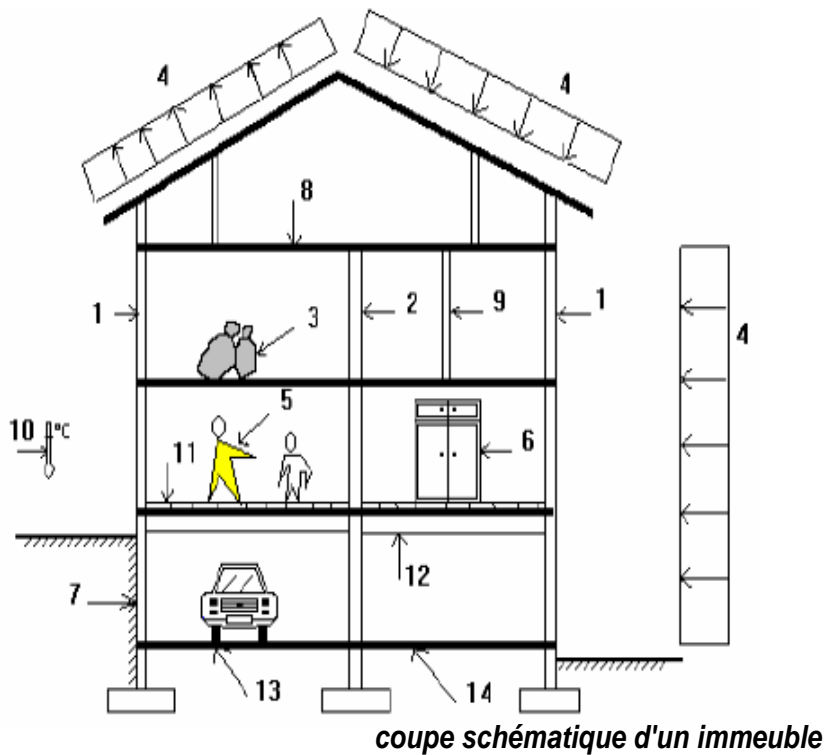


Chapitre 5 : Justification des structures en béton armé

I. Les Actions : Bases de Calcul

1- **Définitions** : Les actions sont des forces ou des couples directement appliquées à la construction, ainsi que celles qui résultent des déformations dues au retrait, à la dilatation, au tassement d'appui. Les valeurs de chacune de ces actions ont un caractère nominal, c'est-à-dire connu dès le départ ou donné par des textes réglementaires ou contractuels.

2- **Nature des Actions** : Considérons la coupe schématique d'un immeuble :



Légende

- 1 - Mur de façade
- 2 - Mur de refend
- 3 - Charge concentrée
- 4 - Action du vent
- 5 - Personnes
- 6 - Meuble
- 7 - Poussée des terres
- 8 - Plancher en béton armé
- 9 - Cloisons
- 10 - Température
- 11 - Revêtement de plancher
- 12 - Poutre en béton armé
- 13 - Automobile
- 14 - Sous-pression d'eau

➤ **Actions Permanentes (notées G) :**

- ✓ Poids propre de la structure : charges 1, 2, 8 et 12.
- ✓ Poids des autres éléments de la construction : charges 9 et 11.
- ✓ Poussées des terres, pression des liquides : 7 et 14.
- ✓ Actions dues aux déformations différées : raccourcissement par retrait du béton dans le plancher 8.

➤ **Actions Variables (notées Q) :**

- ✓ Charges d'exploitation : 3, 5, 6 et 13.
- ✓ Charges climatiques : 4.
- ✓ Action de la température climatique due aux variations d'ambiance au cours de la journée : 10.
- ✓ Actions appliquées en cours de construction qui proviennent des équipements de chantier.

👉 **Bases de calcul des charges** : Elles résultent du poids volumique des matériaux mis en œuvre et des dimensions de l'ouvrage. Nous prendrons pour le béton armé un poids volumique de 25 KN/m³. La norme NF P 06-004 précise les poids volumiques des divers matériaux de construction.

Les poids, les poussées et les pressions dus à des terres ou des liquides interviennent en actions permanentes lorsque le niveau de ces derniers varie peu.

Le retrait, faisant partie des déformations imposées à une construction, est une caractéristique du béton et correspond à une rétraction du béton pendant les phases de prise et de durcissement. On cherche généralement à concevoir les constructions de telle sorte qu'elle ne fissure pas. On prévoit ainsi des joints, des phases de coulage alternées ou des éléments fractionnés.

👉 **Bases de calcul des actions variables** : Symbole général Q_1 pour les actions de base et Q_i pour les actions d'accompagnement

👉 **Les charges d'exploitation** : Q_B en bâtiment, Q_r pour les ponts : par le poids des utilisateurs et des matériaux nécessaires à l'utilisation des locaux. Elles correspondent à un mode normal d'utilisation. La norme NF P 06 001 définit les charges surfaciques à prévoir.

👉 **Les charges climatiques** : (Symbole W pour le vent et S_n pour la neige) : Les actions du vent sont définies par les règles NV 65 et par le DTU P 06-006. Le vent est assimilé à des efforts statiquement appliqués à la construction dépendant de la région, du site, de l'altitude, des dimensions et de la position.

