

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Ahmed Draia Adrar**  
**Faculté Des Sciences et de Technologies**  
**Département Des Sciences de la Technologie**



Mémoire De Fin D'étude En Vue L'obtention Du Diplôme :

**Master En Génie Civil**

**Option : Matériaux**

**Présenté Par :**

IDDER Mehdi

IDDA Omar

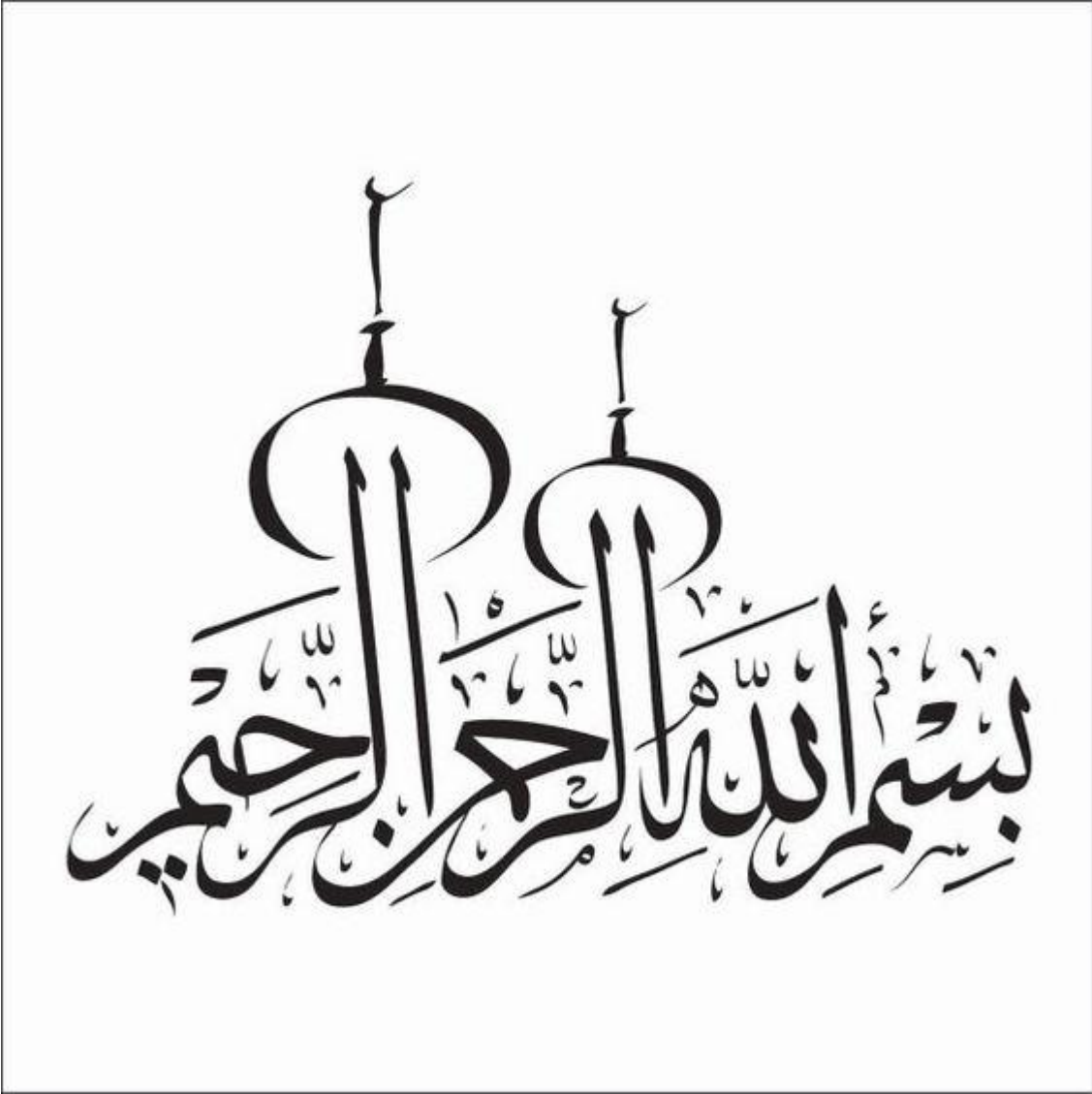
**THEME**

**Etude des revêtements d'étanchéité pour  
toitures et terrasses des constructions  
sahariennes**

**Soutenu Le 18 /09 /2019 Devant le jury composé de :**

Mr ABBOU Mohamed	Univ. Adrar	President
Dr DJAFARI Driss	Univ. Adrar	Examineur
Pr SEMCHA Abdelaziz	Univ. Adrar	Encadreur
Dr AKACEM Mostapha	Univ. Adrar	Co-encadreur

Année universitaire 2018/2019



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes parents*

*À mes Frères et me Sœur*

*À mes amis les proche (Salah, Slíman, Saíd, EL  
haj samí, toute  
la famille idder, Je n'oublierai pas mon coeur)*

*A mes amis de la promotion Matériaux*

*2018/2019,*

*A mes proches*

*Et à toute personne ayant collaborée à ce  
modeste travail.*

*MEHDI IDDER*



# Remerciement

*Nos remerciements vont pour le bon Dieu, le tout puissant, qui nous a donné la force et la sagesse d'arriver à ce stade dans nos études.*

*Nos vifs remerciements vont à notre encadreur **PR.SEMCHA ABDELAZIZ**, sans oublier bien sur notre co-encadreur **Dr .Akacem Mostapha***

*qui a fait tout son possible pour nous aider, Pour avoir su nous guider dans ce travail, pour avoir encore et toujours posé les bonnes questions, pour ses conseils, son intérêt et sa grande disponibilité, Merci **SEMCHA ABDELAZIZ**.*

*Nous remercions également tout le personnel d'université **Ahmed Daria ADRAR***

*Particulièrement nos enseignants, qui nous ont aidé et enrichi nos connaissances, durant les années de notre formation.*

*Nous remercions également les travailleurs de la faculté des sciences technologie*

*Nous remercions aussi tous nos amis pour leur aide, leur patience, leur compréhension et leur encouragement.*



## **RESUME :**

Les constructions sahariennes ont la particularité de se situer dans des zones à climat sec dont la pluviosité est très faible, Cela ne veut pas signifier que les constructions ne subissent pas les aléas des pluies saisonnières, souvent sous forme d'averses de courtes durées

Par ailleurs les constructeurs négligent souvent les règles de l'art dans la réalisation et la conception des étanchéités des structures dans toutes les parties des projets de construction (terrasses, murs extérieurs, fondations.), ce qui se traduit par des désordres dans ces structures aux moindres précipitations ou contacts avec l'eau.

Dans ce projet, un diagnostic est fait sur des structures réelles bâties dans la région d'Adrar avant de proposer des recommandations sur les règles de l'art de conception des étanchéités pour ces régions sahariennes.

Mots clés : Conception d'étanchéités, zones à climat sec, région d'Adrar, Terrasse inaccessible, Plancher

## **ملخص :**

للإنشاءات الصحراوية خصوصية كونها تقع في المناطق ذات المناخ الجاف الذي يكون معد لسقوط الأمطار فيه منخفضاً جداً ولا يعني أنا لمباني لاتعاني منتقلبات الأمطار الموسمية، وغالباً ماتكون في شكل زخات قصيرة الأجل من ناحية أخرى، غالباً ما يهمل البنائين التعديلات التي ينطوي عليها إنشاء وتصميم العزل المائي الهيكلي في جميع أجزاء مشاريع البناء (المدرجات والجدران الخارجية والمؤسسات)، مما يؤدي إلى حدوث اضطرابات في هذه الهياكل مع أقل هطول الأمطار أو ملامسة الماء.

في هذا المشروع، يتم إجراء تشخيص للهياكل الحقيقية المبنية في منطقة أدرار افانت لاقتراح توصيات بشأن قواعد فن تصميم الختم لهذه المناطق الصحراوية.

الكلمات المفتاحية: دراسة الكتامة، مناطق المناخ الجاف، منطقة ادرار، السقوية الغير المسموحة الصعود، السقفيات

## **Abstract :**

Saharian constructions have the particularity of being located in areas with dry climate whose rainfall is very low that does not mean that buildings do not suffer the vagaries of seasonal rains, often in the form of short-term showers

On the other hand, the builders often neglect the adjustments involved in the construction and design of structural waterproofing in all parts of the construction projects (terraces, external walls, foundations.), Which results disorders in these structures withless precipitation or contact with water.

In this project, a diagnosis is to be made on real structures built in the region of Adrar and to propose recommendations on the design of seals for this Saharian region.

Key words: impermeability, dry climate zones, Adrar, unauthorized roofing, roofs

**Etude des revêtements d'étanchéité pour  
toitures et terrasses des constructions  
sahariennes**

## Sommaire

Liste de figure.....	vii
Liste de tableau.....	ix
Introduction générale : .....	1
Chapitre I : Planchers Dans la Construction .....	2
I. Planchers Dans la Construction.....	3
I.1. INTRODUCTION .....	3
I.2. ROLE DES PLANCHERS : ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> )... 4	4
I.2.1. Rôle structurel .....	4
I.2.2. Rôle de protection.....	5
I.2.3. Fonctions des planchers .....	5
I.3. TYPES DES PLANCHERS ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> )... 6	6
I.3.1. Planchers a corps creux.....	6
a. Définition : .....	6
b. Dimensions .....	7
I.3.2. Les planchers en béton armé (dalles).....	8
I.3.3. Dalles pleines en béton armé ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ) .....	8
I.3.4. Planchers à prédalles ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ) 9	9
a. Définition .....	9
b. Dimensions .....	10
I.3.5. Planchers métalliques. ....	10
a. Planchers en tôle pliée ou ondulée .....	10
b. Planchers à corps creux et poutrelles en acier.....	11
c. Plancher collaborant .....	11
I.3.6. Les dallages.....	12
b. Dallage avec appui sur les murs (Les dallages solidaires) .....	13
c. Les planchers sur vide-sanitaire.....	14
I.3.7. Les planchers alvéolés .....	15
Définition des dalles alvéolées .....	16
I.3.8. Les revêtements ( <a href="http://www.gramme.be">www.gramme.be</a> ).....	16
I.3.9. Planchers en bois massif .....	17
I.4. COMPOSITION DE PLANCHER .....	19
I.5. GENERALITES SUR LES TOITURES .....	19



1.5.1.	Définition.....	19
1.5.2.	Composition sommaire .....	19
1.5.3.	Fonction à remplir .....	20
1.6.	CLASSIFICATION.....	20
1.6.1	Classification en fonction de l'environnement climatique (altitude et vent) .....	20
1.6.2	Classification selon la destination de la toiture (suivant son accessibilité): .....	21
1.6.3	Classification selon la constitution de l'élément porteur ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil – Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ) .....	21
a-	En fonction du matériau :.....	21
b-	Types des terrasses en maçonnerie ou béton armé .....	22
1.6.4	Classification selon la pente de l'élément porteur ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ).....	24
1.6.5	Classification des toitures en fonction de la pente et de la destination ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ) .....	25
1.6.6	Classification selon la résistance au feu de la toiture : .....	26
1.6.7	Classification selon l'isolation thermique et acoustique ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ).....	26
1.6.8	Classification selon la nature du revêtement d'étanchéité ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil – Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ) .....	26
1.6.9	Classification selon le mode de pose: ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ) .....	27
1.6.10	Classification selon la nature de la protection du revêtement d'étanchéité :.....	27
1.6.11	Classification selon la position de l'isolant .....	27
1.6.12	Classification selon la ventilation du support d'étanchéité en bois.....	28
1.6.13	Classification selon la disposition des pentes .....	30
1.7.	LES REVETEMENTS D'ETANCHEITE ( <i>Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef</i> ) .....	31
1.7.1	Asphalte.....	31
1.7.2	Les matériaux à base de bitume.....	33
1.7.3	Principe de pose des procédés multicouches et monocouches .....	34
1.8	Matériaux pour couche d'indépendance ou semi indépendance.....	36
1.8.1	Pour couche d'indépendance .....	36
1.8.2	matériaux pour couche de semi indépendance d'asphalte .....	36
1.9	LES ISOLANTS.....	36
1.9.1	Les Protections .....	36
1.10	Particularités des Toitures-Terrasses sur support maçonnés ou en béton armé .....	37
1.10.1	Le fractionnement du gros-œuvre (Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar.....	37

I.10.2 La position de l'isolant.....	37
I.10.3 Quelques dispositions d'acrotères .....	40
I.10.4 Hauteur des reliefs .....	41
I.11 Conditions d'emploi des toitures à éléments porteurs en bois .....	43
I.11.1 hygrométrie des locaux.....	43
I.11.2 Types de toitures .....	43
I.11.3 Conditions générales d'emploi des éléments porteurs selon l'hygrométrie des locaux et le type.....	44
I.12 Classement : Fatigue indentation température pour Revêtements d'étanchéité de Toiture-Terrasse .....	44
I.12.1 Classement FIT:.....	44
I.12.2 Protection contre l'incendie des couvertures .....	45
I.13 Planchers traditionnels en bois : .....	47
I.13.1 Étude bibliographique du diaphragme horizontal (FCBA INFO, décembre 2015) .....	47
Approches normatives ou « référencées » .....	47
I.13.2 Principaux thèmes d'études .....	50
a- Généralités .....	50
b- Etude expérimentale sur diaphragme sans ouverture .....	50
Etude expérimentale sur diaphragme avec ouverture .....	52
c- Etude par modélisation numérique.....	52
Conclusion .....	53
I.13.3 Proposition d'étude complémentaire .....	54
Etude expérimentale de diaphragme de planchers à géométries variables avec ou sans ouverture.....	54
Modélisation numérique et validation du modèle.....	54
Exploitation du modèle numérique pour étendre les configurations.....	54
Développement d'une méthode analytique simplifiée.....	55
I.14 Exemple de calcul de planchers: Référence ( Projet fin d'étude youcfi abdelsalam école tp kouba 2006 ).....	55
I.14.1 Etudes des plancher : .....	55
Dalle à corps creux .....	55
I.14.2 Dimensionnement des poutrelles : .....	56
Méthode de calcul : .....	56
✓ Présentation théorique de la méthode forfaitaire : Référence ( Projet fin d'étude youcfi abdelsalam école tp kouba 2006 ).....	56
B. Application de la méthode : Exemple de calcul Référence ( Projet fin d'étude youcfi abdelsalam école tp kouba 2006 ).....	57

Exemple de calcul par la méthode forfaitaire .....	59
a). Evaluation des charges :( charge sollicitée sur les poutrelles).....	59
1 • plancher terrasse : .....	59
Calcul à l'état limite ultime : .....	59
Calcul à l'état limite de service : .....	62
Diagrammes des moments et des efforts tranchants : .....	64
Détermination des armatures : .....	65
Vérification à l'E.L.U : .....	67
Vérification à l'E.L.S : .....	68
2. Plancher étage courant : .....	69
-Calcul des constantes : .....	70
A.Type «01 ».....	70
a) Calcul à l'E.L.U : .....	70
CONCLUSION : relative au calcul de plancher à corps creux (Référence Projet fin d'étude youcfi abdelsalam école tp kouba 2006 ).....	88
<b>Chapitre II .....</b>	<b>89</b>
<b>Etanchéité Des Planchers Des Constructions Saharienne .....</b>	<b>89</b>
II.1. INTRODUCTION .....	90
II.2. <i>DOMAINE D'APPLICATION</i> .....	91
Commentaire :.....	92
II.3. CLASSIFICATION DES TOITURES.....	92
II.4. ISOLATION THERMIQUE .....	92
II.5. CONCEPTION DES TOITURES TERRASSES .....	92
II.5.1. Toitures terrasses sans isolation .....	92
II.5.1.1. Toitures plates inaccessibles .....	93
II.5.1.2. Toitures plates accessibles .....	93
II.5.2. TOITURES TERRASSES AVEC ISOLATION .....	93
II.5.2.1. Toitures plates inaccessibles .....	94
II.5.2.2. Toitures plates accessibles (figures 5 et 6).....	96
II.5.3. Voûtes, coupoles et toitures inclinées .....	98
II.6. OUVRAGES CONNEXES DES TOITURES .....	98
II.6.1. Acrotères .....	98
II.6.2. Evacuations d'eaux pluviales.....	100
II.6.3. Joints de dilatation .....	101
II.6.4. Trappe d'accès.....	101
II.6.5. Réservations techniques .....	102

II.7. ENTRETIEN DES TOITURES.....	102
<b>Chapitre III Construction Traditionnelle.....</b>	<b>103</b>
III.1. Introduction.....	104
III.2. Matière de rempissage : terre à bauge.....	105
III.2.1. Propriétés de la terre à bauge.....	105
III.2.2. Granulométrie.....	106
III.2.2. Argile.....	106
III.2.3. Eau.....	107
III.2.4. Fibres.....	108
III.2.5. Matériaux naturels de palme :.....	109
III.3. Masse volumique.....	109
III.4. Résistance mécanique.....	110
III.5. Préparation de la terre.....	110
III.6. Entretien périodique des façades.....	111
III.7. Les Planchers Dans la Construction tradustionnelle :.....	114
III.7.1. Définition :.....	114
III.7.2. Les planchers en plaques de pierre :.....	114
III.7.3. Les planchers en bois recouverts de terre :.....	115
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>117</b>
Ce travail nous a permis de faire le point sur la construction saharienne en générale et particulièrement sur les planchers et les toitures vis-à-vis de l'étanchéité.....	117
La terre à l'eau des structures sahariennes sont est éléments vulnérables et posent de sérieux problèmes dans les bâtiments, lorsqu'ils sont exposées aux pluies.La pluviométrie étau faible, presque nulle, cequi pousse les concepteurs ànégliger les règles de construction des éléments de couverturesextérieures.....	117
<b>Référence bibliographique.....</b>	<b>118</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>121</b>
I.8. LES DOCUMENTS REGLEMENTAIRES.....	V
I.6.1. I.6.1 Les Documents Techniques Unifiés.....	V
I.6.2. Les Normes en vigueur.....	V
I.6.3. Terminologie.....	VI

