



جامعة غرداية

UNIVERSITE DE GHARDAÏA



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Polycopié du Cours **Procédés généraux de construction**

Destinée aux étudiants de la 1^{ère} année Master structure

Elaboré par : Dr. Cady Mokhtaria

Faculté des sciences et technologie

Département : génie civil et hydraulique | 2021 – 2022

<http://www.univ-ghardaia.dz>



جامعة غرداية
UNIVERSITE DE GHARDAÏA



République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Polycopié du Cours Procédés généraux de construction

Destinée aux étudiants de la 1^{ère} année Master structure

Elaboré par : **Dr. Cady Mokhtaria**
Faculté des sciences et technologie
Département : génie civil et hydraulique | 2021 – 2022

PREAMBULE

Ce document traite les procédés constructifs ainsi que la mise en œuvre des édifices et des ouvrages.

Afin d'exécuter nos projets et de contribuer parfaitement à une meilleure maîtrise technique, on doit savoir les différentes rubriques touchant la construction, et qui en un lien direct avec les actes d'ingénierie.

Sachant que la construction est composée des éléments de structure (les fondations, les piliers, les poutres, les murs rideaux...etc.), subséquentement des éléments d'enveloppement, de protection et d'embellissement (les cloisons, l'étanchéité, la menuiserie, les couvertures...etc.) ; alors, on peut dire que le dualisme entre tous ces éléments dument cités, est une condition sine qua non.

Ce cours est destiné aux étudiants du 1^{ère} année Master Génie Civil spécialité structure du système **LMD**, pour objectif de leur présenter les aspects technologiques et tous ce qui est technique afin de leur éclaircir et faciliter la réalisation sur chantiers.

On a conçu ce cours convenablement au canevas approuvé par le ministère de l'enseignement supérieur et de recherche datée de l'année universitaire **2015- 2016**, avec une structuration qui permet de savoir ; les définitions des matériaux acier et béton pour la construction (**chapitre I**), les ouvrages en béton (**chapitre II**), les ouvrages métalliques et mixtes (**chapitre III**), et les technologies de chantier (**chapitre IV**).

Dr. CADY Mokhtaria

TABLE DES MATIERES

Préambule	i
Table des matières	ii
Nomenclature	xii
Liste des figures	xiii
Liste des Tableaux	xv
Liste des schémas	xvi
Listes des plans	xvii
Introduction générale	1
CHAPITRE I : DEFINITIONS DES MATERIAUX ACIER ET BETON POUR LA CONSTRUCTION	2
Introduction	3
I.I. L'ACIER.	4
I. I. 1. Les critères du choix des aciers	4
I.I. 2. La texture des d'acier	4
I.I. 3. Les types d'acier	4
I.I.3.1. Acier d'armature	4
I.I.3.2. Acier de construction	5
I.I. 4. Les principales caractéristiques des aciers	6
I.I. 5. Les avantages de l'acier	6
I.I. 6. Les inconvénients de l'acier	7
I.II. LE BETON	7
I.II. 1. Les constituants du béton	8
I.II. 2. Les types des bétons	13
I.II. 3. Le dosage des composants du béton	17
I.II. 4. Les avantages du béton	19
I.II. 5. Les inconvénients du béton.	19
I.II. 6. les catégories du béton armé	19
I. II. 6. 1. Béton pour résistance.	20
I. II. 6. 2. Béton pour décor.	20
I.II. 7. La classification des bétons	20
I.II. 8. Les domaines d'utilisation du béton	21
I.II. 9. Accroissement de la résistance du béton	21
Conclusion	22
CHAPITRE II : OUVRAGES EN BETON	23
Introduction	24
II. 1. TERRASSEMENTS ET REMBLAIS	24
II.1.1. Les terrassements.	24
II.1.2. Les remblais.	25
II.2. TECHNIQUES DE REALISATION DES FONDATIONS	25
II.2.1. Le fonctionnement des fondations	25
II.2.2. Les conditions assuré par des fondations.	27

II.2.3. Les types de fondations	27
II.2.3.1. Les fondations superficielles.	27
II.2.3.2. Les fondations profondes.	30
II.3. COFFRAGES ET FERRAILLAGES DES STRUCTURES DE	
BATIMENTS	31
II.3.1. Techniques de coffrage des structures de bâtiments.	31
II.3. 1. 1. Les caractéristiques du coffrage.	31
II.3. 1. 2. La composition du coffrage	31
II.3. 1. 3. Les matériaux de coffrage.	31
II.3.2. Les éléments concernés par le coffrage.	32
II.3.3. Techniques de ferraillage des structures de bâtiments	33
II.4. METHODES DE CONSTRUCTION DES PILES D'OUVRAGES	
D'ART	34
II.4.1. L'évolution des piles.....	34
II.4.2. Typologie des piles	35
II.4.2.1. Les piles des ouvrages en béton armé	35
II.4.2.2. Les piles des ouvrages courants	35
II. 4.3. Les modes de construction	36
II.4.3.1. Les piles des ouvrages courants	36
II.4.3.2. Les piles des ouvrages en béton armé	38
II.5. CONSTRUCTION DES TABLIERS D'OUVRAGES EN BETON....	38
II.5.1. Les composants du tablier	39
II.5.1.1. La dalle.	39
II.5.1.2. Les poutres principales.	39
II.5.1.3. Les entretoises.....	39
Conclusion	40
CHAPITRE III : OUVRAGES METALLIQUES ET OUVRAGES	
MIXTES	42
Introduction	42
III.1. SOUDAGE ET BOULONNAGE	42
III. 1.1. Le soudage	42
III. 1.2. Le boulonnage	44
III.2. ASSEMBLAGES DES STRUCTURES METALLIQUES DANS LE	
BATIMENT ET HALLS INDUSTRIELS	44
III.2.1. Assemblages des structures métalliques dans le bâtiment.....	44
III.2.2. Assemblages des structures métalliques dans halls industriels....	45
III.3. MISE EN PLACE DES TABLIERS METALLIQUES.	49
III.3.1. Lançage et assemblages de tronçons successifs.....	49
III.3.2. Construction des tabliers mixtes	52
III.3.2.1. Connexion des tabliers mixtes.....	52
III.3.2.2. Contrôle des déformations de la dalle	54
Conclusion	55

CHAPITRE.IV:TECHNOLOGIES DE CHANTIER.....	56
Introduction	57
IV.1. BATIMENTS	57
IV.1.1. Installation du chantier.....	57
IV.1.2. L'implantation.....	58
IV.1.3. Les travaux des gros œuvres.....	58
IV.1.4. Les travaux des maçonneries	59
IV.1.5. Les ouvertures	59
IV.1.6. Les travaux de finition	59
IV.2. PONTS ET VIADUCS	60
IV.2.1. Les ponts cadre	60
IV.2.2. Les ponts en poutres	60
IV.2.3. Les ponts dalles.....	61
IV.2.3. Les ponts à voussoir.	62
IV.2.3. Les ponts en arc	62
IV.2.3. Les ponts à câbles	62
IV.3. LES BARRAGES.....	63
IV.3. 1. Les objectifs des barrages.....	63
IV.3. 1.1. La protection	64
IV.3. 1.2. La production.....	64
IV.3. 2. Les critères de choix de la conception des barrages.....	65
IV.4. LES TUNNELS	66
IV.4. 1. Les types des tunnels	66
IV.4. 1.1. Les tunnels de transport	66
IV.4. 1.2. Les tunnels de stockage.....	66
IV.4. 1.3. Les tunnels de communication.....	67
CONCLUSION.....	68
REFERENCES	69
CONCLUSION GENERALE	70

NOMENCLATURE

- BAP** : Béton autoplaçant.
BAN : Béton autonivelant.
BCD : Béton caverneux drainant.
BFUP : Béton fibre a ultrahautes performances.
BHP : Béton à hautes performances.
BTHP : Béton à très hautes performances.
Fig : Figure.
Ea : Module d'élasticité longitudinale.
Fig : Fig
F_y : limite d'élasticité
G_a : Module de cisaillement.
ρ_a : Masse volumique.
HR : Haut résistance
GV_a : Coefficient de poisson.

LISTE DES FIGURES

Fig. 1: Texture d'acier	3
Fig. 2: Acier d'armature.....	4
Fig.3: Relation bilinéaire Relation contrainte-déformation spécifique des aciers de construction.....	5
Fig.4: Diagramme idéalisé Relation contrainte-déformation spécifique des aciers de construction.....	5
Fig.5: Corrosion d'une plaque de fer	6
Fig.6 : Corrosion des barres	6
Fig.7: Malaxage du béton par bétonnière	7
Fig.8: Malaxage manuel du béton.....	7
Fig.09 : Coulage d'une dalle.....	7
Fig.10 : Coulage d'une semelle.....	7
Fig.11 : Rôle des principaux constituants du béton.....	8
Fig. 12 : Les dimensions des granulats.....	8
Fig.13 : Les granulats concassés.....	9
Fig.14 : Le gravier	9
Fig.15 : Le sable	10
Fig. 16 : Analyse granulométriques.....	10
Fig.17 : Le ciment.....	11
Fig.18 : Dosage approximatif en ciment de C/E et de l'ouvrabilité désirée.....	11
Fig. 19 : Les adjuvants.....	12
Fig. 20 : La température de l'eau de gâchage pour un produit du béton ayant une température donnée.....	13
Fig.21 : Béton armé.....	17
Fig.22 : Accroissement de la résistance du béton.....	18
Fig. 23 : Travaux des terrassements	24
Fig. 24 : Travaux des remblais.....	24
Fig.25 : Les actions exercées sur la semelle.....	25
Fig.26 : Les charges reprisent par chaque fondation.....	25
Fig .27 : Fondations superficielles.....	26
Fig.28 : Semelle isolée.....	27
Fig.29 : Semelles filante placée sous un mur.....	27
Fig.30 : Semelles filante placée sous plusieurs poteaux rapprochés.....	27
Fig.31 : Radier.....	27
Fig 32 : Fondation profonde	28
Fig 33 : Système du coffrage tunnel	30
Fig. 34 : Ferrailleur prés pour la mission de pose d'acier d'armature.....	31
Fig. 35 : Les piles.....	31
Fig.36 : Piles poteaux.....	32
Fig.37 : Piles de type poteaux	33
Fig.38 : Pile voile	33
Fig.39 : Piles de type voile	33
Fig.40 : Pile spécial	34
Fig.41 : Tablier mixte, béton acier.....	34
Fig.42 : Tablier (poutre métallique).....	35
Fig.43 : Tablier (amorces d'entretoises).....	35

LISTE DES FIGURES

Fig.44 : Matériel pour soudage oxyacétylénique	42
Fig.45 : Soudage oxyacétylénique	42
Fig.46 : Un joint soudé	43
Fig.47 : Le raboutage des tronçons avec boulonnage.....	43
Fig.48 : Le raboutage des tronçons avec boulonnage.....	44
Fig.49 : Boulon d'attache.....	45
Fig.50 : Assemblage mécanique par boulons.....	45
Fig.51 : Assemblage mécanique par les Rivers	46
Fig.52 : Essai bout à bout Butt norme (ISO 9622)	46
Fig.53 : Essai Scarf joint.....	46
Fig.54 : Essai TAST norme (ISO 11003-2)	46
Fig.55 : Les positions de soudure.....	47
Fig.56 : Schéma de platelages en aluminium	47
Fig.57 : Mise en œuvre de platelages en aluminium.....	47
Fig.58 : Détail de soudure pour le platelage.....	48
Fig.59 : Extrusion de liaison.....	48
Fig.60 : Coupe transversale de la travée pour le dimensionnement suivant la méthode simplifiée.....	49
Fig.61 : Coupe transversale du tablier de pont avec une pente de 2% pour le drainage des eaux pluviales	49
Fig.62 :Le pont final avec l'achèvement d'assemblage de tous les composants.....	49
Fig.63 : Géométrie et conception de la connexion.	50
Fig.64 : Pont de Staffen	51
Fig.65 : Coupe transversale	51
Fig.66 : Vue des poutres primaires et Secondaires	51
Fig.67 : Vue des tabliers	51
Fig.68 : Installation du chantier.....	54
Fig.69 : Implantation d'un bâtiment	55
Fig.70 : Les travaux de construction d'une maison	55
Fig.71 : Passage inférieur à cadre fermé	56
Fig.72 : Pont en poutre	57
Fig.73 : Pont à dalle précontraint.....	57
Fig.74 : Pont avec un porté de 900 m (Haubans)	58
Fig.75 : Pont avec un porté de 2000 m (Haubans)	58
Fig.76 : Le barrage de Génissiat	59
Fig.77 : Coupe longitudinale du chemin d'eau de la vidage de fond	59
Fig. 78 : Contrôle du blindage	59
Fig. 79 : Les buts des barrages	59
Fig. 80 : Les critères de choix de la conception des barrages.....	60
Fig.81 : Ecoducs	61
Fig.82 : Tunnel de stockage.....	61
Fig.83 : Tunnel de communication.....	61
Fig.84 : Tunnels routiers	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Le nombre de barre de fer par tonne par la longueur de 6 mm et 12 mm.....4

Tableau 2 : Les propriétés des armatures compatibles avec l'Eurocode béton de la norme NF en 1992 -1-1..... 5

Tableau.3 : Les constituants du béton courant 7

Tableau.4 : **La composition minéralogique du ciment (les ciments sont spécifiés dans la norme NF EN 197-1)**..... 11

Tableau.5 : La classification des bétons18

INTRODUCTION GENERALE :

Le choix des méthodes de la réalisation des projets de génie civil nécessite une étude préalable et une conception approfondies, dans le but d'atteindre les objectifs visés et pour assurer la stabilité des différents éléments structuraux. L'objectif de ce cours est de donner les éléments de base aux étudiants de Master qui doit entourer les différents aspects techniques de construction et les technologies de réalisation des structures et des ouvrages en génie civil, afin de définir une politique de gestion et de maintenance et amener une amélioration à l'exécution des ouvrages futurs.

Ce travail comporte des connaissances de base pour pouvoir aborder l'exécution fiable des ouvrages de génie civil et travaux publics, tels que les bâtiments, les ponts, les barrages, ouvrages hydrauliques et tunnels.

Le présent document est constitué de quatre **(04)** chapitres qui vont aider nos étudiants à approfondir leurs bases des connaissances acquises préalablement en quatrième et cinquième semestre, comme le module **(Techniques et règles de construction)**.

**CHAPITRE I
DEFINITIONS DES MATERIAUX ACIER ET BETON
POUR LA CONSTRUCTION**

CHAPITRE I : DEFINITIONS DES MATERIAUX ACIER ET BETON POUR LA CONSTRUCTION

Introduction :

Les matériaux de construction qui sont nécessaires pour avoir une construction robuste sont l'acier et le béton qui constituent le béton armé ; ces caractères assurent leurs cohérences et leurs interactions, il influe directement à la qualité de résistance d'ouvrage qui la protège contre les différents risques.