👉 **Les charges appliquées en cours de construction** : Ces charges proviennent en général des équipements de chantier, de coffrage, de transport et de levage ou de dépôt de matériaux.

👉 **Les actions de la température climatique** : Lorsqu'une construction est soumise à une variation brutale de sa température, ses dimensions ont tendance à se modifier proportionnellement à son coefficient de dilatation α égal à $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ pour le béton armé.

👉 **Les actions accidentelles** : Symbole général FA . Ce sont des phénomènes rares, de brève durée d'application. On peut citer en exemple les séismes, les chocs, les explosions. Leur valeurs sont fixées par des textes réglementaires.

3- Les Combinaisons d'Actions :

👉 **Combinaisons d'actions à considérer pour les ELU :**

- Combinaisons d'actions fondamentales : (situations de projet durables et transitoires pour des vérifications autres que celles concernant la fatigue) :

$$\sum_j \gamma_{g,j} G_j + \underbrace{\gamma_{q,1} Q_1 + \sum_{i>1} \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_i}_{= 1,5}$$

= 1,35 action permanente défavorable
= 1,0 action permanente favorable

- Combinaisons d'actions accidentelles :

$$\sum_j G_j + A + \psi_{1,1} Q_1 + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_i$$

	Charge d'exploitation	Vent	Neige	Température
Ψ_0	0,87	0,67	0,87	0,53
Ψ_1	1,00	0,20	0,30	0,50
Ψ_2	1,00	0,00	0,10	0,00

🌈 Combinaisons d'actions à considérer pour ELS :

- Combinaisons rares: $\square j G_j + Q_1 + \square_{i>1} \square_{0,i} Q_i$
- Combinaisons fréquentes: $\square j G_j + \square_{1,1} Q_1 + \square_{i>1} \square_{2,i} Q_i$
- Combinaisons quasi permanentes: $\square j G_j + \square_{i>0} \square_{2,i} Q_i$

Justification vis-à-vis de la résistance, de l'équilibre d'ensemble (voir cour BA)

II. Stabilité des Fondations aux états limites : Dans les années passées, la justification des ouvrages de fondations était soumise à plusieurs règlements : pour les fondations superficielles et fondations profondes : « DTU 13.12 et Fascicule 62 Titre V (recommandation pour les marchés publics) ». Avec l'arrivée des Eurocodes, de nouvelles normes sont à appliquer : « Eurocode 7) et son annexe nationale pour la détermination des caractéristiques du sol à partir d'essais géotechnique in-situ ».

La fondation assurera sa fonction tant qu'il y aura stabilité de l'ensemble sol + fondation. Il peut donc y avoir deux origines possibles à une instabilité :

- Soit le sol ne résiste pas aux charges amenées par la fondation, il s'agit de la stabilité externe de la fondation.
- Soit la fondation ne résiste pas, il s'agit de la stabilité interne de la fondation.

👉 **Stabilité Externe d'une fondation superficielle « Résistance du sol d'assise » :** Il s'agit de s'assurer que la fondation ne provoquera pas :

- ✓ Un poinçonnement du sol (rupture du sol).
- ✓ Un tassement du sol supérieur à ce que peut admettre l'ouvrage.

On s'assurera également qu'il n'y a pas de risque :

- ✓ De glissement sur le sol (efforts horizontaux).
- ✓ De renversement (basculement) (efforts excentrés).
- ✓ De glissement de terrain sous la fondation.

Nous prendrons comme hypothèses que les efforts sont verticaux et centrés par rapport à la semelle de fondations. Donc on doit vérifier les semelles uniquement vis à vis du risque de poinçonnement.

👉 **Stabilité Interne d'une fondation superficielle « résistance propre d'une fondation » :** La semelle de fondation est soumise aux efforts de la structure porteuse et aux réactions du sol d'assise. Comme tout élément en béton armé, elle doit recevoir un ferrailage adapté à ces dimensions et aux efforts qu'elle supporte.

III. Définition et Justification des Joints :

🔥 **Définition** : On peut définir les joints l'ensemble des matériaux et éléments permettant d'assurer une parfaite étanchéité à l'air et à l'eau des constructions. Ils sont considérés comme étant des fausses fissures destinées à supporter tous les mouvements tel que : tassements, translation des éléments, dilatation thermique, gonflement (exp: bois), retrait et fluage de l'ouvrage sans subir le moindre dommage et offrir en surface une protection contre les infiltrations d'eau tout en permettant une évaporation de l'eau continue dans le matériau. Les différents types de joints dans la construction peuvent jouer deux rôles essentiels:

- ✓ Le rôle de liaison pour solidariser les murs entre eux, les dalles entre elles,etc.
- ✓ Le rôle de séparation entre deux blocs ou plus d'une même structure quand un problème sismique, de température et de chargement surgit.

C'est un dispositif utilisé dans plusieurs domaines, ses fonctions sont différent d'un domaine à un autre. Les qualités d'un produit pour joint sont :

- ✓ Adhérence.
- ✓ Plasticité +ou- permanente (cela dépend des joints) pour permettre un libre jeu des éléments.
- ✓ Facilité d'utilisation et de mise en œuvre.

