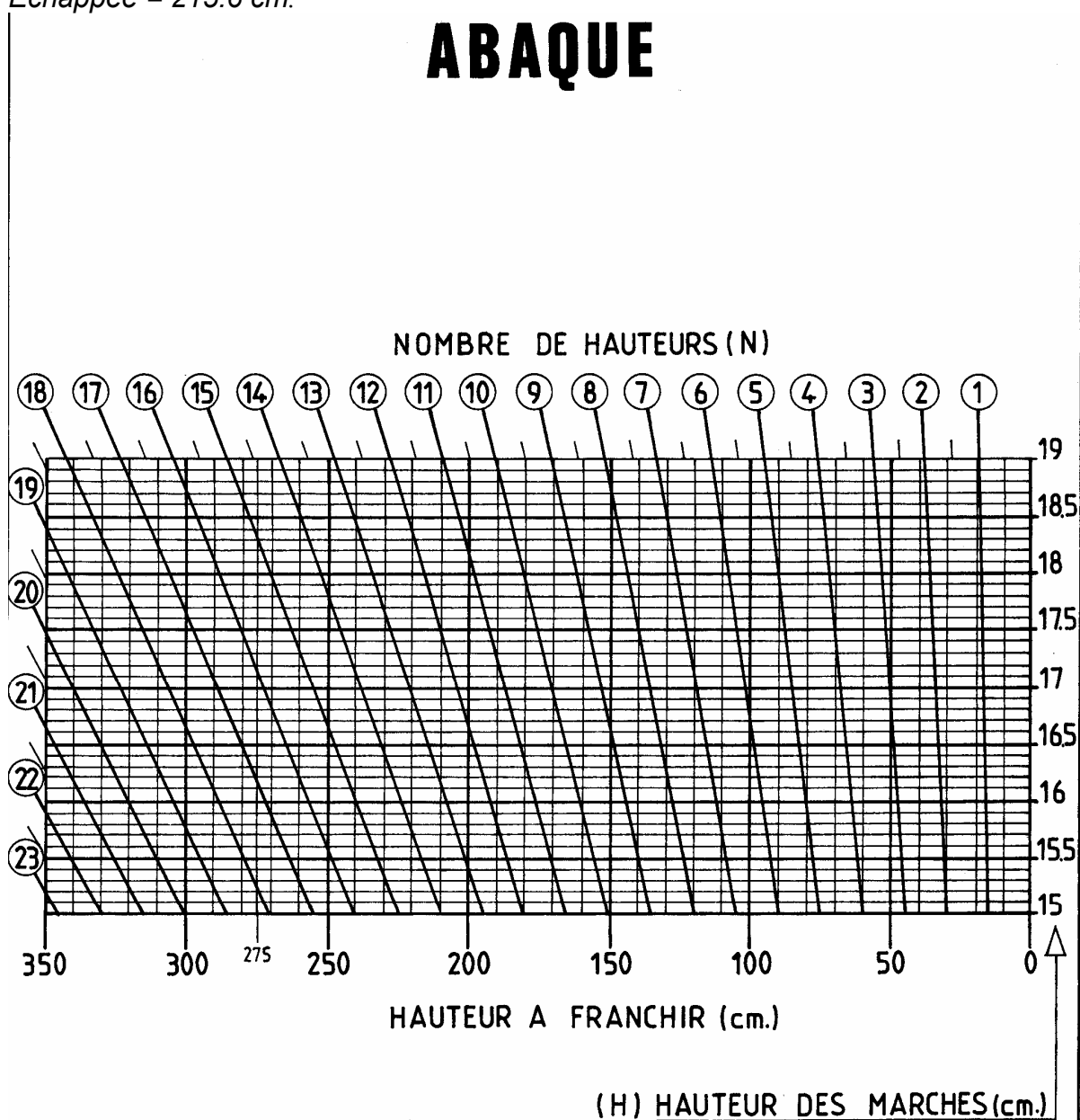
6- DIMENSIONS RETENUES :

$H = 17.2$ cm et $G = 27.6$ cm

Reculément = 414 cm.

Échappée = 215.6 cm.

ABaque



Exercice :

OBSERVER LA PERSPECTIVE COTEE CI-CONTRE.

DONNEES :

Reculement maximum : 4.50.

Échappée / 2.00 m

1 – DETERMINATION DU NOMBRE N DE HAUTEURS DE MARCHE :

Utilisation de l'abaque.

A – Hauteur à franchir : ----- N = -----

$$H_{mini} = 16.5 \text{ cm.}$$

B – Hauteur à franchir : ----- *N* = -----

$$H_{maxi} = 17.5 \text{ cm.}$$

2- DETERMINATION DE LA HAUTEUR H DES MARCHES:

Utilisation de l'abaque.

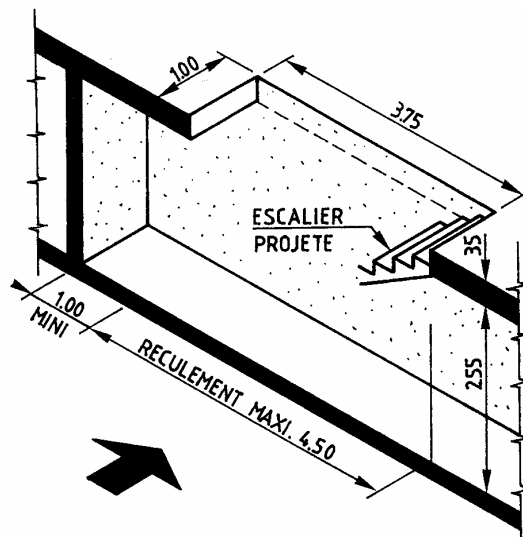
$$A - \text{hauteur à franchir} = \frac{I}{H} = \frac{1}{H}$$
$$N = \dots$$
$$B - \text{hauteur à franchir} = \text{-----} H = \text{-----}$$
$$N = \dots$$

3- CALCUL DU GIRON G :

Avec : $2H + G = 62 \text{ cm.}$

$$A - \text{-----} G = \text{-----}$$
$$B - \text{-----} G = \text{-----}$$

REPRESENTER SUR FORMAT A4 HORIZONTAL, A L'ECHELLE 1 :50, LA VUE DE FACE DE L'ESCALIER
OBSERVEE SUIVANT LE SENS DONNE PAR LA FLECHE NOIRE.
EFFECTUER UNE COTATION COPMLETE.



4 – CALCUL DU RECOULEMENT:

A - -----

B - -----

5- CALCUL DE L'ÉCHAPPEE :

6- DIMENSIONS RETENUES :

H = -----
G = -----
Recullement = -----
Échappée = -----

Remarque :

Cette méthode de calcul n'a pas la prétention de résoudre tous les cas de figure.

Néanmoins, elle est intéressante car elle ne se limite pas aux simples calculs de H et de G, elle tient compte du recullement et de l'échappée, contraintes dimensionnelles qui existent pratiquement toujours dans la réalité.

Dans la méthode exposée ci-dessus, trois solutions possibles existent :

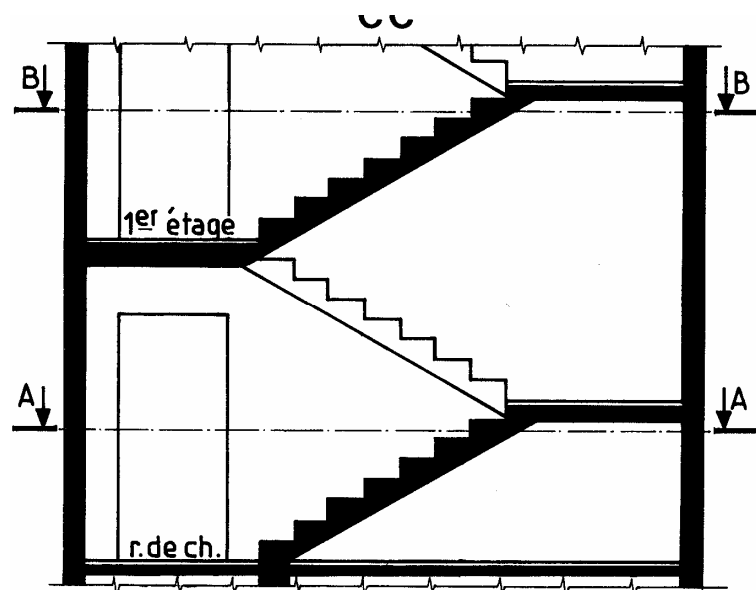
- 1- Les deux hypothèses « a » et « b » conviennent : on choisit l'une ou l'autre,
- 2- Une seule hypothèse (« a » ou « b ») convient : voir méthode et test ci-dessus,
- 3- Les deux hypothèses « a » et « b » ne conviennent pas : il faut alors, soit modifier

