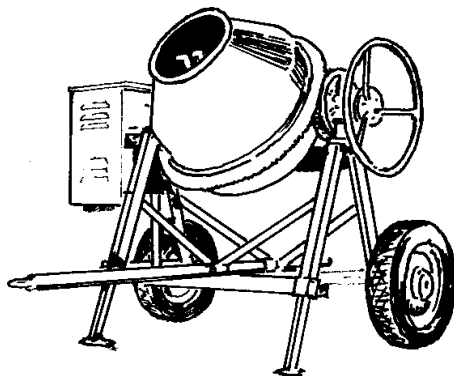


Licence

COURS DE TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION



Stephen Stepanian (1882-1964)
Inventeur de la bétonnière, 1916

Dr Arnaud Zagbaï Tapé
Diplômé de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (France)
Docteur Ingénieur des Ponts et Chaussées

Table des matières

AVANT-PROPOS.....	7
I- GENERALITES.....	8
I.1 Définitions.....	8
I.2 Buts essentiels d'un bâtiment.....	8
I.3 Fonctions à assurer dans un bâtiment.....	8
I.4 Exigences des systèmes constructifs.....	9
I-5 Principaux intervenants dans un projet de bâtiment.....	9
II- GROS-ŒUVRE.....	10
II-1 Définition.....	10
II-2 Principes structurels des systèmes constructifs (Gros-Œuvre).....	11
II-3 Stabilité des structures (systèmes constructifs-porteurs).....	13
III- SECOND-ŒUVRE.....	13
Chapitre 2 : INSTALLATION DE CHANTIER.....	15
I- GENERALITES.....	15
II- NATURE DES INSTALLATIONS.....	15
II-1 Voies d'accès.....	15
II.2 Dispositions de sécurité.....	15
II-3 Stockage des matériaux.....	15
II-4 Matériels.....	15
Chapitre 3 : MATERIAUX DE CONSTRUCTION.....	17
I- GRANULATS.....	17
I.1 Définition.....	17
I.2 Classification des granulats.....	17
I.3 Qualité des granulats.....	18
II- LIANTS HYDRAULIQUES.....	20
II.1 Chaux.....	20
II.2 Ciment.....	20
III- BETONS.....	21
III.1 Définition.....	21
III.2 Différents types de bétons.....	21
III.3 Fabrication des bétons.....	22
III.4 Méthode de composition du béton : Méthode DREUX GORISSE.....	23
IV- ACIERS.....	28
IV.1 Histoire de l'acier.....	28

IV.2 Caractéristiques mécaniques de l'acier.....	28
IV.3 Fer à béton ou armatures.....	29
V- BOIS.....	31
V.1 Définition.....	31
V.2 Structure du bois.....	31
V.3 Propriétés physiques et caractéristiques mécaniques de quelques bois.....	31
Chapitre 4 : MURS ET CLOISONS.....	33
I- DEFINITIONS.....	33
II- FONCTIONS DES MURS.....	33
III- TYPES DE MURS ET TERMINOLOGIE UTILISEE.....	33
III.1 Murs monolithiques.....	33
III.2 Murs composites.....	34
III.3 Terminologie.....	34
IV- MURS EN MACONNERIE.....	35
IV.1 Définition.....	35
IV.2 Matériaux utilisés.....	35
IV.3 Différents types de blocs et de briques.....	35
IV.4 Résistance -stabilité des murs en maçonnerie.....	36
IV.5 Dispositions constructives.....	38
IV.6 Typologie des maçonneries.....	39
V- VOILES EN BETON ARME.....	40
V.1 Définition.....	40
V.2 Classification des types de voiles.....	40
V.3 Rôles des voiles de contreventement.....	40
V.4 Caractéristiques mécaniques.....	40
VI- CLOISONS ET DOUBLAGE.....	41
VI.1 Définitions.....	41
V.2 Analyse fonctionnelle.....	43
V.3 Contexte réglementaire.....	43
Chapitre 5 : OUVRAGES ELEMENTAIRES-GENERALITES.....	44
I- DEFINITIONS.....	44
II- DECOMPOSITION DE L'OUVRAGE PRINCIPAL EN OUVRAGES ELEMENTAIRES.....	44
III- IMPORTANCE DE LA LISTE DES OUVRAGES ELEMENTAIRES.....	44
IV- INFORMATIONS LIEES A CHAQUE OUVRAGE ELEMENTAIRE.....	44

V-	CLASSEMENT CHRONOLOGIQUE DES TÂCHES.....	45
VI-	APERCU SUR LE METRE.....	45
VI.1	Définition.....	45
VI.2	Métreur ou Technicien économiste de la construction.....	45
VI.3	Recherche des quantités d'ouvrages élémentaires.....	45
VI.4	CCTP.....	46
VI.5	Devis descriptif.....	46
Chapitre 6 : TERRASSEMENTS.....		47
I-	DEFINITIONS.....	47
II-	CLASSEMENT DES TERRASSEMENTS.....	47
II.1	Décapage des terres.....	47
II.2	Fouille en pleine masse.....	47
II.3	Fouille en rigole ou fouille en tranchée.....	48
II.4	Fouille en puits.....	48
II.5	Fouille en galerie ou tunnel.....	48
III-	CLASSIFICATION ET CARACTERISTIQUES DES SOLS.....	48
III.1	Classification.....	48
III.2	Foisonnement.....	49
III.3	Talus naturel.....	49
IV-	REALISATION DES TERRASSEMENTS.....	49
Chapitre 7 : STRUCTURE PORTEUSE OU OSSATURE D'UN BÂTIMENT.....		51
I-	FONDATIONS.....	51
I.1	Définition-Fonctions.....	51
I.2	Choix du type de fondation.....	51
I.3	Fondations superficielles.....	52
I.4	Fondations semi-profondes.....	52
I.5	Fondations profondes.....	53
I.6	Techniques d'amélioration des sols.....	54
II-	PORTEURS VERTICAUX.....	54
II.1	Fonction principale.....	54
II.3	Poteaux en béton.....	55
II.4	Murs porteurs continus.....	56
III-	PORTEURS HORIZONTAUX.....	57
III.1	Planchers.....	57

III.2 Dallages.....	62
III.3 Revêtements.....	63
III.4 Poutres.....	64
Chapitre 8 : ESCALIERS-BALCONS-TOITURE-TERRASSE.....	65
I- ESCALIERS.....	65
I.1 Définition.....	65
I.2 Terminologies.....	65
I.3 Différents types d'escalier, dimensions.....	67
I.4 Mise en œuvre.....	69
II- BALCONS.....	69
II.1 Définition.....	69
II.2 Différents types de balcon.....	70
II.3 Risques liés à la mise en œuvre.....	70
II.4 Efforts exercés dans un balcon.....	71
II.5 Différents types de balcons suivant la nature des matériaux utilisés.....	71
III- TOITURES-TERRASSES EN BETON ARME.....	72
III.1 définition.....	72
III.2 Constitution.....	72
III. 3 Plancher.....	73
III.4 Etanchéité.....	73
III.5 Fonctions à remplir.....	73
III.6 Documents réglementaires.....	74
Chapitre 9 : NOTIONS D'INSTALLATION ELECTRIQUE ET DE PLOMBERIE-SANITAIRE DANS UN BÂTIMENT.....	75
I- GENERALITES SUR L'INSTALLATION ELECTRIQUE.....	75
I.1 Organisation générale d'une installation.....	75
I.2 Représentation graphique des installations électriques.....	76
I.3 Symboles normalisés pour les schémas architecturaux (UFC 03-211).....	78
I.4 Symboles normalisés pour les schémas développés.....	79
I.5 Prise de terre.....	79
I.6 Sécurité et matériel électrique.....	81
I.7 Prises, interrupteurs, éclairages.....	81
I.8 Différentiels.....	82
I.9 Fusibles et Disjoncteurs.....	83

I.10	Canalisations.....	83
II-	APPLICATIONS.....	84
II.1	Installation électrique d'une villa de type 2 (1 ch+ 1 séjour).....	84
III-	PLOMBERIE SANITAIRE.....	86
III.1	Définition.....	86
III.2	Règlements et normes.....	86
III.3	Installations sanitaires.....	86
III.4	Tracé de distribution.....	88
III.5	Appareils sanitaires.....	89
III.6	Distribution de l'eau dans l'habitat.....	89
III.7	Tuyaux.....	89
III.8	Evacuations intérieures des eaux usées.....	90
III.9	Evacuations extérieures des eaux usées.....	90
III.10	Raccordements.....	91
III.11	Ventilation.....	91

AVANT-PROPOS

Le cours de technologie de la construction permet de faire connaître à l'étudiant en licence (système LMD), les différentes parties de la construction dans son aspect constructif, mais aussi les fonctions que remplissent les différents composants qui peuvent être structurelles, fonctionnelles, esthétiques etc.

L'étude des principaux éléments constitutifs d'un bâtiment est examinée sous trois angles :

- l'aspect structurel compte tenu des exigences de la statique ainsi que de la configuration volumétrique pour la stabilité du bâtiment ;
- les matériaux utilisés selon leur origine, leur nature et leurs caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques ;
- les modes de mise en œuvre selon les règles de l'art ainsi que les techniques d'exécution.

Dans le cours l'accent est sur la connaissance du langage technique utilisé, sur l'acquisition de la géométrie des éléments ainsi que de leur représentation graphique. Ce cours permet spécifiquement à l'étudiant d'acquérir les notions de base sur les terminologies utilisées dans le bâtiment, sur le terrassement et l'implantation, les paramètres qui encadrent l'usage des granulats, des aciers, des éléments métalliques et leur influence sur le comportement de ces matériaux.

Le cours est structuré en neuf chapitres portant sur :

- les notions sur le bâtiment ;
- l'installation de chantier ;
- les matériaux de construction ;
- les murs et cloisons ;
- les ouvrages élémentaires ;
- les terrassements ;
- la structure porteuse ou ossature d'un bâtiment ;
- l'escalier, les balcons et la toiture-terrasse
- les notions d'installation électrique et de plomberie sanitaire dans un bâtiment.

Chapitre 1 : NOTIONS SUR LE BÂTIMENT

I- GENERALITES

I.1 Définitions

Un bâtiment est une construction immobilière destinée à servir d'abri, c'est-à-dire à protéger des intempéries des personnes, des biens et des activités d'une part, et à manifester sa permanence comme fonction sociale, politique, administrative et culturelle d'autre part.

Un édifice est un ouvrage d'architecture de proportions importantes pouvant comporter plusieurs corps de bâtiment.

L'art de concevoir les bâtiments s'appelle **l'architecture** aussi bien dans leur forme globale que dans leur aménagement intérieur en salles, etc.

Le Génie Civil est l'art de concevoir et de réaliser des ouvrages d'infrastructures civiles qu'elles soient de transport, d'énergie, industrielles, pour l'eau ou qu'elles concernent les bâtiments et les monuments. Le Génie Civil représente l'ensemble des techniques de construction et d'ouvrages civils (par opposition à militaire).

Les technologies de construction se définissent comme l'ensemble des pratiques et savoir-faire pour la mise en œuvre **d'ouvrages** (bâtiments, routes, ponts etc.), d'une partie d'ouvrages (fondations, éléments de second œuvre, équipements etc. ou d'ouvrages élémentaires (béton de propreté, longrines, murs de soubassement, dallage etc.). Les technologies de construction précisent le choix des matériaux à utiliser dans la construction, mais aussi leur nature, leurs caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques.

I.2 Buts essentiels d'un bâtiment

Un bâtiment est réalisé pour :

- absorber la densité de population ;
- garantir une sécurité suffisante dans son exploitation du point de vue de sa stabilité et de sa résistance ;
- permettre la réalisation d'une activité déterminée à chacun de ses niveaux.

I.3 Fonctions à assurer dans un bâtiment

Un bâtiment assure différentes fonctions dont principalement :

- une fonction mécanique : la stabilité et la résistance du bâtiment ; Le bâtiment doit être stable et résister aux charges et surcharges qui lui sont appliquées ;
- une fonction de séparation : A chaque niveau des séparations permettent d'isoler les groupes humains et leur attribuer des espaces et des volumes nécessaires pour satisfaire leurs besoins ou activités ;
- une fonction d'isolation contre le froid, la chaleur, la pluie, l'incendie, le bruit etc. ;
- une fonction de circulation pour les personnes, les déchets, les énergies etc. ;
- une fonction esthétique qui peut influencer sur l'environnement.

Les différentes fonctions citées ci-dessus vont guider le choix des matériaux à utiliser, leurs formes, ainsi que leur mise en œuvre.

Figure 1 : Une villa au pied de colline (stabilité)



Figure 2: Un bâtiment peint en couleur rose (fonction esthétique)



I.4 Exigences des systèmes constructifs

Les exigences essentielles sont :

la sécurité (stabilité, feu et utilisation) : la stabilité, la sécurité incendie et la sécurité d'utilisation ;

la santé et le confort des usagers ;

la préservation de l'environnement extérieur (réduire les pollutions et nuisances (air, eau, déchets etc.) :

l'assurance de l'usage : les commodités, la flexibilité des locaux et équipements, l'adaptabilité et la flexibilité du bâtiment.

I.5 Principaux intervenants dans un projet de bâtiment

Les principaux intervenants ou acteurs dans un projet de construction sont :

a- Le Maître d'ouvrage

C'est la personne pour laquelle l'ouvrage est réalisé. Il est le commanditaire et celui qui en supporte le coût financier (avec des partenaires financiers ou non). Le Maître d'Ouvrage est une personne physique ou morale de droit public ou privé. En pratique le Maître d'ouvrage n'a pas souvent la compétence, ni le temps d'assurer la coordination de l'ensemble des activités du projet. Il met en place une organisation dénommée « la Maîtrise d'ouvrage » qui assure les interactions entre l'architecte et le Maître d'œuvre

Le rôle du Maître d'Ouvrage est de fixer formellement les objectifs du projet en matière de coût, de délai et de performance. Il exprime et formalise les besoins à satisfaire et les caractéristiques du projet. Il est celui qui paie le projet. A ce titre il est le juge final des arbitrages entre coûts et performances. Il est celui qui juge de l'opportunité du projet par rapport à son propre calendrier. Le Maître d'Ouvrage fait le lancement de la réalisation du projet et clôt le projet en prononçant la réception.

b- Le Maître d'œuvre

La maîtrise d'œuvre est la personne ou l'entité choisie par le Maître d'Ouvrage pour la réalisation d'un projet dans des conditions de respect des délais, de la qualité, ainsi que de coût du projet.

Dans le cadre d'un marché, le Maître d'œuvre désigne la personne physique ou morale qui du fait de sa compétence, peut être chargé par le Maître d'Ouvrage, d'exécuter les tâches suivantes :

- assistance au Maître d’Ouvrage pour la consultation des entreprises et la conclusion des marchés ou contrats avec les entrepreneurs ;
- direction et contrôle de l’exécution des marchés de travaux ;
- assistance au Maître d’Ouvrage pour la réception des travaux et le règlement des comptes et décomptes avec les entreprises.

Le Maître d’œuvre a pour rôle de :

- concevoir le projet (dans le cas du bâtiment, s’il est architecte ou ingénieur architecte) ;
- élaborer le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) et contrôler la bonne exécution des travaux ;
- jouer un rôle d’interface entre le Maître d’Ouvrage (Client) et les entreprises chargées d’exécuter les travaux.

c- Les entreprises

Les entreprises réalisent les études et les travaux. Le Maître d’œuvre valide les études et suit et contrôle l’exécution des travaux. L’entreprise présente mensuellement au Maître d’œuvre une situation des travaux réalisés. Ce dernier la valide et la transmet au Maître d’Ouvrage pour paiement selon les prescriptions du marché.

d- Le contrôleur technique ou bureau de contrôle

Le bureau de contrôle est chargé par le Maître d’Ouvrage de se prononcer sur la conformité de l’ouvrage à la réglementation technique en vigueur.

II- GROS-ŒUVRE

II-1 Définition

Le Gros-œuvre se définit comme étant l’ensemble des éléments porteurs d’un ouvrage dont leurs suppressions peuvent causer des dommages. Dans le bâtiment, le Gros-œuvre est réparti en deux catégories :

- **l’infrastructure** : c’est la partie enterrée du bâtiment qui permet d’assurer la liaison entre le sol et la superstructure. Elle est placée en dessous de la cote $\pm 0,00$ (fondations, sous-sol etc.). On peut citer par exemple (voir tableau 1):

Tableau 1 : Les types d’infrastructure

1- Le cas des fondations superficielles	2- Le cas des fondations profondes
- les bétons de propreté sous ouvrage - les semelles filantes les semelles isolées - le radier général - les murs de soubassement - les murs de soutènement - les longrines ou chaînages bas - les dallages au sol - les voiles et parois moulées	- les fondations sur puits - les pieux battus - les pieux moulés dans le sol - les pieux forés - les micros pieux - les pieux flottants - les caissons étanches ou cuvelages

1- Le cas des fondations superficielles - les bétons de propreté sous ouvrage - les semelles isolées - les semelles filantes - le radier général - les amorces poteaux - les murs de soubassement ; les murs de soutènement et certaines parties des murs caves - les longrines ou chaînage bas et dallages au sol - les voiles et parois moulées	2- Le cas des fondations profondes : - fondations sur puits - les pieux battus - les pieux moulés dans le sol - les pieux forés - les micros pieux - les Pieux Flottants - les réseaux de longrines, voiles, radiers et semelles de répartition etc. - les caissons étanches ou cuvelages
---	---

- **la superstructure** : Ce sont les éléments porteurs de l'ouvrage en élévation et repartis sur plusieurs niveaux (1^{er} étage, mezzanine, 2^{ème} étages, etc. Elle comprend principalement les poteaux, les poutres, la charpente, les planchers etc.
 - les terrasses inaccessibles : les éléments de gros œuvre qui la constituent sont, la forme de pente, l'acrotère.
 - Les terrasses accessibles : la hauteur minimale de l'acrotère est de 1 m. Le larmier ou le becquet est placé à mi-hauteur.

Les éléments de Gros œuvre sont appelés, ossature ou le squelette ou encore la structure porteuse. Pour assurer dans le système constitué de Gros-œuvre une bonne répartition des charges, des chaînages horizontaux (bas et hauts) ainsi que des raidisseurs verticaux (jouant le rôle de poteaux) y sont incorporés. De nos jours les systèmes à ossatures par portiques (poteaux-poutres) sont plus répandus.

II-2 Principes structurels des systèmes constructifs (Gros-Cœuvre)

Tableau 2 : Systèmes constructifs

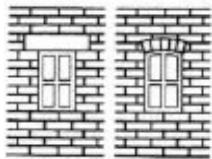
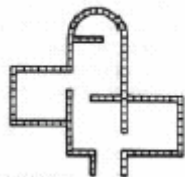
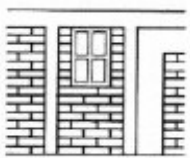
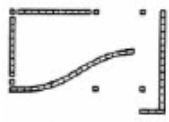
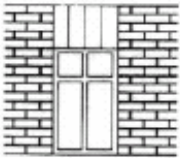
MURS	OUVERTURES	PLANS
Enveloppe monolithique		 Espace contenu Lumière ponctuelle
Ossatures Porteuses-remplissage		 Espace tramé Lumière uniforme Murs-cloisons
Blocs Auto stables		 Espace tramé Lumière uniforme Murs-cloisons

Figure 4 : Enveloppe monolithique

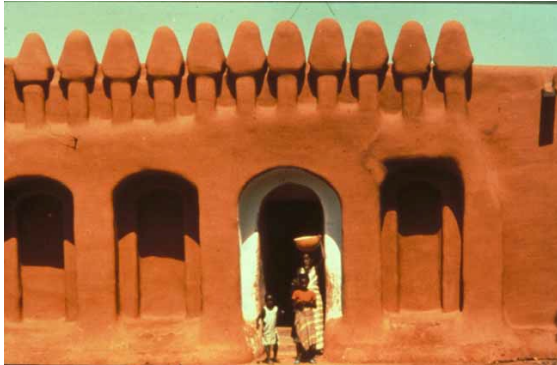


Figure 5 : Maçonnerie ponctuelle



Figure 6 : Ossature -Remplissage



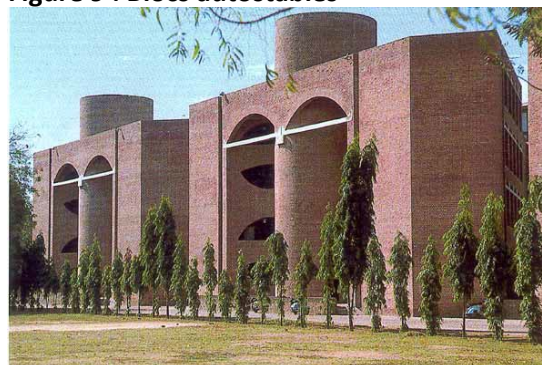
Figure 7 : Ossature de bâtiment



Figure 8 : Ossature- Remplissage



Figure 9 : Blocs autostables



II-3 Stabilité des structures (systèmes constructifs-porteurs)

Tableau 3 : Systèmes constructifs porteurs

Systèmes constructifs-porteurs	Parois associées					
	Murs			Planchers		
	Béton et maçonnerie	Bois	Acier	Béton et maçonnerie	Bois	Acier
Poteaux/Poutres	Maçonnerie de remplissage Torchis ou béton de remplissage	Parois légères autoportantes	Aciers et Isolant, façade légère, panneau, façade rideau Bardage industrialisé	Poutres BA+ béton coulé avec prédalles ou précontraint Poutres BA+ hourdis sur poutrelles en béton ou acier	Poutres solives et plancher bois Poutres bois et dalle collaborante bois/béton	Poutres Acier et bacs acier collaborant + Dalle de compression béton
Murs/planchers	Béton, maçonnerie porteuse	Murs de rondins Murs porteurs à ossatures bois	Murs porteurs à ossature en acier contreventée	Béton coulé avec prédalle ou précontraint Hourdis sur poutrelles en béton ou acier	Solives et plancher bois Dalle collaborante bois/béton	Bacs acier collaborants + Dalle de compression béton

III- SECOND-ŒUVRE

Le second œuvre se définit comme étant des parties d'ouvrages en finition et d'équipement destinés à apporter au bâtiment la sécurité, le confort, l'esthétique, la protection, l'hygiène etc. On peut citer par exemple :

- **La peinture** : un revêtement appliqué aux murs extérieurs et intérieurs. Il existe des peintures à huile et des peintures à eau ou des peintures antirouille ou encore anticorrosion.

- **Les revêtements** : il en existe deux types : les revêtements souples (moquettes, tapis, etc.) et les revêtements scellés ou fixes (carreaux, parements en pierre, parements en béton, les marbres, etc.) ;
- **L'étanchéité** : elle se présente sous la forme de rouleaux (tissus de fibres synthétiques enrobés de bitume), d'adjuvant liquide ou poudreux, de peinture, etc.
- **La menuiserie** : ce sont par exemple les portes et fenêtres dans le bâtiment en bois, métalliques, ou des baies vitrées. Il existe des menuiseries intérieures (placards, muraux, cloisons légères) et des menuiseries extérieures (portes et fenêtres).
- **Les faux-plafonds** : Ce sont des structures horizontales fixées en dessous des planchers qui permettent l'aménagement d'une gaine technique à travers laquelle on fait passer les réseaux de câblages (électriques, téléphoniques, informatiques, de télévision, etc.) ;
- **L'électricité** : courant fort (par exemple 220 volts à 380 volts) et courant faible (pour des installations de fax, de téléphone, informatiques etc.) ;
- **La plomberie et les sanitaires** : On trouve dans cette partie, l'alimentation en eau potable et l'évacuation des eaux usées ;
- **La climatisation**. C'est une installation faite pour le conditionnement des locaux. Il existe le système de climatisation individuelle (splits) et le système de climatisation centrale (multi-splits).
- **La sécurité incendie** ; Ce système est destiné à prévenir les risques d'incendie.
- **La télésurveillance** : C'est l'ensemble des dispositifs de surveillance et de sécurité installés pour la préservation de certains bâtiments.

Chapitre 2 : INSTALLATION DE CHANTIER

I- GENERALITES

Une installation de chantier comprend des constructions auxiliaires notamment des baraques de chantier (bureaux de chantier), les postes de gardiennage, des panneaux de chantier, des installations et parcs de stockage des matériaux, des installations nécessaires aux machines, les raccordements divers (eau, téléphone, électricité, eaux usées...), les dispositions de sécurité primaire (clôture, signalisation...).

II- NATURE DES INSTALLATIONS

II-1 Voies d'accès

Les voies d'accès doivent être praticables à tout temps. Il faut envisager l'écoulement des eaux de pluies et les drainages. Elles devront permettre d'éviter les pertes de temps.

II.2 Dispositions de sécurité

Le chantier devra comporter des signalisations qui indiquent les zones à risque. Il faut placer le panneau de chantier et délimiter la zone du chantier par une clôture afin d'éviter l'accès au public.

II-3 Stockage des matériaux.

Il faut dimensionner suffisamment les aires de stockage des matériaux pour assurer une réserve suffisante.

II-4 Matériels

On peut distinguer :

- **La bétonnière** : Elle est nécessaire quand le volume de béton à mettre en œuvre est important. Pour une bétonnière de 500 litres par exemple, le volume de béton fini produits est de 7 m³.
- **Les engins de levage** : Les appareils de levage se composent de treuils, palans, monte-charges, grues, etc.
- **Les échafaudages**. Ce sont des constructions provisoires permettant d'accéder à tous les points de l'ouvrage.

