

Guide Complet

Procédés Généraux de Construction et Métrés

(Gros Œuvre & Second Œuvre)



Procédés Généraux de Construction & Métrés

Pr. Mohammed HILAL



Matière : Procédés Généraux de Construction & Métrés

Classe : GC3

Professeur : Mohammed HILAL

Année Universitaire : 2022-2023

www.cours-genie-civil.com

Plan du module :

- I. Prendre connaissance des différentes étapes de construction
 1. Définir les différentes étapes de construction partie gros œuvre
 - a. Etude du sol
 - b. Terrassement
 - c. Excavation
 - d. Fondation
 - e. Assainissement
 - f. Soubassement
 - g. Plancher
 - h. Elévation
 - i. Toiture
 - j. Menuiserie extérieure
 2. Définir les différentes étapes de construction partie second œuvre
 - a. Enduit de façade
 - b. Isolation thermique et phonique
 - c. Revêtement et cloison intérieurs
 - d. Menuiseries intérieures
 - e. Escaliers
 - f. Plomberie/Electricité
 - g. Ventilation
 - h. Climatisation
 - i. Domotique
 3. Caractériser les étapes de construction partie Finition
 - a. Revêtement du sol
 - b. Peinture
 - c. Equipement interne
- II. Choisir le type de fondation selon la nature de sol
 1. Choisir les fondations selon la nature du sol
 - a. Les terrassements
 - b. Fondations superficielles
 - c. Radier général
 - d. Fondations profondes
 2. Caractériser les différents types de semelles de fondation
 - a. Fondations superficielles
 - b. Radier général
 - c. Fondations profondes
 - d. Mode opératoire
- III. Les éléments en béton armé de la superstructure
 1. Les poutres
 2. Les poteaux
 3. Les voiles
 4. Mode opératoire
- IV. Définir les différents types de murs

1. Identifier les différents types de murs
 - a. Murs de façade
 - b. Murs pignons- Murs mitoyens
 - c. Murs de façade arrière
 - d. Murs de refend/d'échiffre/ de clôture
 - e. Murs de soutènement
2. Caractériser les fonctions des murs
 - a. Différentes fonctions des murs (visuelle, ensoleillement ; porte charges permanentes, isolation)
3. Identifier les différents types de cloisons
 - a. Cloisons légères entre poteaux (carreaux de plâtre entre poteaux, brique plâtrières creuses, pleines)
 - b. Cloisons sans poteaux (agglomérés de ciment)
 - c. Cloisons amovibles (fibres de bois agglomérées, coupeaux agglomérés, panneaux métalliques ...)
 - d. Cloisons translucides en brique de verre
4. Mode opératoire
- V. Caractériser les ouvertures dans les murs et leurs rôles
 1. Caractériser les portes
 - a. Différentes parties d'une porte : Parties fixes, Parties mobiles
 2. Caractériser les fenêtres
 - a. Fenêtre à la française
 - b. Fenêtre à l'anglaise
 - c. Fenêtre pivotante
 - d. Fenêtre basculante
 3. Caractériser les techniques de pose des portes et fenêtres
 - a. Techniques de fixation des bâtis et isolation
 - b. Reprise des charges au-dessus des ouvertures
- VI. Définir le rôle et l'emplacement de chaînage
 1. Caractériser les chaînages
 - a. Chaînages verticaux
 - b. Chaînages horizontaux
 - c. Chaînages inclinés
 2. Caractériser le rôle des chaînages
 - a. Chaînages verticaux
 - b. Chaînages horizontaux
 - c. Chaînages inclinés
- VII. Caractériser les planchers et leurs rôles
 1. Caractériser les différents types de plancher
 - a. Planchers à corps creux et poutrelles
 - b. Planchers à dalle pleine en béton armé
 - c. Planchers préfabriqués avec prédalles
 2. Caractériser les rôles des planchers
 - a. Transmission des charges aux murs et poteaux.
 - b. Séparation des niveaux

- c. Supports rigides pour les revêtements de sol (parquet, carrelage, etc.)
 - d. Isolation thermique et acoustique
- VIII. Définir les différentes couches constituant les terrasses et leurs fonctions
 - 1. Identifier les différentes couches constituant la terrasse
 - 2. Caractériser les fonctions des terrasses
 - 3. Caractériser les ouvrages accessoires
- IX. Dimensionner un escalier
 - 1. Les différentes parties d'un escalier
 - 2. Les différents types des escaliers
 - 3. Le Dimensionnement d'un escalier
 - 4. Mode opératoire
- X. Caractériser l'assainissement d'un bâtiment
 - 1. Caractériser la provenance des eaux à évacuer
 - 2. Identifier les différents réseaux d'assainissement
 - 3. Caractériser les dispositifs de traitement des eaux usées
 - 4. Caractériser les différents types de canalisations
- XI. Caractériser les principaux éléments des installations des lots second œuvre
 - 1. Identifier les rôles et les éléments principaux des circuits et réseaux de CVC
 - a. Définition et terminologie de CVC
 - b. Principes et rôles du chauffage
 - c. Principes et rôles de la ventilation
 - d. Principes et rôles de la climatisation
 - 2. Identifier les rôles et les éléments principaux des circuits et réseaux électriques
 - a. Définition et terminologie des circuits électriques domestiques
 - b. Principes et rôles des circuits électriques domestiques
 - 3. Identifier les rôles et les éléments principaux des circuits et réseaux de plomberie
 - a. Définitions
 - b. Les différentes phases d'installation de la plomberie
- XII. Caractériser la réalisation d'une portion de route
 - 1. Dimensionner une chaussée
 - a. Terminologie routière
 - b. Dimensionnement d'une chaussée
 - c. Différentes couches d'une chaussée
 - 2. Utiliser les matériaux et matériel routier
 - a. Matériaux routiers
 - b. Matériel routier
 - 3. Caractériser les phases d'exécution d'une chaussée
- XIII. Caractériser les travaux des ouvrages d'art
 - 1. Définir les ouvrages d'art
 - a. Différents types d'ouvrage d'art
 - 2. Caractériser les techniques de réalisation des ouvrages d'art
 - a. Phases de réalisation d'un pont
 - b. Phases de réalisation d'un mur de soutènement
 - c. Phases de réalisation d'un tunnel
 - d. Phases de réalisation d'un barrage

I. Prendre connaissance des différentes étapes de construction

Lors de travaux de construction, on note trois étapes distinctes : le gros œuvre, le second œuvre et la finition.



1. Définir les différentes étapes de construction :Partie gros œuvre

Le gros œuvre assure la solidité et la stabilité de la construction. Il est alors impératif que les travaux soient parfaitement réalisés. Il inclut :

- L'étude de sol
- Le terrassement
- L'excavation
- Les fondations
- L'assainissement
- Le soubassement
- Le Plancher
- L'élévation
- La toiture
- Les menuiseries extérieures

a. Etude du sol

Par nature, les sols sont hétérogènes et ces disparités dans la composition d'un sol peuvent parfois engendrer des désordres, voire des sinistres s'ils ne sont pas pris en compte dans la construction de votre projet. En effet, il est important de prévoir une étude de sol en amont de votre projet.

L'étude de sol permet de caractériser la nature du sous-sol afin de pouvoir définir les principes de construction et le type de fondations nécessaires à la pérennité de votre projet.

La réalisation d'une étude de sol préalable permet de :

- Caractériser le sol de fondation et les aléas géologiques du site
- Définir les capacités d'absorption des eaux pluviales par le sous-sol
- Définir les solutions d'adaptation au sol et de fondations pertinentes

→ Une étude de sol est-elle obligatoire ?

L'absence d'étude de sol ou une étude de sols incomplète est responsable de près de la moitié des sinistres des constructions. Celles-ci entraînent des coûts et délais importants de réparations et une gêne importante liée à la durée des expertises.

→ Les étapes d'une étude de sol

Etape 1 : L'étude du lieu

Le géotechnicien se chargera d'analyser l'environnement du terrain au moyen de recherches documentaires. Il s'appuiera notamment sur des cartes géologiques, des rapports de chantiers précédents et des plans pour réaliser son analyse.

Etape 2 : La reconnaissance visuelle

Le sol est ensuite creusé à l'aide d'une tarière ou d'une tractopelle afin de connaître l'homogénéité du terrain. Cette étape permet également de repérer la présence d'eau.

Etape 3 : La mesure de la résistance au sol, le calcul du frottement et le forage pressiométrique

L'expert chargé de l'étude analysera ensuite la résistance dynamique du terrain à l'aide d'un pénétromètre. Durant cette étape, le géotechnicien recherchera également la présence de gypse, un minéral acide qui aurait des effets très néfastes pour le béton. Toujours à l'aide du pénétromètre, l'expert pourra effectuer un calcul de frottement. Enfin, un forage pressiométrique est effectué pour connaître la déformation du sous-sol.

Etape 4 : Prélèvement et test

Des prélèvements seront effectués pour des tests en laboratoire qui permettront de connaître la teneur en argile et en eau du sol. Ces tests cumulés aux étapes précédentes permettent à l'expert d'établir un rapport.

Etape 5 : Rapport et prescriptions

Une fois l'étude de sol réalisée, le géotechnicien émettra un rapport en indiquant l'ensemble de ses prescriptions géotechniques pour une construction. Le rapport est composé de cartes de documents décrivant les risques géotechniques de l'environnement. Ces prescriptions permettent au maître d'œuvre de choisir le type de fondation adaptée et de prévoir un drainage si besoin. Le maître d'œuvre se chargera de s'assurer de la faisabilité des prescriptions du géotechnicien.

b. Terrassement :

Le terrassement est une mise en forme du terrain avant la construction. Il représente l'ensemble des travaux de fouille, de transport, d'entassement de terre, pratiqués pour modifier le relief d'un terrain.



Figure 1: Terrassement d'un terrain

Le remaniement des terrains naturels entraîne une modification de la topographie et du paysage, en créant des ouvrages en terre soit en remblai (ajout de terres pour niveler ou élever le sol) soit en déblai (enlèvement de terres pour niveler ou baisser le sol).



Figure 2: Représentation du Remblai et du déblai

c. Excavation :

Le principe d'excavation consiste d'extraire la terre afin d'abaisser le niveau du sol. Ceci permet de ménager une assise plus basse que le niveau alentour et d'atteindre une couche de sol plus ferme (creusement de fondations, de dalle de piscine...). La terre extraite peut être stockée en remblai ou bien évacuée.



Figure 3: Excavation

Dans le cas où l'excavation est de dimensions réduites, elle peut être réalisée manuellement à l'aide d'une pioche, bêche, pelle...

Dans le cas où le volume de terre à extraire est important, l'excavation est réalisée grâce à des engins d'excavation (pelle mécanique, excavatrice...) et de transport (transporteur, camion...).

d. Fondation :

Les fondations d'un ouvrage assurent la transmission et la répartition des charges (poids propre, charges d'exploitation et surcharges climatiques) de cet ouvrage sur le sol.

Il existe plusieurs techniques de mise en œuvre selon :

- La nature du sol : Le résultat de l'étude de sol indiquera la nature et la portance du sol, ce qui permettra de déterminer le type de fondations à adapter au terrain,
- Les charges appliquées,
- Le type de l'ouvrage

e. Assainissement :

L'assainissement représente l'ensemble des techniques qui permettent l'évacuation et l'épuration des eaux usées.

Ces eaux sont traitées soit de manière collective, elles sont ainsi évacuées par les égouts, soit elles sont traitées de manière individuelle par une fosse septique.

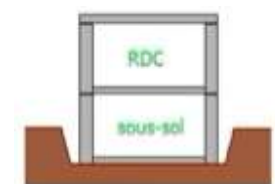
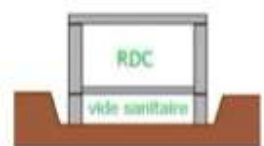
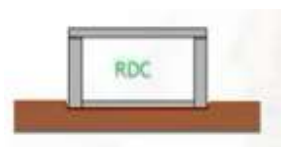
f. Soubassement :

Un soubassement est l'ensemble des infrastructures qui soutiennent la construction, au-dessus des fondations.

Une fois les fondations coulées, on réalise les soubassements.

Il existe trois types de soubassement :

- *Le soubassement de type hérisson* : Le rez-de-chaussée repose directement sur les fondations. Le sol naturel est tout d'abord décapé, couvert de pierres compactées et recouvert d'une dalle comportant un treillis métallique et d'un film plastique empêchant les remontées d'humidité.
- *Le soubassement de type vide-sanitaire* : permet de laisser un espace d'au moins 20 cm entre les fondations et le sol. Cette technique permet de construire sur un terrain en pente, et elle est particulièrement adaptée pour protéger la maison des risques d'inondations et d'infiltrations d'eau.
- *Le soubassement de type sous-sol* : C'est un étage supplémentaire conçu dans les plans, qui est creusé dans le sol naturel. Il permet d'obtenir une surface habitable plus importante (une cave ou un garage...)



g. Plancher :

C'est un élément porteur horizontal séparant deux étages d'une construction.

Les planchers permettent de recevoir les charges (permanentes et d'exploitations) et les transmettre aux éléments porteurs. Les planchers servent aussi de supports rigides pour les revêtements de sol (parquet, carrelage, etc.).

h. Elévation :

Après la construction des fondations, l'assainissement et les soubassements, vient l'élévation des murs.

Selon les préférences, on travaille avec la brique, le parpaing, la pierre....

Les linteaux sont installés progressivement aux futurs emplacements des portes et fenêtres.

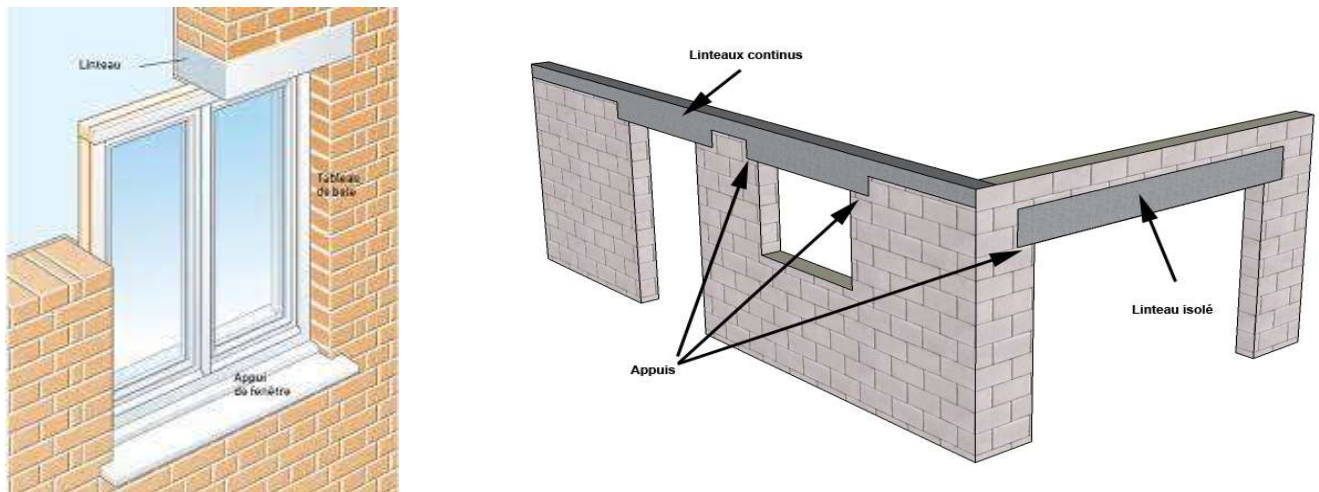


Figure 4: Représentation des linteaux

i. Toiture :

La toiture constitue un élément essentiel de la construction. Elle permet d'assurer une fonction de protection contre les intempéries et les agressions extérieures (pluie, neige, sable, poussières). La toiture a également une fonction isolante.

j. Menuiserie extérieure :

Les menuiseries extérieures sont les portes et fenêtres. Les portes et fenêtres assurent à la fois la sécurité et l'isolation de la construction.

Les menuiseries extérieures peuvent être en bois, en aluminium, en PVC, en acier...



2. Définir les différentes étapes de construction : Partie second œuvre :

Le second œuvre désigne l'ensemble des travaux qui succèdent aux travaux de gros œuvre. Le second œuvre a donc pour fonction d'aménager et d'habiller la structure pour la rendre habitable. Il inclut :

- Enduit de façade
- Isolation thermique et phonique
- Revêtement et cloison intérieurs
- Menuiseries intérieures
- Escaliers
- Plomberie/Electricité
- Ventilation
- Climatisation
- Domotique

a. Enduit de façade :

L'enduit de façade permet d'imperméabiliser les murs, les uniformiser et les décorer. Il peut être utilisé sur différents types de matériaux comme le béton, la pierre ou la brique et peut aussi être recouvert de peinture pour la finition.



Un enduit de façade fait généralement référence à une ou diverses couches de mortier appliqué sur un support.

b. Isolation thermique et phonique :

L'isolation thermique permet de minimiser la consommation d'énergie et de réguler la température d'une pièce en empêchant les transferts de chaleur entre des environnements de températures différentes.

➔ Quels éléments d'une construction sont à isoler ?

Il faut isoler tous les éléments qui donnent vers l'extérieur : les murs extérieurs, les planchers, la toiture, les fenêtres et les portes.

L'isolation phonique permet de réduire la transmission des nuisances sonores extérieures.

Pour être efficace, l'isolation thermique doit être traitée de manière globale en prenant en compte

- Le contexte architectural du local à isoler (jonction entre les parois, matériaux de structure) ;
- Des produits et systèmes isolants aux propriétés acoustiques adaptées pour atteindre l'objectif visé ;
- Une mise en œuvre soignée, indispensable à l'obtention de la performance attendue des solutions acoustiques mises en œuvre.

c. Revêtement et cloison intérieurs :

Le *revêtement* c'est l'ensemble des différents matériaux qui contribuent à habiller les matériaux de gros œuvre afin de les recouvrir, les protéger et les orner.

Selon l'activité poursuivie dans le local on choisit le revêtement qui convient pour un bon fonctionnement et une bonne protection.

Une *cloison intérieure* est un élément de maçonnerie non porteur qui sert à séparer des espaces, diviser une pièce ou créer de nouveaux espaces de vie ou de rangement.

d. Menuiseries intérieures :

La menuiserie intérieure consiste à réaliser la structure intérieure d'une construction à travers la fabrication et la pose de portes intérieures et à réaliser de différents aménagements intérieurs à savoir : placards, dressings, étagères, rangements, ensembles de cuisines, meubles de salles de bain, etc.

Ces réalisations peuvent être en bois, en aluminium, en PVC ou en matériau composite.

e. Escaliers :

Dans une construction, l'installation d'un escalier est souvent incontournable. Les escaliers permettent d'accéder à un étage supérieur, d'atteindre une mezzanine, de combler une différence de niveaux entre deux pièces...

Parmi les types d'escaliers, on cite :

- Escalier droit
- Escalier tournant
- Escalier hélicoïdal

f. Plomberie et Electricité :

La *plomberie* consiste à :

- Raccorder toute la construction à l'arrivée d'eau du réseau public de distribution
- Installer un réseau de tuyauteries pour réaliser l'adduction de toute la construction
- Évacuer les eaux usées

La réalisation des travaux d'adduction se fait par un système de tuyauterie qui va permettre grâce à un réseautage complexe, de répartir l'eau dans toute la construction.

L'évacuation des eaux usées se fait par un système de tuyauterie qui va déverser les eaux usées dans le système d'égout de la ville.

Pour installer le réseau *électrique*, on commence par recenser tous les points d'utilisation potentiels dans la construction. On évaluera le nombre de prises de courant dans les différentes pièces – sachant qu'il en faut plusieurs pour un bon confort au quotidien.

Pour installer le réseau électrique, on commence par recenser l'ensemble des points potentiels d'utilisation électrique à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur de la construction. En effet, ces points devront ensuite être alimentés en électricité par un réseau de gaines électrique. L'ensemble des gaines et câbles électriques doivent tous être reliés et se rejoindre au tableau électrique de la construction qui reçoit l'énergie électrique depuis un fournisseur d'énergie.

Toute installation électrique doit être conforme aux normes. Une bonne installation permet de garantir le confort quotidien des usagers et limite les risques d'accidents en rapport avec l'électricité.

g. Ventilation :

La ventilation permet le renouvellement et l'assainissement de l'air intérieur d'un local ou d'une construction afin d'apporter suffisamment d'air frais ou d'air neuf hygiénique nécessaire aux individus et de réduire l'humidité.

h. Climatisation :

La climatisation permet de maintenir le confort et les caractéristiques de l'air ambiant dans des valeurs de température, d'humidité et de qualité de l'air pour le ressenti humain ou pour maintenir un process (exemple climatisation de datacenters).

i. Domotique :

La domotique rassemble les différentes techniques qui permettent de contrôler, de programmer et d'automatiser une habitation. Elle regroupe et utilise ainsi les domaines de l'électronique, de l'informatique, de la télécommunication et des automatismes.

La domotique opère dans un champ technique et informatique très vaste. Elle permet de programmer la plupart des appareils et dispositifs électriques de la construction, depuis l'éclairage et le chauffage jusqu'aux équipements audiovisuels et électroménagers, en passant par l'ouverture des fenêtres. Elle facilite également le contrôle de l'habitation en gérant les systèmes d'alarme, les préventions incendie, ou encore la température au sein des pièces.

3. Caractériser les étapes de construction : Partie Finition :

Les finitions désignent les techniques mises en œuvre pour achever votre projet.

a. Revêtement du sol :

Le revêtement de sol est un matériau destiné à recouvrir une partie ou la totalité d'un sol. Le choix du type de revêtement de sol correspond à l'usage quotidien et aux caractéristiques de la construction.

b. Peinture

La peinture concerne tous les travaux de protection et de finition des éléments de construction, intérieurs et extérieurs.

Les travaux de peinture sont réalisés par le peintre en bâtiment.

c. Equipement interne :

La dernière étape consiste à installer des équipements internes dans la construction à savoir : les équipements de cuisine, les équipements de salle de bain...



E-Learning QUIZ : 1. Les différentes étapes de construction

Veuillez répondre au quiz « Les différentes étapes de construction » sur LMS

II. Choisir le type de fondation selon la nature de sol

1. Choisir les fondations selon la nature du sol

a. Les terrassements :

Pour construire un ouvrage, quel qu'il soit (bâtiment, route, pont...), il est nécessaire d'effectuer les travaux de terrassement pour modifier le relief du terrain naturel.

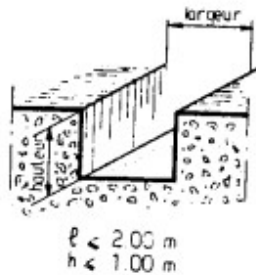
Les terrassements correspondent à la première phase de travaux en vue de l'édification d'un ouvrage. Les travaux de terrassement sont variables d'un chantier à l'autre, selon la configuration du terrain, le volume enterré de la construction, la nature du terrain (roche, sable, argile...).

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

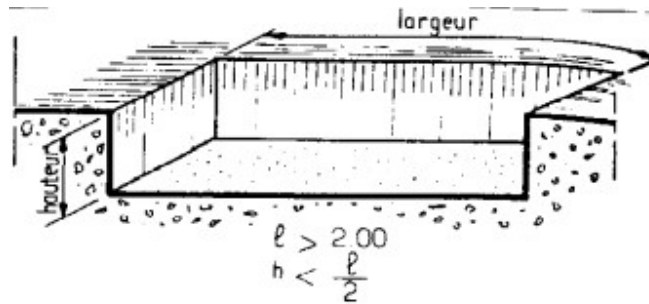
- **Décapage en surface :** (décapage de la terre végétale) :
L'épaisseur de la couche à décaper varie de 20 à 30 cm. On quantifie souvent ce décapage en m^2 .



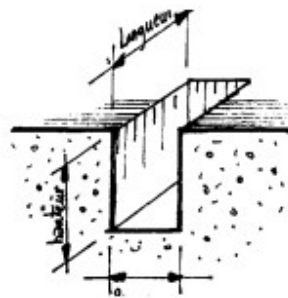
- **Fouilles :** On distingue :
 - Fouilles en rigoles : Elles correspondent aux semelles filantes (fondations sous les murs et les voiles de l'ouvrage).



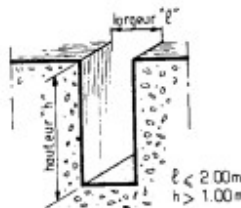
- Fouilles en pleine masse : Elles correspondent à un terrassement général de la surface à construire, dont la profondeur est limitée, par exemple, au niveau du sol des caves de la construction.



- Fouilles en trou pour fondations : Elles correspondent aux semelles isolées (fondations sous les poteaux...).

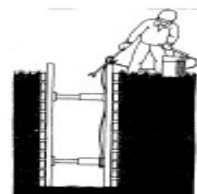


- Fouilles en tranchées : Elles sont réalisées en général pour la pose de canalisations.



- Fouilles en puits : Elles correspondent à un terrassement de petite surface et de grande profondeur.

- Le blindage des fouilles : La hauteur des fouilles peut être importante ce qui impose la mise en place d'un blindage. Le blindage est l'ensemble des moyens mobilisés pour assurer la stabilité et la résistance des parois des fouilles.



— **Le déblai / Remblai :**

Le déblai consiste à enlever des terres pour abaisser le niveau du terrain

Le remblai consiste à apporter des terres pour relever le niveau du terrain

- ✓ Le phénomène de foisonnement :
Lorsqu'on creuse un trou dans le sol, le volume apparent des déblais est supérieur au volume du trou.
Si on remet les déblais en place et après compactage, on constate un excédent de matériaux.
Ce phénomène de décompression des terres est appelé "foisonnement". Il dépend de la nature du sol.
- **Stabilité des talus** : Pour obtenir un équilibre stable, nécessaire à la bonne tenue des terres en remblais et des tranchées, il convient de donner aux talus qui limitent ces terrassements une inclinaison convenable. Cette inclinaison dépend essentiellement de la nature du sol.
- **Le compactage** : C'est l'opération qui consiste à tasser un sol par un moyen mécanique comme le rouleau ou la dame. Le tassement se fait par resserrement des particules solides du sol et réduction des vides.
- **Transport des terres** : Les véhicules employés pour le transport des terres sont choisis en rapport avec l'importance du chantier, et le genre de travail à effectuer.



Figure 5: Quelques engins de terrassement

→ Les travaux de terrassement dépendant directement de la nature des sols. Une étude de sol est donc requise avant les terrassements.

Les terrains sont classés selon les difficultés d'extraction :

Désignation	Nature des terres	Angle du talus naturel	Coefficient de foisonnement
Terrain ordinaire	Sable	10 à 25°	10 à 20 %
	Gravier	30 à 40°	25 %
	Terre végétale	30 à 50°	10 à 25 %
Terrain semi-compact ou moyen	Cailloux	40 à 50°	50 %
Terrain compact	Argile	30 à 50°	25 %
	Marne	30 à 45°	25 %
Roches	Grès tendre	50 à 90°	50 %
	Roches diverses		plus de 50 %

La présence d'eau dans les sols, modifie de manière non négligeable ses caractéristiques et les modes de terrassements pour cela il faut :

- Collecter les eaux de ruissellement
- Pomper les venues d'eau (faible) ou drainer
- Dans le cas de nappe phréatique avec présence d'eau permanente il faut procéder à un rabattement de nappe

b. Types de fondations :

La fondation d'un ouvrage est l'élément de liaison fondamental entre celui-ci et le sol ; elle est chargée de transmettre à ce dernier des charges et des surcharges engendrées par la construction en service.

Les critères influant le choix d'une fondation sont :

- La résistance du sol
- Le type d'ouvrage
- Le coût d'exécution

Pour projeter correctement une fondation, il est indispensable de posséder des renseignements aussi précis que possibles sur les caractéristiques géotechniques des différentes couches qui constituent le terrain de fondation et ceci à une profondeur suffisante qui dépend des dimensions de l'ensemble du système de fondation projeté.

On distingue trois modes essentiels de transmission des charges des constructions aux sols d'assise :

- Fondations superficielles
- Fondations profondes
- Radier général

→ **Fondations superficielles :**

On parle de fondations superficielles, lorsque celles-ci sont faiblement ancrées dans le sol. Les contraintes qu'elles transmettent ne sollicitent que les couches superficielles et peu profondes. Les fondations superficielles travaillent essentiellement grâce à la résistance du sol sous la base. Le sol doit ainsi être de bonne qualité et avoir une bonne capacité portante permettant de reprendre les charges de la construction.

→ **Radier général :**

Le radier est constitué par une semelle générale couvrant toute la surface de l'ouvrage. Le radier transmet les charges de l'ouvrage, sur l'ensemble de sa surface, au sol.

La solution de fondation par radier général se justifie lorsque :

- Les charges à transmettre au sol sont élevées (ouvrage de grande hauteur par exemple : bâtiments hauts, silos, réservoirs, châteaux d'eau...)
- La capacité portante du sol est faible mais le sol est homogène.
- Le sous-sol de la construction est inondable : le radier joue alors le rôle d'un cuvelage étanche pouvant résister aux sous-pressions.

→ **Fondations profondes :**

Quand le sol de bonne qualité se trouve à une très grande profondeur, il faut chercher à transmettre les charges des fondations au-dessus de ce sol. Les fondations profondes serviront d'intermédiaire pour la transmission des charges jusqu'au bon sol.

Les fondations profondes sont utilisées quand le sol en surface est de trop mauvaise qualité ou alors que le coût pour réaliser une fondation superficielle devient trop important.

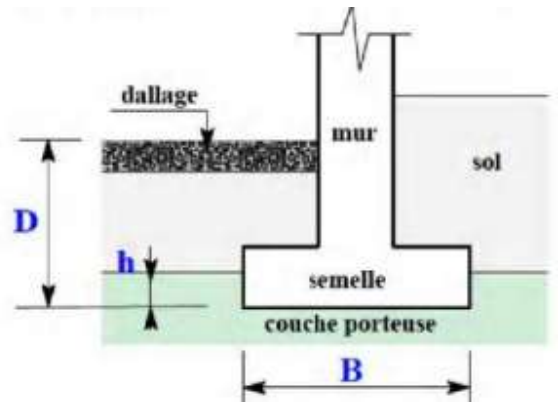
f. **Caractériser les différents types de semelles de fondation :**



a. **Fondations superficielles :**

→ Une fondation superficielle est définie par des caractéristiques géométriques.

- L : représente la longueur de la semelle ou du plus grand côté d'une semelle.
- B : représente la largeur de la semelle ou du plus petit côté de la semelle.
- D : représente la hauteur d'encastrement de la semelle ; la hauteur minimum au-dessus du niveau de la fondation.
- h : représente l'ancrage de la semelle ; la hauteur de pénétration de la semelle dans la couche porteuse



→ Les différents types de semelles sont :

– **Les semelles isolées :**

Les semelles isolées désignent des fondations qui ne sont pas continues sous la structure mais sont **localisées** à des endroits bien précis de la structure (généralement sous des poteaux). Les semelles isolées sont utilisées sous les poteaux isolés, les poteaux de rive, les poteaux d'angle ou les poteaux intérieurs...