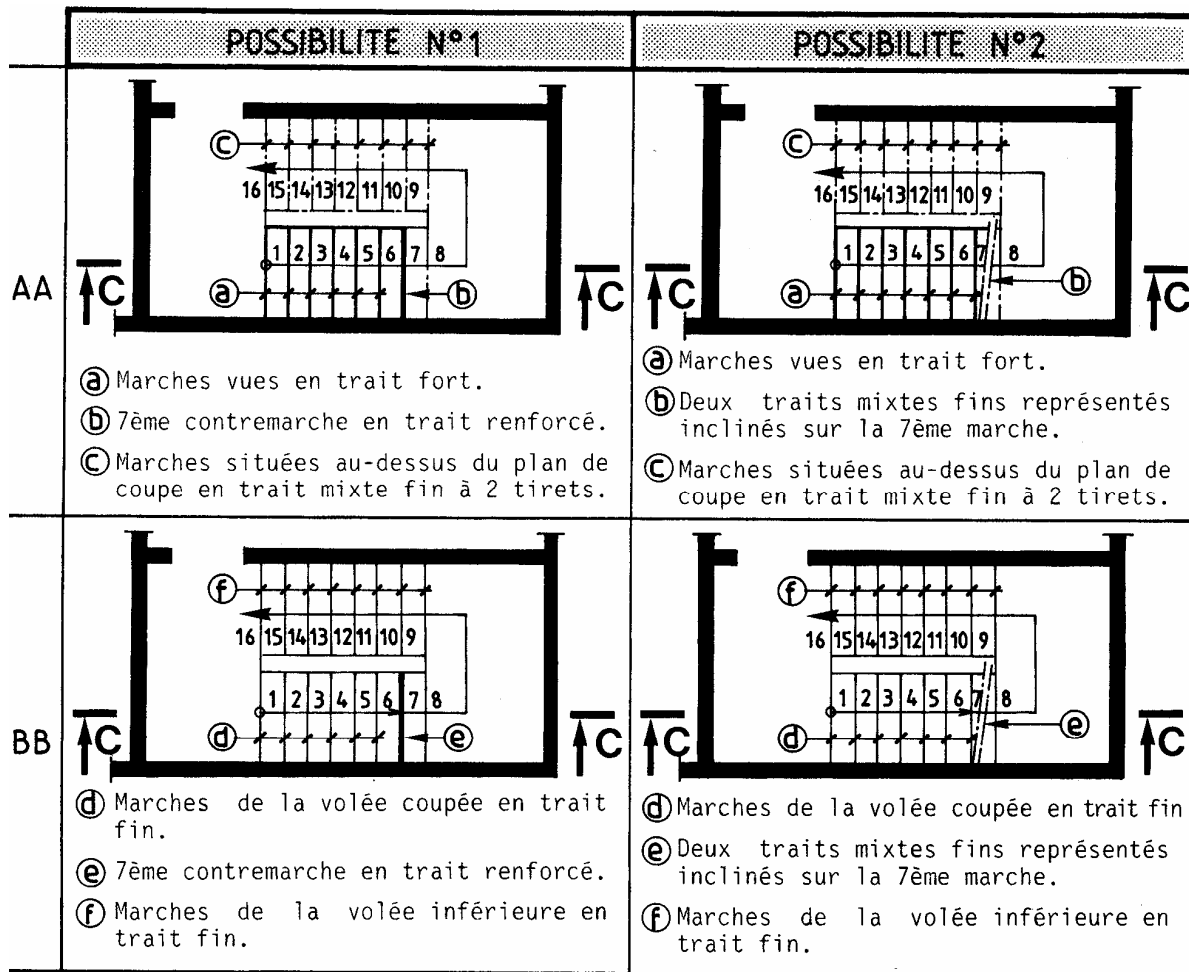
Les données (recullement, échappée), soit adopter un autre type d'escalier.

5. Représentation sur les dessins :

La norme N.F.P. 02-001 autorise
Deux possibilités de représentation
Pour les volées d'escalier coupées
Par un plan horizontal.
(Voir tableau ci-dessous).
Le sens de montée est indiqué par
Une flèche placée sur la ligne de
foulée.

Les marches sont numérotées
Suivant le sens de la montée.
La marche n°1 correspond à la
première
Marche d'escalier de l'étage.

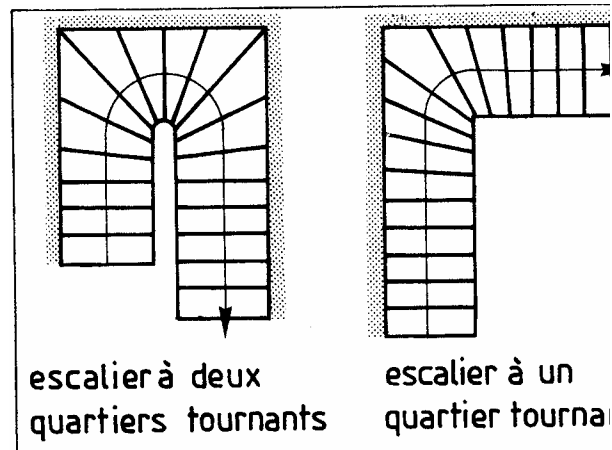




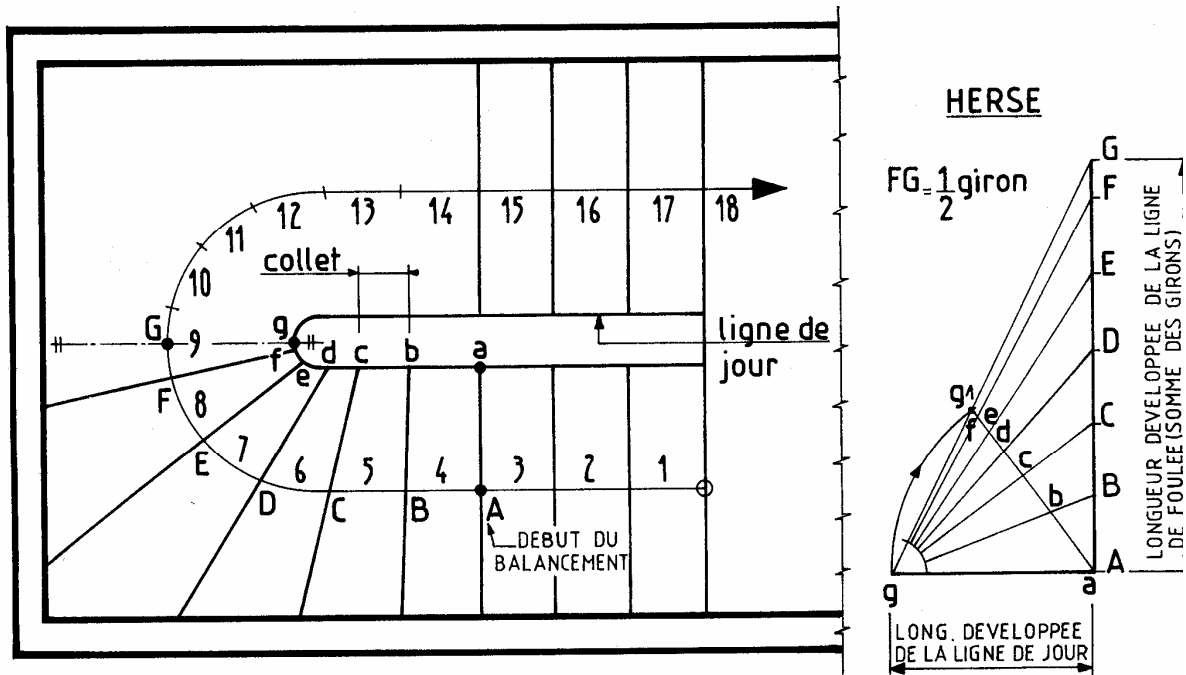
6. Escaliers à marches balancées :

6-1- GENERALITES :

Ces escaliers sont constitués de
 Marches différentes les unes des
 Autres mais qui possèdent toutes
 Le même giron mesure sur la ligne
 De foulée.
 La représentation sur les dessins
 Est identique à celle des escaliers droits.



6-2- trace d'un escalier par la methode de la herse :



Marche à suivre :

- ❑ Calculer G, H et le nombre de marches.
- ❑ Représenter la cage d'escalier et la ligne de jour.
- ❑ Tracer la ligne de foulée et reporter les giron sur celle-ci
- ❑ Tracer les marches droites, les autres seront balancées (habituellement, on « balance » 5 à 6 marches avant et après chaque changement de direction.

Trace de la herse :

- ❑ Porter sur un segment horizontal la longueur « ag » de la ligne de jour dans la zone où les marches sont à balancer (pour une moitié de l'escalier).
- ❑ Porter sur un segment vertical les giron des marches à balancer : AB, BC, CD,...
- ❑ Joindre les points A, B, C,.... Au point g
- ❑ Tracer un arc de cercle (de rayon « ag » et de centre A) pour obtenir le pt « gl »
- ❑ Joindre les points « gl » et A pour obtenir les largeurs des collets(ab, bc,...)
- ❑ Sur le plan, reporter au compas, ces largeurs à partir de « a » et tracer les marches.

7. Autres types d'escaliers :

7-1- ESCALIERS HELICOIDaux OU A VIS :

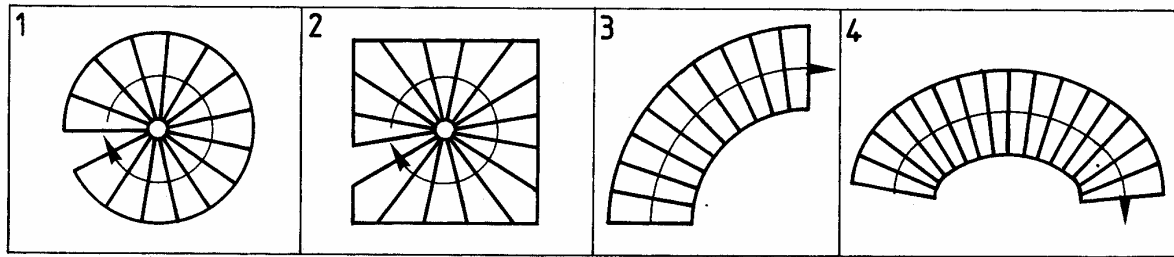
Les marches sont fixées sur un noyau central (ou fût) et se développent en spirale.