🔥 **Les Différentes Types de Joints** : Il y a trois grandes catégories de joints en fonction de leur composition et leur utilisation :

- 🔧 **Joints durs** : joint de mortier, joint en résine synthétique. Ils sont utilisés pour les parements de façade, et pour les parements au sens large.



- 🔧 **Les couvre joints** : leurs noms indiquent leurs fonctions, ils couvrent les joints de dilatation ou de rupture traversant les murs et les dalles. Ils existent en bande, en matière plastique, en caoutchouc, etc...ils introduits directement dans les joints ou collés.
- 🔧 **Les joints souples** : on appelle joint souple les remplissage de joints avec un matériau souple, dilatable et déformable comme les bitumes, les mastiques silicones, etc. ils sont utilisés pour les carreaux, les murs et les fenêtres. En peut citer aussi :
- 🔧 **Joints anti-feu** : Domaine d'application : Joint de liaison et de dilatation dans des parois-plafond ou sol coupe-feu devant répondre à de sévères exigences en matière de protection d'incendie.
- 🔧 **Joints pare vapeur** : Ce système de membrane collée est utilisé pour l'étanchement des façades rideaux de bâtiment. Cette membrane assure le raccord entre les structures porteuses et les éléments à incorporer (fenêtre par exemple).

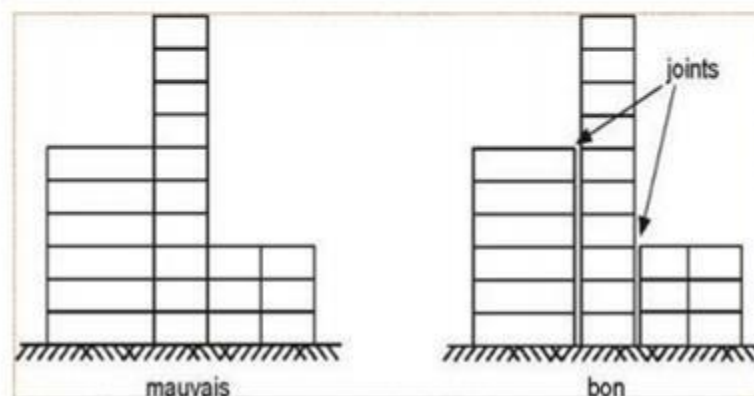
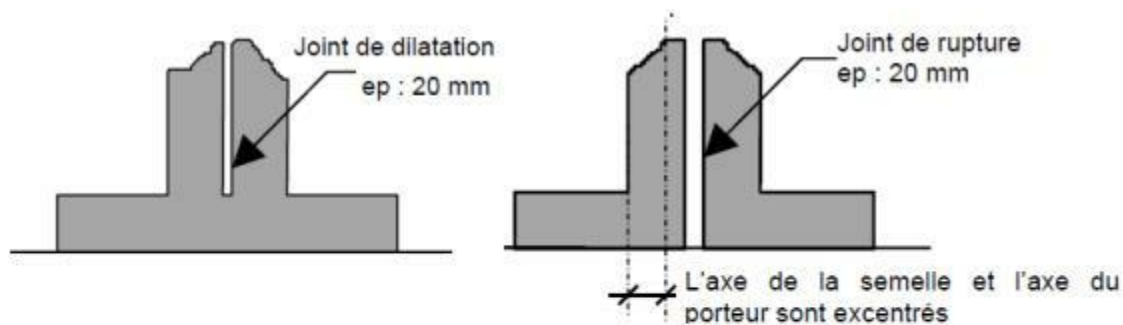
👉 **Joint de Structure** : Sont des éléments importants dans l'étude au cheminement des charges. Ils sont volontairement exécutés pour permettre à chaque partie de se déplacer librement sans que les sollicitations auxquelles elles sont soumises aient une influence sur l'autre partie. On en définit deux types :

👉 **Joint de dilatation ou parasismique** : Un joint de dilatation est un joint destiné à absorber les variations de dimensions des matériaux d'une structure sous l'effet des variations de température. Il divise les grands bâtiments en un certain nombre de sections. Il compense les variations de température et d'humidité et évite les effets : des variations hygrothermiques, du retrait et du gonflement des bétons. Le joint de dilatation du bâtiment descend jusqu'aux fondations, la semelle n'est pas fractionnée. Un joint de dilatation appelé aussi joint de retrait.

Un joint parasismique est un espace vide de tout matériau, présent sur toute la hauteur de la superstructure des bâtiments ou parties de bâtiments qu'il sépare. Ses dimensions sont calculées en fonction des déformations possibles des constructions, avec un minimum réglementaire pour les ouvrages à risque normal de 4 cm en zone Ib et 6 cm en zones II et III, de façon à permettre le déplacement des blocs voisins sans aucune interaction (chocs). Le joint de dilatation du bâtiment descend jusqu'aux fondations, la semelle n'est pas fractionnée. Un joint de dilatation appelé aussi joint de retrait.

👉 **Joint de rupture** : Des joints de rupture doivent être prévus entre deux ouvrages voisins, lorsqu'ils subissent des différences importantes de charge où qu'ils peuvent subir des différences de tassements. C'est notamment le cas de bâtiments accolés n'ayant pas le même nombre d'étages ou de bâtiments accolés assis sur un remblai d'épaisseur variable.