## Liste de figure

figure I. 1: Différents niveaux des planchers .....	3	
figure I. 2: Différents types de charges agissant sur un plancher .....	5	
figure I. 3 : les éléments principaux d'un plancher à corps creux .....	7	
figure I. 4 : Plancher en béton armé (dalles) .....	8	
figure I. 5: Dalles pleines en béton armé .....	9	
figure I. 6: Prédalle en béton armé .....	9	
figure I. 7: Plancher en tôle ondulée .....	10	
figure I. 8: Plancher en tôle pliée .....	11	
figure I. 9: Planchers à corps creux et poutrelles en acier .....	11	
figure I. 10: Les planchers collaborant .....	12	
figure I. 11: Composants d'un dallage sur terre-plein .....	12	
figure I. 12: Dallage en béton armé indépendant du mur de rive .....	13	
figure I. 13: Dallage avec appui sur les murs de rive .....	14	
figure I. 14: Planchers sur vide-sanitaire .....	14	
figure I. 15: les planchers alvéoles .....	15	
figure I. 16: Dalle alvéolée .....	16	
figure I. 17: Exemple de revêtement .....	17	
figure I. 18: Plancher en bois massif .....	18	
figure I. 19: Planchers en Béton armé du type A .....	23	
figure I. 20: Planchers en Béton armé du type B .....	23	
figure I. 21: Planchers en Béton armé du type C .....	24	
figure I. 22: Planchers en Béton armé du type D .....	24	
figure I. 23: Les isolants des toitures .....	27	
figure I. 24: Toiture chaude non isolée .....	28	
figure I. 25: toiture chaude isolée .....	28	
figure I. 26 : toiture froide ventilée (isolée ou non) .....	29	
figure I. 27: Pentas des toitures .....	30	
figure I. 28: Pose de multicouche bitumé .....	35	
figure I. 29: L'isolant se trouve sous une forme fractionnée .....	39	
figure I. 30: Ferrailage des acrotères .....	40	
figure I. 31: Ferrailage des acrotères préfabriqués	figure I. 32: Cas d'une couverture extérieur d.....	40
figure I. 33: Hauteur des reliefs .....	41	
figure I. 34: Protection contre l'incendie des couvertures .....	46	
figure I. 35: Le plancher avec entretoise .....	51	
figure I. 36: Plancher de 5 x 6 m avec ouverture .....	52	
figure I. 37: Plancher de 5 x 6 m avec ouverture centrale .....	52	
figure I. 38: Plancher a corps creux .....	55	
figure I. 39: Schéma de calcul d'une travée .....	57	
figure I. 40:: <b>Schéma statique de la poutre</b> .....	59	
figure I. 41: Diagramme des moments à L' .ELU .....	64	
figure I. 42: Diagramme des efforts tranchants à L' .ELU .....	64	
figure I. 43:: Diagramme des moments à l' E.L.S. ....	65	

figure I. 44: Schéma de calcul des armatures .....	65
figure I. 45: Diagramme des moments à L'.ELU .....	72
figure I. 46: Diagramme des efforts tranchants à L'.ELU .....	73
figure I. 47:: Diagramme des moments à l'E.L.S.....	73
figure I. 48: Diagramme des moments à L'.ELU .....	77
figure I. 49: Diagramme des efforts tranchants à L'.ELU .....	77
figure I. 38: .....	78
figure I. 52: Schéma de la poutre type 03 .....	78
figure I. 50: Diagramme des moments à l'E.L.S.....	77
figure I. 53: Diagramme des moments à L'.ELU .....	82
figure I. 54: Diagramme des efforts tranchants à L'.ELU .....	82
figure I. 55: Diagramme des moments à l'E.L.S.....	83
figure I. 56: Schéma de calcul des armatures à l'ELU .....	83
figure I. 57: ferrailage du planchers .....	87
figure I. 1: Principe d'étanchéité saharienne .....	91
figure I. 2: Exemple de toiture inaccessible en béton .....	93
figure I. 3: Toiture terrasses inaccessibles avec isolation par inertie thermique .....	94
figure I. 4: Exemples de toiture terrasse avec isolation par lame d'air ventilée.....	96
figure I. 5: Toiture terrasse accessible en matériau autre que le béton .....	97
figure I. 6: Dimensions de l'acrotère en maçonnerie dans le cas d'une terrasse inaccessible .	99
figure I. 7: Détail d'étanchéité pour terrasse inaccessible.....	100
figure I. 8: Disposition constructive pour réaliser un couvre-joint en béton armé de deux acrotères jumelés (joint de dilatation) .....	101
figure I. 1 :Photos de terre à bauge.....	105
figure I. 2 :Test (meilleur tricot d'argile).....	107
figure I. 3 :Eau.....	108
figure I. 4 :les fibres .....	108
figure I. 5 :Matériaux naturels de palme .....	109
figure I. 6 :Réalisation de murs .....	110
figure I. 7 :Préparation du mélange .....	111
figure I. 8 :Différents types de revêtements muraux .....	113
figure I. 9 :Les planchers en plaques de pierre.....	114
figure I. 10 :Les planchers en bois recouverts de terre.....	115

## Liste de tableau

Tableau I. 1: portée indicative du plancher en fonction de sa hauteur .....	7
Tableau I. 2: Avantages et inconvénients des planchers alvéolés .....	16
Tableau I. 3: Classification des toitures .....	25
Tableau I. 4: Pentes des toitures en fonction de leur destination .....	25
Tableau I. 5: Spécification de l'asphalte d'étanchéité.....	32
Tableau I. 6: Spécification des reliefs .....	42
Tableau I. 7: Emploi des éléments porteurs en bois.....	44
Tableau I. 8: Résultats de calcul de la poutre à 5 travées.....	66
Tableau I. 9: Calcul de la poutre à 2 travées .....	74
Tableau I. 10: Résultats de calcul de la poutre type 2.....	78
Tableau I. 11: Résultats du ferrailage de la poutre type 3.....	84

# **introduction générale**



# Introduction générale

---

## Introduction générale :

Les constructions dans les régions arides, à l'image du Sahara algérien considéré comme l'un des plus rudes dans le monde, sont soumises à des contraintes climatiques particulières, grandes chaleurs en été et froides glaciales en hiver. Ces contraintes engendrent des sollicitations propres, qui ne sont pas prévues dans les calculs habituels des structures dans les régions tempérées.

En effet les écarts de température agissent particulièrement sur les enveloppes des constructions qui se fissurent rapidement et perdent leur fonction d'isolation et d'étanchéité. Cela est accentué par une pluviosité faible, qui fait que les désordres qui ne sont visibles, qu'après passage des averses saisonnières.

Les pratiques de réalisation des étanchéités et de protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau ne sont pas prises en charge sérieusement.

Dans ce cadre, nous nous proposons d'étudier les étanchéités dans les constructions sahariennes, suivant les pratiques et la réglementation en vigueur: nous mettrons d'abord en évidence la conception des planchers et toitures en générale avant de cibler l'étanchéité des constructions sahariennes pour enfin converger vers les pratiques des constructions traditionnelles où, dans les ksours des régions sahariennes ce sont les pratiques anciennes qui sont prédominantes, et qu'aux moindres pluies (même si les pluies sont rares), des dégâts importants sont constatés surtout sur les structures horizontales que représentent les planchers.

# **Chapitre I : Planchers Dans la Construction**

## I. Planchers Dans la Construction

### I.1. INTRODUCTION

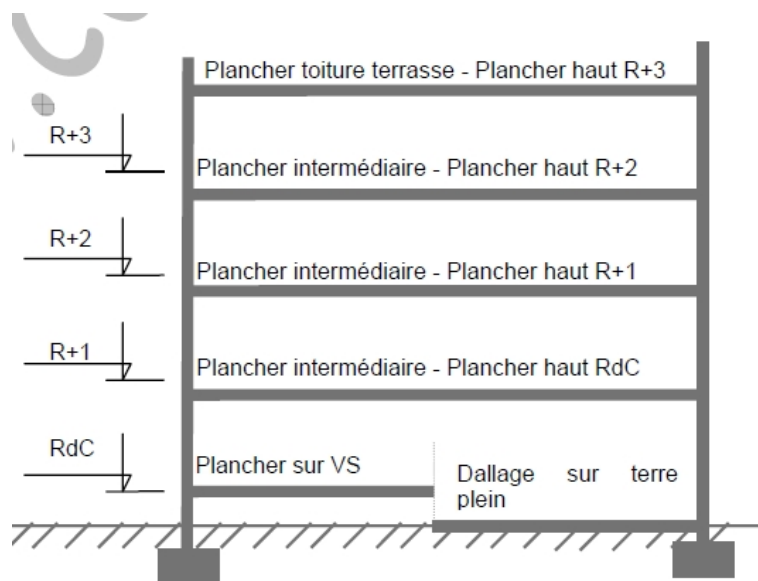
Le plancher est une aire plane horizontale séparant deux niveaux d'une construction et est capable de supporter des charges (plancher sur vide sanitaire, planchers intermédiaires, plancher de toiture terrasse).

Les planchers sont des éléments porteurs. Les dallages sur terre-plein peuvent être assimilés à des planchers.

Nous distinguons des planchers différents en fonction de leur position et de leur usage :

- Les planchers terrasses (accessibles et non accessibles)
- Les planchers des étages intermédiaires (identiques ou différents, en fonction de leur usage)
- Les planchers sur vides sanitaires
- Les planchers posés à même le sol (sur terre-plein)

La figure I illustre les différentes situations des planchers



**figure I. 1: Différents niveaux des planchers**

Le plancher peut être exécuté en bois, en acier ou en béton armé. Le plancher est réalisé par une dalle horizontale de 160 à 300 mm d'épaisseur et un réseau porteur horizontal constitué de poutres, poutrelles et de chevêtres.

Les voiles et les poteaux constituent les éléments porteurs verticaux des planchers.

Généralement, le plancher est constitué de trois parties distinctes qui sont : le revêtement, la partie portante et le plafond.

- **La partie portante** : est constituée par des poutres en béton armé ou en béton précontraint, de poutrelles métalliques, de solives en bois, de dalles en béton armé pleines ou nervurées.

La partie portante doit résister aux charges transmises par le poids propre (de l'élément porteur lui-même, du revêtement et du plafond). Les surcharges d'exploitation qui sont fonction de l'utilisation qu'on va faire du bâtiment. Le poids des diverses cloisons de séparation sont également pris en considération (dans le cas de bâtiment à usage d'habitation, on assimilera leur effet à celui d'une charge supplémentaire uniformément répartie d'environ 75kg /m<sup>2</sup>).

- **Le revêtement** : repose sur la partie portante : cela peut être du carrelage, du parquet en bois, de dallages divers, de revêtements synthétiques...

Il doit être adapté au type de la construction et il doit garantir essentiellement une isolation acoustique et thermique satisfaisante, tout en présentant un aspect esthétique.

- **Le plafond** : est réalisé sous l'élément porteur, souvent c'est un enduit de plâtre, mais ce peut être des plaques préfabriquées en matériaux de tous genres.

Il contribue à l'amélioration de l'isolation qui peut être obtenue tout en obéissant à l'aspect esthétique.

## **I.2. ROLE DES PLANCHERS : (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChef*)**

### **I.2.1. Rôle structurel**

- Le plancher reçoit les charges horizontales (vents, séisme) et contribue grandement dans la distribution de ces derniers aux éléments de contreventement.

- Le plancher reçoit également les charges verticales (poids propre, cloisons, installations.....) et les transmet aux porteurs verticaux. Il participe donc à la stabilité de l'ensemble du bâtiment.

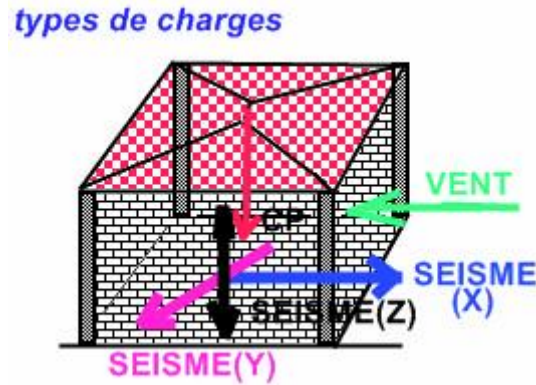


figure I. 2: Différents types de charges agissant sur un plancher

- Le plancher doit aussi résister à l'action conjuguée de l'humidité ambiante et des vibrations (sonores, notamment)
- Enfin le plancher doit être durable c'est-à-dire résister sans dégradations, sans modification de ses propriétés mécaniques suite à l'ensemble des sollicitations aux quels il est soumis, et ce, durant un laps de temps suffisamment long.

### I.2.2. Rôle de protection

Au même titre que les autres parties du bâtiment, le plancher est requis d'assurer une protection efficace aux usagers une protection thermique et acoustique.

- Une protection thermique à chaque fois que le plancher sépare des espaces soumis à des régimes de températures différents : (sous toitures, sous comble, sous vide sanitaire...)
- Une isolation acoustique, entre les différents étages ou espaces entre planchers.

### I.2.3. Fonctions des planchers

Les planchers doivent répondre aux critères suivants :

#### - Résistance et stabilité (fonction porteuse)

- supporter les charges d'utilisation
- ne pas fléchir (limiter la flèche au moment du coffrage puis en cours d'utilisation)-durabilité

**- Etanchéité et protection**

- à l'air
- au feu
- aux effractions

**- Isolation thermique et acoustique**

- isolant thermiquement (par exemple au-dessus d'un garage)- isolant acoustiquement (bruits d'impacts, ...)

**- Fonction architecturale**

- aspect décoratif en sous face

**- Fonctions techniques**

- facilité de mise en œuvre
- liaisons avec les porteurs verticaux
- passage de gaines (eau, chauffage, électricité, ...)

Suivant la destination de la construction, chacune des fonctions peut prendre plus ou moins d'importance.

### **I.3. TYPES DES PLANCHERS (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)**

#### **I.3.1. Planchers a corps creux**

##### a. Définition :

Les planchers à corps creux sont composés de trois éléments principaux (Figure I.3) :

- les corps creux ou "**entrevous**" qui servent de coffrage perdu (ressemblent à des parpaings),
- les **poutrelles** en béton armé ou précontraint qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures,
- une dalle de compression armée ou "**hourdis**" coulée sur les entrevous qui reprend les efforts de compression.

Le plancher est entouré par un chaînage horizontal.

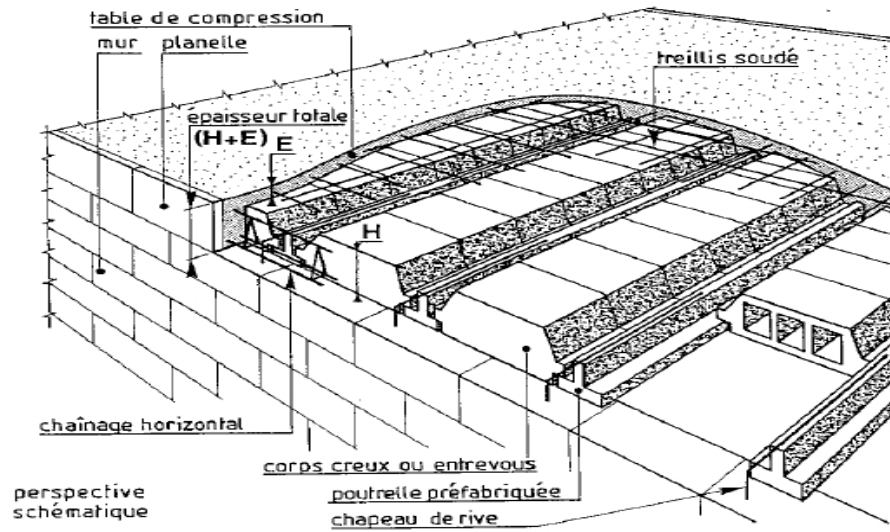


figure I. 3 :les éléments principaux d'un plancher à corps creux

**b. Dimensions**

La hauteur de l'entre vous et du plancher dépendent de la portée des poutrelles. Par contre, l'entraxe entre ces poutrelles est voisin de 60 cm.

**Tableau I. 1:** Mntre les portée indicative du plancher en fonction de sa hauteur

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

### I.3.2. Les planchers en béton armé (dalles)

Les planchers en béton armé présentent des avantages qui expliquent leur utilisation de plus en plus répandue, non seulement le béton armé permet des réalisations variées et économique mais de plus, il offre, par son monolithisme, des garanties d'une excellente liaison entre les différents éléments

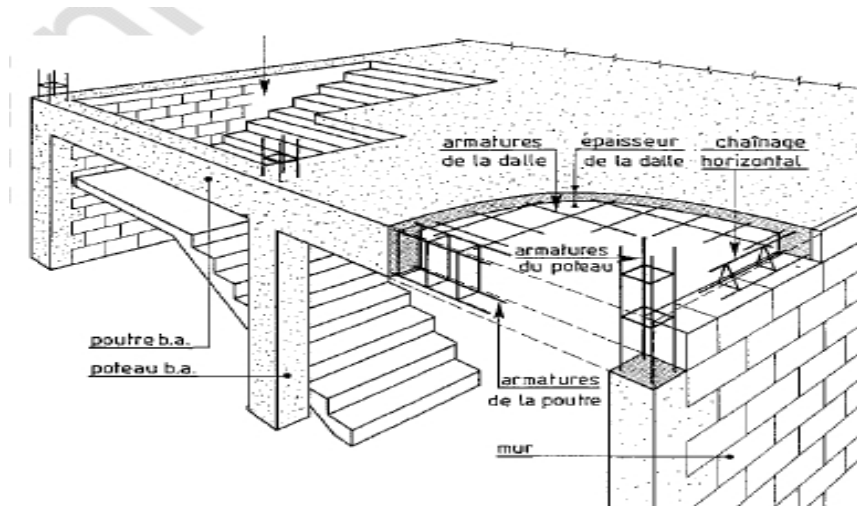


figure I. 4 : Plancher en béton armé (dalles) (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)

### I.3.3. Dalles pleines en béton armé (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)

La dalle pleine en béton armé est une plaque en béton armé qui peut reposer avec ou sans continuité sur 2, 3 ou 4 appuis constitués par des poutres, des poutrelles ou des murs (Figure I.4).

L'épaisseur à donner aux dalles résulte des conditions :

- de résistance à la flexion :  $1/30$  à  $1/35$  de la portée pour une dalle reposant sur deux appuis ; et  $1/40$  à  $1/50$  pour une dalle reposant sur trois ou quatre cotés.

- d'isolation acoustique  $\geq 16$  cm

- de rigidité ou limitation de la flèche  $\leq 1/500$  ;

- de sécurité vis à vis de l'incendie : on adopte une épaisseur de 7 cm pour 1 heure de coupe-feu et de 11 cm pour 2 heures de coupe-feu.



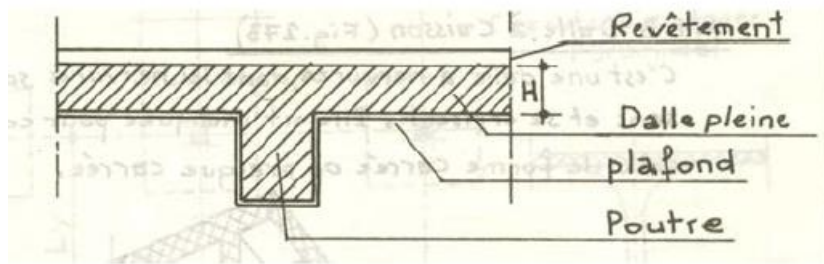


figure I. 5: Dalles pleines en béton armé

La dalle est réalisée sur un coffrage jointif recouvrant toute la surface. Le ferrailage est simple et facile à poser, cependant la dalle est un élément plan, les efforts qui la sollicitent doivent être repris suivant les deux directions principales d'où la nécessité de constituer un quadrillage lors du ferrailage des dalles.

Les ouvertures nécessitées par le passage de conduites électriques ou de tuyauteries doivent être prévues et tracées sur le plan de coffrage avant la réalisation.

#### I.3.4. Planchers à prédalles (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChef*)

##### a. Définition

La partie inférieure du plancher est préfabriquée en usine ou sur chantier. Cet élément s'appelle une prédalle (Figure I.6).

Il fait entièrement partie du plancher et il renferme toute ou partie des armatures de la zone courante.