Exemple : escalier à cage circulaire (figure 1), à cage carrée (figure 2).

Voir escalier préfabriqué page suivante.

7-2- ESCALIERS INCURVES :

exemples : escalier incurvé suivant un arc de cercle (figure 3), suivant une anse de panier (figure 4).



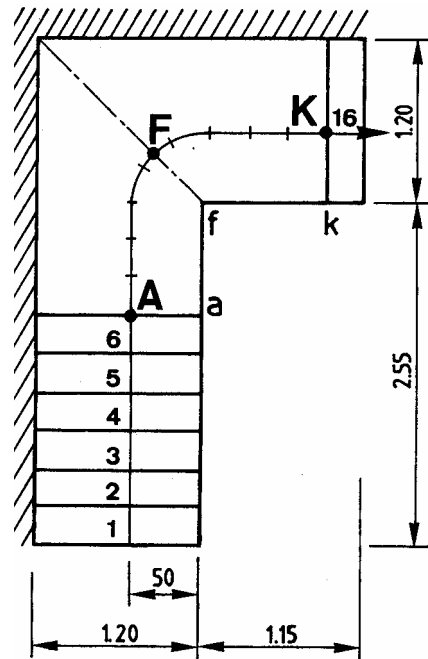
Exe

rcice :

Observer le plan ci-contre.
Il représente l'emprise d'un
Escalier à un quartier tournant.

- Donnees :
 hauteur à monter = 2.80 m
 nombre de contremarches = 17
 giron = 28 cm (mesuré sur la ligne
 de foulée).
 6 marches droites au départ.
 1 marche droite à l'arrivée.

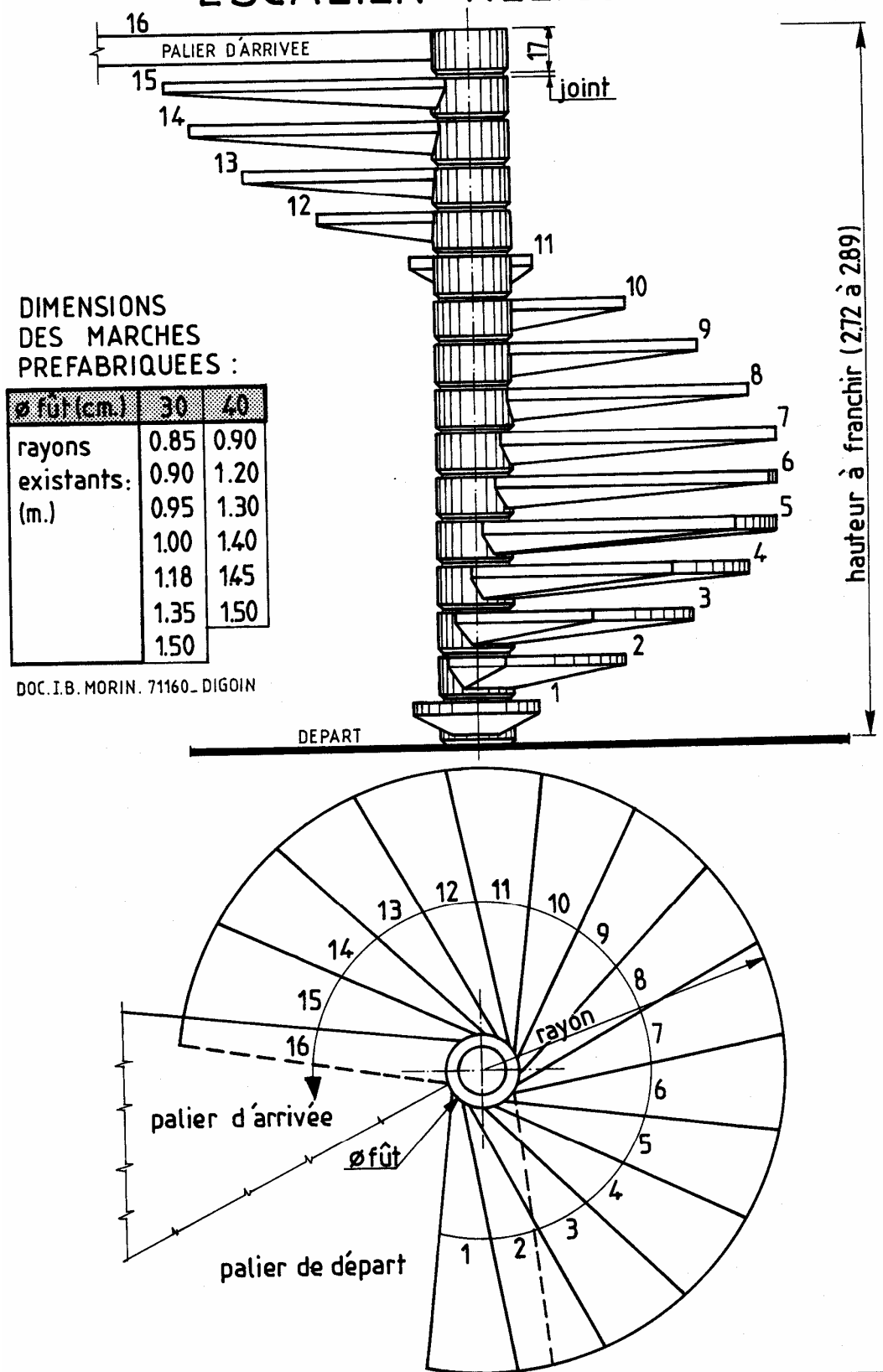
Représenter, sur format
 A4 vertical, à l'échelle 1 : 25,
 l'escalier ci-contre.
 Employer la méthode de
 la herse pour le trace des
 marches balancées.



□ MARCHE A SUIVRE POUR EFFECTUER LE TRACE :

- représenter l'emplacement de l'escalier,
- dessiner la ligne de foulée et la diviser en parties égales,
- tracer les marches droites au départ et à l'arrivée,
- tracer la herse n° 1 relative à la 1ère partie du balancement (jusqu'à la diagonale « Ff »),
- tracer la herse n° 2 relative à la 2ème partie,
- Numéroté les marches.

ESCALIER HELICOIDAL



▪ . GARDE-CORPS ET RAMPES :

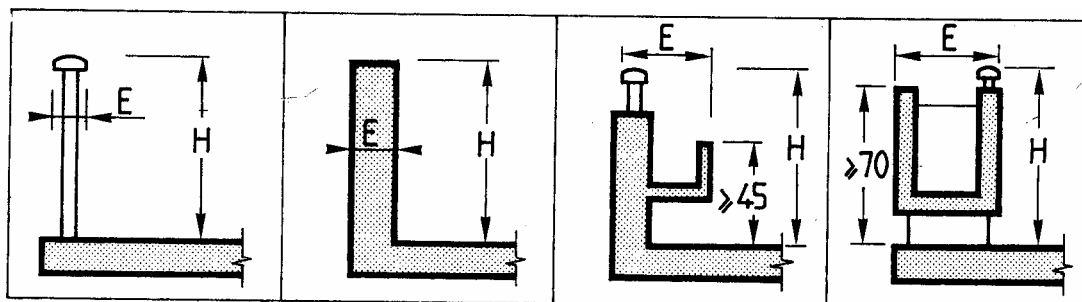
- garde-corps :

« Un garde-corps est un ouvrage qui a pour rôle de protéger contre les risques de chute fortuite dans le vide, les personnes stationnant ou circulant à proximité de ce dernier, mais non de leur interdire le passage forcé ou l'escalade volontaire ».
(Extrait de la norme NFP 01-012).

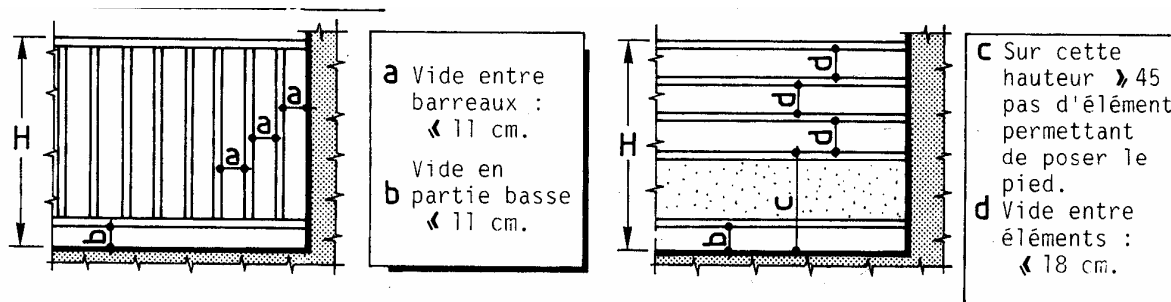
▪ **Hauteur de protection H (cm) :**

	Garde-corps minces	Garde-corps épais							
		25	30	35	40	45	50	55	60
H (bâtiment d'habitation)	100	97. 5	95	92. 5	90	85	80	80	80
H (autres bâtiments)	100	97. 5	95	92. 5	90	85	80	75	70

Épaisseur E à prendre en compte en fonction du type de garde-corps :

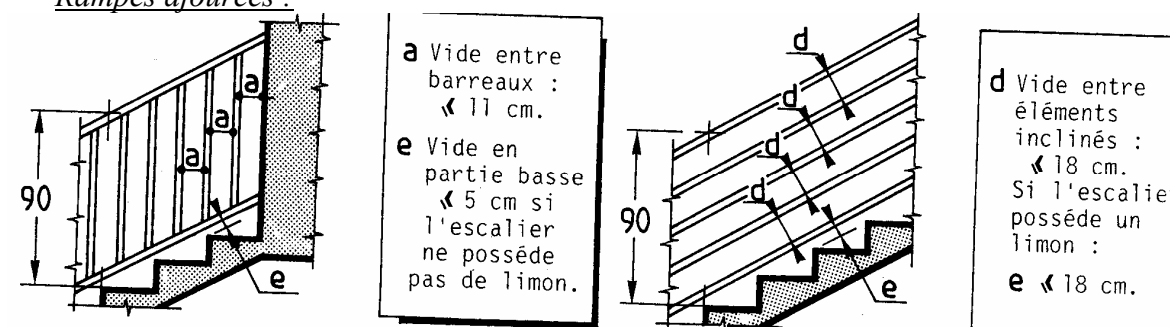


▪ **Garde-corps ajourés :**



9-2- RAMPES : une seule hauteur de protection : 90 cm.