Figure 10 : Panneau de chantier



Figure 11 : Baraques de chantier



Figure 12 : Clôture de chantier



Figure 13 : Stockage des matériaux sous un abri



Figure 14 : Stockage des matériaux à l'air libre



Figure 15 : Une bétonnière

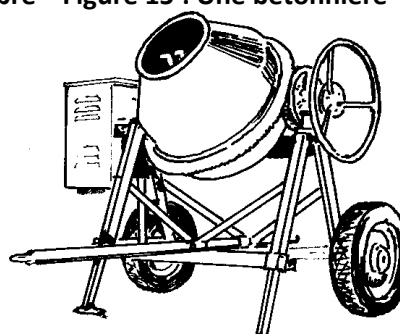
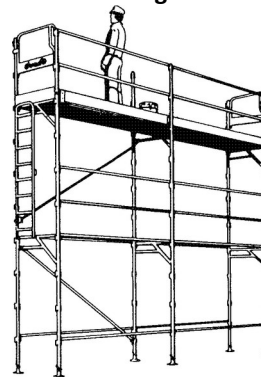


Figure 16 : Echafaudage



Figure 17 : Echafaudage en tubulaire



Chapitre 3 : MATERIAUX DE CONSTRUCTION

I- GRANULATS

I.1 Définition

On appelle granulats, les matériaux inertes, sables, graviers, cailloux, qui entrent dans la composition des bétons. C'est l'ensemble des grains compris entre 0,02 mm et 125 mm dont l'origine peut être naturelle, artificielle ou provenant de recyclage. On les appelle aussi des agrégats.

I.2 Classification des granulats

- Selon la nature minéralogique :
 - les roches magmatiques : le granite, le quartz : granulats de bonne qualité ;
 - les roches sédimentaires : non recommandées pour les bétons : le calcaire ; mais bons granulats : par exemple le gneiss ;
 - les roches métamorphiques : le schiste : non recommandé pour le béton.
- Selon la forme des grains : Elle est soit naturelle, soit artificielle. Les formes naturelles sont souvent « roulées ». Ces granulats proviennent des mers, des rivières ou des carrières. La forme artificielle est issue du concassage des roches dures.
- Selon les caractéristiques physiques :
 - **la masse volumique** : c'est la masse d'un corps par unité de volume total y compris les vides entre les grains et le constituant (volume apparent).
 - **la masse volumique spécifique** est la masse d'un corps par unité de volume de matière pleine sans aucun vide entre les grains (volume absolu).
 - **la densité absolue** : c'est le rapport entre la masse volumique spécifique et la masse volumique de l'eau à 4° (1000 kg C).
 - **la densité apparente** : c'est le rapport de la masse volumique et la masse volumique de l'eau à 4°C (1000 kg).

Exemple : Une caisse de volume total égal à 1 m³ est remplie de graviers dont le volume est de 0,6 m³. Le volume des vides est de 1 – 0,6 = 0,4 m³. La masse nette des graviers est de 1520 kg. On calcule la masse volumique spécifique des grains : 1520/0,6 = 2550 kg/m³ ; la

masse volumique des granulats : 1520 kg/m^3 ; la densité apparente = 1,52 ; la densité absolue = 2,55.

- **la compacité** : c'est le rapport de la différence du volume V d'un corps poreux (y compris les vides) avec le volume des vides V_v par le volume V du corps $((V - V_v)/V_v)$.
 - **la porosité** est le rapport du volume des vides par le volume total $V_v/V = n$
 - **l'indice des vides** = $(V_v / (V - V_v)) = e$
- Selon la nature des granulats : on distingue les granulats courants de masse volumique comprise entre 2 et 3 t/m^3 (basaltes, grès, quartzites, granites, etc.), des granulats lourds (barytines, magnetites, riblons etc.) de densité supérieure à 4 et des granulats légers (argile expansée, schiste expansée etc.) utilisés pour la confection des bétons légers de densité inférieure à 1. Il existe aussi des granulats durs comme les quartz qui sont incorporés aux bétons pour anti-usure.
 - Selon la dureté des granulats : On caractérise la résistance du granulat à la rayure. Dans la pratique on compare la dureté d'un granulat à celle de trois « matériaux » : l'acier, le verre ou l'ongle.

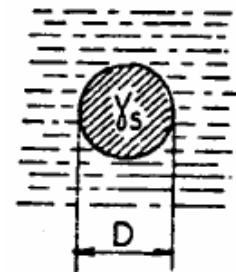
I.3 Qualité des granulats

I.3.1 Analyse granulométrique

La qualité des granulats peut être appréciée à partir des essais de laboratoire notamment l'analyse granulométrique. On procède dans ce cas à la détermination de la proportion des différents constituants solides d'un sol en fonction de leur grosseur à l'aide de tamis. On appelle « refus », le matériau qui est retenu sur le tamis et « tamisât » ou « passant », le matériau qui passe à travers les mailles d'un tamis. Les pourcentages obtenus des matériaux lors de l'essai de laboratoire, sont exprimés sur une courbe appelée la courbe granulométrique. En fonction des dimensions de grains on peut distinguer selon la norme AFNOR 18-540, les matériaux indiqués dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Définition des classes de dimensions selon la norme AFNOR 18-540

- les cailloux & pierres	$25 \text{ mm} < D$
- les gravillons grossiers	$20 \text{ mm} < D < 25 \text{ mm}$
Moyens	$12,5 \text{ mm} < D < 16 \text{ mm}$
Fins	$8 \text{ mm} < D < 10 \text{ mm}$
- les sables grossiers	$2,5 \text{ mm} < D < 5 \text{ mm}$
Moyens	$0,63 \text{ mm} < D < 1,25 \text{ mm}$
Fins	$80 \text{ }\mu\text{m} < D < 315 \text{ }\mu\text{m}$
- Les Fillers	$D < 80 \text{ }\mu\text{m}$



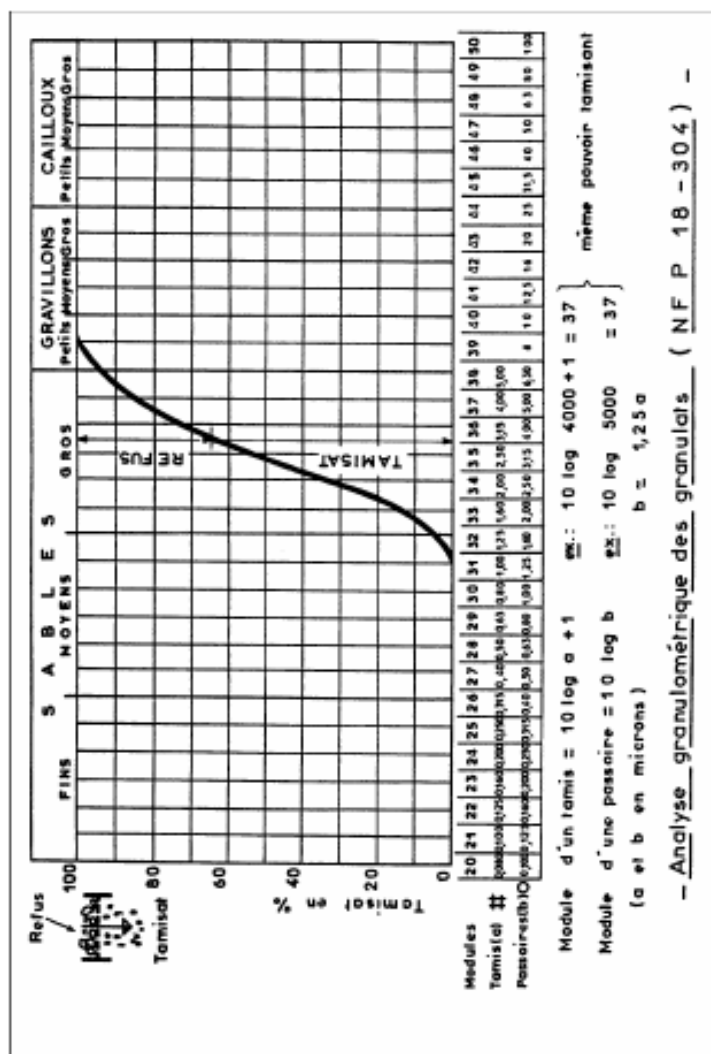
NB : En géotechnique la classification des sols et la représentation de la courbe granulométrique sont différentes.

Exemple : Tracer la courbe granulométrique d'un matériau de poids sec initial de 1450 g dont les proportions des grains sont données dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Proportions des grains d'un matériau sec

Tamis	Refus partiel	Refus cumulé	Refus %	Tamisât %
5	80	80	6	94
2,5	120	200	14	86
1,25	380	580	40	60
0,63	210	790	54	46
0,315	280	1070	74	26
0,16	290	1360	94	6
0,080	90	1450	100	0

Figure 18 : Un exemple de courbe granulométrique

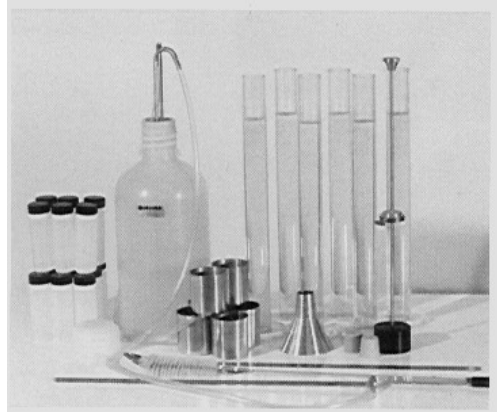


I.3.2 Equivalent de sable

L'équivalent de sable est la propriété de sable contenu dans un matériau. Il est estimé à partir de l'essai d'équivalent de sable (NFP 18-598).

On note $ES = 100 \times h_1/h_2$ où h_1 et h_2 sont respectivement la hauteur de dépôt de sable et la hauteur totale (y compris les flocculents en suspension).

Figure 19 : Essai d'équivalent de sable

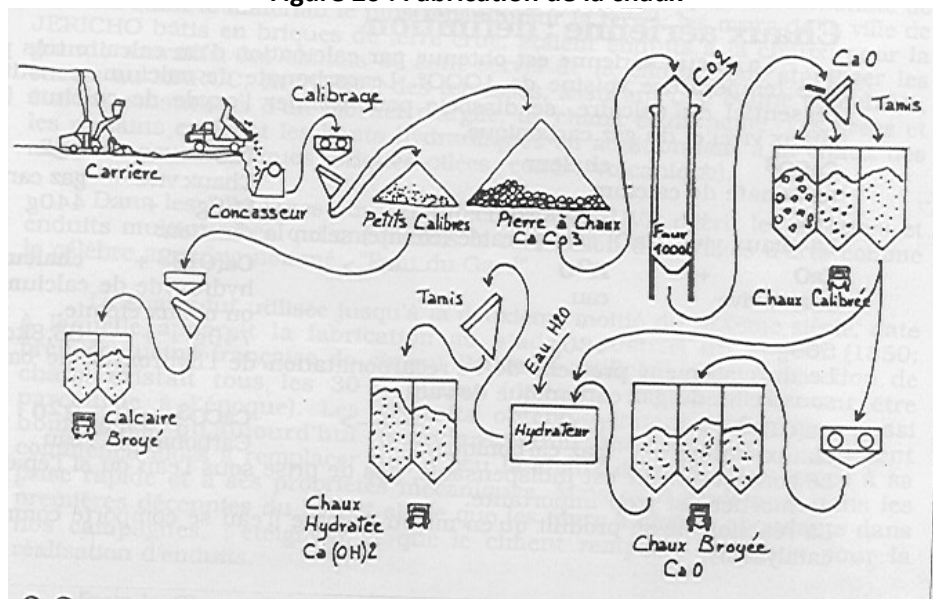


II- LIANTS HYDRAULIQUES

II.1 Chaux

La chaux est le produit de la cuisson du calcaire suivie d'une extinction à l'eau.

Figure 20 : Fabrication de la chaux



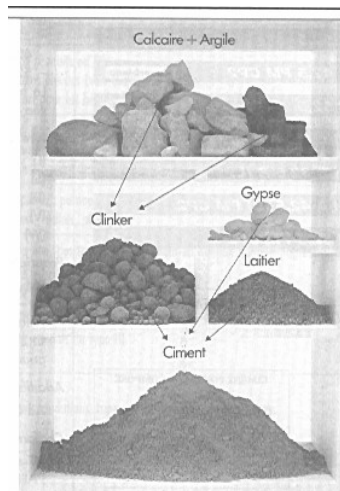
On distingue deux types de chaux : la chaux aérienne et la chaux hydraulique. La chaux aérienne ne durcit après gâchage qu'au contact de l'air, tandis que la chaux hydraulique durcit quand elle est en contact avec l'air pour la partie aérienne et en contact avec l'eau pour la partie immergée.

L'utilisation de la chaux a fortement diminué au profit du ciment dans la construction.

II.2 Ciment

La cuisson à 1450 °C d'un mélange de calcaire (environ 80%) et d'argile (20%) produit une roche artificielle appelée CLINKER. C'est le constituant de base du ciment. Le clinker est ensuite broyé avec 5% de gypse pour donner le Ciment Portland Artificiel (CPA).

Figure 21 : Principe de fabrication du ciment



On peut ajouter en plus du gypse, d'autres constituants dits secondaires notamment les cendres volantes, les produits laitiers, les pouzzolanes dans les proportions de 10 à 20%.

II.2.1 Classification du ciment

En Afrique francophone, on utilise très souvent la norme française. Il existe deux types de classification :

- l'ancienne classification : CPA 45 ; CPJ 35 etc.
- la nouvelle classification : CEMI 32.5 ; CEMII 42.5 etc.

La nouvelle classification est entrée en vigueur en 1996, mais l'ancienne classification continue d'être utilisée de nos jours.

II.2.2 Classe de résistance

La classe de résistance est la résistance moyenne en compression (moyenne de 6 valeurs) à 28 jours. Il existe quatre classes principales : 35, 45, 55 et HP (haute performance). On peut noter des sous-classes R (rapide et contrôlé) : Exemple 35R, 45 R, 55R, HPR.

Tableau 6 : Résistance à la compression pour des classes de ciment

Classe	Sous classe	Résistance à la compression en Mpa		
		à 2 jours	à 28 jours	
		Limite inférieure nominale	Limite inférieure nominale	Limite supérieure nominale
CPA 35	-	-	25,0	45,0
CPA 45	-	-	35,0	55,0
CPA 45 R	R	15,0	35,0	55,0
CPA 55	-	-	45,0	65,0
CPA 55 R	R	22,5	45,0	65,0
T.H.R. (Très Haute Résistance)	-	30,0	55,0	-

III- BETONS

III.1 Définition

Le béton est un mélange en proportion convenable de liant (ciment, chaux), d'agregats (graviers, sable) et d'eau.

Le mélange de liant, sable et d'eau dans des proportions convenables s'appelle le « mortier ».

III.2 Différents types de bétons

On distingue principalement pour les bétons et maçonneries les types de béton donnés dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7 : Types de bétons

Désignation	Dosage en graviers (5/25)	Dosage en sable (0/5)	Dosage en ciment par m ³ de béton
Béton de propreté	800 litres	400 litres	150 kg/classe 45
Gros béton de fondation	800 litres	400 litres	250 kg/ classe 45
Couche forme, agglomérés, parpaings, chapes	800 litres	400 litres	250 kg/ classe 45
Béton armé	800 litres	400 litres	350 kg/ classe 45

III.3 Fabrication des bétons

Le béton de faible quantité se fabrique manuellement. En revanche quand la quantité est importante on a recours à des bétonnières.

Exemple 1 : soit à fabriquer avec une bétonnière un béton dosé à 300 kg/m³. La capacité de la bétonnière est de 500 litres. Trouver le nombre de sacs de ciments de 50 kg ainsi que la quantité de graviers et de sable pour une gachée.

Réponse

Dans 1 m³ de béton, on recommande d'utiliser 800 litres de graviers et 400 litres de sable, soit un rapport de 0,5.

Ciment : $300 \times 0,5 = 150 \text{ kg} = 3 \text{ sacs de } 50 \text{ kg}$

Graviers : $800 \times 0,5 = 400 \text{ litres}$

Sable : $400 \times 0,5 = 200 \text{ litres}$

La capacité d'une brouette est de 50 litres, ce qui donne 4 brouettes de sable et 8 brouettes de graviers.

Exemple 2 : Sur un chantier on doit mettre en œuvre 800 m³ de béton dosé à 350 kg/m³. Quels sont les besoins en sable, en graviers si on estime les pertes au cours de la mise en œuvre à 2% pour le ciment et 10% pour les granulats ?

Réponse :

Pour 1 m³ de béton on recommande d'utiliser 800 litres de graviers et 400 litres de sable.

Alors pour 800 m³ de béton on aura :

Graviers : 800 x 800 litres= 640 000 litres ou 640 m³

Sable : 800 x400 litres= 320 000 litres ou 320 m³

Ciment : 800x 350kg= 280 000 kg ou 280 tonnes.

Pertes ;

Ciment : 2x280/100= 5,6 tonnes

Graviers : 640 x0,1= 64 litres

Sable : 320 x0,1= 32 litres

Besoins en sable et graviers

Ciment : 280 +5,6= 285,6 tonnes

Graviers : 640 + 64= 704 m³

Sable : 320 + 32 = 352 m³

III.4 Méthode de composition du béton : Méthode DREUX GORISSE

L'étude de la composition du béton consiste à obtenir le mélange optimal des différents granulats dont on dispose ainsi que le dosage en ciment et en eau afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées pour la construction de l'ouvrage. Les méthodes proposées sont nombreuses. On citera la méthode de :

- Bolomey ;
- Faury ;
- Valette ;
- Dreux-Gorisse.

III.4.1 Données de base

On retiendra ici la méthode de Dreux Gorisse. Cette méthode suppose que les données de base sont les suivantes:

- la résistance nominale à 28 jours du béton : $\sigma_{28} = \sigma_n + 15\% \sigma_n$;
- l'ouvrabilité mesurée au cône d'Abrams ;
- la dimension maximale des granulats : D ;
- la connaissance de la nature de l'ouvrage nécessaire : ouvrage massif ou élancé faiblement ferrailé et très ferrailé

Tableau 8 : Plasticité du béton

Plasticité	Serrage	Affaissement en cm
Béton très ferme	Vibration puissante	0 à 2
Béton ferme	Bonne vibration	3 à 5
Béton plastique	Vibration courante	6 à 9
Béton mou	Piquage	10 à 13
Béton liquide	Léger piquage	≥14

III.4.2 Dosage en eau

A partir de la formule ci-dessous, on peut déterminer le dosage en ciment et en eau.

$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c \cdot \left(\frac{C}{E} - 0,5 \right)$$

Où σ_{28} = résistance moyenne en compression du béton à 28 jours en bars ;

G= coefficient granulaire (déterminé à partir du tableau 9);

σ_c = classe vraie du ciment à 28 jours en bars;

C = dosage en ciment en kg/m^3 ;

E = dosage en eau sur matériaux secs en litres pour 1 m^3 de béton.

Tableau 9 : Qualité des granulats

Qualité des granulats	Dimension des granulats		
	Fins ($D < 16 \text{ mm}$)	Moyens ($16 < D < 40 \text{ mm}$)	Grossiers ($D > 40 \text{ mm}$)
Excellente	0,55	0,60	0,65
Bonne, courante	0,45	0,50	0,55
Passable	0,35	0,40	0,45

$$\frac{C}{E} = \frac{f_{cm}}{G \cdot \sigma_{c28}} + G$$

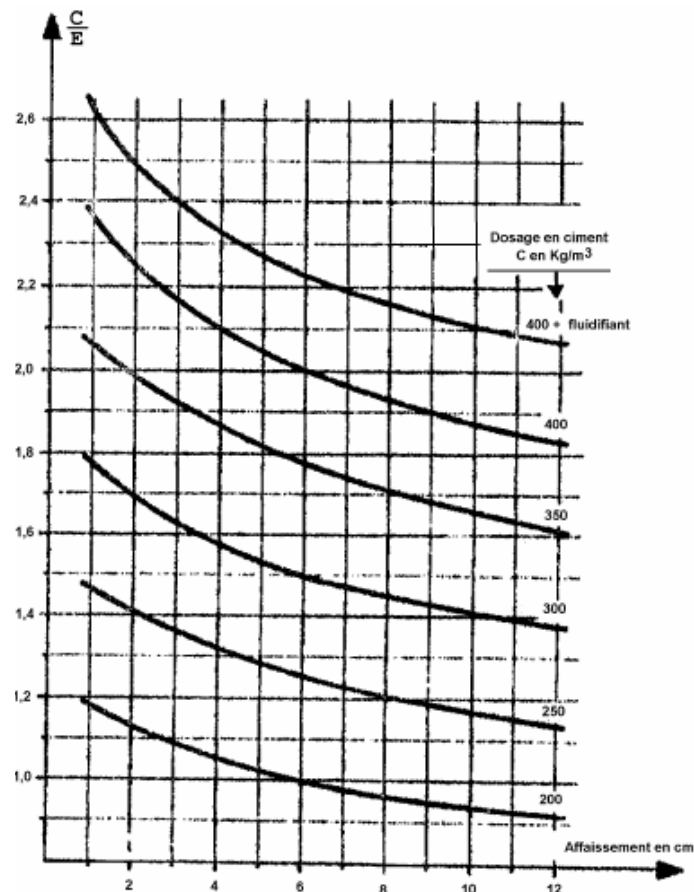
La formule de **Bolomey** s'écrit : $\frac{C}{E} = \frac{f_{cm}}{G \cdot \sigma_{c28}} + G$ où $f_{cm} = 1,15 f_{c28}$. Cette formule peut être utilisée pour la détermination du rapport C/E.

Tableau 9 bis : Correction sur le dosage en eau

Dimension maximale des Granulats D en mm	4	8	12,5	20	31,5	50	80
Correction sur le dosage En eau	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

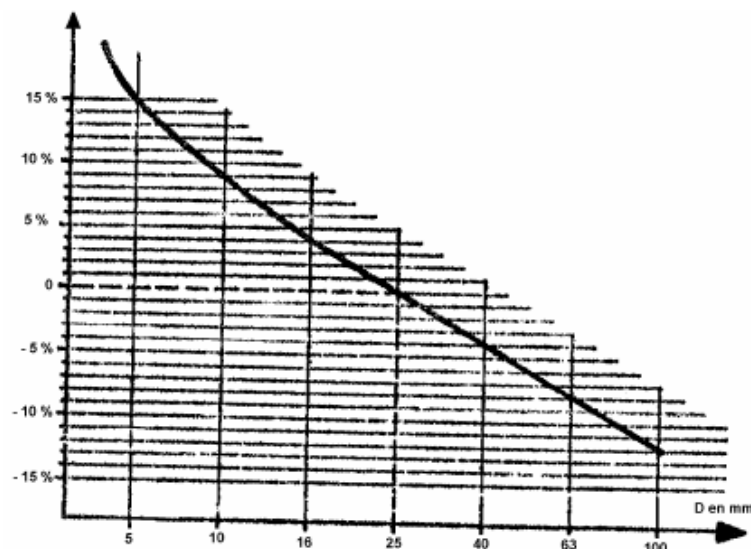
L'abaque ci-dessous permet d'évaluer approximativement C en fonction du rapport C/E du béton et de l'ouvrabilité désirée qui est souvent fonction des moyens de serrage du béton.

Figure 22 : Abaque de détermination du dosage en ciment



De cet abaque, ayant fait le choix du dosage en ciment, on déduit le dosage approximatif en eau qu'il conviendrait d'ajuster ultérieurement par des essais de plasticité et d'ouvrabilité. L'abaque ci-dessous permet de faire des corrections si la dimension maximale des granulats est différente de 25 mm.

Figure 23 : Variation de la correction à apporter au dosage en eau si la dimension maximale des granulats est différente de 25 mm



III.4.3 Tracé de la courbe granulaire de référence

Les graviers doivent être de bonne qualité minéralogique. Le sable a une influence sur le béton selon ses qualités :

- Sa propreté doit être vérifiée par l'équivalent de sable (ES) ;
- Son module de finesse M_f à calculer : Somme des refus cumulés (% ramené à l'unité) de tamis de module suivant : 23, 26, 29, 32, 35, 38 ;
- Sa courbe granulométrique.

Les valeurs préconisées pour l'équivalent de sable (ES) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Valeurs d'équivalent de sable (ES)

ES à vue	ES Piston	Nature et qualité du sable
$ES < 65$	$ES < 60$	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des béton de qualité
$65 \leq ES \leq 75$	$60 \leq ES \leq 70$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour bétons de qualité courante quand on ne

		craint pas particulièrement le retrait
$75 \leq ES \leq 85$	$70 \leq ES \leq 80$	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité (valeur optimale : ES piston : 75 ; ES à vue = 80)
$ES \geq 85$	$ES \geq 80$	Sable très propre : L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau

Le CPC du fascicule 65 du Ministère français de l'Équipement préconise les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Equivalence de sable ES selon le fascicule 65 du Ministère de l'Équipement (France)

Qualité du béton	ES à vue minimum
Béton courant	70
Béton courant de résistance peu élevée, béton de qualité	75
Béton de qualité à haute résistance, béton exceptionnel	80

III.4.4 Graphique d'analyse granulométrique

Après le tamisage des granulats, on trace la courbe granulométrique des différents granulats, on trace sur le même graphique des courbes des différents granulats. ensuite, on trace la courbe granulaire de référence OAB : O étant l'origine et B correspond à la dimension $D_{\max}$ (l'ordonnée à 100%).

Si $D_{\max}$ est inférieur ou égal à 20 mm, l'abscisse $X_A = D_{\max}/2$. Le point A est dit point de brisure de la courbe granulaire.

Si $D_{\max}$ est supérieur à 20 mm, l'ordonnée Y_A est donnée par la formule suivante :

$Y_A = 50 - \sqrt{D_{\max}} + K$ où K est un terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de la forme des granulats et l'efficacité du serrage.