Un bon choix du béton et d'acier offre à l'édifice une longue durée de vie. Il est fondamental de vérifier le dosage des composants du béton et leurs propriétés, ainsi de vérifier les types d'aciers ; leurs diamètres qui doivent être conformes à l'utilisation de chaque élément dans la construction ; soit des éléments porteurs (les fondations, les murs porteurs, les murs rideaux, les poteaux, les longrines, les poutres, les poutrelles, les piliers, les appuis... etc.) ou des éléments remplissant (les murs cloisons, les abris, le mobilier urbain).

I. I. L'ACIER :

L'acier est un matériau qui intervient aux différentes étapes de construction, il facilite la mise en œuvre, ce matériau polyvalent à plusieurs avantages ; durable, solide, et recyclable, d'autant plus il répond aux exigences parasismiques, thermiques et phoniques.

L'acier doit être parfaitement solidaire du béton, il présente des déformations similaires à la masse qui l'enveloppe. Le choix des aciers dans l'utilisation du béton s'effectuera suivants les présentes critères :

I.I. 1. Les critères du choix des aciers :

Pour faire réaliser une construction qui respecte les règles de sécurité et de résistance, on doit fournir des conditions suivantes :

- La résistance.
- L'adhérence.
- Les possibilités de façonnage.
- Le prix.

I.I. 2. La texture des d'acier :

- Acier lisse (les treillis soudés).
- Acier à haute adhérence, caractérisé par des torsades, voir (**Fig. 1**).

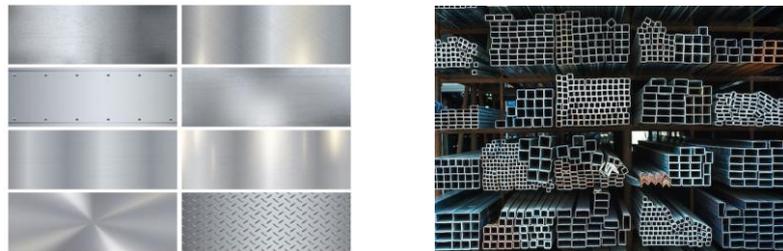


Fig. 1: Texture d'acier

I.I. 3. Les types d'acier :

La forme, la composition chimique, les propriétés mécaniques et les méthodes de fabrication, sont les caractéristiques qui font distinguer les aciers d'armature et les aciers de construction.

I.I.3. 1. Acier d'armature :

Le nombre de barre de fer par tonne par la longueur de 6 mm et 12 mm ; ce nombre est donné en fonction de la longueur de la barre de fer qui varie entre (1m, 6 m, ou 12 m) ; et en fonction de du diamètre du fer ($6 \text{ mm} < d < 50 \text{ mm}$), voir (Fig. 2) et (Tableau. 1).



Fig. 2: Acier d'armature

Tableau 1 : Le nombre de barre de fer par tonne par la longueur de 6 mm et 12 mm.

Diamètre du fer (mm)	Nombre de barres de 12m	Nombre de barres de 6m	Nombre de barres de 1m
ø 6 mm	370 barres de 12m	741 barres de 6m	4444 barres de 1m
ø 8 mm	208 barres de 12m	417 barres de 6m	2500 barres de 1m
ø 10 mm	133 barres de 12m	267 barres de 6m	1600 barres de 1m
ø 12 mm	93 barres de 12m	185 barres de 6m	1111 barres de 1m
ø 14 mm	68 barres de 12m	137 barres de 6m	820 barres de 1m
ø 16 mm	52 barres de 12m	104 barres de 6m	625 barres de 1m
ø 18 mm	41 barres de 12m	83 barres de 6m	495 barres de 1m
ø 20 mm	33 barres de 12m	67 barres de 6m	400 barres de 1m
ø 22 mm	28 barres de 12m	55 barres de 6m	331 barres de 1m
ø 24 mm	23 barres de 12m	47 barres de 6m	279 barres de 1m
ø 26 mm	20 barres de 12m	39 barres de 6m	236 barres de 1m
ø 28 mm	17 barres de 12m	34 barres de 6m	204 barres de 1m
ø 30 mm	15 barres de 12m	30 barres de 6m	178 barres de 1m
ø 32 mm	13 barres de 12m	26 barres de 6m	156 barres de 1m
ø 34 mm	12 barres de 12m	23 barres de 6m	138 barres de 1m
ø 36 mm	10 barres de 12m	21 barres de 6m	123 barres de 1m
ø 38 mm	9 barres de 12m	18 barres de 6m	111 barres de 1m
ø 40 mm	8 barres de 12m	17 barres de 6m	100 barres de 1m
ø 42 mm	8 barres de 12m	15 barres de 6m	91 barres de 1m
ø 44 mm	7 barres de 12m	14 barres de 6m	83 barres de 1m
ø 46 mm	6 barres de 12m	13 barres de 6m	76 barres de 1m
ø 48 mm	6 barres de 12m	12 barres de 6m	69 barres de 1m
ø 50 mm	5 barres de 12m	11 barres de 6m	64 barres de 1m

Dans le Tableau présenté ci-dessous on distingue 03 classes de ductilité et précise ces caractéristiques, il donne les propriétés des armatures compatibles avec l'Eurocode béton de la norme **NF en 1992 -1-1**, voir (Tableau. 2).

Tableau 2 : les propriétés des armatures compatibles avec l'Eurocode béton de la norme **NF en 1992 -1-1**

Forme du produit	Barres et fils redressés			Treillis soudés			Exigence ou valeur du fractile (%)
	A	B	C	A	B	C	
Classe							-
Limite caractéristique d'élasticité f_{yk} ou $f_{0,2}$ (MPa)	400 à 600						5,0
Valeur minimale de $k = (f_t / f_c)$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $\bullet 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $\bullet 1,35$	10,0
Valeur caractéristique de la déformation relative sous charge maximale, ϵ_{yk} (%)	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10,0

A propos des limites d'élasticité supérieures ou apparentes, correspondant à un allongement permanent de 0.2 %; la variation du module d'élasticité semble égale à la relation bilinéaire de l'acier de construction,

I.I.3.2. Acier de construction :

L'acier est un métal est entièrement récupérable, la classification des aciers est basé sur trois (03) critères :

- a) **La composition chimique :** Acier non allié ou acier alliés...etc.
- b) **Les caractéristiques mécaniques :** Limite d'élasticité, résistance à la traction.
- c) **La nuance d'acier :** Cette classification qui est définie par sa limite d'élasticité voir (Fig.3, Fig.4), car les nuances utilisées sont (S 235, S275, S355, S460), ces nuances sont fixé par **L'Eurocode 4**, définie dans les normes européennes **EN 10025** et **EN 10113** et qui visent les calculs des structures mixtes acier-béton.

I.I. 4. Les principales caractéristiques des aciers :

Les principales caractéristiques des aciers sont représentées comme suites :

- Masse volumique : $\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Module de cisaillement : $G_a = E_a / 1. (1 + \nu_a)$
- Coefficient de poisson : $\nu_a = 0.3$
- Module d'élasticité longitudinale : $E_a = 210000 \text{ N/mm}^2$.

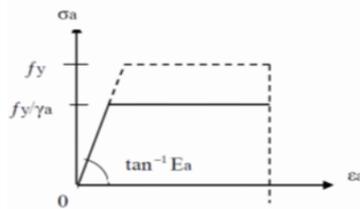


Fig.3: Relation bilinéaire

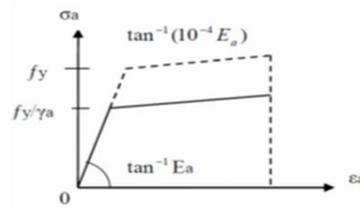


Fig.4: Diagramme idéalisé

Relation contrainte – déformation spécifique des aciers de construction.

I.I. 5. Les avantages de l'acier :

On présente les avantages de l'acier, alors il est :

- Durable.
- Facilite la mise en œuvre.
- Utilité polyvalente.
- Recyclable.
- Renforce le béton.
- Utilisation solitaire.
- Facile à former.
- Economique.
- Résistance parasismique.
- Haute résistance mécanique.
- Offre une grande liberté d'espace.

I.I. 6. Les inconvénients des aciers : les inconvénients sont :

I.I.6.1. la réaction chimique : ils ont une néfaste réaction chimique avec l'eau.

I.I.6.2. La spécificité de stockage : on doit réserver des endroits secs pour le stockage de l'acier, afin de lui assurer plus de protection, ce qui va augmenter la facture de réalisation du projet.

I.I.6.3. Les corrosions : les corrosions lui ramollit ; car lors du coulage du béton ; il demande un enrobage très important afin d'assurer l'imperméabilité pour garantir une haute résistance, voir (**Fig.5, Fig.6**).



Fig.5: corrosion d'une plaque de fer



Fig.6 : corrosion des barres

I.II. LE BETON :

Le béton est un matériau indispensable de construction, il est composé d'un mélange de l'eau, de sable, de granulats et du ciment ; et pour modifier ses caractéristiques on y ajoute des adjuvants et d'autres composants qui dépendent de leurs utilités.

Les premiers bétons étaient composés de l'eau, de sable, d'argile et de gravier ; ce type de béton ancestral remonte à plus de 3.000 ans avant J. C, il avait deux (02) appellations " Torchis" et " béton de terre". Aujourd'hui le béton est le matériau de construction le plus utilisé dans le monde entier, grâce à l'invention du ciment par les Romains en 1796, puis il était renforcé par la découverte du béton précontraint qui a amélioré leur résistance.

CHAPITRE I : DEFINITIONS DES MATERIAUX ACIER ET BETON POUR LA CONSTRUCTION

Actuellement la constitution du béton est révolutionnée, voir (Figs.7, 8, 9, 10) ; plusieurs critères sont améliorés, tant sur le plan économique, sécurité, esthétique ; et notamment sur la protection de l'environnement.



Fig.7: Malaxage du béton par bétonnière



Fig.8: Malaxage manuel du béton



Fig.09 : Coulage d'une dalle



Fig.10 : Coulage d'une semelle

I. II.1. Les constituants du béton :

Le béton est composé de quatre (04) substances, agrégats (granulats, sable), d'eau, de ciment et des adjuvants, leurs dosages sont sélectionnés suivant le type du béton qu'on va les décrire par la suite, voir (Tableau.3).

Tableau.3 : les constituants du béton courant

Constituants (%)	Granulats	Ciment	Eau	air
Poids	65 - 85	8 -18	5 - 9	-
Volume	60 - 78	7 - 14	14 -22	1- 6

Source : Auteur

Nous avons tracé un schéma pour vous présenter les principaux éléments du béton et leur usage de chacun deux. Voir(Fig. 11).

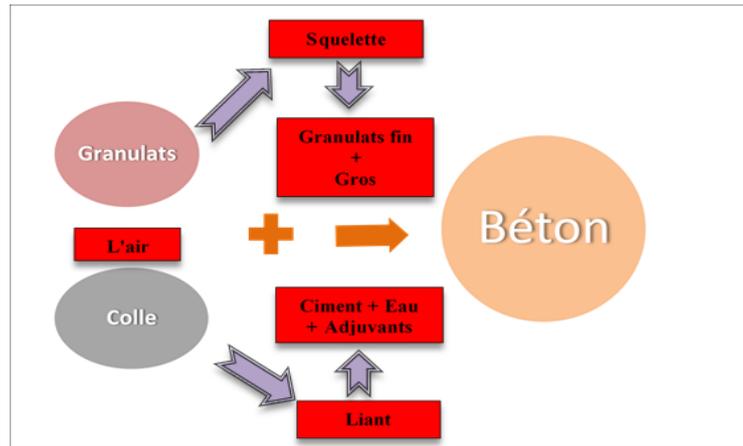


Fig.11 : Rôle des principaux constituants du béton
Source : Auteur

I.II. 1. 1. Les granulats :

Les granulats sont constitué de matériaux inertes (Sables, fillers, gravier, ballasts, gravillons), entrant dans la composition des mortiers ou des bétons ; les granulats constitués d'un ensemble de grains minéraux, leurs dimensions comprises entre 0 et 125 mm ; elles sont existées en cinq (05) familles, on les présente par ordre croissant suivant leurs diamètres, voir (**Fig .12**).

Le granulat est caractérisé par sa classe d/D , car le (d) désigne le diamètre minimum, et (D) désigne le diamètre maximum, lorsqu'on a ($d < 0.5$) le granulat est désigné $0/D$, et dans le cas où en aura un seul chiffre c'est celui de (D), exprimé en mm.

- Fillers.
- Sables.
- Gravier.
- Gravillons.
- Ballasts.

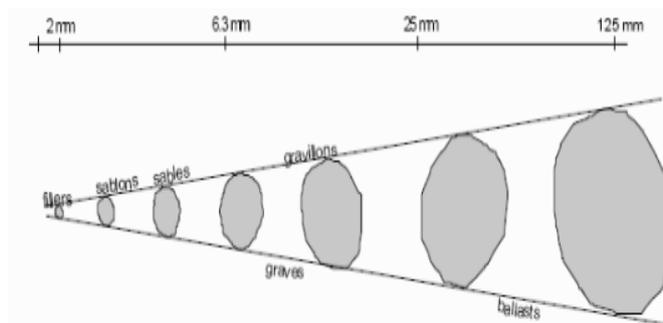


Fig. 12 : Les dimensions des granulats

I.II. 1. 2. Les granulats concassés :

Ce type de granulat est le résultat des granulations des roches par le biais du concassage et du pilage, voir (Fig.13). Notons que toutes les roches stables et qui sont inaltérables à l'eau à l'air et au gel peuvent être appelés à la composition du béton. Subséquemment on trouve à titre d'exemple :

- Les basaltiques.
- Les silex.
- Les roches siliceuses.
- Les quartzites.
- Les granitiques.



Fig.13 : Les granulats concassés

I.II. 1. 3. Le gravier :

Le gravier est un mélange de deux (02) composants ; les gravillons et le sable. Il est couramment utilisé avec quelques décimètres d'épaisseur sous la couche de finition pour l'exécution de plateformes, les corps de chaussées, notamment dans les pistes des aérodromes ; voir (Fig.14). Se composant doit être très propre, leur choix dépend la nature du projet, il s'effectue selon :

- La texture.
- Le calibre.
- La forme.
- La couleur.



Fig.14 : Le gravier

I.II. 1.4. Le sable :

Le sable, cette matière granulaire est constituée de petites particules résultant de la décomposition de matériau d'origine organique ou minérale, dont la

dimension est comprise entre 0.063 mm et 2 mm, selon la définition des matériaux granulaires en géologie. Il existe deux (02) types de sable.

- Les sables argileux : sont proscrits
- Les sables gypseux : sont proscrits

La qualité du sable influe directement sur la résistance du béton, ce qui oblige son nettoyage de toutes les impuretés ; l'argile, l'humus, le vase des matières organique. Il est déconseillé d'utiliser les sables cristaux, voir (Fig.15).