▪ **Rampes ajourées :**

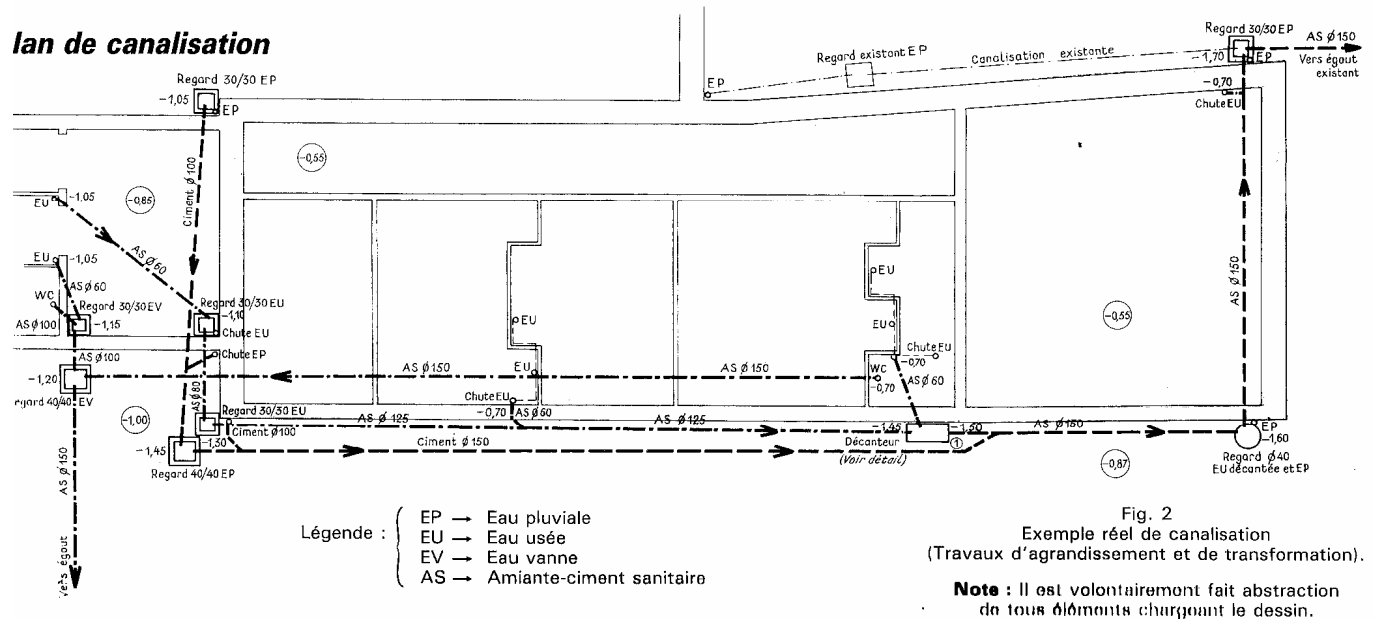


G- Canalisations Assainissement

I. Canalisation :

Elles ont pour but soit de collecter, se diriger, soit d'évacuer des effluents venant des constructions ou du milieu naturel

Plan de canalisation



Plan de canalisation :

Le plan de canalisation permet l'exécution du réseau EP EV EU

Il s'agit de positionner les canalisations leurs regard etc.

En plan : implantation, directions, jonctions, cotes de position

En altitude : niveau, pentes

Il définit le matériau, le diamètre, le type d'évacuation (EV, EU)

Elles sont situées à l'intérieur d'un bâtiment, sous le dallage dans un vide sanitaire pour l'écoulement des effluents soit verticalement (chutes) soit dans un plan incliné. Elles sont situées à l'extérieur d'un bâtiment, à sa périphérie, pour drainer ou pour évacuer diverses eaux chargées ou non en canalisations enterrées.

I.1 Les effluents :

Il peut s'agir d'eaux :

- Pluviales EP
- Ménagers ou industrielles EU
- Vannes EV

I.2 Evacuation des effluents

Ou évacuer les effluents ?

Les eaux pluviales : s'évacuent dans des caniveau, puit perdu, plateau absorbant, et les égouts.

Les eaux du ménagers ou industrielles : s'évacuent dans les épurateurs les plateaux absorbant, égouts, fosses toutes eaux

Les eaux du vannes : s'évacuent dans les fosses toutes eaux, fosse septique, égout séparatif ou unitaire

Les effluents, en conséquence, peuvent être évacués dans un réseau unitaire ou séparatif

Comment évacuer les effluents

L'évacuation peut s'effectuer : par gravité, par pression, grâce à la pente évacuation aérienne ou souterraine. En fonction des longueurs et des jonctions, un contrôle doit pouvoir être assuré d'où l'existence des « regards » siphoniques ou non, boîtes de repartition de l'effluent, etc

Quand réaliser les canalisations ?

Dans les travaux de bâtiment les travaux d'assainissement peuvent être effectués, suivant le cas :

- **Avant les fondations** du bâtiment : garnissage d'indépendance

- **Après les fondations ou après les travaux du gros œuvre :** réservation horizontales et verticales pour les passages

Avec quoi évacuer ?

Dans l'ensemble des cas il est nécessaire d'utiliser :

- Des tuyaux pour les parties droites
- des coudes pour les changements de direction
- des raccordements pour les jonctions de canalisations

Types des réseaux

Il existe deux systèmes d'égout :

1-système unitaire :

Dans le système unitaire, les eaux pluviales les eaux usées d'origine domestique et les eaux usées industrielles sont réunies dans un réseau unique de collecte.

- Avantages : il est plus économique.

- Inconvénient : Toutes les eaux sont évacuées vers la station de traitement, ce qui rend difficile l'épuration par l'importance du débit.

2-système séparatif :

Il consiste en l'élaboration de deux réseaux :

- Un réseau d'eaux pluviales.
- Un réseau d'eaux usées.

Ils suivent dans la plupart des temps le même tracé.

Le réseau d'eaux pluviales doit se jeter directement dans un milieu récepteur (mer, rivière.)

Le réseau d'eaux usées doit quant à lui amener les eaux usées vers une station de traitement

- Avantages : seule la canalisation d'eaux usées est dirigée vers la station de traitement.

- Inconvénient : le coût est plus élevé.

Si le réseau collectif communal est séparatif cela signifie qu'il y a canalisation de petit diamètre pour les eaux usées (WC, cuisine, salle de bain...) qui aboutit à la station

d'épuration et un fossé ou une deuxième canalisation généralement de plus gros diamètre pour les eaux pluviales(gouttières, descente de garage, drains du terrain...)

Si le réseau collectif communal est unitaire cela signifie qu'il y a une seule canalisation qui peut collecter à la fois les eaux usées et les eaux pluviales

II. les différents types de canalisations dans le bâtiment

1-Descente d'eaux usées :

Dans une construction, les eaux usées provenant des cuisines, buanderies, bains,...sont recueillies dans des tuyauteries verticales appelées colonnes de chute indépendantes des descentes d'eaux pluviales.

Le nombre de ces colonnes de chute dépend de la disposition du plan et du débit des eaux à évacuer.

La colonne de chute doit comporter un regard permettant le nettoyage et le débouchage.

Pour éviter l'infiltration des mauvaises odeurs dégagées par le réseau d'égout et le collecteur aux habitations chaque appareil doit être muni d'un siphon comprenant une garde d'eaux qu'on appelle aussi obturateur hydraulique qui arrête les gaz.

2-Descente d'eaux pluviales :

Les descentes d'eaux pluviales ne doivent jamais recevoir d'eaux usées.

Elles sont généralement placées le long des façades en dehors du bâtiment.

Le dimensionnement de ces conduites doit être fait avec précision mais cependant une méthode très rapide peut être utilisée.

Pour CHAQUE m² de toiture, il convient de prévoir 1cm² de section de la D.E.P avec un minimum de diamètre égal à 6mm

EXEMPLE :

Surface de toiture = 5*4 = 20m ² d'où section de la D.E.P = 20cm ²

Au sommet de la D.E.P, les eaux de pluie sont recueillies par les chenaux au bas de la pente des toitures. Ces chenaux doivent être de section suffisante pour assurer régulièrement l'évacuation des eaux pluviales.