Tableau 12 : Valeurs du terme correcteur K

Le coefficient de compacité γ est le rapport des volumes absolus des matières solides au volume total du béton frais.

$\gamma = (V_g + V_s + V_c)/1000$ (en litres) avec

V_g = volume de graviers

V_s = volume de sable

V_c = volume de ciment = $C/3,1$

Tableau 13 : Valeurs de γ en fonction de D, du serrage et de la consistance

Consistance	Serrage	γ coefficient de compacité						
		D = 5	D = 10	D = 12,5	D = 20	D = 31,5	D = 50	D = 80
Molle	Piquage	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Vibration faible	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Vibration normale	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastique	Piquage	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Vibration faible	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Vibration normale	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Vibration puissante	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Ferme	Vibration faible	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Vibration normale	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Vibration puissante	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

NOTA (simplifiée) :
 Ces valeurs sont convenables pour des granulats roulés, sinon il conviendra d'apporter les corrections suivantes :
 Sable roulé et gravier concassé = - 0.01
 Sable et gravier concassés = - 0.03
 Pour des granulats légers on pourra diminuer de 0.03 les valeurs de γ qui correspondent dans ce tableau à des granulats denses ordinaires.

III.4.5.2 Dosage en granulats

La courbe de référence étant tracée, on trace les lignes de partage des courbes granulaires en joignant le point à 95% de la courbe granulaire du premier granulat au point de 5% de la courbe granulaire du granulat suivant et ainsi de suite.

Le pourcentage en volume des granulats et le point de croisement avec la courbe de référence OAB.

Les volumes absolus de chacun des granulats seront donnés par les relations :

$$V_1 = (V_g + V_s)g_1$$

$$V_2 = (V_g + V_s)g_2$$

$$V_3 = (V_g + V_s)g_3$$

Etc.

$g_1, g_2, g_3, \dots$ Sont les pourcentages en volumes absolus de chacun des granulats.

Si w_1, w_2, w_3 sont les masses spécifiques de chacun des granulats et P la masse totale des granulats ;

Alors on peut écrire :

$$P_1 = w_1 V_1$$

$$P_2 = w_2 V_2$$

$$P_3 = w_3 V_3$$

On aura ainsi défini la formule de composition pour 1 m³ de béton (dosage en ciment, dosage en eau, dosage en granulats).

IV- ACIERS

IV.1 Histoire de l'acier

Le fer est l'un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. On le trouve un peu partout dans le monde souvent combiné à de nombreux autres éléments sous la forme de minerai. La fabrication du fer remonte à plusieurs années avant JC. En Europe par exemple la fabrication du fer remonte à 1700 ans avant JC. En Afrique le fer était utilisé dans les temps anciens pour la chasse et la cueillette.

On fabriqua vers la fin du moyen âge du fer enrichi au carbone qui donna l'acier. C'est un matériau dur et résistant.

Figure 25 : Le fer



Puis vint la fonte vers le XV^{ème} siècle avec l'apparition des hauts fourneaux. En 1786, trois savants français, Bertollet, Monge et Vendermonde, établirent la définition entre le fer, la fonte et l'acier, et le rôle du carbone dans l'élaboration et les caractéristiques de ces matériaux. Dans le fer la teneur en carbone est de moins de 0,1%, dans l'acier la teneur en carbone est 0,1% à 2%, dans la fonte, elle est de 2,5 à 6%. De nos jours on parle plus d'acier « à très bas » carbone.

IV.2 Caractéristiques mécaniques de l'acier

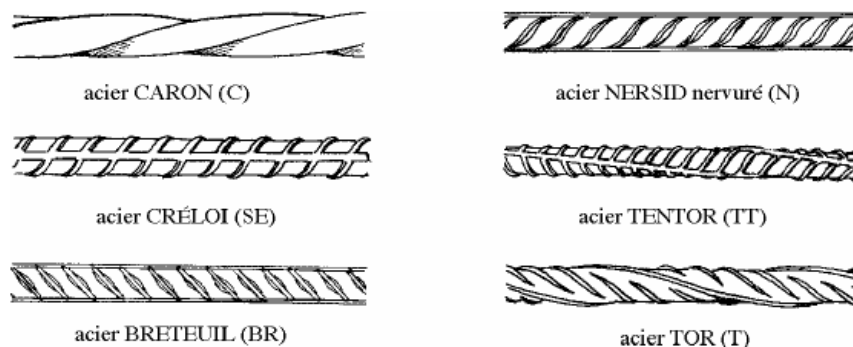
L'acier est un alliage métallique de fer et de carbone (ce dernier pour moins de 2%) présentant des caractéristiques très diverses selon le mode de fabrication et de traitement mécanique et thermique.

Pour les emplois dans le bâtiment, on définit l'acier par sa nuance. Par exemple dans le cas des aciers naturels doux, on note : nuances E 24, E26, E28 (NFA 35 501) et nuances E 365, 420, E440 (NF A 36 201) pour les aciers durs.

IV.3 Fer à béton ou armatures

On distingue les ronds lisses ou aciers doux laminés à chaud et les aciers à haute adhérence (HA).

Figure 26 : Types d'aciers



Les aciers pour béton sont généralement vendus au kilogramme.

IV.3.1 Classification

Les barres à haute adhérence sont classées en trois types :

- armatures à haute adhérence obtenues par laminage à chaud d'un acier naturellement dur ; TYPE 1 ;
- armatures à haute adhérence obtenues par laminage à chaud suivi d'un écrouissage sans réduction de section (par exemple par torsion ou traction): TYPE 2 ;
- armatures à haute adhérence obtenues par laminage suivi d'un écrouissage par tréfilage et /ou laminage à froid entraînant une forte réduction de section : TYPE 3.

IV.3.2 Diamètres normalisés

Les diamètres normalisés des aciers sont indiqués dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 14 : Diamètres normalisés des aciers

Φ (mm)	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40	50
Poids en kg/ml	0,222	0,394	0,616	0,887	1,208	1,578	2,466	3,853	6,313	9,764	15,413
1 barre	28,3	50,3	78,5	113	154	201	314	491	804	1254	1963
2 en mm ² barres	56,5	100,6	157	226	308	402	628	982	1608	2513	3927
3 barres	84,8	150,8	235	339	462	603	942	1473	2413	3770	5890
4 barres	113	201	314	452	616	804	1257	1963	3217	5027	7854
5 barres	141,4	251,3	392	565	770	1005	1571	2454	4021	6283	9817

IV.3.3 Différentes nuances des aciers à béton

Les aciers à béton présentent différentes nuances (4 principales) qui correspondent à leur qualité de limite élastique et de résistance (voir tableau 15 ci-dessous).

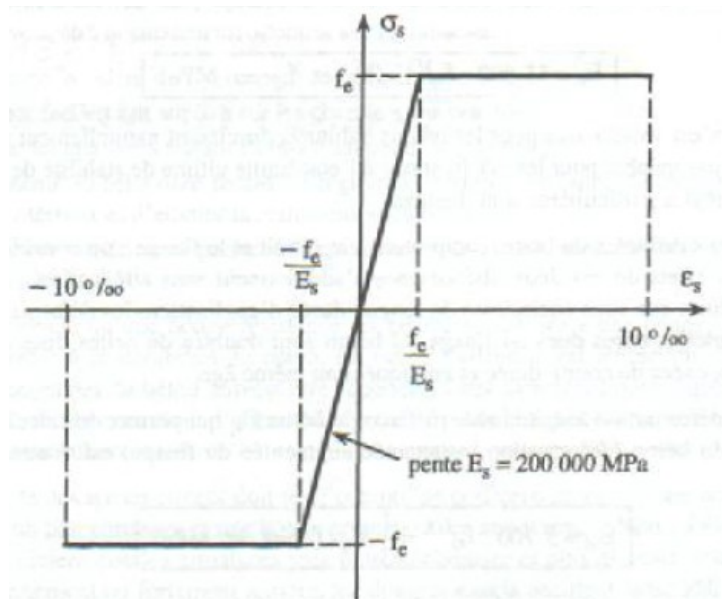
Tableau 15 : Nuances des aciers à béton

Désignation	Nuances	Limite d'élasticité f_e (MPa)	Contrainte de rupture f_g (MPa)	Allongement de rupture %
Aciers naturels	Fe E23	215	330 à 490	22
Ronds lisses	Fe E24	235	410 à 490	25
Aciers à haute adhérence	Fe E40	400	480	14
	Fe E50	500	550	12

IV.3.4 Diagramme contrainte-déformation

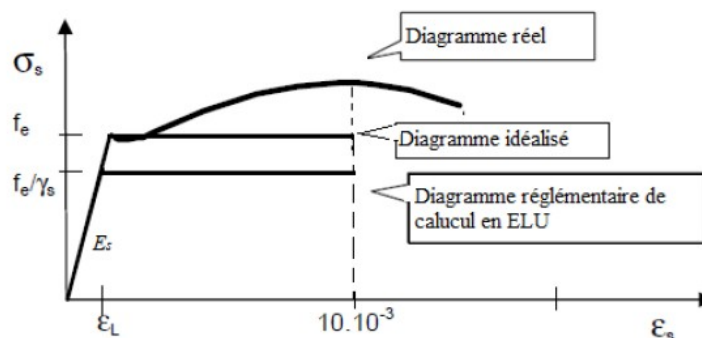
Le diagramme contrainte-déformation est conventionnellement défini selon la figure ci-dessous.

Figure 27 : Diagramme contrainte-déformation de l'acier



Il est aussi loisible d'utiliser une forme de courbe se rapprochant du diagramme réel (voir figure 28) à condition de se référer à la valeur garantie de la limite d'élasticité f_e et de contrôler la résistance prise en compte pour l'allongement limite 10%.

Figure 28 : Diagramme contrainte-déformation de l'acier écroui par traction et/ou torsion



IV.3.6 Module d'élasticité

Le module d'élasticité longitudinal de l'acier est : $E_s = 200\,000\text{ MPa}$.

V- BOIS

V.1 Définition

Le bois est un tissu fibreux composé de cellules allongées (de cellulose) imprégnées de lignine qui assure leur cohésion, et diverses substances dont les proportions donnent aux bois leurs spécificités.

V.2 Structure du bois

La coupe transversale du bois met en évidence des zones distinctes dont :

- **l'écorce** : c'est l'enveloppe protectrice imperméable de tissus cellulaires plus ou moins élastiques. La structure de l'écorce varie beaucoup selon les espèces et essences d'arbres.

- **l'aubier** : C'est la couche fibreuse plus ou moins épaisse du bois déjà ferme mais inachevée dont la zone interne se transforme chaque année en un cerne de bois parfait.
- **le duramen ou bois parfait ou cœur**. Il est composé de cernes concentriques de cellules soudées et compactes ;
- **la moelle au centre du cœur** : C'est une matière spongieuse qui disparaît avec l'âge laissant un canal tubulaire vide cerné de bois très dur.

Figure 29 : Coupe transversale d'un bois

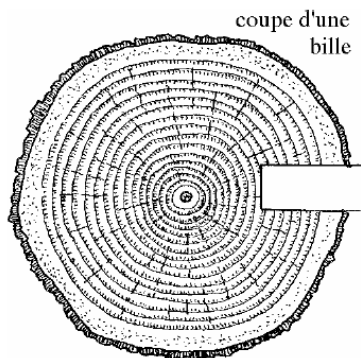
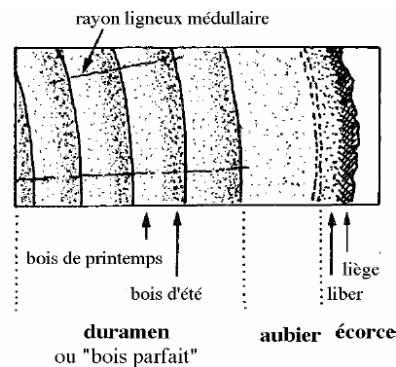


Figure 30 : Zones distinctes d'une coupe transversale



V.3 Propriétés physiques et caractéristiques mécaniques de quelques bois

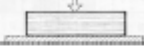
Les caractéristiques mécaniques des bois africains sont données dans le tableau 16 ci-dessous.

Tableau 16 : Caractéristiques mécaniques de quelques bois africains

Caractéristiques mécaniques retenues pour les différentes catégories de bois AFRICAINE (Applicables pour des calculs de <u>sollicitation du premier genre</u>)			
	Propriétés physiques		
	BOIS ROUGE	BOIS BLANC	PERCHES
Masse volumique à 12 % d'humidité (Kg/m ³)	750	400	750
Module de déformation longitudinale E _c (bar)	105 000	58 000	110 000
Module de cisaillement E _G (bar)	4 100	3 900	6 500
Coefficient de Poisson ν ou encore E ₁ (bar)	7 700	6 300	6 300
Coefficient de dilatation thermique (ml/°C)	5.10 ⁻⁶	5.10 ⁻⁶	5.10 ⁻⁶
Coefficient d'amortissement	0,1	0,1	0,1

Les contraintes admissibles enregistrées sur les bois rouges, bois blancs et les perches sont données dans le tableau 17.

Tableau 17 : Contraintes admissibles de quelques bois africains

		Contraintes admissible (bar)		
		BOIS ROUGE	BOIS BLANC	PERCHES
Compression axiale $\bar{\sigma}'$		100	48	120
Traction axiale $\bar{\sigma}$		60	40	90
Flexion statique $\bar{\sigma}_f$		100	90	250
Cisaillement longitudinal $\bar{\tau}$		11	7	19
Traction transversale sans cisaillement $\bar{\sigma}_t$		5	3	7
Compression transversale $\bar{\sigma}_t'$		30	20	20
		Essences recommandées		
		BOIS ROUGE	BOIS BLANC	PERCHES
		Doussié Iroko Sapelli Caillédrot Béré Katibé Vène	Samba	Eucalyptus Teck

Chapitre 4 : MURS ET CLOISONS

I- DEFINITIONS

Les murs et les cloisons se définissent comme étant des ouvrages verticaux ou obliques destinés à assurer la délimitation. Les épaisseurs des murs dépendent des fonctions qu'ils doivent assurer. Leurs situations permettent de définir s'ils sont porteurs ou non : on dira par exemple des murs porteurs, des murs de remplissage ou des murs de cloison.

II- FONCTIONS DES MURS

Un mur joue le rôle de :

- **protection** contre les intempéries, les agressions physiques, les vols ;
- **transmission** des charges verticales, horizontales et obliques ; les épaisseurs du mur sont fonction des sollicitations (résistance);
- **isolation** phonique, acoustique, thermique (isolation);
- **cloisonnement** et de compartimentation de l'intérieur (séparation);
- **esthétique** pour l'environnement;
- **étanchéité** à l'air etc.

III- TYPES DE MURS ET TERMINOLOGIE UTILISEE

Les murs se différencient par la nature des matériaux utilisés (pierres naturelles, briques en terre cuite, en terre battue, torchis ou banco ou pisé ou terre stabilisée, parpaings ou agglomérés de mortier de ciment ou béton, voile ou mur banché en béton armé, bardage bois ou métallique, vitrage, toile ou bâche ou voile de tissus etc).

III.1 Murs monolithiques

Ce sont des murs constitués d'un seul matériau destiné à remplir essentiellement les différentes fonctions du mur.

Les murs monolithiques peuvent être constitués de blocs de plus grande ampleur à base de terre cuite ou de différents types de béton.

Figure 31 : Murs monolithiques



III.2 Murs composites

Les murs composites sont des murs hétérogènes constitués de deux ou plusieurs matériaux juxtaposés et remplissant des fonctions différentes mais complémentaires. Ces murs sont souvent utilisés dans le cas de la mise en place d'un isolant thermique ou acoustique.

III.3 Terminologie

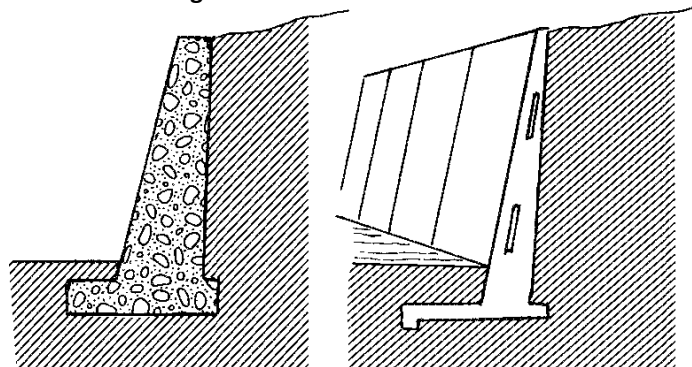
III.3.1 Murs enterrés

Les murs enterrés sont généralement réalisés en maçonneries pleines (blocs de béton, de terre cuite ou briques). Ces maçonneries seront dans certains cas armées horizontalement dans les joints ou verticalement à travers des blocs creux pour résister aux contraintes horizontales.

On distingue :

- **les murs de sous-sol** qui sont des murs enterrés porteurs. Leur épaisseur est fonction des charges à transmettre, mais aussi de sa résistance face aux poussées des terres. Ces murs doivent présenter des caractéristiques d'étanchéité car devant résister à la présence d'eau ainsi que des infiltrations.
- **les murs de cave** : Ce sont des murs semi-enterrés dont la partie supérieure émerge au-dessus du niveau du sol.
- **les murs de soutènement** : Ce sont des murs destinés à limiter l'emprise des massifs. Ils sont dimensionnés pour résister à la poussée latérale des terres ou des massifs.

Figure 32 : Murs de soutènement



III.3.2 Murs en élévation

On distingue :

- **les murs de sous-bassement** : Ce sont des murs pleins en briques ou en moellons destinés à contenir les remblais sous dallage. Ils sont exécutés en dessous des longrines ou des chaînages bas, et reposent soit sur un radier général ou soit sur une semelle filante ou soit sur un béton de propreté dans le cas des semelles isolées ;
- **les murs pignon** : Ils sont généralement situés aux extrémités du bâtiment. Ils épousent la forme de la toiture en lui imprimant la pente d'inclinaison ;
- **les murs de refend** : Ce sont des murs situés à l'intérieur et/ou à l'extérieur de l'ouvrage et destinés à réduire la portée des planchers. Ce sont des murs porteurs. Ils assurent le contreventement de l'ouvrage ;
- **les murs de façade** (ou gouttereaux) : Ce sont des murs porteurs ou de remplissage situés sur la façade et à l'accès du bâtiment ;
- **les murs mitoyens** : Ce sont des murs situés à cheval sur la ligne mitoyenne ou limite de propriété. Ces murs peuvent appartenir à deux ou plusieurs propriétaires ;
- **les murs d'échiffre** : Ce sont des murs porteurs destinés à supporter les marches de la cage d'escalier. Ils bordent la cage d'escalier ;
- **les murs de coupe-feu** : Ce sont des murs pleins qui compartimentent les immeubles en longueur en différentes zones afin de limiter les risques d'incendie. Ces murs sont aveugles et ne comportent aucune ouverture ;
- **les murs de remplissage** : Ce sont des murs en agglos creux hourdés au mortier de ciment ou en préfabriqués ou en blocs de béton. Leur rôle est de remplir les vides ou panneaux circonscrits entre les trames des structures d'élévation des ouvrages à plan libre.

IV- MURS EN MACONNERIE

IV.1 Définition

Un mur en maçonnerie est une structure verticale constituée par l'assemblage d'éléments de petites dimensions montés en lits horizontaux et à joints croisés, liés entre eux par joints de mortier, par collage ou par emboîtement. Les éléments de petites dimensions peuvent être :

- de la pierre comme par exemple moellons de granite, basalte, grès, calcaire ;
- des blocs de béton courant ou cellulaire ;
- des briques en terre cuite.

IV.2 Matériaux utilisés

Pour un bâtiment individuel, on peut utiliser :

- des briques creuses ou pleines en terre cuite ;
- des blocs creux ou pleins en béton de granulats courant ou légers ;
- des blocs de béton cellulaire assemblés au mortier ou à joint mince de colle ;
- des moellons d'usage courant ou en pierre de taille.

Pour un habitat collectif, si les parois porteuses sont en béton banché (c'est-à-dire du béton coulé sur place sur le chantier entre deux banches), les parois non porteuses comme les cloisons et les murs de remplissage peuvent être :

- des blocs creux ou pleins en béton ou en terre cuite ;
- des carreaux de plâtre à parements lisses ;
- des plaques de parement en plâtre à faces cartonnées.

IV.3 Différents types de blocs et de briques

IV.3.1 Blocs de béton

On utilise couramment trois types de blocs de béton :

- les blocs de béton en granulats courants ;
- les blocs de béton en granulats légers ; ils ont une masse volumique inférieure à 1700 kg/m³ ;
- les blocs de béton cellulaires autoclavés ; ils ont une masse volumique peu élevée (de l'ordre 500 kg/m³). Ils ne peuvent pas recevoir des charges importantes.

Figure 33 : Blocs de béton



Toutefois il existe :

- des blocs à bancher lorsque les murs sont soumis à des efforts importants Ces blocs servent de coffrage perdu au béton coulé en place en remplacement des banches .

Figure 34 : Bloc à bancher



- des blocs à isolation intégrée. Ces blocs comportent du polystyrène à l'extérieur ou à l'intérieur. Ils assurent une isolation thermique par l'extérieur ou par l'intérieur ou simultanément (voir figure 35 ci-dessous).

Figure 35 : Blocs à isolation intégrée



IV.3.2 Briques

Les briques sont employées dans les ouvrages de maçonnerie courantes tels que les murs, les cloisons et les doublages. Il existe des briques creuses et des briques pleines ou perforées.

IV.4 Résistance -stabilité des murs en maçonnerie

IV.4.1 Principe

Les murs en maçonnerie ne doivent subir que des efforts de compression. L'épaisseur des blocs à utiliser et leur classe de résistance dépendent :

- du type de maçonnerie et de ses dimensions ;
- des sollicitations mécaniques.

IV.4.2 Classe de résistance des blocs

Les classes de résistance nominale des blocs destinés à être enduits et de celles des blocs destinés à être apparents sont indiqués dans le tableau 18 ci-dessous.

Tableau 18 : Classes de résistance des blocs

Catégories de blocs	Types de granulats	Identification	Types de blocs	Classes de résistance					
Résistances nominales garanties en MPa				4	6	8	12	16	20
A enduire	courant	B	creux	B40	B60	B80			
			perforés			B80	120	B160	
			pleins			B80	120	B160	B200
Apparents	courant	P	creux		P60	P80	P120		
			Perforés				120	B160	
			pleins				120	B160	B200

Catégories de blocs	Types de granulats	Identification	Types de blocs	Classes de résistance					
Résistances nominales garanties en MPa				2,5	3,5	4	4,5	5,5	7
A enduire	Léger	L	creux	L25		L40			
			perforés		L35		L45		L70
			pleins		L35		L45		L70
Apparents	Léger	LP	creux			L40			
			Perforés				L45		L70
			pleins				L45		L70

IV.4.3 Classes de résistance des briques

Les classes de résistance garanties des briques caractérisées par leur résistance R moyenne et minimale, sont indiquées dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 20 : Classes de résistance des briques

⊕ Briques creuses				
Briques à résistance garanties				
Résistance à l'écrasement R (en MPa)	Désignation			
	C ou RJ 40	C ou RJ 60	C ou RJ 80	
Moyenne	4	6	6	
Minimale	3,2	4,8	6,4	

Briques pleines ou perforées et blocs perforés en terre cuite				
Résistance à l'écrasement R rapportée à la surface brute (MPa)				
Catégorie	Brique (largeur ≤ 14 cm)		Brique (largeur ≥ 14 cm)	
	moyenne	minimale	moyenne	minimale
ordinaire	12,5	10	10	8
BP 150	-	-	15	12
BP 200	20	16	20	16
BP 300	30	24	30	24
BP 400	40	32	40	32

IV.4.4 Contrainte normale de compression

La contrainte normale réelle de compression à mi- hauteur du mur pour une charge uniformément répartie est égale à ; $\sigma_u = N_u / S$ où S = épaisseur du mur x longueur du mur et N_u = effort normal ultime appliqué. Cette contrainte doit être inférieure ou égale à la contrainte admissible σ_{adm} .

IV.4.5 Stabilité

La stabilité mécanique dépend de :

- l'élanement $\lambda = H / e$ avec H = hauteur libre entre planchers ; e = épaisseur brute du mur. $\lambda < 20$ pour les murs porteurs ; $\lambda < 30$ pour les murs de remplissage et les cloisons ;
- la nature du cas de charge appliqué au mur (centré pour les murs de refend, ou excentré pour les murs de façade sous plancher ou des poutres avec appuis ne couvrant pas toute l'épaisseur du mur).

On écrit $\sigma_{adm} = C = R / N$ où R = résistance nominale à l'écrasement du matériau élémentaire qui constitué le mur, et N = coefficient global de réduction variant suivant le type de maçonnerie sous chargement.

IV.5 Dispositions constructives

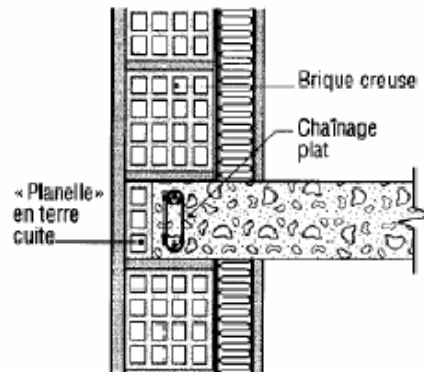
IV.5.1 Appui sur les murs

Il est convenable, pour éviter que les murs travaillent en traction, que les poutres, dalles, linteaux prennent suffisamment appui sur le mur. La longueur d'appui d'un plancher sur un mur est au minimum de 2/3 de l'épaisseur brute du mur. La longueur d'appui d'un linteau isolé sur un mur est au minimum de 20 cm.