Une semelle isolée est caractérisée par « $L/B \leq 5$ ». On distingue :

- La semelle circulaire ($B = 2R$)
- La semelle carrée ($L = B$)
- La semelle rectangulaire ($B \leq L \leq 5B$)

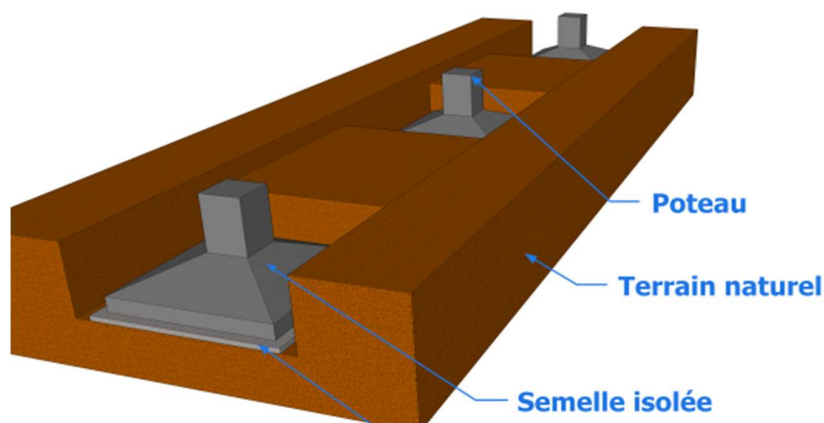
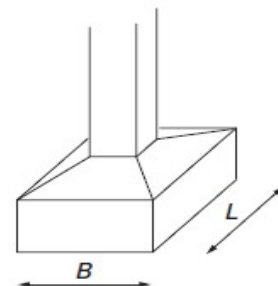


Figure 6: Représentation des semelles isolées sous poteaux

— **Les semelles filantes :**

Les semelles filantes désignent les semelles continues. Elles servent à répartir les charges sur une plus grande surface afin que l'ouvrage ne s'enfonce pas dans le sol. Ce type de semelle est mieux adapté à des sols moins homogènes, car la surface de contact est plus importante ce qui limite le risque de tassement différentiel, en d'autres termes, des tassements plus importants à certains endroits entraînant une instabilité. Les semelles filantes sont utilisées pour supporter un mur porteur, plusieurs poteaux rapprochés, voiles...

La semelle filante est caractérisée par « $L/B \geq 5$ »

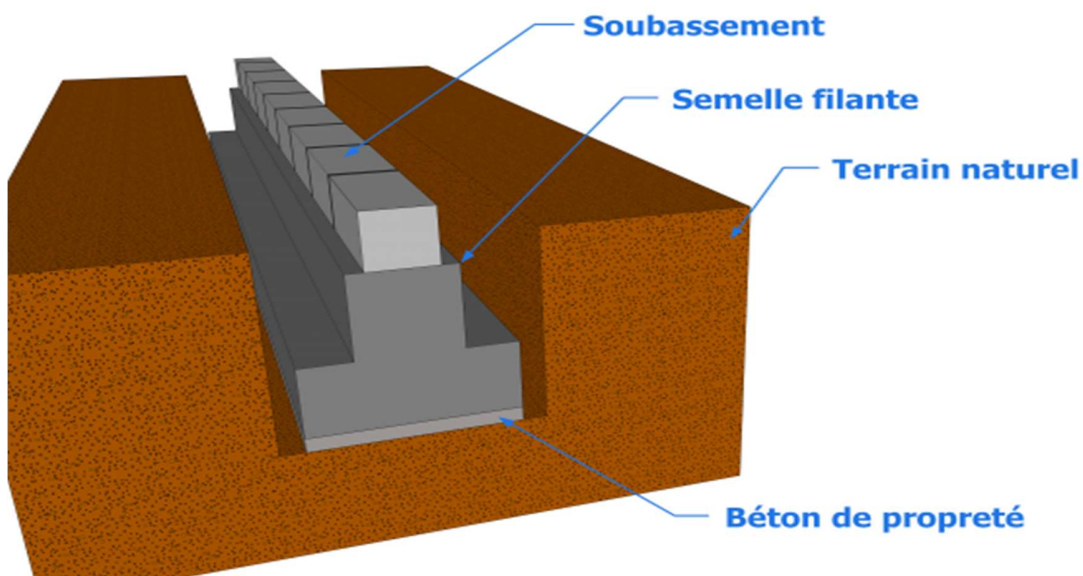
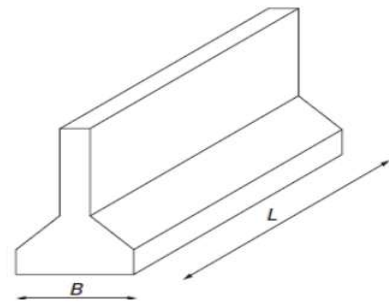


Figure 7: Exemple d'une semelle filante

→ Structure d'une fondation superficielle :

- Béton de propreté : Il évite le contact direct de la semelle de fondation avec le sol et la souillure de la semelle par le sol lors du bétonnage.
- Semelle : Elle doit être en béton armé.
- Armatures : Elles se composent de barres ou de treillis soudés. Elles renforcent le béton qui résiste très peu à la traction.
- Soubassement : lié à la fondation
- Drain et tout-venant : Un drainage périphérique autour de la construction n'est nécessaire qu'en présence d'une nappe phréatique peu profonde. Il se compose d'un drain en béton poreux entouré d'un matériau filtrant.
- Arase étanche : C'est un mortier composé de ciment hydrofuge. Elle évite les remontées d'eau par capillarité dans les murs supérieurs.
- Isolant vertical : Il permet au sol se trouvant à l'intérieur du bâtiment de ne pas geler et d'éviter les ponts thermiques.
- Terre pleine compactée : Uniquement dans le cas d'un dallage, elle lui sert d'assise.

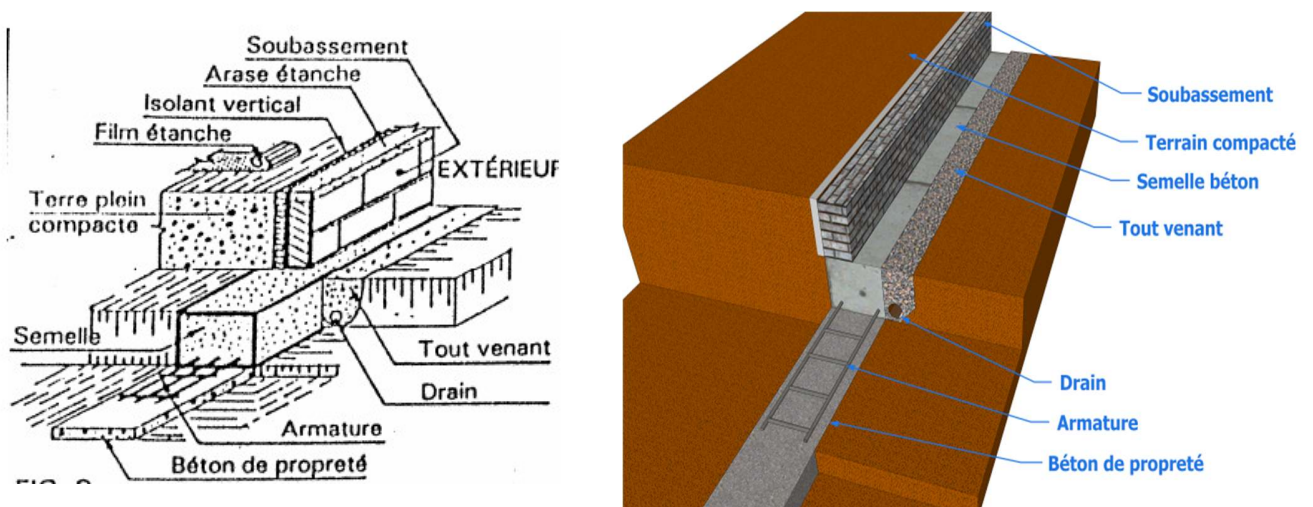
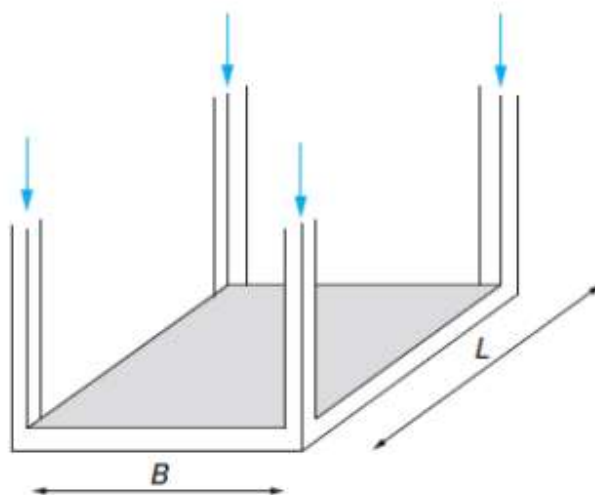


Figure 8: Structure d'une fondation superficielle



b. Radier general :

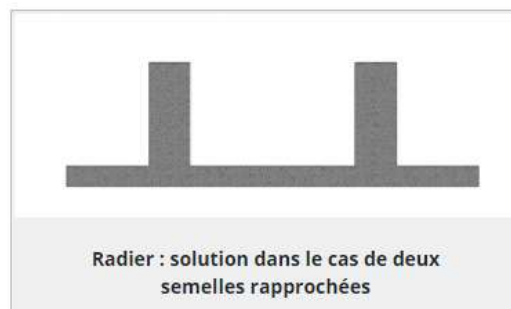
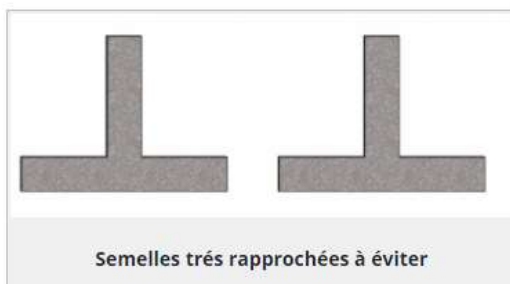
Le radier est une fondation répartie sur toute la surface de la structure. Comme la charge est répartie sur une plus grande surface, cela permet de diminuer la contrainte que l'on applique sur le sol. C'est une technique relativement appréciée quand le sol n'est pas de très bonne qualité.



Il ne faut pas confondre radier et dalle. Quand on parle de la dalle d'un bâtiment, on désigne son plancher avec une épaisseur en général de 15 à 20 cm. Le radier désigne quant à lui directement les fondations qui sont reliées au mur porteur. C'est une hyperstructure de dimension plus conséquente environ 30 cm.

On utilise un radier général si les semelles isolées deviennent très larges en raison de :

- Faible capacité portante du sol.
- Charges très élevées.
- Rapprochement des poteaux.
- Difficulté d'établir des pieux.





E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation d'un radier »

<https://www.youtube.com/watch?v=tS2pkCt99oE&list=PLAJ9gAxB6qf2aj8NLIP-klclUJf5HAvab&index=10>

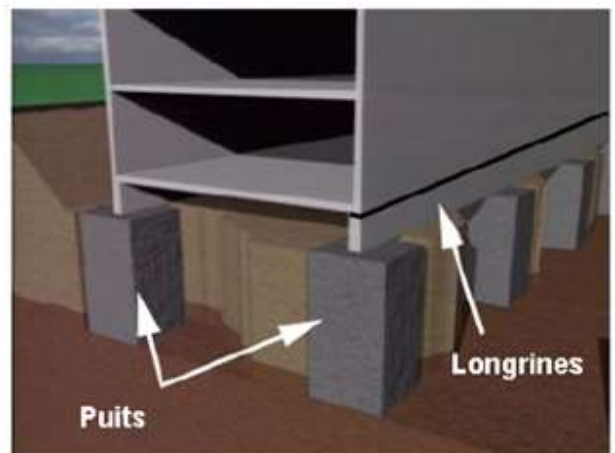


c. Fondations profondes :

On distingue :

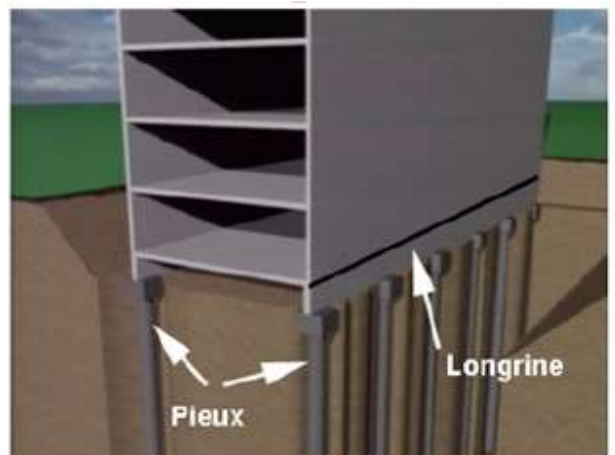
– Puits :

Les fondations en puits font partie des fondations semi-profondes. Elles se distinguent par un fort diamètre, au minimum 80cm-1m, qui est souvent soutenu par un blindage métallique. On procède ensuite au bétonnage en retirant le blindage. L'avantage de cette technique est l'absence de vibration et une mise en place relativement facile.



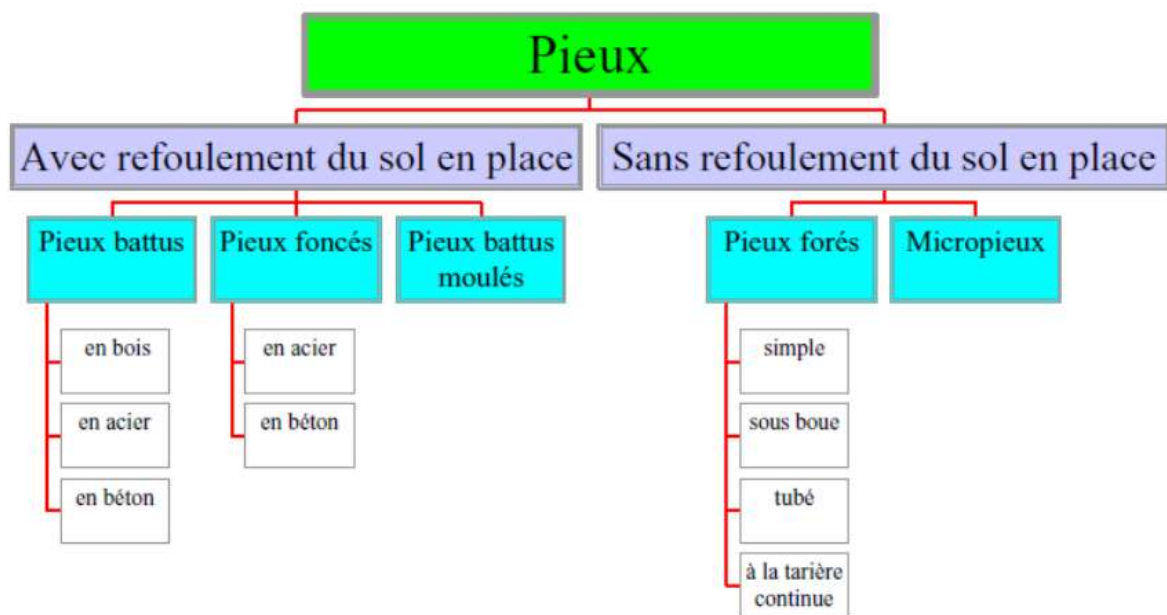
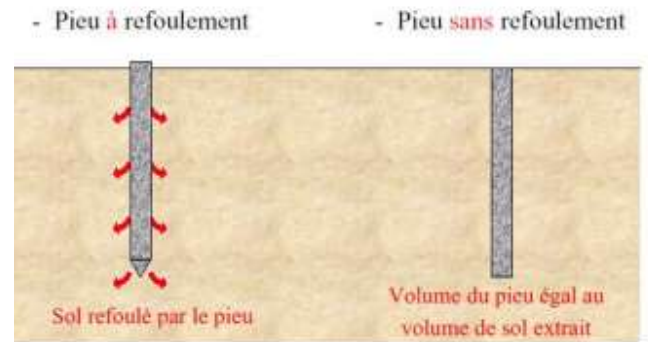
– Pieux :

Un pieu est une fondation élancée qui reporte les charges de la structure sur des couches de terrain de caractéristiques mécaniques suffisantes pour éviter la rupture du sol et limiter les déplacements à des valeurs très faibles. Les trois parties principales d'un pieu sont la tête, la pointe, et le fût compris entre la tête et la pointe.



On distingue deux grands groupes de pieux : les pieux mis en œuvre avec refoulement du sol et les pieux mis en œuvre sans refoulement du sol.

- ❖ Sans refoulement du sol : désigne les pieux dont l'exécution se fait après extraction du sol
- ❖ Avec un refoulement du sol : désigne les pieux dont la mise en place provoque un refoulement du sol



Il existe plusieurs types de pieux. Les principaux types de pieux sont les suivants :

- **Pieux battus** : Ce sont des pieux soit façonnés à l'avance (pieux en métal ou pieux préfabriqués en béton armé) soit à tube battu exécutés en place (pieux battus moulés)
 Les pieux métalliques sont généralement sous forme de tube ou en forme de H. Les tubes peuvent être ouverts ou fermés à leur base. Les pieux métalliques sont mis en œuvre par battage ou par vibration.
 Les pieux en béton armé sont fabriqués sur des aires proches du chantier. Ils sont mis en œuvre par battage ou par vibration.
 L'exécution des pieux battus moulés consiste d'abord à battre un tube muni à sa base d'une plaque métallique dans le sol, à mettre, si nécessaire, en place la cage d'armatures, puis à remplir le tube de béton pendant son extraction.
- **Pieux forés** : Leur exécution nécessite un forage préalable exécuté dans le sol avec les outils appropriés avec ou sans protection d'un tubage ou de boue permettant d'assurer la stabilité des parois du forage. Après mise en place, si nécessaire, de la cage d'armatures, le pieu est bétonné

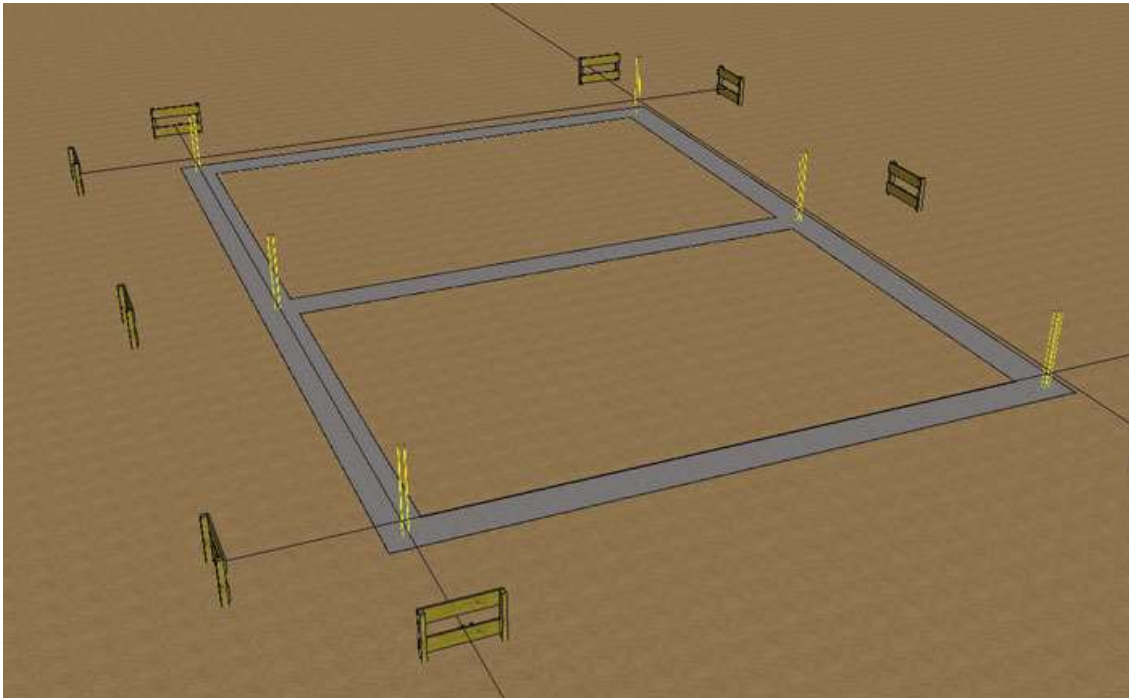
en utilisant une colonne de bétonnage, selon la technique du tube plongeur qui descend jusqu'à la base du pieu.



d. **Mode opératoire :**

→ Avant la réalisation des fondations, on commence par l'implantation de la construction.

L'implantation consiste à reporter sur le terrain la position du bâtiment à construire en respectant les dispositions des plans fournis par le bureau d'étude, sous le contrôle du topographe.



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réaliser une implantation »

<https://www.youtube.com/watch?v=XiNru1ZGtdU>

Comment réaliser une implantation ?



Travail préliminaire : 3 points du plan à positionner par le géomètre

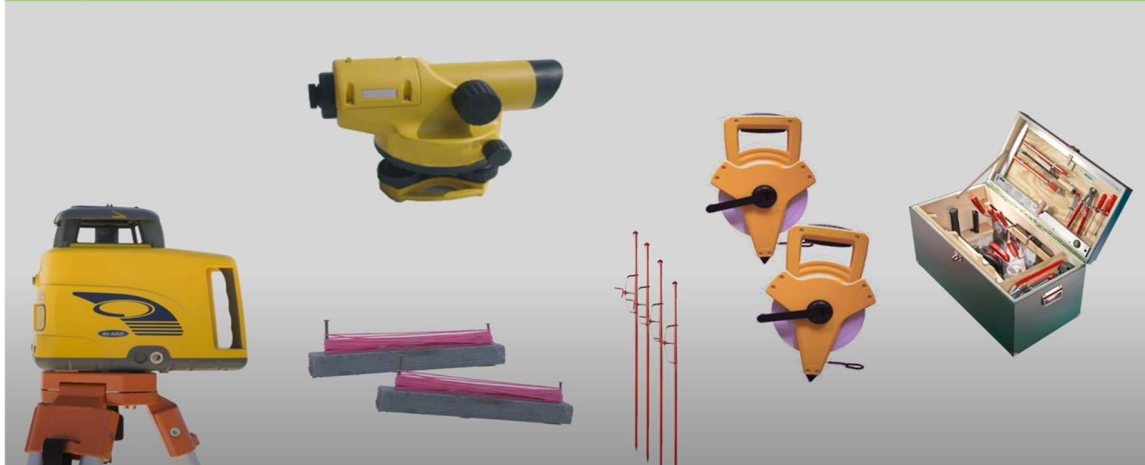
EPI :

- Casque
- Lunettes
- Gants
- Chaussures de sécurité
- Protections auditives

Matériels :

- Boîte à outils traditionnelle
- Niveau de chantier, Théodolite ou station totale
- Piquets d'implantation
- Cordeaux
- Fil à plomb
- Décamètres

LES OUTILS



Matériaux :

- Chaux
- Bombes à tracer
- Clous
- Planches en bois

LES MATERIAUX



Préparation :

- Etude des plans d'exécution ;
- Détermination des emplacements des files d'implantation = emplacement des chaises ;

- Identification sur le terrain des points du géomètre ;
- Définition d'un point fixe qui servira de référence d'altimétrie pour toute la durée de  chantier report des points sur des bornes décalées de l'ouvrage pour les sécuriser.

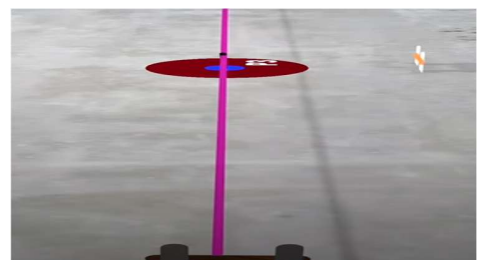
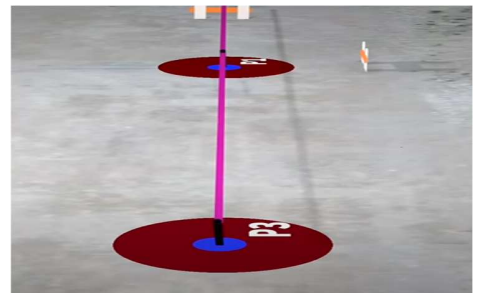
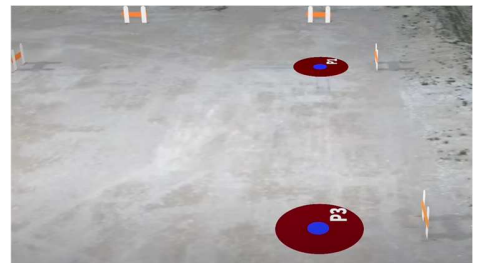
Les étapes à suivre :

1) Pose des chaises d'implantation :

- Positionner les chaises d'implantation dans l'axe des files, à un écart de l'ouvrage ;
- Aligner les chaises à une hauteur de 40 à 80cm pour une meilleure lisibilité.

2) Report des 2 premières files :

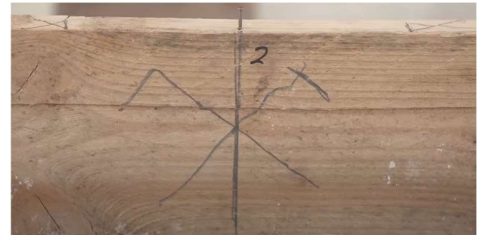
- Commencer par une file comprenant 2 points du géomètre
- Fixer un cordeau depuis un de ces points et le tendre vers la chaise opposée, puis fixer un clou
- Reprendre la même opération dans le sens inverse (en direction de la chaise opposée)



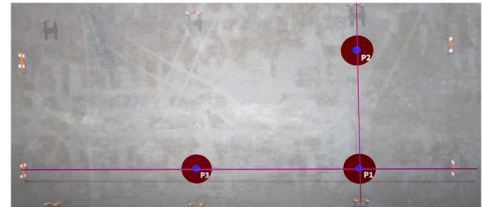
d) Tracer la position des murs sur les chaises



e) Indiquer le nom de la file sur les chaises

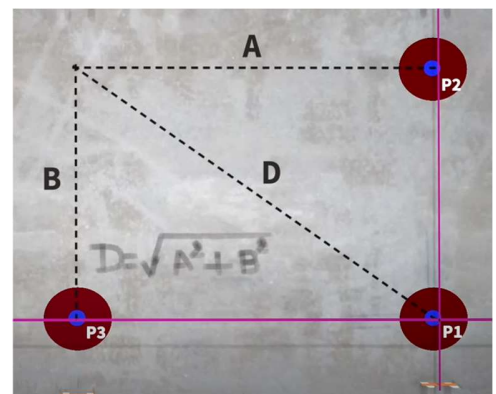


f) Recommencer l'opération pour la deuxième file comprenant deux points du géomètre

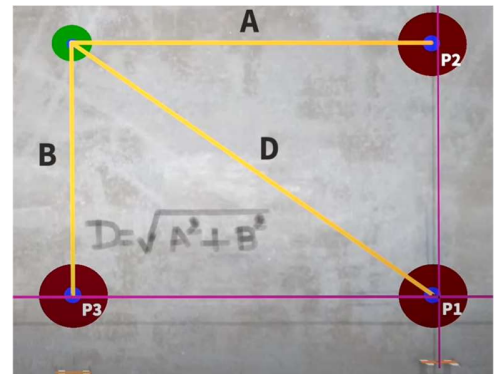


3) Recherche du 4^{ème} point :

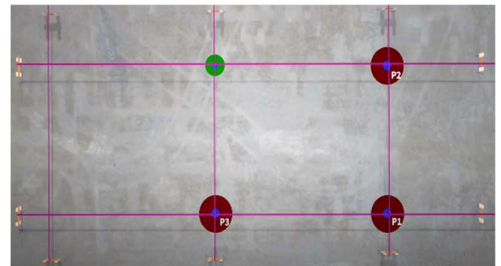
a) Calculer la valeur de la diagonale à partir des points du géomètre



- b) Reporter la valeur de cette diagonale (D) et des deux autres côtés (A et B) à l'aide du décamètre

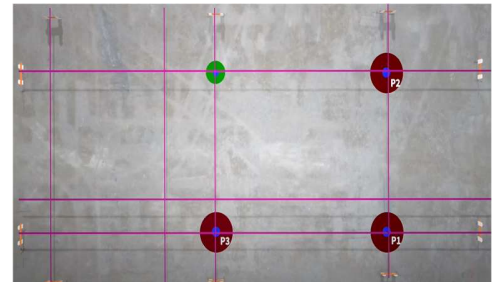


- c) Une fois le 4^{ème} point défini, reporter les deux nouveaux axes créés sur les chaises d'implantation correspondantes



4) Implantation des axes secondaires :

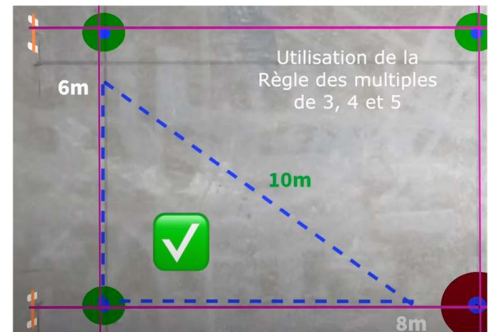
- a) Implanter les files suivantes en respectant les dispositions des plans d'exécution



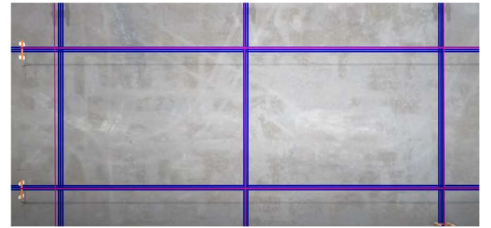
Repérer les distances depuis les croisements des files pour éviter le cumul d'erreurs d'approximation

- b) Vérifier l'équerrage des files secondaires à l'aide de la méthode des multiples de 3 ;4 et 5

$$(4n)^2 + (3n)^2 = (5n)^2 \quad \forall n \in \mathbb{R}$$



- c) Tracer les fondations au sol



Implantation à l'aide d'une station :

Il est également possible de d'utiliser une station pour une meilleure précision et un gain de temps considérable.

1. Télécharger le plan en format numérique ainsi que la position des points du géomètre et des points d'implantation désirés ;
2. Sur le chantier, commencer par repérer les 3 points du géomètre pour que la station puisse se repérer dans l'espace ;
3. Sélectionner les différents points du plan puis les positionner sur le terrain ;
4. Reporter les files sur les chaises d'implantation.

→ On passe par la suite à la réalisation des fondations, on détaillera le mode opération de la réalisation des semelles filantes.



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réaliser une semelle filante »

<https://www.youtube.com/watch?v=6Aw26UrbzJY>

Comment réaliser des semelles filantes ?

Objectif : réaliser des semelles filantes.

Travail préliminaire : implantation du bâtiment

EPI :

- Casque
- Lunettes
- Gants
- Chaussures de sécurité
- Protections auditives

Matériel :

- Boite à outils traditionnelle
- Fil à plomb
- Pelle mécanique + Pelle + Râteau
- Cisaille
- Aiguille vibrante
- Coffrage



Matériaux :

- Armature
- Fil de fer
- Cales à béton
- Béton



LES MATERIAUX



Préparation :

- Préparation des armatures par le ferrailleur en respectant les détails des plans d'exécution ;
- Préparation des coffrages des semelles si nécessaire ;
- Vérification de la position des chaises et du traçage au sol effectué pendant la phase d'implantation.

Les étapes à suivre :

1) Réalisation des fouilles :

- Creuser en respectant le type de fondation et le niveau de fond de fouille requis ;
- Nettoyer le fond de fouille et retirer toute la terre meuble ;
- Couler le béton de propreté sur un minimum de 4 à 5 cm.



Faire attention à ne pas déplacer les chaises.