-Au sommet de la D.E.P, il est important d'installer un panier appelé « Arrêt de feuilles » afin de protéger la D.E.P. du bouchage.

3-Les ventilations :

Pour éviter les dépressions dans les colonnes aussi que les gaz qui se forment dans le réseau d'égout, il convient d'installer soit une ventilation primaire soit une ventilation secondaire.

a-Ventilation primaire : c'est un prolongement de la colonne de chute jusqu'au-dessus du toit sans changer de section.

b-ventilation secondaire : il existe deux méthodes

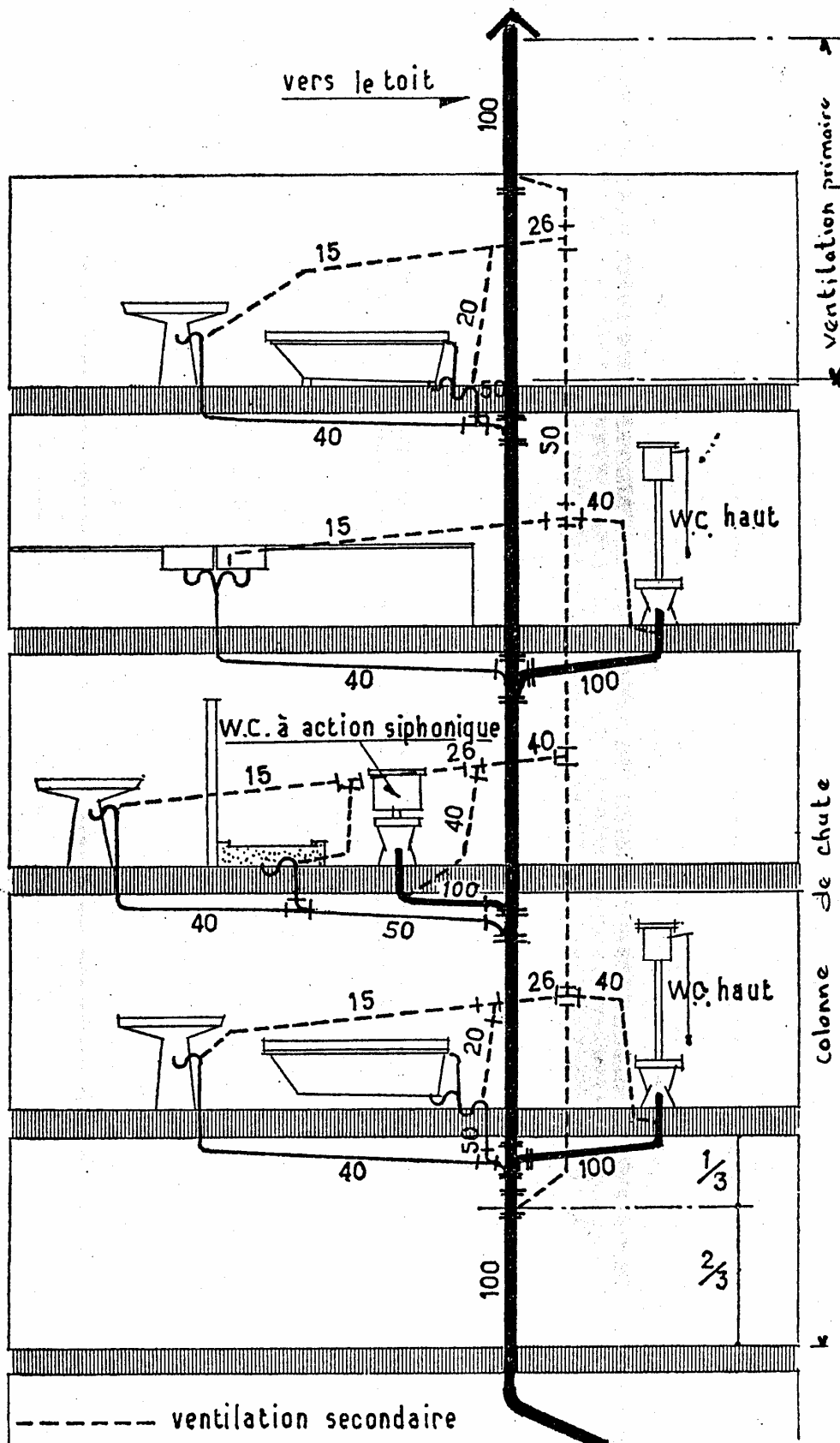
-**Ventilation secondaire par groupe d'appareils** (voir schéma)

-**Ventilation secondaire pour chaque appareil** (voir schéma) .Elle est branchée aussi près que possible du siphon en aval.

Les collecteurs de ventilation doivent être raccordés au haut de la ventilation primaire juste avant la traversée du toit, et ils doivent aussi être raccordés au pied de la ventilation primaire afin de pouvoir évacuer les eaux de condensation, c à d les gaz qui se sont liquéfiées par refroidissement.

4-les canalisations horizontales :

Ces canalisations constituant le réseau d'égout proprement dit situées dans le sol



tes, mais

s ne doit
oduit une
olides en
onduites.
e. c'est-à
acteur.