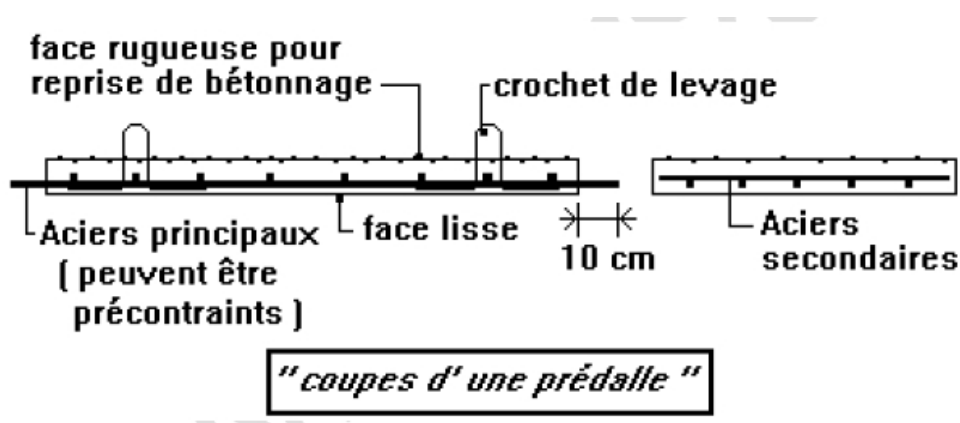


figure I. 6: Prédalle en béton armé

## b. Dimensions

Si  $h_t$  est la hauteur totale du plancher et  $h_p$  la hauteur de la prédalle, alors :  $h_p = h_t/2$ . En règle générale, on prend :  $h_p = 5 \text{ cm}$  ou  $h_p = 7,5 \text{ cm}$ , mais on peut descendre à  $4 \text{ cm}$  si la portée est faible.

La largeur varie de  $0,6$  à  $2,4 \text{ m}$  et la longueur est égale à la portée de la dalle.

## c. Phase de préfabrication.

Les prédalles sont des éléments relativement légers bien que leur manipulation nécessite un engin de levage. Elles sont coulées sur une table vibrante.

Les armatures doivent dépasser d'au moins  $10 \text{ cm}$  dans le sens de la portée afin d'assurer la continuité sur appuis en phase finale.

Des crochets de levage sont positionnés pour permettre le transport de la prédalle.

**I.3.5. Planchers métalliques.**

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

On distingue les types suivants :

## a. Planchers en tôle pliée ou ondulée

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

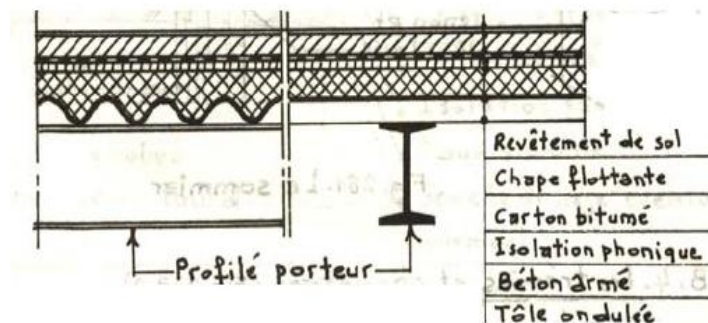


figure I. 7: Plancher en tôle ondulée

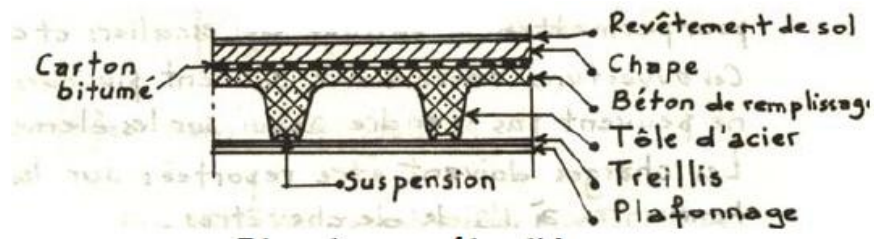


figure I. 8: Plancher en tôle pliée

#### b. Planchers à corps creux et poutrelles en acier

Ce sont des planchers appropriés pour les constructions d'habitation et de commerce. Les hourdis peuvent prendre différentes formes et être fabriqués en différents matériaux (figure I. 9).

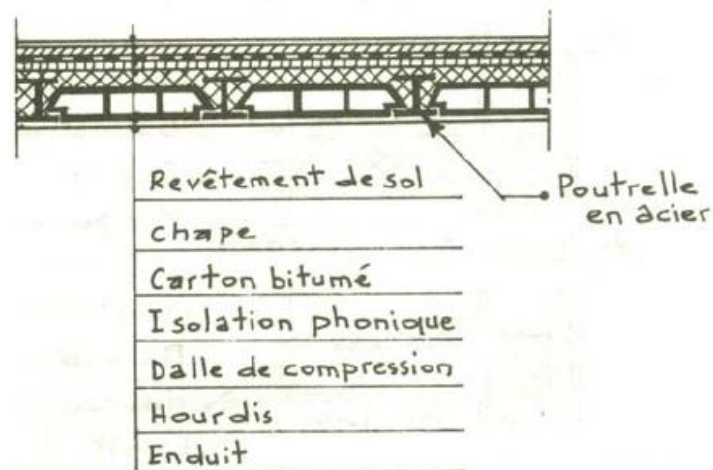


figure I. 10: Planchers à corps creux et poutrelles en acier

#### c. Plancher collaborant

Ce plancher est surtout utilisé pour les constructions métalliques (figure I. 11).

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

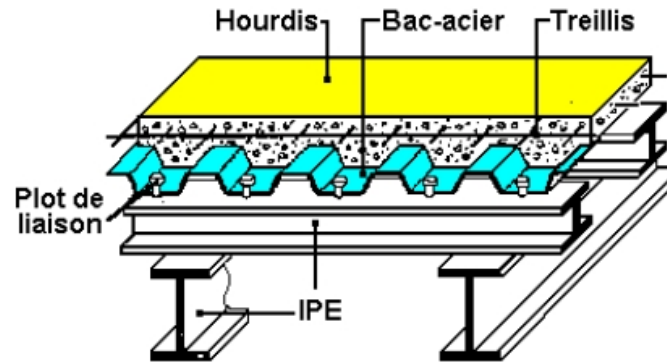


figure I. 12: Les planchers collaborant

### I.3.6. Les dallages

Un dallage constitue une plate-forme rigide ou un plancher bas au niveau du rez-de-chaussée ; il utilise le sol comme assise. Son rôle principal est d'isoler la construction de l'humidité provenant du sol et de limiter les déperditions thermiques (figure I. 13).

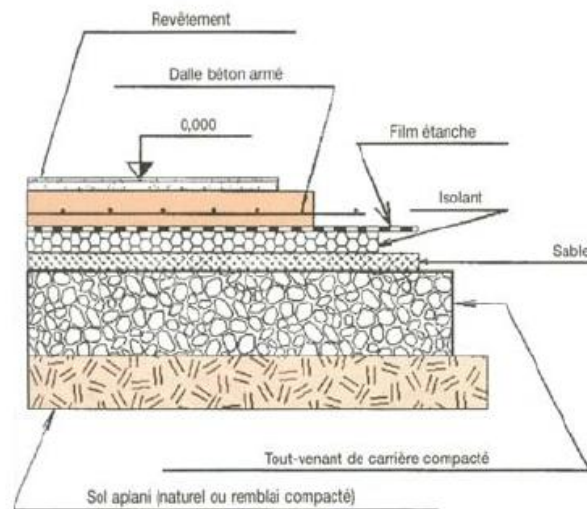


figure I. 14: Composants d'un dallage sur terre-plein

On distingue trois types de dallage :

#### a. Dallage indépendant des murs

La dalle en B.A. prend appui sur le terre-plein et sur quelques supports judicieusement espacés, reposant sur la fondation (figure I. 15). Cette solution permet de réduire les ponts thermiques à la périphérie du dallage, mais il y'a risque de tassement différentiels si les supports verticaux sont trop espacés (on prévoit un espacement de 1,50 m d'intervalle entre les supports verticaux).

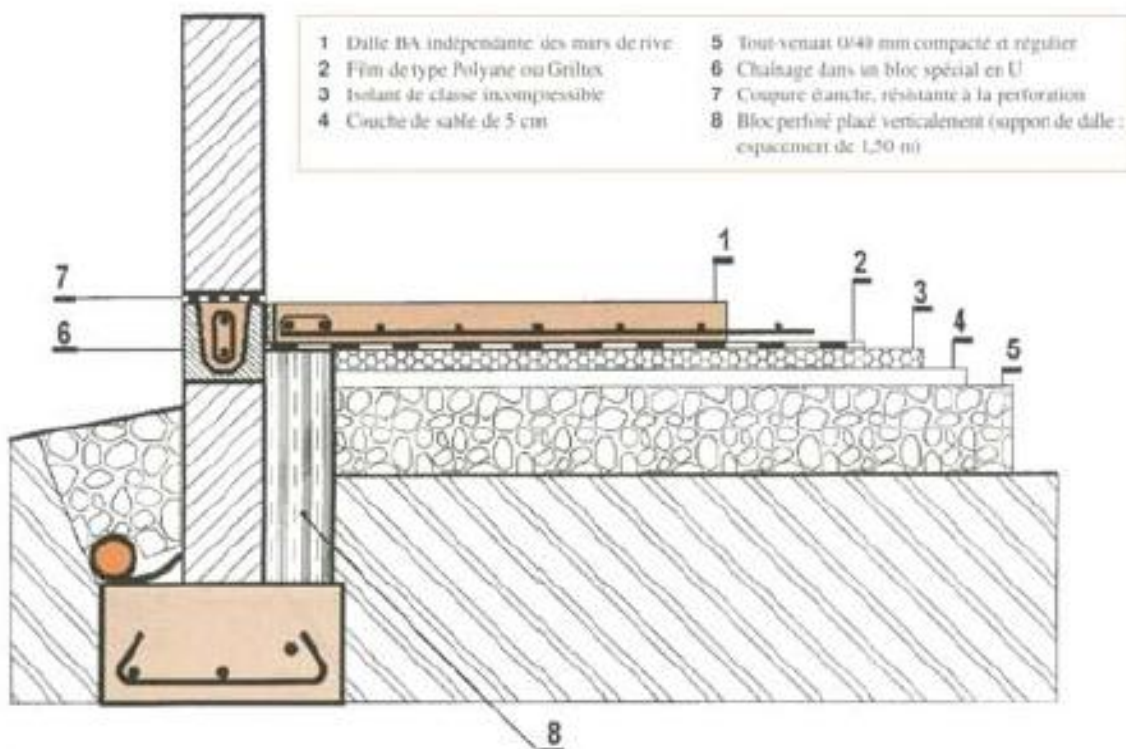


figure I. 16: Dallage en béton armé indépendant du mur de rive (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)

#### b. Dallage avec appui sur les murs (Les dallages solidaires)

La dalle porteuse en béton armé prend appui sur le terre-plein et sur les murs de soubassement de rive et de refend éventuellement (Figure I.12).

Cette disposition est la plus utilisée car elle réduit les risques de désordres par tassement (tassement lent de la forme drainante sous le dallage).

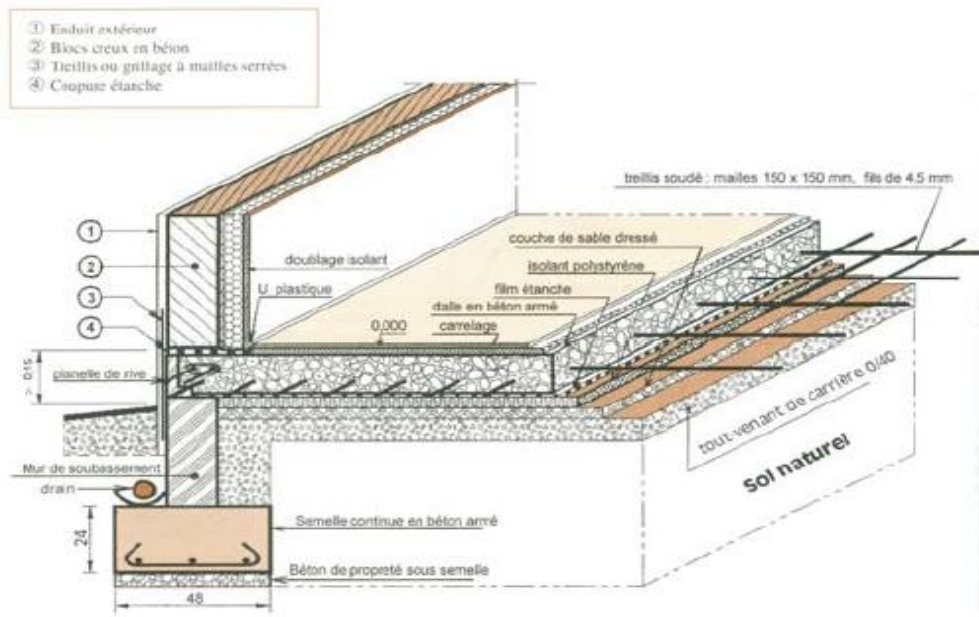


figure I. 17: Dallage avec appui sur les murs de rive

**c. Les planchers sur vide-sanitaire**

Le plancher solidaire n'est pas du tout en contact avec le sol. Un vide d'au moins 60 cm de hauteur permet de faire passer des canalisations, d'isoler le plancher de l'humidité (figure I. 18).

Ils sont souvent réalisés avec des planchers à corps creux en polystyrène.

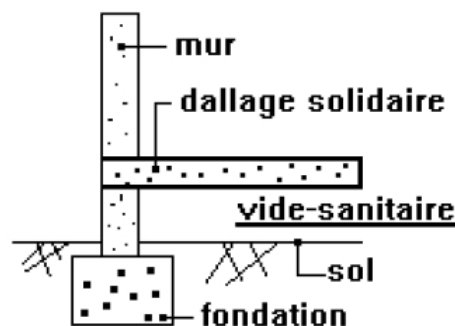


figure I. 19: Planchers sur vide-sanitaire

### I.3.7. Les planchers alvéolés

Les planchers alvéolés se composent d'éléments creux préfabriqués en usine.

Ils se manipulent au palonnier.

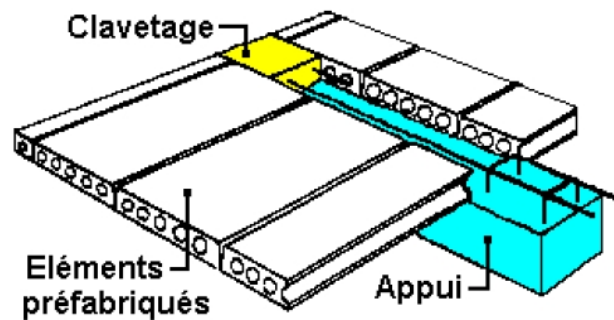


figure I. 20: les planchers alvéoles

Ces dalles précontraintes allégées et d'épaisseur réduite permettent de franchir des portées exceptionnellement élevées. A la rapidité de mise en œuvre s'ajoute une simplification de la structure par la suppression des porteurs intermédiaires et une réduction de la hauteur finie des bâtiments.

Les grands volumes ainsi dégagés, grâce à l'utilisation de ce type de plancher, permettent une très grande latitude dans l'aménagement intérieur des locaux.

L'utilisation de la dalle alvéolée est particulièrement indiquée dans :

- les constructions industrielles,
- les locaux commerciaux,
- les parkings,
- les immeubles de bureaux,
- les groupes scolaires.

Tableau I. 2: Avantages et inconvénients des planchers alvéolés

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préfabrication en usine,</li> <li>- Portée atteignant 16 à 20 m sans aciers complémentaires et sans hourdis</li> <li>- Généralement, pas d'étaieement,</li> <li>- Cadence de pose élevée,</li> <li>- Peu ou pas d'armatures complémentaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût élevé,</li> <li>Problèmes de fixations ultérieures,</li> <li>Joints très nombreux,</li> <li>Levage de forte puissance,</li> <li>Trame plus ou moins imposée.</li> </ul>

#### Définition des dalles alvéolées

Les dalles alvéolées sont des produits préfabriqués structurels, préfabriqués en usine, qui comportent des évidements longitudinaux disposés à intervalles généralement réguliers dénommés alvéoles.

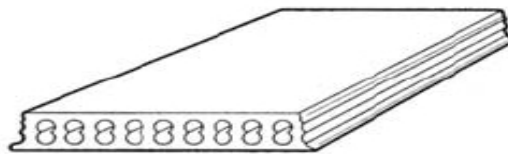


figure I. 21: Dalle alvéolée

Les dalles alvéolées sont posées jointivement puis assemblées par un béton de clavetage dans les joints et associées ou non à une dalle collaborant coulée en œuvre.

Les dalles alvéolées sont généralement en béton précontraint, d'épaisseur comprise entre 12 et 40 cm, de largeur standard 1,20 m et de longueur pouvant aller jusqu'à 20 m.

#### I.3.8. Les revêtements ([www.gramme.be](http://www.gramme.be))

Le revêtement doit garantir essentiellement l'isolation thermique et acoustique tout en présentant un aspect esthétique, mais le choix du revêtement dépend des qualités qu'on exige de lui et qui peuvent être très variées, par exemple, dans l'industrie, il doit supporter des



attaques mécaniques et chimiques, on peut donc demander à un revêtement d'être antidérapant, de résister à l'humidité et aux frottements, d'avoir une bonne tenue au gel, à la chaleur, aux variations de température, une bonne tenue de la couleur à la lumière, être non putrescible, bactéricide (ex : pour les hôpitaux).

Toutes ces exigences nécessitent souvent la disposition de plusieurs couches dans le revêtement, et chacune assure une fonction définie.

Couche de séparation : pour éviter les retraits, les vapeurs d'eau, les cloques, etc. Pour cela on utilise du papier huilé, feuilles en matières plastiques (polyane), carton bitumineux, etc.

- couches d'isolation thermique et phonique : on utilise des matériaux présentant une bonne élasticité à la pression (ex : plaque de liège compressée, carton feutre, déchets végétaux divers)

- couches d'étanchéité : elles servent à protéger la partie portante de l'humidité, leur emplacement dépend du sens d'arrivée de l'humidité. On utilise pour cela des feuilles métalliques collées, du mastic bitumineux, une chape ou du béton hydrofuge.

- Forme de pente : elle est nécessaire dans le cas de chutes abondantes de liquide (cas de toiture terrasse, de laiteries, etc.).

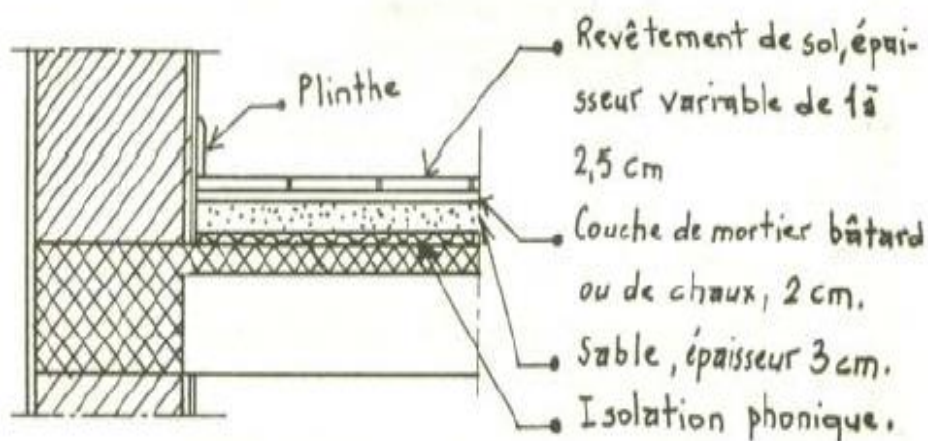


figure I. 22: Exemple de revêtement

### I.3.9. Planchers en bois massif

Les planchers en bois massif sont composés de planches de second choix ayant des propriétés mécaniques variables et provenant de bois de pays disponibles en grande quantité.