2) Positionnement des armatures :

a) Tracer le mur à la règle ou au fil à plomb



b) Positionner les armatures de semelle sur le béton de propreté



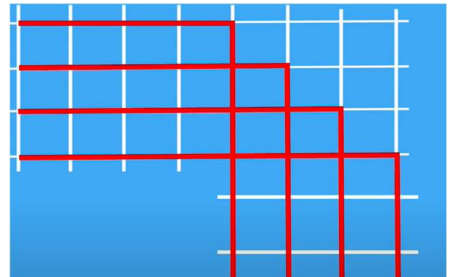
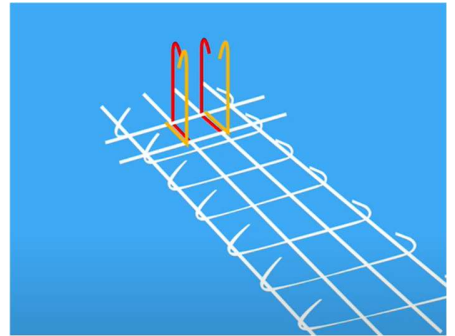
- c) Utiliser les cales à béton pour assurer l'enrobage



- d) Ligaturer la carcasse pour qu'elle ne bouge pas lors du coulage



- e) Ajouter les armatures de chaînage et les équerres d'angle



- f) Positionner des piquets en fer HA tous les 1.50m, vérifier leur verticalité car ils serviront de moyen de contrôle de l'épaisseur de béton à atteindre (hauteur finie de la semelle)

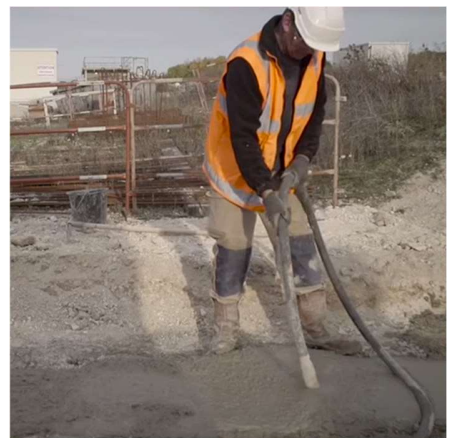
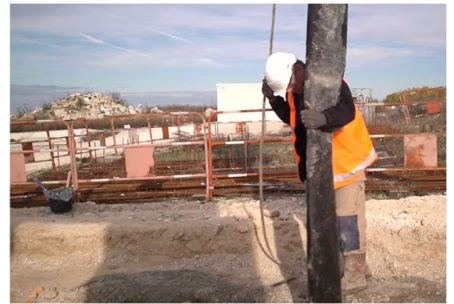


- g) Prévoir des réservations pour le passage des réseaux



3) Coulage de la semelle :

- a) Préparer le béton sur place ou commander un béton prêt à l'emploi, conforme aux prescriptions
- b) Couler le béton et utiliser le vibreur pour s'assurer du bon remplissage et de la bonne répartition du béton dans la fouille



Pour éviter le phénomène de ségrégation, éviter de rester longtemps sur le même endroit



E-Learning QUIZ : 2. Types de fondations selon la nature du sol

Veillez répondre au quiz « Les types de fondation selon la nature de sol » sur LMS

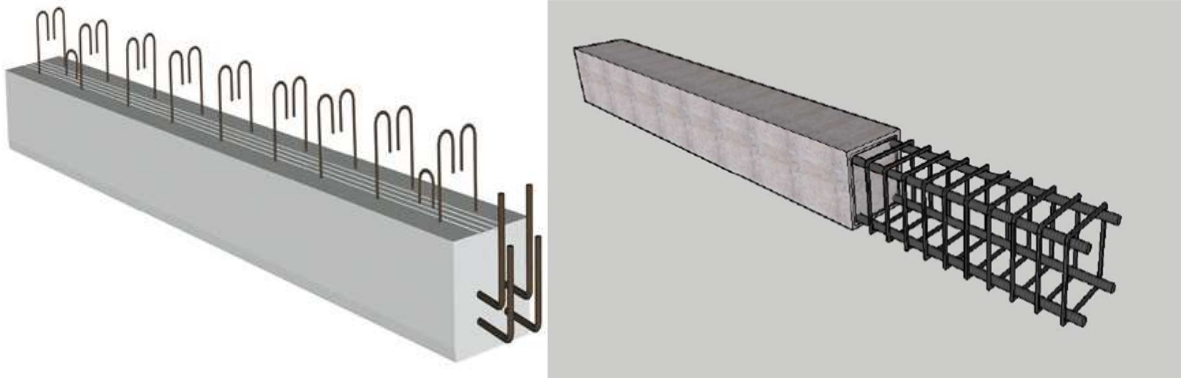
TPN°1 : Réalisation d'une semelle isolée : Veillez consulter le manuel Travaux Pratique.



III. Les éléments en béton armé de la superstructure :

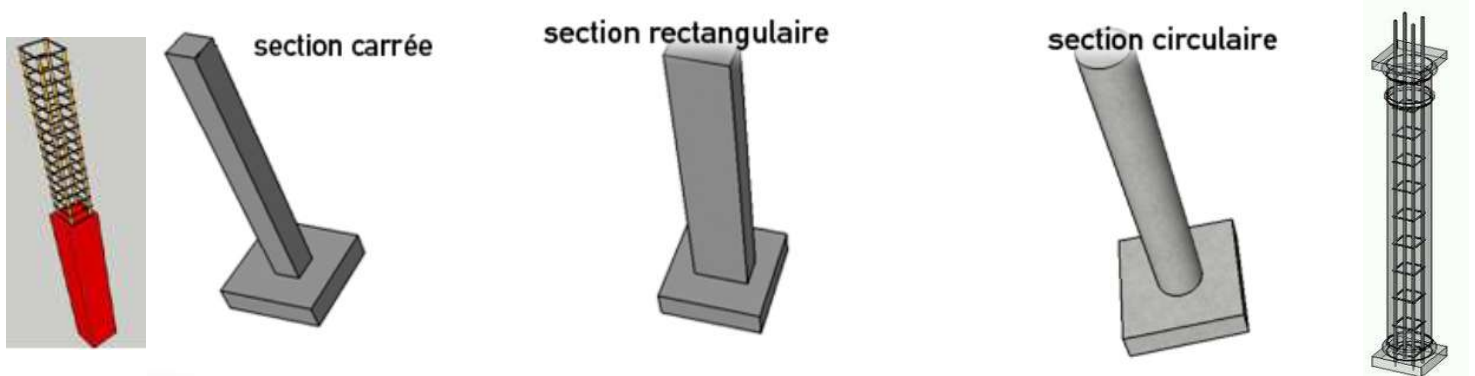
1. Les poutres :

Les poutres sont des éléments horizontaux en béton armé, faisant partie de la structure porteuse de la construction. Elles sont chargées de reprendre les charges et les surcharges se trouvant sur les planchers pour les retransmettre aux poteaux. La section des poutres en béton armé est généralement rectangulaire ou en T.



2. Les poteaux :

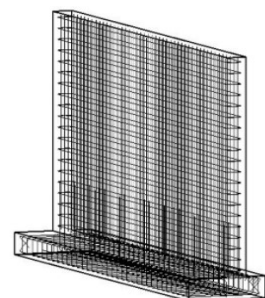
Ce sont des éléments porteurs verticaux. La section d'un poteau peut avoir plusieurs formes : circulaire, rectangulaire ou polygonale.



3. Les voiles :

Les voiles sont des murs porteurs en béton armé. Les voiles sont destinés à :

- Reprendre les charges permanentes et d'exploitation apportées par les planchers.
- Participer au contreventement.
- S'opposer à la poussée de terre éventuellement d'eau.





4. Mode opératoire :

Les procédés de construction d'un poteau, une poutre ou un voile sont presque les mêmes, ainsi que pour tout élément en béton armé ;

- Préparation des armatures et mise en place des armatures
- Pose du coffrage
- Coulage du béton
- Décoffrage

a. Façonnage des aciers :

➤ Les moyens humains, matériels et matériaux :

Moyens humains	Matériels	Matériaux
-Responsables qualité (externe). -Responsables structures (interne). -Conducteur de travaux (interne). -Chef de chantier (interne). -Chefs d'équipe ferrailleur (interne). -Ferrailleurs. -Grutiers. -Opérateur cintreuse	-Cisaille électrique. -Soudeuse électrique.	-Aciers haute adhérence. -Fil d'attache. -Baguettes pour soudure.

➤ Mode opératoire :

○ Façonnage et assemblage :

- Lecture et décortication des plans de ferrailage.
- Détermination des quantités d'aciers selon les plans BA.
- Etablissement d'un planning de commande en fonction du planning des travaux.
- Consultation des fournisseurs sur la disposition de l'acier et des moyens des transports.
- Commande des quantités requises.
- Réception des aciers sur chantier.
- Le façonnage des aciers sur chantier
- Stockage des aciers façonnés.
- Montage direct des aciers ou après pré assemblage.

- Pose sur le coffrage (dans les cas des éléments verticaux, l'acier est posé avant coffrage).

➤ **Contrôles :**

○ **Intervenants :**

Les différents intervenants dans les contrôles objet de la présente procédure sont :

- Responsables qualité (externe).
- Responsables structures (interne).
- Techniciens chargés des contrôles au chantier (externe).
- Représentant bureau d'étude et/ou bureau de contrôle (extérieur).

○ **Méthode de contrôle :**

Après la réception des aciers préassemblés ou assemblés viennent les phases suivantes :

i. **Contrôle visuel :**

- Aciers exempts de laitance, boue, rouille en plaque.
- Ferrailages fixés et bien rigides.

ii. **Contrôle des mesures :**

- Verticalité et horizontalité.
- Positionnement.
- Mise en place des calles.
- Conformité des aciers assemblés aux plans.
- Nombre et diamètres des barres.
- Nombre, diamètres et position des cadres.
- Nombre, diamètres et position des étriers et épingles.

NB : Pour l'assurance de la qualité, il faut exiger au fournisseur de délivrer sur une période fixée au préalable des certificats attestant l'origine et la qualité des aciers livrés.

○ **Points critiques et points d'arrêt :**

	Type de contrôle		Contrôles		
Opération de contrôle	Point critique	Point d'arrêt	Interne	Externe	Extérieur
Contrôle du façonnage	x		x	x	
Contrôle de l'assemblage	x		x	x	
Contrôle visuel	x		x	x	
Réception du ferrailage		x		x	x

➤ **Documentations :**

Les fiches nécessaires au suivi à la matérialisation des différents contrôles relatifs à la présente procédure sont :

- Fiche contrôle ferrailage
- Fiche de réception commande
- Fiche de vérification commande/ livraison

➤ **Liaison entre procédures :**

Les procédures d'exécution en relation avec la présente sont :

- Procédure production béton.
- Procédure mise en œuvre béton.

NB : Ci-dessous un exemple de fiche de contrôle :

FICHE DE CONTROLE DE FERRAILLAGE N° :

OUVRAGE : DATE :
 PARTIE D'OUVRAGE : AXE : FILE :

POINTS CRITIQUES	O	N	NA	OBSERVATIONS
La phase de travail précédente (réception des aciers préassemblés ou assemblage des aciers) a-t-elle été Acceptée ?				
A - CONTRÔLE VISUEL : - aciers exempts de laitance, boue, rouille en plaque - ferrailage fixé et bien rigide				
B - CONTRÔLE DES MESURES : - verticalité et horizontalité - positionnement - mise en place des cales				
B1 - Aciers assemblés sur place conforme aux plans 1 - Nombre et diamètre des barres 2 - Nombre, diamètre et position des cadres 2 - Nombre, diamètre et position des étriers				
B1 - Aciers préassemblés déjà vérifiés Pour l'assemblage des aciers B1 et B2 conformité aux plans Soudure des aciers (nom soudeur :) Manchonnage Soudure des connecteurs (nom soudeur :) 				O : Oui N : Non NA : Non applicable

OBSERVATIONS

—

<u>CONTROLE INTERNE</u> NOM : VISA :..... DATE :	<u>CONTROLE EXTERNE</u> NOM : VISA :..... DATE :
--	---

<u>CONTROLE EXTERIEUR</u> NOM : VISA DATE :	<u>OBSERVATIONS :</u>
---	------------------------------

b. Coffrage et décoffrage :

Un coffrage a pour but de donner à l'élément en béton armé la forme géométrique souhaitée, en respectant l'aspect final requis.

Il existe divers types de coffrages :

- Selon la technologie de fabrication :
 - Coffrage en bois ;
 - Coffrage métallique ;
 - Coffrage mixte : acier + bois + contre-plaqué ;
 - Coffrage en polyester ;
 - Coffrage perdu en carton, contre-plaqué ou tôle d'acier.
- Selon la technologie d'exploitation :
 - Banches ;
 - Coffrage modulaire (panneaux) ;
 - Tables coffrantes ;
 - Plateaux coffrants ;
 - Coffrage grim pant, auto-grim pant ;
 - Coffrage glissant ;
 - Coffrage gonflant.



Banches



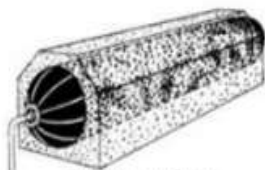
Coffrage modulaire



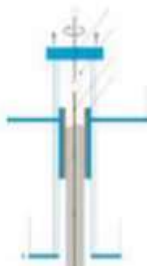
Table coffrante



Plateaux coffrants



Coffrage gonflable
(réutilisé après dégonflage)
assure une bonne étanchéité
souvent utilisé pour la coulée
en place de canalisations d'eau



Coffrage glissant



Auto-grim pant



Coffrage grim pant

➤ **Les moyens humains et matériels :**

Moyens humains	Matériels
-Responsables structures (Interne) -Responsable contrôle (externe) -Conducteurs de travaux (Interne) -Chef de chantier -Grutiers -Ouvriers	-Grues -Panneaux mixtes (ossature métallique remplissage CP Bakéliné) -Panneaux métalliques -Madriers et bois de coffrage -Etais, échafaudage -Calles en ciment et en PVC

➤ **Mode opératoire**

Le processus d'exécution dépend de la nature de l'élément à coffrer (poteau, voile, semelle, poutre chaînage...) et du type de coffrage utilisé (bois, métallique, mixte...).

On garde tout de même en tête certaines règles primordiales à respecter :

- Veiller au respect « strict » de l'implantation, aucune erreur ne peut être tolérée car elle peut causer des conséquences graves.
- Mettre en place des cales pour assurer l'épaisseur d'enrobage requise.
- Veiller au respect des dimensions, de la planéité et du serrage des composantes du coffrage.
- Appliquer le produit de décoffrage adéquat.
- Bien entretenir la peau de coffrage.

➤ **Maintenance et entretien de coffrage :**

Un atelier d'entretien et de stockage des coffrages doit être réservé sur chantier, où seront menées les différentes opérations de nettoyage et de réparation.

Il est recommandé de limiter le nombre d'utilisation de chacune des faces du coffrage à 10.

➤ **Aspect après décoffrage, réservations et trous :**

Le temps de décoffrage dépend du :

- Type d'élément (généralement un coffrage vertical est retiré après 36h en hiver, et 24h en été, contrairement au coffrage horizontal qui ne peut être décoffré qu'après durcissement de l'élément, ou le cas échéant, il peut être enlevé tout en gardant les échafaudages pour supporter les charges).
- Condition climatique.
- Nature des adjuvants employés avec le béton.

Après le décoffrage, les parements du béton doivent répondre aux exigences suivantes :

- La surface du béton doit être fine
- Absence de ségrégation de trous et de nids de cailloux

- La distribution des joints doit être régulière
- Les contours des trous servant pour loger les tiges de serrage des banches doivent être nets et sans bavures.

Pour assurer d'avantage la qualité des parements, l'humidité doit être maintenue par un arrosage léger et continu.

➤ **Contrôles :**

○ **Intervenants :**

- Responsable qualité (Externe)
- Responsable structures (Interne)
- Conducteurs de travaux (Interne)
- Chef de chantier

○ **Contrôle de la mise en œuvre :**

- Propreté
- Aspérité
- Etanchéité
- Rigidité
- Masticage des trous et ébréchures.
- Collage et fixation des panneaux
- Le serrage des tiges

➤ **Documentation :**

Les Fiches nécessaires au suivi des différents contrôles relatif à la procédure de coffrage sont :

- Fiche de contrôle de coffrage.
- Fiche de contrôle bétonnage.
- Fiche de non-conformité.
- Fiche d'action corrective- préventive.

FICHE DE CONTROLE DE COFFRAGE N° :

OUVRAGE : DATE :
 PARTIE D'OUVRAGE : AXE : FILE :

POINTS CRITIQUES	O	N	NA	OBSERVATIONS
La phase de travail précédente (ferrailage) a - t - été Acceptée N° de la fiche :				
A) Qualité du coffrage : Le coffrage et sa mise en œuvre sont - ils adaptés au classement du parement (ordinaire, soigné, ouvrage)				
B) contrôle de la mise en œuvre : 1 – Propre 2 - Sans aspérité ni trou 3 - Plan 4 – Etanche 5 – Rigide 6 - Le panneau a-t-il été enduit d'un produit décoffrant ? 7 - Masticage des trous et blessures 8 - Le réglage du panneau est - il conforme au plan ? 9 - Les tiges de serrage sont - elles en place ? 10 - Les contreventements sont - ils en place ?				
				O : Oui N : Non NA : Non applicable

OBSERVATIONS

-

<u>CONTROLE INTERNE</u>	<u>CONTROLE EXTERNE</u>
NOM :	NOM :
VISA DATE :	VISA DATE :

<u>CONTROLE EXTERIEUR</u>	<u>OBSERVATIONS :</u>
NOM :	
VISA DATE :	

a. **Mise en œuvre du béton :**

Dans cette partie, nous détaillerons les procédés à adopter pour « la mise en œuvre » du béton.

On suppose que la production du béton est faite (en centrale au chantier, ou livré si béton prêt à l'emploi).

➤ **Moyens humains, matériels et matériaux :**

Moyens humains	Matériels	Matériaux
-Responsables qualité (externe) -Responsables structures (interne) -Conducteur de travaux (interne) -Chef de chantier (interne) -Grutiers -Conducteurs grues et grue mobile -Laborantins pour prélèvements -Mains d'œuvres	-Camions malaxeurs de 6 m3 de capacité chacun (selon besoin) -Semi-remorque à bennes de 25 m3 -Chargeurs -Grues -Vibreurs à aire comprimée	-Béton soit fabriqué sur chantier (BFC) ou prêt à l'emploi (BPE), conforme aux prescriptions du cahier de charge.

➤ **Modes opératoires :**

○ **Mise en œuvre du béton :**

Pour les éléments de structure coulés sur place, le béton est livré par des camions malaxeurs. Quand il s'agit d'un coulage au niveau inférieur, le coulage se fait par des goulottes sans dépasser la hauteur de coulage qui est de 2m. Pour le coulage au niveau supérieur l'utilisation des pompes à béton est nécessaire. Pendant le coulage les bétons doivent être vibrés avec des aiguilles adéquates suivant l'épaisseur et la profondeur de l'ouvrage coulé.

○ **Manutention :**

La mise en œuvre des bétons doit être assurée par des bennes à béton et à débit réglable manutentionnées par les grues à tour et les grues mobiles.

La vibration des bétons doit se faire à l'aide des aiguilles vibrantes.

➤ **Contrôles :**

○ **Intervenants :**

Les différents intervenants dans les contrôles de la mise en place du béton sont :

- Responsables qualité (externe).
- Responsables structures (interne).
- Laboratoire (externe).

○ **Contrôle externe :**

Pour ce type de tâche, un laboratoire de chantier doit être mis en place pour le contrôle interne.

Il est recommandé de faire des prélèvements pour échantillonnage tous les 50m³.

Les essais ou contrôles à effectuer sont :

- L'affaissement du cône d'ABRAMS.
- Contrôle des matériaux et leur dosage.
- Contrôle des zones de reprise de bétonnage et des produits utilisés pour ces reprises.
- Contrôle lors du bétonnage (température ambiante du chantier, la hauteur du coulage et l'épaisseur vibré).

○ **Contrôle extérieur :**

Le contrôle extérieur est assuré par le laboratoire extérieur agréé par le maître d'ouvrage délégué.

○ **Points critiques et points d'arrêt :**

Opération de contrôle	Type de contrôle		Contrôles		
	Point critique	Point d'arrêt	Interne	Externe	Extérieur
Contrôle des agrégats	x		x	x	
Contrôle de bétonnage	x		x	x	
Contrôle de ferrailage		x		x	x
Contrôle de coffrage	x		x		

FICHE DE CONTROLE BETONNAGE				N° :
OUVRAGE :		DATE :		
PARTIE D'OUVRAGE :		AXE :		FILE :
POINTS CRITIQUES	O	N	NA	OBSERVATIONS
Phase précédente : Coffrage N° Ferrailage N°				
Les fiches sont-elles acceptées - Le béton commandé correspond à la catégorie prévue - L'affaissement du cône d'ABRAMS est il acceptable Valeur à ne pas dépasser : - La température ambiante est de°C - la mise en œuvre est conforme à celle du béton de convenance - Le traitement de la surface de reprise de bétonnage est conforme à la procédure - La hauteur de coulage est inférieur à - L'épaisseur vibré est inférieur à - dès la fin du bétonnage a-t-on pris les dispositions Pour assurer la cure pour les surfaces planes ? Les fiches sont-elles acceptées				O : Oui N : Non NA : Non applicable

<u>OBSERVATIONS</u> - -

<u>CONTROLE INTERNE</u> NOM : VISA : DATE :	<u>CONTROLE EXTERNE</u> NOM : VISA : DATE :
---	---

<u>CONTROLE EXTERIEUR</u> NOM: VISA : DATE :	<u>OBSERVATIONS :</u> AUTORISE ☐ NON AUTORISE ☐
--	---



E-Learning QUIZ : 3. Les éléments en béton armé de la superstructure

Veuillez répondre au quiz « Les éléments en béton armé de la superstructure » sur LMS

TPN°2 : Réalisation du coffrage d'une poutre : Veuillez consulter le manuel Travaux Pratique.

TPN°3 : Réalisation du coffrage d'un poteau : Veuillez consulter le manuel Travaux Pratique.

TPN°4 : Essai d'affaissement : Veuillez consulter le manuel Travaux Pratique.

IV. Définir les différents types de murs :

Les murs désignent les éléments porteurs verticaux, de section droite, très oblongue. Ils peuvent être préfabriqués ou réalisés directement à leur emplacement définitif dans la construction.



1. Identifier les différents types de murs :

Les murs peuvent être faits de différents matériaux : béton coulé, parpaings, briques...
Selon leur position et leur rôle, on distingue principalement :

a. Murs de façade :

Les murs de façade ferment les côtés du bâtiment. Il s'agit souvent de murs en maçonnerie possédant des baies (pour les portes, les fenêtres et les portes-fenêtres) et pourvus ou non d'un isolant thermique.

Les murs extérieurs doivent d'une part être solide et durable et d'autre part constituer un écran ou un filtre contre les rigueurs climatiques (vent, pluie, rayonnement solaire, chaleur), le bruit, le feu et aussi les différentes intrusions possibles.

b. Murs pignons- Murs mitoyens :

Un mur de pignon désigne les murs extérieurs d'une maison, sauf le mur qui comprend l'entrée de la maison (ou une autre ouverture importante). Tous les murs de façade qui contiennent uniquement des fenêtres mais aucune grande ouverture (portes ou portes-fenêtres), sont des murs de pignon.

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

c. Murs de façade arrière :

Souvent parallèle aux murs de la façade principale qui contient la porte principale, ils supportent les mêmes charges et parfois des conduits de fumée et gaine diverses.

d. Murs de refend, d'échiffre et de clôture :

- Les murs de refend : sont des murs porteurs intérieurs. Ils constituent un appui intermédiaire pour les planchers qu'ils supportent. Réalisés en béton armé ou en maçonnerie, ils possèdent généralement des baies pour les portes sauf s'il s'agit de murs de refend séparant deux logements.
- Les murs d'échiffre : sont destinés à supporter les escaliers.
- Les murs de clôture : sont construits pour délimiter les propriétés, ils sont constamment exposés aux intempéries.

Les murs de clôture doivent être recouvert d'un couronnement ou chaperon. Ce chaperon est destiné à empêcher les eaux de pénétrer dans le mur. L'épaisseur des murs de clôture varie en fonction de leur hauteur et leur longueur, des renforts ou contreforts qu'ils peuvent recevoir, ainsi que des matériaux employés à leur réalisation. La hauteur de ces murs dépend des règlements locaux, de leur situation et de leur destination.

e. Murs de soutènement :

Un mur de soutènement est un mur destiné à contenir des terres sur une surface réduite afin de répondre à différents besoins humains.

2. Caractériser les fonctions des murs :

a. Différentes fonctions des murs :

En plus de leurs rôles de portance, les murs assurent le confort et la sécurité des habitants. On cite les différentes fonctions d'un mur :

- Séparation : Les murs ont pour fonction de séparer :
 - o La construction de l'extérieur (mur de façade, mur pignon...)
 - o Les locaux entre eux
 - o Les terrains (mur de clôture)
- Résistance aux différentes charges permanentes (poids des éléments porteurs et non porteurs de l'ouvrage), aux charges variables (charges d'exploitation et climatiques comme la neige et le vent), aux séismes pour protéger les personnes et les biens et aux infractions.
- Ensoleillement : en permettant l'éclairage de l'intérieur de la construction par la lumière du jour et ce en créant des baies pour des fenêtres
- Isolation :
 - ⇒ Thermique : en s'opposant au passage de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur et le contraire. On utilise un isolant thermique si l'élément résistant n'est pas isolant.

- ⇒ Acoustique : pour se protéger des agressions dues aux bruits transmis par l'air environnant et pour réduire l'intensité des sons émis à l'intérieur d'un logement.
- ⇒ Contre l'incendie : pour pallier la diminution des caractéristiques mécaniques des matériaux sous l'action de la chaleur.
- ⇒ Contre l'eau : en assurant une étanchéité à la pluie (murs de façade) et en évitant les remontées capillaires dues à l'humidité du sol.
- Esthétique : en constituant des éléments de décoration soit à l'extérieur ou à l'intérieur par un parement, un enduit, ou un jeu de formes différentes et de couleurs.

3. Identifier les différents types de cloisons :

Les cloisons sont des parois de faible épaisseur dont la fonction est uniquement séparatrice et non portante. Leur rôle principal est de diviser l'intérieur d'un bâtiment.

a. Cloisons légères entre poteaux :

Cloisons en carreaux de plâtre entre poteaux :

Le carreau de plâtre permet de monter rapidement des cloisons d'aspect relativement fini. Les carreaux présentent des rainures qui facilitent le montage. Ils sont assemblés à l'aide d'une colle à base de plâtre. Il existe des carreaux de plâtre hydrofugés adaptés au cloisonnement des pièces humides.

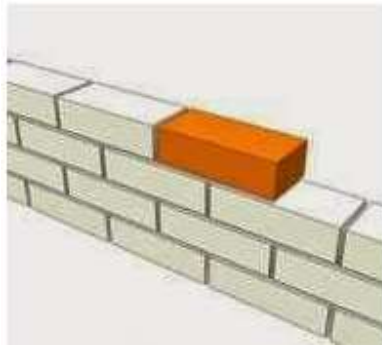


Cloisons en brique plâtrières creuses :

La cloison en brique plâtrière est composée de briques creuses en terre cuite enduites de plâtre.



Cloisons en briques pleines :



b. Cloisons sans poteaux :

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

c. Cloisons amovibles :

Elles permettent de transformer suivant les besoins la distribution intérieure de la construction. Alternative à la cloison fixe qui fige les espaces, les cloisons amovibles autorisent au contraire une transformation des lieux à volonté.

Citons parmi celles –ci :

- Les cloisons en fibres de bois agglomérées.
- Les cloisons en Profilés Aluminium
- Les cloisons en amiante ciment
- Les cloisons en copeaux agglomérés
- Les cloisons par panneaux métalliques.



d. Cloisons translucides en brique de verre :

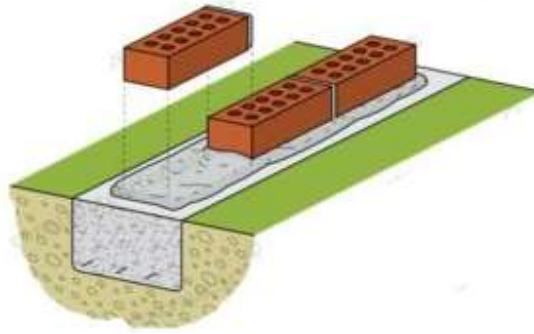
Elles sont constituées par des briques de verre posées sur du mortier armé ou du plâtre.



4. Mode opératoire :

L'exécution d'un mur (en brique, parpaings...) passe par les étapes suivantes :

- 1) Implantation du mur,
- 2) Préparation des matériaux de construction,
- 3) Exécution de la première rangée de maçonnerie tout en vérifiant l'alignement et l'horizontalité :
On commence par étaler une couche de mortier. Ensuite, on pose la brique et on vérifie l'horizontalité et la verticalité. On procède de même pour les briques suivantes en appliquant du mortier pour les joints verticaux.



- 4) Pose des rangées restantes de la même façon (rangée par rangée), en décalant les briques horizontalement,
- 5) Réalisation des joints.



E-Learning QUIZ : 4. Les différents types de murs

Veuillez répondre au quiz « Les différents types de murs » sur LMS

V. Caractériser les ouvertures dans les murs et leurs rôles :



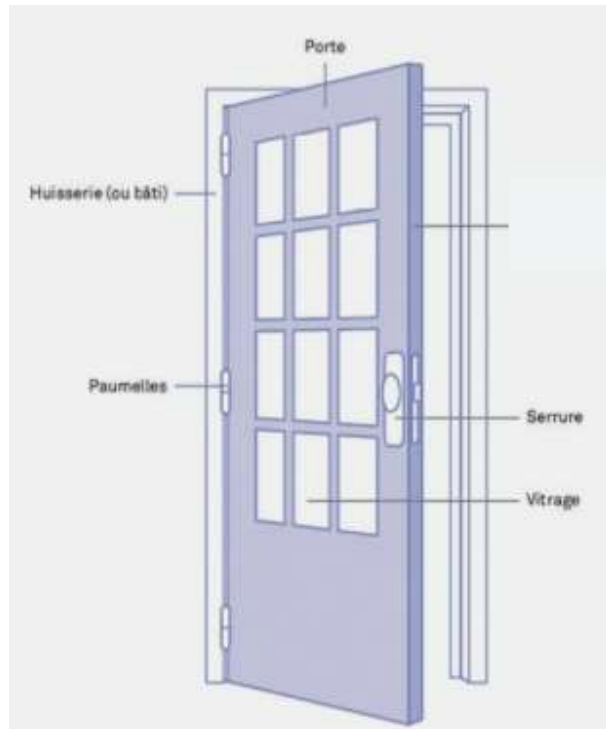
1. Caractériser les portes :

Les portes sont des ouvrages mobiles, placés dans un bâti et destinés, lorsqu'ils sont fermés, à interdire le passage à travers la baie. Les portes peuvent être réalisées en bois, en acier, en verre, etc.

a. Différentes parties d'une porte :

La porte se compose essentiellement de :

- Dormant ou bâti ou huisserie : désigne la partie fixe de la porte ; c'est l'encadrement de la porte fixé dans le mur. Il permet de soutenir la partie mobile de la porte
- Montant : désigne les pièces verticales du dormant
- Ouvrant : c'est la partie mobile de la porte
- Traverse : désigne toute pièce horizontale de la menuiserie. On parle de traverse basse de dormant lorsque l'on veut identifier le seuil de la porte d'entrée, de traverse haute d'ouvrant pour identifier la partie haute horizontale du vantail, ou encore de traverse intermédiaire pour toute pièce horizontale séparant la menuiserie en parties généralement uniformes
- Paumelle : permet l'articulation rotative lors de l'ouverture de la porte
- Serrure : Le mécanisme de fermeture permettant de verrouiller la porte. Il est généralement composé d'une crémone à plusieurs points de fermeture et d'une poignée béquille pour actionner l'ouverture. La serrure peut être manuelle à relevage ou automatique.
- Gâches : Pièces métalliques encastrées dans le dormant de la porte et dans lesquelles viennent s'enfoncer les points de fermeture pour un verrouillage optimal



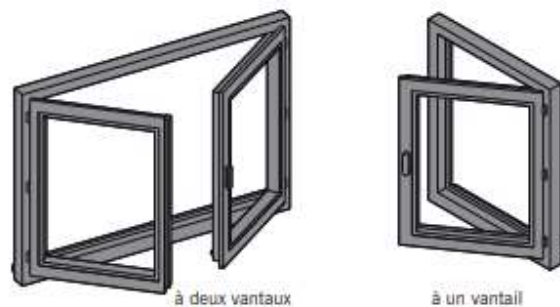
2. Caractériser les fenêtres :

La fenêtre est une baie comportant une fermeture. Elle est pratiquée dans un mur pour permettre l'entrée de la lumière, l'aération...