Les joints se calculent : $D \geq H/300 > 2 \text{ cm}$. On les place aussi quand on a un décrochement en plan (on met un joint quand $d > L/4$ et $d' > L/4$). Les joints de rupture coupent les fondations.



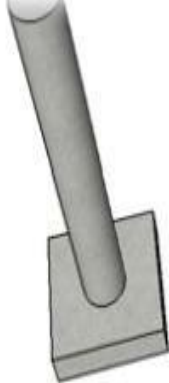
Chapitre 07 : Spécification des éléments de Structure

I. **Spécifications pour les Eléments Principaux :** L'ossature des ouvrages se décompose généralement :

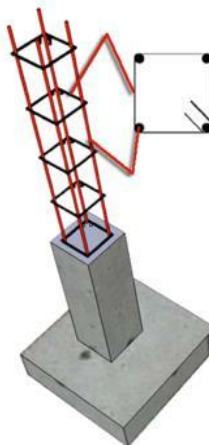
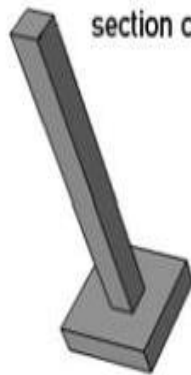
- **En éléments Verticaux :** voiles, poteaux béton ou métal ou mixtes pour les bâtiments et piles pour les ponts.
- **En éléments Horizontaux :** poutres, dalles planchers, paliers, balcons, terrasses pour les bâtiments et tabliers pour les ponts.

🍷 **Poteaux :** Suivant leur longueur et l'intensité des efforts à transmettre, ils peuvent être en béton armé ou en béton précontraint. Leur section est généralement carrée ou rectangulaire. Les poteaux peuvent également comporter des corbeaux destinés à recevoir des poutres à niveaux décalés, des poutres de plancher.. 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.

section circulaire



section carrée



Les étapes de mise en œuvre sont:

- 1 - Implantation/traçage
- 2 - Coffrage
- 3 - Ferrailage (armatures)
- 4 - Coulage
- 5 - Décoffrage



🔪 **Murs et voiles** : On appelle voile de béton une paroi verticale en béton armé, banchée in situ. ils ont deux fonctions :

- **Fonction portante**: Ils contribuent à la stabilité et à la résistance mécanique de l'ouvrage.
- **Fonction enveloppe**: Assure la séparation entre un milieu intérieur corrigé et un milieu extérieur hostile (intempéries).
 - ✓ Une isolation thermique d'été et d'hiver.
 - ✓ Une isolation acoustique.
 - ✓ Une protection contre les intempéries.
 - ✓ Une protection mécanique contre les chocs accidentels.

Les étapes de mise en œuvre :

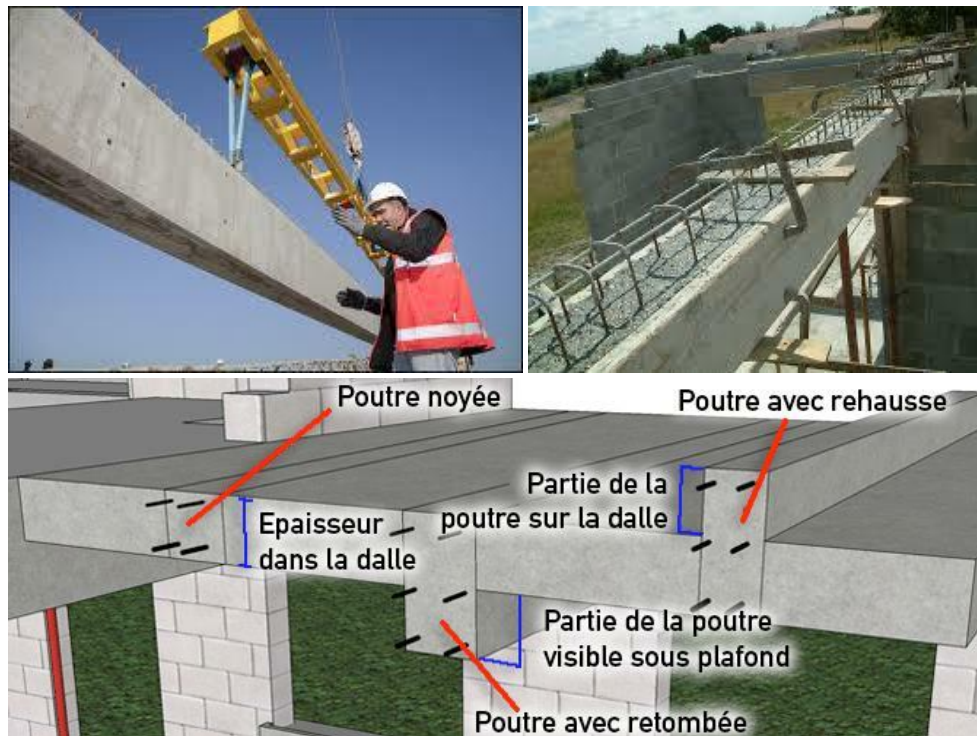
- 1- Implantation/traçage.
- 2- Mise en place de la première face coffrante.
- 3- Ferrailage (armatures).
- 4- Mise en place de la deuxième face coffrante.
- 5- Coulage.
- 6- Décoffrage.