Fig.15 : Le sable

I.II. 1. 5. La classification des granulats (NFP18-101) :

Les cinq (05) classes principales caractérisées par le rapport granulaire (d/D) extrême, voir (Fig.16) rencontré dans la norme (NFP18-101) sont :

- Les fines → 0/D avec $D \leq 0,08 \text{ mm}$
- Les sables → 0/D avec $D \leq 6.3 \text{ mm}$
- Les gravillons → d/D avec $d \geq 2 \text{ mm}$ et $D \leq 31.5 \text{ mm}$
- Les cailloux → d/D avec $d \geq 20 \text{ mm}$ et $D \leq 80 \text{ mm}$
- Les graves → d/D avec $d \geq 6,3 \text{ mm}$ et $D \leq 80 \text{ mm}$

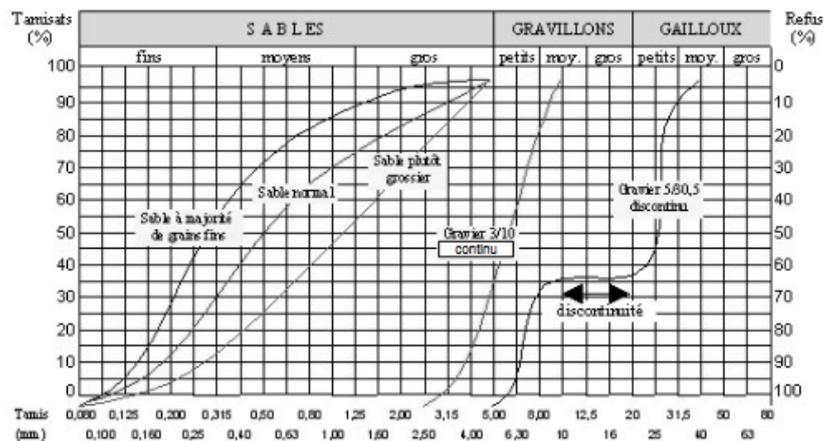


Fig. 16 : Analyse granulométriques

I.II. 1. 6. Le ciment :

Les ciments ce sont des liens hydrauliques sous forme d'une poudre, et les résultats d'un mélange proportionné entre la silice et le calcaire (SiO_2). Les ciments sont spécifiés dans la norme NF EN 197-1, voir (Fig.17).

L'utilisation de ce dernier assure la solidarité des granulats qui constituent le mortier ou le béton, voir (Tableau. 4).



Fig.17 : Le ciment

Tableau.4 : la composition minéralogique du ciment (les ciments sont spécifiés dans la norme NF EN 197-1)

Phase	Constituants	Teneur en %
Clinker	C3S	57
	C2S	19
	C3A	05
	C4AF	13
	Ca OL	01
Régulateur	Gypse	05
Ajouts	Calcaire	23

Source : Auteur

Le pourcentage du ciment dépend du pourcentage d'eau voici l'abaque suivant déterminante la relation entre ces deux (02) composants, voir (Fig. 18).

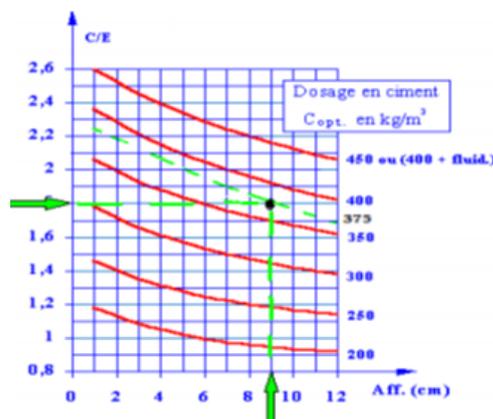


Fig. 18 : Dosage approximatif en ciment de C/E et de l'ouvrabilité désirée

I.II. 1. 7. Les adjuvants :

Les adjuvants sont utilisés pour la première fois par les Romains, ont ajouté dans leurs bétons de pouzzolane et de chaux, le blanc d'œuf et du sang d'animal comme plastifiants. En 1850, ils ont ajouté le chlorure de calcium, le sucre, le plâtre pour modifier la prise du béton de ciment Portland ou l'amélioration de son étanchéité. Ces ajouts s'est développés et commercialisés vers 1935.

La qualité et la consistance des adjuvants ne cessent de s'améliorer depuis 1960. Les adjuvants améliorent les propriétés des mortiers et des bon bétons ; car ils permettent l'exécution des travaux que les moyens classique ne permettent pas de réaliser, ces produits sont ajoutés au moment des malaxages à moins de 5% du poids du liant, voir (**Fig. 19**).



Fig. 19 : Les adjuvants

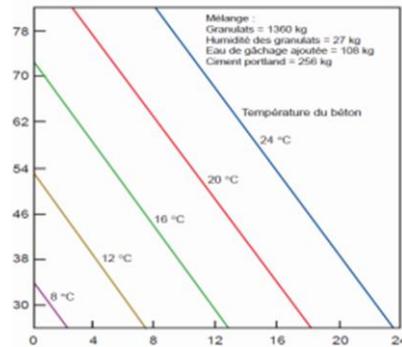
a) Classification des adjuvants :

Les adjuvants sont classés selon le résultat de leur action, on distingue quatre (04) classes :

- Adjuvants accélérateurs et retardateurs (ils modifient la prise et le durcissement).
- Adjuvants pour coulis d'injection.
- Adjuvants modifiant la teneur en air et la rhéologie : entraîneurs d'air, rétenteurs d'eau, plastifiants et plastifiants-réducteurs d'eau.
- Adjuvant modifiant la résistance aux actions aux physiques et chimiques : hydrofuges, produit de cure, antigels et antigelifs.

I.II. 1. 8. L'eau :

La présence de l'eau de gâchage est indispensable parce qu'elle provoque la prise des liants et des granulats, voir (**Fig.20**).



Température moyenne pondérée des granulats et du ciment ($^{\circ}\text{C}$)

Fig. 20 : La température de l'eau de gâchage pour un produit du béton ayant une température donnée

I.II. 2. Les types des bétons :

On vous présente vingt-et-un (21) types des bétons :

I.II. 2.1. Béton courant :

Ce béton possède une masse volumique de classe 2500 kg/m^3 , il est utilisé dans les travaux publics mais beaucoup plus il est recommandé pour les bâtiments.

I.II. 2.2. Béton retard :

Le béton retard est incorporé d'un adjuvant qui peut retarder sa prise quasiment de 4 à 36 heures.

I.II. 2.3. Béton projeté :

La projection de l'air comprimé (soit par l'air humide ou sec) sur les supports à protéger comme les talus, les voutes, les coupes...etc. Quant à des cas typiques, cette technique est introduite par des fibres métalliques afin d'assurer une résistance optimale.

I.II. 2.4. Béton hydrofuge :

Le béton hydrofuge est imperméable en faveur de deux astuces qui font l'objet de cette qualité particulier. Alors lors de la mise en œuvre du béton on rajoute l'hydrofuge de masse en fur et à mesure, on mit l'adon de vibration énergétique ; ce type du béton est spécialisé pour la réalisation des ouvrages étanches tels que ; les piscines, les réservoirs d'eaux, les barrages, et même les canaux. Il présente un dosage est très important avec un rapport d'eau/liant inférieur à 0.5.

I.II. 2.5. Béton pompable :

C'est un béton frais pompé via des canalisations jusqu'à la zone de mise en œuvre. Il est adéquat dans les travaux ou la zone de mise en place est vraiment difficile d'accès ; sa consistance est allégée pour le but de faciliter leur pompage, avec une condition d'être homogène tout le temps de l'opération à travers une rhéologie.

I.II. 2.6. Béton de fibre :

C'est un béton composé de deux (02) constituants ; béton plus des fibres (Synthétique ou métallique) qui ont pour l'objet de prodiguer la fissuration.

I.II. 2.7. Béton immergé :

Pour garantir la propreté du liant ainsi de limiter le délavage du ciment par l'eau, on dose le béton par l'agent colloïdal qui va accompli cette mission avec excellence. Le béton immergé est destiné à renforcer les scellements d'enrochements, les piles de pont, les colmatages de fuites.

I.II. 2.8. Béton excavable :

Il est défini par sa fluidité, il rassemble le béton autoplaçant. La mission du béton excavable demande un dosage très faible, il lui suffit pour la conception des canalisations, des citernes de carburant, et même pour le colmatage de tranchées.

I.II. 2.9. Béton cyclopéen :

Si le béton est introduit par des agrégats (gravillons, sables, cailloux) mesurant approximativement les 200 mm, on le désigne que c'est un béton cyclopéen. Le béton dans ce cas ne demande pas de forte résistance mécanique bien qu'il soit affecté pour les ouvrages massifs (les digues, les bassins d'eaux...etc.).

I.II. 2.10. Béton de voirie :

Le béton de voirie, c'est un béton qui a une forte résistance aux efforts de traction par flexion sous l'effet d'application des charges roulantes.

I.II. 2.11. Béton colore :

C'est le béton courant rajouter des couleurs, afin de leur donner une coloration à la masse des éléments construits.

I.II. 2.12. Béton autonivelant (BAN) :

Le béton autonivelant est très fluide, l'utilisation des superplastifiants lui offre une masse adhérente qui nécessite plus d'une vibration.

I.II. 2.13. Béton autoplaçant (BAP) :

Le béton autoplaçant est caractérisé lui aussi par sa fluidité comme le béton autonivelant (BAN) et le béton excavable cette fluidité nous offre un gain d'opération de vibration. Dans ce type du béton on note que l'ajout des superplastifiants garantit l'optimisation de l'agencement granulaire.

I.II. 2.14. Béton apparent :

Le béton apparent, son appellation viennent de son objectif, alors qu'il est conçu de façon que leurs éléments constitutifs gardent la même texture et même allure sans aucun changement

I.II. 2.15. Béton caverneux drainant (BCD) :

Ce béton est poreux, cette porosité vient de la pâte de ciment qui enrobe les granulats. Cette technique avantageuse serve au collage des granulats bien sûr d'autant plus elle permet la circulation d'air entre eux, ce qu'il lui rende par conséquent un béton drainant.

I.II. 2.16. Béton à aire entraine :

Béton à aire entraine est un béton résistant, sa résistance se concrétise par l'amélioration du gel qui le contient, dans ce cas la répartition uniforme des

microbulles d'air optimise les caractéristiques du gel et par la suite donne ce résultat.

I.II. 2.17. Béton lourd :

Les composants du béton lourd ont vraiment une masse volumique très lourde qui varie entre 3000 à 5000 kg/m³ ; cette composition massive serve aux conceptions des écrans de protection auprès des contrepoids ou des radiations, et sa masse volumique après séchage de l'étuve doit dépasser 2600kg /m³.

I.II. 2.18. Béton agricole :

Béton qui résiste aux risques sulfatiques des terres agricoles.

I.II. 2.19. Béton compact au rouleau :

Sa consistance est ferme avec une quantité de ciment est très faible, chose qui limite l'effet d'exotherme. La mise en œuvre de ce dernier est concrétisée dans les barrages par les engins et les vibrocompacteurs.

I.II. 2.20. Béton fibre a ultrahautes performances (BFUP) :

Sa résistance en compression comprise entre 150 et 250 MPA, et afin d'avoir un béton souple en traction, des fibres métalliques sont ajoutées avec les fameuses compositions.

I.II. 2.21. Béton à hautes performances et Béton à très hautes performances (BHP et BTHP) :

Béton à hautes performances (**BHP**) c'est du béton qui a une résistance de compression comprise entre 60 et 100 MPA, béton à très hautes performances (**BTHP**) c'est du béton qui a une résistance de compression supérieure à celui béton à hautes performances, elle comprise entre 100 et 150 MPA.

Ces types de bétons sont durables grâce à leurs solidités, et ils sont destinés aux ouvrages d'art autrement aux ouvrages qui demandent plus de sécurité (les constructions des zones inondables et sismiques). On définit le béton par sa résistance à la compression, ses caractéristiques mécaniques qui nous intéressent car elles déterminent sa résistance.

I.II. 3. Le dosage des composants du béton :

I. II. 3.1. Fabrication de 1 m³ du béton armé.

Pour fabriquer 1 m³ du béton armé, il nous faut :

- 720 kg de sable.
- 195 l d'eau.
- 980 kg de granulats.
- 400 kg de ciment (qui sert de colle).

I. II. 3.2. Fabrication de 1 m³ du dallage béton.

Pour fabriquer 1 m³ du dallage béton, il nous faut :

- 830 kg de sable.
- 155 l d'eau.
- 1100 kg de granulats.
- 300 kg de ciment (qui sert de colle).

I.II. 3.3. Fabrication de 1 m³ du béton de fondation.

Pour fabriquer **1 m³ du béton de fondation**, il nous faut :

- **800 kg** de sable.
- **175 l** d'eau.
- **1050 kg** de granulats.
- **350 kg** de ciment (qui sert de colle).

I.II. 3.4. Fabrication de 1 m³ du béton standard.

Pour fabriquer **1 m³ du béton standard**, il nous faut :

- **800 kg** de sable.
- **125 l** d'eau.
- **1200 kg** de granulats.
- **250 kg** de ciment (qui sert de colle).

I.II. 3.5. Fabrication de 1 m³ du béton autoplaçant.

Pour fabriquer **1 m³ du béton autoplaçant**, il nous faut :

- **800 kg** de sable.
- **180 l** d'eau.
- **900 kg** de granulats.
- **350 kg** de ciment (qui sert de colle).
- **21 kg** adjuvants.
- **200 kg** fines.

On a autre spécificités pour le béton léger à **1400kg/m³** et le béton lourd.

I. II. 4. Les avantages du béton :

- Disponibilité des composants.
- Economique.
- Facile à réaliser.
- Accepte toutes les formes.
- Fortifie les ouvrages : s'il est bien introduit aux aciers, il offre aux ouvrages des fortes caractéristiques.
- Résiste aux actions mécaniques.
- Résiste aux feux.
- Dur comme la pierre, ce qui lui donne une vie qui atteint des millénaires. .

I. II. 5. Les inconvénients du béton :

- La détérioration de l'environnement.
- Création des problèmes respiratoires.
- Production du gaz **CO₂**

Le béton a un impact écologique très élevé, du fait qu'une production d'un (01) tonne émet au moins **575 kg** de gaz **CO₂**.

I. II. 6. Les catégories du béton armé

On distingue huit (08) types des bétons : **catégorie(1)** ; des bétons réalisés pour des objectifs de résistance et **catégorie (2)** ; des bétons réalisés pour objectifs du décor.

I. II. 6.1. Béton pour résistance :

Voici quelques exemples de béton pour résistance :

a) Béton armé :

Le béton armé est matériau constitué de béton et armature en acier, il allie la résistance à la compression du béton à la résistance à la traction de l'acier ; c'est un matériau de construction très praticable, voir (**Fig. 21**).



Fig.21: béton armé

b) Béton précontraint : Mettre en tension les aciers avant la prise ; ce qui comprime le béton.

b) Béton autoplaçant : Sa fluidité facilite le coulage, sans avoir des bulles d'air, son façonnage économise la tâche de vibration.

c) Béton fibré : A une forte traction via le renforcement des fibres métalliques.

d) Béton Haut Performance (BHP) : Il est connu par sa grande résistance contre la corrosion.

I. II. 6.2. Béton pour décor :

On a certains exemples de béton pour décor :

a) Béton ciré : c'est du béton coloré.

b) Béton lavé : il est très utilisé dans les allées.

c) Béton dépolluant : c'est un béton autonettoyant.