Il existe différents systèmes de fenêtres :

a. Fenêtre à la française :

C'est une fenêtre qui possède un ou deux vantaux ouvrants vers l'intérieur par rotation autour d'un ou plusieurs axes verticaux placés en bordure des montants de rive.



b. Fenêtre à l'anglaise :

C'est une fenêtre qui possède un ou deux vantaux ouvrants vers l'extérieur.

c. Fenêtre pivotante :

C'est une fenêtre dont le vantail pivote autour d'un axe vertical médian.



d. Fenêtre basculante :

C'est une fenêtre dont le vantail pivote autour d'un axe horizontal médian. La partie supérieure du vantail s'ouvre toujours vers l'intérieur.

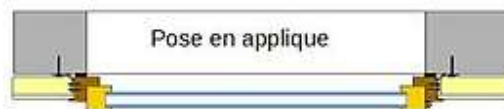


3. Caractériser les techniques de pose des portes et fenêtres :

a. Techniques de fixation des bâtis et isolation

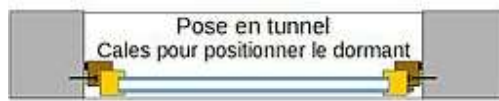
Il existe de différents types de poses. On distingue essentiellement :

- La pose en applique : Le bâti est posé du côté intérieur du mur au ras de l'enduit. Ce type de pose est utilisé dans le cas d'une isolation par l'intérieur.
Le bâti est fixé au mur par des pattes de scellement qui sont des petites pièces métalliques dont la forme permet de les fixer solidement au mur et au dormant.



- La pose en tunnel : Elle consiste à poser la menuiserie dans l'épaisseur du mur. Ce type de pose est utilisé dans le cas d'une isolation par l'extérieur. Ce type de montage est parfois utilisé pour des portes.

On doit caler le bâti afin d'éviter les déformations liées à la fixation. Dans le cas d'une isolation intérieure, le bâti n'étant pas aligné avec l'isolation, la performance thermique est mauvaise.



b. Reprise des charges au-dessus des ouvertures

Au-dessus des ouvertures des murs, il est nécessaire de placer un support pour soutenir la maçonnerie.

Le linteau est l'élément qui se place au-dessus de chaque baie située dans un mur porteur afin de soutenir la maçonnerie au-dessus de cette ouverture. Le linteau repose sur deux appuis répartis de part et d'autre de l'ouverture.

Le linteau n'est utile que dans un mur porteur. Le mur porteur doit supporter des charges. Il s'agit notamment du poids de la structure elle-même (murs, planchers, toiture, etc.) mais aussi des charges d'exploitation (les occupants, le mobilier, etc.) et les charges climatiques (le vent, la neige). L'ensemble de ces charges descendes mécaniquement jusqu'aux fondations d'un bâtiment.

Lorsqu'une ouverture est créée dans un mur, il manque de la matière pour porter ces charges. Il faut donc créer un renfort pour redistribuer les efforts. C'est là le rôle fonctionnel du linteau : reporter les charges du bâtiment sur les jambages de l'ouverture.

Pour créer une ouverture dans une cloison non-porteuse, ce n'est pas obligatoire d'installer un linteau.

Pour déterminer les caractéristiques du linteau, il faut connaître la largeur de l'ouverture, mais également la charge à supporter. Il est important de bien comprendre que le dimensionnement du linteau est primordial pour la bonne stabilité de la structure.

On distingue différents types de linteaux :

- Le linteau en acier : un IPN (ou poutre à profil normal) en acier. C'est un linteau solide disponible sur plusieurs sections et plusieurs longueurs. Se situant dans la catégorie des linteaux monobloc, ce dernier dispense l'utilisateur de gros travaux. La longueur du linteau en acier peut aller jusqu'à 12 mètres de portée totale dans les diverses sections. Cette longueur est suffisante pour s'intégrer à une maçonnerie et rendre le support plus stable.
- Le linteau en béton monobloc : est fait à base de béton armé. Même si sa portée n'est pas plus grande que celle que l'on peut avoir avec un IPN (environ 1,4 m), le linteau en béton monobloc peut être posé plus facilement et ce pour la plus grande partie des fenêtres et des portes sur une construction classique. L'autre atout de ce type de linteau est qu'il peut s'intégrer à n'importe quelle maçonnerie des murs.
- Le linteau en béton armé : il est confectionné grâce à l'alignement bout à bout des parpaings de chaînage. Il sera par la suite rempli de béton armé de fers. Si vous optez pour ce type de linteau il vous faut un maximum de temps de séchage et de durcissement. En effet, ces deux étapes peuvent s'étaler sur 28 jours.
- Le pré linteau : est un petit linteau de faible épaisseur et en béton armé. Sa résistance est plus faible. Il sert à remplacer le batardeau qui est un coffrage réalisé en dessous du linteau et qui est

utilisé pour maintenir les parpaings. Il ne vient pas en remplacement du linteau, mais en complément. Ainsi, on installe le pré-linteau entre les montants de l'ouverture et on installe par-dessus les parpaings en U qui reçoivent le ferrailage, puis le béton.

- Le linteau de chaînage : fait principalement de béton, le linteau de chaînage est monobloc en U. Vous pouvez le poser tel quel pour ensuite le remplir de béton et de fers. Son plus grand avantage par rapport aux autres types de linteaux (dont le pré-linteau) est d'offrir la possibilité d'obtenir une grande portée.



E-Learning QUIZ : 5. Les ouvertures dans les murs et leurs rôles

Veillez répondre au quiz « Les ouvertures dans les murs et leurs rôles » sur LMS

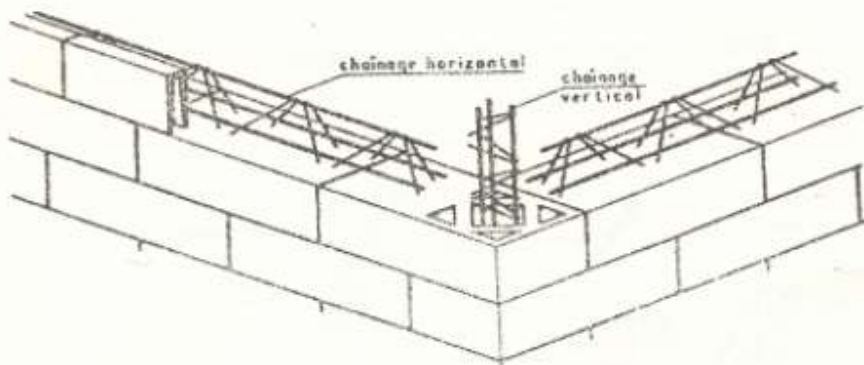


VI. Définir le rôle et l'emplacement de chaînage :

1. Caractériser les chaînages :

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

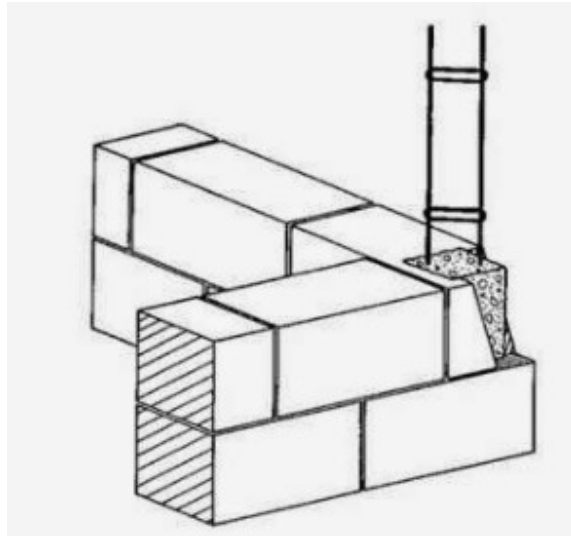
Les chaînages sont généralement réalisés en béton armé



On distingue trois types de chaînages :

a. Chaînages verticaux :

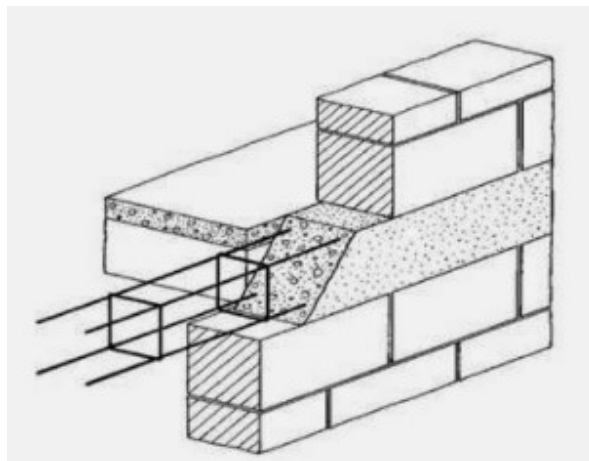
Ils sont coulés dans les blocs d'angle et parfois dans les blocs des murs tous les 3 ou 4 mètres.



b. Chaînages horizontaux :

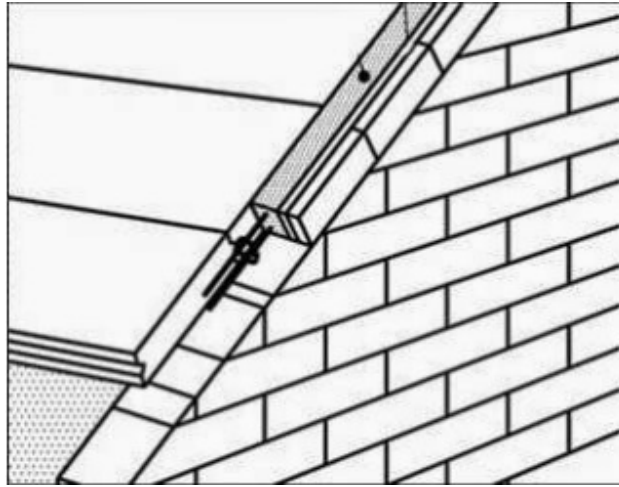
Ils ceinturent les murs (façades, pignons et refends) et sont continus. Ils sont conçus pour absorber des efforts de traction (comme une chaîne), ils sont situés :

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



c. Chaînages inclinés :

Du fait de leur position en couronnement de mur, les pointes de pignon en maçonnerie devraient normalement comporter, sur leurs rives inclinées, un chaînage en continuité avec les chaînages verticaux et horizontaux du niveau sous-jacent.



2. Caractériser le rôle des chaînages :

Le chaînage permet à la maçonnerie de garder sa forme et de résister efficacement aux charges verticales et latérales.

a. Chaînages verticaux :

Les chaînages verticaux permettent de :

- Ceinturer la maçonnerie en liaison avec les chaînages horizontaux
- S'opposer au soulèvement des dalles de planchers en béton armé dans les angles.

Les chaînages verticaux n'interviennent pas comme les poteaux pour soutenir des charges. Ils sont des raidisseurs et doivent être réalisés dans les angles rentrants et saillants des maçonneries ainsi que de part et d'autre des joints de fractionnement du bâtiment.

b. Chaînages horizontaux :

Les chaînages horizontaux permettent de :

- Répartir les charges transmises par le plancher sur le mur
- Relier le plancher au mur (chaînage en béton armé coulé sur place avec aciers de liaison)
- Eviter les tassements différentiels (grâce à l'inertie du chaînage longitudinal)
- S'opposer aux poussées au vide (exemple : poussée de la charpente sur les murs).

c. Chaînages inclinés :

Les chaînages inclinés permettent de :

- Répartir les charges transmises par le plancher incliné sur le mur pignon.
- Relier le plancher au mur (chaînage en béton armé coulé sur place avec aciers de liaison)



E-Learning QUIZ : 6. Le rôle et l'emplacement de chaînage

Veillez répondre au quiz « Le rôle et l'emplacement de chaînage » sur LMS

VII. Caractériser les planchers et leurs rôles :

Les planchers désignent les structures porteuses horizontales séparant deux niveaux d'une construction.



1. Caractériser les différents types de plancher :

Il existe de différents types de plancher, on distingue essentiellement :

- Planchers à corps creux et poutrelles
- Planchers à dalle pleine en béton armé
- Planchers préfabriqués avec prédalles

a. Planchers à corps creux et poutrelles :

Les planchers à corps creux sont composés de trois éléments principaux :

- Les poutrelles préfabriquées en béton armé qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures,
- Les corps creux ou entrevous : qui servent de coffrage perdu. Ils sont disposés entre les poutrelles, les uns à côté des autres,
- Une dalle de compression armée coulée sur les entrevous qui reprend les efforts de compression.

Le plancher est entouré par un chaînage horizontal.

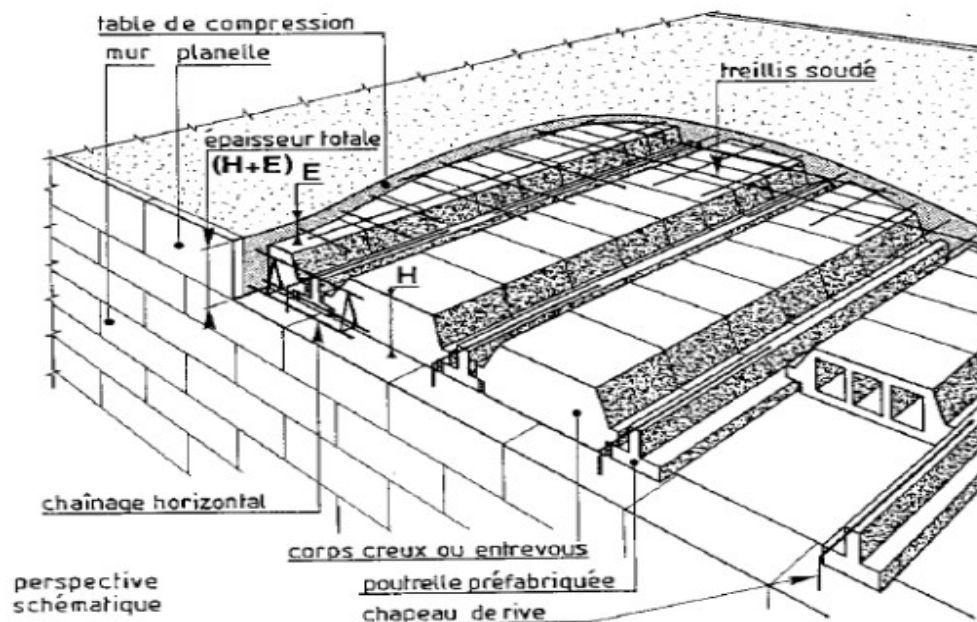


Figure 9: Les éléments principaux d'un plancher à corps creux

→ **Mode opératoire :**



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation des planchers à corps creux et poutrelles »

<https://www.youtube.com/watch?v=5SMBS9S5YFo>

b. Planchers à dalle pleine en béton armé :

Une dalle pleine est une plaque porteuse en béton armé coulé sur place, d'épaisseur 15 à 20 cm ou plus. Elle s'appuie directement sur les éléments porteurs, notamment : les murs portants, les poteaux, les poutres.... Son armature est souvent constituée par des treillis soudés.

La facilité d'exécution des dalles pleines a rendu son utilisation très répandue pour les différents ouvrages courants. Cependant, ce type de planchers nécessite une mise en œuvre assez longue, mais aussi l'utilisation d'un matériel de coffrage.

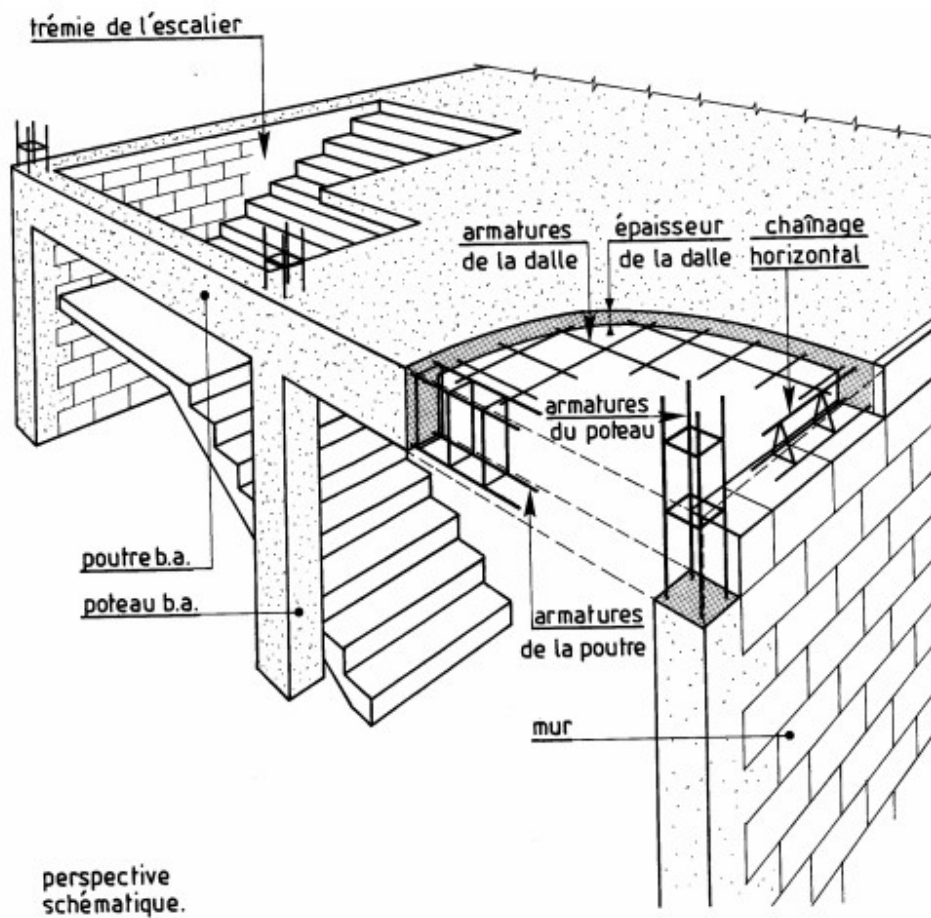


Figure 10: Plancher en béton armé

→ **Mode opératoire :**



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation des planchers à dalle pleine en béton armé »

https://www.youtube.com/watch?v=B09UfnghIAU&list=RDCMUC_BtLdjgN6w5RUhrQIBACmg&index=6

c. Planchers avec prédalles :

La prédalle est une plaque préfabriquée en béton armé ou en béton précontraint, d'épaisseur allant de 5 à 10 cm. Cette prédalle constitue la partie inférieure du plancher; un béton est coulé sur place sur la prédalle.

La prédalle participe à la résistance du plancher et fait également office d'élément de coffrage en béton.

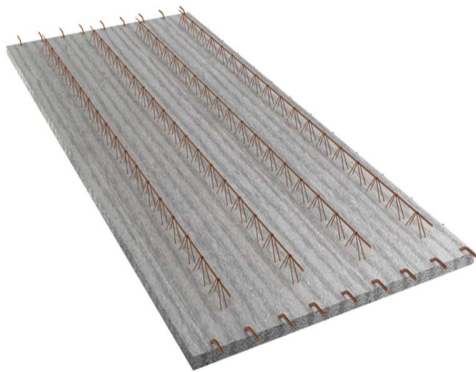


Figure 11: Prédalle

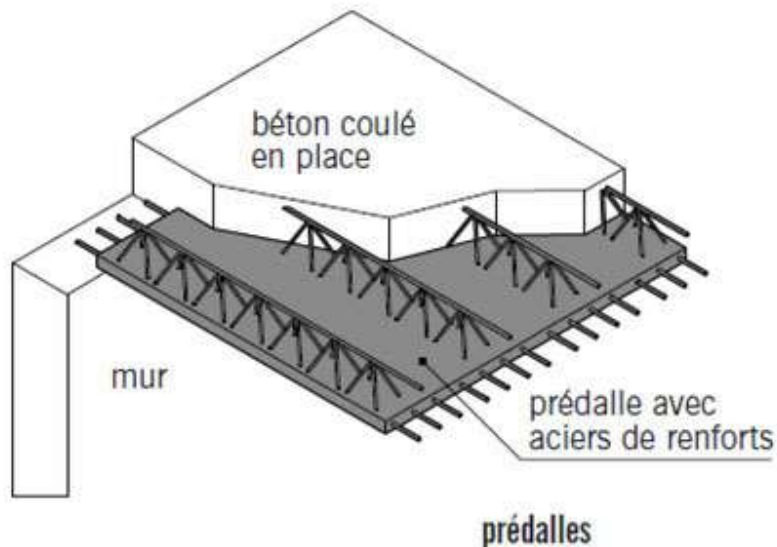


Figure 12: Plancher avec prédalles

→ Mode opératoire :



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation des planchers avec prédalles »

https://www.youtube.com/watch?v=kpNbZLv820E&list=RDCMUC_BtLdjgN6w5RUhrQIBACmg&index=5

2. Caractériser les rôles des planchers :

Les planchers sont des éléments porteurs horizontaux. Ils permettent notamment :

a. La transmission des charges aux éléments porteurs :

→ Le plancher doit être robuste et durable. La structure porteuse d'un plancher doit être capable de supporter sans fléchir des charges de nature différente à savoir :

- Les charges permanentes : Elles résultent du poids propre de la structure (poids des éléments porteurs, poids des éléments incorporés aux éléments porteurs ...)
- Les charges d'exploitation : Elles dépendent de l'utilisation et de l'exploitation de structure

→ Les planchers assurent la transmission des charges (permanentes et d'exploitation) aux poutres. Ces mêmes charges seront transmises par la suite aux éléments porteurs verticaux.



b. La séparation des niveaux :

Un plancher est présent à tous les niveaux d'une habitation;

- Au rez-de-chaussée : un plancher est « haut de vide sanitaire » quand il recouvre un vide sanitaire ou « haut de sous-sol » quand il est construit au-dessus d'une cave.
- Entre deux niveaux habitables : un plancher intermédiaire crée une séparation dans le volume protégé d'une habitation.
- En toit-terrasse

c. Le Support rigide pour les revêtements de sol :

Le revêtement doit être adapté au type de la construction et doit garantir essentiellement une isolation acoustique et thermique satisfaisante, tout en présentant un aspect esthétique. Ce peut être du carrelage, parqué en bois, revêtements synthétiques... Le plancher doit constituer un support rigide pour les revêtements du sol.

d. L'isolation thermique et acoustique :

Le plancher assure une protection thermique et acoustique ;

- Une protection thermique à chaque fois que le plancher sépare des espaces soumis à des régimes de températures différentes
- Une isolation acoustique entre les différents étages ou espaces entre planchers.

En effet, il existe de différentes solutions d'isolation dans les planchers qui permettent de contribuer à l'amélioration des performances thermiques et acoustiques du bâtiment.

En isolant thermiquement une construction, on réduit la déperdition de chaleur et on réalise ainsi des économies de l'énergie. Parmi les solutions d'isolation thermique dans les planchers, on cite :

- Isolation thermique intégrée dans le plancher
- Isolation thermique rapportée sur le plancher
- Isolation thermique rapportée sous le plancher

Certains isolants ne protègent pas que des agressions climatiques extérieures. Ils augmentent aussi le confort acoustique d'une habitation en réduisant le niveau sonore extérieur.



E-Learning QUIZ : 7. Les planchers et leurs rôles

Veuillez répondre au quiz « Les planchers et leurs rôles » sur LMS

VIII. Définir les différentes couches constituant les toitures terrasses et leurs fonctions :

1. Identifier les différentes couches constituant la toiture terrasse :

La toiture terrasse est formée par le plancher supérieur de la construction. Elle doit assurer :

- L'isolation thermique de la construction
- L'étanchéité et l'évacuation des précipitations de manière efficace.

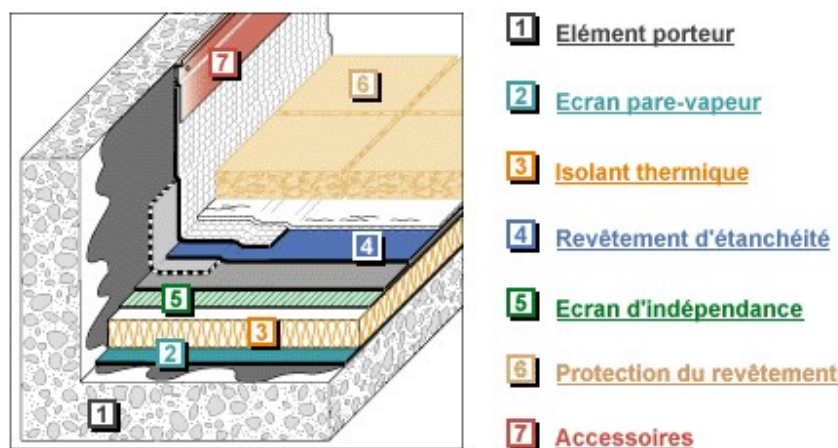
Afin de remplir ces rôles, la toiture terrasse est composée d'un certain nombre de couches de différents matériaux remplissant chacune une fonction spécifique.



Les Différentes couches constituant la toiture terrasse :

- Plancher de support : doit être réalisé de manière à pouvoir supporter sa propre charge ainsi que les surcharges occasionnelles sans subir de déformation dangereuse pour l'étanchéité.
- Forme de pente : est une couche de béton ou de mortier maigre coulée sur l'élément porteur avec une légère pente destinée à guider l'écoulement des eaux pluviales vers les orifices d'évacuations.
- Le pare-vapeur : est un dispositif destiné à empêcher la pénétration de l'humidité provenant de l'intérieur du bâtiment dans l'épaisseur de l'isolant thermique. En effet, le pare-vapeur doit toujours être placé sous l'isolant pour bloquer la vapeur d'eau avant qu'elle n'atteigne une zone froide et s'y condense.
- Isolant thermique : est un dispositif destiné à limiter les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment et de protéger l'élément porteur des variations de température (chocs thermiques). L'isolant thermique peut-être constitué principalement de : laine minérale, mousse plastique alvéolaire, verre cellulaire, perlite fibrée, liège...

- Revêtement d'étanchéité : élément constitué par une ou plusieurs couches de matériaux disposées sur toute la surface de la toiture-terrasse et relevées aux extrémités. Le revêtement d'étanchéité qui est imperméable à l'eau doit être en mesure de résister aux différentes sollicitations d'origines thermiques et mécaniques.
- L'écran d'indépendance : est une couche destinée à éviter l'adhérence du revêtement d'étanchéité à son support pour éviter les transmissions des efforts mécaniques.
- Protection de l'étanchéité : la conservation des revêtements d'étanchéité nécessite l'application d'une protection destinée à protéger des agents atmosphériques (froid, chaleur...) et des détériorations occasionnées par des usagers des terrasses. La protection de l'étanchéité variera suivant qu'il s'agit d'une terrasse non accessible ou d'une terrasse accessible.



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation d'une étanchéité bitumineuse des toitures terrasses »

<https://www.youtube.com/watch?v=Vi1R5IJdvP8>

2. Caractériser les fonctions des toitures terrasses :

Les toitures-terrasses assurent :

- La stabilité sous les sollicitations provenant des charges appliquées ou des déformations imposées par les phénomènes thermiques, climatiques ou de retrait
- La stabilité au feu, parfois sécurité en cas de séisme
- L'imperméabilité à l'eau

- L'évacuation des précipitations de manière efficace
- L'isolation thermique de la construction

On distingue deux catégories de toitures terrasses :

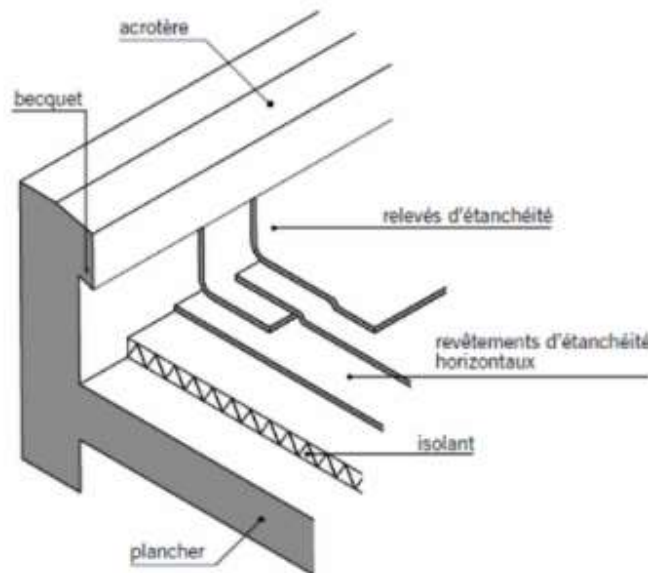
- **La toiture-terrasse inaccessible** : toiture où les seuls accès autorisés sont limités aux travaux d'entretien et de réparation.
- **La toiture-terrasse accessible** : toiture prévue pour la circulation des piétons et/ou des véhicules et leur séjour éventuel.



3. Caractériser les ouvrages accessoires des terrasses :

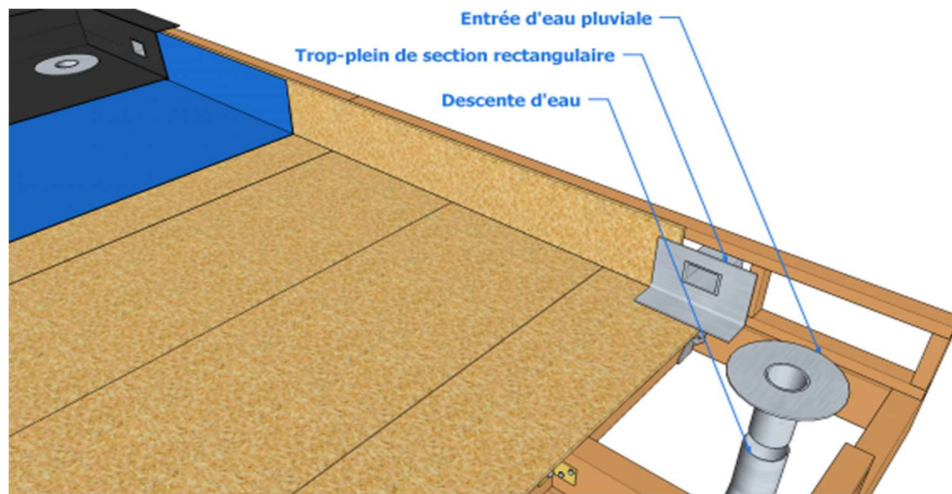
– L'acrotère :

C'est un muret en béton armé situé en bordure d'une toiture-terrasse. L'acrotère est dit bas lorsque sa hauteur, mesurée par rapport à la couche de protection, est inférieure à 30 cm et haut dans le cas contraire. Un acrotère haut peut faire office de garde-corps dans le cas d'une toiture-terrasse accessible. La partie saillante de l'acrotère empêche l'eau de pluie de s'infiltrer derrière le relevé d'étanchéité.



- **Les descentes d'eau** : ouvrages assurant l'évacuation de l'eau tombant sur la toiture. En effet, une toiture terrasse peut être sujette à la stagnation des eaux pluviales ce qui est nocive pour la

construction. Pour limiter ce phénomène, il faut équiper les toitures terrasses des matériels nécessaires pour assurer une bonne gestion de ces eaux pluviales.