e forment

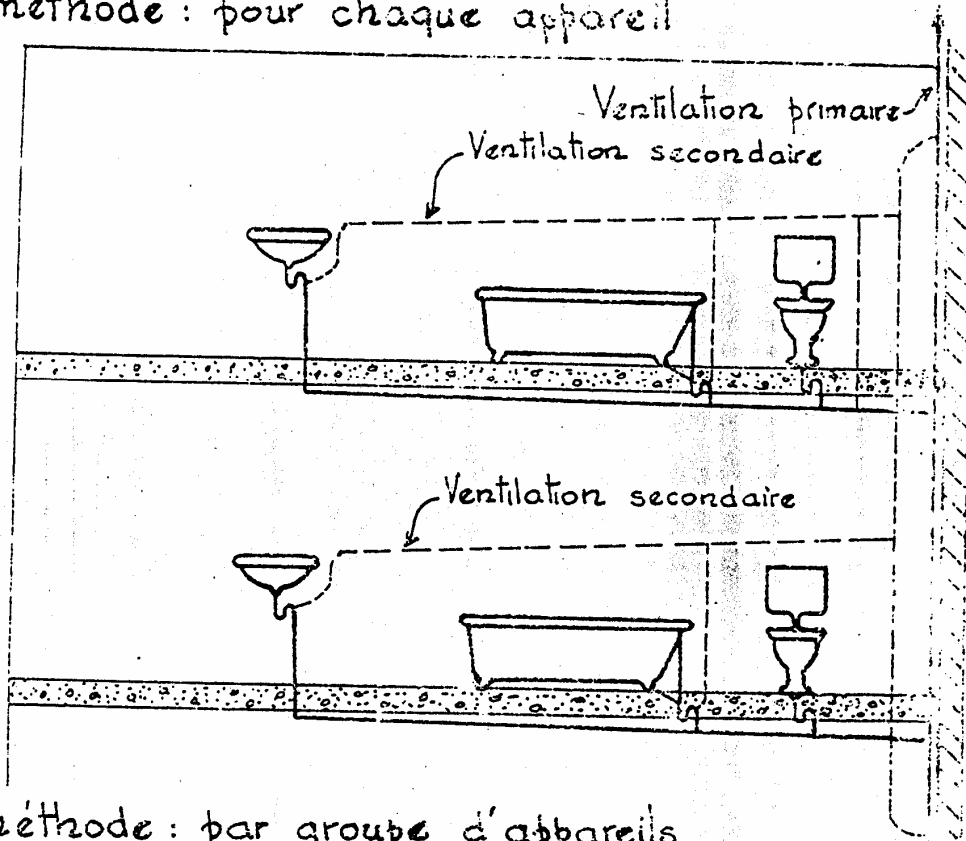
colonne de chute

----- ventilation secondaire

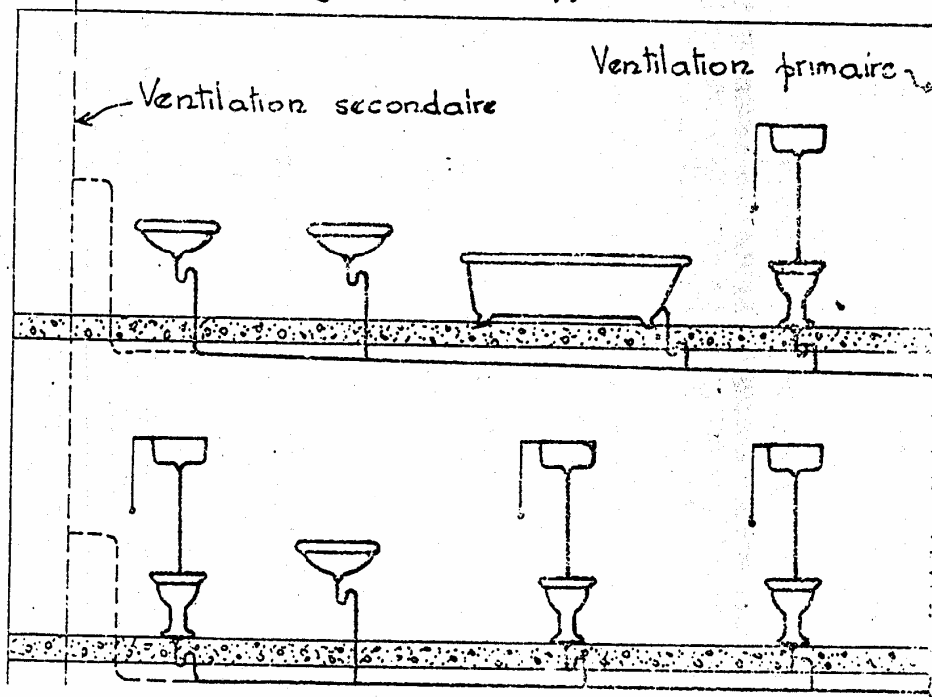
VENTILATION SECONDAIRE

struction

1^{re} méthode : pour chaque appareil



2^e méthode : par groupe d'appareils



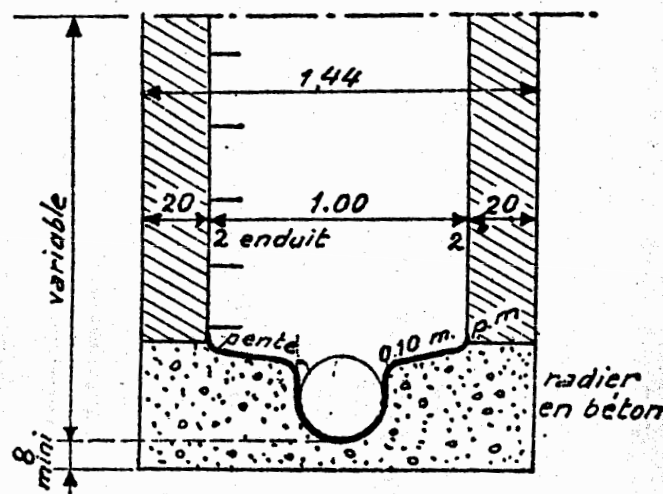


Fig. 2. — Regard de visite simple.

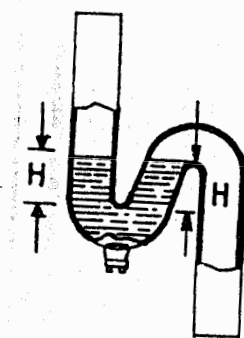


Fig. 3. — Siphon.

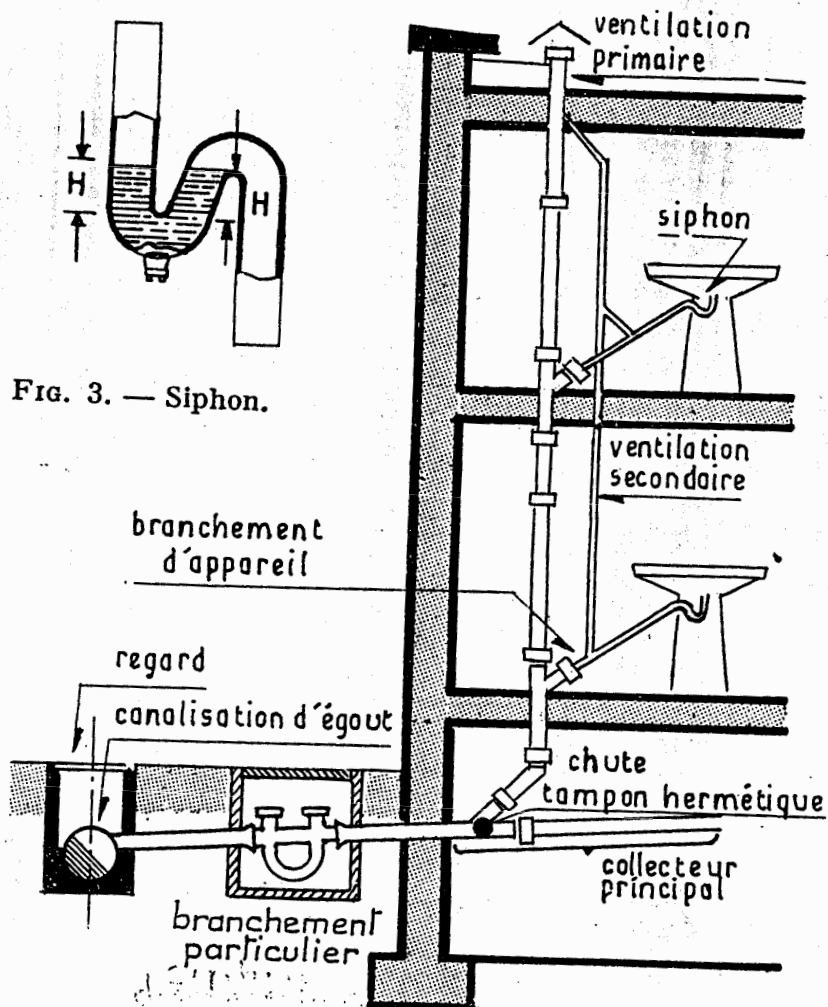
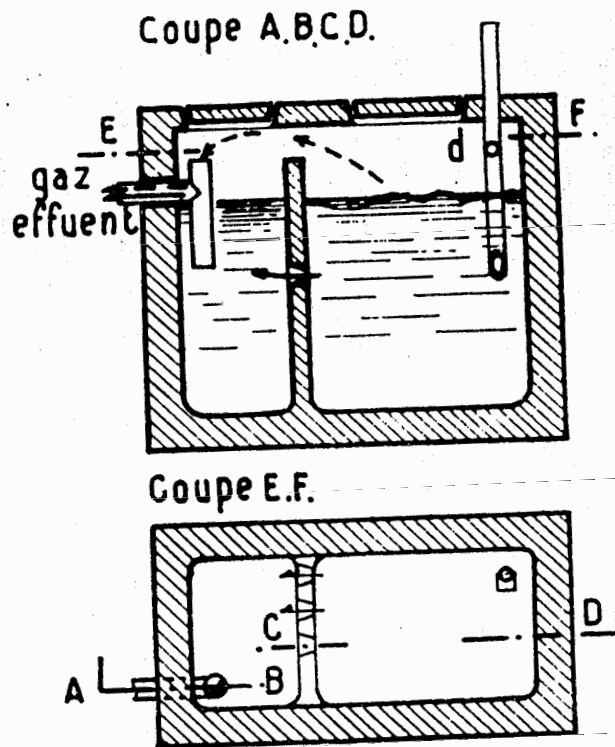
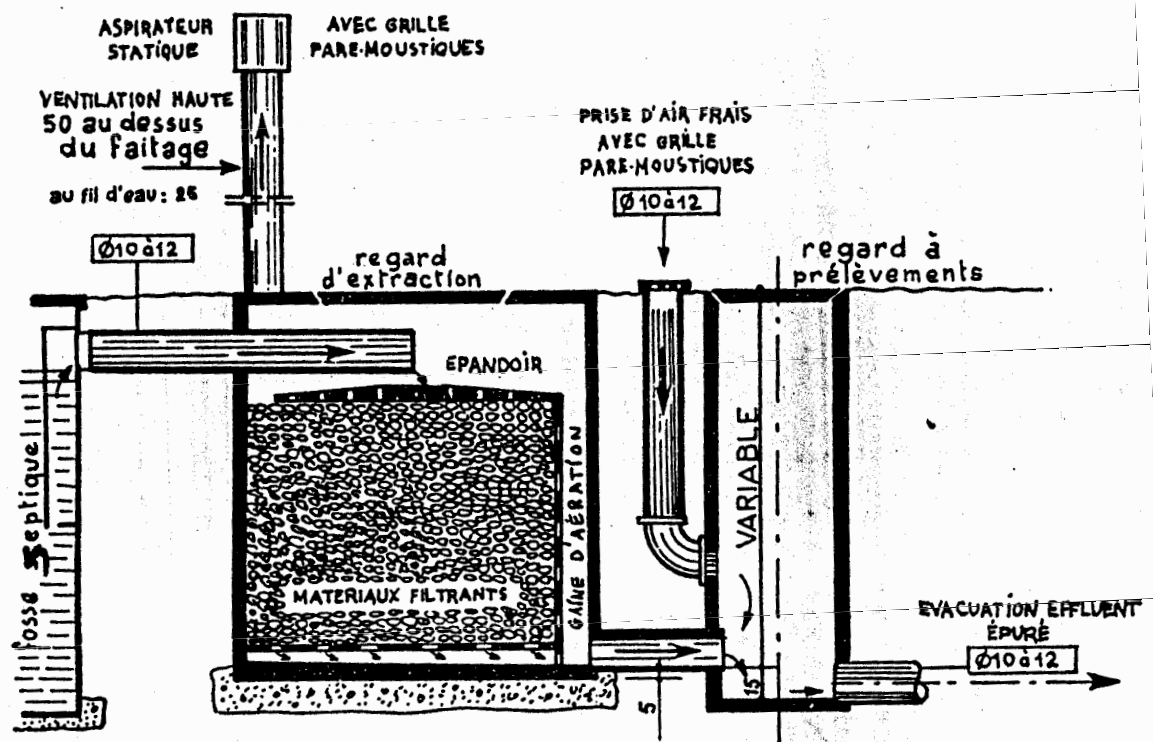


Fig. 5. — Schéma des canalisations sanitaires.



— Schéma d'une fosse septique à deux compartiments.



— Lit bactérien ventilé par aspirateur statique.