Ces planches sont posées sur chant et jointives. L'assemblage peut être réalisé par clouage ou par collage.

La possibilité de jointoiment des planches à leurs extrémités et la rigidité du système permettent de franchir des portées supérieures à celles des solivages (3 à 8 m).

Les planchers en bois massif ne sont pas déformables dans leur plan. Ils participent au contreventement des murs. La massivité du bois ainsi que ses caractéristiques thermo hygrométriques permettent aux planchers en bois massif d'apporter une bonne réponse au confort thermique d'été et au traitement acoustique du local.

La sous-face du plancher est généralement finie et ne nécessite pas la réalisation d'un plafond complémentaire.

Afin d'améliorer l'isolation phonique, les planchers peuvent recevoir en partie supérieure des couches complémentaires (panneaux en bois, plaques de plâtre pour sol, chapes en béton...) formant un plancher flottant. Les variations dues à l'humidité et en particulier le retrait des planches sont toujours un problème important à prendre en compte.

On peut aisément réaliser des porte-à-faux dans le sens de portée des planches.

Les planchers en bois massif se prêtent bien à la réalisation de planchers mixtes bois et béton.



figure I. 23: Plancher en bois massif

## I.4. COMPOSITION DE PLANCHER

Un plancher comprend habituellement :

- Une structure porteuse, constituée de poutres en béton, en métal, en bois ou de dalles en béton.
- Un revêtement en carrelage, parquet bois, dallage ou autres revêtements synthétiques (sol stratifié, PVC, etc.).
- Un plafond en sous-face de la structure porteuse, revêtu de plâtre, de bois ou de tout autre élément préfabriqué (faux plafond).

Selon le type d'habitation (logement individuel, collectif, bâtiment industriel ou tertiaire, ERP) et le modèle constructif (structure en bois, en béton, en acier), un plancher peut être réalisé en béton armé, en acier, ou en bois.

## I.5. GENERALITES SUR LES TOITURES (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof.*

*Amar KASSOUL - UHBChlef*)

### I.5.1. Définition

Comme leur nom l'indique, les toitures-terrasses sont des ouvrages d'allure sensiblement horizontale qui doivent satisfaire les fonctions de couverture (étanchéité à l'eau et à l'air, isolation thermique) et de plancher-terrasse (rôle porteur, protection des usagers, isolation phonique).

### I.5.2. Composition sommaire

En partie courante, une toiture-terrasse se compose des éléments suivants :

- un élément porteur résistant : le plancher ;
- une forme éventuelle, parfois forme de pente ;
- une isolation thermique avec ou sans pare-vapeur ;
- un revêtement d'étanchéité ;
- une protection de l'étanchéité.

### **I.5.3. Fonction à remplir**

#### **I.5.3.1. Par le gros-œuvre :**

- La stabilité sous les sollicitations provenant des charges appliquées ou des déformations imposées par les Phénomènes thermiques, climatiques ou de retrait :
- Les exigences acoustiques.
- La stabilité au feu, parfois sécurité en cas de séisme.

#### **I.5.3.2. Par le revêtement d'étanchéité :**

- L'imperméabilité à l'eau dans le temps (vieillesse sans altération)
- Résistance au poinçonnement (prévoir une protection adaptée à l'utilisation de la toiture).

#### **I.5.3.3. Par l'ensemble de la toiture :**

- L'isolation thermique
- L'isolation phonique
- Permettre l'accès du personnel d'entretien, du public, parfois des plantations.
- La pérennité des fonctions et conservation de la qualité des ouvrages (problèmes d'hygrométrie et dilatation.)

## **I.6. CLASSIFICATION**

La conception d'une toiture dans son ensemble et par conséquent le choix de son revêtement d'étanchéité et du système de pose correspondant se définissent, bien sûr, en fonction des différents éléments constitutifs de l'ouvrage mais aussi d'un certain nombre de paramètres qu'il convient de bien examiner...

### **I.6.1 Classification en fonction de l'environnement climatique (altitude et vent)**

- Les toitures sous climat de plaine: situées à une altitude = 900 m
- Les toitures sous climat de montagne: situées à une altitude > 900 m
- Les régions de vent

**I.6.2 Classification selon la destination de la toiture (suivant son accessibilité):**

Les toitures-terrasses sont classées en:

- Toitures-terrasses inaccessibles ou non circulables (accessible pour entretien);
- Toitures-terrasses accessibles ou circulables piétonnes privées ou publiques;
- Toitures-terrasses circulables ou parking pour véhicules;
- Toitures-terrasses jardin;

**I.6.3 Classification selon la constitution de l'élément porteur (*Bâtiment LICENCE  
Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChef*)****a- En fonction du matériau :**

L'élément porteur peut-être constitué par:

- Un plancher en maçonnerie ou béton armé
- Des lames de parquet de 23 mm
- Des planches jointives de 18 et 25mm
- Des plaques de contreplaqué de 10 à 22mm
- Des panneaux de particules agglomérées
- Des tôles nervurées
- Des panneaux isolants porteurs

Tableau 3 : Classification des toiture(**Elément porteur admis**)

Destination de la toiture	Elément porteur admis			
	Maçonnerie	Béton cellulaire autoclave	Bacs aciers	Bois et assimilés
	1	2	3	4
<b>INACCESSIBLE a</b>	OUI	OUI	OUI	OUI
<b>TECHNIQUE b</b>	OUI	OUI	OUI	OUI
<b>ACCESSIBLE c</b>	OUI	NON	NON	NON
<b>PARKING d</b>	OUI	NON	NON	NON
<b>JARDIN e</b>	OUI	NON	NON	NON

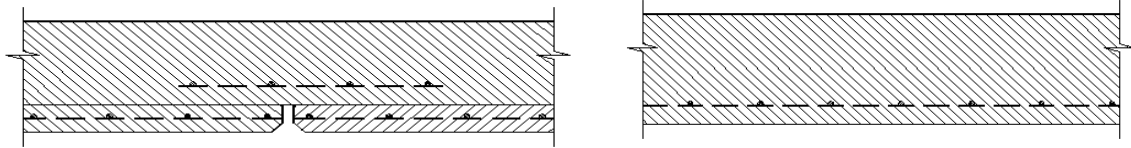
b- Types des terrasses en maçonnerie ou béton armé

La possibilité et les conditions de pose d'un revêtement d'étanchéité sur un support sont directement dépendantes de l'état de surface de ce support du point de vue, d'une part de sa planéité, d'autre part de l'ouverture (apparition ou variation d'ouverture) de fissures éventuelles.

Les éléments porteurs en fonction de leur susceptibilité croissante à la fissuration sont classés en quatre types définis ci-après.

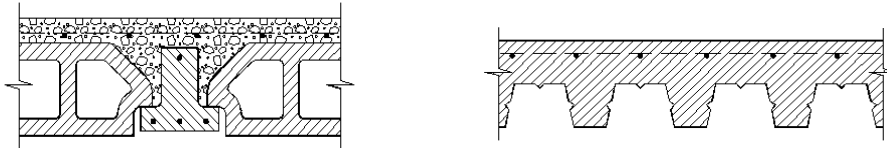
La présence éventuelle de joints dans le gros œuvre (joints de dilatation et de retrait), par ailleurs nécessaires à la conservation de l'ouvrage, ne modifie en rien cette classification.

**TYPE A** : Elément porteur dont au moins la partie supérieure de la section résistante est réalisée en béton armé coulé en oeuvre de façon continue sur l'ensemble de la surface.



Les dalles pleines coulées en œuvre

Les dalles confectionnées à partir de prédalles



Les planchers à poutrelles, entrevous de coffrage et dalle de répartition complète coulée en œuvre

Les planchers à bacs métalliques collaborant

figure I. 24: Planchers en Béton armé du type A

**TYPE B :** Élément porteur constitué d'éléments préfabriqués en béton armé ou précontraint posés jointifs, solidarisés par des armatures noyées dans un béton de liaison coulé en place.

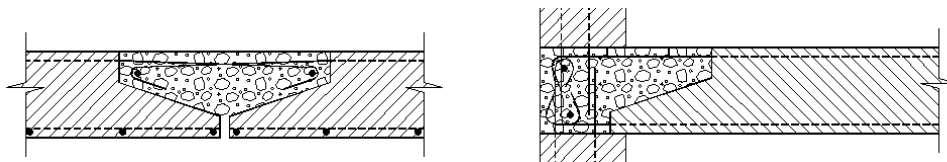


figure I. 25: Planchers en Béton armé du type B

**TYPE C** : Elément porteur constitué d'éléments préfabriqués jointifs, solidarisés par des blocages en béton réalisés in situ.

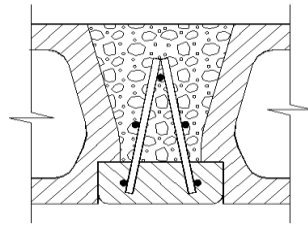


figure I. 26: Planchers en Béton armé du type C

**TYPE D** : Elément porteur réalisé à partir d'éléments préfabriqués en béton armé ou précontraint posés jointifs et solidarisés par des clefs continues en béton.

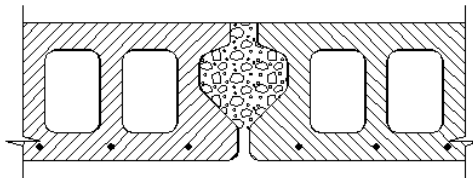


figure I. 27: Planchers en Béton armé du type D

#### **I.6.4 Classification selon la pente de l'élément porteur (Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChef)**

On distingue pour les supports maçonnés ou en béton:

- ✓ Les toitures à pente nulle (pente inférieure à 1%)
- ✓ Les toitures-terrasses plates (1% à 5% en tous points)
- ✓ Les toitures-terrasses rampantes (5% à 15%)
- ✓ Les toitures inclinées (=15%)



**I.6.5 Classification des toitures en fonction de la pente et de la destination (Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChef)**

Tableau I. 3: Classification des toitures

Pente (%)	Type de toiture	Destination
0	Toiture à pente nulle (non admis en climat de montagne)	Toiture inaccessible (sauf pour l'entretien) Toiture technique ou zone technique Toiture accessible aux piétons avec dalles sur plots Toiture jardin
1 à 5	Toiture plate	Toiture inaccessible (sauf pour l'entretien) Toiture technique ou zone technique Toiture accessible aux piétons (circulation ou séjour) Toiture accessible aux véhicules VL ou PL (circulation - stationnement) Toiture jardin
>5	Toiture inclinée	Toiture inaccessible (sauf pour l'entretien) Rampes d'accès aux véhicules

Tableau I. 4: Pentes des toitures en fonction de leur destination

Destination de la Toiture	Protection du revêtement d'étanchéité	Pentes admises		
		Asphalte	Bitumes oxydés	Bitumes modifiés
INACCESSIBLE	Gravillon	0 à 3%	0 à 5%	0 à 5%
	Autoprotection	0 à 3%	≥ 5%	toutes pentes
TECHNIQUE	Lourde	0 à 3%	0 à 5%	0 à 5%
	Autoprotection	-	5 à 7%	0 à 7%
ACCESSIBLE	dalles sur plots	0 à 3%	0 à 5%	0 à 5%
	Autres	1 à 3%	1 à 5%	1 à 5%
PARKING	conforme au DTU	1 à 3%	1 à 5%	1 à 5%
	enrobés à chaud	-	-	1 à 5%
JARDIN	conforme au DTU	0 à 3%	0 à 5%	0 à 5%
	drain direct	-	-	0 à 5%

Les différents Avis Techniques peuvent limiter ce domaine de pente, par exemple exclusion de la pente nulle pour les revêtements monocouche.

### **I.6.6 Classification selon la résistance au feu de la toiture :**

Classement d'après les essais de réaction au feu des matériaux composants la toiture et de leur contribution éventuelle au développement de l'incendie.

Classement selon la résistance au feu de la toiture On détermine par des essais :

- La classe de la couverture, représentée par T, indiquant le temps de passage du feu à travers l'élément.
- L'indice de propagation du feu en surface de la couverture

### **I.6.7 Classification selon l'isolation thermique et acoustique (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)**

On distingue:

- les mousses plastiques: polystyrène, polyuréthane (Les dérivés phénoliques ne font plus l'objet d'ATEc)
- les matériaux minéraux: verre expansé, fibres minérales (uniquement laine de roche)
- les matériaux végétaux ou mixtes: panneaux de fibres, perlite expansée fibrée, liège expansé pur.

### **I.6.8 Classification selon la nature du revêtement d'étanchéité (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)**

- ✓ Revêtements par asphalte coulé
- ✓ Revêtements par bitumes armés
- ✓ Revêtements par membranes à base de bitume modifié par polymères (Bitumes élastomères SBS - Bitumes APP)
- ✓ Revêtements par membranes préfabriquées à base de polymères (Thermoplastiques: PVC, ECB, ...- Elastomériques/ EPDM, Butyl, ...)
- ✓ Revêtements par résine appliquée in situ (Résines: polyester, polyuréthane, ...- Mousses polyuréthane projetée)



### I.6.12 Classification selon la ventilation du support d'étanchéité en bois

#### a- toiture chaude non isolée

Elle est caractérisée par le fait que le bois ou les panneaux reçoivent un revêtement d'étanchéité et sa protection lourde ou autoprotection, l'ensemble constituant la séparation entre l'intérieur du bâtiment et l'extérieur.

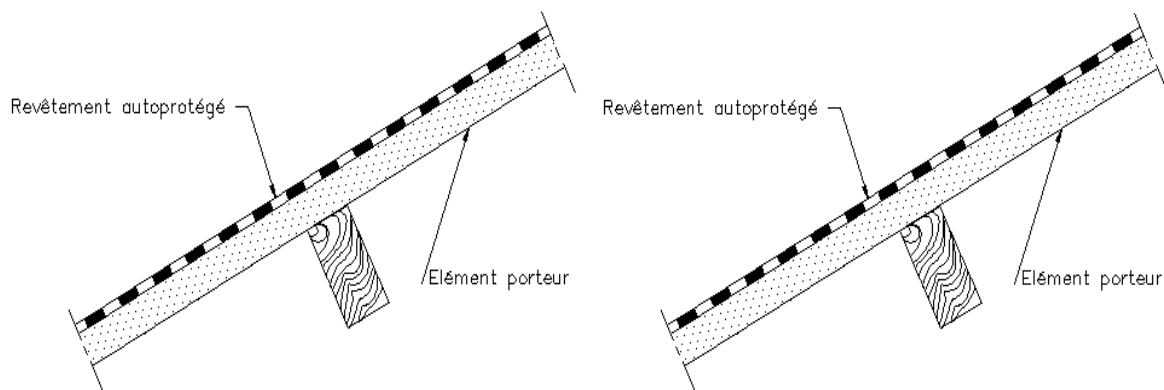


figure I. 29: Toiture chaude non isolée (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)

#### b- toiture chaude isolée

Elle est caractérisée par le fait que le bois ou les panneaux reçoivent un écran pare-vapeur, une isolation rapportée, un revêtement d'étanchéité et sa protection lourde ou autoprotection, l'ensemble constituant la séparation entre l'intérieur du bâtiment et l'extérieur.

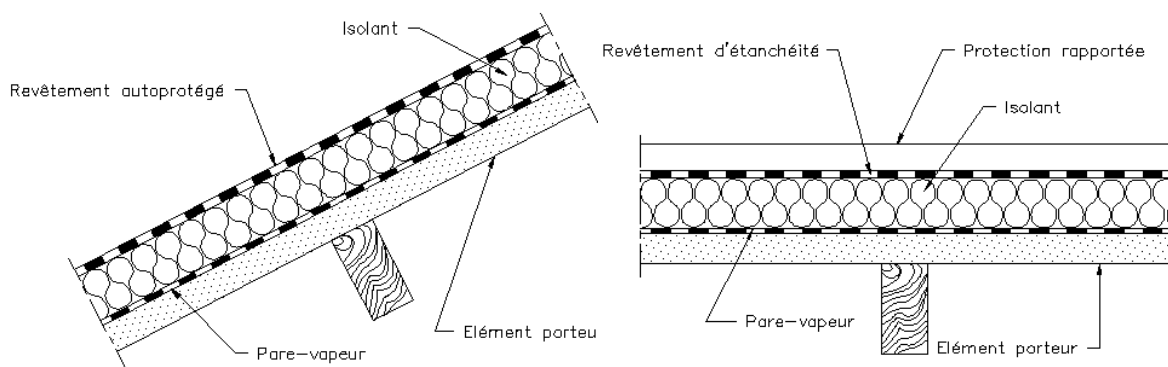


figure I. 30: toiture chaude isolée

## c- Toiture froide ventilée (isolée ou non)

Elle est caractérisée par le fait que la sous-face de l'élément porteur comprend un espace ventilé communiquant avec l'air extérieur.

Lorsqu'une isolation thermique est recherchée, elle est placée sous la lame d'air ventilée.

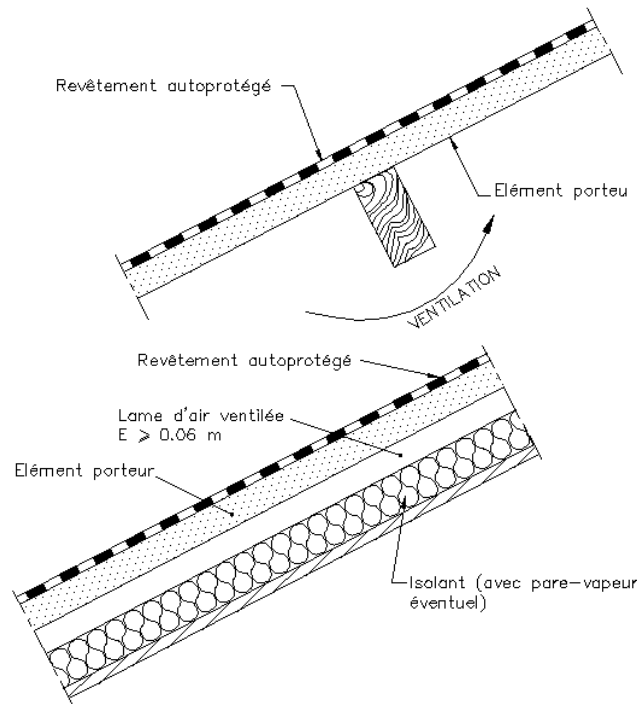


figure I. 31 : toiture froide ventilée (isolée ou non)

I.6.13 Classification selon la disposition des pentes

Les différentes dispositions des pentes et noues sont à déterminer en fonction des ouvrages émergents (voir plus loin).