IV.5.2 Chaînage

Un chaînage horizontal en béton armé doit ceinturer la construction à chaque étage pour les planchers en béton armé ou pour couronner les murs.

Figure 36 : Chaînage horizontal



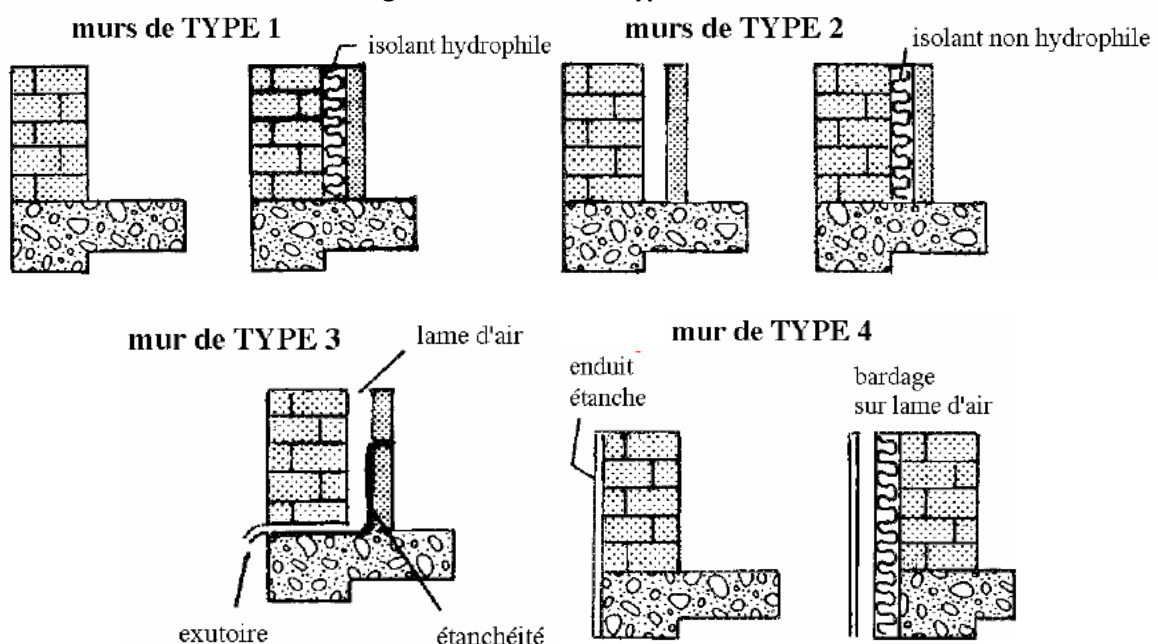
IV.6 Typologie des maçonneries

On suppose que les murs concernés ont une épaisseur minimale de 20 cm à 30 cm selon que les blocs employés sont constitués de béton de granulats ou de terre cuite.

On distingue :

- les murs de type I. Ces murs ne contiennent ni revêtement étanche sur leur parement, ni coupure de capillarité dans leur épaisseur ;
- les murs de type II : Ces murs ne contiennent pas de revêtement étanche mais possèdent dans leur épaisseur une coupure de capillarité ;
- les murs de type III : Ces murs ne contiennent pas de revêtement étanche mais possède doublage séparé de la maçonnerie par une lame d'air à la base sont des dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux d'infiltration éventuelles ;
- les murs de type IV : L'étanchéité de ces murs est assurée par un revêtement (bardage, revêtement à base de liant plastique...) situé en avant de la paroi de maçonnerie.

Figure 37 : Différents types de murs



V- VOILES EN BETON ARME

V.1 Définition

Un voile ou mur de contreventement est défini comme un élément vertical à deux dimensions (l'épaisseur étant faible par rapport aux deux autres dimensions) dont la raideur hors plan est négligeable.

V.2 Classification des types de voiles

On distingue :

- les voiles pleins ou voiles sans raidisseurs ;
- les voiles avec raidisseurs ;
- les voiles avec une seule file d'ouverture ;
- les voiles avec plusieurs files d'ouvertures.

V.3 Rôles des voiles de contreventement

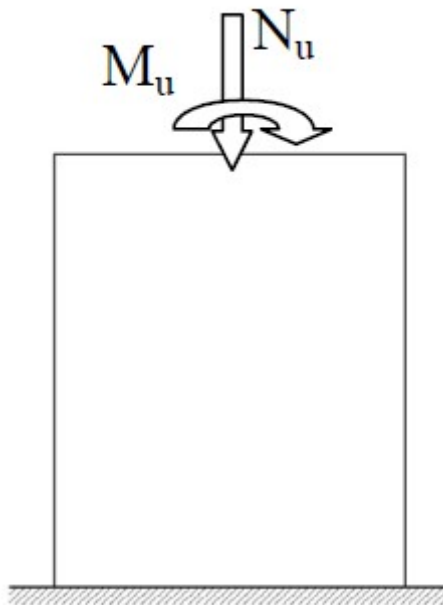
L'utilisation des voiles en béton armé dans les constructions est justifiée par leur efficacité face aux forces horizontales agissantes. Dans les cas de séisme, les voiles assurent également la résistance aux forces horizontales en reprenant la plus grande partie de l'effort sismique.

Les voiles jouent aussi d'autres rôles notamment :

- l'augmentation de la rigidité de la structure ;
- la diminution des risques d'instabilité ;
- l'augmentation de la sécurité de l'ouvrage.

V.4 Caractéristiques mécaniques

Figure 38 : Murs soumis à des efforts de compression et à un moment



Les principaux paramètres qui influencent le comportement des voiles en béton armé sont l'élancement (rapport de la hauteur H sur la largeur du voile L), la contrainte moyenne et les armatures (pourcentage et dispositions). On distingue les voiles élancés (H/L supérieur à 2) et les voiles courts (H/L inférieur à 2).

V.4.1 Longueur de flambement

Cas des voiles non raidis latéralement

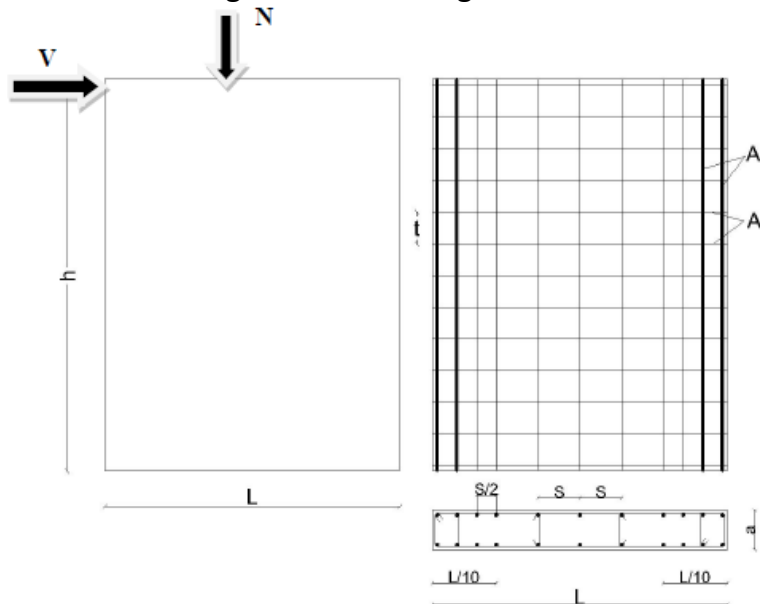
La longueur de flambement L_f exprimée en fonction de la hauteur libre du voile entre les nus des planchers successifs s'écrit :

- a- $L_f = 0,8 L$ si le voile est encastré en tête et en pied avec un plancher de part et d'autre ;
- b- $L_f = 0,85 L$ si le voile est encastré d'un seul côté ;
- c- $L_f = L$ si le voile est articulé en tête et en pied.

V.4.2 Dispositions des armatures dans un voile

Si l'on suppose un voile de section rectangulaire ou en I (voir figure 39 ci-dessus) soumis à une charge verticale N et une charge horizontale V en tête, l'effort tranchant le long du voile sera constant. On le note V . Le moment fléchissant est maximal dans la section d'encastrement. Le ferrailage classique est composé d'armatures verticales en pourcentage ρ_v et d'armatures horizontales en pourcentage ρ_h . Les armatures verticales extrêmes sont soumises à d'importantes forces de traction/compression créant un couple capable d'équilibrer le moment appliqué. A la base du voile, sur une hauteur critique, des cadres sont disposés autour de ces armatures afin d'organiser la ductilité de ces zones. Enfin les armatures horizontales et verticales de l'âme ont le rôle d'assurer la résistance à l'effort tranchant.

Figure 39 : Ferrailage de voile



VI- CLOISONS ET DOUBLAGE

VI.1 Définitions

Une cloison est une paroi verticale non porteuse, ne soutenant pas les ouvrages au-dessus d'elle à la différence des murs de façade ou des murs de refend.

On distingue :

- **les cloisons de distribution** qui servent à compartimenter l'espace intérieur d'une construction ;

- **les cloisons de doublage ou contre-cloisons** qui sont des cloisons intérieures bâties devant un mur. Un intervalle de 10 cm environ laissé entre le mur et la cloison, permet d'insérer un isolant thermique (polystyrène, laine de verre etc.) ;
- **les cloisons séparatives** : Elles sont placées entre des pièces occupées par des usagers différents ;
- **les cloisonnettes** : Ce sont des cloisons légères qui ne touchent pas le plafond. Elles ont une hauteur comprise entre 1 et 2 m.
- **les cloisons pleines ou hourdées** : Elles sont constituées d'éléments assemblés entre eux au mortier de ciment ou mortier colle ou au plâtre.
- **les cloisons sèches** ; Elles sont constituées d'éléments assemblés mécaniquement. Sa mise en œuvre ne nécessite pas de liant hormis le liant utilisés pour le traitement des joints entre panneaux.
- **le panneau sandwich** : C'est un panneau préfabriqué composé d'une couche isolante recouverte des deux côtés par une plaque de plâtre.

Figure 40 : Différents types de cloisons

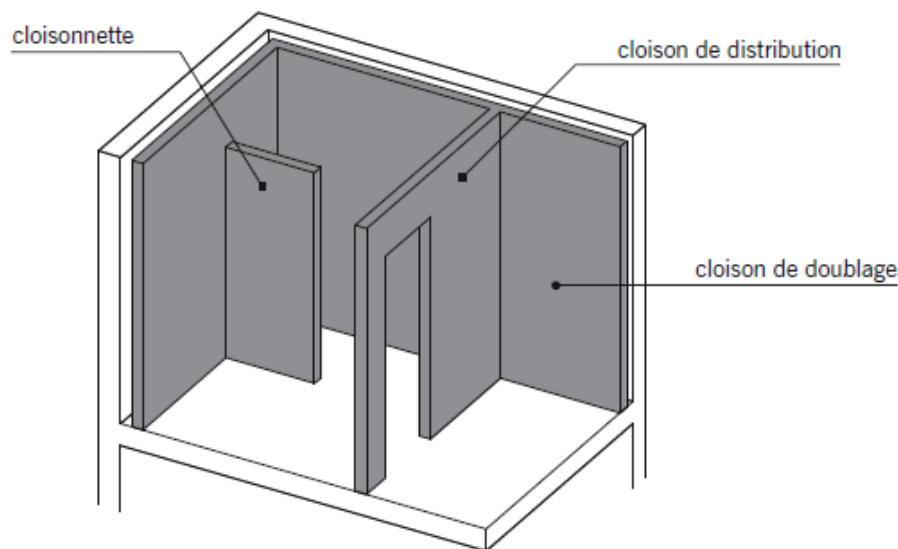


Figure 41 : Panneau plâtre

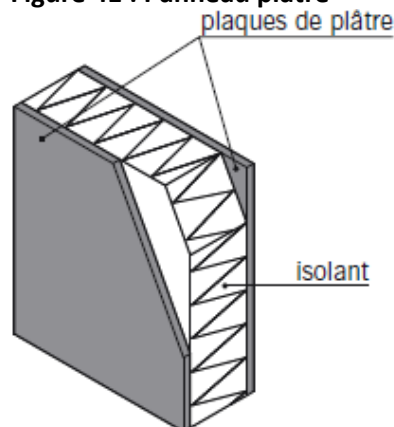
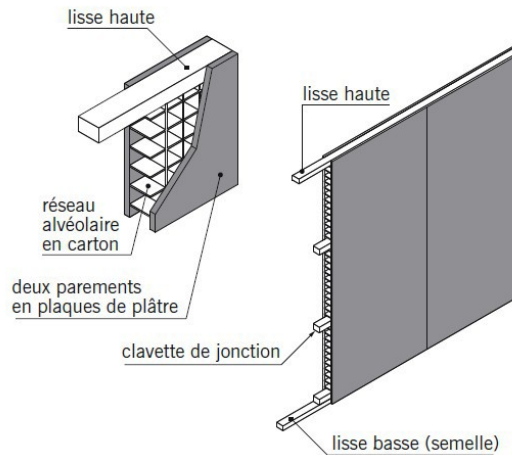


Figure 42 : Parements de plâtre



V.2 Analyse fonctionnelle

Les cloisons doivent répondre aux fonctions suivantes :

- isolation acoustique ;
- isolation thermique ;
- comportement au feu ;
- résistance à l'humidité ;
- résistance mécanique (possibilité de fixer ou de suspendre des équipements ; liaison avec le gros-œuvre etc.) ;
- possibilité d'intégrer des réseaux (électricité, courant faible.....).

Le choix d'une cloison doit être fait suivant les performances attendues pour ces différents points.

V.3 Contexte réglementaire

Les ouvrages de cloisonnement doivent être exécutés selon les spécifications des normes et règlements vigueur, en particulier conformément aux normes et règlements indiqués dans le tableau 21 ci-dessous.

Tableau 21 : Normes et règlements

Documents DTU		
Numéros	Année	Nature des ouvrages
DTU 20.13	Octobre 2008	Cloisons en maçonnerie de petits éléments
DTU 25.1	Novembre 2010	Enduits intérieurs en plâtres
DTU 25.31	Avril 1994	Cloisons en carreaux de plâtre
DTU 25. 41	Décembre 2012	Ouvrages en plaques de plâtre
DTU 25.42	Décembre 2012	Ouvrages de doublage et habillage en complexe et sandwich de parement en plâtre isolant
NORMES FRANCAISES		
NFP 72 301		Carreaux de plâtre
NFP 72 302		Plaques de parement en plâtre

NFP 73 301	Staff et stuc
NFP 72 300 – 301-302-303-5-491 et 402	

Chapitre 5 : OUVRAGES ELEMENTAIRES-GENERALITES

I- DEFINITIONS

On appelle ouvrage élémentaire la petite partie indissociable d'un ouvrage. Cette partie résulte de la décomposition de l'ouvrage principal en petites parties. Chaque partie (ouvrage élémentaire) peut être réalisée indépendamment des autres parties. L'ouvrage élémentaire a des caractéristiques techniques et dimensionnelles qui le rendent unique.

Exemples d'ouvrages élémentaires :

- le décapage de la terre végétale,
- les fouilles en pleine masse ;
- le béton de propreté ;
- les semelles isolées ;
- les semelles filantes ;
- les radiers, les armatures pour semelles.

II- DECOMPOSITION DE L'OUVRAGE PRINCIPAL EN OUVRAGES ELEMENTAIRES

La décomposition de l'ouvrage principal en ouvrages élémentaires se fait lors de la phase étude par le métreur ou le Maître d'œuvre. Elle se fait à partir des plans d'architecture et des plans d'exécution du projet. Les ouvrages élémentaires sont classés dans l'ordre chronologique de leur exécution. Les ouvrages élémentaires sont par la suite regroupés en lots. Chaque ouvrage élémentaire porte un numéro qui permet de le repérer dans son lot.

La décomposition se fait dans le but de la préparation du dossier de consultation des entreprises dans le cas des marchés (publics ou privés).

III- IMPORTANCE DE LA LISTE DES OUVRAGES ELEMENTAIRES

La liste des ouvrages élémentaires va servir à accomplir les tâches suivantes :

- les calculs de métrés ;
- les estimations du coût de l'ouvrage élémentaire ;
- l'estimation du coût de chaque lot ;
- l'estimation du coût du projet ;
- la consultation cohérente des entreprises ;
- la définition des tâches précises à réaliser par chaque entreprise ;
- l'exécution des travaux conformément aux attentes du Maître d'Ouvrage.

IV- INFORMATIONS LIEES A CHAQUE OUVRAGE ELEMENTAIRE

A chaque ouvrage élémentaire correspond :

- une description spécifique (matériau nécessaire à sa réalisation, procédé de mise en œuvre, matériel et technologie de réalisation, main-d'œuvre nécessaire pour sa réalisation) ;
- une quantité : c'est la quantité du travail pour réaliser l'ouvrage élémentaire. Cette quantité provient des calculs du métreur ;
- une unité : cette unité correspond à la nature du travail à réaliser. Exemples m² pour le crépissage ; m³ pour la quantité de terre décapée, ml pour la quantité des tuyaux etc.
- un prix unitaire : C'est le prix que coûte la réalisation d'une unité d'ouvrage élémentaire ;
- un prix d'ouvrage élémentaire

Ces informations permettent de faire un sous-détail de prix pour chaque ouvrage élémentaire. Elles vont figurer sur le descriptif des travaux, le Cahier des Clauses Techniques et Particulières (CCTP), le devis quantitatif et estimatif (DQE).

V- CLASSEMENT CHRONOLOGIQUE DES TÂCHES

Un exemple de classement chronologique d'ouvrages élémentaires.

Tableau 22 : Classement des ouvrages élémentaires

N°	Désignation des ouvrages	Unités	Quantité	Prix unitaire	Montant
01	Lot Terrassement				
01 ;01	Terrassement en grande masse	M ³	300. 000	800	240 000.00
01.02	Fouilles en tranchés	M ³	330 .000	500	165 000.00
01.03	Fouilles en rigole	M ³	14. 000	300	4200.00
01.04	Transport des terres excédentaires à la décharge publique	M ³	772 ;800	200	154 560.00

VI- APERCU SUR LE METRE

VI.1 Définition

Le métré consiste à analyser qualitativement et quantitativement l'ensemble des travaux nécessaires à la réalisation des projets afin de pouvoir en déterminer le prix. Le métré s'appuie sur une connaissance approfondie des matériaux, de leurs mises en œuvre, ainsi que de la manière dont les travaux sont conduits.

VI.2 Métreur ou Technicien économiste de la construction

Le métreur est un technicien du bâtiment (ou TP) spécialisé en matière d'économie de la construction. C'est un analyste, un statisticien principalement en matière de prescription de travaux et de coût de la construction.

VI.3 Recherche des quantités d'ouvrages élémentaires

VI.3.1 Avant-Métré et Métré

Il convient de différencier les appellations :

- Avant-métré qui concerne les travaux quantifiés sur plans ;

- Métré pour les travaux quantifiés à partir des relevés d'ouvrages existants.

L'Avant-métré et le métré ont pour objet le calcul détaillé des diverses quantités d'ouvrages élémentaires.

Le métreur doit connaître précisément le travail à réaliser. Il dispose pour cela d'outils tels que le CCTP ou le Descriptif des ouvrages.

VI.3.2 Devis quantitatif (DQ) et DPGF

Le DQ concerne les marchés privés et le cadre de la DPGF (décomposition du Prix Global et Forfaitaire) pour les marchés publics.

Tableau 23 : un exemple de DQ

N°	Désignation des prestations vendues des O.E	U (Unité)	Q (Quantité)
01.02.30	Réalisation des cloisons en briques plâtrières alvéolées de 7 cm y compris l'enduit en plâtre de 10 mm sur chaque face	m ²	875,00
02.21.10	Maçonnerie des murs en parpaings creux de 20x20x50 y compris un enduit ciment de 15 mm coté extérieur	m ²	1170,00
03.14.08	Enduit plâtre sur murs en parpaing coté intérieur	m ²	980,00
04.11.05	Tube cuivre écroui 18x1 y compris pose et raccords sur les différents appareils	ml	73,00

VI.4 CCTP

Le CCTP est un document contractuel ou cahier des charges (qui a valeur de contrat) entre le client et les différents intervenants. Il énonce les caractéristiques techniques de l'ouvrage à réaliser à l'aide des plans, schémas et descriptifs techniques.

Pour une construction, le chantier est décomposé en lots attribués à chaque professionnel intervenant.

Le CCTP contient entre autres éléments, des généralités, les normes et règlements, la qualité et la nature des matériaux, les prescriptions techniques, la description des ouvrages, etc.

VI.5 Devis descriptif

Le devis descriptif est un document qui donne la description des ouvrages par écrit. Il existe toujours mais est indissociable aux plans et dessins. Dans cette association, en cas de contradiction, les indications écrites du devis descriptif ont priorité sur les indications par le jeu de plans. L'ensemble de ces documents est appelé cahier des clauses techniques particulières (CCTP) des marchés publics ou privés.

Chapitre 6 : TERRASSEMENTS

I- DEFINITIONS

Les terrassements se rapportent à la modification de relief. Ils sont nécessaires dans la construction. Ils permettent de préparer les différentes plateformes ainsi que les excavations destinées à recevoir les ouvrages en infrastructure. Cette modification peut s'effectuer avec des apports de terre ou de l'enlèvement de terre. Ainsi on parle de **remblayage** ou de **déblayage**.

Les remblais se définissent comme des apports de terres et les déblais comme des enlèvements de terre.

II- CLASSEMENT DES TERRASSEMENTS

On parlera ici particulièrement des fouilles. Comme fouille, on distingue :

- le décapage ;
- la fouille en pleine masse ;
- la fouille en rigole ou en tranchée, ou en canalisation;
- la fouille en puits ;
- la fouille en galerie ou tunnel.

II.1 Décapage des terres

On appelle décapage, un terrassement de faible profondeur (10 à 30 cm) exécuté sur l'emprise du bâtiment à construire, sur celle des voies de circulation interne ainsi que sur celle des baraques de chantier. Le décapage consiste à enlever de la terre végétale qui peut contenir des substances agressives pour les éléments de structure. Ces terres sont obligatoirement évacuées à la décharge publique.

II.2 Fouille en pleine masse

On appelle fouille en pleine masse ou excavation, une fouille exécutée sur une surface importante et à une profondeur aussi importante (on effectue une extraction de masse de terre importante). La fouille en pleine masse est exécutée lorsqu'on a à réaliser un radier ou un sous-sol d'un bâtiment. Les terres enlevées sont stockées puis utilisées en cas de besoin. Les terres non utilisées sont évacuées à la décharge publique.

Figure 43: Fouille en pleine masse pour radier bâtiment

Figure 44: Fouille pour fondation de



II.3 Fouille en rigole ou fouille en tranchée

C'est une fouille exécutée sur une petite surface pour une longueur importante. C'est une fouille exécutée pour la réalisation des semelles filantes, des murs de soutènement, la pose des canalisations pour les fluides et l'énergie (eau potable, eaux usées, câbles électriques, téléphone, informatique etc. .). La largeur des fouilles dépend de la profondeur. On admet 40 cm pour 1 m de profondeur ; 75 cm pour 2 m de profondeur.

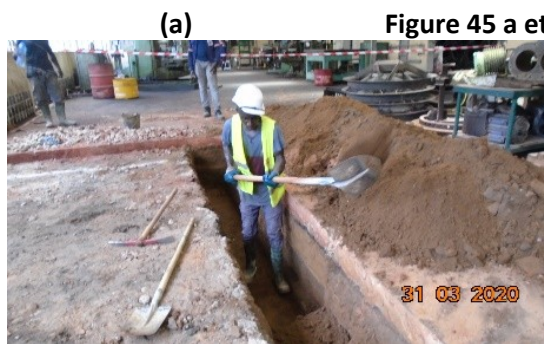


Figure 45 a et b : Fouilles en rigoles



II.4 Fouille en puits

C'est une fouille destinée à recevoir des semelles isolées, des fosses d'ascenseur etc.

Figure 46 : Puits pour fondation



II.5 Fouille en galerie ou tunnel

Elle est exécutée sous terre pour relier deux ou plusieurs points. Pour ce type de fouille, l'étaiyage des parois est obligatoire ainsi que celui des plafonds.

III- CLASSIFICATION ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

III.1 Classification

On distingue :

- **les terrains ordinaires** constitués de terre végétale, de sable ou de gravois (pierre concassée). Ces terres sont faciles à prendre à la pelle ;
- **les terrains semi-compacts** : Ce sont des terrains argileux, caillouteux ou pierreux. Ils sont difficiles à prendre à la pelle mais facilement attaquables à la pioche ;
- **les terrains durs** : ils sont composés à sec d'argile ou de marne. Ils sont difficilement attaquables à la pioche mais facilement attaquables au marteau pneumatique ;
- **les terrains compacts** : ils sont essentiellement constitués de calcaires ou d'anciennes maçonneries en fondation. Ces terrains sont difficilement attaquables au marteau pneumatique ; on emploie souvent des explosifs.

III.2 Foisonnement

Le foisonnement des terres est une augmentation du volume due à l'ameublissement provoqué lors de l'exécution des fouilles. L'importance du foisonnement dépend de la nature du terrain rencontré. On tient souvent compte du foisonnement lors de l'exécution des remblais et des déblais. Le taux du foisonnement varie entre 15 et 30%. Pour éviter le foisonnement il faut effectuer des damages ou compactages énergiques par passes successives de 20 cm.

III.3 Talus naturel

Lorsqu'on effectue un terrassement, il est convenable que les talus soient inclinés. L'inclinaison naturelle du terrain est appelée l'angle de talus naturel du terrain. Il varie avec la nature du terrain rencontré. Le tableau ci-dessous indique les valeurs de l'angle de talus naturel.