III. fonction des différentes équipements :

L'attention est attirée sur l'importance des avantages pour l'exploitation correcte des réseaux d'égout.les principaux ouvrages annexes sont :

1-Regard de visite :

1.1-Rôle : le rôle des regards de visite est de permettre l'accès aux canalisation pour les curages, de plus ils assurent la ventilation des égouts.

1.2-Emplacement :les regards de visite doivent être installés :

- à chaque fonction de canalisation.
- à chaque changement de direction.
- à chaque changement de pente.
- dans les parties droites et en pente régulière tous les 50cm.

1.3-Caractéristiques : les regards de visite comprennent :

- Un radier.
- Une cheminée verticale.
- Une dalle supérieure.
- Un dispositif de recouvrement.
- Une échelle de descente

2-BOUCHES D'ENGOUFFREMENT OU AVALOIRS :

Les avaloirs servent à l'introduction dans un égout, les eaux de pluie et de lavage des chaussées.

3-FOSSE SEPTIQUE :

Dans les centres urbaines ,pourvus d'un système d'égouts, les eaux usées sont traitées dans les stations d'épuration.

Lorsqu'il n'existe pas de réseau d'égout, on utilise un dispositif individuel d'assainissement appelé fosse septique.

Une fosse septique est un appareil destiné à la collecte et à la liquéfaction des matières excrémentielles contenues dans les eaux vannes.

-Description : la fosse septique comprend deux unités :

la liquéfacteur et l'épurateur assurant un travail complémentaire basé sur une activité biologique.

a-la liquéfacteur : lui même comporte deux compartiments , le premier accepte l'eau brute chargée de grosses molécules organiquement qui se transforment par digestion anaérobies en élément plus petits avec formation de bous qu'on évacue périodiquement dont le volume représente environ le quart de celui des matières initiales.

La deuxième est destiné à la décantation.

b- l'épurateur : son rôle est d'assurer l'épuration du liquide en provenance du liquéfacteur par voix aérobie càd oxydation des matières organiques en suspension à l'état colloïdal ou fragmentaire pour avoir à la fin ce liquide clair et inodore.

c-principe de l'épuration biologique : l'épuration biologique se base sur l'action des bactéries qui transforment et dégradent par digestion et oxydation les matières organiques présentant dans le rej.

On classe ces micro-organismes (bactéries) suivant le mode de respiration qu'ils possèdent : on distingue aussi :

-les bactéries aérobies :elles se développent en milieu aqueux aéré duquel elles puisent l'oxygène pour métaboliser les matières organiques par réaction d'oxygène.

-les bactéries anaérobies :elles se développent aux dépens des matières en suspension ou dissoutes dans un milieu aqueux désaéré qu'elles transforment par digestion

4-L'EPANDAGE SOUTERRAIN :

L'affluent en provenance de la fosse est distribué dans le sol à faible profondeur et y est épuré par l'action des bactéries qui se trouvent dans la couche de terre végétale bien aérée l'affluent est ensuite absorbé par le sol.

L'épandage souterrain ne peut être utilisé que sous certaines conditions.

-Aucun puits destiné à l'alimentation humaine ou aucune source ne devront se trouver à moins de 150m.

-Toute végétation des légumes à racines comestibles consommées crues doit être exclue.

-Le sol devra être aéré, et perméable.

Remarque :il faut que le terrain ne soit pas trop perméable car le liquide risque de le traverser sans s'épurer

IV. Détermination des débits et des diamètres :

INTRODUCTION :

Vu que les diamètre des collecteurs sont calculés en fonction des débits des liquides qu'ils reçoivent, il convient d'étudier tout d'abord les tuyauteries d'alimentation des appareils à raccorder.

IV.1 Calcul des diamètre des tuyauteries d'alimentation :

Généralité :

Tout réseau d'eau doit être établi de telle sorte que pendant les périodes de pointes de consommation, il ne puisse se produire de dépression dans les canalisations d'alimentation.

Remarque : la pression en n'importe quel point du réseau intérieur de l'immeuble est de 2 bars au minimum.

L'application du calcul complet aux installations courantes est la plus ardue. Cependant il existe une méthode permettant de déterminer la diamètre utile des conduites de manière simple.

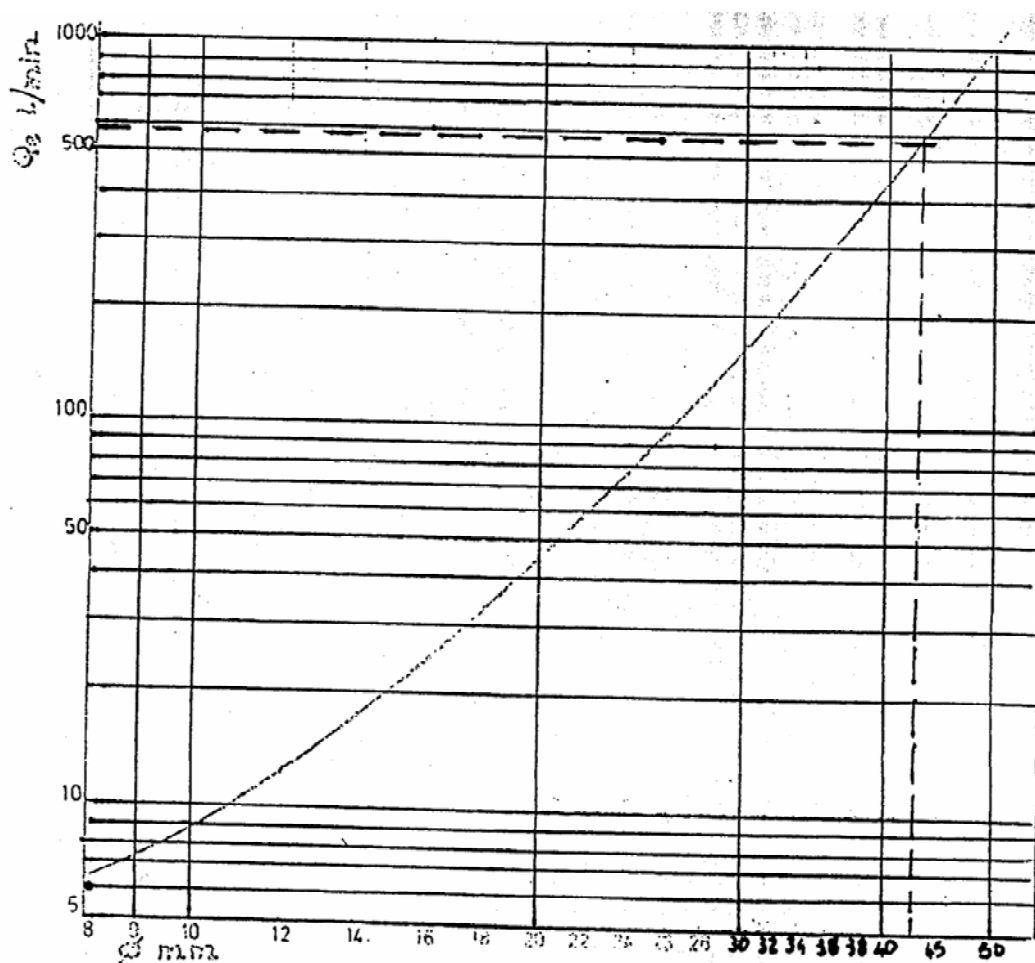
méthodes simplifiée de calcul des tuyauteries de distribution d'eau

a -Débits de quelques appareils sanitaires (voir tableau)

APPAREILS	Débit moyen en l/mn
Evier	20
Lavabo	6
Bidet	6
Baignoire	20
Douche	15

b- courbe donnant les diamètre des canalisation d'alimentation en fonction du débit total à assurer dans chaque canalisation.

Calcul des diamètres des canalisation d'alimentation (méthode simplifiée)



c- Exemple d'application :

Calculer le diamètre du réseau d'égout d'alimentation en eau recevant les eaux du :

- 10 baignoires.
- 10 bidets.
- 10 douches.
- 10 W.C.
- 20 lavabos.

Calculer le débit total :

$$20 \times 10 + 6 \times 10 + 15 \times 10 + 6 \times 10 + 20 \times 6 = 590 \text{ L/mn}$$

la courbe donne pour ce débit un diamètre de gaz .

IV.2 Calcul des diamètres des canalisations d'évacuation.**Généralité :**

L'étude des canalisations doit être faite en vue de satisfaire le principe initial de la salubrité des habitations. A savoir : évacuer rapidement les eaux usées sans qu'elles laissent derrière elles aucun résidu. Il faut donc se préoccuper par :

- De la manière des tuyaux.
- De la pente des tuyaux.
- Des diamètres des tuyaux.

Pour déterminer les diamètres, on divise l'installation en quatre parties

1/ étude des diamètres des siphons des appareils et du tronçon à 3 % de pente jusqu'à la colonne de chute.

2/ étude des tuyaux de chute, en position verticale, et s'il y a lieu des colonnes de ventilation secondaire.

3/ étude des descentes d'eau pluviales.