I.II. 7. La classification des bétons :

La masse volumique des bétons désigne la classification suivante présentée dans le **Tableau 5** :

- Béton léger
- Béton très léger
- Béton lourd
- Béton très lourd.

Tableau.5 : La classification des bétons.

Type des bétons	La masse volumique kg/m ³
Béton léger	500 - 1800
Béton très léger	< 500
Béton lourd	1800 - 2500
Béton très lourd	>2500

Source : Auteur

II. 8. Les domaines d'utilisation du béton :

Le béton est utile dans les deux (02) domaines ; domaine du bâtiment et domaine des travaux publics :

I.II.8.1.Domaine du bâtiment : le domaine du bâtiment comprend ; es logements, les équipements publics (les locaux commerciaux, les hôpitaux, les industries...etc.)

I.II.8.2.Domaine des travaux publics : le domaine des travaux publics appréhende ; les tunnels, les barrages, les ponts, les routes, et autres ouvrages qui demande des caractéristiques mécanique très élevées.

I.II. 9. Accroissement de la résistance du béton :

L'hydratation du béton se traduit par le durcissement, le résultat de la formation progressive de cristaux dont l'emmêlement des composantes et leur croissance assurent la cohérence des différents grains. La résistance mécanique continue à prospérer même après 28 j, voir (Fig.22).

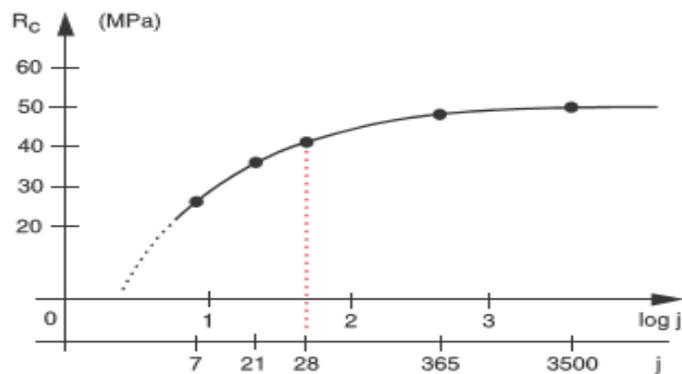


Fig.22 : Accroissement de la résistance du béton

Conclusion :

L'objet de ce chapitre était de monter l'ensemble des matériaux constituant le béton avec une description de leurs caractères ; ce qui va justifier leurs apports à la résistance des constructions

L'endommagement de l'acier ; affaiblis les efforts de traction et de compression, les corrosions vont diminuer la fiabilité et la résistance du béton armé.

Un faible béton armé engendre la rupture de la construction, étant donné qu'elle peut plus supporter les charges permanentes et les charges d'exploitation, néanmoins qu'elle est subie aux risques naturels tels que les séismes et les inondations.

**CHAPITRE II
OUVRAGES EN BETON**

CHAPITRE II : OUVRAGES EN BETON

Introduction :

Les terrassements et les remblais sont les travaux qui facilitent la réalisation des ouvrages en bétons armés, car le traitement du sol est nécessaire afin d'avoir une superficie terrestre adéquate.

II.1. TERRASSEMENTS ET REMBLAIS :

Ce sont deux (02) opérations nécessaires pour l'exécution des projets. Notons que les travaux des terrassements et des remblais, s'effectuent souvent au profit de la nature du terrain.

II.1.1. Les terrassements :

Les terrassements c'est des techniques d'enlèvement des terres des terrains accidentés, un décapage de certaines parties du sol qui facilite la réalisation des projets voir (Fig.23).



Fig. 23 : Travaux des terrassements

II.1.2. Les remblais :

Les remblais sont complètement le contraire des terrassements, c'est le mis du sol aux endroits creux du terrain et le rendre plat afin d'avoir une assiette adéquate et prête à la construction voir (Fig.24).



Fig. 24 : Travaux des remblais

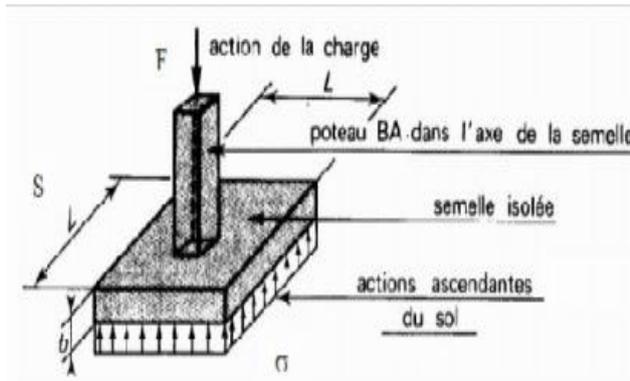
II.2. TECHNIQUES DE REALISATION DES FONDATIONS

Les fondations, ce sont la partie inférieure des ouvrages, qui ont un contact direct avec le sol et ce sont eux qui vont accueillir et transformés les efforts de la construction vers le sol.

II.2.1. Le fonctionnement des fondations :

La structure de la construction transforme les charges verticalement vers le sol via les fondations, qui vont les réparties soigneusement, voir (Figs.25, 26). On doit assurer que les efforts exercés seront inférieurs aux efforts supportés par le sol. Les essais du sol donnent les caractéristiques physique et mécanique qui vont fixer notre choix des fondations, qui vont assurer la stabilité de l'ouvrage, les conditions suivantes doivent être remplies :

- a) **Les actions menées par la structure** ; la semelle de fondation doit résister à ces actions.
- b) **La capacité portante de la semelle de fondation** ; le sol doit être stable.



$$\sigma = F/S \text{ (MPa=MN/m}^2\text{)}$$

Fig.25 : Les actions exercées sur la semelle



Fig.26 : Les charges reprises par chaque fondation
Source : Auteur

II.2.2. Les conditions assurées par des fondations :

Les fondations doivent assurer les conditions suivantes :

II.2.2.1. Assurer l'équilibre de l'ouvrage :

- Pas de basculement.
- Pas de glissement horizontal.

- Pas de déplacement vertical.

II.2.2.2. Résister aux charges :

Les fondations doivent résister aux charges de son propre poids et aux charges même des éléments qui se situent au-dessous.

II.2.2.3. Assurer la durabilité :

On assure la durabilité par :

- le choix des matériaux de construction.
- l'emplacement des matériaux de construction.
- La mise en œuvre.

II.2.3. Les types de fondations :

Il existe deux (02) types de fondations fréquemment utilisées qui sont : les fondations superficielles et les fondations profondes. Pour le premier type :

II.2.3.1. Les fondations superficielles :

Le concepteur doit arrêter sa décision de choix de ce genre de fondation, dès qu'il obtient un rapport d'étude du sol qui exhibe que le bon sol se trouve à une faible profondeur, ce qu'il nécessite soit ; des semelles en radiers ou bien, des semelles filantes sous murs, ainsi que des semelles isolées sous poteaux.

On arrête notre choix sur les fondations superficielles si une des deux (02) conditions suivantes est respectée :

$$H/B < 6 \text{ m}$$

$$H < 3 \text{ m}$$

Sachant que :

H : La profondeur de la fondation (m)

B : La largeur de la fondation (m)

D : Hauteur d'encastrement de la semelle, voir (Fig. 27).

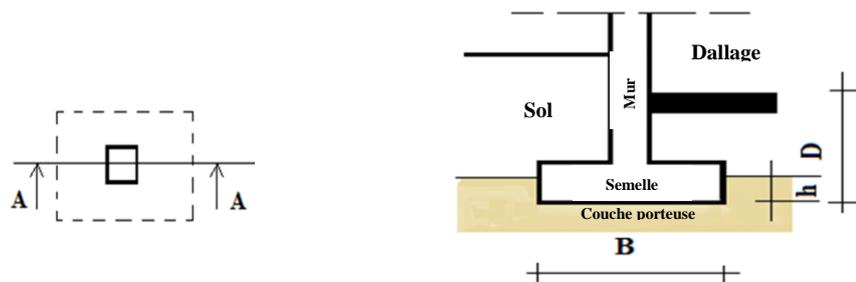


Fig .27 : fondations superficielles

a) Les types des fondations superficielles :

Les fondations superficielles sont quatre (04) types :

- **Les semelles isolées** : se sont placés sous les poteaux, voir (Fig.28).

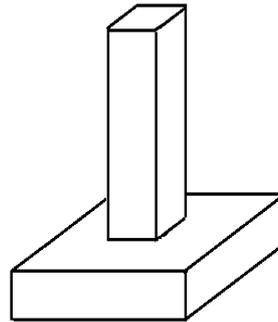


Fig.28 : semelle isolée

Source : Auteur

- Les semelles filantes : se sont placés sous les murs porteurs voir (Figs.29, 30).

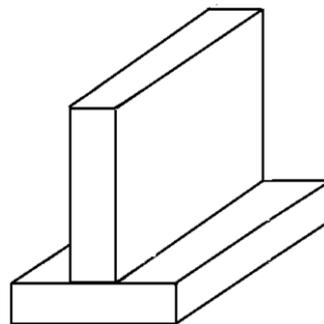


Fig.29 : semelles filante placée sous un mur

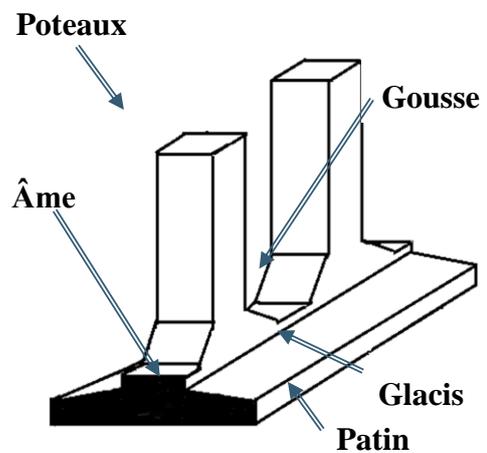


Fig.30 : semelles filante placée sous plusieurs poteaux rapprochés

Source : Auteur

- Le radier : ce type est utilisé lorsque la contrainte admissible du sol ne peut supporter la charge de l'ouvrage voir (Fig.31).

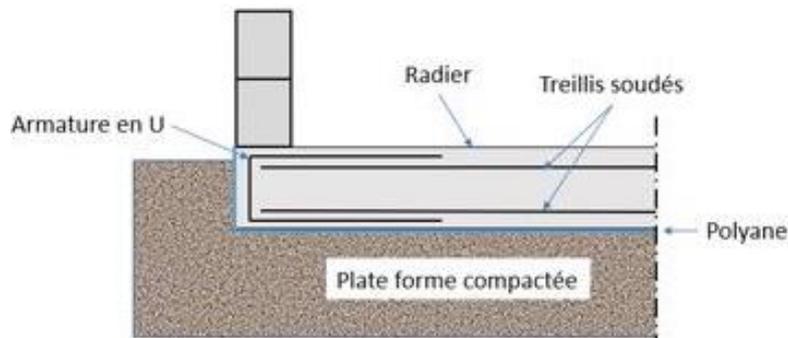


Fig.31 : Radier

- Le cuvelage : est un développement du principe du radier ; on l'utilise lorsque les parois sont exposées à des poussées d'Archimède (en cas de présence d'une nappe d'eau).

b) Le calcul de fondations superficielles :

Le calcul des fondations superficielles se fait suivant les rapports cités ci-dessous :

- Si le rapport $B/D < 1/6$, nous sommes dans le domaine de fondations superficielles.
- Si le rapport $B/D > 1/6$, nous sommes passés au domaine de fondations profondes.

II.2.3.2. Les fondations profondes :

Ce choix de fondation parvient si le terrain résistant se trouve en profondeur, d'après la confirmation du rapport d'étude du sol ; à cet égard on sera obligé de compter sur les forces de frottement qui va s'opposer aux charges qu'on a citées auparavant, ce qui nous demande d'exploiter, des pieux ou des puits pour mieux rassurer que notre ouvrage sera plus stable et résistant, voir (Fig 32).

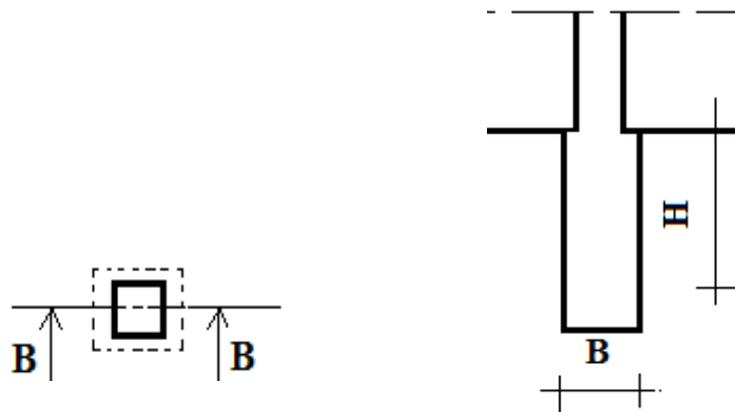


Fig 32 : Fondation profonde
Source : Auteur

II.3. COFFRAGES ET FERRAILLAGES DES STRUCTURES DE BATIMENTS :

II.3. 1. Techniques de coffrage des structures de bâtiments :

Un ouvrage en béton armé a besoin évidemment une structure provisoire avant de couler le béton, cette structure préliminaire nommé le coffrage, il joue un rôle très important dans le moulage du béton.

II.3. 1.1. Les caractéristiques du coffrage :

Un bon coffrage remplit les critères suivants :

- Durable** : on l'utilise plusieurs fois.
- Robuste** : dépend du nombre de réemplois.
- Rigide** : il résiste aux forces de poussée du béton.
- Lisse** : sa peau doit être lisse pour des exigences artistiques.
- Stable** : garder sa position initiale jusqu'au le durcissement du béton.
- Mise en place sécurisée** : l'entrepreneur prévoit une zone de mis en place de coffrage sécurisé.

II.3. 1.2. La composition du coffrage :

Un coffrage se constitue de :

- a) Raidisseurs primaires.
- b) Raidisseurs secondaires.
- c) Les étais tirent pousse.
- d) Serrage avec des écrous des serres jointes ...etc.

II.3. 1.3. Les matériaux de coffrage :

Ce sont trois (03) matériaux :

a) Le coffrage en bois :

Ce type de coffrage est traditionnel, certes il est plus sollicité, grâce à son coût, car il n'est pas cher, facile à la modification et au montage, mais il demande un long temps de mis en montage. Sa durabilité est limitée sur une marge de maximums 20 réemplois.

b) Le coffrage en métal :

Est plus durable que le bois, il dépasse les 20 réemplois, les pièces gardent leurs formes après le décoffrage, il est rapide au montage, ses inconvénients se résument dans le coût élevé et le poids des planches qui rendent le déplacement en conséquence coûteux.

c) Le coffrage mixte :

C'est-à-dire un jumelage entre le bois et métal, **le coffrage mixte** est robuste, facile à l'adapter avec n'importe quelle forme, il demande un soin régulier.

II.3.2. Les éléments concernés par le coffrage :

On va les mentionner par ordre de réalisation, les murs sont parfois réalisés par le béton, voir l'importance du projet :

- a) Semelles.
- b) Poteaux.
- c) Poutres.
- d) Les murs.