Tableau 24: Valeurs de l'angle de talus

Nature du terrain	Coeff. Foisonnement	Angle de talus naturel	Poids t/m ³
Sable fin sec	1,1	10 à 20°	1,4
Sable fin humide	1,2	15 à 20°	1,6
Terre végétale humide	1,2	30 à 45°	1,6 à 1,7
Cailloux	1,5	40 à 50°	1,5 à 1,7
Argile sèche	1,5	30 à 50°	1,6
Argile humide	1,3	0 à 20 °	1,2 à 1,8
Roche	1,5 à 1,8	50 à 90°	2 à 2,5

Compte tenu des valeurs indiquées dans le tableau 24 ci-dessus, on admet :

- pour le déblai une pente de 1/1 c'est-à-dire un angle de 45° ;
- pour le remblai une pente de 2/3 c'est-à-dire un angle de 33°.

D'une manière générale, on admet une pente de 2/1 pour les terrains tendres et 3/1 pour les terrains très compacts.

IV- REALISATION DES TERRASSEMENTS

Les terrassements peuvent être réalisés à la main ou avec des engins :

- **à la main** : les fouilles sont exécutées à la pelle, à la pioche pour un petit terrassement.
- **à l'aide des engins de terrassement**

Figure 47 : Pioche

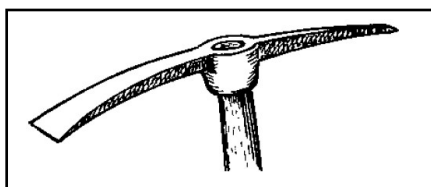


Figure 48 : Compacteur



Figure 49 : Une niveleuse et un compacteur



Figure 50 : Pelleteuse chargeuse



- **le terrassement dans les roches** : on utilise des outils comme le pic, le coin éclateur ou des outils pneumatiques.
- **le transport des terres** : les principaux véhicules utilisés sont la brouette, le Dumper ou moto basculante, le camion à benne ou le tombereau.
- **les remblayages** : les remblayages consistent à remplir les fouilles après la pose des canalisations ou des éléments de fondation. On utilisera pour cette opération de la terre de bonne qualité ou du sable d'apport. On exécute le remblayage par superposition de couches de 20 à 30 cm d'épaisseur.

Chapitre 7 : STRUCTURE PORTEUSE OU OSSATURE D'UN BÂTIMENT

I- FONDATIONS

I.1 Définition-Fonctions

Les fondations d'un ouvrage sont les éléments de la structure assurant la transmission des efforts de cette structure sur le sol.

La descente de charge permet de connaître les actions de la structure sur les fondations. La mécanique des sols permet de son côté de connaître l'action du sol sur les fondations.

Vis-à-vis du sol la fondation assumera sa fonction tant que :

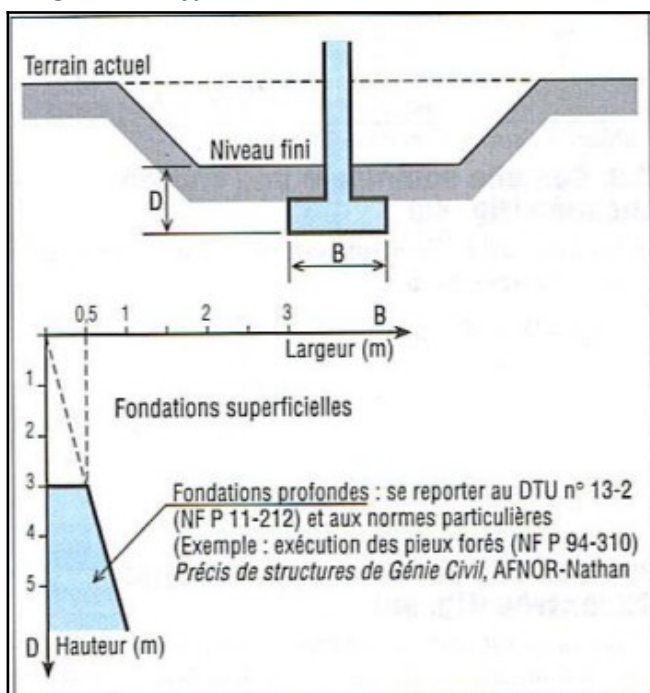
- son équilibre statique est assuré (pas de glissement, de basculement ou d'enfoncement de la fondation) ;
- le tassement n'entraîne pas de désordre dans la structure.

Ainsi les rôles d'une fondation sont de transmettre tout en répartissant, le poids de l'ouvrage sur le bon sol porteur. Pour dimensionner une fondation, il faut nécessairement connaître d'une part, le poids de l'ouvrage (poids propre, poids mort, surcharges) et d'autre part, la force portante ou capacité portante du sol.

Poids de l'ouvrage/Surface d'appui au sol $\leq$ Capacité portante du sol

On classe les fondations en deux ou trois catégories :

Figure 51 : Types de fondations



- **les fondations superficielles** : si $D \leq 3$ m et $B \geq D/6$;
- **les fondations profondes** : $D > 3$ m et $B < D/6$

Si l'une des conditions n'est pas respectée, on aura **des fondations semi-profondes** (ex. puits)

I.2 Choix du type de fondation

Le choix dépend de plusieurs paramètres :

- l'étude du sol ;
- l'environnement ;
- le type d'ouvrage et son utilisation

I.3 Fondations superficielles

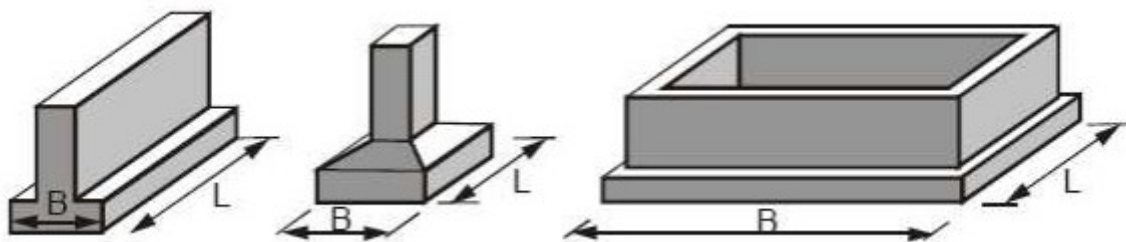
I.3.1 Terminologie

On distingue :

- les fondations localisées, constituées de **semelles isolées** placées sous les poteaux ;
- les fondations continues, constituées de **semelles filantes** situées sous les murs ;
- les **radiers** qui couvrent la totalité du bâtiment.

Si la contrainte du terrain est très faible pour un sol homogène et si les charges sont trop importantes, les semelles isolées tendent à se rencontrer. Dans ce cas il est préférable et plus pratique d'utiliser un radier général à l'image d'une dalle pleine à l'envers ou d'une dalle pleine en béton armé. L'épaisseur minimale d'un radier est de 20 cm.

Figure 52: Semelle filante Figure 53 : Semelle isolée Figure 54: Radier



I.3.2 Mise en œuvre

Figure 55 : Mise en place des armatures d'une semelle filante



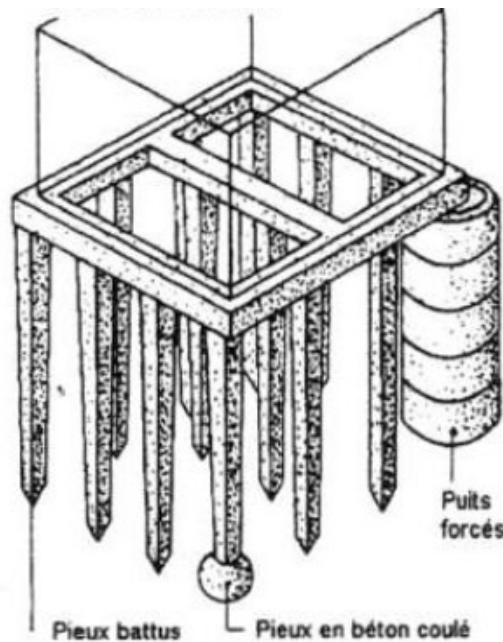
Figure 56 : ferrailage d'un radier



I.4 Fondations semi-profondes

Il s'agit de réaliser sur le chantier des éléments massifs en gros béton dosés à 200 kg/m^3 de ciment ou en béton armé. Les puits sont ensuite reliés par des longrines (poutres) ou voiles en béton armé qui permettent la reprise des charges des murs porteurs. La fouille ici peut se faire à la pelle mécanique.

Figure 57 : Fondations semi-profondes

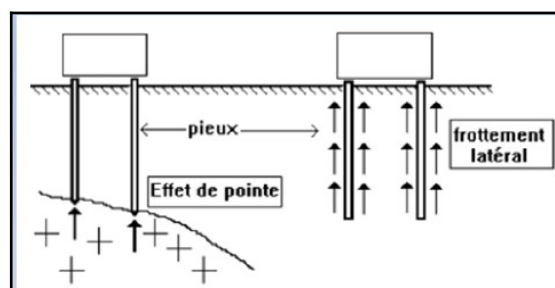


I.5 Fondations profondes

Ce mode de fondation est choisi lorsque le terrain d'assise est difficilement accessible par les fouilles traditionnelles à ciel ouvert, les excavations, tranchées ou puits. Ce qui exclut les systèmes étudiés plus haut.

Les fondations profondes peuvent descendre jusqu'à la couche désirée ; elles travaillent par effet de pointe, dans le cas contraire c'est le frottement latéral qui est recherché. Les têtes des pieux sont reliées par des longrines en béton armé sur lesquelles vont reposer les poteaux et les murs.

Figure 58 : Fondations profondes

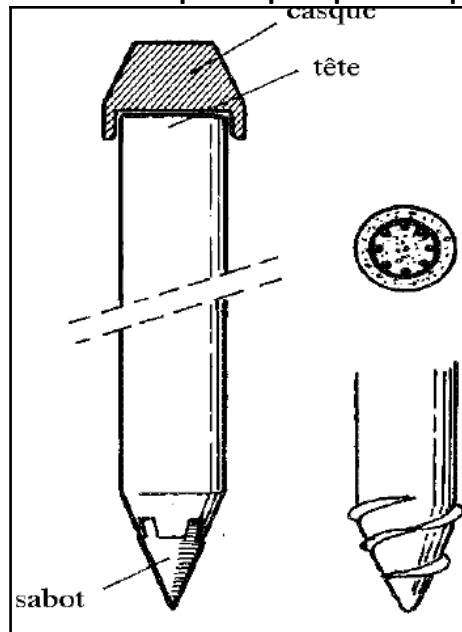


I.5.1 Pieux préfabriqués battus

Le principe est le battage d'un élément préfabriqué (béton ou acier) ou tube bouchonné jusqu'à une cote prédéterminée ou au refus. Les avantages de cette solution sont :

- la simplicité et la rapidité de la méthode ;
- le refoulement de sol (pas de déblai)

Figure 59 : Un exemple de pieu préfabriqué battu



I.5.2 Pieux coulés en place ou moulés dans le sol

L'exécution de ces ouvrages consiste à couler le béton dans un trou préalablement réalisé.

Il existe plusieurs méthodes :

- trou creusé à la tarière ;
- pieux tubés avec tube récupéré ou non. Le pieu battu moulé dans le sol sur place est un pieu cylindrique en béton réalisé par le battage d'un tube creux en acier, récupérable et fermé dans le bas par une plaque de base perdue.

I.6 Techniques d'amélioration des sols

Lorsqu'on est en présence d'un très mauvais terrain, et que les couches saines sont pratiquement à des profondeurs inaccessibles, il est préférable d'envisager d'autres solutions notamment les solutions d'amélioration des sols. Il existe plusieurs techniques d'amélioration des sols. On peut citer :

- **les remblais spéciaux** : pour améliorer la portance d'un sol, on peut réaliser des fouilles en pleine masse destinées à recevoir des remblais ;
- **les compactages ou damages** : on utilise des engins de compactage, des vibro compacteurs, une masse tombante etc.
- **les injections par inclusions souples ou solides** ;
- **les pieux** .

II- PORTEURS VERTICAUX

II.1 Fonction principale

Les porteurs verticaux transmettent les charges permanentes et les charges d'exploitation de l'ouvrage aux fondations.

Les charges permanentes sont composées de : poids propre de tous les éléments fixes constituant le bâtiment.

Les charges d'exploitation sont constituées de : personnel, mobilier, équipements mobiles ;

Les charges climatiques regroupent les actions de la neige, de la pluie etc.

II.2 Conception générale

II.2.1 Structures porteuses à appuis isolés

Les poteaux assurent la fonction portante. Ils peuvent être associés à un remplissage qui assure la fonction d'enveloppe.

II.2.2 Murs porteurs

La fonction portante est assurée par le mur et la fonction enveloppe par le mur lui-même.

II.3 Poteaux en béton

II.3.1 Introduction

Suivant leur longueur et l'intensité des efforts à transmettre, les poteaux peuvent être en béton ou en béton précontraint. On utilise très souvent des sections carrées ou rectangulaires. Mais la section des poteaux peut aussi être en T, circulaire ou hexagonale.

N.B Le béton précontraint : des barres d'aciers sont insérées dans le béton et mises en tension avant et après son séchage. Le béton subit ainsi une pression donc une précontrainte, qui augmente sa qualité de compression ou sa résistance à la compression. Lors de la mise en service de l'ouvrage réalisé, il va s'opposer aux contraintes de traction des autres charges comme la charge d'exploitation et la charge climatique.

Les poteaux peuvent comporter des corbeaux destinés à recevoir des poutres à niveaux décalés, des planchers etc.

Figure 60 Poteau avec des corbeaux



II.3.2 Dispositions constructives

Les poteaux sont des éléments élancés. Ils peuvent subir un flambement sous l'action des charges verticales.

Il est donc nécessaire de renforcer le béton par des armatures.

II.3.3 Mise en œuvre des poteaux

La mise en œuvre des poteaux suit les étapes suivantes :

- implantation ;
- coffrage ;
- ferrailage (armatures) ;
- coulage ;
- décoffrage.

II.4 Murs porteurs continus

II.4.1 Introduction

Les murs porteurs contribuent à la stabilité et à la résistance mécanique de l'ouvrage.

Ils assurent aussi une fonction enveloppe c'est -à- dire la séparation entre un milieu intérieur corrigé et un milieu extérieur hostile (intempéries): Ils assurent également une fonction :

- d'isolation thermique ;
- d'isolation acoustique ;
- de protection contre les intempéries ;
- de protection mécanique contre les chocs accidentels.

II.4.2 Murs banchés

Les murs banchés sont la façon la plus courante de réaliser un voile directement sur l'ouvrage et de façon industrielle. Les faces du voile sont coffrées par des banches. Le béton est coulé dans le coffrage.

Figure 61 : Coffrage des voiles (banches)



- Mise en œuvre

La mise en œuvre des murs banchés peut se dérouler de la manière suivante :

- implantation / traçage ;
- mise en place de la première face coffrante ;
- ferrailage (armatures) ;
- mise en place de la deuxième face coffrante ;

- coulage ;
- décoffrage.

II.4.3 Murs en maçonneries

Pour une construction individuelle ou un immeuble collectif, les murs porteurs sont le plus souvent réalisés en maçonnerie traditionnelle de petits éléments assemblés (blocs de béton, blocs de terre cuite) sur le chantier, à joints de mortier.

Les avantages d'un tel système de construction sont :

- facilité de la mise en œuvre ;
- sa grande résistance mécanique

III- PORTEURS HORIZONTAUX

III.1 Planchers

III.1.1 Fonction des planchers

Un plancher assure :

- la fonction de portance : il doit pouvoir assurer la transmission aux porteurs verticaux de charges permanentes et des charges d'exploitation.

Le plancher assure aussi une fonction de franchissement entre les porteurs verticaux, une fonction architecturale et des fonctions techniques (mise en œuvre facile, liaisons avec les porteurs verticaux, passage des gaines (eau, chauffage, électricité...)).

Un plancher séparant deux niveaux doit remplir les conditions suivantes :

- isolation thermique et acoustique (bruits d'impacts);
- isolation phonique (bruits aériens...) ;
- étanchéité par le revêtement du sol ;
- passage des circulations verticales ;
- contreventement éventuel du bâtiment ;
- sécurité incendie.

Suivant la destination de la construction, chacune des conditions et fonctions peut s'avérer prépondérante.

III.1.2 Famille des planchers

Il existe trois grandes familles de planchers :

- a) les planchers bas (dallages, dalles portées) ;
- b) les planchers courants ;
- c) les planchers « terrasse ».

III.1.3 Différents types de planchers courants

III.1.3.1 Planchers Dalle pleine

- **Définition** : Une dalle pleine est une plaque horizontale porteuse en béton armé qui repose sur des appuis constitués par les poutres ou les murs. Son épaisseur est déterminée en fonction de sa portée, des conditions d'appuis et de sécurité incendie.
- **Principe mécanique de construction**

Les charges appliquées sur les planchers ont tendance à provoquer une déformation de la dalle appelée flèche.

Les efforts subis par la dalle provoquent une compression sur les fibres supérieures et une traction sur les fibres inférieures.
Les aciers sont donc placés dans les zones tendues du plancher.

Figure 62 : Principe mécanique de construction



- **Epaisseur des dalles pleines en béton armé**

L'épaisseur à donner résulte des conditions suivantes :

- de résistance à la flexion

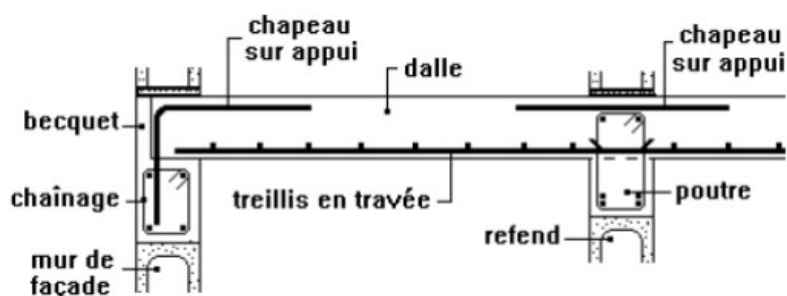
1/30 à 1/35 de la portée pour une dalle reposant sur deux appuis ;

1/40 à 1/50 pour une dalle reposant sur trois ou quatre côtés ;

- d'isolation acoustique : ≥ 16 cm ;
- de rigidité ou limitation de la flèche : $\leq 1/500$;
- de sécurité vis-à-vis de l'incendie : On adopte une épaisseur de 7 cm pour un coupe-feu de 1 heure et 11 cm pour un coupe-feu de 2 heures.

- **Dispositions constructives**

Figure 63 : Ferrailage d'un plancher dalle-pleine



- **Avantages et inconvénients**

AVANTAGES	INCONVENIENTS
- Pas de contrainte liée à la préfabrication, - Dalle de taille et de forme quelconque, - ne nécessite pas forcément un gros matériel de levage, - bonne isolation aux bruits aériens, - bonne résistance au feu.	- nécessite l'immobilisation de nombreux coffrages, - mise en œuvre longue, - mauvaise résistance aux bruits d'impacts.

III.1.3.2 Planchers « Prédalle »

- **Définition** : Une prédalle est une plaque horizontale préfabriquée porteuse en béton armé ou en béton précontraint destinée à former la partie inférieure d'un plancher. Cette partie est fabriquée en usine ou sur le chantier. La prédalle fait entièrement partie du plancher. Elle renferme toute ou partie des armatures de la zone courante.
- **Rôle de la prédalle** : La prédalle joue un rôle de :
 - Coffrage apparent et définitif. La sous face de la prédalle est lisse, prête à recevoir de la peinture après un traitement des pores et des joints ;
 - Porteur : Elle participe à la résistance de la structure. Les armatures de la dalle y sont en général incorporées.

III.1.3.3 Planchers à corps creux

- **Définition** : les planchers à corps creux sont composés de trois éléments principaux : a) les corps creux ou entrevous ; b) les poutrelles en béton armé ou en béton précontraint ; c) une dalle de compression armée ou hourdis coulée sur les entrevous qui reprend les efforts de compression.
- **Principe** : Le plancher à corps creux est donc un assemblage de poutrelles, d'entrevous, et d'une table de compression. Il est parfois complété par une isolation incorporée ou non.

Le plancher est entouré par un chaînage horizontal.

- **Dispositions constructives** : suivant la situation du plancher, le système doit permettre l'isolation thermique, le matériau (béton) utilisé pour les entrevous doit répondre à cette contrainte (polystyrène, bois, PVC etc.).

Figure 64a : Plancher à corps creux

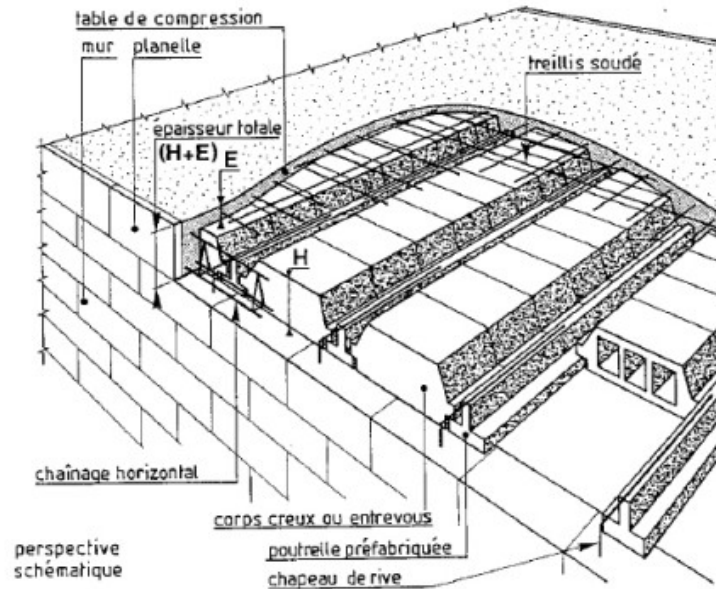
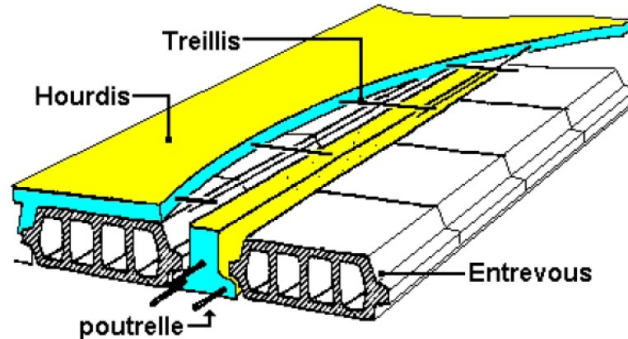


Figure 64 b : Ferrailage d'un plancher à corps creux



- **Épaisseur du plancher**

Pour une dalle rectangulaire de largeur a et de longueur b , l'épaisseur du plancher (entrevous + dalle de compression) est de $b/22,5$ ou encore $\ell_{\max}/22,5$ où $\ell_{\max}$ est la plus grande portée libre dans le sens considéré.

Les épaisseurs indicatives sont indiquées dans le tableau -ci-dessous.

Tableau 25: Épaisseurs indicatives du plancher en fonction de la portée

hauteur en cm	portée pour un plancher isolé	portée pour un plancher continu
12 + 4	4,30	4,70
16 + 4	5,40	5,80
18 + 4	6,00	6,40
20 + 4	6,50	7,00
25 + 4	7,70	8,50

- **Avantages et inconvénients**

AVANTAGES	INCONVENIENTS
C'est le type de plancher le plus employé par les petites entreprises, car: - Mise en œuvre facile, pas de coffrage, - Ne nécessite pas de gros engin de levage, - Isolation thermique améliorée, - Le plancher est relativement léger, - Idéal pour la confection des vides sanitaires.	- Grande épaisseur de plancher, - Sous face à enduire, - Portée limitée à 6 ou 7 mètres, - Pas de souplesse de forme et de taille. - « Mauvaise » isolation acoustique, - Nécessite beaucoup de manutentions - Mise en œuvre relativement longue.

III.1.4 Planchers métalliques

Un système de plancher métallique permet de franchir les grandes portées avec des charges considérables. Son exécution est rapide et précise. Par contre il est coûteux et les aciers doivent être protégés de la rouille soit par la peinture, soit en les enrobant dans du béton.

III.1.4.1 Planchers en tôles ondulées ou pliées

Figure 65 : Plancher en tôle ondulée

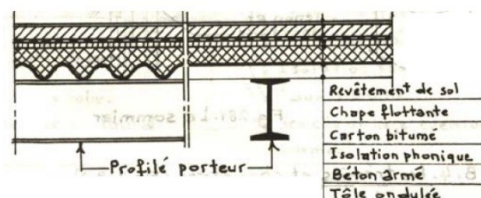
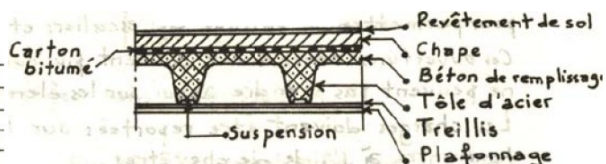


Figure 66 : Plancher en tôle pliée

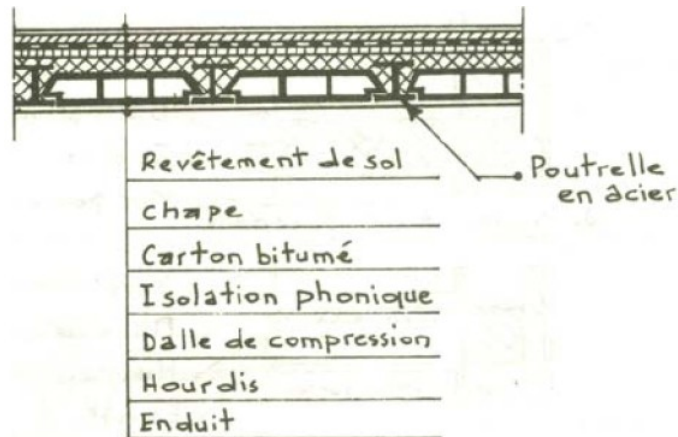


Ces planchers sont développés pour des constructions industrielles et les constructions de bureaux.