Théoriquement, on doit observer un temps minimum de séchage de 8 jours (80% des caractéristiques mécaniques), le DTU impose même un temps de séchage de 28 jours (100% de la résistance). Il existe des adjuvants permettant d'accélérer la prise et permettant de travailler sur les structures 3 jours après coulage.



Pour une construction individuelle ou un petit immeuble collectif les murs porteurs sont le plus souvent réalisés en maçonnerie traditionnelle de petits éléments assemblés sur le chantier, à joints de mortier. Il s'agit du mode constructif le plus ancien, mais qui a connu de nombreuses évolutions ces dernières années. Ce système constructif reste utilisé dans plus de 90 % des maisons individuelles. Les principaux avantages sont : La facilité de la mise en œuvre et sa grande résistance mécanique.

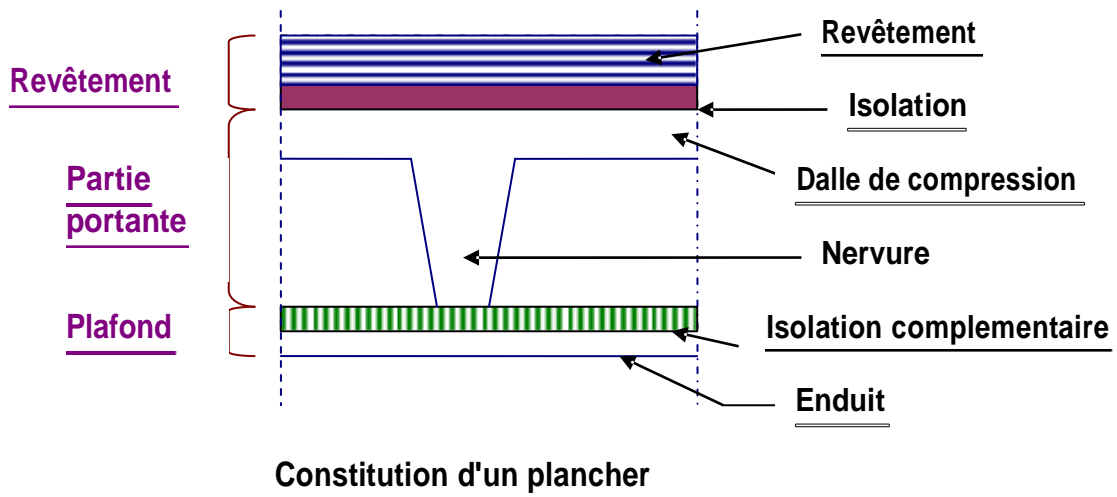
- 🔧 **Poutres** : Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux. Elles sont dites élancées car leur portée (longueur) est grande par rapport à leur hauteur et à leur largeur. Elle peut prendre appui sur les murs (façades, refends) ou sur des poteaux en béton. Une poutre en béton armé est généralement soumise à de la flexion : Fibres supérieures comprimées et Fibres inférieures tendues. Les poutres peuvent être :
- Coulées surplace.
 - Préfabriquées (en usine ou sur le chantier).



- 🔧 **Planchers** : Les planchers sont des éléments horizontaux ou inclinés qui forment une séparation entre deux étages d'un bâtiment. Ils s'appuient sur: les murs de façades, les murs de refond et la structure poteaux poutres. Ils constituent un écran isolant en protégeant les différents étages entre eux contre le bruit, les déperditions de chaleur, l'humidité et l'incendie. Ils peuvent être en bois, en métal, en béton armé ou mixte. Les planchers classiques sont constitués par une dalle générale d'épaisseur constante liée à des poutres secondaires et à des poutres principales, elles mêmes liées aux éléments support (poteaux, refends). Leurs fonctions principales sont :
- **Résistance**: les planchers supportent leur poids propre et les charges d'exploitation.
 - **Isolation**: ils isolent thermiquement et acoustiquement les étages.

Les planchers ou les dalles se composent de trois parties distinctes:

- 🔧 **La partie portante**: poutrelles préfabriquées en béton armé ou précontraint, poutrelles métalliques, ainsi que le hourdis de remplissage: les dalles en béton arme, pleines ou nervures, etc.
- 🔧 **Le revêtement**: constituant le sol fini, reposant sur l'ossature portante: carrelage, dallages divers exécutés sur place, revêtements synthétiques, etc.
- 🔧 **Le plafond** réalise sous l'élément porteur, enduit de plâtre, plaques préfabriquées en matériaux de tous genres, etc.