E-Learning QUIZ : 8. Les différentes couches des toitures terrasses

Veuillez répondre au quiz « Les différentes couches des toitures terrasses » sur LMS

IX. Dimensionner un escalier:

Les escaliers sont les éléments permettant le passage à pied entre les différents niveaux d'une construction. Les différentes fonctions attendues d'un escalier sont les suivantes :

- Desservir les différents niveaux qu'il relie en toute sécurité. Cette notion de sécurité est rattachée essentiellement aux aspects de confort d'utilisation, stabilité de la cadence de marche, protections latérales...
- Être capable de supporter les charges qui lui seront appliquées en cours d'utilisation
- Contribuer à décorer l'espace dans lequel il est implanté.

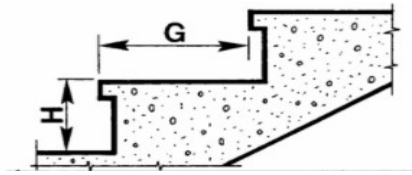


1. Les différentes parties d'un escalier :

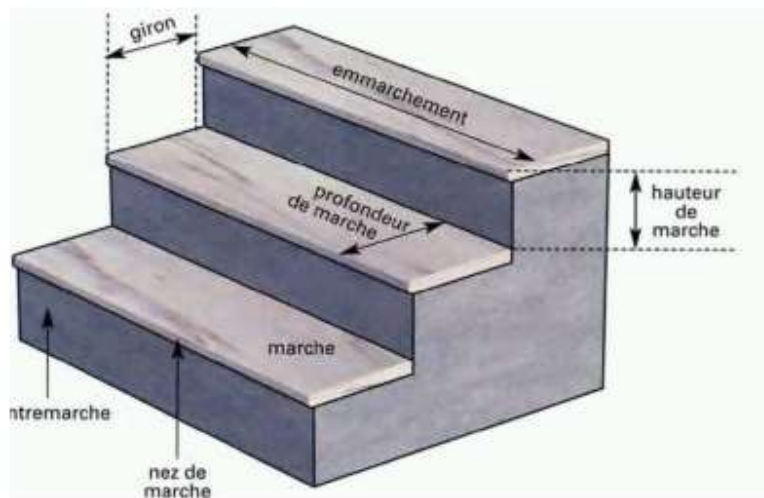
Les éléments constitutifs d'un escalier sont :

- **Marche** : surface plane de l'escalier sur laquelle on pose le pied pour monter ou descendre.
- **Contre marche** : désigne la face verticale située entre deux marches consécutives
- **Emmarchement** : largeur utile de l'escalier, mesurée entre murs

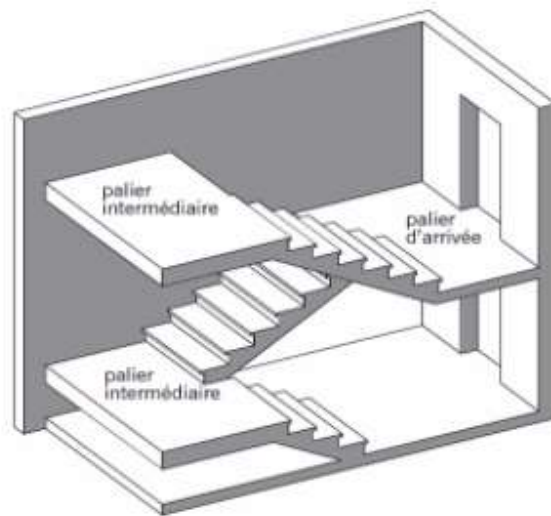
- **Hauteur de marche** : distance verticale qui sépare le dessus de deux marches successives. Dans les calculs de dimensionnement d'escalier, la hauteur est souvent désignée par la lettre H.
- **Giron** : distance horizontale mesurée entre les nez de deux marches successives. Dans les calculs de dimensionnement d'escaliers, le giron est souvent désigné par la lettre G.



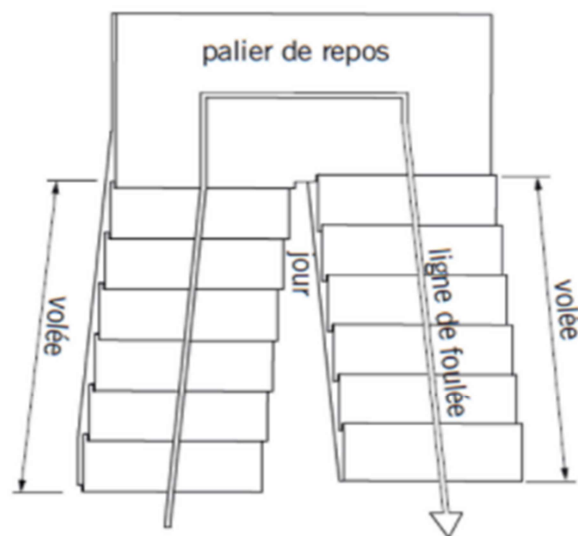
- **Nez de marche** : bord avant de la marche, en saillie par rapport à la contremarche inférieure
- **Profondeur de marche** : distance horizontale entre le nez de marche et la contremarche (correspond au giron auquel on rajoute le débord du nez de marche).



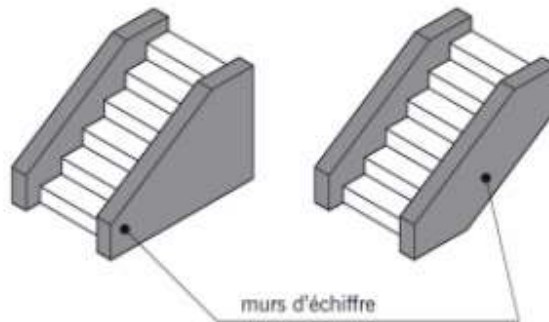
- **Palier** : partie de circulation horizontale entre les rampes inclinées. On distingue plusieurs types de paliers notamment :
 - Le palier d'arrivée ou palier d'étage ou palier de communication : palier situé dans le prolongement d'un plancher d'étage.
 - Le palier intermédiaire ou palier de repos : palier inséré entre deux volées et situé entre deux étages. En principe, un palier intermédiaire ne dessert aucun local. Ce type de palier est rendu nécessaire quand le nombre de marches est trop.



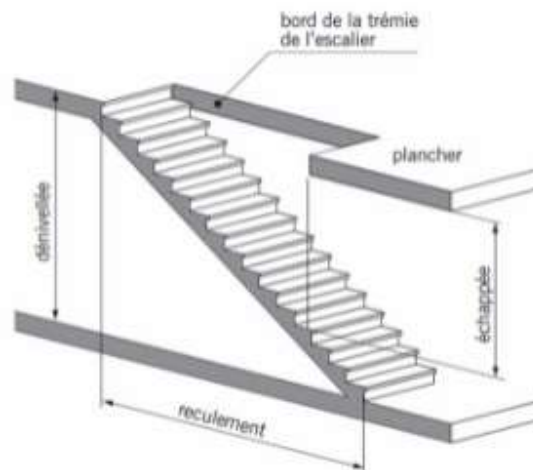
- **Volée** : ensemble de marches successives, compris entre deux paliers
- **Ligne de foulée** : ligne théorique représentant le parcours usuel lorsque l'on emprunte l'escalier.
- **Jour d'escalier** : espace central autour duquel l'escalier se développe.



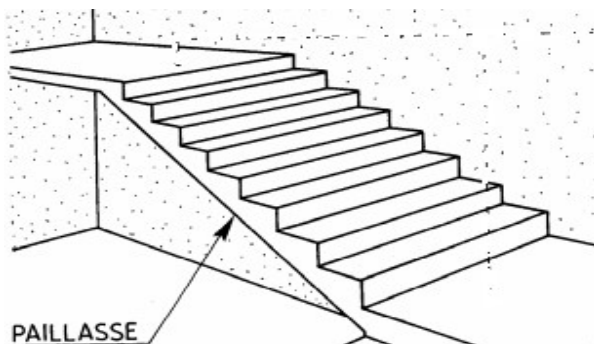
- **Mur** d'échiffre : désigne le mur sur lequel prennent appui les marches d'un escalier.



- **Echappée** : désigne la hauteur libre la plus faible calculée entre le dessus des marches et la sous-face du plancher supérieur.
- **Reculement** : longueur de l'escalier projetée au sol. Le reculement définit l'encombrement de l'escalier.
- **Dénivelée** : hauteur de franchissement de l'escalier. Dans le cas d'un escalier intérieur, elle est égale à la hauteur libre sous plafond augmentée de l'épaisseur du plancher d'arrivée.
- **Trémie** : ouverture ménagée dans le plancher pour permettre le passage de l'escalier.



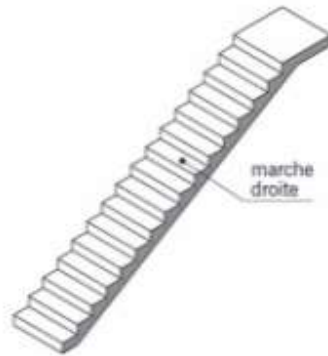
- **Paillasse** : dalle inclinée portant les marches de la volée.



2. Les différents types des escaliers :

On distingue:

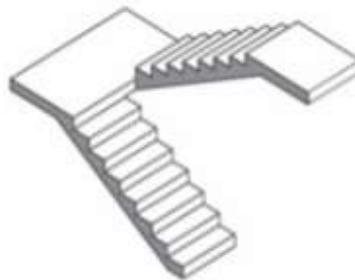
- **L'Escalier droit** : escalier constitué d'une seule volée et dont toutes les marches sont de forme rectangulaire.



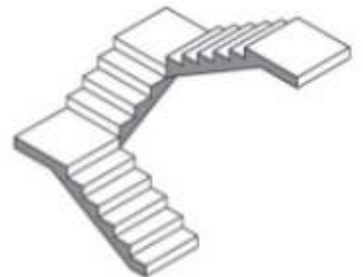
- **L'Escalier à volées droites** : escalier constitué de plusieurs volées droites et comporte un ou plusieurs paliers intermédiaires.



*Escalier à deux volées
perpendiculaires et à un palier
intermédiaire*



*Escalier à deux volées parallèles et à un
palier intermédiaire*



*Escalier à trois volées et à deux paliers
intermédiaires*

- **L'Escalier balancé** : escalier à changement de direction sans palier intermédiaire, les changements de direction sont assurés par des marches balancées. On distingue deux principaux types d'escaliers balancés :

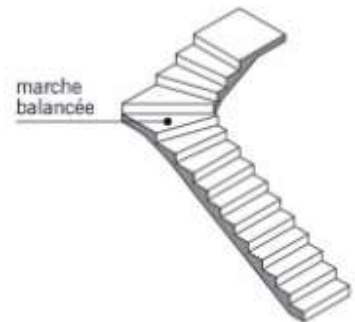
- L'escalier à un quartier tournant ou à quart tournant : le changement de direction est à 90° . Le quart tournant peut se situer en bas, au milieu ou en haut de l'escalier



Escalier à quartier tournant bas



Escalier à quartier tournant médian

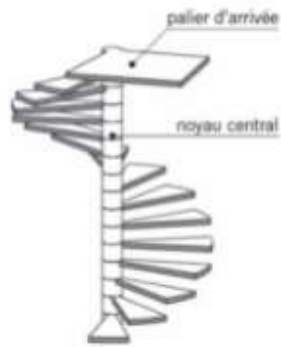


Escalier à quartier tournant haut

- L'escalier à deux quartiers tournants ou à deux quarts tournants : le changement de direction est de 180° .



- **L'Escalier hélicoïdal** : appelé aussi escalier à vis, en spirale ou en colimaçon : escalier tournant dont les marches se développent autour d'un noyau cylindrique central.



- **L'Escalier à limon central** : escalier dont les marches sont portées par un seul limon. Le limon est la pièce d'appui qui suit la rampe de l'escalier.

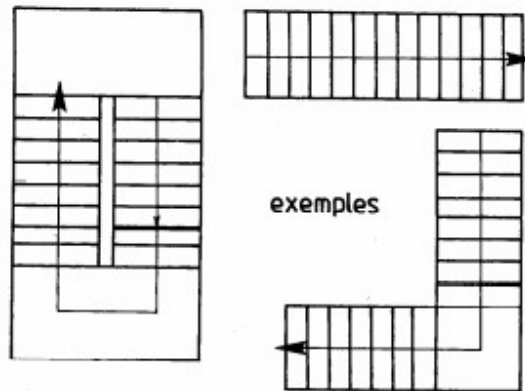


- **L'Escalier suspendu** : Ce sont des escaliers donnant l'impression de flotter dans les airs du fait qu'ils sont suspendus, très aériens et gracieux. En général, ils ne comportent pas de contremarches.



3. Le dimensionnement des escaliers :

Cas des escaliers à marches droites : Ils sont constitués de marches rectangulaires et toutes identiques entre elles.



- La **Formule de**
 permettant d'évaluer le confort d'utilisation d'un escalier.
 On dimensionne ainsi les marches en utilisant cette formule.

Blondel est une mesure

La formule de blondel est définie par : $60 \text{ cm} \leq 2 H + G \leq 64 \text{ cm}$

Pour un escalier courant desservant les étages d'une habitation, les valeurs moyennes (en cm) de H et de G sont :

$$16.5 \leq H \leq 17.5$$

$$27 \leq G \leq 31$$

Pour les escaliers secondaires, la hauteur peut atteindre 21 cm avec un giron entre 24 et 28 cm.
 Toutefois, ces dimensions peuvent être adaptées en fonction des besoins.

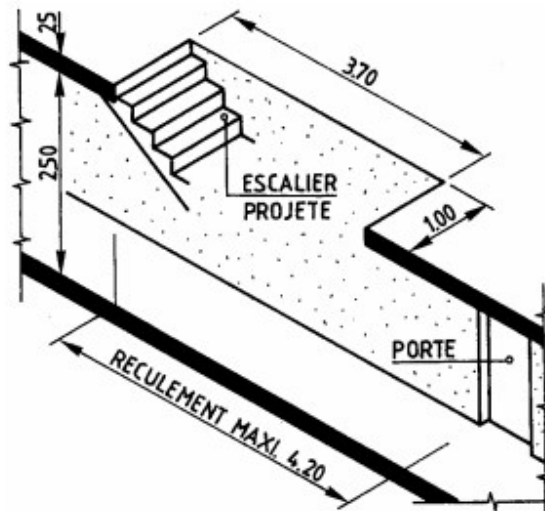
Exemple de calcul :

Dimensionnez l'escalier représenté ci-dessous sachant que :

- Le reculement ne pourra pas excéder 4,20 m (présence d'une porte palière)
- L'échappée devra être supérieure ou égale à 2,00 mètres.

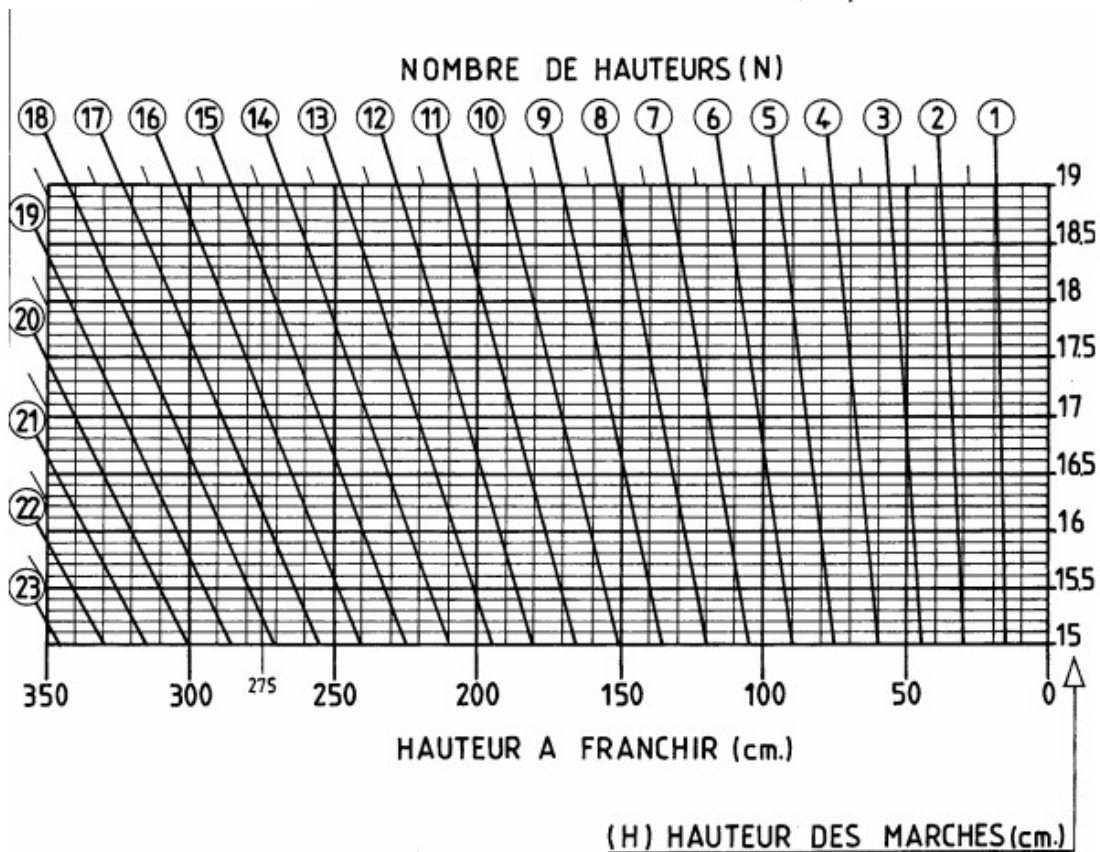
Méthode de calcul :

On utilise l'abaque ci-dessous pour déterminer le nombre de marches à partir de la hauteur à franchir.



⇒ Détermination du nombre N de hauteurs de marche

dessous pour N de hauteurs de hauteur à franchir et marche.



a- Pour une hauteur à franchir de 2.75 m et une hauteur H de marche de 16.5 cm, l'abaque indique : $N \approx 16.2$

b- Pour une hauteur à franchir de 2.75 m et une hauteur H de marche de 17.5 cm, l'abaque indique : $N \approx 15.6$

⇒ Détermination de la hauteur H des marches :

On arrondit au chiffre supérieur les valeurs de N trouvées précédemment et on réutilise l'abaque pour déterminer la nouvelle hauteur de marche.

a- $N \simeq 16.2 \rightarrow N=17$. Pour $N=17$ et une hauteur à franchir de 2.75 m, l'abaque indique : $H \simeq 16.2$ cm

b- $N \simeq 15.6 \rightarrow N=16$. Pour $N=16$ et une hauteur à franchir de 2.75 m, l'abaque indique : $H \simeq 17.2$ cm

$\Rightarrow$ Calcul du giron G:

En utilisant la formule de Blondel, on considère $2H+G = 62$ cm. On trouve par la suite la valeur de G.

a- $2G+H = 62$ cm $\rightarrow G = 29.6$ cm

b- $2G+H = 62$ cm $\rightarrow G = 27.9$ cm

$\Rightarrow$ Calcul du reculement :

On sait que : Le nombre de giron = Le nombre de hauteurs – 1

Et que : Le reculement = Le nombre de giron x G

a- Le reculement = $(N-1) \times G = 16 \times 29.6 = 473.6$ cm, puisque $473.6 > 420$ (420 cm correspond au reculement maximal) $\rightarrow$ La solution (a) n'est pas retenue.

b- Le reculement = $(N-1) \times G = 15 \times 27.6 = 414$ cm, c'est retenu car $414 < 420$

$\Rightarrow$ Calcul de l'échappée :

On commence par déterminer le nombre de giron qu'on doit prendre en compte dans le calcul de l'échappée.

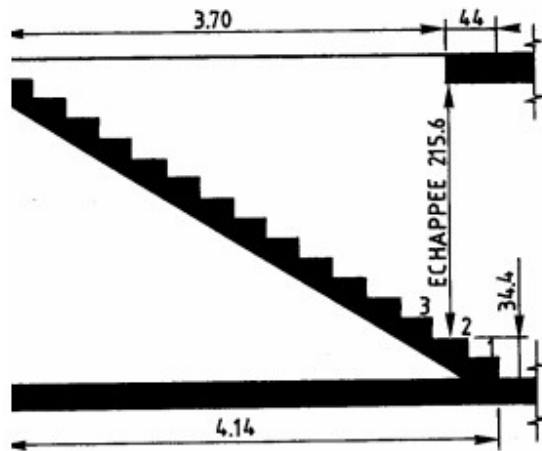
b- Le reculement – La longueur de la trémie = $414 - 370 = 44$ cm

On trouve que : 27.6 (1 Giron) $< 44 < 55.2$ (2 Giron)

Il faut ainsi prendre en compte deux hauteurs de marche pour le calcul de l'échappée.

$250 - (2 \times 17.2) = 215.6$ cm.

$215.6 > 200$ (200 cm correspond à la valeur minimale que devra être l'échappée)



→ On trouve ainsi,

$H = 17.2 \text{ cm}$
 $G = 27.6 \text{ cm}$
 Reculement = 414 cm
 Echappée = 215.6 cm

N.B : Dans la méthode exposée ci-dessus, trois solutions possibles existent :

- Les deux hypothèses « a » et « b » conviennent : on choisit l'une ou l'autre,
- Une seule hypothèse (« a » ou « b ») convient : voir l'exemple ci-dessus,
- Les deux hypothèses « a » et « b » ne conviennent pas : il faut alors, soit modifier les données, soit adopter un autre type d'escalier.



4. Mode opératoire :

Comment réaliser un escalier droit ?

EPI :

- Les gants
- Le casque
- Les lunettes
- Les protections auditives
- Les bottes
- Les chaussures de sécurité

Matériel :

- Perforateur
- Scie circulaire
- Visseuse
- Règle
- Aiguille vibrante
- Pulvérisateur
- Fer à nez de marche

Matériaux :

- Contreplaqué
- Bastaings
- Tasseaux
- Coins
- Armatures
- Produit de cure
- Béton

La réalisation d'un escalier droit se fait en suivant ces étapes :

- 1) La préparation
- 2) Le tracé
- 3) Le coffrage
- 4) Le ferrailage
- 5) La pose des Contremarches
- 6) Le coulage
- 7) Le décoffrage des contremarches

1) La préparation :

Un escalier droit doit relier deux niveaux à l'aide d'une série de marches de mêmes dimensions. La règle de Blondel permet de définir les dimensions de marche.

2) Le tracé :

Commencez par vérifier les codes du support existant, puis tracez l'implantation de la crémaillère, de la sous-face de la paillasse, et du palier en tenant compte de l'épaisseur des revêtements fini, au départ et à l'arrivée de l'escalier.

3) Le coffrage :

- Commencez par fixer au sol un tasseau en limite inférieure de la première marche.
- Créez ensuite un support d'étalement à l'aide de bastaing répartis sur la largeur de l'escalier.
- Réalisez maintenant l'étalement du palier et fixez le au mur pour éviter son déplacement.
- Au cours du coulage positionnez les bastaings aux extrémités taillé en biseau.
- Pour étayer la paillasse de l'escalier, fixez les raidisseurs primaires.
- Découpez les plaques de contreplaqué hydrofuge aux dimensions du palier et de la paillasse.

- Ajustez l'angle de liaison.
- Étayez la structure à l'aide d'une ossature bois ou d'étais adaptés.
- Refermez votre coffrage et reportez le tracé de l'escalier et votre plateforme sera prête.

4) Le ferrailage :

Le ferrailage est réalisé selon le plan du bureau d'études

- Installez des cales à béton pour garantir l'enrobage des armatures
- Fixez l'ensemble des éléments.

5) Pose des contremarches :

- Réalisez des contremarches à partir de bastaings rabotés ou recouverts de contreplaqué en fonction du niveau de finition souhaité.
- Taillez en biseau les contremarches ce qui facilitera l'accès pour la finition de l'escalier.
- Installez les contremarches selon le tracé.
- Fixez les bords de chaque côté par l'extérieur en prévoyant le décoffrage.
- Étayez horizontalement la première marche pour reprendre la poussée du béton.
- Fixez un tasseau central assurant la liaison entre toutes les contremarches pour éviter une déformation par la charge du béton pendant le coulage.

6) Le coulage :

- Coulez du béton et vibrez-le au fur et à mesure
- Égalisez les marches
- Laissez tirer le béton puis talochiez-le
- Réalisez ensuite le niveau de finition prévu dans les dispositions du marché

7) Le décoffrage :

- Le décoffrage de la paillasse sera réalisé après le séchage complet du béton après 28 jours



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation d'un escalier droit »

<https://www.youtube.com/watch?v=aJCNvcNE-5c&list=PLAJ9gAxB6qf2aj8NLIP-klcIUJf5HAvab&index=2>



E-Learning QUIZ : 9. Le dimensionnement d'un escalier

Veuillez répondre au quiz « Le dimensionnement d'un escalier » sur LMS



X. Caractériser l'assainissement d'un bâtiment :

L'assainissement permet d'assurer l'évacuation et le traitement des eaux usées et des eaux pluviales le plus rapidement possible en minimisant les risques pour la santé et pour l'environnement.

1) Caractériser la provenance des eaux à évacuer :

a. Eaux pluviales (EP) :

Les eaux pluviales proviennent des pluies et des neiges. Elles sont recueillies en surface par les toits, les rues, les cours...

Les EP se chargent d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...)

En plus de leurs pollutions, les eaux de pluies présentent des risques d'inondation et débordement dans les milieux urbains.

b. Eaux usées domestiques :

Après utilisation de l'eau par les consommateurs, les eaux usées domestiques sont évacuées. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en :

- Eaux ménagères : elles proviennent des lavabos, des douches, des cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants...
- Eaux de vannes : elles proviennent des toilettes et les urinoirs. Ces rejets sont chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

c. Eaux usées industrielles :

Elles proviennent des usines, des laboratoires, des teintureries, des ateliers etc. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures.

Certaines eaux industrielles peuvent présenter des dangers, tels que l'attaque des conduites, l'obstruction de la canalisation. Elles doivent donc être obligatoirement épurées avant d'être rejetées à l'égout public.

2) Identifier les différents réseaux d'assainissement :

– Réseaux publics :

En zone urbaine ou d'habitats regroupés, les eaux usées, collectées dans un réseau d'assainissement sont traitées en station d'épuration.

Le réseau de collecte ou "égouts" a pour fonction de collecter les eaux usées et de les amener à la station d'épuration, via des collecteurs. Ce transport se fait le plus souvent par gravité, mais il peut aussi se faire par refoulement, mise sous pression ou sous dépression.

La conception du réseau d'assainissement public est de type séparatif ou unitaire :

⇒ **Réseau séparatif :**

Ce système d'assainissement collecte les eaux usées domestiques (salle bain, cuisine, WC...) et les eaux pluviales dans deux réseaux différents et adaptés. Le réseau d'eaux usées doit mener les eaux à une station d'épuration pour qu'elles y soient traitées. Le réseau d'eaux pluviales renvoie les eaux directement dans les rivières.



⇒ **Réseau unitaire :**

Le réseau unitaire collecte dans la même canalisation aussi bien les eaux usées que les eaux pluviales. Toutes les eaux vont à une station d'épuration pour qu'elles y soient traitées.

Les réseaux unitaires requièrent moins de place et sont moins onéreux. En contrepartie, un réseau unitaire oblige à dimensionner la station d'épuration en fonction des eaux de pluie ce qui requiert des infrastructures importantes.



– **Réseau d'assainissement autonome :**

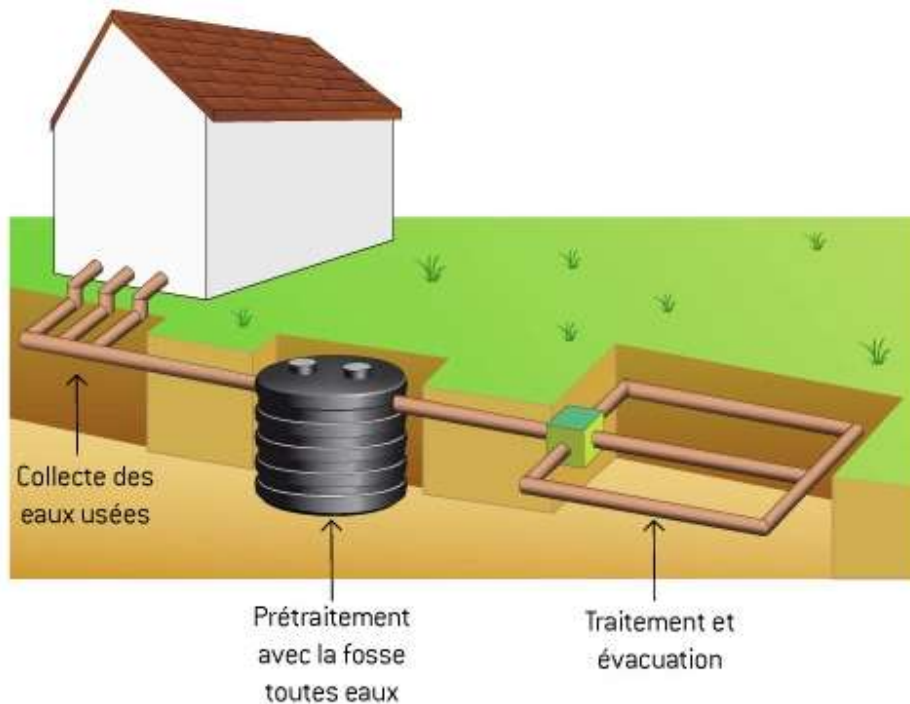
L'assainissement non collectif appelé aussi assainissement autonome désigne tout dispositif individuel de traitement des eaux domestiques. Les habitations qui ne sont pas desservies par un réseau de collecte des eaux usées (égouts) doivent traiter sur place leurs eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel ou de l'infiltrer sur la parcelle.

3) Caractériser les dispositifs de traitement des eaux usées :

– **Fosse toutes eaux :**

La fosse toutes eaux reçoit et traite l'ensemble des eaux : eaux vannes, eaux ménagères. Son processus de prétraitement de l'eau se déroule en trois étapes : la rétention des graisses et huiles, la collecte et la liquéfaction, le passage dans un préfiltre sur matériaux filtrant.

Les eaux usées qui s'écoulent dans la fosse toutes eaux vont d'abord être dégraissées, grâce à la paroi siphonide. Ainsi, les graisses contenues dans les eaux de cuisines sont filtrées immédiatement, elles restent en surface, formant une écume. Ensuite, les eaux usées sont collectées dans la cuve. Les résidus et les éléments solides se liquéfient alors, formant une boue dans le fond de la fosse toutes eaux. Les effluents liquéfiés passent alors à travers un préfiltre. Une fois les eaux usées passées dans le préfiltre, une canalisation les emmène jusqu'au système de traitement, champ d'épuration ou épandage.



– **Microstation :**

La microstation est un dispositif compact et complet d'épuration des eaux usées. Elle assure à la fois leur prétraitement et leur traitement.

Les microstations d'épuration sont constituées généralement d'une cuve comportant plusieurs compartiments (parfois de deux cuves). Elles fonctionnent, avec de l'énergie, en trois étapes :

- Le prétraitement dans un premier compartiment assure la séparation des constituants solides et liquides des eaux usées domestiques. Il produit un effluent liquide adapté au traitement secondaire. Ce compartiment permet aussi de stocker les boues produites par la deuxième phase du traitement.
- Le traitement secondaire est réalisé dans un deuxième compartiment appelé « réacteur biologique ». Dans celui-ci, l'effluent est aéré par un générateur d'air et est mis en contact avec des bactéries épuratrices aérobies. Ces dernières dégradent l'effluent pour en diminuer la pollution. Cela génère de l'eau, des gaz et des boues. Ces dernières sont décantées puis stockées avec les boues du prétraitement.
- En troisième étape, les eaux usées traitées sont rejetées par infiltration directe dans le sol ou pour irrigation des végétaux.