Tous ces éléments seront coffrés de quatre (04) faces sauf la poutre elle serait coffrée de cinq (05) faces voir (**Fig. 40**).

II.3.3. Techniques de ferrailage des structures de bâtiments :

Le ferrailage renforce, et consolide les structures de bâtiments. La mise en œuvre du ferrailage offre un risque des dangers attachés aux outils du travail manuel, ce qu'il demande plus de prudence et sensibilisation, voir (**Fig. 33**).

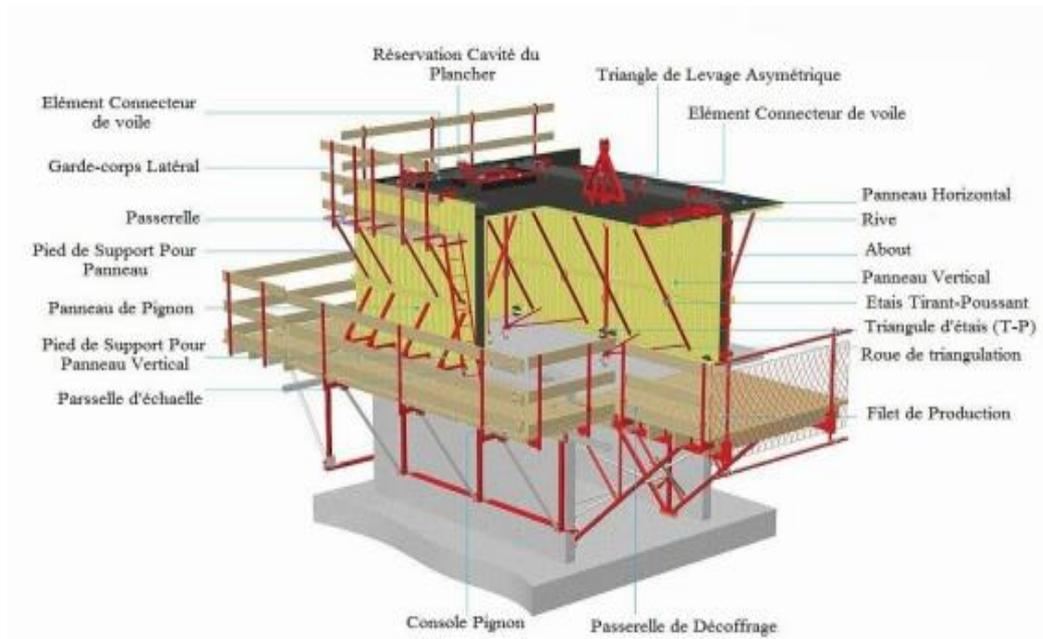


Fig 33 : Système du coffrage tunnel

Le ferrailleur est appelé à porter des outils qui facilite le travail, voir (**Fig. 34**) comme :

1. Tenue sécurisé : Portez une tenue adéquate et sécurisé au travail.
2. Casque.
3. Lunette.
4. Gants.
5. Bottes.
6. Bobine.
7. Marqueur.
8. Marteaux.
9. Coupe-tige.
10. Coupe-barres.
11. Coupe-boulons.
12. Cisailles à barre.
13. Clés à douilles.
14. Clés à tuyaux.
15. Pinces.
16. Cintreuse de barres d'armature.



Fig. 34 : ferrailleur prés pour la mission de pose d'acier d'armature

II.4 METHODES DE CONSTRUCTION DES PILES D'OUVRAGES D'ART :

La pile est un appui intermédiaire et d'extrémité supportant le tablier de l'ouvrage, il s'agit d'un appui massive et permanent, par opposition aux palées, voir (Fig. 35).

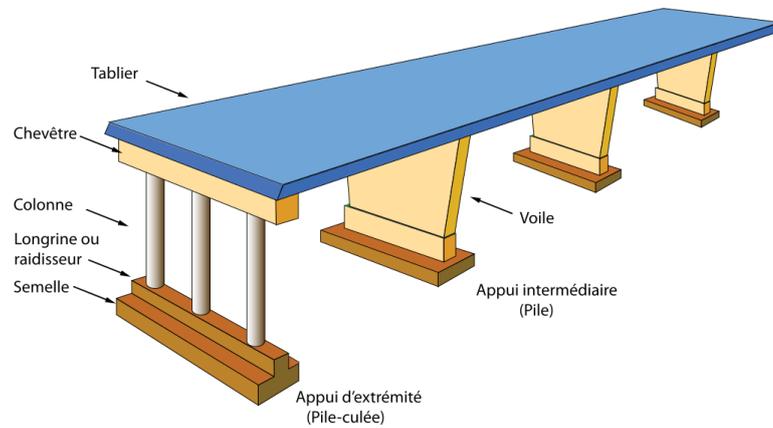


Fig. 35 : Les piles

II.4. 1. L'évolution des piles :

Les piles ont été évoluées dans le temps ; elles sont passées par plusieurs phases :

Phase 1 : Pile épaisses

Au paravent la largeur des piles avait fait presque 1/2 de l'ouverture de la voute elles été épaisses.

Phase 2 : Pile minces

En 1750 l'épaisseur des piles en été réduites par l'ingénieur et l'architecte **Jean-Rodolphe Perronet**.

$$(L' épaisseur = 1/5 \text{ ou } 1/7 \text{ la portée})$$

Phase 3 : Pile en maçonnerie

En 1909 une nouvelle silhouette de pile en maçonnerie traditionnelle est appaue en France, avec une hauteur de 92 mètres.

Phase 4 : Pile en béton armé

En 1937 les piles en bénéficier de l'invention du béton armé et font le pont **Golden Gate Bridge** aux États-Unis avec une hauteur de 230 mètres.

Phase 5 : Pile en béton précontraint

En 1928 le béton précontraint est apparue par l'ingénieur français Eugène Freyssinet qui a nommé par le père du le béton précontraint, et grâce au béton à haute performance qui a été apparue.

II.4.2. Typologie des piles :

Il existe plusieurs types des piles :

II.4.2.1. Les piles des ouvrages en béton armé :

Les piles des ouvrages en béton armé sont constituent de :

- a) Les tabliers.
- b) Les piles d'encorbellement consécutif.
- c) Les tabliers des ponts.
- d) Les tabliers d'une hauteur constante.
- e) Les tabliers à poutres préfabriquées.

II.4.2.2. Les piles des ouvrages courants :

- a) Piles poteaux
- b) Piles voiles
- c) Piles spéciaux.

II.4.3. LES MODES DE CONSTRUCTION :

La construction des piles permettre les appareils d'appuis provisoires ou bien les niches de vérins de s'accrochés avec dans une tête, deux (02) Cas sont enregistrés :

- **Piles de grands ouvrages**
- **Piles de ponts courants**

II.4.3. 1. Les piles des ouvrages courants :

Ces piles sont classées en trois (03) rubriques.

a) Piles poteaux :

Elles sont constituées de forts colonnes, la tête de pile peut être fondée d'une manière libre comme elle peut être construite en entrave avec un chevêtre voir (Figs. 36, 37).



Fig.37 : Piles de type poteaux

b) Piles voiles :

Ce sont des piles sous forme de voile caractérisées une épaisseur constante voir (**Fig.38, 39**).



Fig.38 : Pile voile



Fig.39 : Pilles de type voile

c) Piles spéciaux :

Ce type représente un ouvrage urbain spécial voir (**Fig.40**).



Fig.40 : Pile spécial

II.4.3. 2. Les piles des ouvrages en béton armé :

Ce type est conditionné par la conception du tablier, on distingue quatre (04) familles :

- a) **Les tabliers** : qui sont ; soit totalement ou partiellement encastrés
- b) **Les piles d'encorbellement consécutif** : les piles demandent des piles encorbellement consécutif.
- c) **Les tabliers des ponts** : qui résistent contre les poussés de la terre, demandent des piles à pré dimensionnement résistant aux forces de poussées.
- d) **Les tabliers d'une hauteur constante** : des travers du coffrage soutenu par ciutreauto lanceur (poutraison métallique), nécessitent des piles de l'ouvrage.
- e) **Les tabliers à poutres préfabriquées** : sollicitent soit des piles-portiques ou des piles-marteaux voir (Fig.41).

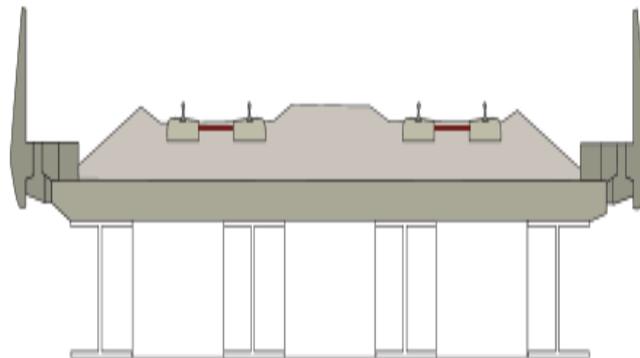


Fig.41 : Tablier mixte, béton acier

II.5. CONSTRUCTION DES TABLIERS D'OUVRAGES EN BETON :

Le tablier c'est l'élément incorporé dans la chaussée sur lequel circulent les véhicules.

Les tabliers se construisent avec plusieurs positions :

- a) Sur cintre fixe.
- b) Cintre autolanceur.

c) Par poussage et par encorbellements successifs.

II.5.1. Les composants du tablier :

Le tablier est formé de plusieurs éléments, la dalle, et les poutres, et les entretoises :

II.5.1.1. La dalle : La dalle se constitue ; des poutres principales et des entretoises, que nous allons vous présenter ci-dessous

II.5.1.2. Les poutres principales : ils qui se posent au sens de la circulation voir (Fig.42).

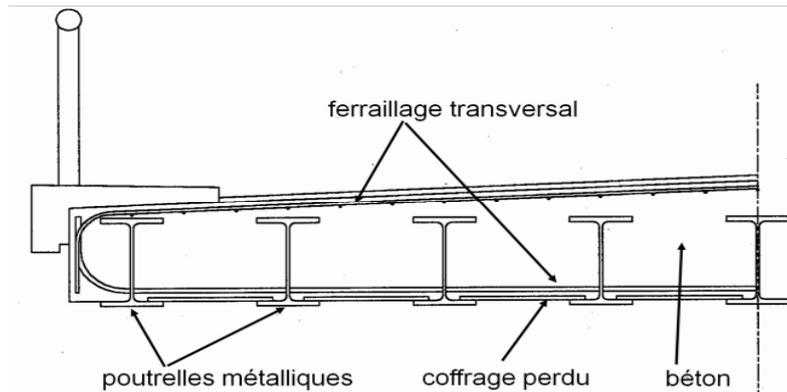


Fig.42 : Tablier (poutre métallique)

II.5.1.3. Les entretoises :

Ce sont les poutres qui se posent au sens transversal, ces dernières forment entre eux un quadrillage voir (Fig.43).

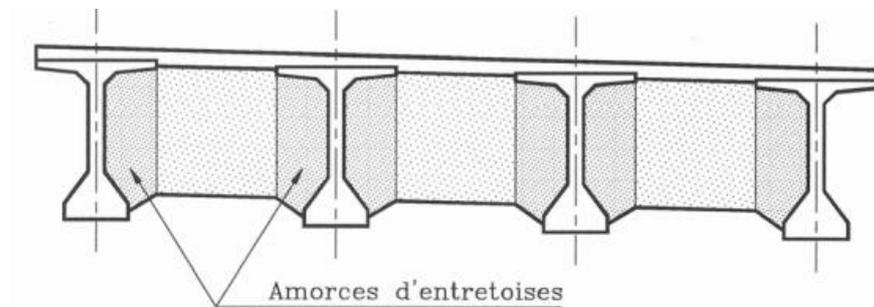


Fig.43 : Tablier (amorces d'entretoises)

Conclusion :

Nous avons exhibé les connaissances préalables pour la réussite des constructions des ouvrages en béton armé ; les travaux des terrassements et des remblais, les différents types des fondations, les coffrages et les ferrillages des structures de bâtiments, ainsi les méthodes de construction des piles d'ouvrages d'art, notamment la construction des tabliers d'ouvrages en béton.

**CHAPITRE III
OUVRAGES METALLIQUES ET MIXTES**

CHAPITRE III : OUVRAGES METALLIQUES ET OUVRAGES MIXTES

Introduction :

L'assemblage des structures métalliques des bâtiments et des halls industriels se fait par le soudage et boulonnage. Certains types de ponts se construisent avec des tabliers métalliques, ce qui nous a appelés à présenter la méthode de lancement et d'assemblages de tronçons successifs des tabliers métalliques, d'autant plus pour la construction des tabliers mixtes : nous vous dévoilons le façonnage de connexion et le contrôle des déformations de la dalle. Dans toute l'étude, tant expérimentale que numérique, les efforts exercés sur la dalle sont souvent visés ; ce qui demande un contrôle des déformations à l'intermédiaire et au niveau des appuis.

III. 1. Soudage et boulonnage :

III. 1.1. Le soudage :

Le soudage se fait dans un atelier et spécialement par un soudeur compétent et avec un matériel spécifique voir (Fig.44).

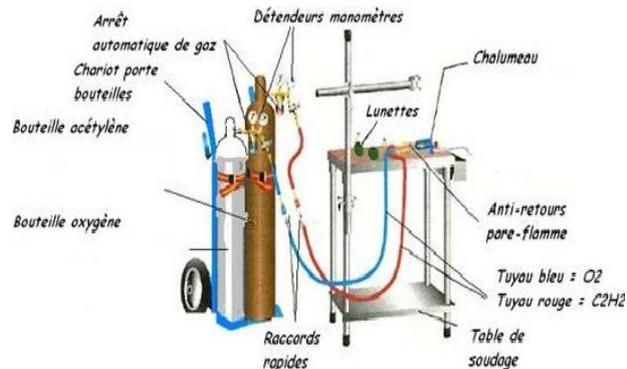


Fig.44 : Matériel pour soudage oxyacétylénique

En outre cette tâche de soudure est indispensable sur chantier se fait dans des conditions qui assurent plusieurs critères :

III. 1.1.1. Le ponçage des pièces soudées : la soudure s'effectue selon les règles de l'art, par le ponçage de pièces soudées vers l'achèvement de chaque travail.

III.1.1.2. La métallisation des zones du soudage : La métallisation est indispensable pour protéger les zones du soudage d'oxydation et la corrosion voir (Fig.45) .