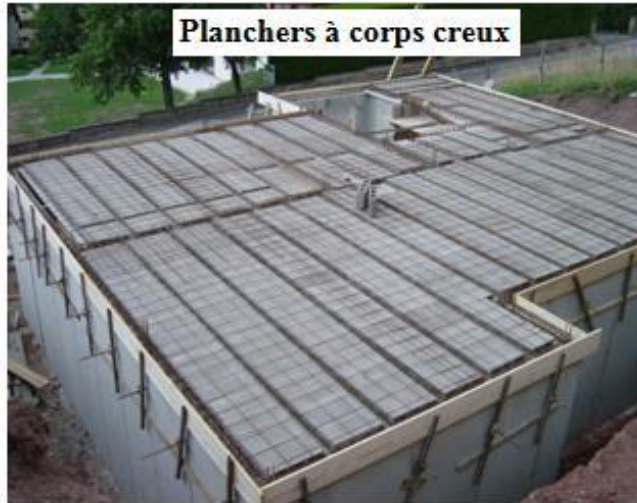


On distingue trois catégories de planchers: Les planchers en bois, Planchers métalliques et Les planchers en béton armé ou précontraint.




🔥 **Plancher en Béton Armé** : Les planchers ou dalles en béton armé trouvent actuellement une très large utilisation dans la construction des immeubles à plusieurs niveaux et pour les habitations privées. Ce complexe de matériaux permet, en effet, des réalisations variées et économiques dans la plupart des cas. D'autre part, il offre par son monolithisme, les garanties d'une excellente liaison entre porteurs. Ces planchers englobent:

- ✓ **Dalle mince**, d'épaisseur constante de 7 à 12 cm.
- ✓ **Dalle épaisse « dalle pleine »**, d'épaisseur constante de 13 à 30 cm.
- ✓ **Plancher nervuré « Planchers à corps creux »** : composés d'une dalle très mince ayant une épaisseur de 4 à 6 cm, de nervure parallèles avec remplissage intermédiaire en corps creux préfabriqués de béton ou céramique.
- ✓ **Planchers champignons et planchers dalle**, qui sont des dalles constitués par des dalles reposant directement sur des piliers.
- ✓ **Planchers translucides**, qui sont des dalles minces, des dalles épaisses ou des planchers nervurés dans lesquels on incorpore des pavés de verre.



Planchers précontraints : Pour réduire les opérations de construction sur le chantier, les planchers peuvent parvenir sur lieu d'exécution sous forme de dalles préfabriqués, prête au montage.

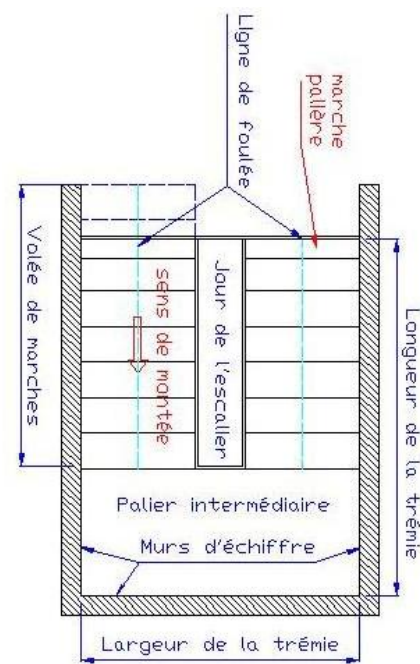
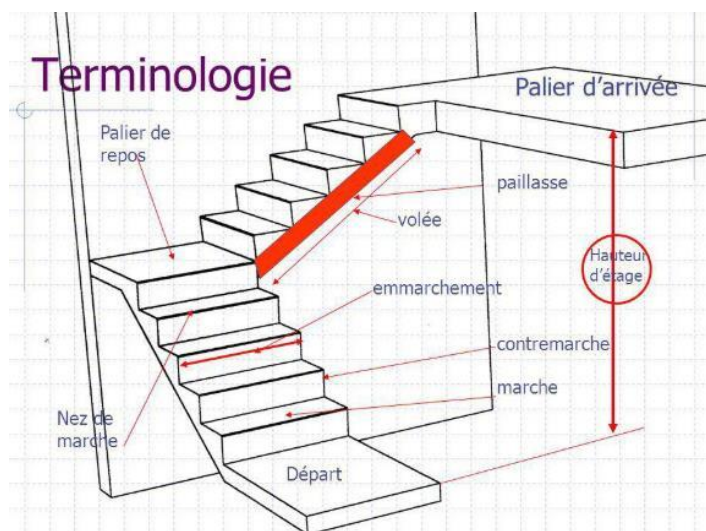