III.1.4.2 Plancher à corps creux et poutrelles en acier

Ces planchers sont appropriés pour les constructions d'habitation et de commerce. Les hourdis peuvent prendre différentes et être fabriqués en différents matériaux.

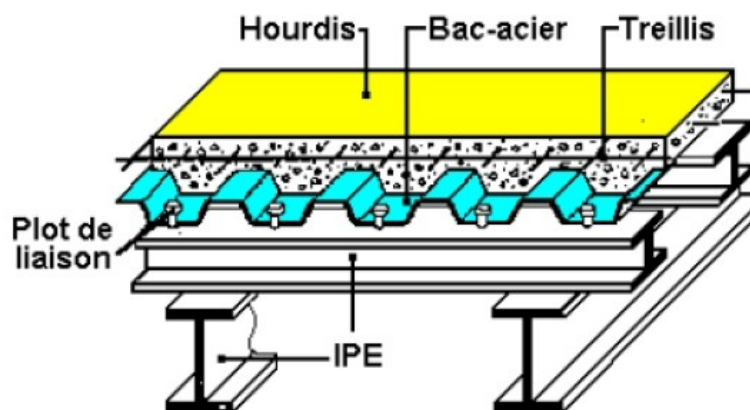
Figure 67 : Plancher à corps creux et à poutrelles métalliques



III.1.4.3 Planchers « collaborant »

Ces planchers sont utilisés en construction métallique. Une tôle bac en acier est placée dans la zone tendue du plancher et collabore avec le béton par l'intermédiaire des connecteurs (plots) pour reprendre les efforts de traction.

Figure 68 : Plancher collaborant



III.2 Dallages

III.2.1 Définition

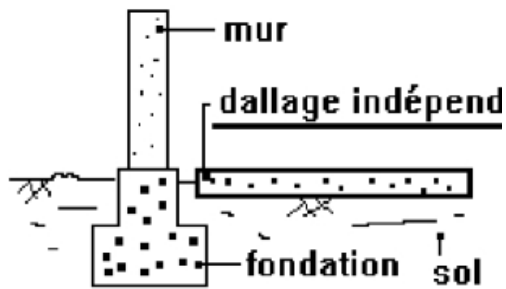
Un dallage est un ouvrage de grandes dimensions en béton ou béton armé qui repose uniformément sur le sol, et qui transmet directement les charges qui lui sont appliquées. On distingue trois types de dallage :

- le dallage indépendant des murs ;
- le dallage avec appui sur les murs ;
- les planchers sur vide sanitaire

III.2.2 Dallage indépendant des murs

La dalle en béton armé prend appui sur le terre-plein et sur quelques supports judicieusement espacés, reposant sur la fondation.

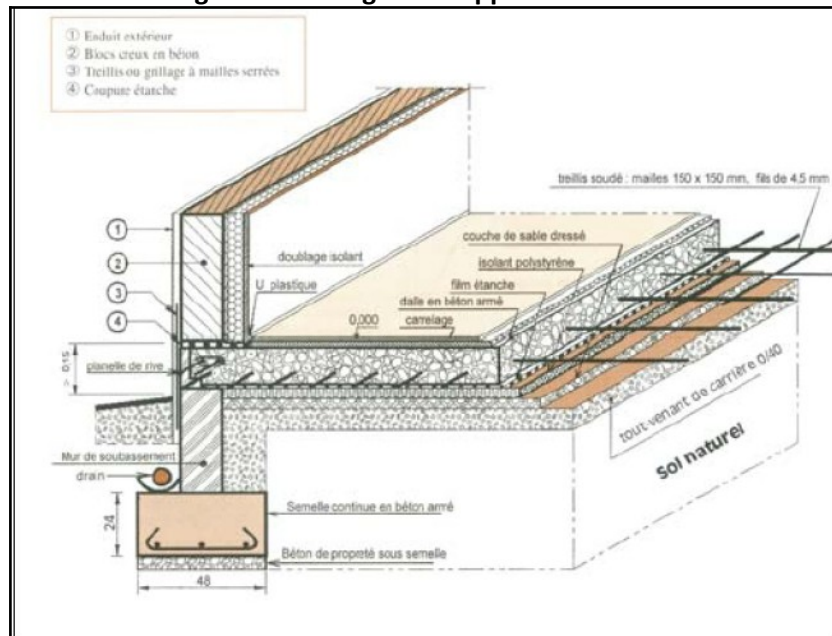
Figure 69 : Dallage indépendant des murs



III.2.3 Dallage avec appui sur les murs

La dalle porteuse en béton armé prend appui sur le terre-plein et sur les murs de soubassement de rive et de refend éventuellement. Cette disposition réduit les risques de désordres par tassement.

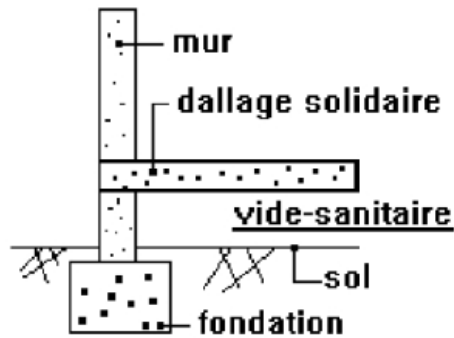
Figure 70: Dallage avec appui sur les murs



III.2.3 Plancher sur vide- sanitaire

Le plancher solidaire n'est pas en contact avec le sol. Un vide au moins de 60 cm permet de faire passer des canalisations, d'isoler le plancher de l'humidité. Ces planchers sont souvent réalisés avec des planchers à corps creux en polystyrène.

Figure 71 : Plancher sur vide-sanitaire



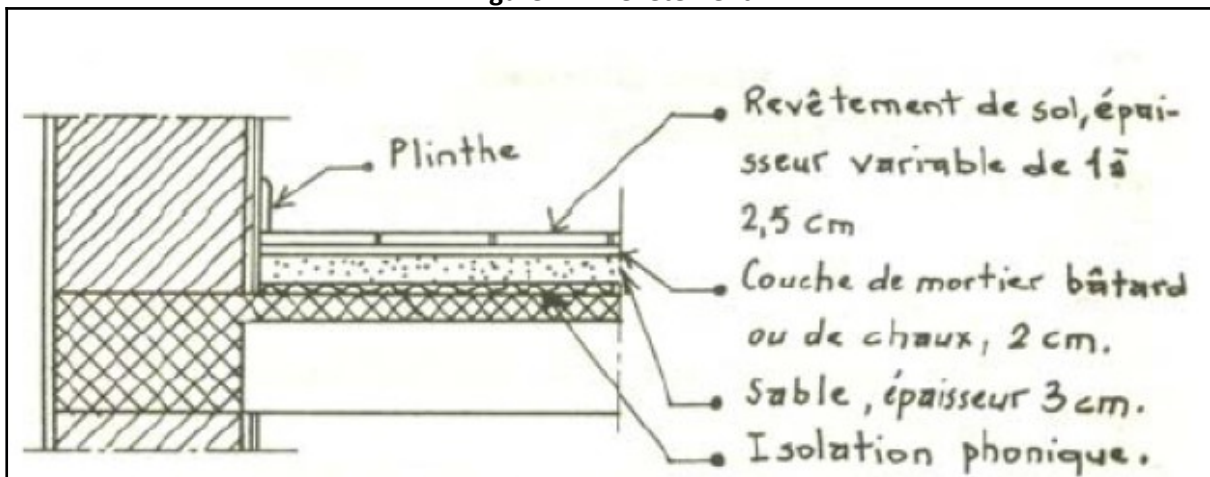
III.2.4 Mise en œuvre :

- Forme d'assise, Hérisson, blocage tout-venant ;
- Isolation ;
- Film polyane ;
- Treillis soudés ;
- Dalle en béton armé ;
- Chape + revêtement.

III.3 Revêtements

Les revêtements doivent garantir essentiellement l'isolation thermique et acoustique tout en présentant un aspect esthétique. Le choix du revêtement dépend des qualités qu'on exige de lui. Il doit supporter les attaques mécaniques et chimiques.

Figure 72 : Revêtement

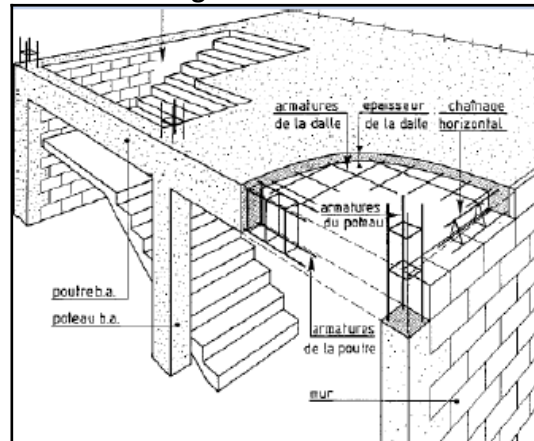


III.4 Poutres

III.4.1 Définition

Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux. Elles sont élancées car leur portée est grande par rapport à leur hauteur et leur largeur. Dans les bâtiments, les poteaux servent souvent d'intermédiaires entre les planchers et les porteurs verticaux (poteaux).

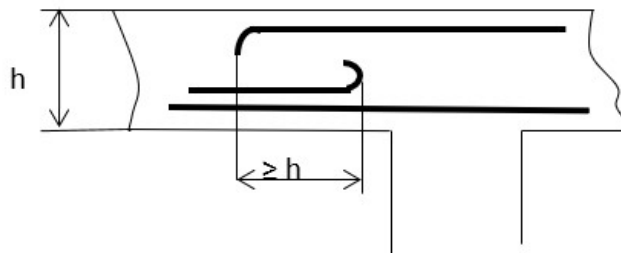
Figure 73 : Poutre



III.4.2 Dispositions constructives

La flexion engendre dans la section des poutres une zone comprimée et une zone tendue. Contrairement à la compression, le béton ne résiste pas à la traction. On incorpore dans la zone tendue des aciers capables de reprendre ces efforts.

Figure 74 ; Ferrailage des appuis des poutres



Chapitre 8 : ESCALIERS-BALCONS-TOITURE-TERRASSE

I- ESCALIERS

I.1 Définition

L'escalier est un ouvrage constitué d'une suite régulière de plans horizontaux (marches et paliers) permettant dans une construction, de passer à pied d'un étage à un autre.

I.2 Terminologies

- **Emmarchement** : largeur praticable de l'escalier qui correspond en général à la grande dimension de la marche (dimension perpendiculaire au sens du déplacement dans l'escalier) ;
- **Hauteur de marche** : distance verticale séparant le dessus de deux marches successives. Cette hauteur varie généralement entre 16 et 21 cm ;
- **Giron** : distance horizontale mesurée entre les nez de deux marches successives. Le giron varie généralement entre 25 et 32 cm pour un escalier intérieur et peut aller au-delà pour un escalier extérieur. Le giron et la hauteur de la marche sont reliés par une équation (**formule de BLONDEL**) ;
- **Profondeur de marche** : distance horizontale entre le nez de marche et la contremarche (correspond au giron auquel on rajoute le débord du nez de marche). Cette dimension est parallèle au sens du déplacement dans l'escalier ;
- **Marche** : surface plane de l'escalier sur laquelle le pied se pose pour utiliser l'escalier ;
- **Contremarche** : face verticale reliant, quand elle existe, deux marches successives ;
- **Nez de marche** : bord extérieur de la marche, en débord ou non par rapport à la contremarche lorsque celle-ci existe ;
- **Palier** : plan horizontal plus large que les marches courantes. Deux paliers consécutifs délimitent une volée d'escalier. Si le palier est au même niveau qu'un étage courant du bâtiment, on parle de palier d'arrivée (ou de palier de départ). Sinon, il s'agit de palier intermédiaire (ou palier de repos).
- **Volée** : Ensemble de marches successives, compris entre deux paliers ;
- **Ligne de foulée** : ligne théorique représentant le parcours usuel, lorsque l'on emprunte l'escalier ;
- **Jour d'escalier** : espace central de l'escalier, lorsqu'il est prévu (les deux volées peuvent être accolées, dans ce cas il n'y a pas de jour) ;
- **Mur d'échiffre** : mur parallèle (sensiblement parallèle) à la ligne de foulée sur lequel s'appuient les marches lorsque l'escalier est soutenu latéralement ;
- **Echappée** : hauteur libre la plus faible calculée entre le dessus des marches et la sous-face du plancher supérieur ;
- **Dénivelée** : hauteur de franchissement de l'escalier. Dans un bâtiment c'est la hauteur comptée de plancher à plancher, revêtements compris ;
- **Reculement** : Il s'agit de l'encombrement de l'escalier dans le sens de la longueur ;
- **Limon** : pièce de bois inclinée dans laquelle les extrémités des marches et contremarches, quand elles existent, viennent s'encastrent ;
- **Trémie d'escalier** : ouverture ménagée dans un plancher permettant le passage de l'escalier.

Figure 75: Eléments d'une volée d'escalier

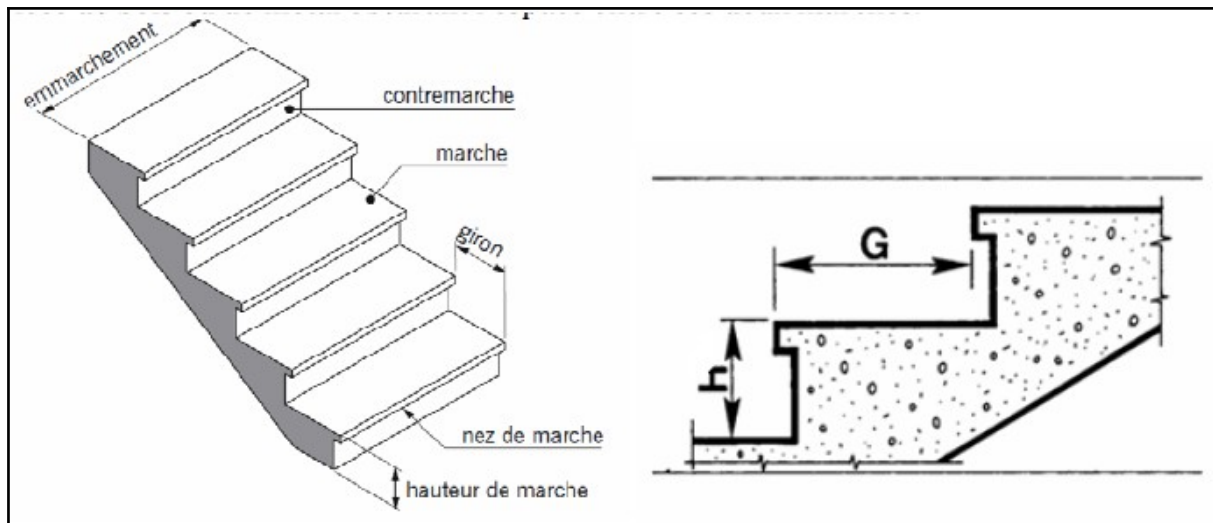


Figure 76 : Escalier à deux volées

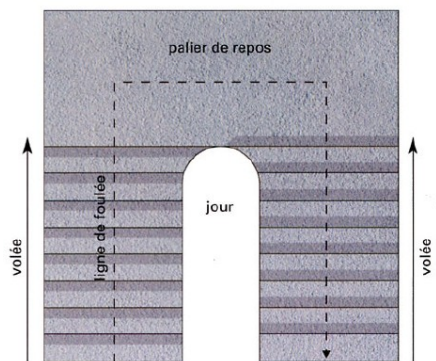


Figure 77 : Schéma de l'escalier

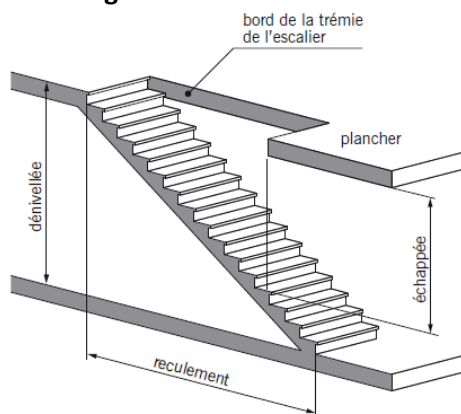


Figure 78 : Escaliers à deux volées

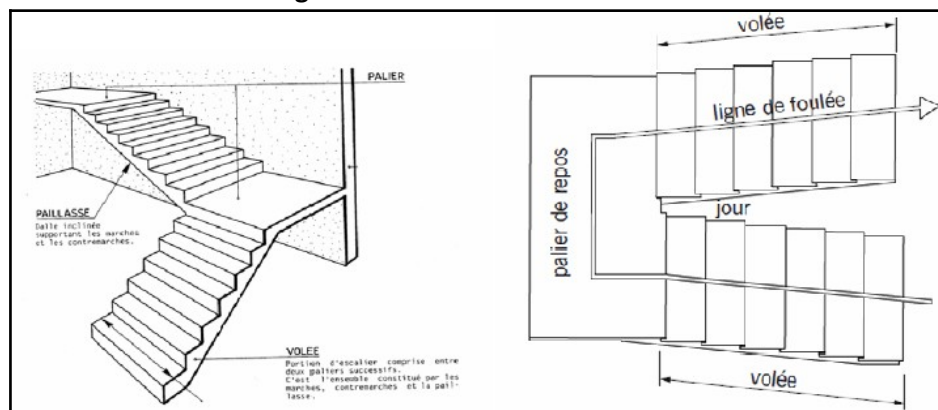
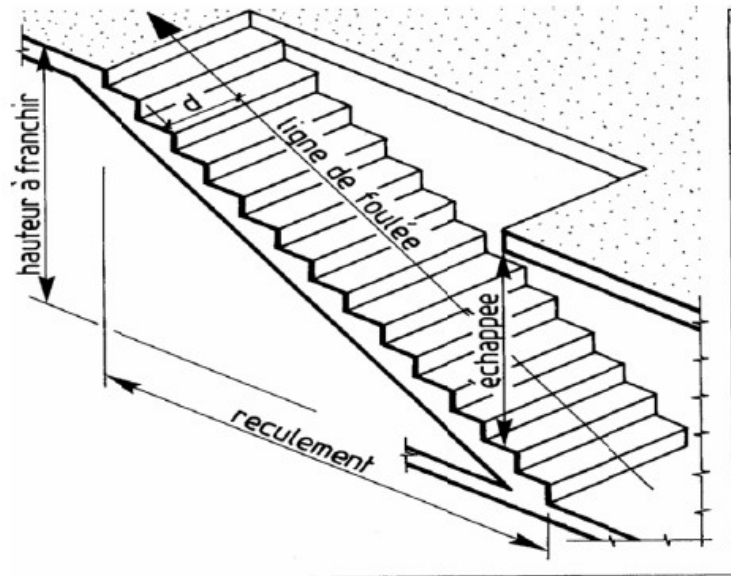


Figure 79: Echappée et ligne de foulée



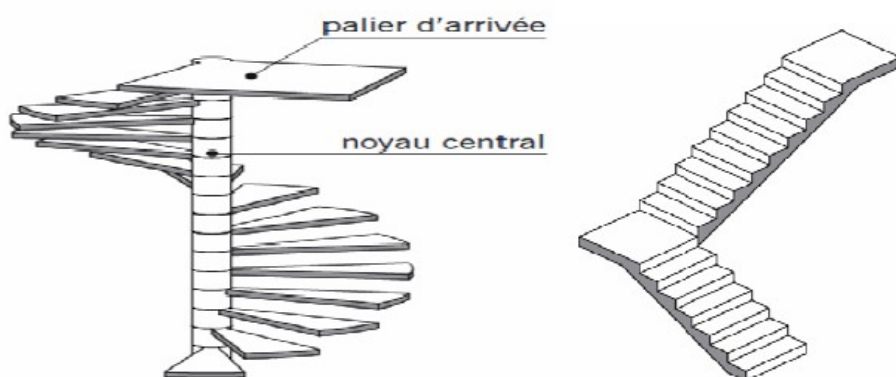
I.3 Différents types d'escalier, dimensions

I.3.1 Escaliers courants

On distingue différentes formes d'escalier, utilisées dans la pratique.

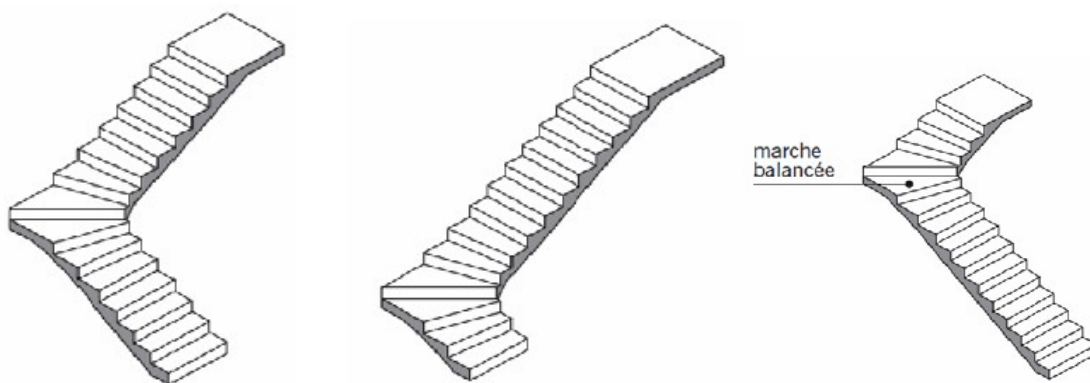
- les escaliers à volée droite (en bois ou en béton) ;
- les escaliers balancés (escaliers à changement de direction, sans palier intermédiaire) ;
- l'escalier hélicoïdal (ou en colimaçon ou en spiral) : C'est un escalier tournant dont les marches rayonnent autour d'un pilier central, le plus souvent de forme cylindrique.

Figure 80 : Escaliers hélicoïdaux Figure 81 : Escalier droit à deux volées perpendiculaires



Figures 82 a, b, c : Escaliers balancés

- a) A quart tournant médian b) A quart tournant bas c) A quart tournant haut



I.3.2 Dimensions

Selon **Nicolas-François BLONDEL**, architecte français du XVII^e siècle, « *la longueur des pas d'une personne qui marche de niveau est communément de deux pieds, et la hauteur du pas de celle qui monte à plomb n'est que d'un pied* »

Si g est la distance horizontale entre deux nez de marche successif et h la hauteur de la marche, la relation linéaire suivante dite formule de BLONDEL, s'écrit :

$0,58 \text{ m} \leq g + 2 h \leq 0,64 \text{ m}$; cette relation s'écrit selon le DTU (Document Technique Unifié) 36.3 pour les escaliers en bois : **$0,58 \text{ m} \leq g + 2h \leq 0,66 \text{ m}$**

1 pied = 30,45 cm

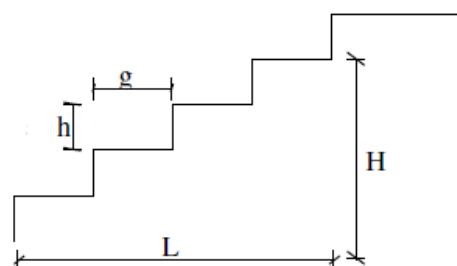
Pour les bureaux, $g \geq 20 \text{ cm}$

L'échappée mesurée sur la ligne de foulée est d'au moins 1,90 m, néanmoins cette valeur peut aller jusqu'à 2,10 m.

Si l'on pose H , la hauteur à monter (hauteur libre sous plafond plus l'épaisseur du plancher fini) et h , la hauteur de marche, le nombre de contre marches est égal à :

$$n = H/h \quad ; \quad L = (n-1) g$$

La valeur de n n'est en général pas un nombre Entier. On prend n généralement supérieur ou Inférieur selon les cas.



En général, il ne faut pas prévoir plus d'une ving
séparer par un palier ayant au moins une largeur égale à celle de trois marches.

I.4 Mise en œuvre

I.4.1 Escaliers en béton

Figure 83 : Escaliers en béton coulés en place



I.4.2 Escaliers métalliques

Figure 84 : Escalier à deux crémaillères

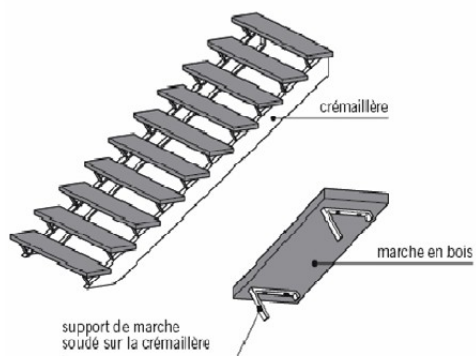


Figure 85 : Escalier hélicoïdal



II- BALCONS

II.1 Définition

- Le balcon est une dalle pleine encastrée dans la poutre, entourée d'une rampe ou un mur de protection. La dalle est assimilée à une console qui dépasse la façade du bâtiment et communique avec l'intérieur par une porte ou une fenêtre.
- Le balcon est une plaque porteuse en béton armé, coulé sur place, d'épaisseur de 8 à 20 cm.