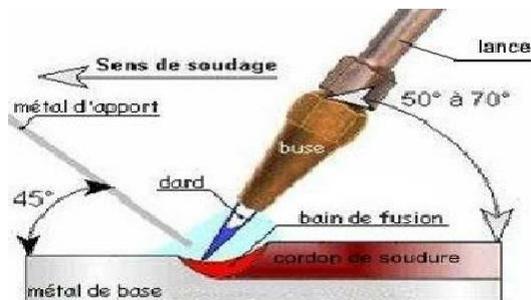


Fig.45 : Soudage oxyacétylénique

III. 1.1.3. Assemblage continu : la soudure doit assembler les pièces d'une manière continue.

Les principaux types d'assemblage sont :

- a) Assemblage en angles (en coins)
- b) Assemblage bout à bout
- c) Assemblage par recouvrement
- d) Assemblage à bord relevés voir (**Fig.46**)

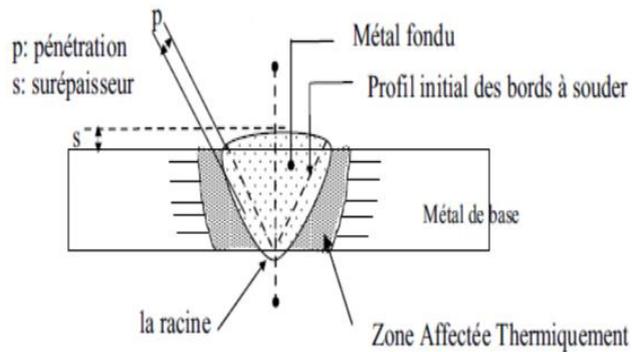


Fig.46 : Un joint soudé

III. 1.2. Le boulonnage :

Pour faire le boulonnage, il faut respecter les conditions suivantes :

III. 1.2.1. Les trous : Les trous des boulons doivent être forés précisément.

III. 1.2.2. Le diamètre : Le diamètre des boulons étant de 1mm inférieur de son trou voir (**Fig.47**).



Fig.47 : Le raboutage des tronçons avec boulonnage

III.2. ASSEMBLAGES DES STRUCTURES METALLIQUES DANS LE BATIMENT ET HALLS INDUSTRIELS :

L'assemblage, cette exigence est destinée aux poutres- poteaux, car elle assume une grande part de responsabilité de la résistance et la bonne répartition des charges le long d'une poutre continue.

III.2.1 ASSEMBLAGES DES STRUCTURES METALLIQUES DANS LE BATIMENT

Pour exécuter un assemblage des structures métalliques dans le bâtiment, il faut faire un pré dimensionnement qui vise les connaissances préalables sur les surcharges climatiques, et savoir l'effet du vent avec ses actions intérieurs, extérieurs ainsi les actions globales, cet ensemble de renseignement nous offre l'opportunité la possibilité de choisir le type de charpente convenable, notamment le choix de couverture et de bardage, voir (**Fig.48**).



Fig.48 : Le raboutage des tronçons avec boulonnage

III.2.2. ASSEMBLAGES DES STRUCTURES METALLIQUES DANS HALLS INDUSTRIELS

Les assemblages des structures métalliques dans halls industriels sont constitués de deux (02) types:

III.2.2.1. Assemblages mécaniques: ils s'exécutent avec plusieurs méthodes:

a) Vis de fixation:

L'assemblage se fait par des vis pour la fixation des différents éléments de structure.

b) Les boulons:

Le boulon a une tête hexagonale, son corps est cylindrique fileté qui constitue la vis et il a un écrou également hexagonal.

Les boulons les plus efficaces sont les boulons à haute résistance (HR) leurs serrages créent entre deux (02) pièces une pression importante qui s'oppose au glissement par frottement.

L'assemblage par les boulons à haute résistance (HR) est plus facile que la soudure. Les boulons font l'objet d'une certification en matière de caractéristiques mécaniques et géométriques.

Le serrage d'un boulon ordinaire se fait soit avec une clé, soit pneumatiquement, soit manuellement.

Les jeux dans les trous varient entre 1mm et 2mm, ils travaillent soit au cisaillement soit en traction voir (Figs.49, 50).

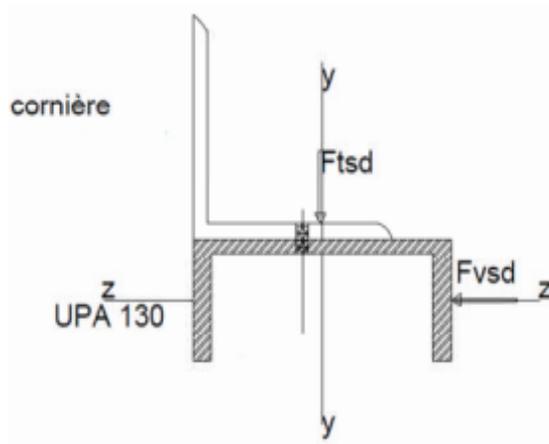


Fig.49 : Boulon d'attache



Fig.50 : Assemblage mécanique par boulons

c) **Les rivets :**

L'assemblage avec des rivets est un ancien technique développé à partir du 1850. Le rivet est un gros clou avec une tête, il exige beaucoup de mains d'œuvres.

La tour Eiffel était construite par les rivets, et actuellement leurs utilisations sont destinées uniquement pour la rénovation des ponts ou des bâtiments patrimoniaux voir (Fig.51).



Fig.51 : Assemblage mécanique par les Rivers

III.2.2.2. Assemblages cohésifs ou adhérents :

Les assemblages cohésifs ou adhérents se réalisent avec le collage ou la soudure.

a) Le collage:

Le collage ne s'emploie que pour les pièces d'enveloppe faible à titre d'exemple le point de raccord d'angle pour le bordage, là où les contraintes mécaniques sont faibles voir (**Figs.52, 53, 54**).

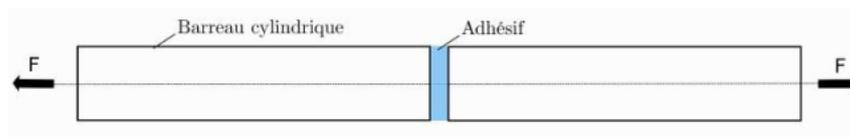


Fig.52 : Essai bout à bout Butt norme (ISO 9622)

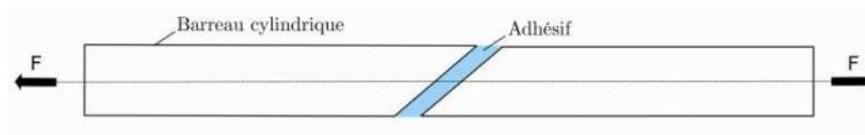


Fig.53 : Essai Scarf joint

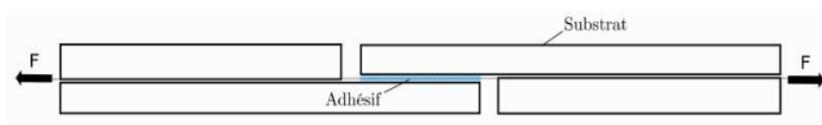


Fig.54 : Essai TAST norme (ISO 11003-2)

b) La soudure:

Le soudage consiste à fonder l'acier de manière s'assurer une continuité aussi finie que possible s'effectue pour des pièces:

- à plat superposé.
- à plat bout à bout.
- à plat d'angle voir (**Fig. 55**).

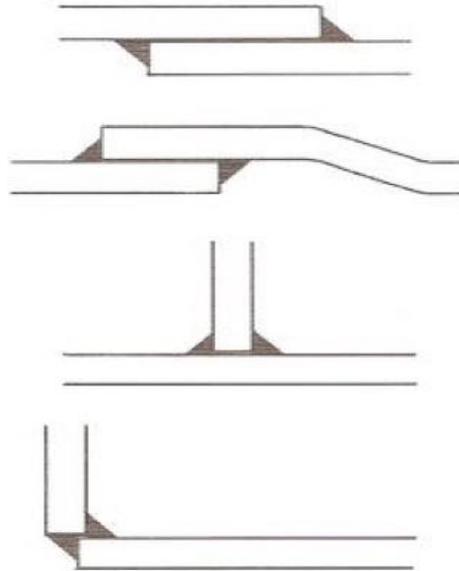


Fig.55 : Les positions de soudure

III.3. MISE EN PLACE DES TABLIERS METALLIQUES :

III.3.1. Lançage et assemblages de tronçons successifs :

III.3.1.1. Lançage de tronçons successifs :

Afin de minimiser le nombre de soudure, **Aluma Bridge** a développé la version spéciale pour remplacer les platelages en acier dans les ponts à bascule par platelages en aluminium grâce à son faible poids voir (Figs.56, 57).

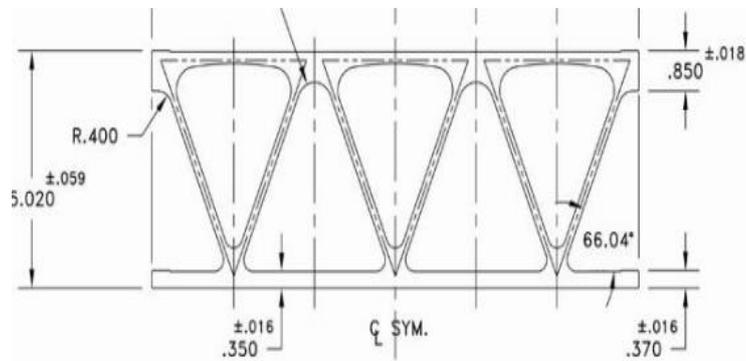


Fig.56 : Schéma de platelages en aluminium



Fig.57 : Mise en œuvre de platelages en aluminium

III.3.1.2. L'assemblages de tronçons successifs :

L'assemblage des tronçons successifs des tabliers se réalise avec la soudure voici la **Fig 64** qui représente un exemple d'assemblage des tabliers avec soudure de 20mm avec 15 passes et 5 étages de passes.

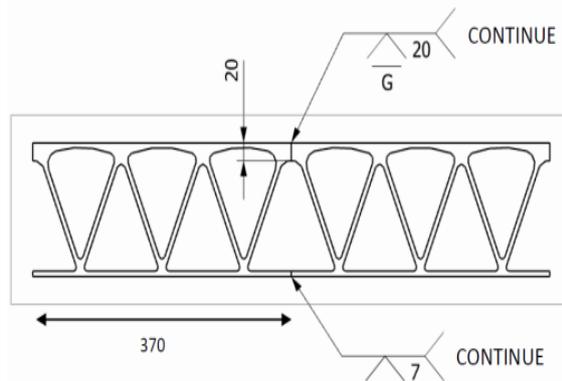


Fig.58 : Détail de soudure pour le platelage

On utilise des pièces adaptatives pour faire une liaison adéquate à chaque partie du pont voir (**Fig. 59**)

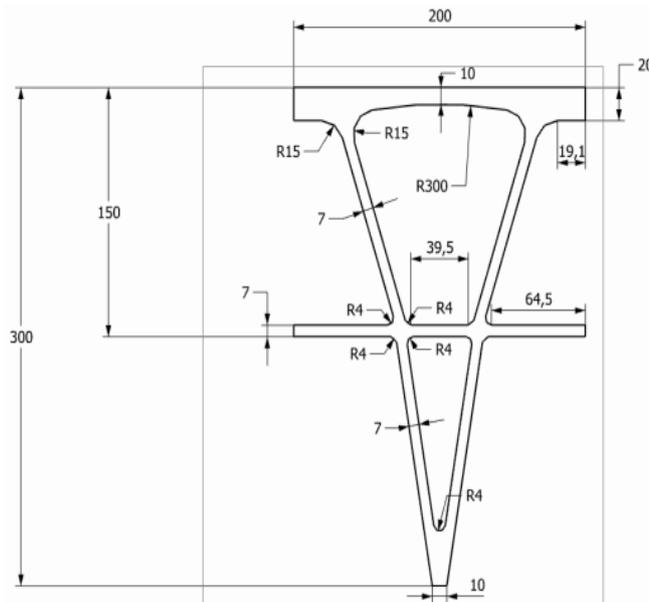


Fig.59 : Extrusion de liaison

Suivant la méthode simplifiée établie par (**Jean-Baptiste. B**) le dimensionnement de la poutre de rive avait une faible hauteur qui égale à 760 mm, la hauteur de la travée est de 910 mm, et pour la travée possède de chaque bord deux extrusions de 370 mm de large voir (**Fig.60**).

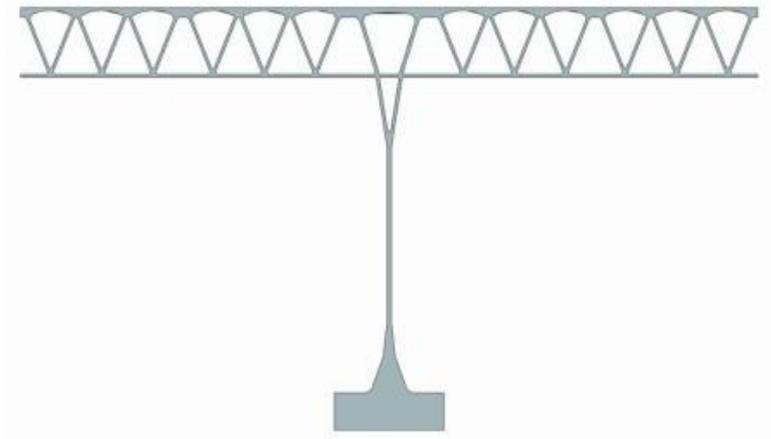


Fig.60 : Coupe transversale de la travée pour le dimensionnement suivant la méthode simplifiée

Les eaux pluviales endommagent la voie, donc pour la protéger on doit empêcher l'accumulation des eaux pluviales avec une pente de 2 % à chaque voie lors d'assemblages des différents tronçons des tabliers, voir (**Figs.61, 62**).

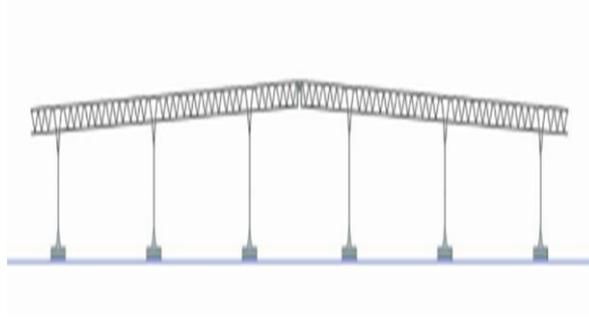


Fig.61 : Coupe transversale du tablier de pont avec une pente de 2% pour le drainage des eaux pluviales



Fig.62 : Le pont final avec l'achèvement d'assemblage de tous les composants

III.3.2. Construction des tabliers mixtes :

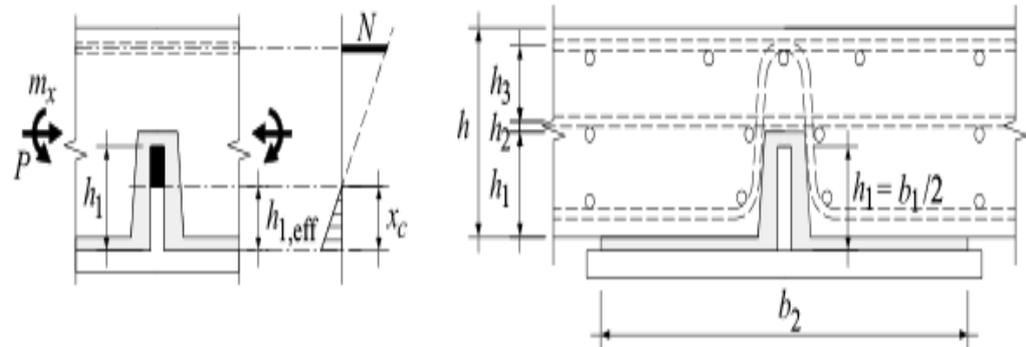
III.3.2.1. Connexion des tabliers mixtes :

La construction des tabliers mixtes comporte des éléments structurels en béton armé et en acier ou précontraint. L'objectif est de faire fonctionner toutes ces substances selon leurs aptitudes optimales, particulièrement en traction pour l'acier et en compression pour le béton. Parmi les critères de choix de cette conception mixte est naturellement le coût de construction.