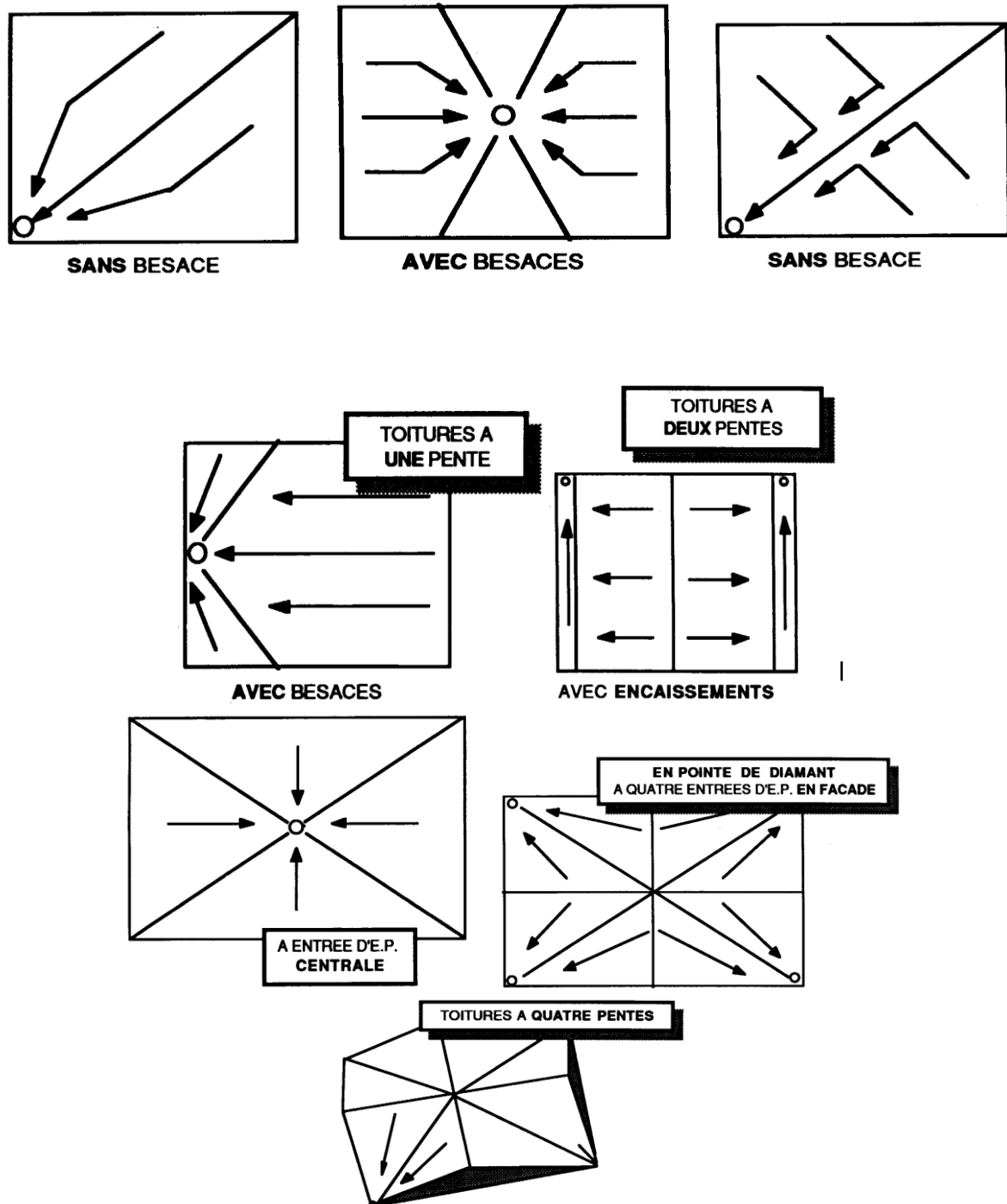


figure I. 32: Pentes des toitures (Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL

- UHBChlef)

## **I.7. LES REVETEMENTS D'ETANCHEITE (*Bâtiment LICENCE Génie Civil – Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)**

On peut distinguer cinq techniques principales, dont le choix dépend surtout de la pente et des contraintes mécaniques prévisibles :

### **I.7.1 Asphalte**

- L'asphalte naturel : roche sédimentaire calcaire ou schisteuse contenant plus de 6% de bitume.
- Le mastic d'asphalte : fabriqué à partir d'asphalte naturel après broyage et ajout de bitume naturel raffiné (11 à 17%)
- L'asphalte sablé : mélange de 50% d'asphalte pur et de 50% de sable
- L'asphalte porphyre : mélange de 50% d'asphalte pur et de 60% d'un mélange de sable et de porphyte 8/12
- L'asphalte peut être teinté par incorporation d'oxyde de fer.

Etanchéité en asphalte coulé, étalé en deux couches successives (l'une de 2 à 5 mm, puis une seconde sablée de 3 à 15 mm), par épandage à chaud ; ce procédé est bien adapté aux pentes de 0 à 3% ; des formules spéciales, en 3 couches avec incorporation d'armature (voile de verre) et gravillonnage de surface sont destinées aux terrasses circulables et aux rampes de parkings.

Le matériau de base est le mastic d'asphalte, issu d'une roche naturellement imprégnée de bitume et broyée.

Des ajouts divers (bitume, fines, granulats, adjuvants synthétiques éventuels) lui donnent sa présentation finale et ses caractéristiques. L'asphalte se différencie de l'enrobé bitumineux par le fait qu'il est naturellement plein. Il suffit de l'épandre à chaud et de l'étaler à la taloche. Norme NF P 84-305. Voir tableau ci-dessous.

Tableau I. 5: Spécification de l'asphalte d'étanchéité (*Bâtiment LICENCE Génie Civil – Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)

Appellation	Désignation	Pourcentage de bitume		
			type A	Type B
<b>AP1</b>	Asphalte pur étanchéité ordinaire	16 à 23		
<b>AP2</b>	Asphalte pur étanchéité parcs-autos	16 à 21		
<b>AS1</b>	Asphalte sablé étanchéité ordinaire	11 à 16		
<b>AS2</b>	Asphalte sablé étanchéité parcs-autos	9 à 13		50 à 90
<b>AG1</b>	Asphalte gravillonné étanchéité ordinaire	8 à 12	35 à 70	20 à 80
<b>AG2</b>	Asphalte gravillonné étanchéité parcs-autos	8 à 11		15 à 35
<b>AG4</b>	Asphalte gravillonné spécial rampes	7 à 9		5 à 15

Le revêtement de type A:

Sans protection (terrasse inaccessible et ce uniquement dans certaines régions)

Entre-deux-sans-fil      AP1 (5 mm)      AS1 (15 mm)

Avec protection (terrasse inaccessible : protection meuble terrasse piétonne (parc ou jardin) : protection dure )

Entre-deux-sans-fil → AP1(5 mm) → AS1(15 mm)

Entre-deux-sans-fil → AG1(20 mm) → protection meuble ou dure



Le revêtement de type B:

S'utilise en parcs -autos mais aussi en terrasse jardin ou avec dalles sur plots ; il forme un tout avec sa protection.

Entre-deux-sans-fil → AP2 (5 mm) → AS2 (15 mm)

Entre-deux-sans-fil → AG2 (20 mm)

### **I.7.2 Les matériaux à base de bitume**

Les bitumes: Ce sont des hydrocarbures lourds extraits de l'asphalte naturel ou résultant du traitement industriel d'un pétrole.

Ils sont mélangés à l'asphalte ou coulés sur les supports et donnent les étanchéités multicouches

a- enduits d'application à chaud (EAC)

Les enduits d'application à chaud sont à base de bitume oxydé (ou bitume soufflé). Ils peuvent contenir une certaine proportion de fines.

b- enduits d'imprégnation à froid (EIF)

Ce sont des produits à base de bitume en solution ou en émulsion. La teneur en bitume doit être égale ou supérieure à 40 %.

c- bitumes armés

Chape souple de bitume armé à armature en toile de jute (TJ), en tissu de verre (TV), en tissu et voile de verre (40 TV-VV), en voile de verre (40 VV), en tissu de verre auto protégé par feuille métallique thermostable (TV-th), à double armature en tissu de verre et voile de verre (50 TV-VV - HR).

d- feutres bitumés

Feutres bitumés à armature en carton feutre (CF), type 36 S au moins, en voile de verre à haute résistance (36 S VV - HR), à double armature en polyester et voile de verre (36 S PY-VV)

e- feutres bitumés et bitumes armés avec complément d'indépendance

Les chapes de bitume armé et les feutres bitumés utilisés en première couche peuvent recevoir en usine l'un des compléments d'indépendance suivants, selon les dispositions prévues dans les normes de définition de ces produits

- granulat de liège

- papier kraft crêpé

- feuille d'aluminium

Les matériaux comportent une lisière non sous-facée de 6 cm de largeur environ.

f- feutre bitumé sous-facé perforé

Le feutre bitumé type 36 S VV - HR, peut se présenter sous la forme « perforée ». Les perforations sont circulaires et régulièrement réparties. La face, en contact avec le support, est surfacée par une couche de granulats de liège.

g- matériaux pour écrans pare-vapeur

a) de type ordinaire : feutre bitumé surfacé type 36 S ou bitume armé.

b) de type renforcé : barrière à la vapeur en aluminium bitumé.

### **I.7.3 Principe de pose des procédés multicouches et monocouches**

- Multicouche bitume: constitué de lés superposés de chapes manufacturées de bitume armé et/ou de feutre bitumé.

Ces matériaux sont contrecollés en place avec un enduit d'application à chaud (E.A.C., dit bitume de collage), ou avec un ciment volcanique (cas des feutres-toiture imprégnés).

Les lés peuvent être disposés à lits croisés, à lits décalés, ou à lits successifs. Selon la pente du toit, la pose des complexes d'étanchéité peut être faite en indépendance (sur couche d'indépendance papier kraft ou double, ou voile de verre, pour des pentes n'excédant pas 3%), en semi indépendance (collage par bandes ou par points), ou en adhérence (avec l'E.A.C. sur le support préalablement imprégné d'un enduit d'imprégnation à froid, ou E.I.F.).

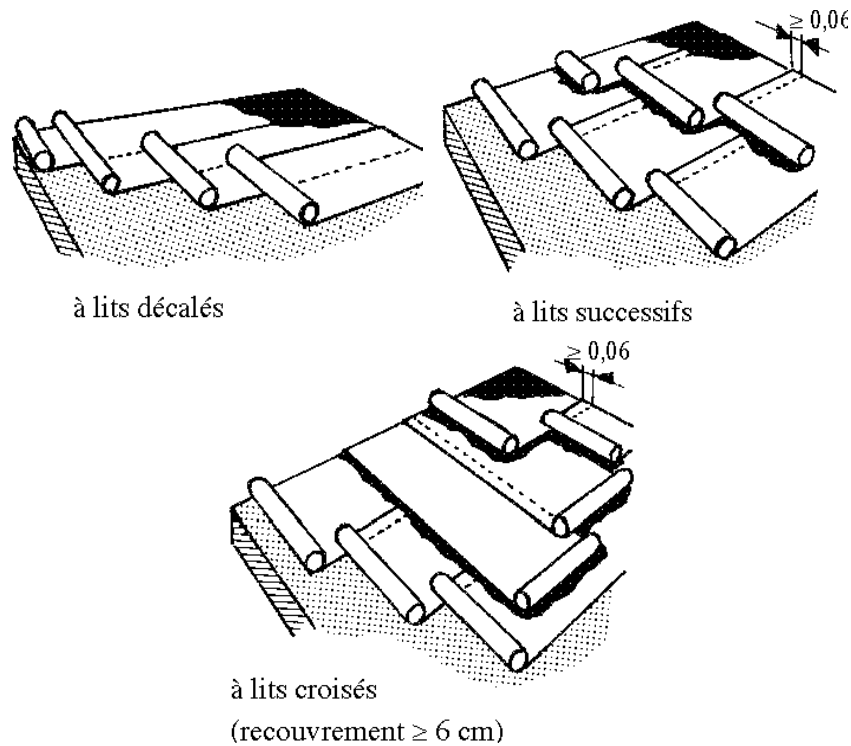


figure I. 33: Pose de multicouche bitumé

- Multicouche en bitume élastomère armé; variante du précédent constituée de matériaux manufacturés en lés de bitume chargé de résines élastomères, et armés de toile ou voile de verre ou de polyester ; ce complexe, plus léger, est particulièrement adapté aux pentes de 5 à 15% sur toitures non accessibles.

On peut l'associer à une isolation thermique collée sur écran pare-vapeur.

- monocouche sans bitume, constitué de matériaux minces manufacturés en lés, à base de résines élastomères (feuilles de caoutchouc de synthèse) ou de plastomères (feuilles thermoplastiques du type polyéthylène ou PVC) ; la mise en oeuvre fait appel à diverses techniques de soudure des recouvrements et bordures des nappes, par dissolution, vulcanisation, fusion par chauffage, etc.

- systèmes d'étanchéité liquide (S.E.L.), constitués de matériaux à base de résines polymères (polyester, polyéthylène chlorosulfoné, polyuréthane, bitumes au néoprène) mis en oeuvre en couches successives, soit par projection, soit par application au rouleau ou à la raclette.

NB- Ces trois dernières familles de revêtements d'étanchéité, ainsi que les isolants thermiques associés, n'étant pas du domaine traditionnel, relèvent des procédures d'Avis Technique.

### **I.8 Matériaux pour couche d'indépendance ou semi indépendance.**

#### **I.8.1 Pour couche d'indépendance**

- Ecran voile de verre: Voile de verre obtenu par répartition régulière de fibres de verre, sans direction préférentielle, encollées entre elles pour former une feuille.
- Papier kraft: De 70 g/m<sup>2</sup> minimum, il est éventuellement crêpé.
- Papier dit « entre deux sans fil »: Il est constitué de deux papiers kraft de 60 g/m<sup>2</sup> chacun, contrecollés par 20 g/m<sup>2</sup> de bitume.

#### **I.8.2 matériaux pour couche de semi indépendance d'asphalte**

C'est du papier perforé présentant les caractéristiques suivantes :

- Résille de verre
- Toile de jute

### **I.9 LES ISOLANTS**

- A base de plastique alvéolaire : Polystyrène expansé et Mousse de polyuréthane parementée
- A base végétale : Liège (aggloméré expansé pur)
- A base minérale : Mousse de verre
- A base mixte: Perlite-cellulose (perlite expansée et fibres cellulosiques agglomérées au bitume)
- Composites: Mousse de polyuréthane + perlite-cellulose

#### **I.9.1 Les Protections**

On distingue :

- l'autoprotection, qui est intégrée à un matériau d'étanchéité manufacturé, soit sous forme de granulats sertis à refus sur la couche de surface (autoprotection minérale), soit sous forme d'une feuille métallique solidarisée par collage sur les bitumes armés (autoprotection métallique en aluminium ou en cuivre recuit, épaisseur 1/10 mm).

- les protections rapportées, dites protections lourdes :
- soit les protections meubles, pour terrasses non accessibles, sous forme d'un lit de granulats (gravillons roulés, mignonnette) épandu au-dessus de l'étanchéité (4 cm ou plus de gravillons, ou 2 cm de sable + 4 cm de gravillons) ;
- soit les protections dures, pour terrasses accessibles, sous forme soit d'une dalle mince de béton armé, éventuellement sur un isolant thermique, soit de carreaux en ciment ou céramique posés à bain de mortier, ou d'un dallage amovible sur plots.

### **I.10 Particularités des Toitures-Terrasses sur support maçonnés ou en béton armé**

#### **I.10.1 Le fractionnement du gros-œuvre (Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL – UHBChlef)**

Les joints de dilatation et de retrait ou les joints diapason (joints complémentaires sur le dernier niveau) doivent respecter les dispositions des régies techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé (D.T.U. 20.1 et 23.1), ils ont pour but de diminuer l'effet de retrait, de réduire les effets des variations dimensionnelles dues aux variations de température.

Les écartements entre joints varient selon la masse et l'isolation des dalles de toiture. En France, l'espacement courant est de :

- 25 m dans la région méditerranéenne ;
- 30 à 35 m dans (es Alpes, lu Massif Central et l'Est ;
- 40 m dans la région parisienne ;
- 50 m dans les régions de l'Ouest.

Le joint de rupture ne concerne pas les problèmes de variations dimensionnelles du bâtiment, mais les problèmes de tassement différentiel des sols.

#### **I.10.2 La position de l'isolant**

a - L'isolant est support d'étanchéité

C'est la solution courante, adaptable à tous éléments porteurs. L'isolant est justiciable d'un Avis Technique, sauf le liège, conforme à la NF B57.054. L'emploi est conditionné par:

- une limitation des dimensions (voir A.T.)

- la mise en place d'un pare-vapeur (renforcé sur béton avec plancher chauffant en local humide ou en montagne, supprimé sur bac métallique non perforé avec hygrométrie moyenne)
- la limitation d'épaisseur en cas d'étanchéité auto protégée traditionnelle. ( $R < 2 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ ).

Les limitations particulières d'emploi sont principalement:

- polystyrène: un seul lit d'épaisseur de 20 à 120 mm, charge maxi. 0,3 daN/cm<sup>2</sup>, tassement 2 mm pour ép. 80 mm. (terrasses inaccessibles ou accessible piétons).
- polyuréthane: 20 à 100 mm, charge maxi. 0,4 daN/cm<sup>2</sup>, tassement 2 mm pour ép.90 mm (terrasses inaccessibles

Ou accessible piétons, terrasses-jardins, toit. protégées par dalles sur plots chargés à 0,6 daN/cm<sup>2</sup> maxi. Par plot)

- les mousses plastiques: pas de parc VL-PL, indépendance ou semi-indépendance par plots ou bandes de colle (uniquement revêtement non traditionnel) des multicouches bitumineux, pas d'asphalte directement (sauf sur polyisocyanurate)
- laine minérale: on peut l'employer sur béton à pente faible ( $< 5 \%$ ) avec revêtement d'étanchéité renforcé par armature polyester.

b - L'isolant est au-dessus de l'étanchéité (toiture inversée)

Cette solution s'applique au cas d'éléments porteurs en béton sur terrasses neuves ou à revêtement entièrement refait.

L'isolant est justiciable d'un Avis Technique.

L'emploi est conditionné par:

- le choix de l'isolant: peu perméable, à planéité constante.
- la désolidarisation de l'isolant à l'étanchéité (sauf sur asphalte)
- la mise en place d'une protection lourde stable.

On utilise du polystyrène extrudé (Roofmate, Styrodur 3000) ou expansé (CelloPlac). L'extrusion crée une surface lisse plus ou moins dure, dont le module de rigidité peut être trop important et être donc source de retrait! La pente peut être nulle (terrasses inaccessibles ou techniques) ou de 1 % à 5 %.

L'emploi est limité aux terrasses :

- Inaccessibles avec protection en gravillons d'ép. au moins égale à celle de l'isolant, avec minimum de 5 cm,
- Accessibles ou techniques, avec protection par dalles d'ép. 4 à 7 cm pour des isolants de 3 à 10 cm.

c - L'isolant se trouve sous une forme fractionnée (sur éléments porteurs en béton)

C'est une solution à risques avec beaucoup de restrictions réglementaires (ce système est pratiquement abandonné)

L'isolant sert de couche de glissement et ne peut être pris en compte dans les calculs thermiques qu'avec humidité maximale, l'épaisseur étant limitée à 3 cm sans qu'il soit admis d'ajouter un isolant sur la forme, ni pare-vapeur.

L'isolant doit répondre à des conditions énumérées au D.T.U. 20-12: imputrescibilité, flexibilité, ne tassant pas plus de 1,5 mm, absorbant peu l'eau (2%), > 25 kg/m<sup>3</sup> de masse volumique.

4 - L'isolant est sous l'élément porteur en béton (ou sous dalle flottante!): solution également à déconseiller, pratiquement abandonnée et très coûteuse. D'abord le gros-œuvre n'est pas isolé et va jouer de manière inacceptable.

Ensuite on augmente l'épaisseur totale de l'ensemble. Enfin on rajoute le problème du traitement du plafond. Le D.T.U. 20-12 ne l'envisage que dans des cas exceptionnels et seulement pour une isolation partielle, moyennant justification.