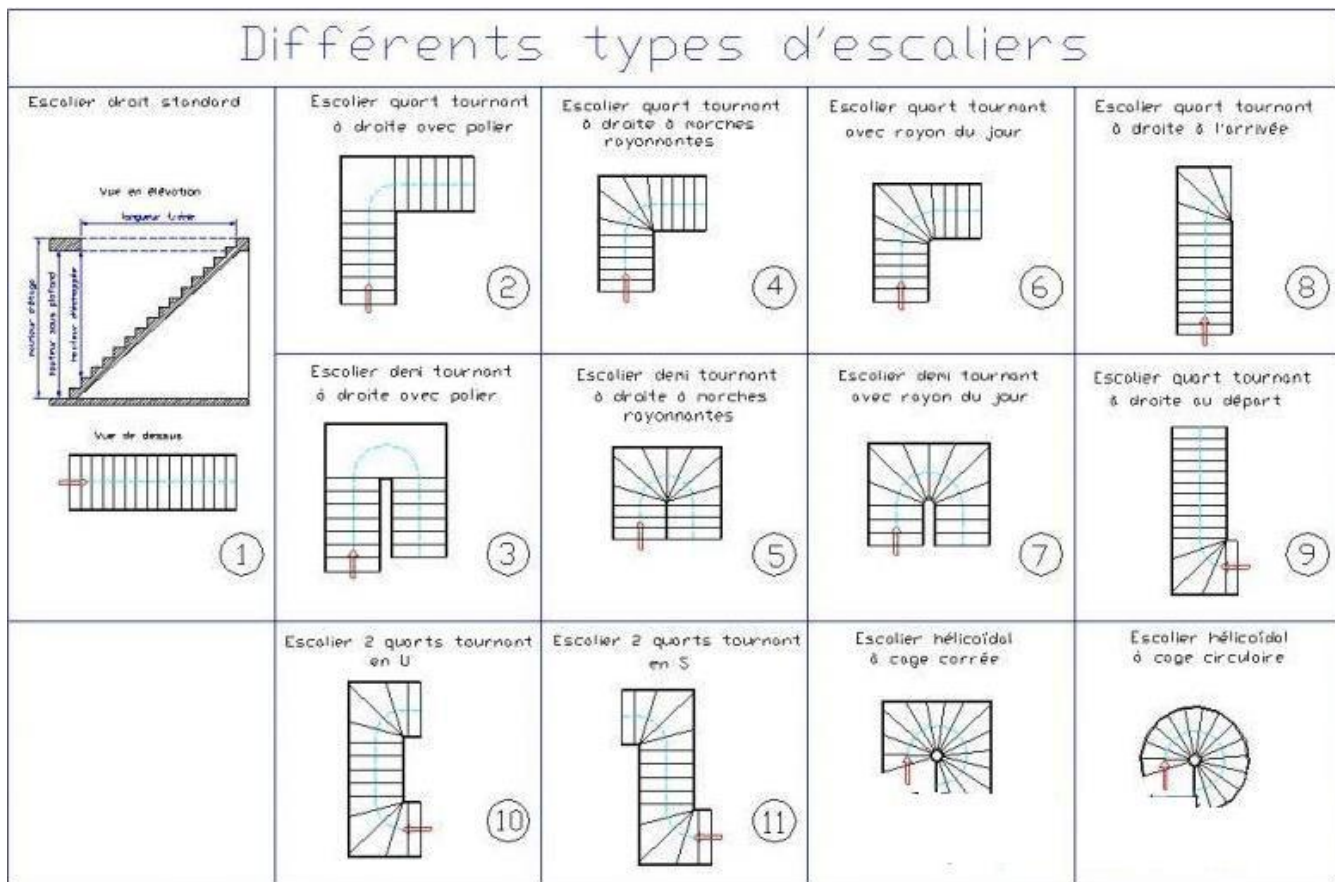
 **Dallages** : Un dallage est un ouvrage de grandes dimensions, en béton ou béton armé, qui repose uniformément sur le sol et qui transmet directement les charges qui lui sont appliquées au sol.



II. Spécifications pour les Eléments Secondaires :

1- **L'escalier** : est un ouvrage utilitaire dont la fonction est de permettre l'accès aux différents niveaux d'une construction par le biais des gradins successifs. L'assemblage de ces gradins donne un ensemble « escalier » dont chaque partie est définie par un terme précis. Les éléments composant un escalier sont : « voir figure ». Le choix des escaliers dépend des conditions d'utilisation de l'ouvrage, habitation, école, université, etc. si les dimensions de la cage le permettent, on peut lui adapter n'importe quelle forme. Il est possible de faire des escalier en béton armé, en bois, en métal ou en maçonnerie. Ils sont coulés sur place ou préfabriqués





2- Toitures: La toiture est l'ensemble des éléments porteurs et de protection destinés à former la fermeture supérieure de l'édifice (la cinquième façade), elle peut être inclinée ou horizontale ou sous une autre forme (coupole...). Il existe deux type de toitures :

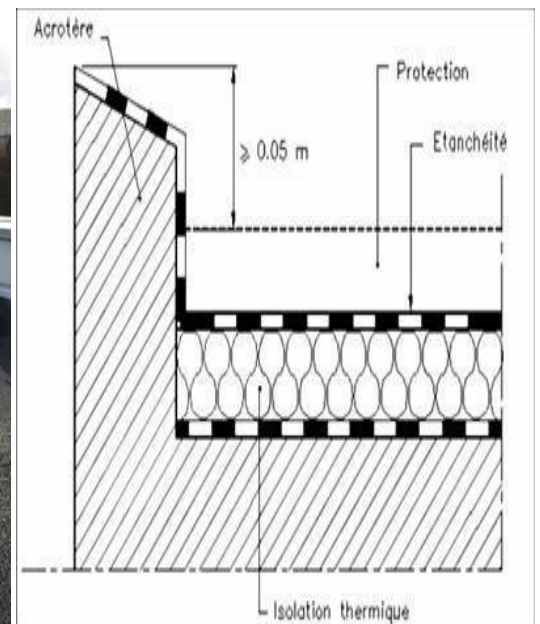
Toitures Plat : C'est une couverture presque horizontale, permettant la réalisation de terrasse, qu'elles soient d'immeubles, de bâtiments industriels ou de parkings. Une toiture-terrasse est le dernier plancher d'un bâtiment. La pente n'excède pas 15 % d'une construction et varie généralement de 0 à 3 % suivant le système d'étanchéité retenu. elles doivent être étanches pour assurer l'imperméabilité aux intempéries. Dans ce domaine, il existe plusieurs techniques et solutions qui doivent être adaptées à chaque utilisation. On cite deux type de terrasses :

- Les terrasses accessibles aux piétons, aux véhicules, tant à usage privé que public.
- Les terrasses non accessible uniquement ponctuellement pour l'entretien de la toiture ou des installations présentes sur la toiture (ventilation mécanique, conduit d'évacuation de fumée...), et de l'étanchéité.