– **Bac dégraisseur :**

Le bac dégraisseur est un récipient conçu pour retenir les graisses, huiles et autres matières solides des eaux usées provenant de la cuisine et de la salle de bain. Et ce, pour éviter l'encrassement des canalisations de la fosse dans les habitations non raccordées au tout à l'égout.

Cet équipement de petite taille, positionné entre l'habitation et le dispositif d'assainissement non collectif, est obligatoire lorsque la fosse toutes eaux est située à plus de 10 mètres du logement.

Le fonctionnement du bac à graisse est très simple :

- Les eaux ménagères arrivent de l'habitation par la conduite d'évacuation des eaux usées.
- Les graisses, plus légères que l'eau, se séparent de celle-ci et remontent à la surface.
- Le tuyau d'évacuation est situé en dessous du tuyau d'entrée et permet une évacuation de l'eau sans la graisse vers la fosse toutes eaux

– **Préfiltre :**

Le préfiltre est un équipement de prétraitement dans les installations d'assainissement non collectif. Il se présente sous la forme d'une boîte remplie de graviers de 7 à 15 mm de diamètre et assure une simple filtration des effluents.

Le préfiltre se positionne à l'exutoire de l'installation d'assainissement. C'est le dernier endroit par lequel passe les matières liquides avant d'atteindre le champ d'épuration.

Le préfiltre peut être installé à l'aval d'une fosse, il joue ainsi un rôle filtrant qui freine les matières solides n'ayant pas eu le temps de décanter au fond de la fosse. Si celles-ci atteignaient l'élément épurateur, elles pourraient le colmater prématurément.

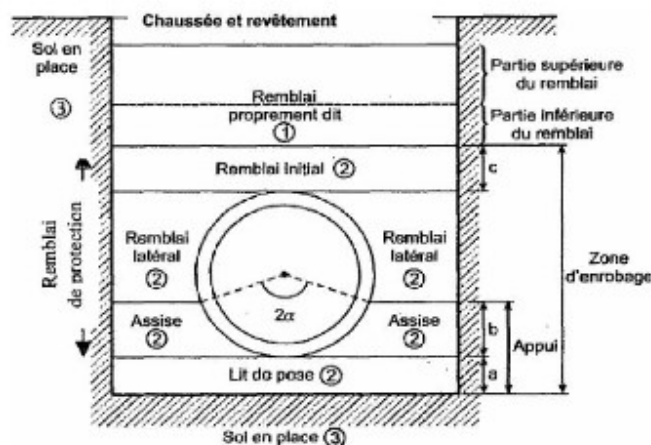
4) Caractériser les différents types de canalisations :

Les canalisations doivent assurer l'évacuation rapide et sans stagnation des eaux usées et des eaux pluviales.

a. Différentes couches d'une canalisation :

On considère :

- Le sol en place
- La zone d'enrobage constituée de :
 - Lit de pose : est constitué d'une épaisseur de matériau supérieure ou égale à 10 cm sur sol normal et à 15 cm sur sol dur ou rocheux. Le lit de pose fait partie de l'appui du tube et doit garantir une répartition la plus uniforme possible de la tension. Il doit être réalisée avec soin afin qu'aucun appui sur un point ne se produise lors de la pose du tube.
 - L'assise : L'assise fait également partie intégrante de l'appui sur lequel repose le tube et doit être compactée avec soin. Le remblayage latéral de la canalisation sous la conduite est primordial. La hauteur de l'assise est fonction de l'angle de pose.
 - Remblai latéral : Le remblai latéral doit être réalisé simultanément à gauche et à droite de la canalisation. C'est le soutien du tube dans la zone d'appui et il permet de minimiser la déformation verticale. Un compactage suffisant contre le terrain naturel est essentiel.
 - Remblai initial : Le remblai initial après compactage doit présenter une épaisseur d'au moins 15 cm au-dessus de la génératrice supérieure du tube.
- Remblai proprement dit : composé des parties inférieure et supérieure du remblai : Le remblayage de la tranchée au-dessus de la zone d'enrobage est réalisé en fonction de l'utilisation de la zone du tracé.
- Le sol en place



b. Matériaux d'une canalisation :

La pérennité d'un réseau d'assainissement est en fonction des matériaux utilisés lors de sa conception, de sa pose et de son entretien. Le choix des matériaux est large : fonte, acier, matériaux de synthèse et composites, béton, grès... Chacun a ses avantages et ses inconvénients, ses coûts de mise en œuvre et de maintenance. On distingue essentiellement :

- Canalisations en béton : Le béton armé est de plus en plus réservé aux collecteurs d'eaux pluviales, notamment pour les plus grandes dimensions.
- Canalisations en PVC : Le PVC se rencontre fréquemment pour les diamètres plus réduits (inférieurs à 800 mm) et généralement posés à faible profondeur, aussi bien pour les eaux usées que les eaux pluviales.
- Canalisations en fonte : la fonte est souple et rigide à la fois, elle sait se plier à la plupart des contraintes pour de longues, voire très longues durées d'autant qu'elle peut être revêtue intérieurement et extérieurement de multiples revêtements qui lui permettent de faire face à la plupart des contraintes.



c. Phases d'exécution d'une canalisation :

Comment réaliser un réseau de canalisations ?

EPI :

- Les gants
- Le casque
- Les lunettes
- Les protections auditives
- Les chaussures de sécurité

Matériel :

- Un laser
- Une pelle
- Une pioche
- Une mini pelle
- Une pilonneuse
- Une scie à PVC
- Un marqueur

Matériaux :

- Des tuyaux PVC
- Des manchons et accessoires
- De la colle
- Du lubrifiant
- Du sablon ou des graviers

La réalisation d'un réseau de canalisations se fait en 4 étapes:

1. Le tracé des canalisations
2. Le terrassement
3. Pose des réseaux
4. Contrôle de l'écoulement

1) Le tracé des canalisations

Tracez l'emplacement de vos réseaux à partir du plan et de la position des murs

Conseil : Afin de faciliter l'entretien des réseaux limitez au maximum les changements de direction sous le dallage

2) Le terrassement

- Creusez des tranchées d'une largeur adaptée à votre ouvrage et de 30 cm minimum selon le tracé
- Réglez le fond de fouille de façon à créer des pentes supérieures à 2%
- Attention vous devez respecter un recouvrement minimum de 15 cm au-dessus de votre canalisation
- Déposez une couche de sable ou de gravillons au fond de la tranchée et réglez-la

3) La Pose des réseaux

- Veillez à adapter le dimensionnement des réseaux aux types d'utilisation et aux systèmes d'assainissement desservis
- Construisez votre réseau en assemblant sans les fixer les différents tuyaux et accessoires
- Il est déconseillé d'utiliser des coudes à 90 degrés pour limiter les effets du changement de direction, utilisez plutôt deux angles à 45 degrés
- Mettez-le en place en vérifiant sa position et les pentes
- Repérez l'axe et l'enfoncement des différents éléments
- Vous pouvez maintenant procéder au collage
- Encollez et assemblez minutieusement l'ensemble des tuyaux et accessoires en suivant les repères et remettez-les en place

Remarque : L'étanchéité du réseau dépend de la qualité de l'encodage :

- Vérifiez que le lit de sable est bien tassé et contrôlez une dernière fois la pente
- Couvrez les tuyaux de sable puis remblayez et compactez la tranchée

4) Contrôle de l'écoulement

- Versez un seau d'eau à chaque entrée de votre réseau
- Vérifiez qu'elle s'écoule par la sortie
- Veillez à fermer toutes vos canalisations à l'aide de manchons et de bouchons adaptés
- Votre réseau est prêt



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation d'un réseau d'assainissement »

https://www.youtube.com/watch?v=fcyFtpGs3_M&list=PLAJ9gAxB6qf2aj8NLIP-kIcIUJf5HAvab&index=3



E-Learning QUIZ : 10. L'assainissement d'un bâtiment

Veuillez répondre au quiz « L'assainissement d'un bâtiment » sur LMS



XI. Caractériser les principaux éléments des installations des lots second œuvre :

1. Identifier les rôles et les éléments principaux des circuits et réseaux de CVC :

a. Définition et terminologie de CVC :

Le chauffage, ventilation et climatisation (CVC) est un ensemble de domaines techniques regroupant les corps d'état traitant du confort aéraulique. Ce qualificatif s'applique à tous types de bâtiments (habitat, tertiaire, industriel), et regroupe les spécialités et spécialistes du chauffage, de la ventilation et de la climatisation.

Pourquoi les bâtiments sont-ils chauffés, ventilés ou climatisés ?

→ Pour satisfaire des exigences de confort thermique, dans les conditions climatiques les plus diverses. Ces exigences de confort sont satisfaites par les capacités d'utilisation suivantes :

-Température de l'air : Réchauffer, refroidir

-Humidité de l'air : Humidifier, déshumidifier

-Qualité de l'air : Aérer, ventiler

-Hygiène de l'air : Filtrage

→ Pour assurer une production, un stockage et un transport les meilleurs possibles de biens fragiles ou le fonctionnement de certaines installations (installations informatiques). Il faut ainsi maintenir à un niveau constant et spécifique :

-La température ambiante

-L'humidité de l'air

-La qualité de l'air / l'hygiène

b. Principes et rôles du chauffage :

Le chauffage est l'action de transmettre de l'énergie thermique à un objet, un matériau ou à l'air ambiant. On distingue :

- Le chauffage à des fins de confort thermique domestique : le chauffage des locaux et volumes de vie ainsi que le chauffage de l'eau (eau chaude sanitaire, voire le chauffage des eaux de piscines). Le chauffage à des fins de confort est utilisé pour maintenir ou améliorer les conditions d'une ambiance agréable pour les êtres vivants, dans les espaces clos constituant les lieux de vie (bâtiments, habitacles de moyens de transports, piscines, etc.). L'objectif du chauffage est d'améliorer le confort thermique d'un espace à vivre.

- Le chauffage à des fins industrielles (chauffage de pièces mécaniques, de processus industriels, etc.).

Un système de chauffage consomme de l'énergie sous une forme et la restitue sous forme de chaleur.

c. Principes et rôles de la ventilation :

La ventilation est l'action qui consiste à créer un renouvellement de l'air, par déplacement dans un lieu clos. Elle est mise en œuvre dans les lieux où l'oxygène risque de manquer, ou bien où des polluants et autres substances indésirables (humidité, par exemple) risqueraient de s'accumuler en son absence : logements, bureaux, magasins, salles de spectacles, d'enseignement, ouvrages souterrains, tunnel routier, atelier industriel, mine...

La ventilation d'un lieu a de manière générale plusieurs justifications :

- Renouveler l'air ambiant, l'assainir, le dépoussiérer ;
- Assurer la climatisation (chauffage ou refroidissement) du local ;
- Réguler le taux d'hygrométrie (humidité) ;
- Gérer la pression atmosphérique d'un lieu clos (en surpression ou en dépression) ;
- Contrôler la concentration du CO₂ et des divers polluants intérieurs.

Ils existent de différents types de ventilation à savoir :

- Ventilation naturelle : Cette technique repose sur les forces motrices naturelles (vent, tirage thermique) pour renouveler l'air d'un bâtiment.
- Ventilation mécanique contrôlée simple flux : On distingue :
 - Ventilation mécanique par extraction d'air vicié : utilisation d'un moteur qui extrait l'air vicié à partir d'un réseau de conduits. Les bouches d'extraction sont généralement situées dans les pièces de service (locaux à pollution spécifique, salles de bains, cuisines...) La dépression créée alors à l'intérieur du bâtiment induit une entrée d'air neuf naturelle au niveau de l'enveloppe extérieure du bâtiment, principalement par des entrées d'air dans les pièces (fenêtres...).
 - Ventilation mécanique par insufflation d'air neuf : utilisation d'un moteur qui injecte de l'air neuf par un réseau de conduit jusqu'à un ou plusieurs point(s) de diffusion. La surpression alors créée à l'intérieur du bâtiment induit une sortie d'air.
- Ventilation hybride : combine les avantages de la ventilation naturelle et de la ventilation mécanique. Le système est piloté suivant les conditions climatiques et bascule automatiquement entre le mode naturel et le mode assistance mécanique. Ceci permet de profiter au maximum des forces motrices naturelles réduisant ainsi au minimum la consommation électrique des auxiliaires.

d. Principes et rôles de la climatisation :

La climatisation ou le conditionnement de l'air est la technique qui consiste à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques (température, humidité, niveau de poussières, etc) d'un local pour des raisons de confort (bureaux, maisons individuelles) ou pour des raisons techniques (laboratoires médicaux, locaux de fabrication de composants électroniques, blocs opératoires, salles informatiques).

Les principales caractéristiques modifiées, contrôlées ou régulées sont :

- Le degré de pollution de l'air ambiant (local à traiter) : renouvellement, soit par extraction forcée de l'air hors du local, soit par introduction forcée d'air neuf (air extérieur) dans le local, soit par renouvellement partiel de l'air ambiant pollué (adjonction d'un caisson de mélange),
- La température de l'air : modification suivant les saisons (chauffer ou refroidir),
- Le degré d'hygrométrie de l'air traité : humidification ou déshumidification,
- La teneur en poussières de l'air : traitement par filtration de l'air soufflé ou repris,
- Le maintien permanent des conditions intérieurs (la régulation).

2. Identifier les rôles et les éléments principaux des circuits et réseaux électriques :

a. Terminologie :

- Compteur électrique : sert à mesurer la consommation électrique en kWh. Grâce à lui, les fournisseurs peuvent calculer l'énergie consommée et ensuite établir une facture d'électricité.
- Le tableau électrique : est le lieu où sont réunis tous les circuits et les systèmes de protection de ces derniers. Cette centralisation peut avoir la forme d'un coffret ou être présente dans une armoire. Le compteur est relié au tableau électrique par un câble d'alimentation. Ensuite, depuis le tableau, l'électricité est dispersée entre les circuits de la construction.
- Le disjoncteur divisionnaire : Son principe est de sécuriser chaque circuit électrique en cas de surcharge ou d'un court-circuit. Chaque circuit possède donc son propre fusible.
- Le disjoncteur différentiel : permet d'éviter tout risque d'électrocution et d'incendie engendré par une perte de courant
- La prise de terre : constitue un élément important dans une installation électrique. Elle va évacuer le courant de défaut vers la terre et permettre ainsi d'éviter l'électrocution.
- Les prises de courant : sont encastrées dans les murs et permettent de brancher les appareils électriques. Les prises électriques sont reliées suivant un schéma en parallèle ou en dérivation.
- Interrupteur : permet d'ouvrir ou fermer l'alimentation d'un circuit électrique. Il est toujours associé à un système de protection comme un fusible ou un disjoncteur.

b. Principes et rôles des circuits électriques domestiques :

Le cheminement de l'énergie électrique se fait comme suit :

1. La source d'énergie

2. Le comptage
3. Les différents appareillages électriques (protections, commandes)
4. Les appareils d'utilisation (récepteurs, prises)

Les circuits électriques : servent à distribuer le courant délivré par le fournisseur d'énergie, à partir du tableau électrique. Le circuit est constitué de fils (des conducteurs) de différentes couleurs normalisées et de composants électriques (prises, interrupteurs, éclairage, etc.) ou électroniques (appareils électroménagers).

Il existe différents circuits électriques à l'intérieur du logement qui correspondent chacun à un type d'utilisation et à un appareillage. Ces circuits peuvent être en série ou en dérivation. Ils seront tous reliés au tableau de répartition grâce aux fils. On distingue : les circuits pour les prises de courant, les circuits pour les interrupteurs, les circuits spécialisés (mis en place pour accueillir les grands appareils).

3. Identifier les rôles et les éléments principaux des circuits et réseaux de plomberie :

a. Définitions :

- Les installations sanitaires : désignent l'ensemble des équipements en lien avec l'hygiène et la santé. Il est ainsi question des canalisations, des appareils sanitaires, de la robinetterie, etc. Ces installations sont mises en place par le plombier (ou installateur sanitaire).
- La plomberie : est l'ensemble des travaux qui permettront l'usage des installations sanitaires. Elle consiste à mettre en œuvre toutes les canalisations nécessaires, ainsi que l'ensemble des raccordements, des évacuations d'eaux vannes et des eaux usées.

b. Les différentes phases d'installation de plomberie :

- La pose du compteur d'eau : La mise en place du compteur d'eau est la première étape de l'installation de plomberie. Ce dispositif permet d'estimer votre consommation en eau, pendant une période déterminée.
- L'installation de robinetterie : la robinetterie est un autre élément indispensable à considérer sur un système de plomberie. Elle comprend plusieurs composants à savoir :
 - Le robinet : permet l'arrêt ou la mise en marche de l'écoulement d'eau.
 - La vanne : s'utilise sur les alimentations en eau froide et en eau chaude. Elle se décline en plusieurs versions : vanne à soupape, vanne à opercule, vanne papillon, vanne à tournant sphérique, vanne à clapet simple, etc.
 - Le clapet qui permet de choisir le sens de passage de l'eau : clapet anti-retour à battant, à guidé, à bille et à disques concentriques.
- La mise en place de la tuyauterie : La tuyauterie sert non seulement à alimenter en eau potable mais également à évacuer les eaux usées.
- La mise en place des équipements sanitaires : la pose des équipements sanitaires se déroule en plusieurs étapes : raccordement au réseau d'alimentation en eau,

branchement à l'évacuation des eaux usées et mise en place des divers équipements sanitaires (WC, lavabo, douche, évier, etc.).



E-Learning QUIZ : 11. Les principaux éléments des installations des lots second oeuvre

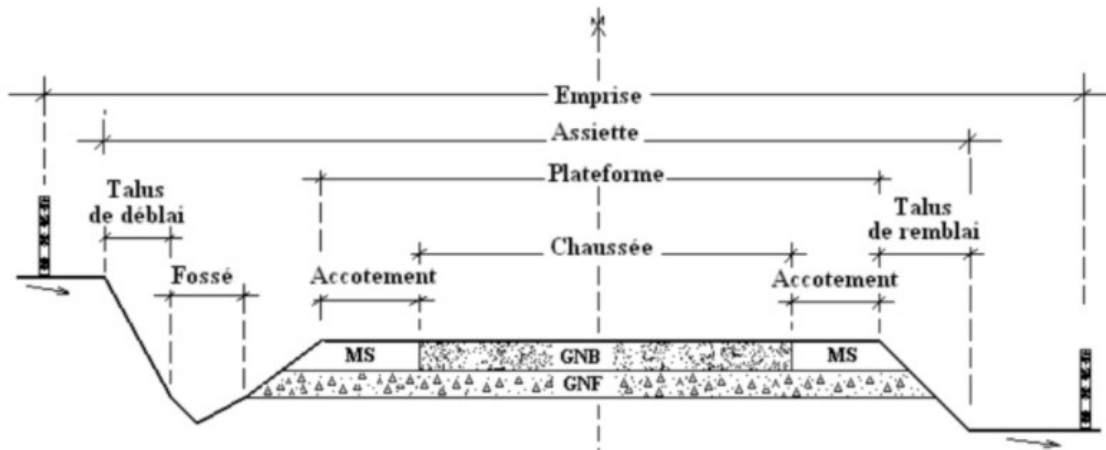
Veuillez répondre au quiz « Les principaux éléments des installations des lots second oeuvre » sur LMS



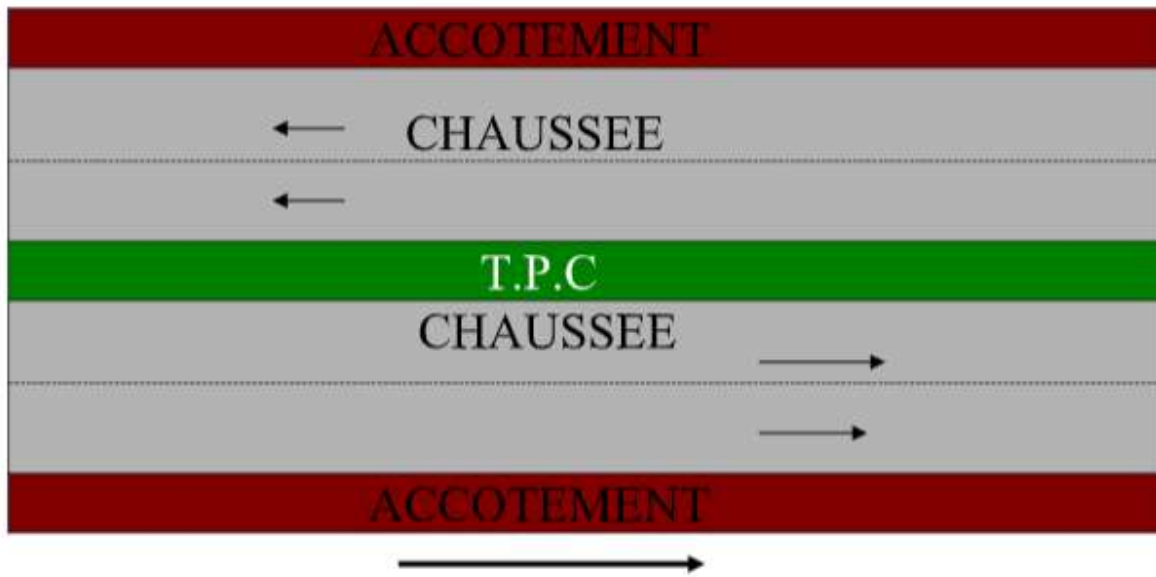
XII. Caractériser la réalisation d'une portion de route :

1. Dimensionner une chaussée :

a. Terminologie routière :



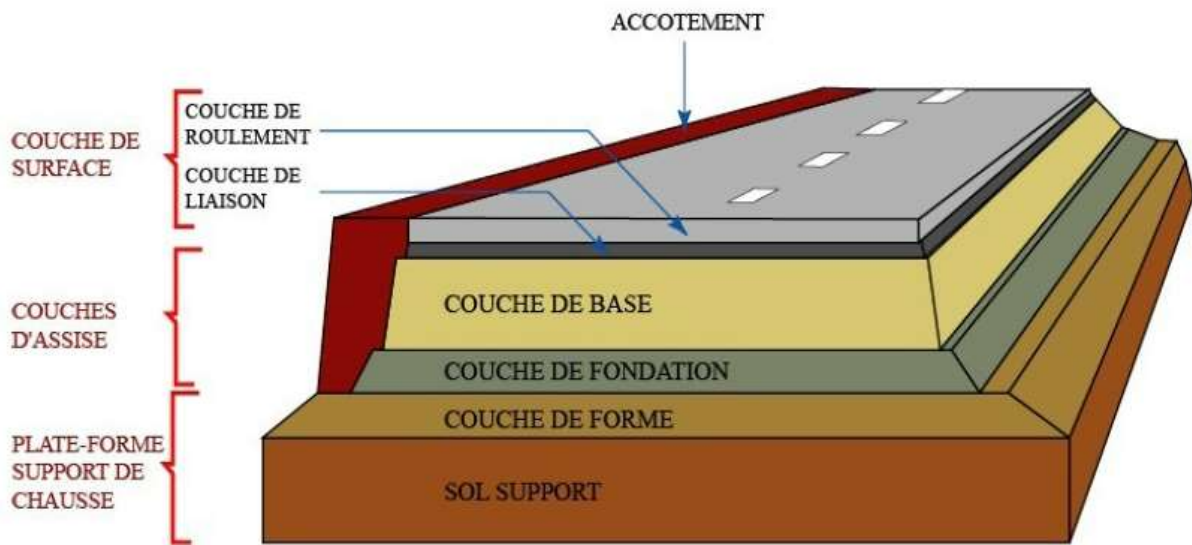
- Chaussée : représente la surface revêtue de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- Accotements : représentent les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée.
- Plate-forme : C'est la surface de la route qui comprend la chaussée, les accotements et, éventuellement les terres pleines.



- Assiette : surface du terrain réellement occupée par la route (Plateforme, Fossés, Talus, toute dépendance et ouvrages affectés au Domaine public)
- Emprise : partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.
- Fossé : représente les excavations aménagées de part et d'autre de la plate-forme. Ils sont destinés à assainir la plate-forme en collectant les eaux de ruissellement.
- Dévers : est l'inclinaison transversale de la route. En alignement droit le devers est destiné à évacuer les eaux superficielles. En courbe les devers permettent à la fois d'évacuer les eaux de ruissellement et de compenser une partie de la force centrifuge.

b. Différentes couches d'une chaussée :

Le rôle d'une chaussée est de reporter sur le sol support les efforts dus au trafic en les répartissant convenablement.



Une structure routière se décompose en trois couches :

- 1) La plate-forme support de chaussée
- 2) Les couches d'assise
- 3) La couche de surface

▪ **Une plate-forme support de chaussée :**

Une plate-forme support de chaussée est composée de :

- **Un sol support** (d'origine ou issu d'un remblai) ;
- **Une couche de forme** : C'est une couche de transition entre le sol support et le corps de chaussée, elle permet d'assurer :

A court terme :

- ✚ Le nivellement de la plate-forme en vue de réaliser la couche de fondation
- ✚ Une portance suffisante pour l'exécution correcte du compactage des couches de chaussées
- ✚ La traficabilité permettant la circulation des engins réalisant la couche de fondation
- ✚ La protection du sol support vis-à-vis des intempéries

A long terme :

- ✚ La portance homogène du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante
- ✚ Le maintien dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, d'une portance minimale.
- ✚ L'amélioration de la portance de la plate-forme
- ✚ La contribution au drainage de la chaussée
- ✚ La protection thermique des sols supports gélifs

- **La couche d'assise :**

La couche d'assise est généralement constituée de deux couches :

- **Une couche de fondation** : répartit les contraintes induites par le trafic à un taux compatible avec les limites admissibles du sol support.
- **Une couche de base** : résiste aux efforts verticaux issus de la couche de surface et répartit les pressions qui en résultent sur la couche de fondation.

- **La couche de surface :**

La couche de surface est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat.

Elle peut être composée de :

- **Une couche de liaison aux couches d'assise** : interface entre l'assise et le roulement
- **Une couche de roulement** : est la seule couche perçue par les usagers. Elle assure la fonction de protection de l'assise contre les agressions du trafic, du climat et des polluants accidentels, la sécurité et le confort des usagers, le déplacement d'usagers différents (véhicules, cycles, piétons).

c. Dimensionnement d'une chaussée :

➔ Le dimensionnement d'une chaussée fait intervenir les paramètres suivants :

- **Le trafic :**

Le trafic constitue un élément essentiel du dimensionnement des chaussées. A chaque passage de véhicules, le poids des véhicules est transmis à la chaussée, sous forme de pressions, par l'intermédiaire des pneumatiques

Chaque passage de véhicule sur la chaussée entraîne une légère fatigue de celle-ci, tant pour ce qui concerne la structure que les qualités de surface. L'accumulation de ces dommages élémentaires conduit à la dégradation progressive de l'ensemble.

Le calcul de dimensionnement fait donc intervenir le trafic cumulé qui circule sur la chaussée durant la période de service prévue.

Les poids lourds sont les seuls véhicules pris en considération pour décrire et quantifier le trafic dans les opérations de conception et de dimensionnement de la chaussée.

La classe d'un trafic est exprimé en moyenne journalière annuelle (MJA) à l'année de mise en service, par sens de circulation et pour la voie la plus large.

Dans certaine agglomération, on tiendra compte aussi d'un taux d'accroissement annuel du trafic PL.

- **La durée de service :**

C'est la durée pour laquelle l'ouvrage réalisé n'entraînera aucun entretien structurel. Le maître d'ouvrage choisira une durée de service qui est fonction de sa stratégie d'investissement. Cette durée sera en général comprise entre 10 et 20 ans.

- **La qualité de la plate-forme :**

Le dimensionnement de la chaussée dépend de la classe de portance exigée au marché pour la plate-forme support.

- **Les données climatiques et d'environnement :**

L'état hydrique du sol support, les données climatiques ont une influence sur la résistance, la durabilité, la déformabilité des chaussées et de leur support. Le dimensionnement doit subir une vérification au gel/dégel en fonction de la localisation géographique du projet et son exposition aux rigueurs hivernales.

- **Les matériaux pour assises**

Le dimensionnement de la chaussée doit tenir compte de la qualité et des caractéristiques mécaniques des matériaux pour assises.

2. Utiliser les matériaux et matériel routier :

a. Matériaux routiers :

- **Les liants routiers :**

Liants hydrocarbonés : Un liant hydrocarboné est d'une manière générale un matériau adhésif contenant du bitume, du goudron, ou les deux. Cet élément agrégé avec des granulats fournit des « matériaux enrobés ».

Liants hydrauliques : Un liant hydraulique est un produit fini et distribué prêt à l'emploi. Il s'agit d'une poudre minérale qui, une fois combinée avec de l'eau, devient une pâte faisant prise et durcissant progressivement, à l'air comme sous l'eau.

- **Les matériaux utilisés en assise de chaussée :** On distingue :

-les matériaux non traités : sables naturels, graves non traitées (mélange à granulométrie continue de cailloux, graviers et sable avec généralement une certaine proportion de particules fines)

-les matériaux traités aux liants hydrauliques : graves traitées aux liants hydrauliques, sables traités aux liants hydrauliques

-les matériaux traités aux liants hydrocarbonés : graves-bitume, graves émulsion, sables bitume...

- **Les matériaux utilisés en couche surface :** On distingue :

- Les enduits superficiels : un film de liant répandu sur la surface à revêtir, sur lequel une couche de granulats est répandue et cylindrée
- Les bétons bitumineux
- Les enrobés denses

b. Matériel routier :

Les principaux matériels routiers concernent la fabrication des mélanges : les centrales de fabrication sont de véritables usines, fixes ou mobiles, permettant de produire des mélanges complexes, à des cadences de production adaptées à tous les types de chantier.

D'autres matériels contribuent à l'exécution des chantiers, on distingue essentiellement :

- **Camion** : permet le transport des matériaux
- **Chargeuse** : permet de transporter et déplacer rapidement une quantité non négligeable de matériaux d'un point à un autre notamment lors des travaux de terrassement.



- **Répandeuse** : c'est un engin autonome destiné à répandre du bitume chaud ; il est muni d'une citerne chauffée et d'une rampe de répartition du liant.



- **Finisseur** : est un engin mobile destiné à appliquer les enrobés bitumineux sur les chaussées.



- **Niveleuse** : c'est un engin à lame orientable (trois directions d'axe de rotation) destiné au réglage et au nivellement des plates-formes, des pistes de terrassement et des couches de chaussée (couche de forme, couche de fondation et couche de base)



- **Compacteur** : permet d'assurer le compactage des matériaux mis en place. Le compactage désigne l'action de tasser un matériau à l'aide de moyens mécaniques pour réduire les vides et augmenter sa cohésion. Il est réalisé soit au moyen de compacteurs statiques (à pneus ou à pieds dameurs) qui agissent uniquement par leur poids, soit de compacteurs vibrants (à bille lisse ou à pieds dameurs) qui agissent par leur poids et leur vibration. Le type de compacteur est déterminé à partir de la nature des matériaux et de l'objectif de compacité recherché.





3. Caractériser les phases d'exécution d'une chaussée :

Les travaux de la réalisation d'une chaussée seront exécutés conformément aux plans (profils en long, profils en travers) et le cahier des prescriptions spéciales. Les étapes d'exécution d'une chaussée :

- ❖ Installation des panneaux de construction : pour informer les automobilistes de l'existence des travaux
- ❖ Dégagement des emprises nécessaire à la réalisation des travaux : le débroussaillage des arbustes, déboisement et l'enlèvement des souches...
- ❖ Travaux de terrassement : Le terrassement commence par le décapage de la terre végétale, se poursuit par l'enlèvement des terres des points hauts puis la mise en remblai dans les points bas.