4/ étude des tuyaux collecteurs, de pente variant de 1 à 3 %

1- Diamètre des siphons d'appareils :

a- **Définition** : on désigne sous le terrain de siphon, une disposition destinée à l'évacuation des eaux du lieu où il est implanté. Il est nécessairement muni d'un obturateur hydraulique dont le rôle est d'empêcher la communication de l'air vicié des égouts et canalisations avec l'habitation.

b- **Tableau des diamètres intérieurs des siphons et orifices d'écoulement des appareils sanitaires et leurs débits :**

Désignation de l'appareil	Diamètre intérieur en mm	Débit en L/min	de base L/s
Baignoire	40	90	1.500
Douche	40	30	0.500
Lavabo	30	45	0.750
Bidet	30	30	0.500
Evier	40	45	0.750
W.c	80	90	1.500

2- Diamètre des canalisations de vidange :

La sortie du siphon est raccordée à la canalisation de vidange qui a généralement une pente de 3%

Souvent, plusieurs appareils sont raccordée sur une même canalisation de vidange. C'est le cas dans une salle de bain où la canalisation évacue les eaux d'un lavabo, d'un bidet, d'une baignoire et d'une douche

Le débit théorique de la salle de bain serait donc, en imaginant l'évacuation de tous les appareils en même temps de :

-baignoire :90l/mn

-lavabo :45l/mn

-bidet :30l/mn

-douche :30l/mn

soit :195l/mn

Mais il est bien évident que tous ces appareils ne servant pas même temps.

Il y a donc lieu de déterminer le nombre de ceux qui sont susceptibles de débiter en même temps et on les multiplie par la coefficient de simultanéité (voir tableau).

TABLEAU DES COEFFICIENTS DE SIMULTANEITE

<u>Nbre d'appareils</u>	Coefficient
1	1.00
2	1.00
3	0.70
4	0.60
5	0.50
6	0.45
7	0.40
8	0.37
9	0.35
10	0.33
11	0.32
12	0.31
13	0.30
14	0.28
15	0.27
16	0.26
17	0.25

Nbre d'appareils	coefficient
18	0.24
19	0.23
20	0.23
25	0.23
30	0.19
35	0.17
40	0.16
45	0.15
50	0.15
60	0.14
70	0.13
80	0.12
100	0.11
125	0.10
150	0.09
200	0.08
400	0.07

Tableau donnant les diamètre des siphons
-des appareils sanitaires

TABLEAU 6 (2)

Désignation de l'appareil	Diamètre intérieur minimal (mm)	Débit de base en litres Par minute	Par seconde
Baignoire	40	90	1,5
Cabine de douche	40	30	0,5
Lavabo	30	45	0,75
Bidet, bain de pied	30	30	0,5
Évier, plonge, bac à laver	40	45	0,75
Urinoir	50	60	1,0
W.C à chasse directe	80	90	1,5
W.C à action siphonique	60	-	-

La formule pour calculer le diamètre des tuyaux de vidange est la suivante :

Le diamètre en cm = $0.40 \times \sqrt{\text{total des l/mn} \times \text{coefficient de simultanéité}}$

Le total des l/mn = nombre des l/mn par appareils nombre d'appareils

Exemple d'application

² Calculer le diamètre d'une canalisation de vidange d'une installation de 3 lavabos.

Nombre de l/mn = $45 \times 3 = 135$ l/mn

Coefficient de simultanéité pour 3 appareils = 0.70

d'où diamètre & = $0.4 \sqrt{135 \times 0.70}$

& = 3.88 cm

On prend donc un tuyau de & 40mn intérieurs

3 – Diamètres des colonnes de chute :

Ces diamètre ne seront jamais inférieurs à ceux des canalisation de vidange.

Généralement la canalisation de vidange à 3% de pente est raccordée à un tuyau de chute vertical, de diamètre 80mn au minimum.

Exemple

Soit à calculer le diamètre d'une canalisation de chute qui reçoit les eaux d'un bidet, d'une baignoire, d'un lavabo et d'une douche et d'un W-C d'un immeuble à 4 étages.

Nombre de l/mn = $(30+90+45+30+90+ = 1140)$

Coefficient de simultanéité pour 20 appareils = 0.23.

d'où & = $0.40 \sqrt{1140 \times 0.23} = 6.48 \text{ cm}$

On prend donc un tuyau de & = 80 mn intérieur

4- Diamètres des descentes d'eaux pluviales

Les diamètres sont fixés en fonction de la surface en plan horizontal des toiture desservies soit 1 cm² de section / DEP reçoit 1m² de son plan le débit est admis à 3 l/mn pour chaque m² de surface.

Exemple :

Déterminer la diamètre de la D.E.P d'une toiture de 490 m² de surface

On sait que 1cm² de section de tuyau évacue 1 m² de surface en plan donc pour 490 m² on aura $S = 490 \text{ cm}^2$ et on soit que $S = \pi \&^2$

$$\& = \sqrt{\frac{490}{\pi}}$$

4

5- Diamètre des tuyau collecteur :

Etapes à suivre pour le calcul des sections horizontal.

a / Déterminer le nombre d'appareils sanitaires raccordés sur une même colonne de décharge et calculer le débit total des E.U à évacuer par cette colonne.

b / En déduire le diamètre de colonne de chute

c / Calculer le débit et le diamètre de clique D.E.P.

d / Calculer la débit des autre appareils (siphon de cour.)

e / Faire la somme des débits (E.P, E.U)

f/ Déterminer le diamètre de la tuyauterie selon la pente imposée par le tableau ci après.

On prendra :

- La colonne A : si les égouts ne reçoivent pas d'eaux pluviales (tuyaux 1/2 pleins)
- La colonne B : si les égouts reçoivent des eaux pluviales (tuyaux 7/10 pleins)

g/ Vérifier si la vitesse d'écoulement est acceptable c a d placée à l'intérieur du trait figurant sur les tableau et correspondant à des vitesses d'écoulement comprises entre 1m et 2m à la seconde .

DEBIT DES TUYAUX (litre /seconde) (formule de BAZINE)										
& mm	Pente =1cm/m		p. 2 cm/m		p. 3 cm/m		p. 4 cm/m		p. 5 cm/m	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
75	-	-	-	-	2.10	3.15	2.43	3.64	2.71	4.06
94	2.30	3.45	3.26	4.89	3.99	5.98	4.61	6.01	5.16	7.74
100	2.68	4.02	3.60	5.70	4.65	6.97	5.38	8.04	5.99	8.98
108	3.27	4.90	4.72	7.08	5.75	8.62	6.63	9.94	7.41	11.11
125	3.85	7.42	7.00	10.50	8.58	12.87	9.91	14.86	11.10	16.60
135	6.08	9.12	8.67	13.00	10.56	15.84	12.23	18.34	13.66	20.49
150	8.17	12.25	11.54	17.31	14.16	21.24	16.30	24.45	18.20	27.30
175	12.40	10.60	17.50	26.26	21.50	32.20	24.80	37.20	27.70	41.50
200	17.86	26.79	25.27	37.80	30.85	46.27	35.64	53.46	39.87	59.80
225	22.50	36.70	34.60	51.90	42.40	63.60	49.00	73.50	54.80	82.20
250	32.55	48.82	45.97	68.95	56.50	84.75	65.09	97.63	72.77	109.15
300	53.04	79.56	75	112.65	91.74	137.61	106.08	159.12	118.45	177.67

EVALUATION FIN DU MODULE

- 1- Donner la définition exacte des différents types de fondation ?
- 2- Quelles sont les critères qui entrent dans le choix des types de fondations ?
- 3 -Parler des éléments constitutifs de la toiture terrasse schéma obligatoire ?
- 4- Expliquer en quoi consiste la méthode de la herse
- 5 -Quel est le rôle des ouvertures dans les éléments verticales et horizontales dans une construction
- 6 - Parler des différents types des planchers ;
- 7-Quels sont les granulats qui entrent dans la composition du mortier et du béton ? Indiquer leurs classes et leurs provenances.
- 8-Quels sont les constituants secondaires ajoutés aux ciments ? Comment obtient-on ces produits ?
- 9-Définir les termes suivants concernant un granulat naturel :
 - a. Masse volumique apparente ;
 - b. Masse volumique absolue ;
 - c. Teneur en eau ;
 - d. Module de finesse.
- 10-Pour mesurer la teneur en eau d'un granulat, on effectue les mesures suivantes :

• Poids du récipient vide :	$M_0 = 110 \text{ g}$
• Poids du récipient rempli d'échantillon humide :	$M_1 = 133 \text{ g}$
• Poids du récipient rempli d'échantillon sec :	$M_2 = 130 \text{ g}$

Calculer la teneur en eau du granulat étudié.

11- Quelles sont les différentes sortes de briques utilisées dans la construction ? Indiquer leurs modes de fabrication et leurs utilisations particulières.

6/Quelles sont les trois classes des pierres naturelles d'après leurs modes de formation

Résumé de Théorie et Guide de travaux pratique	M04 : Procédés généraux de construction
---	---

Liste des références bibliographiques.

Ouvrage	Auteur	Edition
<i>Module existant</i>		
<i>Ouvrage en béton armé</i>	<i>H RENAUD F LETERTRE</i>	<i>FOUCHER</i>
<i>L'établissement d'un projet de bâtiment</i>	<i>RENE BAYON</i>	<i>EORLLES</i>
<i>Les planchers dans la construction</i>	<i>MAURICE DIETRICH PIERRE GERARD</i>	<i>dunod</i>
<i>Technologie du bâtiment Gros oeuvre</i>	<i>H RENAUD F LETERTRE</i>	<i>FOUCHER</i>

NB : Outre les ouvrages, la liste peut comporter toutes autres ressources jugées utiles (Sites Internet, Catalogues constructeurs, Cassettes, CD,...)