Toiture Inclinée : C'est la couverture traditionnelle. Une charpente en bois ou métallique, la construction et constitue le support. La couverture comprend des éléments superposés de telle manière que l'eau de pluie ne pénètre pas entre les joints, elle est conduite vers le bas par la pente au chéneau. Ces éléments sont en bois (bardeau), pierres ou roches schisteuses(ardoise), en tuiles(zinc, cuivre, acier, béton, verre).



3- **L'acrotère** : En construction, dès lors qu'il est question de toit plat ou de toit terrasse, que la toiture soit accessible ou non, il est indispensable d'ajouter un **acrotère**, ou plus précisément un mur d'acrotère. L'acrotère est ce petit muret qui prolonge verticalement une façade au-dessus du niveau du toit. Donc l'acrotère puisse être considéré comme un garde-corps de sécurité. La confection d'un muret d'acrotère doit être normalement prévue dès l'avant-projet de construction afin que celui-ci soit élevé en même temps que les façades qu'il prolonge verticalement. La hauteur minimale d'un acrotère doit être suffisante pour permettre un relevé d'étanchéité de 15 cm.



III. Spécifications Concernant les Matériaux : Construire un ouvrage nous amène à faire des choix, choix du terrain, du type de construction, du style d'ouvrage que l'on souhaite... Parmi les décisions primordiales qui précèdent la construction figure évidemment celle du choix des matériaux de construction.

-  **Le béton :** Solide, stable, résistant, le béton a une excellente réputation parmi les différents matériaux de construction qui existent. Le béton s'avère toujours un choix sage, car c'est un matériau aux très bonnes capacités thermiques, régulateur d'humidité et très résistant. C'est aussi un excellent isolant.
-  **L'acier :** Le secteur de la construction au sens large, emploie un acier standardisé et normalisé pour la réalisation d'ouvrages de génie civil. C'est un élément essentiel qui sert pour former le squelette des bâtiments, armer le béton, renforcer les fondations. Il est utilisé pour la tuyauterie, il habille les façades et les toitures. La popularité de l'acier dans la construction résulte de sa polyvalence, sa résistance, sa durabilité, son potentiel esthétique, sa capacité à bien se travailler avec d'autres matériaux et l'application de techniques industrielles dans la construction.
 - **Un gain d'espace :** Les caractéristiques mécaniques naturelles de l'acier (rapport élevé résistance/poids notamment) autorisent la création de structures porteuses légères qui permettent de gagner de l'espace habitable pouvant atteindre jusqu'à 7% des surfaces comparé à d'autres solutions. Un matériau pérenne.
 - **Une longévité** assurée grâce à l'emploi d'alliages ou de nombreux systèmes de protection contre la corrosion.
 - **Des économies** d'énergie. Associé à des solutions d'isolation externe les déperditions sont très fortement réduites, limitant les besoins de chauffage et de climatisation.
-  **Le parpaing :** Parmi les différents matériaux de construction présents sur le marché, c'est le parpaing qui est aujourd'hui le plus utilisé. On le confond souvent avec le bloc de béton, mais le parpaing est en réalité un aggloméré ciment. Très solide, le parpaing possède également de bonnes qualités isolantes.
-  **Le bois :** Ces dernières années, le bois a fait son grand retour dans l'arène de la construction, pour devenir l'un des matériaux les plus prisés. Sans doute son charme naturel et authentique, mais aussi son pouvoir isolant, 10 fois supérieur à celui du béton. Et si l'on veut se construire soi-même une maison écolo avec de jolis murs en bois, on achète des briques de bois (ou parpaings de bois) que l'on pourra monter rapidement tout seul.
-  **La pierre :** Parmi les différents matériaux de construction possibles, la pierre est sans doute celui qui a le plus de caractère et d'authenticité. En plus, c'est un des matériaux qui dure le plus dans le temps. Mais les qualités esthétiques de la pierre sont souvent éclipsées par son coût assez élevé, un mur en pierre naturelle ou en pierre de taille, ça n'est malheureusement pas accessible à tous les budgets.
-  **La brique :** Pleine ou creuse, la brique est un matériau ancestral naturel (terre cuite). Plus chère que les parpaings, ses performances énergétiques jouent heureusement en sa faveur. Elle doit incontestablement son succès à ses grandes qualités thermiques, la brique est en effet réputée pour ne pas laisser s'échapper la chaleur en hiver, mais conserver la fraîcheur en été, et préserver notre budget énergie.