-Le terrassement comprend deux catégories :

- les déblais et les remblais : la terre est retirée à certains endroits surélevés du tracé (déblais) pour être remise à des endroits en creux (remblais)
- les emprunts : la configuration et la nature du terrain rendent nécessaire le recours à des matériaux complémentaires trouvés dans des emprunts hors de l'emprise de la route.

-La mise en œuvre du remblai se fait comme suit :

- Décapage de la terre naturelle,
- Réglage de la surface décapée par arrosage suivi par compactage,
- Etalage de la première couche des matériaux pour remblai,
- Arrosage et malaxage,
- Réglage et compactage,
- Etalage de la deuxième couche sur la première couche,
- Arrosage et malaxage
- Réglage et compactage,
- Etalage de la troisième couche et ainsi de suite jusqu'au le niveau souhaité.

❖ Travaux de chaussée :

-Après la réalisation des travaux de terrassement, on procède à la préparation de la couche de forme afin d'homogénéiser les caractéristiques du sol de fondation.

La préparation comporte le réglage de la forme et son compactage.

Le réglage d'une couche consiste à la mettre au niveau exact établi par le projet.

Le compactage consiste à serrer les grains du sol pour rendre le matériau le plus dense possible, moins sensible à l'eau et pour obtenir de meilleures caractéristiques mécaniques. La densité susceptible d'être obtenue pour un matériau donné dépend de l'énergie et du mode de compactage ainsi que de la teneur en eau. Si celle-ci est trop faible, les grains ne sont pas assez lubrifiés pour bien se resserrer, si elle est trop forte, le matériau est trop déformable.

-La mise en œuvre de la couche de fondation et de base : Répandage (étaler le matériau et le répartir de manière régulière), Réglage et compactage.

Au moment de réglage et du compactage de chaque couche de la fondation, la teneur en eau devra être maintenue au niveau de celle correspondant à l'O.P.M (optimum Proctor modifié).

-La mise en œuvre de la couche de surface : Imprégnation de la couche de base à l'aide d'une répondeuse, répandage de l'enrobé à l'aide d'un finisseur et compactage.



E-Learning QUIZ : 12. La réalisation d'une chaussée

Veuillez répondre au quiz « La réalisation d'une chaussée » sur LMS



XIII. Caractériser les travaux des ouvrages d'art :

1. Définir les ouvrages d'art :

Un ouvrage d'art est une construction de grande importance appartenant à l'une au moins de ces catégories :

- Ouvrage permettant de franchir un obstacle sur une voie de communication routière, ferroviaire ou fluviale (ponts, tunnels) ;
- Dispositif de protection contre l'action de la terre ou de l'eau (murs, tranchée couverte, digue) ;
- Dispositif de transition entre plusieurs modes de transports (quais et autres ouvrages portuaires).

De tels ouvrages sont qualifiés « d'art » parce que leur conception et leur réalisation font intervenir des connaissances où l'expérience joue un rôle aussi important que la théorie.

Il existe de différents types d'ouvrages d'art, on distingue essentiellement :

a. Pont :

Le pont est un ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Il existe une multitude de critères de classification des ponts. En effet, on peut les classer en fonction de :

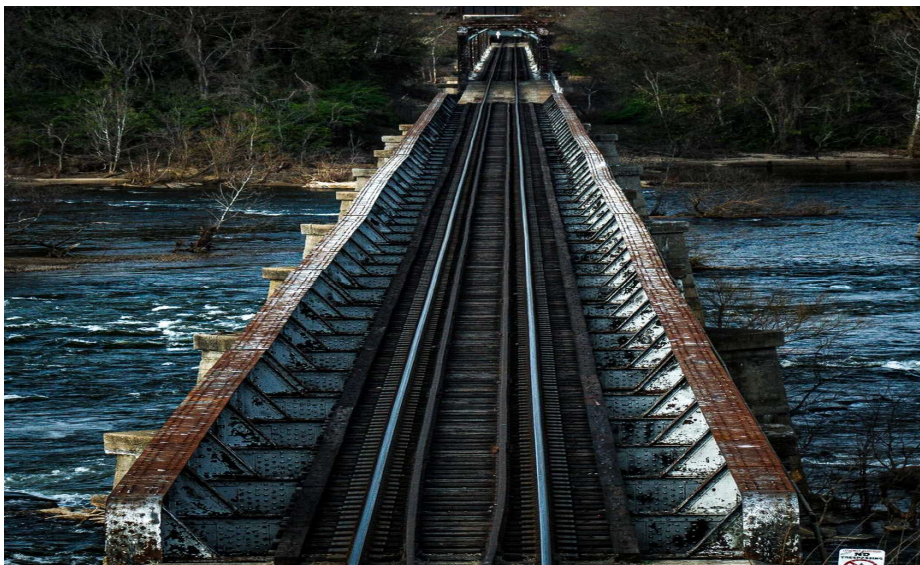
— Leur usage :

Suivant la nature de la voie de communication que porte l'ouvrage, on distingue :

- Le pont-route : est un pont supportant une chaussée routière



- Le pont rail : est un pont qui permet de supporter une ligne de chemin de fer et permettre le passage de trains.



- Le pont canal : est un pont qui permet à un canal de franchir un obstacle en déblai, une vallée ou un vallon.



- La passerelle : est un pont destiné au passage des piétons



— **Leur structure** : on distingue :

- Le pont à poutres : est un pont dont l'organe porteur est une ou plusieurs poutres droites



- Le pont en arc : est un pont dont la ligne de la partie inférieure est en forme d'arc.



- Le pont suspendu : est un pont dont le tablier est supporté par des câbles longitudinaux paraboliques par l'intermédiaire de suspentes. Les câbles portent sur des pylônes et sont en général ancrés aux extrémités dans les culées.



— **Les matériaux utilisés** : on distingue :

- En bois
- En acier
- En béton armé
- En béton précontraint
- En maçonnerie

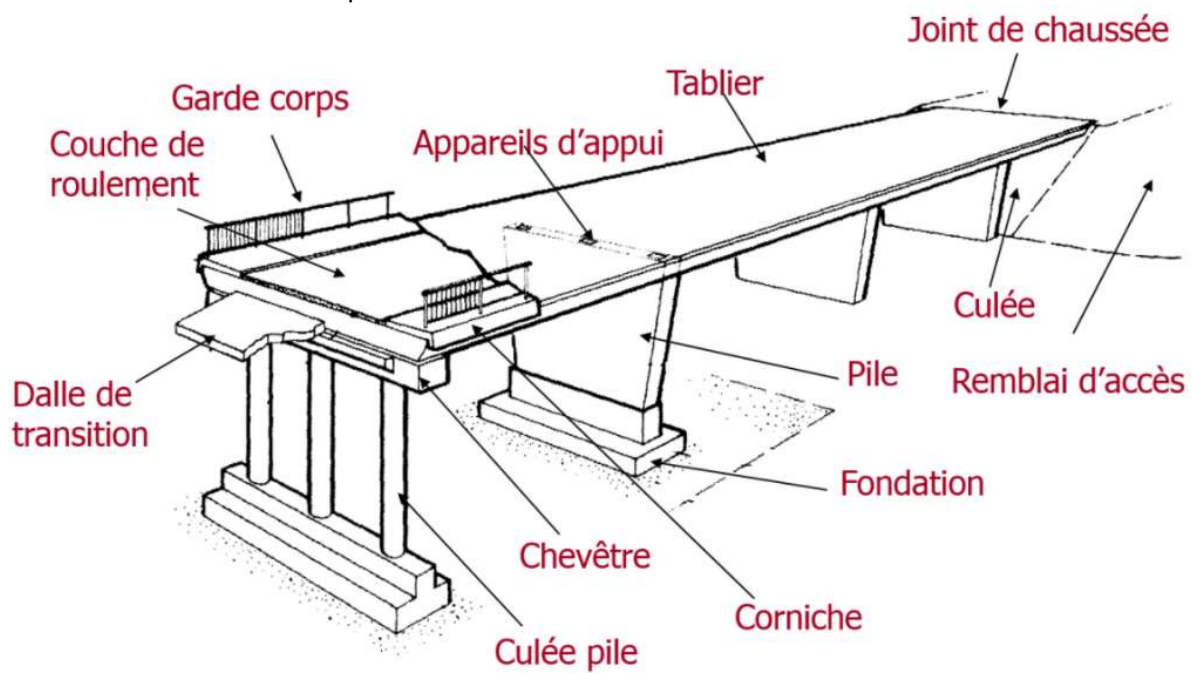
- **Leur nature** : fixe ou mobile, provisoire ou définitif.

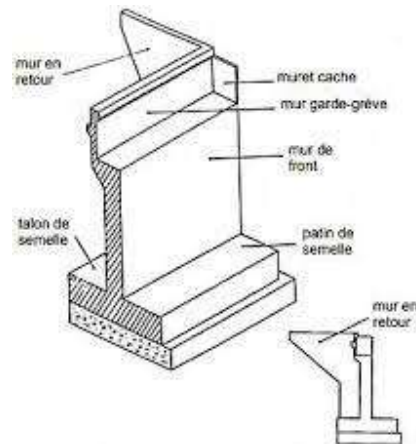


- **Leur importance** :

Elle dépend de la longueur de l'ouvrage qui peut varier de quelques mètres à plusieurs mètres et aussi de sa largeur qui varie de quelques mètres à une quarantaine de mètres.

→ Éléments constitutifs d'un pont :





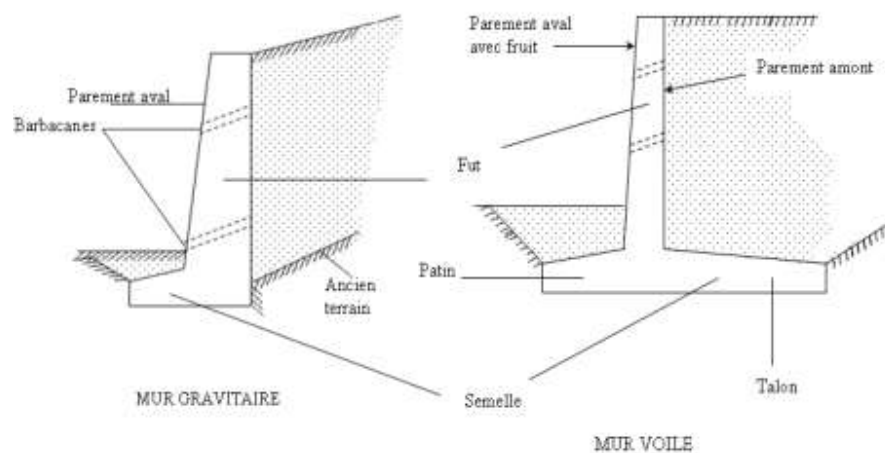
b. Mur de soutènement :

Les ouvrages de soutènement sont des constructions destinées à prévenir l'éboulement ou le glissement d'un talus. Ils sont essentiellement employés :

- Soit en site montagneux pour protéger les chaussées routières contre le risque d'éboulement ou d'avalanches ;
- Soit en site urbain pour réduire l'emprise d'un talus naturel, en vue de la construction d'une route, d'un bâtiment ou d'un ouvrage d'art.

Un mur de soutènement est constitué de deux parties essentielles :

- Un fut : paroi résistante destinée à retenir les terres situées en arrière
- Une semelle de fondation : dans laquelle s'encastre le fut et qui assure la stabilité de l'ouvrage.



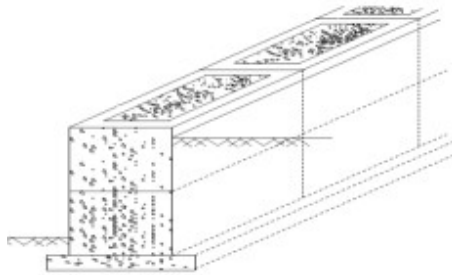
➔ Différents types des murs de soutènement :

On classe les murs de soutènement en deux grandes catégories : les murs gravitaires ou murs-poids et les murs-voiles.

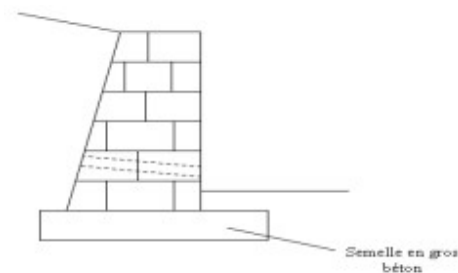
- Murs gravitaires ou murs-poids :

Ce sont des ouvrages résistants par leur poids propre à la majeure partie de la poussée des terres. Ces murs sont massifs et réalisés en béton non armé ou en maçonnerie épaisse de pierres ou de briques. Leur parement arrière peut présenter éventuellement des redans. Il existe plusieurs murs gravitaires, on cite :

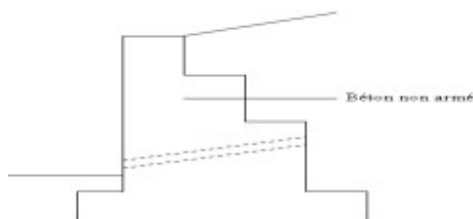
- Murs à caissons : est constitué d'un ensemble de boîtes alignées, superposées, ou encore alignées et superposées. Chaque boîte ou caisson est remplie de sol, de pierres ou d'un autre matériau de poids volumique élevé. La stabilité du mur est assurée par la largeur des caissons et le poids du matériau de remplissage.



- Murs gravitaires en maçonnerie : Ce sont des murs constitués de pierres, de moellons ou de briques jointoyés



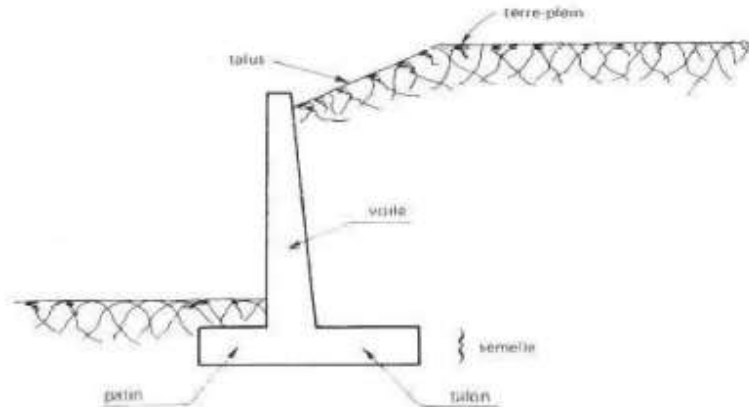
- Murs gravitaires à redans : Ce sont des murs constitués d'un parement arrière en série de redans



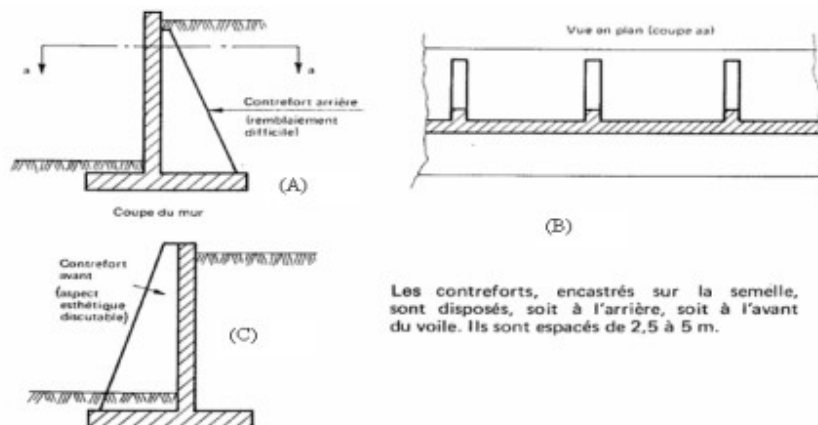
– **Murs voiles, murs chaises ou murs cantilever :**

Ce sont des ouvrages utilisant comme élément de stabilisation le poids des terres soutenues par l'intermédiaire de leur semelle de fondation. De tels murs sont réalisés en voiles minces de béton armé et peuvent avoir des formes plus ou moins compliquées. Les semelles de tels murs comportent un patin ou bec et un talon avec parfois une bêche à l'arrière. Parmi les différents exemples des murs voiles, on cite :

- Mur en T renversé : est la forme classique pour un mur en béton armé de treillis soudé. Ce mur se compose d'un voile mince encastré sur une semelle qui supporte une partie de remblai, ce qui améliore la stabilité de l'ensemble.



- Mur à contreforts : Lorsque la hauteur du mur devient importante ou que les coefficients de poussée sont élevés, le moment d'encastrement du voile sur la semelle devient grand. Une première solution consiste à disposer des contreforts dont le but est de raidir le voile.



c. Tunnel :

Les tunnels sont des ouvrages souterrains permettant le passage d'une voie de circulation ou le transport de fluides.



On distingue plusieurs types de tunnels selon :

- **Leur destination :**
 - Les tunnels de communication parmi lesquels :
 - les tunnels ferroviaires
 - les tunnels routiers
 - les tunnels de navigation
 - Les tunnels de transport:
 - adductions d'eau
 - galeries hydrauliques
 - égouts
 - galeries de canalisations
 - Les tunnels et cavités de stockage :
 - garages et parkings
 - stockages liquides ou gazeux
 - dépôts
- **Leur mode d'exécution:**
 - les tunnels construits à ciel ouvert
 - les tunnels construits en souterrain à faible ou forte profondeur
 - les tunnels construits par éléments immergés

La forme et les caractéristiques d'un souterrain dépendent essentiellement de la nature de la voie de communication, de l'importance de cette voie, de la nature du sol traversé...

d. Barrage :

Les barrages sont des ouvrages réalisés au travers d'une rivière ou d'une vallée qui permettent d'accumuler, de maîtriser ou de stocker de l'eau

Les barrages sont des ouvrages particuliers :

- par leurs dimensions
- par l'ampleur des conséquences que pourrait avoir leur rupture
- par leur impact sur l'environnement et le paysage

- par leur spécificité : chaque ouvrage est un prototype conçu en fonction de son type d'utilisation et des caractéristiques du site

Il existe trois principales formes de barrages :

- Barrage poids : est un ouvrage massif en maçonnerie ou en béton dont la stabilité sous l'effet de la poussée de l'eau est assurée par son propre poids. Il est vertical par rapport à la retenue et incliné par rapport à la vallée. Il s'appuie uniquement sur le sol. Ainsi, il oppose toute sa masse à la pression de l'eau.



- Barrage voûte : en béton, il s'appuie en partie sur des parois rocheuses. Grâce à sa forme courbe, il reporte la pression de l'eau sur les rives. Il peut aussi être soutenu par des contreforts. Il est incliné par rapport à la retenue et vertical par rapport à la vallée. Il est souvent utilisé dans des vallées étroites.



- Barrage à contreforts : est constitué de contreforts triangulaires en béton qui lui permettent de reporter la pression de l'eau vers le sol. Il est très léger car son poids se réduit seulement à celui des contreforts.



2. Caractériser les techniques de réalisation des ouvrages d'art :

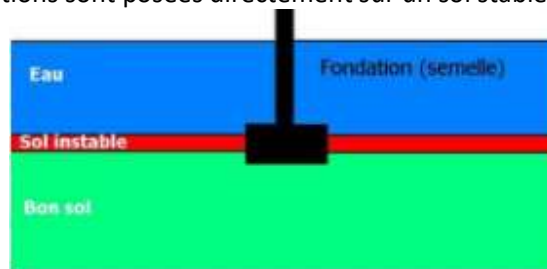


a. Différentes phases de réalisation d'un pont :

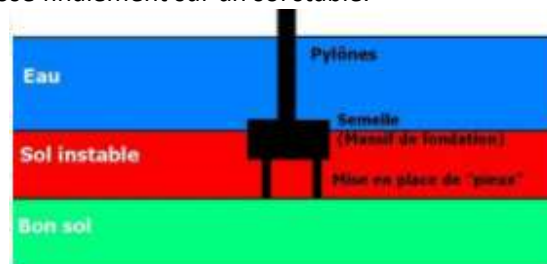
1) **Réalisation des fondations :**

Les fondations doivent surtout être correctement faites lors de la construction d'un pont. En effet, elles ont le rôle de répartir les différentes charges du pont (masse, poids, surcharge, forces...) de la meilleure façon possible pour garantir sa sécurité. Le facteur déterminant du type de disposition choisie est la nature du terrain et son aptitude à accueillir la structure. C'est donc les caractéristiques de l'environnement où les constructions vont être mises en place qui détermineront le type de solution technique et de méthode de construction.

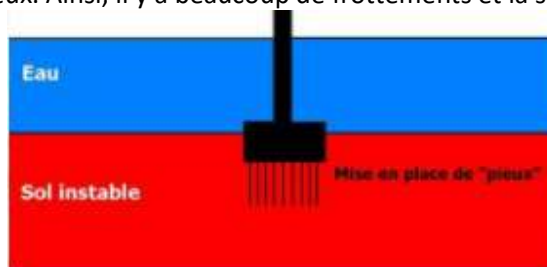
-Pour un bon sol : Les fondations sont posées directement sur un sol stable.



-Pour un sol portant en profondeur : On pose quatre pieux dans le mauvais sol instable jusqu'à atteindre le bon sol. La fondation repose finalement sur un sol stable.



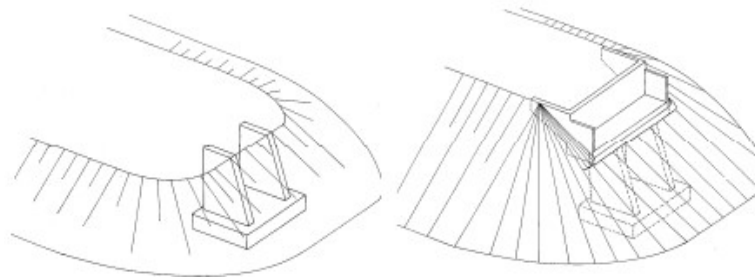
-Pour un sol instable : Pour que le pylône puisse résister à une très grande force de compression, il faut placer de très nombreux pieux. Ainsi, il y a beaucoup de frottements et la structure devient stable.



2) Réalisation des appuis :

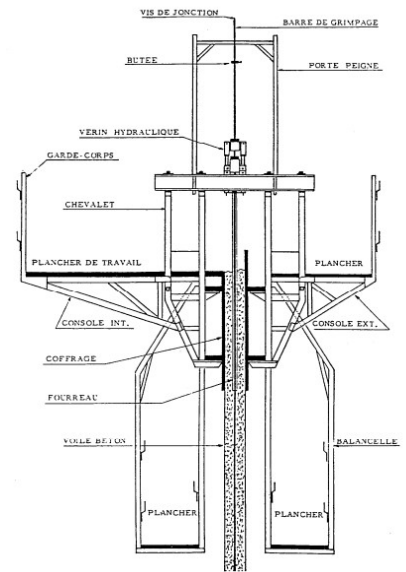
-Les culées sont généralement totalement ou partiellement enterrées. Les phases de réalisation des culées sont :

- 1) Réalisation des semelles et des porteurs verticaux
- 2) premier remblaiement
- 3) chevêtre et murets garde grève
- 4) second remblaiement



-Pour la réalisation des piles, on utilise :

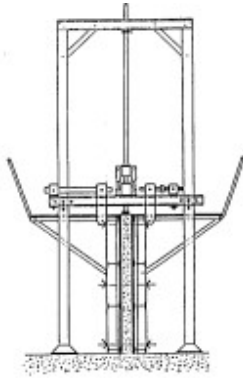
- Des coffrages glissants : Le mécanisme du système à coffrage glissant repose sur le levage en continu de la console de coffrage à la verticale et l'exécution simultanée des travaux habituels : coffrage, armature, bétonnage et finition. Le déplacement a lieu lentement, au fur et à mesure du durcissement du béton, coulé en continu. Ce système convient en particulier aux ouvrages en béton armé de grande hauteur et de section constante.



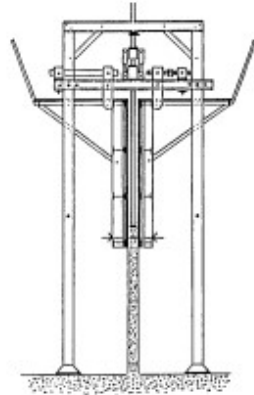
E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation d'un coffrage glissant »

https://www.youtube.com/watch?v=ChE_qB3rQdM

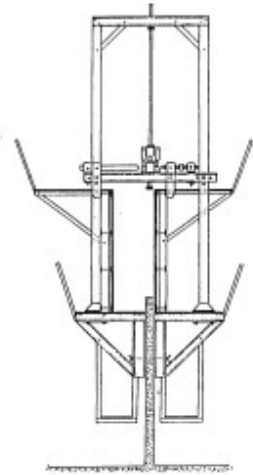
- Des coffrages grimpants : Système de coffrage vertical permettant la progression de l'ouvrage par levées successives en prenant appui sur la partie déjà réalisée.



Réalisation du coffrage en appui sur sol



Montage du coffrage et de sa plateforme



Mise en place d'une plateforme supplémentaire en pied de coffrage puis ouverture du coffrage



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation d'un coffrage grimpant »

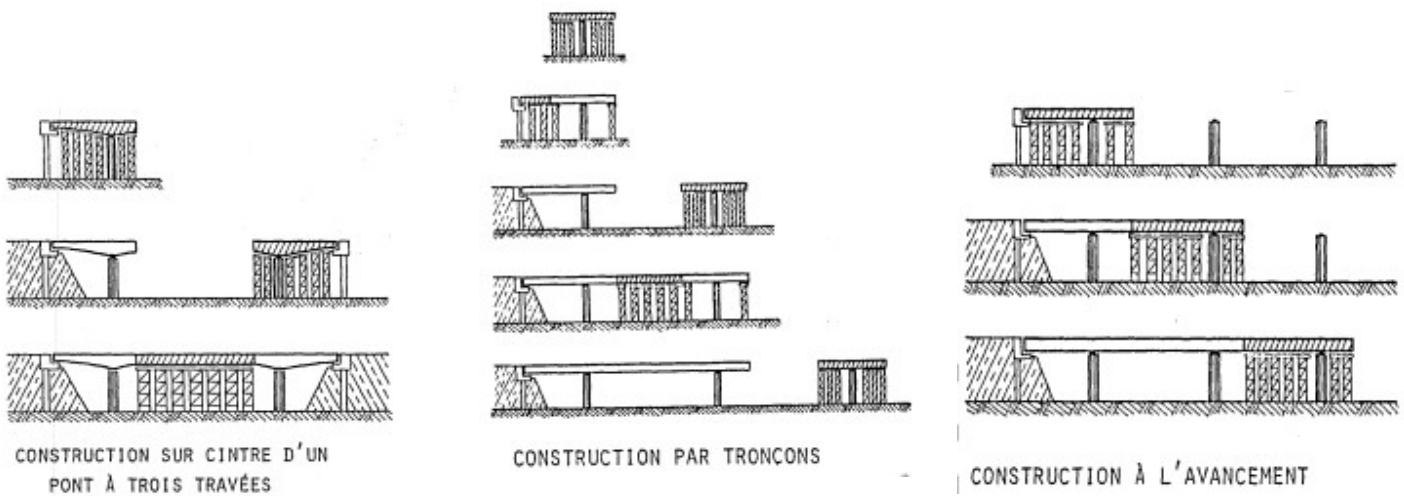
<https://www.youtube.com/watch?v=vBLnNbRIiXM>

3) Exécution du tablier

On distingue :

- **Ponts construits sur cintre :** Cette technique s'apparente à la réalisation des planchers coulés en place. Le coffrage est réalisé sur tours d'étaie. Cette méthode s'applique pour des hauteurs de l'intrados limitées et lorsque le sol est capable d'accepter la pose d'étaie.

Le phasage de construction peut se faire selon 3 modes.

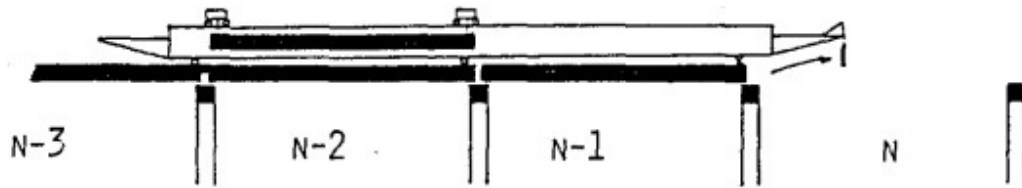


- **Ponts construits par pose de poutres préfabriquées :** C'est une construction à l'avancement, travées par travées. La pose des poutres se fait par levage traditionnel (grue) soit par poutre de lancement.



Exemple de phasage du lancement :

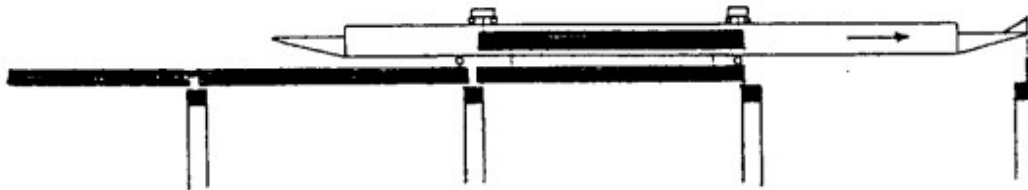
- Blocage du lanceur sur la travée n-1.
Prise en charge de la poutre préfabriquée par chariots roulant sur la partie supérieure du lanceur.



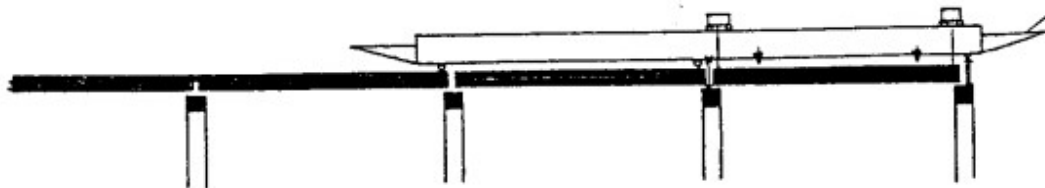
- Avancement des chariots portant la poutre jusqu'à la travée n-1.



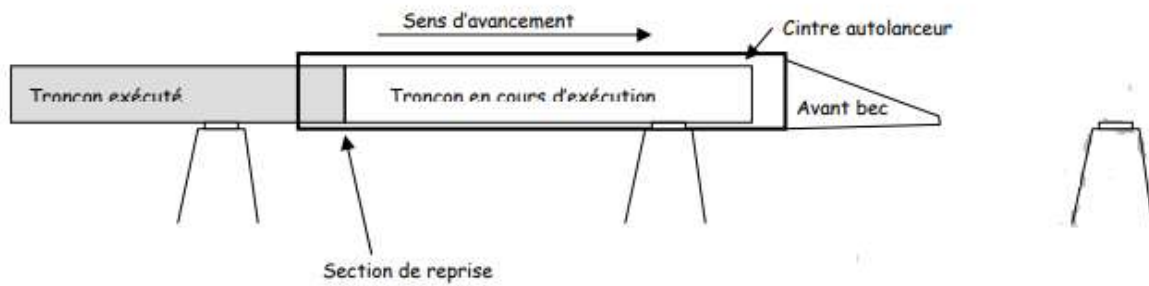
- Blocage de la poutre et des chariots sur la travée n-1.
Déblocage et avancement du lanceur (la poutre équilibre le portique). L'avant bec met en place le chevalet sur la pile suivante.



- Blocage du lanceur.
Déblocage et avancement des chariots portant la poutre.
Pose de la poutre sur ses appuis.



- **Ponts construits par cintre auto lanceur** : Le coffrage de toute la travée est porté par une poutre prenant appui sur les piles et sur le tablier déjà construit. Le déplacement du cintre se fait une fois le mûrissement du béton suffisant. Un avant bec assure l'arrivée du cintre sur la pile suivante.