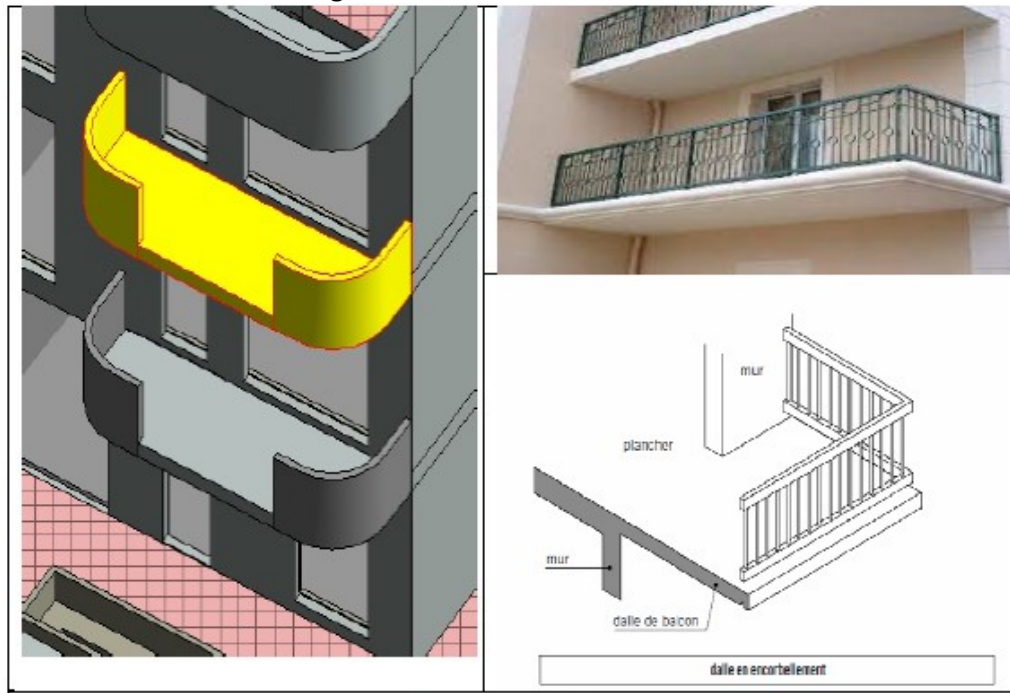
- c) Le balcon est une plateforme en béton armé de faible largeur, équipé de garde-corps en saillie sur une façade et positionné devant une ou plusieurs baies.

II.2 Différents types de balcon

Il existe une grande diversité de balcons en béton armé :

- Balcons isolés ;
- Balcons filants sur la longueur de la façade ;
- Balcons superposés avec ou sans allège, avec ou sans retombée.

Figure 86 : Balcons en béton armé



II.3 Risques liés à la mise en œuvre

Les différents risques à la réalisation des balcons sont :

- la chute de hauteur lors de la réalisation de l'étaieement, ou du coffrage, ou lors de la pose des éléments préfabriqués, lors du ferrailage ou du bétonnage ;
- la retombée de la charge lors du levage des éléments de balcon préfabriqués (dalle ou allège) ;
- l'effondrement du balcon lors du bétonnage ou de la pose des éléments préfabriqués ;
- l'effondrement du balcon terminé lors du retrait de l'étaieement ou lors de l'approvisionnement de matériaux effectué pour les corps d'état secondaires.

II.4 Efforts exercés dans un balcon

Les efforts exercés dans un balcon en service, qui ne repose plus sur un étaielement, sont fonction du type de balcon à réaliser. On distingue principalement les balcons en porte-à-faux et les balcons sur appuis extérieurs.

II.4.1 Balcons en porte-à-faux

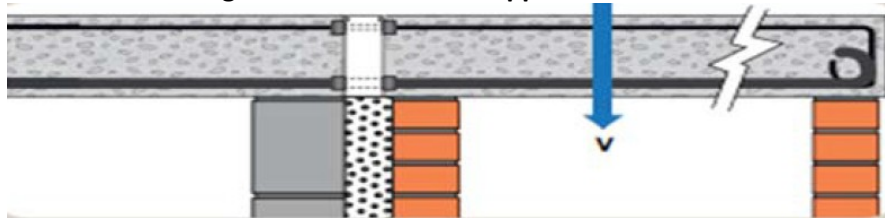
Dans le cas des balcons en porte-à-faux, les efforts exercés sont un effort tranchant et un moment fléchissant.

La reprise de ce moment est assurée par des armatures principales positionnées en partie supérieure du balcon, ce qui n'est pas courant dans la réalisation des planchers.

II.4.2 Balcons sur appuis extérieurs

Dans le cas des balcons sur appuis extérieurs, l'effort exercé est l'effort tranchant.

Figure 87 : balcons sur appuis extérieurs



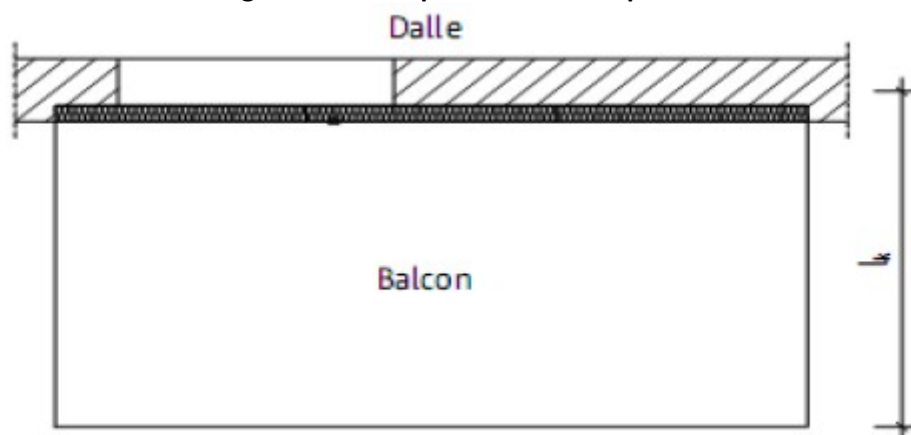
II.5 Différents types de balcons suivant la nature des matériaux utilisés

On distingue :

- les balcons en béton armé ;
- les balcons en métal ;
- les balcons en bois.

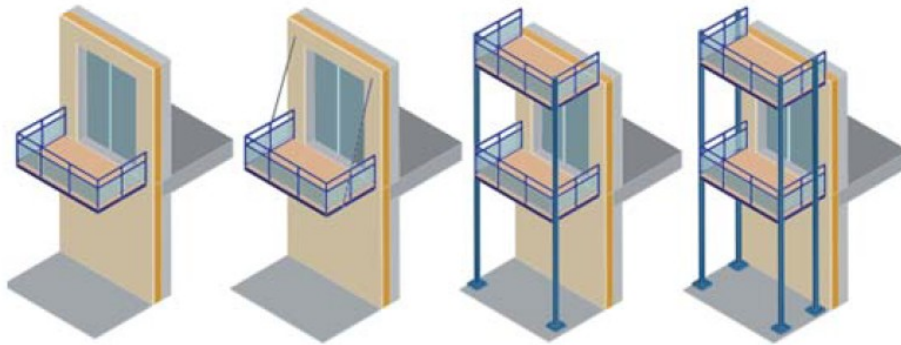
II.5.1 Balcons en béton armé

Figure 88 : Exemple de balcon en porte-à-faux



II.5.2 Balcons métalliques

Figure 89 : Balcons sans ou sur appuis



II.5.3 Balcons en bois

Figure 90 : Balcon en bois



III- TOITURES-TERRASSES EN BETON ARME

III.1 définition

Les toitures terrasses sont des planchers horizontaux ou à pente faible (environ 2%) pour l'écoulement des eaux de pluie. Elles peuvent être accessibles ou non.

III.2 Constitution

Les toitures terrasses comportent des éléments principaux suivants :

- un plancher support (partie gros-œuvre) ;
- une étanchéité.

D'autres éléments peuvent entrer dans la constitution d'une toiture-terrasse :

- la forme de pente ;
- la protection thermique ;
- les joints ;
- les lanterneaux d'éclairage, etc.

III. 3 Plancher

Les planchers habituels sont en béton armé et comportent un chaînage périphérique en béton armé.

L'étude d'un plancher-terrasse consiste essentiellement à diminuer les déformations du béton armé, donc les risques de fissuration et de rupture de l'étanchéité.

La dalle flottante s'emploie lorsque l'on a à craindre des fissurations importantes du gros-œuvre suite aux mouvements des fondations.

III.4 Etanchéité

Le béton n'est pas un matériau étanche. Pour pallier les déformations (fissurations), il est important de mettre sur le plancher un revêtement d'étanchéité. Il existe différents produits d'étanchéité dont les principaux sont :

- l'Asphalt ;
- le bitume ;
- le goudron ;
- les hydrofuges ;
- les plastiques (résines synthétiques), les matériaux métalliques (aluminium).

Pour assurer une bonne tenue de l'étanchéité, les précautions suivantes sont prendre :

- une protection contre l'ambiance atmosphérique ;
- une protection contre la circulation sur la terrasse, si elle n'est pas accessible.

On peut utiliser par cela des protections aux gravillons, granulés divers ou du sable fin, du gravier etc. sur une épaisseur variant de 2 à 4 cm.

III.5 Fonctions à remplir

Les fonctions à remplir sont :

- la stabilité sous les sollicitations provenant des charges appliquées ou des déformations imposées par les phénomènes climatiques, thermiques ou de retrait ;
- les exigences acoustiques ;
- la stabilité au feu et parfois sécurité ;
- l'imperméabilité à l'eau dans le temps ;
- la résistance au poinçonnement ;
- l'isolation thermique ;
- l'isolation phonique ;
- l'accès au personnel d'entretien ;
- la pérennité des fonctions et la conservation de la qualité des ouvrages.

III.6 Documents réglementaires

III.6.1 Documents Techniques Unifiés (DTU)

Les principaux DTU concernant les travaux d'étanchéité sont:

- D-T-U- n° 14-1: Travaux de cuvelage dans les parties immergées de bâtiment
- D-T-U- n° 20-12: Conception du gros oeuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.
- D-T-U- n° 43.1: Travaux d'étanchéité des toitures terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie ($P < 5\%$),
- D-T-U- n° 43.2: Travaux d'étanchéité des toitures terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie ($P > 5\%$).
- D-T-U- n° 43.3: Travaux de toitures en tôle d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité.
- D-T-U- n° 43.4: Travaux de toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtement d'étanchéité.
- D-T-U- "Règles neige et vent" NV 65, NV 76, N84
- D-T-U- n° 52.1: Revêtements de sols scellés (annexe n°2 concernant l'étanchéité des planchers intermédiaires)

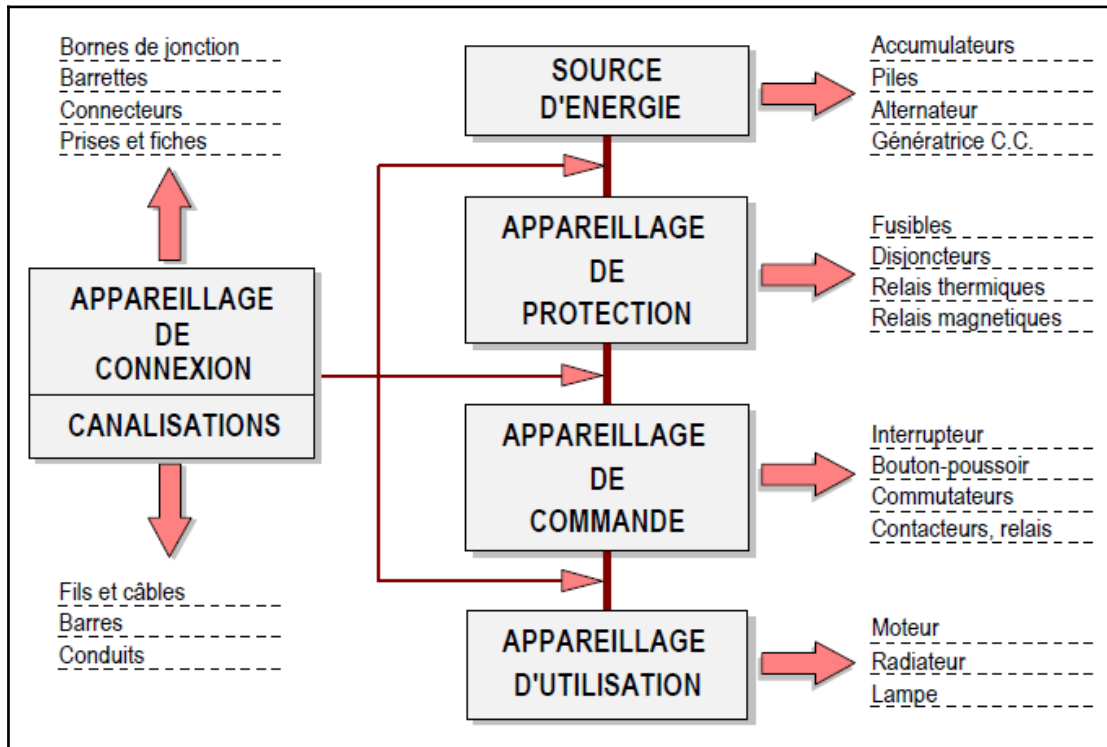
III.6.2 Quelques normes en vigueur

NF P 84.301 Chape souple de bitume armé à armature toile de jute (TJ) (en désaffectation)
NF P 84.302 Feutres bitumés à armatures carton feutre (C.F.)
NF P 84.303 Chape souple de bitume armé à armature tissu de verre (TV)
NF P 84.305 Produits asphaltiques
NF P 84.307 Feutres bitumés à armature en voile de verre (VV)
NF P 84.310 Barrière à la vapeur en aluminium bituminé
NF P 84.311 Chape souple de b. armé à dble, armature en t. de verre et voile de verre (40 TV VV)
NF P 84.312 Chape souple de bitume armé à haute résistance à double armature en tissus de verre et voile de verre (50 TV VV HR)

Chapitre 9 : NOTIONS D'INSTALLATION ELECTRIQUE ET DE PLOMBERIE-SANITAIRE DANS UN BÂTIMENT

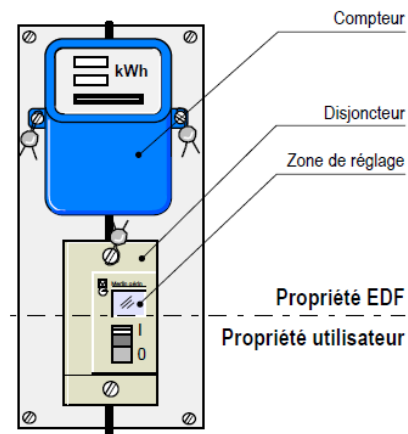
I- GENERALITES SUR L'INSTALLATION ELECTRIQUE

I.1 Organisation générale d'une installation



En électricité du bâtiment, on considérera la plupart du temps, le compteur d'énergie comme la source d'énergie. Le compteur d'énergie est l'appareil qui mesure l'énergie consommée par une installation. L'installation électrique n'est accessible à l'électricien qu'en aval du disjoncteur de branchement. La sécurité, la fiabilité, l'économie, le confort et la souplesse sont des critères qui permettent de juger de la qualité d'une installation électrique.

Figure 91 : Compteur d'énergie électrique



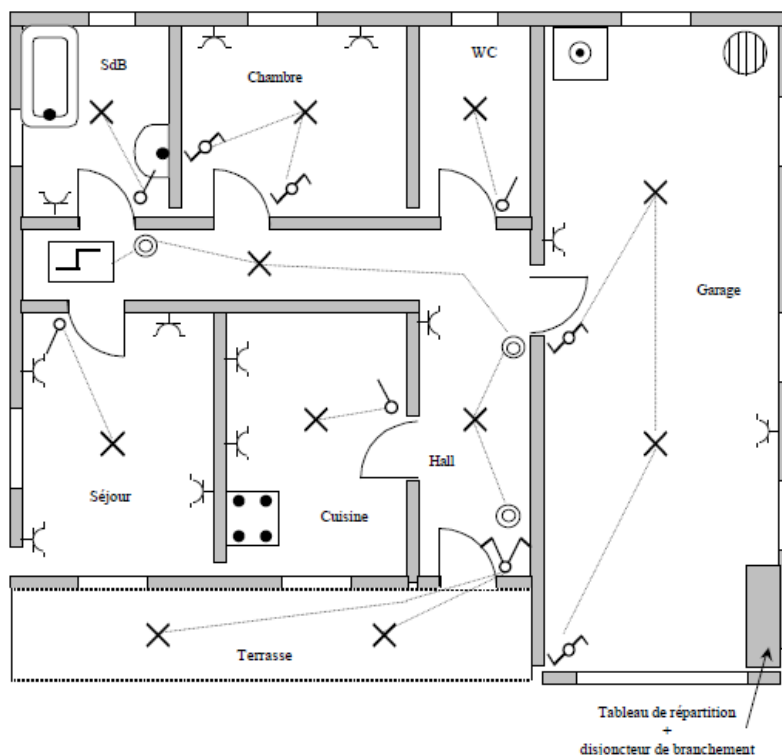
I.2 Représentation graphique des installations électriques

On distingue quatre principaux types de schémas :

- **Schéma architectural**

Il est rédigé par l'architecte. Son rôle est de préciser l'emplacement du matériel et des arrivées de tension. C'est un schéma d'exécution.

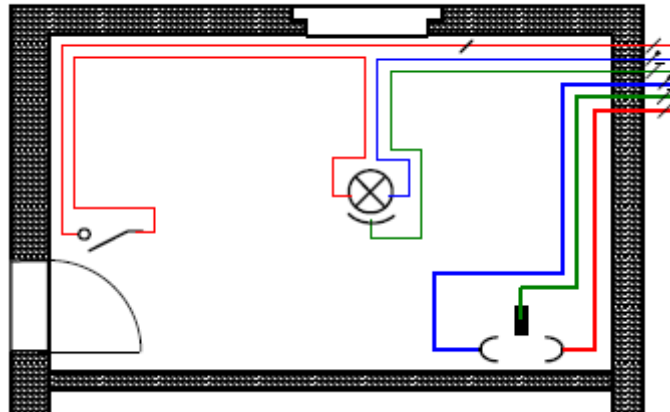
Figure 92 : Exemple de plan architectural d'une villa de type 2 ou 1 ch + 1 salon



- **Schéma multifilaire**

Il est rédigé par l'électricien à partir du schéma architectural. C'est un schéma d'exécution qui précise le cheminement exact des conducteurs et leur nombre à l'intérieur de chaque conduit.

Figure 93 : Schéma multifilaire



Pour repérer la nature des conducteurs, on utilise soit des couleurs, soit des symboles.

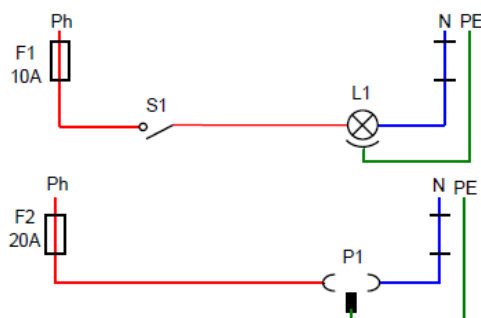
Tableau 26 : Couleurs et symboles des conducteurs

	Couleur	Symbole
Phase	Rouge, brun, noir	
Neutre	Bleu	
P.E.	Jaune/vert	

- **Schéma développé**

Il est rédigé par l'électricien. Son but est de faciliter la compréhension du fonctionnement du circuit. C'est un schéma explicatif qui est utilisé surtout lors des opérations de dépannage.

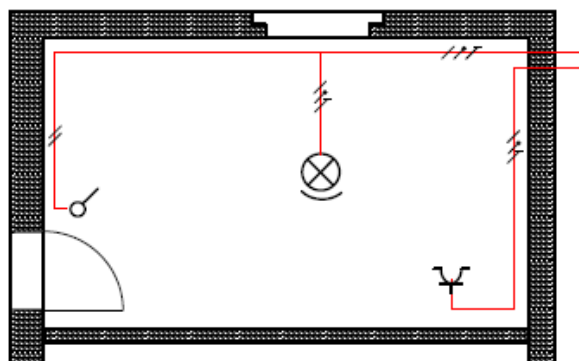
Figure 94 : Schéma développé



- **Schéma unifilaire**

Il est rédigé par l'électricien à partir du schéma multifilaire. C'est un schéma d'exécution dont le rôle est de simplifier la représentation multifilaire dans le cas d'installations dense.

Figure 95 : Schéma unifilaire



I.3 Symboles normalisés pour les schémas architecturaux (UFC 03-211)

Tableau 27 : Symboles électriques normalisés

SYMBOLE	DESIGNATION	SYMBOLE	DESIGNATION
	Interrupteur simple allumage		Bouton poussoir
	Interrupteur S.A. lumineux		B.P. lumineux
	Interrupteur S.A. bipolaire		BP protégé (vitre à briser)
	Double interrupteur S.A.		Point d'éclairage
	Interrupteur va et vient		Liaison de dépendance
	Double interrupteur va et vient		Reglette lumineuse (fluo)
	Interrupteur gradateur		Prise symbole général *
	Minuterie		Prise 2P + T à eclips
	Minuterie avec préavis d'ext.		Prise sécurité (transfo.sép.)
	Télérupteur		Touche a effleurement

* Les prises spéciales sont différenciées par les symboles suivants :

TP = Téléphone

M = microphone

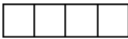
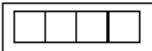
HP = Hauts-parleurs

TV = Télévision

TX = Telex

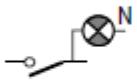
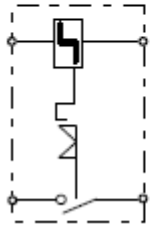
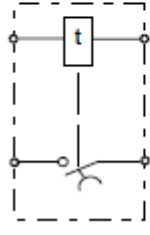
FM = modulation de fréquence

Tableau 28 : Matériels électro-domestiques

SYMBOLE	DESIGNATION	SYMBOLE	DESIGNATION
	Appareil de chauffage		Chauffage à accumulation
	Climatiseur		Cuisinière électrique
	Réfrigérateur		Lave-vaisselle
	Lave-linge		Seche-linge
	Hotte aspirante		Four micro-ondes
	Congélateur		Réfrigérateur/congélateur

I.4 Symboles normalisés pour les schémas développés

Tableau 29 : Symboles normalisés pour les schémas développés

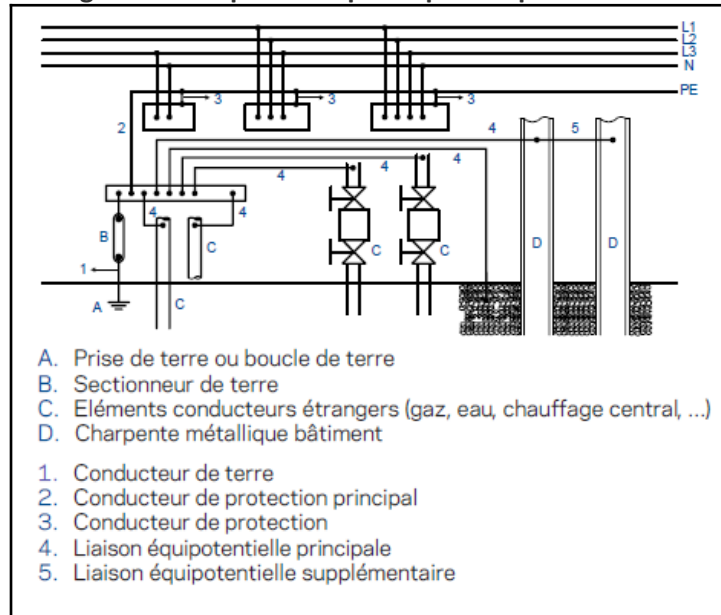
SYMBOLE	DESIGNATION	SYMBOLE	DESIGNATION
	Interrupteur simple allumage		Bouton poussoir
	Interrupteur S.A. lumineux		B.P. lumineux
	Interrupteur S.A. bipolaire		Lampe
	Double interrupteur S.A.		Prise 2P + T à éclips
	Interrupteur va et vient		Coupe circuit fermé
	Double interrupteur va et vient		Coupe circuit ouvert
	Télerupteur		Minuterie

I.5 Prise de terre

1.5.1 Définition

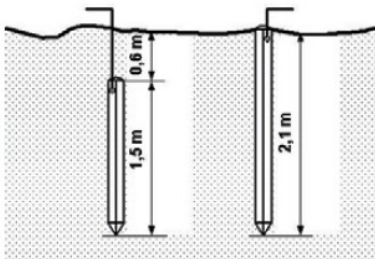
Le but de la prise de terre est d'écouler les courants de défaut vers la terre. La prise de terre est très importante. En l'absence d'une prise de terre tout ou partie du courant de défaut s'écoulera au travers de la personne en contact avec l'appareil défectueux, ce qui peut être mortel. Les dispositions ci-dessous sont observées.

Figure 96 : Dispositions prises pour la prise de terre



I.5.2 Piquet de terre

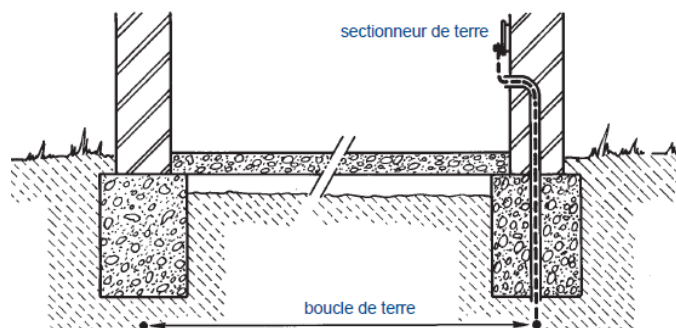
Figure 97 : Piquets de terre



Les piquets de terre sont souvent utilisés dans le cas des bâtiments existants. Les éléments conducteurs sont enfouis dans le sol et reliés entre eux.