La vitesse de construction influençant les coûts de manière significative, également c'est est un argument principal lorsqu'il s'agit de reconstruire ou rénover un ouvrage existant, car ces travaux perturbent le trafic par la fermeture de l'ouvrage, et engendrent les nuisances pour les usagers par l'allongement des distances à parcourir lors du changement de destination, notamment la perte de temps diminution de l'activité du trafic.

Les études effectuées démontrent que les ponts mixtes béton-acier sont bien adaptés à la préfabrication. D'ailleurs la structure métallique généralement fabriquée en atelier et assemblée par soudage sur le chantier. La dalle peut également être préfabriquée avec une longueur varie entre 2 à 3 mètres.

La mise en place se fait par ordre ; en premier lieu, la mise en place de l'acier, ensuite les éléments du béton, puis les éléments précontraints entre eux ; avec l'exécution de ces travaux le pont mixte béton-acier sera achevé Voir (Fig.63).



a) Hauteur maximale du connecteur **b)** Définition des grandeurs géométrique et Position des armatures autour du connecteur

Fig.63 : Géométrie et conception de la connexion.

La connexion par adhérence indique une connexion dont la résistance est due au cisaillement le long de plusieurs interfaces qui se situent entre la poutre en acier et la dalle en béton.

Ce modèle de connexion demande un bon choix des matériaux que leurs montages. La connexion des ponts en béton acier, peut être avec trois (03) manières :

- a)** Connexion par embrèvement.
- b)** Connexion par organe métallique.
- c)** Connexion par adhérence des surfaces.

On vous présente un exemple de connexion de tabliers mixtes du pont de STAFFEN Voir (Figs. 64, 65) ; qui pour objectifs d'assurer plus de rigidité qui sert à la transmission et la répartition des efforts de façon plus équitable. Voir (Figs. 66, 67).



Fig.64 : Pont de Staffen

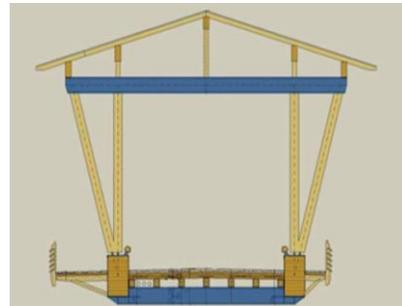


Fig.65 : Coupe transversale

Acier —
Bois —



Fig.66 : Vue des poutres primaires et Secondaires



Fig.67 : Vue des tabliers

III.3.2.2. Contrôle des déformations de la dalle :

Le contrôle des déformations de la dalle se concentre sur les questions mécaniques qui se résument principalement dans les tirets suivants :

- Le contrôle de la durée de vie de l'ouvrage, il se fait par un calcul, pour estimer la capacité des services, et aussi pour savoir le mode de ruine en cas de fatigue.
- Le contrôle de la validité de dimensionnement présent (la stabilité)
- L'évaluation prépondérante de la perte de rigidité longitudinale due aux chargements renouvelés.
- La vérification des ouvrages en fonction de leur ferrailage et surtout l'ouverture initiale des fissures.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté dans la construction des ouvrages métalliques et des ouvrages mixtes ; le soudage et boulonnage, l'assemblage des structures métalliques dans le bâtiment et halls industriels, et la mise en place des tabliers métalliques.

**CHAPITRE IV
TECHNOLOGIES DE CHANTIER**

CHAPITRE IV : TECHNOLOGIES DE CHANTIER

Introduction :

Dans ce quatrième et dernier chapitre, nous vous donne un aperçu sur la technologie de chantier via la méthode d'installation du chantier des bâtiments suivant les phases importantes ; l'implantation des chantiers, les travaux des gros œuvres, les travaux des maçonneries et les travaux de finition. Outre nous allons vous donner une description sur les gros œuvres ; les types des ponts avec ses différentes caractéristiques, les barrages et leurs apports de protection et de production et leurs critères de choix, vers la fin on détermine les types des tunnels.

IV.1. LES BATIMENTS :

Les technologies de chantier des bâtiments consistent :

IV.1.1. Installation du chantier

L'installation du chantier demande un plan qui sera établi par le maître d'ouvrage ou l'entrepreneur ce document est très important car, il recense tous les équipements qui vont contribuer pour la réalisation ainsi que la circulation des intervenants et les constructeurs avec un traçage du chemin de circulation qui facilite la réalisation, voir (**Fig.68**)

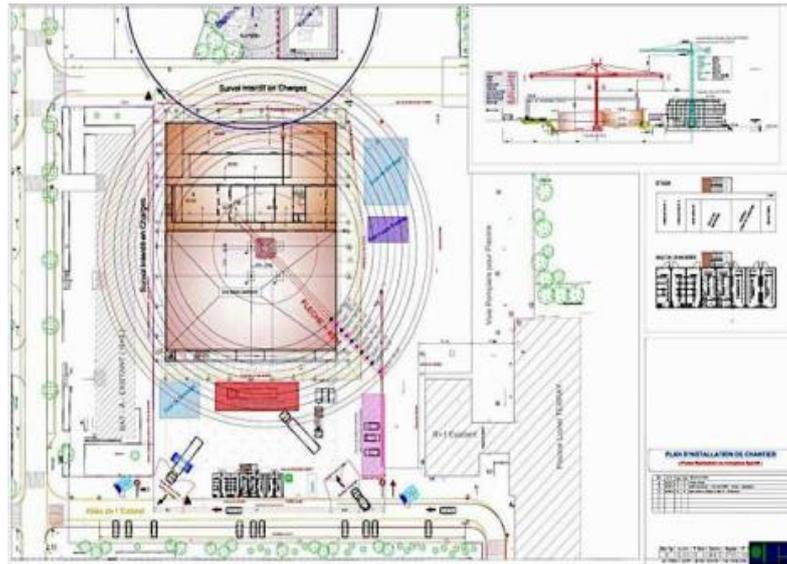


Fig.68 : Installation du chantier

IV.1.2. L'implantation

Pour réaliser une implantation d'une façon correcte, voir (**Fig.69**) il vous faudra exécuter les étapes suivantes :

- a) Mettre en place les deux jalons
- b) Mettre en place les chaînes et jalons restants
- c) Report et fixation des cordeaux sur les chaînes avec des pointes
- d) La vérification de l'équerrage et prendre l'aplomb des coins d'intersection des cordeaux.

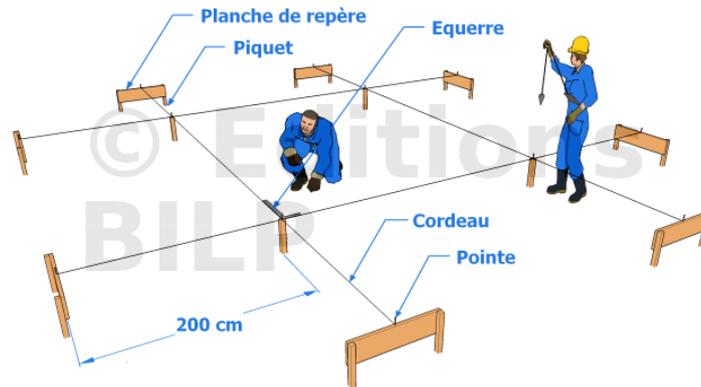


Fig.69 : Implantation d'un bâtiment

IV.1.3. Les travaux des gros œuvres :

Les travaux des gros œuvres nécessitent plusieurs travaux qui s'accomplissent entre eux, voir (Fig.70) tels que;

1. L'étude de sol
2. Le terrassement
3. L'excavation
4. Les fondations
5. L'assainissement
6. Le soubassement
7. Les chaînages
8. Les planchers
9. Les poutres
10. Les escaliers
11. Les poutrelles
12. Les charpentes
13. Les toitures
14. Les terrasses

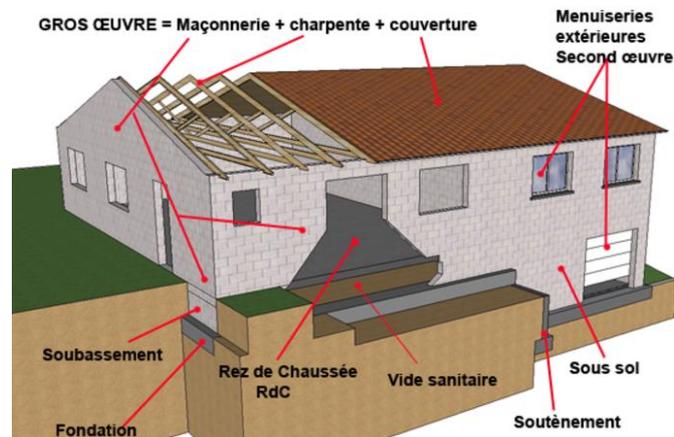


Fig.70 : Les travaux de construction d'une maison

IV.1.4. Les travaux des maçonneries :

Mise en œuvre de la maçonnerie

IV.1.5. Les ouvertures :

1. Les portes
2. Les fenêtres

IV.1.6. Les travaux de finition :

1. Les enduits
2. La peinture
3. Le carrelage
4. La céramique
5. Traitement des espaces extérieurs.

IV.2. LES PONTS ET VIADUCS :

Il existe plusieurs types de pont tels que :

IV.2.1. Les ponts cadre :

Ils sont apparus en 1960 pour des raisons de sécurité, voir (**Fig.71**) . On a deux types des ponts cadre :

- **PIPO** : Passage inférieur à portique ouvert.
- **PICF** : Passage inférieur à cadre fermé.

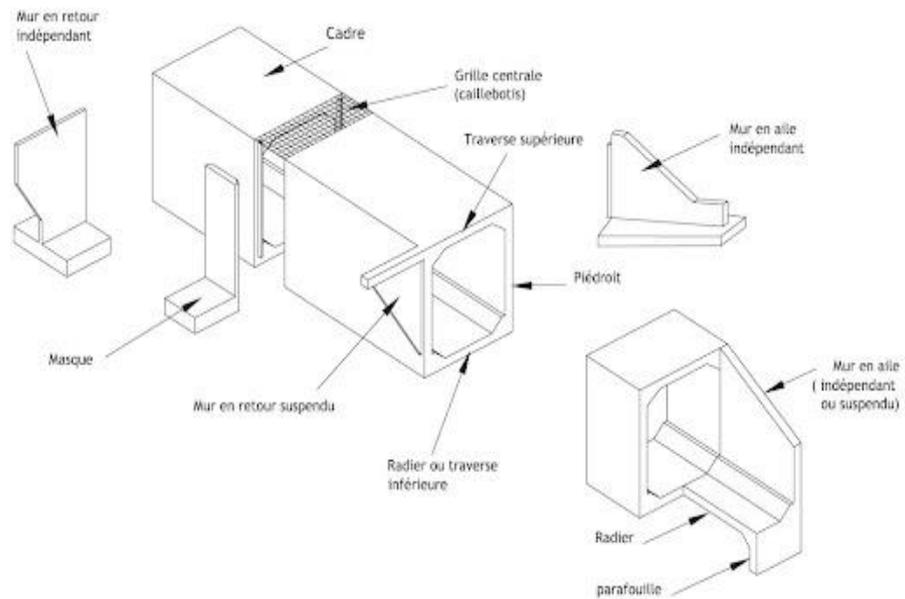


Fig.71 : Passage inférieur à cadre fermé

IV.2.2. Les ponts en poutres :

La structure dans ce cas reprend les charges par sa disposition à résister à la flexion, la section transversale est constante étant donné que les réactions d'appui sont verticales, voir (**Fig.72**).

On enregistre deux (02) types des ponts à poutres :

- **PSIPP** : Passage supérieur ou inférieur à poutres précontraintes
- **PSIPA** : Passage supérieur ou inférieur à poutres armées.



Fig.72 : Pont en poutre

IV.2.3. Les ponts dalles :

Les ponts dalles sont caractérisés par ces quatre (04) formes des dalles, voir (**Fig.73**), notons quels sont assimilables aux ponts à poutres :

- **PSIDE** : Passage supérieur ou inférieur à **dalle élégié**
- **PSIDP** : Passage supérieur ou inférieur à **dalle précontrainte à encorbellement**.
- **PSIDN** : Passage supérieur ou inférieur à **dalle nervurée**
- **PSIDA** : Passage supérieur ou inférieur à **dalle armée**.



Fig.73 : Pont à dalle précontraint

IV.2.4. Les ponts à voussoir :

Les tabliers sont composés de voussoirs en bétons armées ou mixtes c'est-à-dire des éléments en acier et autres en béton. La section des voussoirs peuvent être continues ou discontinues.

IV.2.5. Les ponts en arc :

La portée des ponts en arc peut aller jusqu'à 500 m et sa structure fonctionne en compression car elle prend appui sur les rochers avoisinants. Il est très intéressant de noter que les réactions d'appui dans ce type de pont sont inclinées

IV.2.6. Les ponts à câbles :

Les tabliers dans ce type sont supportés par des câbles, on distingue que le fonctionnement mécanique est différent ; grâce à ces structures qui sont souples qui fonctionnent d'une manière adaptative avec les différentes portées, voir (Figs. 74, 75) il y a des ponts dont leurs portées dépassent les 1800 m.



Fig.74 : pont avec un porté de 900 m (Haubans)



Fig.75 : pont avec un porté de 2000 m (Haubans)

IV.3. LES BARRAGES :

Les barrages sont des ouvrages d'art destinés à stocker ou réguler le débit de l'eau, voir (Figs. 82, 83, 84).

IV.3. 1. Les objectifs des barrages:

Ils sont construits pour deux (02) objectifs qui sont :

- La protection
- La production, voir (Fig. 85).

IV.3. 1.1. La protection :

Lorsqu'on protège les ressources en eaux, on vise leurs économies à long terme contre la pénurie d'eau, l'effet de microclimat, également contre les excédents d'érosion et des inondations.

IV.3. 1.2. La production :

L'utilité des eaux des barrages est vaste car on les distingue dans l'alimentation ; l'énergie ; le loisir (piscine), l'agriculture.



Fig.82 : Le barrage de Génissiat

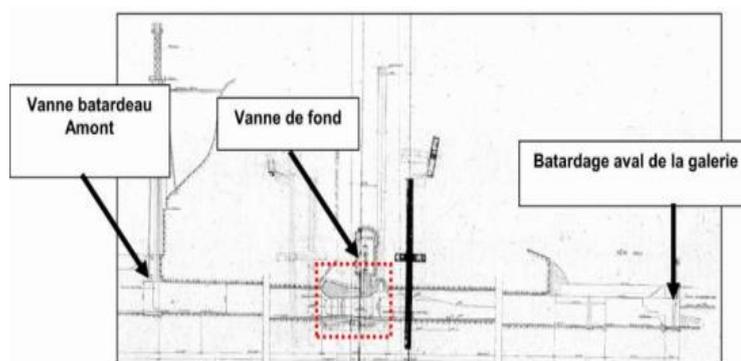


Fig.83 : Coupe longitudinale du chemin d'eau de la vidage de



Fig. 84 : Contrôle du blindage.