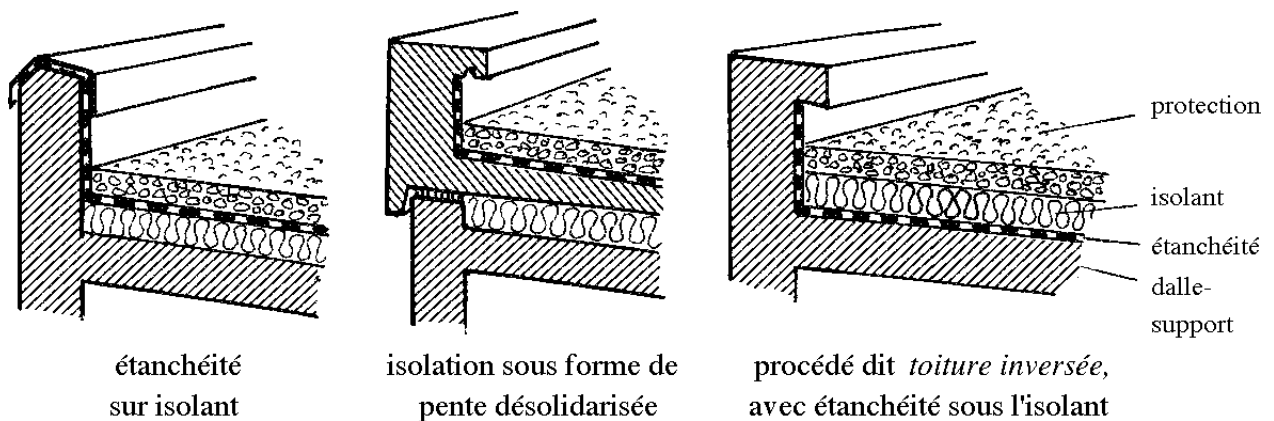


figure I. 34: L'isolant se trouve sous une forme fractionnée (*Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)

I.10.3 Quelques dispositions d'acrotères

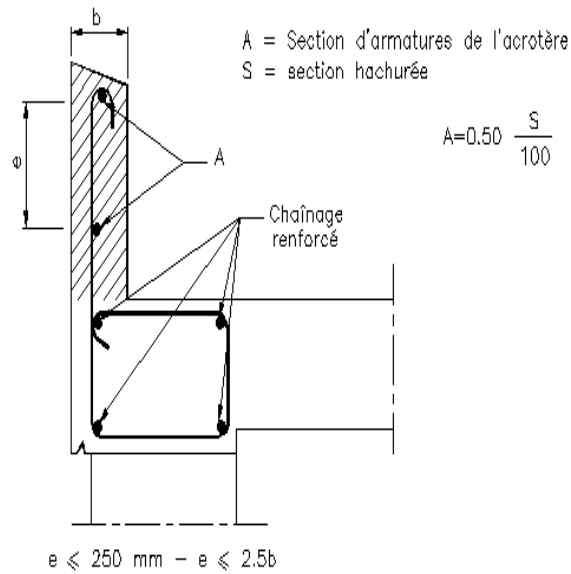


figure I. 35: Ferrailage des acrotères

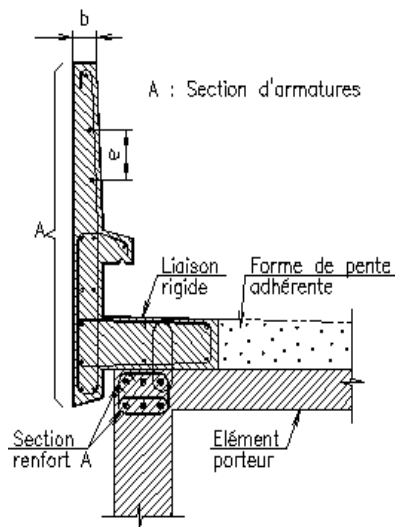


figure I. 37: Ferrailage des acrotères préfabriqués

(Cette disposition est réservée aux toitures inaccessibles).

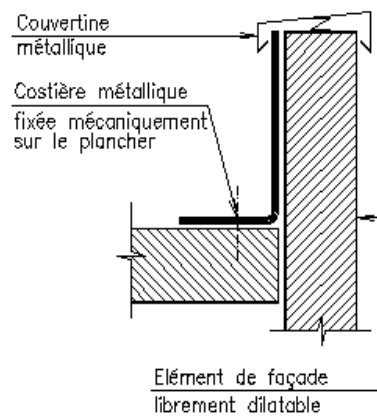


figure I. 36: Cas d'une couvertine extérieure façade (librement dilatable).



**I.10.4 Hauteur des reliefs**

La hauteur des reliefs doit permettre la réalisation d'un relevé d'étanchéité présentant une valeur  $H$  minimale,  $H$  étant la distance verticale comprise entre le dessus de la protection des parties courantes du revêtement d'étanchéité au voisinage du relief et le dispositif écartant les eaux de ruissellement.

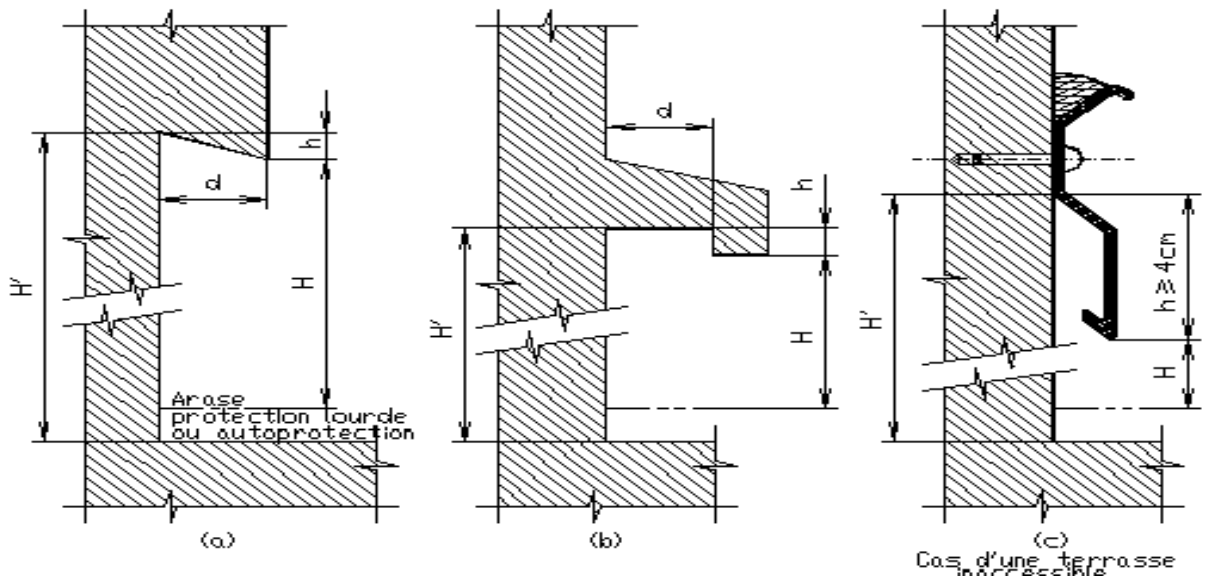


figure I. 38: Hauteur des reliefs

Tableau I. 6: Spécification des reliefs

Type de toiture	Pente (%)	Valeur minimale de H (mm)
Inaccessible	Nulle	150
	de 1 à 5	100
	>5	100 cas général 150 pour reliefs de noue située en pied de versants de pente = 20% 200 pour reliefs de noue située en pied de versants de pente > 20%
Technique	Nulle	150
	1 à 5	100
Accessible avec protection de l'étanchéité autre que dalles sur plots	1 à 5	100
Accessible avec protection de l'étanchéité par dalles sur plots	0 à 5	100 par rapport à l'assise des plots: lorsque le niveau fini des dalles est au-dessus du haut des relevés; ou lorsqu'un caillebotis est disposé le long du relief; ou lorsqu'un bardage étanche retombe au-dessous du niveau inférieur des dalles  100 au-dessus du niveau fini des dalles lorsque ce dernier est au-dessous du haut des relevés
Jardin	0 à 5	150-dessus de la terre végétale

## **I.11 Conditions d'emploi des toitures à éléments porteurs en bois**

### **I.11.1 hygrométrie des locaux**

On distingue quatre classes d'hygrométrie des locaux, définies à l'Annexe B1 et rappelées ci-dessous

- locaux à faible hygrométrie,
- locaux à moyenne hygrométrie,
- locaux à forte hygrométrie,
- locaux à très forte hygrométrie.

Dans cette dernière classe de locaux, on n'utilise ni les bois massifs, ni les panneaux.

### **I.11.2 Types de toitures**

On distingue deux types de toitures:

- toiture froide (ou toiture ventilée),
- toiture chaude (ou toiture massive ou non ventilée).

Chaque type de toiture peut comporter, ou non, une isolation thermique.

**I.11.3 Conditions générales d'emploi des éléments porteurs selon l'hygrométrie des locaux et le type de toiture).** Elles sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau I. 7: Emploi des éléments porteurs en bois

Type de toiture	Bois massif	Contreplaqué		Panneaux de particules de bois
		CTB.X	Collage 3	
Toiture froide non isolée	Locaux à faible et moyenne hygrométrie			
Toiture froide isolée sur plafond avec ou sans barrière de vapeur	Locaux à faible et moyenne hygrométrie			
Toiture chaude non isolée	Locaux à faible hygrométrie			
Toiture chaude isolée, isolation thermique disposée sur les éléments porteurs avec pare-vapeur	Locaux à faible et moyenne hygrométrie			
	Locaux à forte hygrométrie occasionnelle			

**I.12 Classement : Fatigue indentation température pour Revêtements d'étanchéité de Toiture-Terrasse**

**I.12.1 Classement FIT:**

Niveaux de performances attribués :

L'aptitude à l'emploi des revêtements d'étanchéité est donnée à travers 3 propriétés essentielles repérées sous forme de lettres affectées d'un indice caractérisant le niveau de performance.

F : Résistance à la Fatigue - (Indice : 1 à 5).

I : Résistance à l'Indentation - (1 à 5). (L'indentation combine les poinçonnements statique et dynamique).

T : Comportement aux Températures - (1 à 4). Plus le chiffre est élevé, meilleure est la performance.

L'adéquation du revêtement à l'emploi est réalisée lorsque les niveaux de performance du premier sont au moins égaux aux niveaux d'exigence du second.

Niveaux d'exigence requis :

Selon support, pente, usage, protection de la toiture :

Se reporter au Cahier du CSTB 2358, sept.89, qui comporte également un tableau de convenance des revêtements en asphalte (A ou P).

### **I.12.2 Protection contre l'incendie des couvertures**

Classe de pénétration des toitures : Le comportement au feu des matériaux et éléments de construction est apprécié suivant un certain nombre de critères.

Deux critères essentiels servent de base à l'appréciation du comportement au feu.

- La réaction au feu, c'est à dire l'aliment qui peut être apporté au feu et au développement de l'incendie.
- La résistance au feu, c'est à dire le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu, malgré l'action de l'incendie.

Le Critère T caractérise la réaction au feu des toitures

La classe de la couverture, représentée par T, indiquant le temps de passage du feu à travers l'élément.

Cette classe est:

- T5 si le temps de passage est compris entre 5 et 15 mn
- T15 si le temps de passage est compris entre 15 et 30 mn
- ; T30 si le temps de passage est supérieur à 30 mn;

L'indice de propagation du feu en surface de la couverture. On a:

- Indice 1 lorsque le temps de propagation est supérieur à 30 minutes ;
- Indice 2 lorsque le temps de propagation est compris entre 10 et 30 minutes ;
- Indice 3 lorsque le temps de propagation est inférieur à 10 minutes.

Dans les conditions de l'essai, les éléments peuvent donc avoir l'un des neuf classements ci-après:

T30/1 ; T30/2 ; T30/3 ; T15/1 ; T15/2 ; T15/3 ; T5/1 ; T5/2 ; T5/3

Les procès-verbaux comportent une description détaillée avec croquis permettant l'identification de l'élément essayé, donnent les résultats des mesures conduisant au classement, et tous renseignements complémentaires (y compris photos avant, pendant et après l'essai).

Seul le laboratoire du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment est actuellement habilité à effectuer les essais sur les couvertures en-matériaux combustibles.

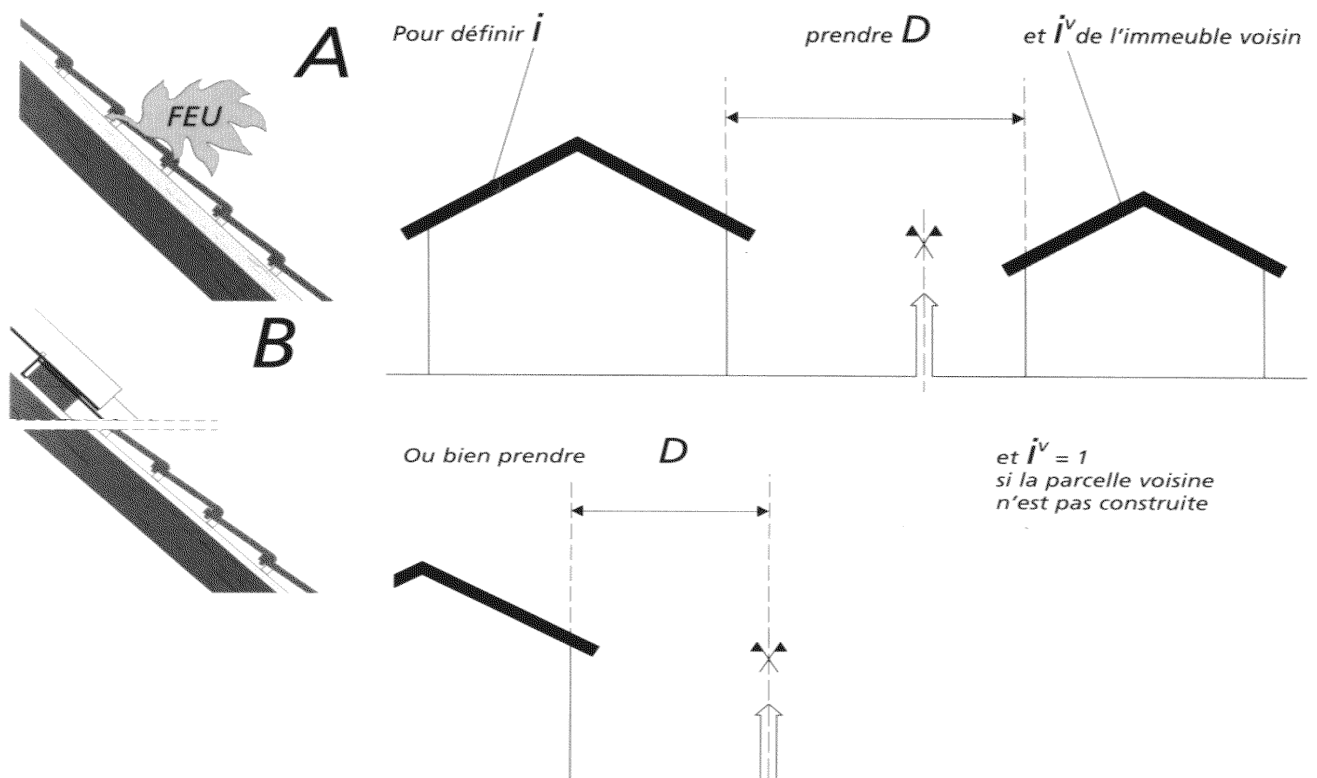


figure I. 39: Protection contre l'incendie des couvertures (*Bâtiment LICENCE Génie Civil – Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*)

### I.13 Planchers traditionnels en bois :

#### I.13.1 Étude bibliographique du diaphragme horizontal (FCBA INFO, décembre 2015)

Le premier objectif de cette étude bibliographique est de présenter un tour d'horizon des moyens de justification de la fonction diaphragme que l'on peut rencontrer. On peut les regrouper en deux principales catégories :

- Les règles faisant l'objet d'une reconnaissance normative ou d'un document de référence professionnel
- Les études scientifiques et techniques non valorisées en normalisation

Ce rapport présente les principales approches rencontrées. Ou est cette liste bibliographique plus complètes donnée en annexe.

Le deuxième objectif est de comparer ces outils de calcul avec le besoin des concepteurs et le domaine d'emploi auquel ceux-ci sont confrontés (géométrie des planchers, grandes ouvertures, ...). Le but d'évaluer ce qui pourrait être directement exploitable et quels compléments sont éventuellement nécessaires.

Enfin, le troisième objectif est de proposer, le cas échéant, une étude adaptée permettant de caractériser la fonction diaphragme des planchers dont la configuration n'est pas suffisamment couverte par les outils existants. Le but de cette étude complémentaire est d'avoir suffisamment de matière scientifique et technique pour une proposition de méthode de dimensionnement à destination des règles de calcul Euro codes.

#### Approches normatives ou « référencées »

Ces approches présentent de manière synthétique des approches retenues dans différents textes au caractère normatif ou assimilé (règles professionnelles par exemple). On y retrouve des textes français, européens et nord-américains.

**Planchers en bois ou en panneaux à base de bois « DTU 51.3 »**

Le DTU 51.3 ne traite pas directement de la conception des planchers formant diaphragme horizontal, mais distingue cependant les ouvrages de planchers remplissant cette fonction de diaphragme horizontal des planchers simplement porteurs vis-à-vis des charges verticales.

Ces règles simples se limitent à des règles de moyens permettant d'assurer le fonctionnement mécanique du plancher en diaphragme horizontal mais pour autant, elles ne permettent pas une justification de celui-ci vis-à-vis des charges.

De plus, il n'y a pas de règles permettant la gestion des ouvertures dans le plancher.

Contrairement aux précédentes approches, celle-ci trouve un intérêt certain du fait de la prise en compte d'ouverture dans le diaphragme. Cependant, il s'agit d'une approche purement théorique dont les contours du domaine d'application ne sont pas clairement établis.

Approche du Conseil Canadien du Bois : Le Conseil Canadien du Bois a édité un document nommé « Design exemple : Designing for openings in wood diaphragm ». Il s'agit en fait d'un exemple pratique qui s'appuie sur la méthode d'analyse du « Guidelines for the design of Wood Sheathed diaphragms » de l'ATC. On note que, par rapport au même diaphragme sans ouverture, cette méthode d'analyse conduit à une majoration des efforts de cisaillement à reprendre dans les fixations des panneaux de 1,14 à 1,5.



**Conclusion**

D'une manière générale, la majorité des méthodes proposées dans ces différents documents présentent un domaine d'application limité à des planchers sans ouverture significative et aux dimensions (élançement) limitées.

La méthode du guide de l'ATC permet d'aller plus loin avec la prise en compte des ouvertures.

Cependant, son défaut réside dans sa complexité d'application. D'ailleurs, c'est l'une des raisons de son absence de textes normatifs. Elle est difficilement intégrable dans un texte normatif en l'état.

### I.13.2 Principaux thèmes d'études

#### a- Généralités

Dans la littérature scientifique, on peut trouver un nombre relativement important de publications traitant du sujet des diaphragmes en général et des diaphragmes horizontaux en particulier. Une liste bibliographique (non exhaustive) avec les résumés des articles est donnée en annexe.

On peut cependant dégager deux principales approches : les études expérimentales et les études par simulations numériques.