I.5.3 Boucle de terre

Figure 98 : Boucle de terre



Lorsque l'on a faire à des nouvelles constructions dont les fondations sont situées à plus de 60 cm de profondeur, il y a lieu de prévoir dans le fond de fouille une boucle de terre constituée soit d'un conducteur plein en cuivre nu ou cuivre plombé, soit de sept âmes

câblées en cuivre semi-rigide de 35 mm² de section ronde sans soudure. Les extrémités de la boucle de terre doivent rester accessible en permanence.

I.5.4 Conducteur de terre

Le conducteur de terre relie la borne de terre principale à la prise de terre. Le sectionneur de terre fait partie du conducteur de terre.

I.5.5 Conducteur de protection

Le conducteur de protection doit être distribué dans l'ensemble de l'installation et aboutir à tous les appareils tels que prises, luminaires, appareils à poste fixe, à l'exception des appareils électriques à très basse tension de sécurité (TBTS).

I.5.6 Liaison équipotentielle principale

Pour prévenir le risque d'électrocution, il ne suffit pas d'effectuer une mise en terre, de prévoir des différentiels ou d'installer un conducteur de protection. Les éléments conducteurs étrangers, susceptibles de propager un potentiel dangereux, doivent être reliés au réseau de mise en terre. En l'absence d'une telle connexion, un défaut dans une canalisation ou dans un appareil peut faire apparaître une tension dangereuse d'eau et de gaz par exemple.

I.6 Sécurité et matériel électrique

Seul le matériel offrant toutes les garanties de sécurité peut être utilisé dans une installation électrique. Le matériel électrique conforme à la norme, est indiquée.

I.7 Prises, interrupteurs, éclairages

I.7.1 Prises

Le nombre de prises simples ou multiples est limité à 8 par circuit. Dans les circuits mixtes, tout point lumineux est assimilé à une prise. Par point lumineux il faut comprendre un ou plusieurs luminaires commandés simultanément. Toutes les prises sont munies d'une broche raccordée (contact de terre latéral interdit) et sont de type sécurité enfant. Les prises apparentes sont installées à 15 cm du sol au minimum dans les locaux secs et à 25 cm dans les autres locaux, sauf lorsqu'elles sont intégrées dans les plinthes ou encore sous certaines conditions pour les prises de sol.

I.7.2 Interrupteurs

Des interrupteurs unipolaires, télérupteurs et dimmers sont utilisés dans les circuits monophasés pour luminaires, prises ou commandes jusqu'à un courant nominal de 16 A.

I.7.3 Eclairages

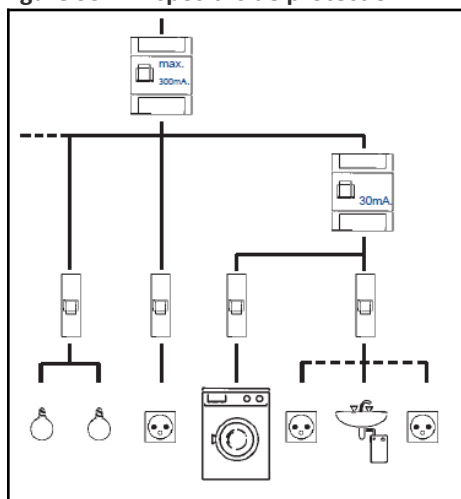
L'installation électrique doit comprendre au moins deux circuits pour l'éclairage.

I.8 Différentiels

Le dispositif de protection à courant différentiel résiduel détecte les courants de fuite s'écoulant vers la terre. Cet appareil offre une excellente protection contre les risques d'incendie et d'électrocution ainsi que contre les consommations inutiles résultant de pertes de courant.

Un différentiel au moins doit être installé à l'origine de l'installation. Le différentiel doit présenter les caractéristiques suivantes :

Figure 99 : Dispositifs de protection

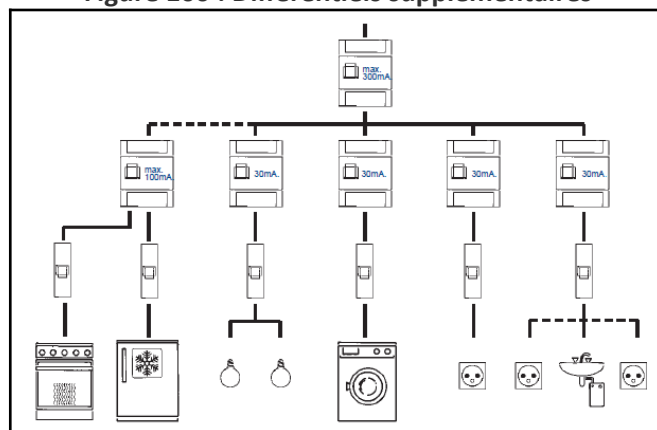


- sensibilité maximale de 300 mA
- intensité nominale au moins égale à 40 A
- pouvoir de coupure de 3 kA min / 22,5 kA²S
- être de type A (sensible au courant continu pulsé)
- assurer la fonction de sectionnement
- les bornes de raccordement doivent être plombables

Des différentiels supplémentaires doivent être installés dans les cas suivants :

- **salles d'eau, machine à laver, séchoir, lave-vaisselle, essoreuse** : sensibilité maximale de 30 mA ;
- **circuits de résistances de chauffage** noyées dans le sol ou dans d'autres matériaux : sensibilité maximale de 100 mA ;
- **lorsqu'une prise est installée dans le volume 2 de la salle de bain** : sensibilité maximale 10 mA ;
- **lorsque la résistance de la dispersion de la prise de terre est comprise 30 et 100 Ω .**

Figure 100 : Différentiels supplémentaires



I.9 Fusibles et Disjoncteurs

La surcharge ou le court-circuit dans une installation peut provoquer un incendie lorsque l'intensité nominale des fusibles ou disjoncteurs n'est pas adaptée à la section des conducteurs. Les disjoncteurs automatiques (à l'exception des disjoncteurs à broche) doivent être pourvus du marquage suivant :

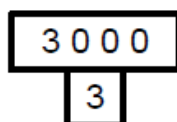


Tableau 30 : Intensité nominale et maximale des fusibles et disjoncteurs en fonction de la section des conducteurs.

Section en mm ²	Intensité nominale du fusible	Intensité nominale du disjoncteur
1,5	10 A	16 A
2,5	16 A	20 A
4	20 A	25 A
6	32 A	40 A
10	50 A	63 A
16	63 A	80 A
25	80 A	100 A
35	100 A	125 A

mm ²	Couleur	
1,5	Orange	Code couleurs des éléments de calibrage, en fonction de la section des conducteurs.
2,5	Gris	
4	Bleu	
6	Brun	
10	Vert	

I.10 Canalisations

I.10.1 Généralités

La section des conducteurs doit toujours être choisie en fonction de la puissance choisie en fonction de la puissance prévue. Les conducteurs souples peuvent être utilisés pour autant que les fils de leurs deux extrémités soient contenus dans des embouts ou autres systèmes équivalents. Les canalisations électriques doivent être installées à une distance suffisante de canalisations non électriques (eau, gaz etc.).

1.10.2 Sections minimales

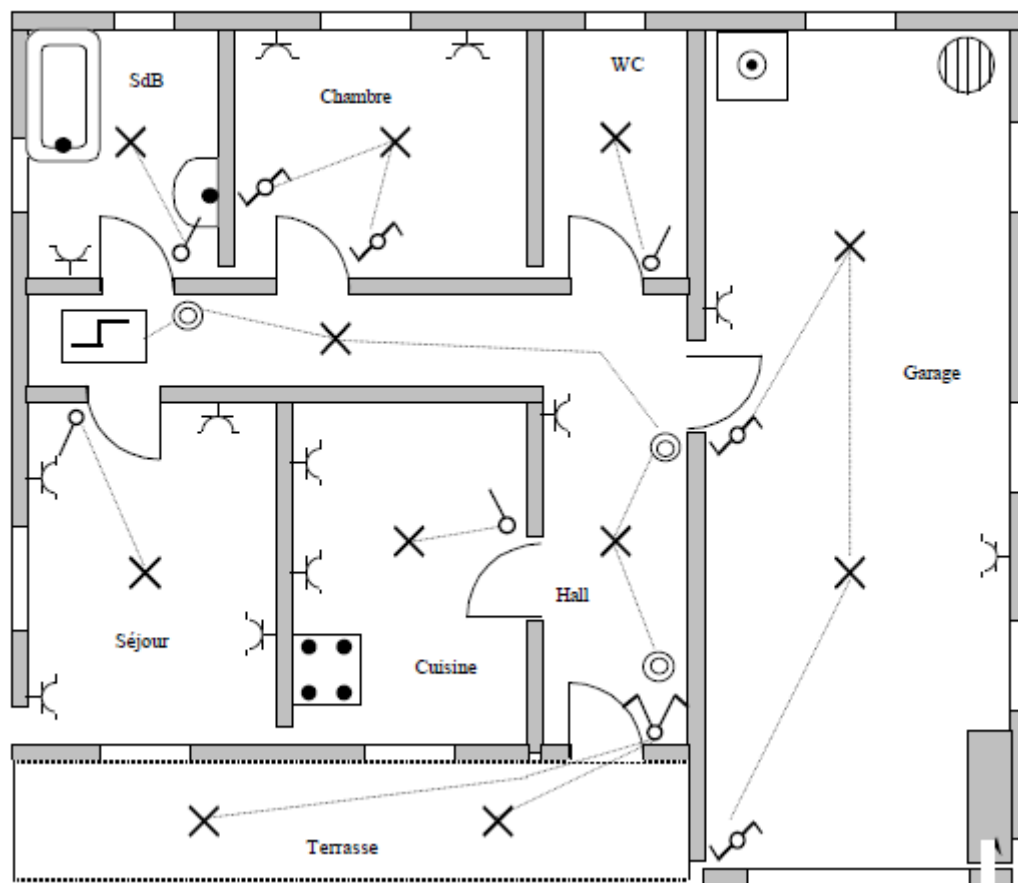
Tableau 31 : Sections des conducteurs

Numéros	Désignation	Section mini
01	Eclairage	1,5 mm ²
02	Prises	2,5 mm ²
03	Circuits mixtes, éclairage, prises	2,5 mm ²
04	Circuit de commande, de contrôle et de signalisation	0,5 mm ²
05	Cuisinière, lessiveuse triphasée	4 mm ²
06	Cuisinière, lessiveuse monophasée	6 mm ²

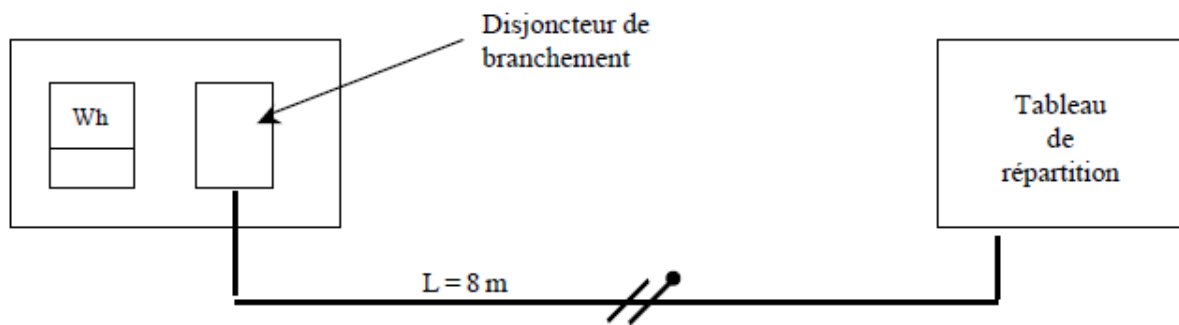
II- APPLICATIONS

II.1 Installation électrique d'une villa de type 2 (1 ch+ 1 séjour)

Plan architectural d'une villa type 2



Cette installation est alimentée en 230v, 50 Hz monophasée. Compte tenu des récepteurs, le distributeur d'énergie est un disjoncteur de branchement réglé à 60 A (voir figure ci-dessous).



Questions

- 1) Déterminer la puissance disponible
- 2) Déterminer à l'aide des informations ci-dessous, la section des conducteurs du câble U1000 R02V assurant la liaison entre le disjoncteur de branchement et le tableau de répartition

Informations

• la canalisation de liaison entre le disjoncteur de branchement et le tableau de répartition doit avoir la section minimale indiquée dans le tableau suivant :

Courants assignés du disjoncteur de branchement	Section minimale des conducteurs en cuivre (enveloppe isolante en PVC, PR, ou EPR)
45A	10mm ²
60A	16mm ²
90A	25mm ²

Tableau 3

Lorsque le disjoncteur de branchement est éloigné du tableau de répartition, il convient de déterminer la section pour limiter la chute de tension (voir annexe page 94).

Chute de tension
Lorsque le disjoncteur de branchement est éloigné du tableau de répartition (c'est notamment le cas quand celui-ci est en limite de propriété), la chute de tension admissible peut conduire à prendre une section plus importante que celle indiquée dans le tableau 3 page 14. En effet, la chute de tension entre le disjoncteur de branchement et le point lumineux le plus éloigné ne doit pas être supérieure à 3% (soit environ 7 volts).

Conseil : limiter la chute de tension à 2% entre le disjoncteur de branchement et le tableau de répartition. Il restera 1% pour les fils entre le tableau de répartition et le point lumineux (ou la prise) le plus éloigné (environ 50 m maximum du tableau).

Tableau 27

A titre indicatif, pour une chute de tension de 2% en monophasé, le tableau 27 indique les longueurs maximales L entre disjoncteur de branchement et tableau de répartition.

I (A)	Section cuivre en mm ²							
	10	16	25	35	50	70	95	120
15	68	109	170	239	341	477	647	818
30	34	55	85	119	170	239	324	409
45	23	36	57	80	114	159	216	273
60	—	27	43	60	85	119	162	204
90	—	—	28	40	57	80	108	136

Ces longueurs sont à multiplier par 2 en triphasé

Tableau 27

- 3) Etablir un bilan des points lumineux, des prises de courants et des circuits spécialisés pour chaque pièce de la villa.

Pièce	Nombre de points	Nombre de prise de	Circuits spécialisés
Garage			
WC			
Hall			
Chambre			
SdB			
Séjour			
Cuisine			
Extérieur			
Total			

III- PLOMBERIE SANITAIRE

III.1 Définition

La plomberie s'intéresse à la circulation de l'eau dans la maison. Elle regroupe la lingerie, le chauffage central et la plomberie sanitaire. Elle intervient à l'arrivée de l'eau et s'arrête au raccordement des canalisations au réseau collectif d'évacuation. Si le raccordement n'est pas possible, elle intègre aussi la « fosse toutes eaux » ou fosse septique ou toute autre solution pour traiter les eaux usées.

Son rôle est donc capital tant pour assurer un confort aux occupants que pour leur garantir une sécurité d'utilisation.

III.2 Règlements et normes

Dans la réalisation d'un projet de construction, il faut tenir compte, dans l'ordre, des documents suivants :

- les textes réglementaires ;
- les normes ;
- les documents techniques unifiés (DTU) ;
- les avis techniques ;
- les règles professionnelles ;
- les certifications des produits ;
- les assurances spécifiques par produit.

III.3 Installations sanitaires

Les installations sanitaires comprennent la distribution des principaux fluides suivants :

- l'eau potable froide ;
- l'eau chaude sanitaire ;

- l'eau industrielle ;
- le gaz naturel ;
- le gaz de ville ;
- les gaz combustibles embouteillés (butane, propane) ;
- les gaz spéciaux (oxygène, hydrogène, azote...)
- l'air comprimé ;
- la défense incendie ;
- l'eau des piscines.

L'eau est généralement livrée par un service public à proximité immédiate du bâtiment. Il existe deux types d'alimentation :

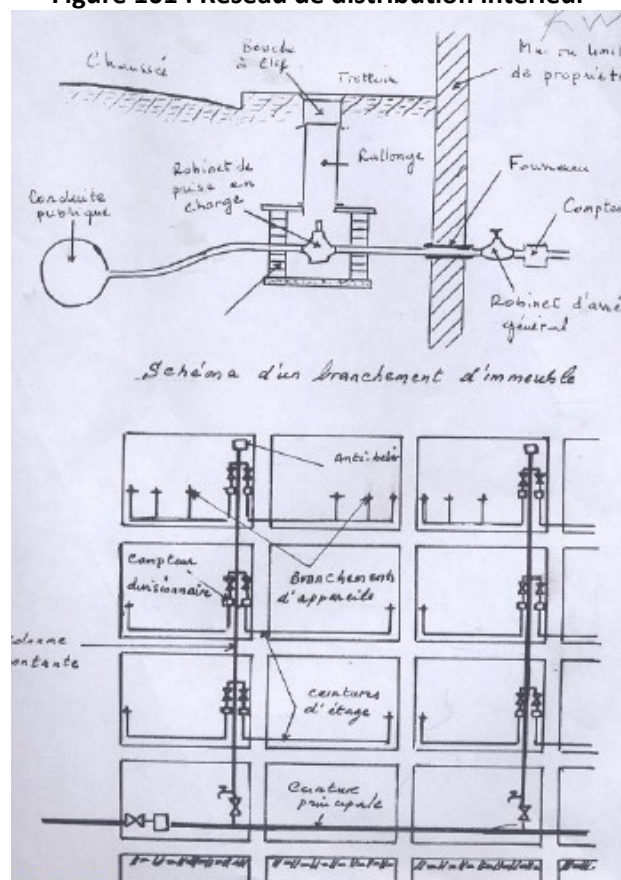
- **l'alimentation en eau froide**

L'installation d'alimentation en eau froide distribue l'eau de la conduite du réseau local de distribution situé à l'extérieur du bâtiment jusqu'aux points de consommation situés dans le bâtiment.

Dans le cas de plusieurs immeubles, chaque immeuble comporte sa propre conduite de :

- branchement ;
- comptage
- ❖ Constitution d'un réseau : le réseau de distribution intérieur aux bâtiments assure le transport de l'eau jusqu'aux appareils d'utilisation.

Figure 101 : Réseau de distribution intérieur



❖ Modes de stockage :

- Le réservoir : le réservoir est un lieu aménagé pour accumuler et conserver de l'eau (bâche à eau) ;
- Surpresseur : il est utilisé pour alimenter des immeubles très élevés quand la pression est faible ;
- La pompe : Elle est utilisée pour les mêmes raisons.

• **Alimentation en eau chaude**

Dans un immeuble d'habitation ou de travail, l'eau chaude est utilisée pour :

- L'hygiène personnelle ;
- La préparation des repas ;
- Les lessives et les lavages ;
- Les nettoyages en tous genres.

Dans un ménage la température de l'eau au poste de soutirage ne devrait pas dépasser les valeurs suivantes :

- **lavabos, salles de bain** : 43 à 45°C ;
- **cuisine sans lave-vaisselle** de 55 à 58°C ;
- **cuisine avec lave-vaisselle** de 50 à 52°C .

III.4 Tracé de distribution

Les différents tracés de réseau d'eau chaude se ramène à deux systèmes :

- Système à réseau ramifié ;
- Système à réseau bouclé.

III.4.1 Système à réseau ramifié

L'eau ne circule pas dans les canalisations en dehors des périodes de puisage. Elle est conduite directement du générateur ou du réservoir aux postes de puisage. On dispose une conduite séparée pour chaque appareil.

❖ Avantages :

- ✓ Indépendance de chaque distribution au point de vue pression, débit ;
- ✓ Décompte simplifié de l'eau chaude consommée au compteur particulier.

❖ Inconvénient :

- ✓ Pour obtenir l'eau chaude, il faut vider la canalisation de l'eau refroidie qu'elle contient.

III.4.2 Système à réseau bouclé

L'eau chaude circule continuellement dans les canalisations suivant le principe de thermo - siphon.

❖ **Avantages :**

- ✓ L'eau puisée en un point quelconque est toujours chaude ;
- ✓ La suppression du gaspillage au moment des puisages.

❖ **Inconvénient :**

- ✓ Pertes de chaleur par canalisation.

III.5 Appareils sanitaires

Les appareils sanitaires sont utilisés pour assurer l'hygiène de l'homme par l'intermédiaire de l'eau. Schématiquement ce sont des bacs de formes diverses en fonction de leur usage, et qui sont équipés d'un dispositif d'alimentation et de vidange. On peut citer :

- le lavabo ;Il est posé sur un pied ou sur des consoles
- la baignoire : Elle est remplie par le haut
- la douche ;Elle est souvent installée en complément de baignoire ;
- le bidet : Il est posé sur le sol ;
- le siège de WC est posé sur le sol ;
- les éviers de cuisine.

III.6 Distribution de l'eau dans l'habitat

Avant la distribution de l'eau dans l'habitation, il est nécessaire de :

- calculer les sections des tuyaux par rapport à la vitesse d'écoulement ;
- tenir compte des impératifs d'ordre technique et pratique en cas de réparation ou de modification.

On distingue :

- la distribution en chandelle : Elle est constituée d'une canalisation principale d'où partent différentes conduites ;
- la distribution en circuit fermé : La canalisation principale est établie sous la forme d'une boucle d'où partent les différentes conduites desservant un ou plusieurs points d'eau ;
- la distribution en parapluie : l'eau est d'abord montée au dernier étage, ensuite de là on fait la distribution. On utilise ce type de distribution quand la pression n'atteint pas les derniers niveaux ;
- la distribution avec nourrice : courte conduite et de section importante se place dans un local accessible. Elle porte tous les robinets d'arrêt, les compteurs, les purgeurs et les clapets . On peut isoler une conduite sans apporter des troubles au reste de la distribution. Elle est cependant très coûteuse ;
- la distribution mixte : Elle concerne les immeubles de grande hauteur. Il faut faire des réserves de locaux pour les appareils, car la hauteur est importante et la pression faible ;
- la distribution par un réservoir ! le réservoir est placé en haut du bâtiment/ Il est alimenté par les surpresseurs, puis il alimente les colonnes montantes.

III.7 Tuyaux

On distingue :

- les tuyaux en plomb : Ce sont des tuyaux en plomb doux de 10 m de longueur, et 6 à 45 mm de diamètre ou en plomb doux sous la forme d'éléments droits de 4 m de longueur et de 50 à 110 mm de diamètre ;
- les tubes en cuivre et laiton : cuivre rouge utilisé pour l'alimentation d'eau froide et d'eau chaude, ou en laiton (alliage de cuivre -70 à 90%- et de zinc -30 à 10%) utilisé pour la confection de tuyaux de ventilation ;
- les tubes en acier ;
- les tubes en matière plastique.

Figure 102 : Tuyau



Les avantages et inconvénients de chaque tuyau sont donnés dans le tableau 32 ci-dessous.

Tableau 32 : Comparaison des tuyaux

Tuyau	Avantages	Inconvénients
Cuivre	• Recyclable • Solide • Esthétique • Fiabilité • Longévité	Mise en œuvre qui demande du matériel et des compétences spécifiques
PVC	• Faible coût • Facile à transporter • Facile à monter • Choix très important	Bien connaître les règles de mise en œuvre à cause de sa forte dilatation
PVC surchloré	• Bon isolant • Encastrable sans fourreau de protection • Peut être peint	Pas de cintrage

III.8 Evacuations intérieures des eaux usées

Les eaux usées sont l'ensemble des eaux domestiques utilisées au quotidien. Elles recouvrent les eaux ménagères et les eaux-vannes (eaux de toilettes).

Le problème de l'évacuation des eaux usées est très complexe. On voit apparaître de nouveaux systèmes d'évacuation ainsi des éléments préfabriqués qui tendent vers la perfection.

Selon le règlement sanitaire, il est rappelé que :

- les eaux pluviales sont collectées et évacuées hors des immeubles dans des conduites indépendantes ;
- les eaux ménagères et vannes sont éloignées des habitations.

III.9 Evacuations extérieures des eaux usées

Il existe trois types d'évacuations extérieures :

- unitaire ;
- séparatif ;
- pseudo-séparatif.

III.9.1 Réseau unitaire

Il consiste à réserver une seule conduite pour la collecte et l'évacuation des eaux usées et pluviales.

III.9.2 Réseau séparatif

Le système séparatif consiste à réserver une conduite pour les eaux usées et une autre conduite pour les eaux pluviales.

III.9.3 Réseau pseudo-séparatif

Ce système est conçu pour recevoir uniquement des eaux usées. Il admet une partie des eaux pluviales provenant des parkings, placette etc.

NB. Avant le rejet à l'égout, certaines eaux doivent être traitées pour éviter de provoquer des accidents.

III.10 Raccordements

Les branchements et dérivations doivent être raccordés sur des tuyaux qui les reçoivent sous un angle inférieur à 75° pour les canalisations verticales et 45° pour les canalisations horizontales.

Toutes les canalisations doivent être étanches à l'eau et à l'air d'une façon permanente et durable. Les tuyaux de chute et de descente des eaux ménagères doivent être à l'intérieur des locaux

Le diamètre des tuyaux doit être constant sur toute la hauteur.

III.11 Ventilation

III.11.1 Ventilation primaire

Etablir une ventilation primaire d'une chute ou d'une descente consiste à prolonger la canalisation au-dessus des appareils desservis pour la faire déboucher hors toiture. L'avantage principal réside dans l'accélération du mouvement de l'eau. Elle présente aussi un avantage hygiénique et contribue à ventiler l'égout public.

III.11.2 Ventilation secondaire

A l'intérieur des immeubles, le siphon posé de chaque appareil intercepte entre l'atmosphère des locaux et l'air vicié des canalisations. L'efficacité d'un siphon réside dans sa garde d'eau. La ventilation se réalise au moyen des tuyaux métalliques, en acier galvanisé ou en plomb mince.