- **Ponts poussés** : Le pont est réalisé et assemblé sur la rive puis mis en place par poussage (poussé ou tiré). La construction par portion du tablier se fait à l'avancement (au fur et mesure du poussage) à une ou deux extrémités du pont.

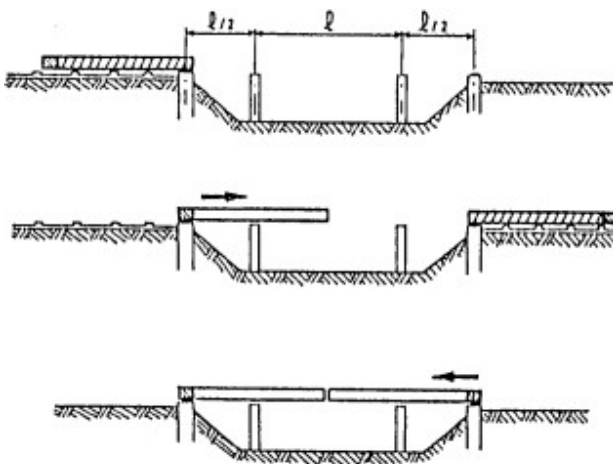


Figure 14: Poussage des deux extrémités

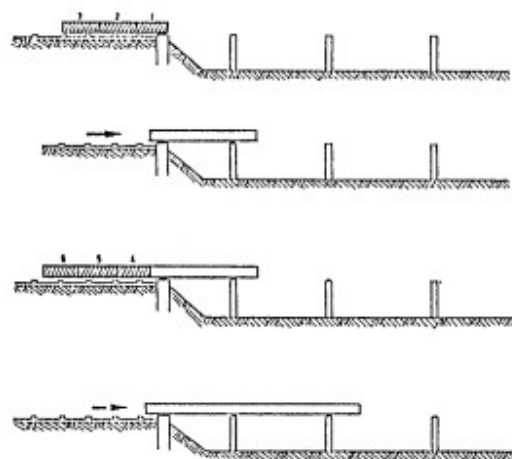
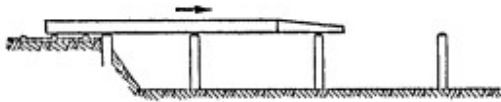


Figure 13: Poussage d'un seul côté

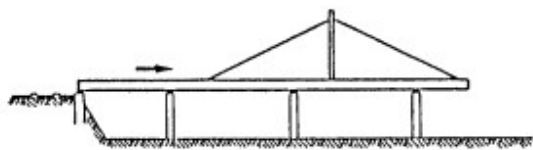
Pour limiter le porte-à-faux, les efforts et les déformations associés on utilise :

-Un avant bec :



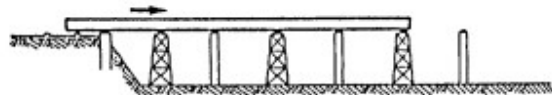
POUSSAGE AVEC AVANT-BEC

-Un haubanage



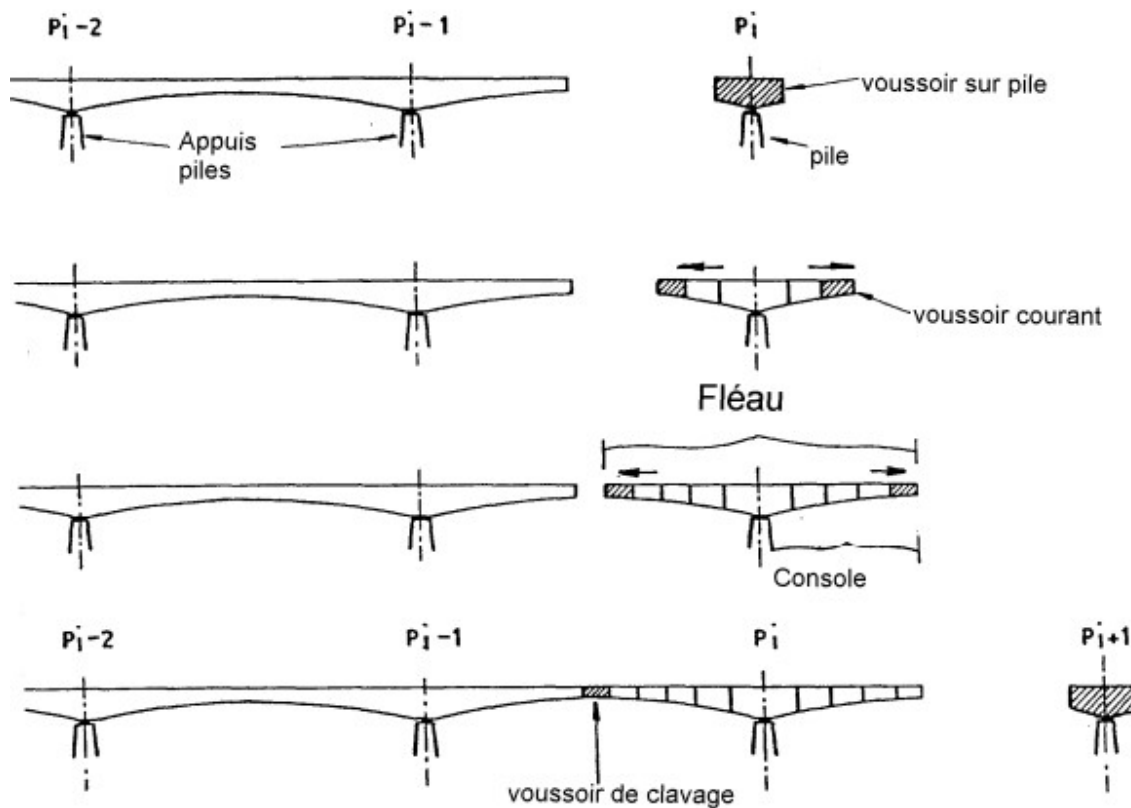
POUSSAGE AVEC MÂT DE HAUBANAGE

-Des appuis provisoires



POUSSAGE AVEC APPUIS PROVISOIRES

- **Ponts construits en encorbellement** : La construction par encorbellement consiste à construire le tablier par tronçons à partir des piles. Les tronçons successifs (voussoirs) sont exécutés symétriquement de part et d'autre de la pile sans utilisation de cintres ou d'échafaudages. Ils peuvent être coulés en place dans des coffrages portés par des équipages mobiles ou préfabriqués. Ils sont assemblés par des câbles de précontrainte. Après réalisation ou assemblage d'une paire de voussoirs supplémentaires de part et d'autre du fléau (par encorbellement avec celui qui le précède), des câbles de précontraintes permettent d'associer ces nouveaux voussoirs au fléau. Les voussoirs préfabriqués sont construits dans des cellules ou doucines. Ils sont mis en place à l'aide de poutres de lancement, à la grue ou par des engins de levage portés par le tablier.



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation d'un pont en encorbellement »

<https://www.youtube.com/watch?v=zQ8mWOzDmOk>



b. Phases de réalisation d'un mur de soutènement :

Travail préliminaire : Détermination des dimensions du mur de soutènement

1) Délimitation de l'emplacement du mur de soutènement

Délimitez l'emplacement de la semelle de votre futur mur de soutènement grâce à des piquets de délimitation et un cordeau.

2) Réalisation des fondations :

On creuse les fouilles aux profondeurs adaptées à la semelle.



Puis on procède au coulage des semelles. Pour cela il faut :

- Créer un hérisson de 10 cm au fond de la fouille.
- Couler le béton de propreté sur une épaisseur de 5 cm environ.
- Mettre en place le coffrage et le ferrailage
- Couler le béton pour remplir entièrement la fouille tout en s'assurant que la couche soit au même niveau



3) Réalisation du mur de soutènement :

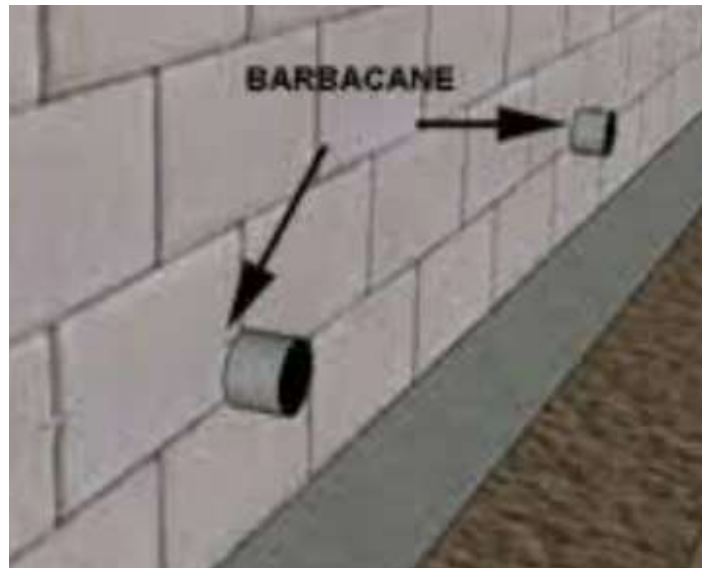
La pose du mur de soutènement est différente en fonction de la méthode employée.

On détaillera dans la suite la construction à l'aide de parpaings à bancher.

- Etalez la couche de mortier sur les fondations et placez la première rangée de parpaings en les intercalant entre les armatures verticales.
- Stabilisez vos blocs à bancher avec des armatures horizontales pour assurer la stabilité de la structure.
- Montez le deuxième bloc à bancher et des armatures horizontales tout en vous assurant de leur horizontalité et verticalité à l'aide d'un niveau à bulle.
- Mettez en place le reste des blocs et des armatures de la même manière jusqu'à atteindre la hauteur souhaitée.



- Coulez le béton
- Après séchage, mettez en place les barbacanes (Tube ou une ouverture verticale étroite réservée dans un mur de soutènement pour permettre l'écoulement des eaux d'infiltration ou réduire la pression d'eau).

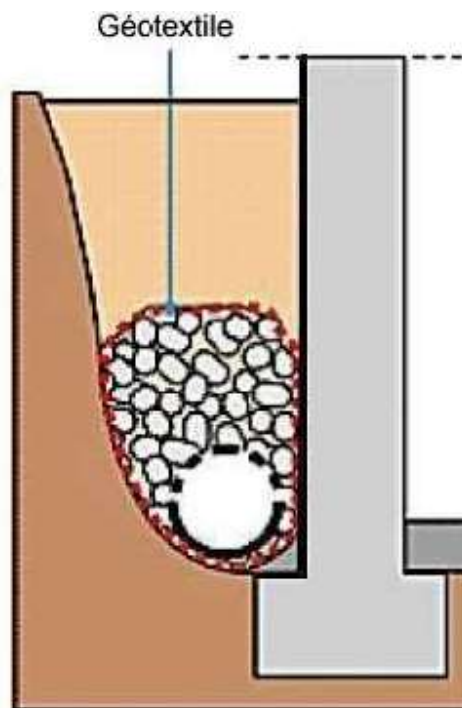


4) Drainage du mur de soutènement :

-Afin de protéger le mur de l'érosion, vous pouvez appliquer un revêtement.

-Vous devez constituer le système de drainage du côté du remblai :

- Placez une première couche de graviers à l'endroit souhaité,
- Disposez par la suite le tuyau de drainage et recouvrez-le avec les graviers restants,
- Installez un film géotextile par-dessus les graviers et le mur : il permet de séparer la couche de graviers et la terre qui complétera l'ensemble, tout en laissant passer l'eau,
- Enfin, remblayez votre mur, soit avec la terre que vous avez déplacée précédemment, soit avec de la terre drainante.



N.B : Un système de drainage peut être effectué de différentes manières avec des composantes différentes.

c. Phases de réalisation d'un tunnel :

Les tunnels ont été construits à l'origine dans le cadre des systèmes de distribution d'eau et d'égouts, remontant à l'époque de l'Empire romain. Leur première utilisation pour le transport était dans le cadre

des systèmes de canaux au 17ème siècle. Avec le développement des chemins de fer au XIXe siècle et de l'automobile au XXe, les tunnels sont devenus plus longs et plus complexes.

Les méthodes les plus courantes pour la construction de tunnels sont la méthode de coupe et de couverture, la méthode du tube immergé ou l'utilisation d'un tunnelier.

Les étapes de réalisation des tunnels sont données par la suite :

1. Considérez où le tunnel sera construit :

L'emplacement du tunnel proposé déterminera quels outils et techniques sont nécessaires pour le construire et le préparer à son utilisation prévue. Les tunnels peuvent être divisés en 3 types :

- ✓ Tunnels en terrain meuble : Ces tunnels nécessitent un support au niveau des ouvertures pour empêcher le tunnel de s'effondrer. Ces tunnels sont généralement peu profonds et utilisés pour les métros, la distribution d'eau et les systèmes d'évacuation des eaux usées.
- ✓ Tunnels rocheux : Parce qu'ils sont creusés dans la roche solide, ces tunnels nécessitent peu ou pas de support supplémentaire. Les tunnels ferroviaires et automobiles sont généralement de cette variété.
- ✓ Tunnels sous-marins : Comme son nom l'indique, ces tunnels passent sous des rivières, des lacs, des canaux. Ce sont les tunnels les plus difficiles à construire, car l'eau doit être maintenue à l'écart du tunnel pendant et après la construction.

Remarque : La construction d'un tunnel sous une ville pose des problèmes similaires à ceux d'un tunnel sous-marin, dans la mesure où le sol autour du tunnel a tendance à s'affaisser sous le poids des bâtiments au-dessus. Une connaissance de la géologie de la région aide à prédire à quel point le sol va s'affaisser et suggère quelles méthodes peuvent minimiser l'affaissement.

2. Considérez le chemin du tunnel :

Un tunnel avec un long chemin simple et droit est relativement facile à creuser avec un tunnelier. Les tunnels qui diffèrent de cette conception présentent des problèmes qui rendent leur construction plus complexe.

Les tunnels courts ne sont pas creusés avec des tunneliers car ce n'est pas rentable de le faire.

Les tunnels qui nécessitent des diamètres de forage différents à différentes parties de leur tracé rendent également l'utilisation d'un tunnelier peu pratique en raison des retards dans l'ajustement du diamètre du forage.

Les tunnels qui prennent des virages serrés ou qui ont des puits qui se croisent rendent également l'utilisation d'une machine de forage peu pratique.

3. Considérez le but du tunnel :

L'utilisation du tunnel détermine les travaux supplémentaires nécessaires à la réalisation du tunnel lui-même avant sa mise en service.

Les tunnels qui transportent des passagers nécessitent une certaine forme de ventilation. Pour les tunnels routiers, cela signifie généralement des puits de ventilation pour empêcher l'accumulation de monoxyde de carbone. Pour les tunnels ferroviaires, cela peut signifier une ventilation à air pulsé pour éliminer les gaz d'échappement des moteurs diesel. Les deux disposent de méthodes supplémentaires pour traiter la fumée créée en cas d'incendie dans le tunnel.

Les tunnels très fréquentés, peuvent comporter des centres d'opérations occupés en permanence avec un équipement vidéo pour surveiller le trafic dans le tunnel et faire face aux urgences.

Les longs tunnels routiers, peuvent être éclairés par des plafonniers pour la commodité des conducteurs et des passagers. D'autres tunnels routiers, peuvent comporter des découpes panoramiques pour permettre à la lumière naturelle d'entrer dans le tunnel par endroits et offrir aux passagers un aperçu du paysage environnant.

Certains tunnels, combinent un pont supérieur pour le trafic passagers avec un pont inférieur pour l'eau, les tuyaux ou les câbles. D'autres tunnels, peuvent être utilisés pour le contrôle du trafic ou des inondations.

4. Choisir la méthode de réalisation

Méthode de coupe et de couverture :

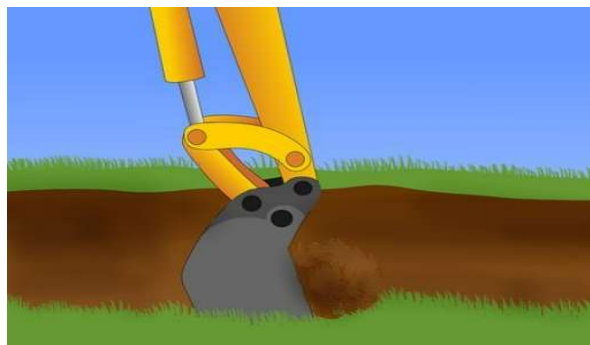
a. Creusez une tranchée

La zone où se trouvera le tunnel est entièrement creusée, le toit du tunnel devant être créé et recouvert une fois le tunnel terminé.

Ce type de tunnel est construit de l'une des deux manières suivantes :

- ✓ De bas en haut : un soutènement au sol est d'abord créé, puis le tunnel est construit autour de celui-ci.
- ✓ De haut en bas : les côtés et le toit du tunnel sont construits au niveau du sol et la tranchée du tunnel est creusée en dessous.

Les deux méthodes sont principalement utilisées pour les tunnels moins profonds, bien que la méthode descendante permette de creuser des tunnels plus profonds que la méthode ascendante. Les tunnels plus profonds sont souvent creusés à l'aide d'un bouclier de tunnel, une structure en forme de boîte avec de petits volets ouverts pour creuser. Une fois que la saleté devant le bouclier est enlevée, le bouclier est déplacé vers l'avant pour continuer à creuser.



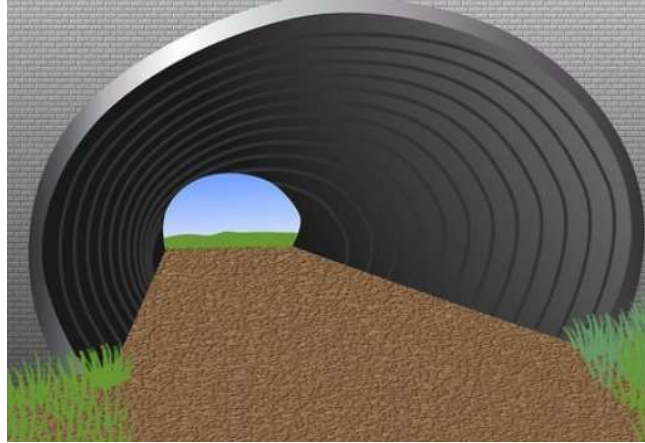
b. Créez les murs et le toit du tunnel

Les murs et le toit du tunnel peuvent être construits au fur et à mesure que le tunnel est creusé ou peuvent être pré construits et mis en place au fur et à mesure que le tunnel est creusé.

Les matériaux comprennent aujourd'hui les éléments suivants :

- ✓ Arcs en tôle ondulée.
- ✓ Arcs en béton préfabriqué.

- ✓ Murs préfabriqués en béton.
- ✓ Béton coulé ou projeté. Souvent, cela est utilisé en conjonction avec l'une des méthodes de l'arc formé.



c. Terminez le tunnel

La façon dont cela est fait dépend de l'utilisation de la méthode ascendante ou descendante :

- ✓ Les tunnels créés avec la méthode ascendante doivent être remblayés pour recouvrir le toit du tunnel et toute surface qui doit exister au-dessus du toit du tunnel est ensuite construite ou reconstruite.
- ✓ Les tunnels créés avec la méthode descendante sont creusés en dessous de l'endroit où les murs et le toit du tunnel ont été érigés, puis une dalle de base, qui sert de plancher du tunnel, est créée.

Méthode du tube immergé :

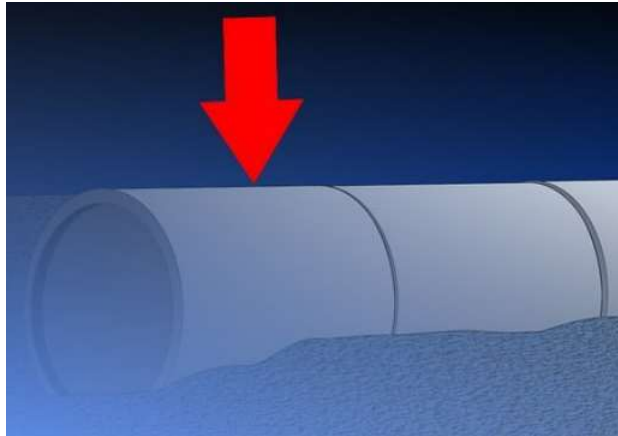
a. Réalisez une tranchée

Cette méthode est similaire à la méthode de coupe et de couverture, mais est utilisée pour creuser des tunnels sous-marins. La tranchée doit s'étendre sur la longueur du tunnel sous l'eau.



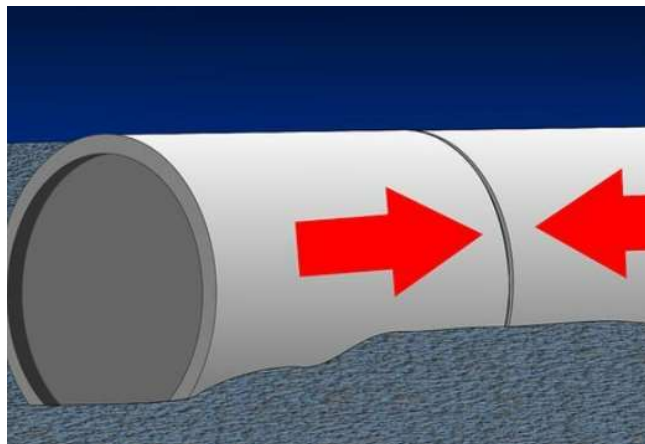
b. Posez une série de tubes en acier le long de la tranchée

Chaque tube est scellé à chaque extrémité avec une cloison. Si le tube est destiné à un tunnel automobile, comme dans le cas du tunnel Ted Williams à Boston, les tubes comprennent des sections de route préfabriquées.



- c. Enveloppez le tube avec suffisamment de remblayage pour résister à la pression de l'eau au-dessus.
- d. Connectez les tubes en enlevant les cloisons intermédiaires

Tous les segments routiers ou ferroviaires intégrés aux tubes seraient également connectés à ce moment-là.



Méthode de réalisation par tunnelier

- a. Choisissez le bon tunnelier pour le travail

Les tunneliers, appelés tunneliers pour courts ou « taupes », comportent des plaques circulaires à l'avant appelées boucliers. Les couteaux en forme de disque sur le bouclier déchirent la roche et la saleté, qui passent à travers les ouvertures du bouclier sur une bande transporteuse à l'intérieur du tunnelier et qui les dépose derrière la machine.

Le diamètre des tunnels circulaires percés est compris actuellement entre 1 et 17,6 mètres. Pour les percements d'un diamètre inférieur à 1,5 ou 2 mètres ces machines sont appelées micro tunneliers.

Les taupes conçues pour creuser des tunnels sous la nappe phréatique comportent également des chambres à l'avant pour pressuriser le sol creusé.

Le tunnelier est utilisé comme solution de rechange à l'excavation par abattage manuel, mécanique ou à l'explosif.

Il a comme avantage de limiter les perturbations dans la roche environnante et de produire une paroi de tunnel lisse. Ces facteurs le rendent particulièrement adapté aux zones fortement urbanisées et réduit significativement les coûts de l'habillage des parois.

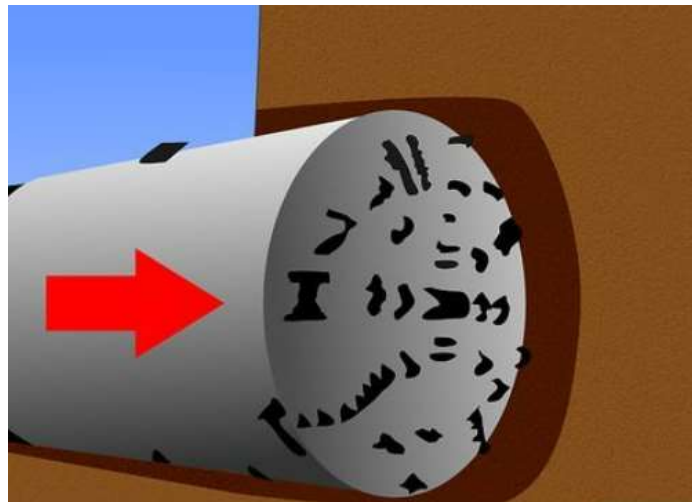
Il est à noter que pour les gros travaux, plusieurs tunneliers peuvent être nécessaires.



b. Mettez la machine en place

Pour un tunnel au niveau de la surface, ce n'est pas un problème. Si le tunnel doit être creusé profondément sous terre, un puits d'accès, généralement circulaire, est foré et revêtu de béton. Le tunnelier y est descendu et le tunnel est creusé à partir de ce point.

- ✓ Pour les tunnels longs, plusieurs puits d'accès sont forés.
- ✓ Lorsque le tunnel est terminé, les puits d'accès peuvent devenir des puits de ventilation et/ou des issues de secours. S'ils ne sont pas ainsi employés, ils sont laissés en place pour la durée de vie du tunnel.



c. Érigez des supports de tunnel au fur et à mesure que la machine perce

Des segments de béton préfabriqués sont érigés derrière le tunnelier pour former un anneau à des intervalles prédéterminés.



d. Pulvérisez du béton sur les murs excavés entre les anneaux de support
Le béton projeté enrobe et stabilise les parois du tunnel. Le béton projeté peut inclure des fibres d'acier ou de polypropylène pour le renforcer, un peu comme les barres d'armature en acier sont utilisées pour renforcer le béton coulé. Le béton projeté contient également un accélérateur pour l'aider à coller aux parois du tunnel et à sécher rapidement.



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Réalisation des tunnels »

<https://www.youtube.com/watch?v=yH2aGaBpByM>

d. Phases de réalisation d'un barrage :

La construction des barrages passe par différentes étapes données en ce qui suit :

- Les travaux préliminaires :

Cette phase consiste à :

- ✓ Réaliser les accès au site (routes, chemins d'accès, pistes...).
- ✓ Réaliser la dérivation du cours d'eau (perçement de galeries, construction de batardeaux amont et aval, etc.).
- ✓ Ouvrir des carrières pour l'extraction des matériaux nécessaires à la construction de l'ouvrage.
- ✓ Aménager des aires de stockage des matériaux.
- ✓ Aménager les postes de fabrication (concassage, criblage, lavage des matériaux, fabrication des armatures, fabrication des bétons, centrale d'injection, assemblage des coffrages...).
- ✓ Mettre en place les systèmes de desserte du chantier (grues, convoyeurs à bandes, etc.).
- ✓ Installer les cantonnements, bureaux...

Remarque

L'assèchement du site est réalisé au moyen de digues ou barrages provisoires appelés batardeaux et construits à l'amont du site pour protéger la zone des travaux contre les inondations. Ils détournent la rivière pendant la construction au moyen de conduites, de galeries ou de canaux de dérivation.



Figure 15: Exemple de batardeau

Si les travaux se réalisent entièrement pendant une saison sèche, les batardeaux ne sont pas nécessaires.

L'eau stockée par les batardeaux peut être utilisée pour les travaux (compactage) et éventuellement le gâchage des bétons.

L'eau qui retourne à la rivière en aval du barrage ne doit pas avoir la possibilité de creuser ou d'éroder ni le lit de la rivière, ni d'affecter la fondation du barrage.

- L'excavation :

Le site étant désormais au sec, il est possible d'entreprendre les travaux d'excavation destinés à asseoir les fondations du futur barrage. On enlève tous les terrains impropres à recevoir celles-ci. C'est au cours de cette phase que seront validées - ou revues - les hypothèses sur la nature des terrains appelés à recevoir ces fondations.

Certains travaux d'excavation, en particulier pour des barrages voûtes dans des sites montagneux, relèvent d'un véritable exploit technique du fait des nombreuses contraintes qui pèsent alors : terrains très pentus, nécessité de respecter la stabilité des rives, de bien mesurer les charges d'explosifs à utiliser...



Figure 16: Travaux d'excavation

- Les fondations

La préparation des fondations est une étape essentielle du chantier. Pour les barrages en terre, le principal problème est celui de l'étanchéité, particulièrement dans le cas d'alluvions : il est alors nécessaire d'améliorer cette étanchéité en procédant à des injections.

On peut également être amené à dresser, dans les fondations mêmes, un mur destiné à stopper totalement ou partiellement les infiltrations. C'est une variante des injections, appelée la technique des parois moulées.

Pour les barrages en béton, le rocher doit toujours être amélioré, parce qu'il n'est jamais tout à fait imperméable. De plus, les explosifs utilisés pour enlever les rochers les plus mauvais contribuent également à le détériorer.

On va donc réaliser un rideau d'injections qui aura pour but de réduire les infiltrations et les fuites sous la fondation du barrage.

Pour les barrages en terre comme pour ceux en béton, ces injections peuvent s'opérer :

- ✓ Soit au moment de l'ouverture des fouilles,
- ✓ Soit (éventuellement en complément) à la fin de la construction de l'ouvrage, à partir d'une galerie spécialement aménagée.

Ces injections postérieures au chantier s'avèrent souvent plus efficaces, car elles bénéficient d'une compression par la structure existante.

- Construction proprement dite du barrage :

- Cas du barrage en remblai :

Un barrage en remblai est constitué de trois éléments fondamentaux : de la terre ou des enrochements, de l'eau et de l'énergie. Sa construction consiste à étaler des couches de matériau successives, préalablement humidifiées si nécessaire pour obtenir le compactage recherché.

Celui-ci est réalisé à l'aide de rouleaux, autrefois dits « à pieds de mouton », puis à pneus. Aujourd'hui, il s'agit le plus souvent de rouleaux lisses vibrants.

La terre utilisée est prélevée le plus près possible du site des travaux, jamais plus de quelques kilomètres en tout cas. Celle-ci est ensuite convoyée jusqu'au chantier par dumpers (camions pouvant transporter jusqu'à 100 tonnes de charge utile).

L'éventuelle humidification des terres est opérée sur la zone d'emprunt, selon diverses techniques.

Le mode de compactage peut également varier selon la nature du matériau : une terre plus argileuse ou plus graveleuse ne sera pas traitée de la même manière, drains et filtres assurant la transition entre matériaux à granulométrie différente.

Les différentes épaisseurs de terre seront ensuite montées les unes sur les autres par couches successives.

- Cas du barrage en béton :

Une fois les fondations creusées, le barrage est divisé en plots suivant des plans verticaux, dont les dimensions seront définies en fonction des bétons employés. Ces dimensions dépendent principalement du temps de refroidissement nécessaire pour le béton, bien que dans certains cas, il puisse être refroidi artificiellement.

Les plots, décalés les uns par rapport aux autres, sont alors clavés, c'est-à-dire que du ciment est injecté entre eux pour transformer l'ensemble qu'ils forment en une masse monolithique.

Comme pour les barrages en terre, l'objectif va être de rechercher les matériaux le plus près possible du site du chantier. Le ciment, lui aussi, provient en général d'usines proches de l'aménagement.

Le béton est ensuite mis en place en le serrant avec des aiguilles vibrantes, ce qui a pour propriété de le rendre liquide et d'occuper ainsi tout l'espace prévu entre les coffrages.

L'évolution des techniques a favorisé l'apparition de nouvelles techniques d'exécution pour les barrages, notamment : les barrages compactés au rouleau (BCR). Ceux-ci possèdent un profil de barrage-poids, mais leur technique de construction se situe à mi-chemin entre les barrages en terre et en béton. Il est alors possible d'employer un béton à faible teneur de ciment, travaillé sur toute la surface du barrage et étalé par couches successives grâce aux rouleaux compacteurs.



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Construction du barrage Agdez – Région Zagora »

<https://www.youtube.com/watch?v=n4oWJ9gOlhl>



E-Learning : Veuillez consulter la vidéo suivante : « Projet de construction du grand Barrage Rhiss »

<https://www.youtube.com/watch?v=RUw1KtziF8>



E-Learning QUIZ : 13. Les travaux des ouvrages d'art

Veuillez répondre au quiz « Les travaux des ouvrages d'art » sur LMS