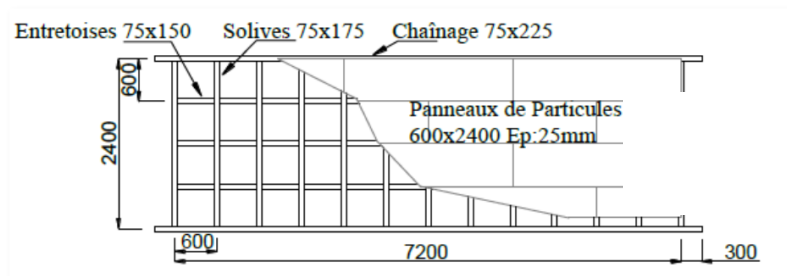
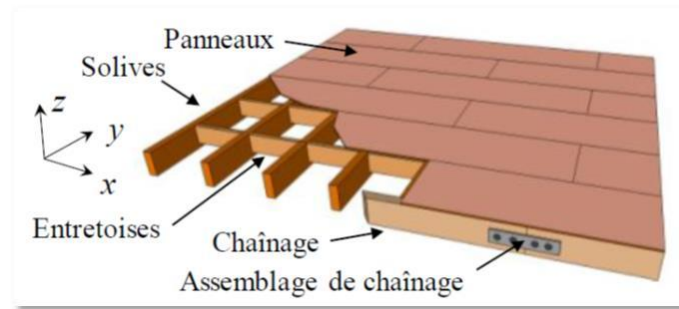
Compte tenu des grandes dimensions qui constituent les diaphragmes de planchers en bois, un nombre limité de campagnes expérimentales ont été réalisées afin de caractériser leur comportement dans le plan. Ces campagnes ont été conduites principalement en Amérique du Nord et au Japon.

Comme vu précédemment, les résultats des études expérimentales ont montré que les planchers en bois peuvent être considérés comme une poutre courte dont la raideur dans le plan est extrêmement liée à la connexion panneaux-éléments porteurs.

Beaucoup d'entre elles se recoupent, aussi dans ce rapport il est fait le choix de ne présenter qu'un nombre limité d'études qui sont représentatives de ce que l'on peut retrouver.

#### b- Etude expérimentale sur diaphragme sans ouverture

Une étude française réalisée à l'université Blaise Pascal est représentative des études traitant du comportement des diaphragmes de planchers. Cette étude « Caractérisation de la raideur dans le plan des planchers diaphragme en bois – Approche Expérimentale », de Fuentes S., Fournely E. et Bouchair A., présente une campagne expérimentale conduite sur deux planchers traditionnels en bois entretoisés ou non. La configuration d'essai, l'instrumentation et des résultats en termes de comportement mécanique global ou local sont présentés.



figureI. 40: Le plancher avec entretoise

Les conclusions de cette étude sont :

- Le comportement mécanique global des planchers diaphragme est non linéaire avec une limite élastique relativement faible. Ce comportement est lié principalement à la connexion panneau-solivage.
- Les deux planchers étudiés possèdent une très forte capacité de déformation sans présenter une ruine globale de la structure. Cependant, des ruptures par flexion ont été observées sur les panneaux.
- La rupture des panneaux modifie la configuration du calepinage en quinconce du plancher. Ceci se traduit par une perte de résistance sur les deux planchers.
- Le transfert des efforts par contact entre panneaux favorise la raideur de la structure. Cependant lorsque la résistance en compression des panneaux est dépassée, des ruptures par écrasement local ont été observées.
- La direction de la sollicitation des pointes est variable en fonction de leur position dans le plancher. La raideur de connexion est affectée par cette direction et par les conditions locales des pointes.

À noter que cette étude expérimentale a été utilisée pour le développement de modèles éléments finis.

Etude expérimentale sur diaphragme avec ouverture

Une étude purement expérimentale a fait l'objet d'une thèse titrée « Horizontal stiffness of wood diaphragms » soutenue à Virginia Polytechnic Institute and State University.

On note que les paramètres les plus influents sont :

- ✓ Le montage des panneaux bloqués ou non
- ✓ bloqués
- ✓ La rigidité de la connexion panneaux / solives
- ✓ L'ouverture

On note également que pour la configuration avec ouverture, son influence sur la partie « non ouverte » est relativement faible (4%).



figure I. 41: Plancher de 5 x 6 m avec ouverture



figure I. 42: Plancher de 5 x 6 m avec ouverture centrale

### c- Etude par modélisation numérique

L'étude présentée ici est une étude reposant sur une approche par modélisation par éléments finis. Elle a fait notamment l'objet d'un article titré « Évaluation de la semi-rigidité de diaphragmes en bois « Modélisation numérique » proposé pour le Symposium International sur la Construction en Zone Sismique à l'Université Hassiba Benbouali de Chlef (Algérie). Cette étude a été menée par Fuentes S., Vu T.K., Fournely E. et Bouchaïr A. à l'Université Blaise Pascal. On note une différence peu marquée du comportement en rigidité du diaphragme en fonction du calepinage des panneaux.

## Conclusion

Cette étude bibliographique permet de confirmer que l'on retrouve soit des règles extrêmement simplifiées encore limitées aux ouvrages à géométries très simples et/ou sans ouverture, soit des publications scientifiques qui n'ont pas fait l'objet de valorisation « normative » et/ou qui restent limitées aux planchers sans ouverture.

Les diaphragmes peuvent présenter des comportements flexibles ou rigides dont la semi-rigidité influence le transfert des efforts de flexion et de torsion vers les systèmes de contreventement.

Or, pour pouvoir prendre la meilleure hypothèse de rigidité du diaphragme, il convient de pouvoir prendre en compte tous les facteurs significatifs qui y contribuent. Cependant, ceci est difficile à réaliser avec des moyens analytiques simples actuellement.

Des méthodes analytiques simplifiées prennent en compte quelques-uns de ces paramètres, mais elles sont applicables à un nombre réduit de configurations de planchers avec des paramètres pas toujours connus. Les méthodes existantes, non normalisées en France, ont toutes une approche simplifiée et un domaine d'application limité. Leur mise en application est peu courante, voire inexistante, en France.

De plus, Le principale défaut vient de la non prise en compte en général des ouvertures. Des méthodes, dans certains codes de calcul, comme le guide de calcul américain, vont un peu plus loin mais lorsqu'elles sont prises en compte, les approches sont très complexes.

Pour le reste, on retrouve quelques publications scientifiques internationales et françaises, mais qui n'ont pas fait l'objet de valorisation « normative » et qui restent quasi-exclusivement limitées aux planchers sans ouvertures.

Cette étude bibliographique souligne ainsi la lacune dans le domaine du calcul et de la justification de la fonction diaphragme des planchers. Cet état de fait vient également d'être souligné par la commission de normalisation CEN/TC250/SC5 en charge de la révision et de l'élaboration de la prochaine génération de l'Eurocode 5.

### I.13.3 Proposition d'étude complémentaire

Un programme d'étude complémentaire doit être mené afin de répondre aux questions encore en attente et d'être moteur au niveau européen pour enrichir le futur code eurocode 5.

Une telle étude peut être envisagée en quatre étapes principales :

- Étude expérimentale de diaphragme de planchers à géométries variables avec ou sans ouvertures
- Modélisation numérique et validation du modèle
- Exploitation du modèle numérique pour étendre les configurations
- Développement d'une méthode analytique simplifiée

Le déroulement des différentes étapes proposées est :

Etude expérimentale de diaphragme de planchers à géométries variables avec ou sans ouverture

L'objectif de cette étape est de compléter les études expérimentales existantes en couvrant des configurations de planchers plus complexes qu'un plancher rectangulaire sans ouverture.

Il conviendra de couvrir à minima les configurations :

- De planchers en « L » afin d'évaluer l'impact de la géométrie du plancher,
- Les planchers avec ouvertures de plusieurs dimensions afin d'évaluer l'impact du ratio de surfaces entre le plancher et l'ouverture.

Modélisation numérique et validation du modèle

L'ensemble des configurations testées à l'étape 1 doit faire l'objet de la mise au point d'un modèle aux éléments finis prenant en compte les différents paramètres identifiés comme influents dans le comportement du diaphragme. Pour cela, il sera intéressant de partir d'un modèle numérique existant (voir étude présentée dans ce rapport) afin de l'enrichir. L'objectif est alors de valider ce modèle avec l'ensemble des résultats de l'étape 1.

Exploitation du modèle numérique pour étendre les configurations

L'objectif de cette étape est de réaliser une série « d'essais virtuels » afin d'étendre les résultats expérimentaux à des configurations non retenues par les essais pour des raisons de complexité de réalisation et/ou de dimensions.

Développement d'une méthode analytique simplifiée

Pour valoriser au mieux ce travail, il convient de produire une méthode de calcul simplifiée. L'ensemble des résultats expérimentaux (réels et virtuels) doit être traité et exploité afin de faire le tri entre les paramètres réellement influents et ceux pouvant être négligés. L'objectif est de proposer une méthode simple pouvant trouver sa place dans un code de calcul normalisé. L'utilisation de « coefficients correcteurs » appliqués à un diaphragme de référence en fonction de la configuration réelle du plancher est par exemple une voie possible.

Les résultats de cette étude pourront alors être portés et défendus au sein du groupe de travail dédié de la commission européenne de normalisation CEN/TC250/SC5 en charge de la révision de l'Euro code 5.

#### **I.14 Exemple de calcul de planchers: Référence ( Projet fin d'étude youcfi abdel salam école tp kouba 2006 )**

##### **I.14.1 Etudes des plancher :**

Les planchers ont un rôle très important dans la structure. Ils supportent les charges verticales puis les transmettent aux éléments porteurs et aussi ils isolent les différents étages du point de vue thermique et acoustique.

La structure étudiée comporte des planchers à corps creux. Ce type de plancher est constitué par des éléments porteurs (poutrelle), et par des éléments de remplissage (corps creux) .de dimensions  $(16 \times 20 \times 55) \text{ cm}^3$ , avec une dalle de compression de 4 cm d'épaisseur.

Dalle à corps creux

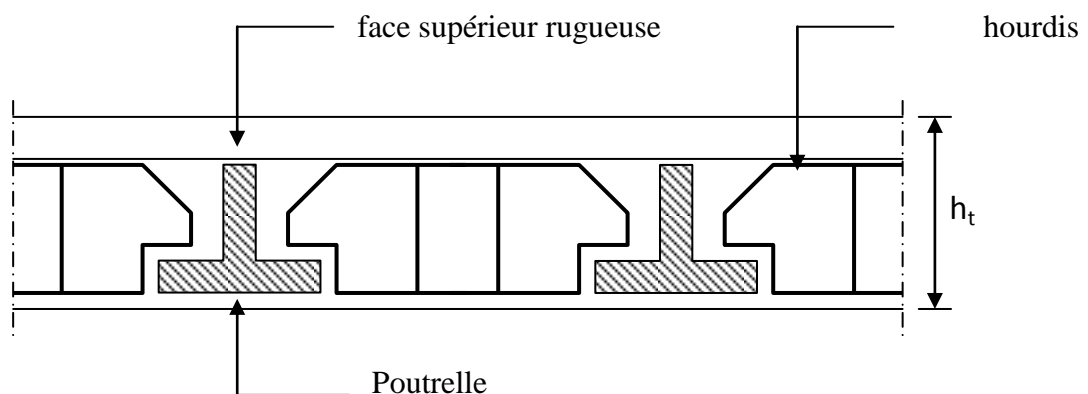


figure I. 43: Plancher a corps creux

**I.14.2 Dimensionnement des poutrelles :**

Méthode de calcul :

Les poutrelles sont des éléments préfabriqués, leur calcul est associé à celui d'une poutre continue semi encastrée aux poutres de rives.

Les poutrelles à étudier sont assimilées à des poutres continues sur plusieurs appuis, leur étude s'effectue selon l'une des méthodes suivantes :

-Méthode forfaitaire.

-Méthode de Caquot.

- ✓ Présentation théorique de la méthode forfaitaire : **Référence ( Projet fin d'étude youcfi abdel salam école tp kouba 2006 )**

Il s'agit d'une méthode simplifiée de calcul applicable aux planchers à surcharges modérées, tels que les planchers des constructions courantes comme les bâtiments d'habitation, les bâtiments à usage de bureaux, d'enseignement, d'hôpitaux.....

L'utilisation de cette méthode conduit à un calcul rapide et direct. Suivant le BAEL 91 , on peut appliquer «la méthode forfaitaire» pour le calcul des planchers à charge d'exploitation modérée, si les conditions suivants sont remplies :

1<sup>ère</sup> Condition : .....  $Q \leq \min (2G, 5KN/m^2)$

- Plancher terrasse :

$Q = 1 \text{ KN/m}^2 \leq \min (11.42, 5 \text{ KN/m}^2) = 5 \text{ KN/m}^2$  .....CV

- Plancher étage courant:

$Q = 1.5 \text{ KN/m}^2 \leq \min (10.68, 5 \text{ KN/m}^2) = 5 \text{ KN/m}^2$  .....CV

2<sup>ème</sup> Condition: .....  $0.8 \leq \frac{L_i}{L_{i+1}} \leq 1.25$ ..... CV

-  $0.8 \leq \frac{3.40}{3.05} = 1.11 \leq 1.25$  .....CV

-  $0.8 \leq \frac{3.05}{2.95} = 1.03 \leq 1.25$  .....CV

-  $0.8 \leq \frac{2.95}{3.15} = 0.94 \leq 1.25$  .....CV



-  $0.8 \leq \frac{3.15}{3.40} = 0.92 \leq 1.25$  .....CV

3<sup>ème</sup>. Condition : les moments d’inerties des sections transversales sont les même dans les différents travées en continuité « I = constante » .....CV

4<sup>ème</sup>. **Condition** : la fissuration est considérée comme non préjudiciable à terme du béton.

→ D’après cette vérification, toutes les conditions sont vérifiées, donc le calcul se fait par « *la méthode forfaitaire* ».

B. Application de la méthode : **Exemple de calcul Référence ( Projet fin d'étude youcfi abdelsalam école tp kouba 2006 )**

Soit :  $\alpha = \frac{Q}{Q + G}$  (le rapport des charges d’exploitations à la somme des charges permanentes en valeur non pondérée).

$M_0$  : la valeur maximale du moment fléchissant dans la travée de comparaison.

$M_w$  ;  $M_e$  : les valeurs absolues des moment sur appuis de gauche et droite dans la travée considérée.

$M_t$  : moment maximal dans la travée considérée.

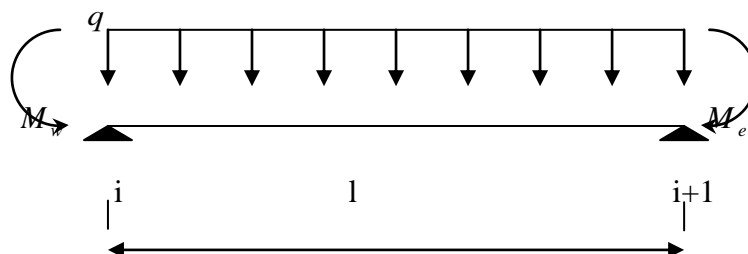


figure I. 44: Schéma de calcul d'une travée

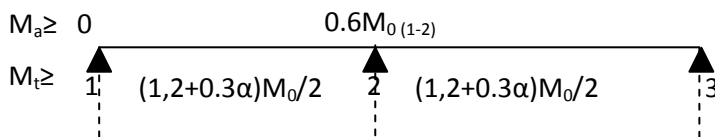
D'après les règles de **BAEL91** les valeurs de  $M_w$ ,  $M_e$  et  $M_t$  doivent vérifier les conditions **BAEL91** les valeurs de  $M_w$ ,  $M_e$  et  $M_t$  doivent vérifier les conditions :

1 •  $M_t + \frac{M_w + M_e}{2} \geq \max [(1+0.3 \alpha) M_0 ; 1.05 M_0]$

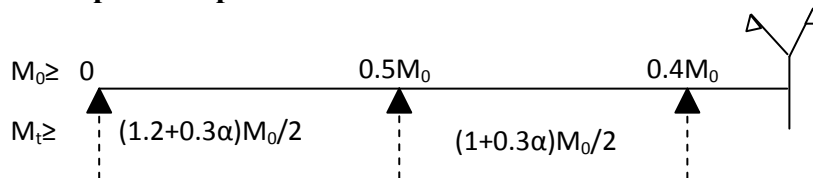
2 •  $\left\{ \begin{array}{l} M_t \geq (1+0.3 \alpha) \frac{M_0}{2} \dots\dots\dots \text{dans une travée intermédiaire} \\ M_t \geq (1.2+0.3 \alpha) \frac{M_0}{2} \dots\dots\dots \text{dans une travée de rive} \end{array} \right.$

**Les valeurs minimales des moments :**

- cas d'une poutre à deux travées :  $M_{0(1-2)} = \max (M_{01} ; M_{02})$



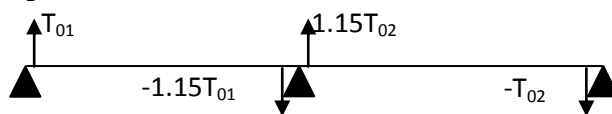
- cas d'une poutre à plusieurs travées :



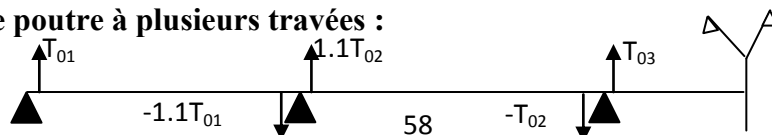
**Remarque :** Dans le cas où l'appui de rive est solidaire d'un poteau ou d'une poutre ; il convient de disposer sur cet appui des aciers supérieurs pour équilibrer un moment au moins égale à :  $M_a = -0.15M_0$

**Les efforts tranchants :**

- cas d'une poutre à deux travées :



- cas d'une poutre à plusieurs travées :



**Exemple de calcul par la méthode forfaitaire**

Plancher d'habitation (mettre la référence) : poutre de 5 travée

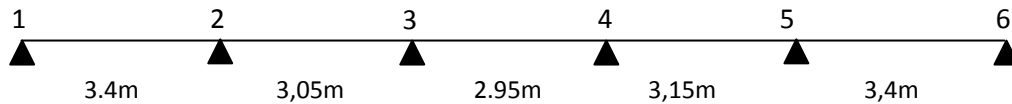
**a). Evaluation des charges :( charge sollicitée sur les poutrelles)****1 • plancher terrasse :**

figure I. 45:: Schéma statique de la poutre

Charge permanente : .....G = 5.71 KN/m<sup>2</sup>Charge d'exploitation : ..... Q = 1 KN/m<sup>2</sup>

$$\alpha = \frac{Q}{G+Q} = \frac{1}{1+5.71} = \mathbf{0.149}$$

$$(1+0.3\alpha) = (1+0.3 \times 0.149) = \mathbf{1.044}$$

$$(1+0.3\alpha)/2 = (1+0.3 \times 0.149)/2 = \mathbf{0.522}$$

$$(1.2+0.3\alpha)/2 = (1.2+0.3 \times 0.149)/2 = \mathbf{0.622}$$

**Calcul à l'état limite ultime :****Combinaison de charge** : ..... (Le calcul fait pour une bande de 65 cm)

$$Q_u = [1.35G + 1.5Q] \times 0.65$$

$$Q_u = 1.35 (5.71) + 1.5 (1) \times 0.65 = \mathbf{5.985 \text{ KN/ml}}$$

**Les moments isostatiques :**

$$\bullet M_{o(1-2)} = \frac{Q_u x l^2}{8} = \frac{5.985 \times (3.4)^2}{8} = \mathbf{8.648 \text{ KN.m}}$$

$$\bullet M_{o(2-3)} = \frac{Q_u x l^2}{8} = \frac{5.985 \times (3.05)^2}{8} = \mathbf{6.959 \text{ KN.m}}$$

$$\bullet M_{0(3-4)} = \frac{Q_U x l^2}{8} = \frac{5.985 x (2.95)^2}{8} = \mathbf{6.510 \text{ KN.m}}$$

$$\bullet M_{0(4-5)} = \frac{Q_U x l^2}{8} = \frac{5.985 x (3.15)^2}{8} = \mathbf{7.423 \text{ KN.m}}$$

$$\bullet M_{0(5-6)} = \frac{Q_U x l^2}{8} = \frac{5.985 x (3.4)^2}{8} = \mathbf{8.648 \text{ KN.m}}$$