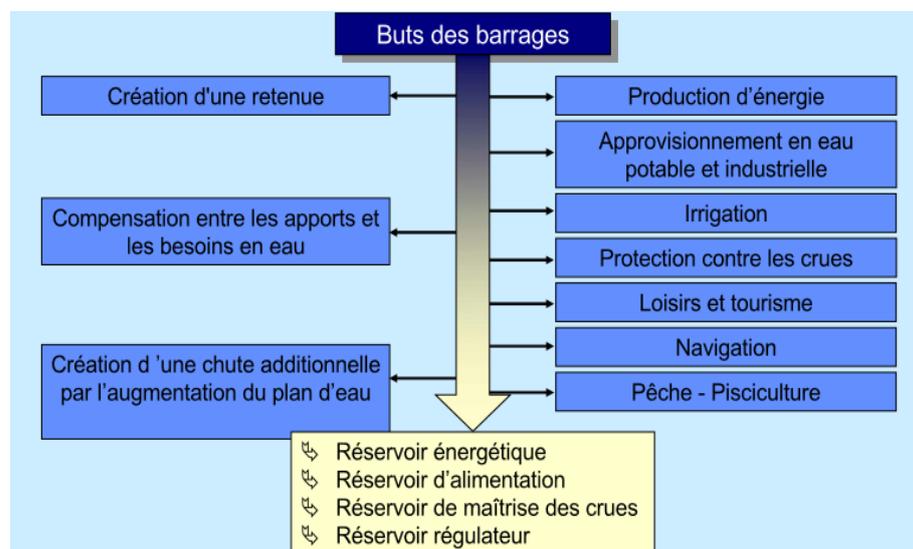
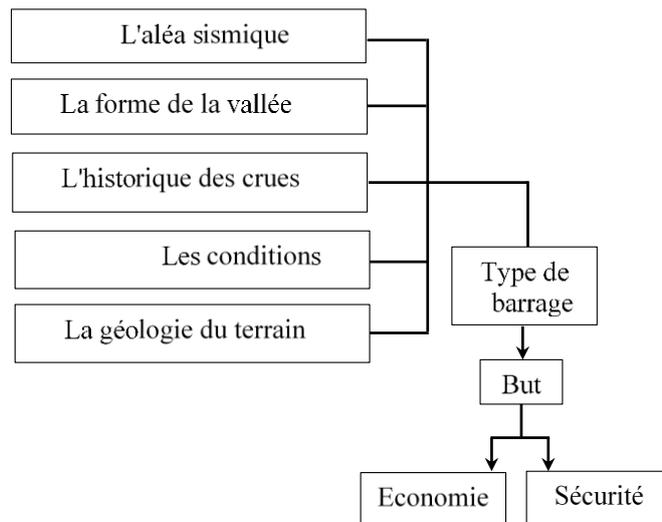


Fig. 85 : Les buts des barrages

IV.3. 2. Les critères de choix de la conception des barrages :

La conception des barrages est faite par les perspectives d'économie et le degré de sécurité visé tout en prend en considération des présents facteurs identifiant le site du projet :

1. La forme de la vallée
2. L'aléa sismique
3. La géologie du terrain
4. Les conditions climatiques, voir (Fig, 86)
5. L'historique des crues



Fig, 86 : Les critères de choix de la conception des barrages

IV.4. LES TUNNELS :

Le tunnel est un passage de communication souterrain sous forme d'une galerie (Route, chemin piétonnier, chemin de fer, aqueduc), les tunnels ont été construits d'autant plus pour des utilités militaires. Pour protéger les espèces menacées le tunnel avait une nouvel forme se sont les écoducs, voir (**Fig.87**).



Fig.87 : Ecoducs

IV.4. 1. Les types des tunnels :

Il s'agit de trois (03) types des tunnels.

IV.4. 1.1. Les tunnels de transport :

Les tunnels de transport comportent :

- Les galeries hydraulique qui une capacité d'accueil élevé.
- Les adductions d'eau.

IV.4. 1.2. Les tunnels de stockage :

Les tunnels de stockage ont construit pour l'usage de stockage, soit stockage du gaz, du liquide ; également il peut être utilisé comme des parkings sous-sols, voir (Fig.88).



Fig.88 : Tunnel de stockage

IV.4. 1.3. Les tunnels de communication

Dans ce type de tunnel on a des tunnels qui servent à la communication, voir (Figs.89, 90) parmi lesquels :

- Les Tunnels routiers
- Les Tunnels ferroviaires
- Les Tunnels de navigation



Fig.89 : Tunnel de communication



Fig.90 : Tunnels routiers

Conclusion :

Les informations acquises sur la technologie de chantier des gros œuvres, nous facilitent la réalisation des projets à partir du choix du projet jusqu'à l'achèvement et l'exploitation avec un gain économique exceptionnel.

CONCLUSION GENERALE:

Ce manuscrit été conçu comme un cours du professionnel de la réalisation des constructions, car l'enseignement présenté s'appuie sur des explications approfondies, et des cas d'études existants.

D'autant plus ce cours est utile à l'enseignement de licence génie civil. Nous espérons que la publication de présente cours rendra service aux collègues vues que les ouvrages de module procédés généraux de construction sont rares. Nous vous offre ce modeste travail scientifique, et n'hésitez pas à nous écrire .car votre avis nous intéresse, afin de l'enrichir.

REFERENCES

1. Combarel .E, Marek. D. (2006).*Cahier des modules de conférence pour les écoles d'architecture Nouvelles performances des bétons*. Ampraincipe. Paris : CIM.
2. Service d'étude Technique des Routes et Autoroutes.(1996). *Image de la qualité des ouvrages d'art (TABLIER)*.(Vol. catalogue des désordres). France: SETRA.
3. Service d'étude Technique des Routes et Autoroutes. (2008). *Textes et documents techniques essentiels d'ouvrage d'art Image de la qualité des ouvrages d'art (TABLIER)*. France: SETRA.
4. Barouti.K.Iggout.N.(2013). *Résumer théorique et guide des travaux pratiques des Procédés généraux de construction*. Maroc: office de la formation Professionnelle et de promotion du travail.direction recherche et ingénierie de formation.
5. Belabed.A.(2016- 2017). *Analyse des défauts et étude de la fissuration par fatigue dans les soudures d'angles*. Tlemcen:, Université Aboubakr Belkaid Tlemcen. Faculté de technologie.
6. Boiteau.J.Mathivat.C.(2020). *Procédés généraux de construction : Coffrage et bétonnage* (Vol. 1). Eyrolles: ENPC.
7. Bougard.J.F.Mathivat.J.(2020). *Procédés généraux de construction : Travaux Souterrains* (Vol. 3). Eyrolles: ENPC.
8. Breton, J. (2019). *les ponts type routiers*. Paris: Paris TECH.
9. Breton.J. (2019). *les ponts type routiers*. Paris: Paris TECH.
10. Burgelin.J-B. (2017). *Nouveau concept modulaire de tablier de pont tout aluminium à portée simple et assemblable en chantier*. Québec: Université Laval.
11. Campus.F. (1946). *Cours Procédés généraux de construction, des sciences appliquées*. Liège: Université de Liège.
12. Carlés.J-C. (2013). *Reconstruction du pont sur la rivière Saint - Etienne Ouvrage d'art*. service des études techniques des routes et autoroutes. France: Ministère de l'écologie et de développement.
13. Chris.N. (2012). *structure métallique (bâtiment)*. Institut des sciences appliquées et économiques, Université Libanaise. Paris: conservatoire national des arts et métiers.
14. Collection Technique Cimbéton. (2005). *Béton et ouvrage d'art, les ponts courant en béton* (Vol. I). Cimbéton : SETRA.
15. Combarel.E.Marek.D. (2006). *Nouvelles performances des bétons*. (Ampraincipe, Éd.) Paris, France: CIM.
16. Crocheton.N. (2018). *Controles non destructifs de type ACFM sur le blindage de la vidange de fond du barrage de Génissiat. Methodes et thechniques innovantes dans la maintenance et réhabilitation des barrages et des digues*. (pp. 37 - 46).

17. Daniel.D.Denis.D. (2003). *Le projet du Viaduc de Saint - Paul à la Réunion Ouvrage d'art*. Bulletin Sétra , service des études techniques des routes et autoroutes, France: SETRA.
18. Dardoun.A.Tayeb.M. (2018- 2019). *Etude d'un bâtiment R+9 technique coffrage tunnel*. faculté des sciences et technologie. Mostaganem:Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
19. Delbecq.J-M. (1982). *Les ponts en maçonnerie Bagneux (92)*. Sain Germain, Paris: SETRA.
20. Didier.N.EGIS.J. (2011). Quelques réflexions sur le bois dans les tabliers d'ouvrages d'art. Travaux (879), pp. 128 - 132.
21. Direction Nationale de l'eau potable et de l'assainissement. (2012). *conception et réalisation d'ouvrage hydraulique en Béton*. Haïti: DINEPA.
22. Dufour.L. (2017). *Caractérisation et modélisation du collage structural multi-matériaux sollicitation dynamique*. France: Université de Valenciennes et Hainaut-Cambrésis.
23. Fenoux.J.Mathivat.C. (2020). *Procédés généraux de construction: Fondation et ouvrages d'art* (Vol. 2). Eyrolles: ENPC.
24. Gaid, M. B. (2020). *Instalation du chantier*. Tunisie :CPSCL.
25. Gascon.M. (2016). *Etude du comportement de connecteurs de cisaillement dans du béton Fibré à Ultra-Hautes performance pour la construction de poutres mixtes de ponts*. mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise des sciences appliquées.Montréal:Ecole polytechnique de Montréal,.
26. Ghoumari.F.Bendis-Ounis.A. (2007-2008). *Sciences des matériaux de construction*. Tlemcen: Université de Aboubakr Belkaid.
27. Hachemi.N.Boussa.A. (2016-2017). *Influence des différentes granulométries du sable sur le comportement mécanique du béton*. département de Génie des matériaux. faculté des sciences de l'ingénieur. Alger: Université de M'hamed Bougara- Boumerdés.
28. Joseph, A. Z. (2016). *Méthode de réparation et de protection des ouvrages en béton armé*. institut des sciences appliquées et économique, centre de Liban associé au Conservatoire national des arts et métiers, Cnam. Paris: ISEA.
29. Kassoul.A. (2015 - 2016). *Cours ossature bâtiments*. faculté Génie civil et architecture. Chlef: Université Hassiba Ben Bouali de Chlef.
30. Kernou.N. (2016). *Polycopies de la construction mixte (acier béton), cours et exercices corrigés..* Saida: Université de Dr Tahar Moulay de Saida.Département de Génie civil et hydraulique, Faculté de Technologies.
31. Lechanteur.P. (2008). *Dictionnaire de l'entretien routier*, ouvrage d'art . France.:M. d. Territoire;
32. Matteis.D. (2019). *cours de projet de ponts*. école des ponts Paris Tech. Paris: Université - EST.

33. Menier.A. (1968). *Technologie professionnelle du chantier, Béton armé, collection "la technique du bâtiment*.Paris: Foucher.
34. Ministère de l'équipement, du logement et des Transports,. (1991). *construction des ouvrages d'art*. France: SETRA.
35. Prade.M. (1991). *Les ponts – monuments historiques, coll. « Art et Patrimoine »*. Paris: ERRANCE.
36. Steven.H.Kosmalka. (2013). *Dosage et contrôle des mélange de béton* (Vol. Bulletin d'ingenierie). Montréal, Canada: PORTLAND.
37. Tamboura.I. (2014-2015). *cours ponts-ouvrages d'art*. institut International d'Ingénierie. Niger: Ministère d'équipement.
38. Thomann.M. (2005). *Connexion par adhérence pour les ponts mixtes acier-béton*. Institut de structures,. Lausanne : Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Faculté environnement naturel et construit.
39. Ministère de l'équipement, du logement et des Transports, Direction des routes. (1995). *construction des ouvrages d'art*. France: SETRA
40. Vion.P. (2005, avril). Le projet du nouveau pont sur le Var à Puget. *Ouvrage d'art* (N50). 2 - 10.
41. Yezli.M. (2013). *Etude et dimensionnement d'un Hall métallique*. Tlemcen: Université Abou Bakr Belkaid. Faculté de technologie, département de génie civil.
42. Zalt.A. (2012). *Endommagement par fatigue et prédiction de la durée de vie des joints soudés de type caisson*. Lorraine: Université de Lorraine.
43. <https://www.futura-sciences.com/maison/questions-reponses/ architecture-acier-materiau-construction-multiples-avantages-10956/>. Consulté le 23/02/2022.
44. <https://www.oecd.org/sti/ind/50512676.pdf>. Consulté le 23/02/2022.
45. <https://www.futura-ciencs.com/maison/definitions/batiment-beton-5834/>. Consulté le 23/02/2022.
46. <http://www.guidebetn.com/dosages-beton>.Consulté le 23/02/2022.
47. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_\(pont\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_(pont)). Consulté le 23/02/2022.
48. <https://structurae.net/fr/ouvrages/pont-des-piles>.Consulté le 23/02/2022.
49. <https://www.acpresse.fr/pont-noirmoutier-piles-beton-fibre-verre/>. Consulté le 23/02/2022.
50. <https://www.techniques-ingenieur.fr/glossaire/procède-de-construction>. Consulté le 23/02/2022.
51. <https://ggcie.fr/comment-choisir-un-gravier/>. Consulté le 23/02/2022.
52. <https://www.istockphoto.com/fr/photo/blanc-texture-rocks>. Consulté le 20/10/2021
53. <https://www.4geniecivil.com/2020/11/differents-types-de-beton-pdf.html>. Consulté le 26/06/2021.

REFERENCES

54. <https://fr.slideshare.net/bibaarchitecte/les-terrassements>. Consulté le 20/10/202.
55. www.constructioncayola.com. Consulté le 21/10/2021
56. <https://www.toutsurlebeton.fr/mise-en-oeuvre/le-radier-de-fondation-en-beton>. Consulté le : 23/10/2021
57. <https://www.4geniecivil.com/2019/11/techniques-de-ferraillage>. Consulté le : 24/10/2021
58. http://www.planete-tp.com/IMG/pdf/Le_boulonnage. Consulté le : 24/10/2021
59. <https://www.google.com/search>. Consulté le 31/10/2021
60. <https://structurae.net/fr/ouvrages/ponts/ponts-en-poutre> Consulté le : 24/10/2021
61. <https://www.futura-sciences.com>. Consulté le : 23/02/2022
62. <https://www.paysan-breton.fr/2020/09/la-polyvalence-des-abris-tunnels-agricoles-toutabri/>. Consulté le : 24/10/2021