• Les moments sur appuis :

$$M_{a1} = 0.15 M_{0(1-2)} = 0.15 x 8.648 = \mathbf{1.297 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a2} = 0.5 M_{0(1-2)} = 0.5 x 8.648 = \mathbf{4.324 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a3} = 0.4 M_{0(2-3)} = 0.4 x 6.959 = \mathbf{2.783 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a4} = 0.4 M_{0(4-5)} = 0.4 x 7.423 = \mathbf{2.969 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a5} = 0.5 M_{0(5-6)} = 0.5 x 8.648 = \mathbf{4.324 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a6} = 0.15 M_{0(5-6)} = 0.15 x 8.648 = \mathbf{1.297 \text{ KN.m}}$$

• Les moments en travée :

Travée (1-2): travée de rive

$$M_{t(1-2)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.05 (8.648) - (4.324 + 1.297)/2 = 6.269 \text{ KN.m} \\ (1.2 + 0.3 x 0.149) x 8.648 / 2 = 5.382 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(1-2)} = 6.269 \text{ KN.m}}$$

Travée (2-3): travée intermédiaire

$$M_{t(2-3)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.05 (6.959) - (2.783 + 4.324)/2 = 3.753 \text{ KN.m} \\ (1 + 0.3 x 0.149) x 6.959 / 2 = 3.632 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(2-3)} = 3.753 \text{ KN.m}}$$

**Travée (3-4):** travée intermédiaire

$$M_{t(3-4)}: \max \begin{cases} 1.05 (6.510) - (2.783+2.969)/2 = 3.959 \text{ KN.m} \\ (1+0.3 \times 0.149) \times 6.510/2 = 3.400 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(3-4)} = 3.959 \text{ KN.m}$$

**Travée (4-5):** travée intermédiaire

$$M_{t(4-5)}: \max \begin{cases} 1.05 (7.423) - (4.324+2.969)/2 = 4.147 \text{ KN.m} \\ (1+0.3 \times 0.149) \times 7.423/2 = 3.877 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(4-5)} = 4.147 \text{ KN.m}$$

**Travée (5-6):** travée de rive

$$M_{t(5-6)}: \max \begin{cases} 1.05 (8.648) - (4.324+1.297)/2 = 6.269 \text{ KN.m} \\ (1.2+0.3 \times 0.149) \times 8.648/2 = 5.382 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(5-6)} = 6.269 \text{ KN.m}$$

• **Calcul des efforts tranchants :**

$$T_{w(1-2)} = q_u L/2 = 5.985 \times 3.4/2 = 10.174 \text{ KN}$$

$$T_{e(1-2)} = 1.1 T_{w(1-2)} = 1.1 \times 10.174 = 11.191 \text{ KN}$$

$$T_{w(2-3)} = 1.1 q_u L/2 = 1.1 \times 5.985 \times 3.05/2 = 10.039 \text{ KN}$$

$$T_{e(2-3)} = q_u L/2 = 5.989 \times 3.05/2 = 9.127 \text{ KN}$$

$$T_{w(3-4)} = q_u L/2 = 5.985 \times 2.95/2 = 8.827 \text{ KN}$$

$$T_{e(3-4)} = q_u L/2 = 5.985 \times 2.95/2 = \mathbf{8.827 \text{ KN}}$$

$$T_{w(4-5)} = q_u L/2 = 5.985 \times 3.15/2 = \mathbf{9.426 \text{ KN}}$$

$$T_{e(4-5)} = 1.1 T_{w(4-5)} = 1.1 \times 9.426 = \mathbf{10.369 \text{ KN}}$$

$$T_{w(5-6)} = 1.1 q_u L/2 = 1.1 \times 5.985 \times 3.4/2 = \mathbf{11.191 \text{ KN}}$$

$$T_{e(4-5)} = q_u L/2 = 5.985 \times 3.4/2 = \mathbf{10.174 \text{ KN}}$$

**Calcul à l'état limite de service :**

**Combinaison de charge** : ..... (le calcul fait pour une bande de 65 cm)

$$q_s = (G+Q) \times 0.65 \quad \Rightarrow \quad q_s = (5.71+1) \times 0.65 = \mathbf{4.361 \text{ KN/m}}$$

**Moments isostatiques** : 
$$M_0 = \frac{q_s L^2}{8}$$

$$M_0(1-2) = 4.361 \times 3.4^2 / 8 = 6.301 \text{ KN.m}$$

$$M_0(2-3) = 4.361 \times 3.05^2 / 8 = 5.071 \text{ KN.m}$$

$$M_0(3-4) = 4.361 \times 2.95^2 / 8 = 4.743 \text{ KN.m}$$

$$M_0(4-5) = 4.361 \times 3.15^2 / 8 = 5.409 \text{ KN.m}$$

$$M_0(5-6) = 4.361 \times 3.4^2 / 8 = 6.301 \text{ KN.m}$$

**Moments sur appui** :

$$M_{a(1)} = 0.15 \times M_0(1-2) = 0.15 \times 6.301 = \mathbf{0.945 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a(2)} = 0.5 \times M_0(1-2) = 0.5 \times 6.301 = \mathbf{3.150 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a(3)} = 0.4 \times M_0(2-3) = 0.4 \times 5.071 = \mathbf{2.028 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a(4)} = 0.4 \times M_0(4-5) = 0.4 \times 5.409 = \mathbf{2.163 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a(5)} = 0.5 \times M_0(5-6) = 0.5 \times 6.301 = \mathbf{3.150 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a(6)} = 0.15 \times M_0(5-6) = 0.15 \times 6.301 = \mathbf{0.945 \text{ KN.m}}$$

Moments en travée:

**Travée (1-2):** travée de rive

$$\begin{aligned}
 \text{Mt}_{(1-2)} : \max & \left\{ \begin{array}{l} 1.05 (6.301) - (3.150+0.945)/2 = 4.568 \text{ KN.m} \\ (1.2+0.3 \times 0.149) \times 6.301/2 = 3.921 \text{ KN.m} \end{array} \right. \\
 & \mathbf{Mt}_{(1-2)} = \mathbf{4.568 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

**Travée (2-3):** travée intermédiaire

$$\begin{aligned}
 \text{Mt}_{(2-3)} : \max & \left\{ \begin{array}{l} 1.05 (5.071) - (2.028+3.150)/2 = 2.735 \text{ KN.m} \\ (1+0.3 \times 0.149) \times 5.071/2 = 2.648 \text{ KN.m} \end{array} \right. \\
 & \mathbf{Mt}_{(2-3)} = \mathbf{2.735 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

**Travée (3-4):** travée intermédiaire

$$\begin{aligned}
 \text{Mt}_{(3-4)} : \max & \left\{ \begin{array}{l} 1.05 (4.743) - (2.028+2.163)/2 = 2.898 \text{ KN.m} \\ (1+0.3 \times 0.149) \times 4.743 = 2.477 \text{ KN.m} \end{array} \right. \\
 & \mathbf{Mt}_{(3-4)} = \mathbf{2.898 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

**Travée (4-5):** travée intermédiaire

$$\begin{aligned}
 \text{Mt}_{(4-5)} : \max & \left\{ \begin{array}{l} 1.05 (5.409) - (3.150+2.163)/2 = 3.022 \text{ KN.m} \\ (1+0.3 \times 0.149) \times 5.409/2 = 2.825 \text{ KN.m} \end{array} \right. \\
 & \mathbf{M}_{(4-5)} = \mathbf{3.022 \text{ KN.m}}
 \end{aligned}$$

Travée (5-6): travée de rive

$$M_{t(5-6)} : \max \begin{cases} 1.05 (6.301) - (3.150 + 0.945) / 2 = 4.568 \text{ KN.m} \\ (1.2 + 0.3 \times 0.149) \times 6.301 / 2 = 3.921 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(5-6)} = 4.568 \text{ KN.m}$$

Diagrammes des moments et des efforts tranchants :

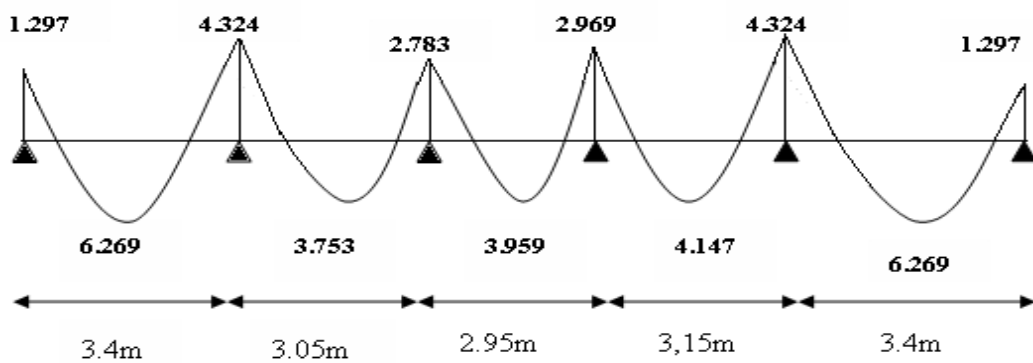


figure I. 46: Diagramme des moments à L'.ELU

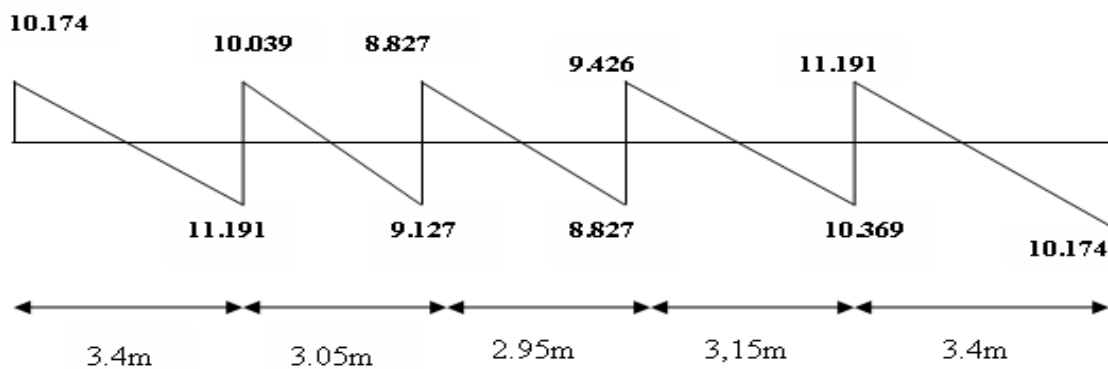


figure I. 47: Diagramme des efforts tranchants à L'.ELU



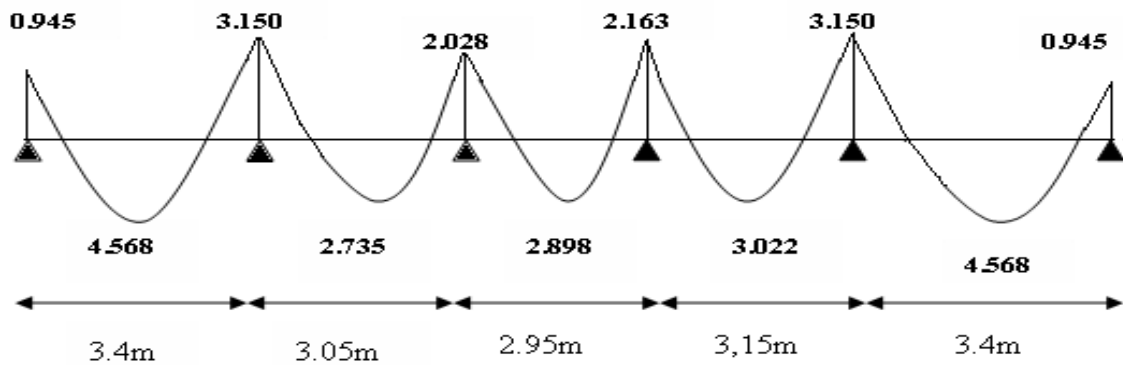


figure I. 48:: Diagramme des moments à l'E.L.S.

Détermination des armatures :

-le moment de la table de compression :

$$M_t = b \cdot h_0 \cdot f_{bc} \cdot (d - h_0/2) \dots \dots \dots \text{BAEL91}$$

$$M_t = 0,65 \cdot 0,04 \cdot 14,17 \cdot (0,18 - 0,02) \cdot 10^{-3} = 58,947 \text{ KN.m}$$

$M_t \geq M_{\max} \rightarrow$  Donc l'axe neutre se trouve dans la table de compression ; et la section sera calculée comme une section rectangulaire :  $b \times h = (65 \times 20) \text{ cm}^2$

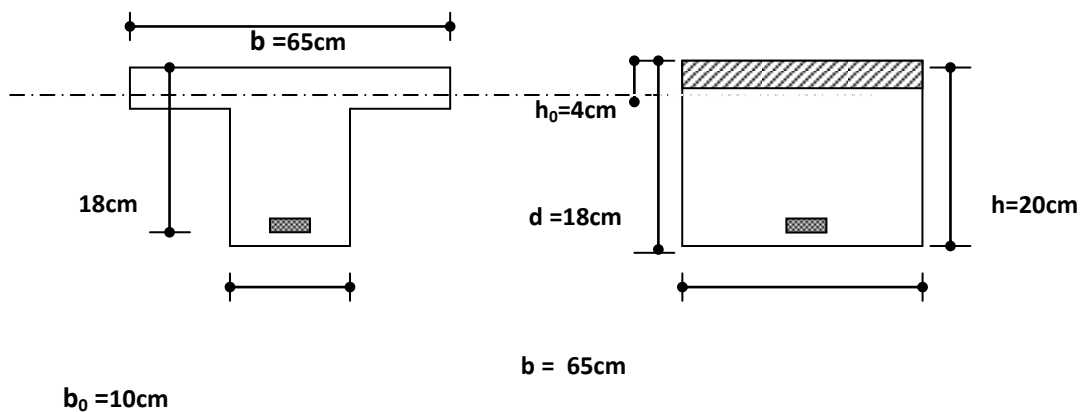


figure I. 49: Schéma de calcul des armatures

Pour le calcul on utilise les formules suivantes :

$$\mu = \frac{M_u}{b.d^2 \cdot f_{bc}}$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z \cdot \sigma_s}$$

$$A_{\min} = \frac{0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28}}{f_e}$$

Les résultats dans le tableau 8 :

Tableau I. 8: Résultats de calcul de la poutre à 5 travées

APPUIS ET TRAVEÈS	M <sub>U</sub> (KN.M)	B (CM)	D (CM)	M	A	Z (CM)	A <sub>S</sub> (CM <sup>2</sup> )	A <sub>MIN</sub>	A <sub>DOPTÉ</sub> (CM <sup>2</sup> )
1	1.297	10	18	0.0282	0,0358	17.742	0.210	0,22	<b>1T10=0,79</b>
1-2	6.269	65	18	0.0210	0,0265	17.809	1.011	1,413	<b>2T10=1,57</b>
2	4.324	10	18	0.0941	0.1237	17.109	0.726	0,22	<b>1T10=0,79</b>
2-3	3.753	65	18	0.0125	0.0158	17.886	0.602	1,413	<b>2T10=1,57</b>
3	2.783	10	18	0.0606	0.0781	17.437	0.458	0,22	<b>1T10=0,79</b>
3-4	3.959	65	18	0.0132	0.0166	17.880	0.636	1,413	<b>2T10=1,57</b>
4	2.969	10	18	0.0646	0.0835	17.398	0.490	0,22	<b>1T10=0,79</b>
4-5	4.147	65	18	0.0138	0.0174	17.874	0.666	1,413	<b>2T10=1,57</b>
5	4.324	10	18	0.0941	0.1237	17.109	0.726	0,22	<b>1T10=0,79</b>
5-6	6.269	65	18	0.0210	0.0265	17.809	1.011	1,413	<b>2T10=1,57</b>
6	1.297	10	18	0.0282	0.0358	17.742	0.021	0,22	<b>1T10=0,79</b>

Vérification à l'E.L.U :

- Condition de non fragilité :

- en travée :

$$A_{\min} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e = 0,23 \times 65 \times 18 \times 2,1 / 400 = \mathbf{1,413 \text{ cm}^2}$$

$$1,57 \text{ cm}^2 \geq 1,413 \text{ cm}^2$$

- sur appui :

$$A_{\min} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e = 0,23 \times 10 \times 18 \times 2,1 / 400 = \mathbf{0,22 \text{ cm}^2}$$

$$0,79 \text{ cm}^2 \geq 0,22 \text{ cm}^2$$

- Vérification contrainte tangentielle du béton :

$$T_{u_{\max}} = 11,191 \text{ KN}$$

\*fissuration non préjudiciable :

$$\bar{\tau}_u = \min(0,2 \cdot f_{c28} / \gamma_b; 4 \text{ MPA}) = 3,33 \text{ MPA}$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{b_0 \cdot d} = \frac{11,191 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,18} = 0,621 \text{ MPA}$$

$$\tau_u = 0,621 \text{ MPA} \leq \bar{\tau}_u = 3,33 \text{ MPA} \dots \dots \dots \text{CV}$$

- Calcul des Armatures transversale :

$$\phi_t = \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b_0}{10}; \phi_l\right) = \min(200/35; 100/10; 10) \text{ mm} = 5,71 \text{ mm}$$

On adopte un cadre  $\phi 6 \longrightarrow$  **1 cadre T6**

$$\Rightarrow A_t = 2 \text{ T } 6 = \mathbf{0,56 \text{ cm}^2}$$

- Espacement des armatures transversales:

$$S_t \leq \min(0,9 \cdot d; 40 \text{ cm}) = \min(0,9 \cdot 18; 40 \text{ cm}) = \mathbf{16,2 \text{ cm}}$$

On adopte: **S<sub>t</sub>=15cm**

**Vérification de la compression du béton vis avis de l'effort tranchant:**

**-sur appui de rive :**

$$\sigma_{bc} = \frac{2.T_u}{b_0 \cdot 0,9d} = 2x \frac{10.174}{0.1x0.9x0.18x1000} = 1,256MPA$$

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,8 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0.8x25}{1.5} = 13,33MPA$$

$$\Rightarrow \sigma_{bc} = 1,256MPA \leq \bar{\sigma}_{bc} = 13,33MPA \dots\dots\dots CV$$

**-Appui intermédiaire :**

$$\sigma_{bc} = \frac{2.T_u}{b_0 \cdot 0,9d} = \frac{2x11.191}{0.1x0.9x0.18x1000} = 1,381MPA$$

$$\sigma_{bc} = 1,381MPA \leq \bar{\sigma}_{bc} = 13,3MPA \dots\dots\dots CV$$

Vérification à l'E.L.S :

**-Vérification des contraintes :**

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} ; \quad \alpha \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$$

**En travée (5-6) :**  $\alpha=0,0265 ;$

$$\gamma = 6.269/4.568 = 1,372$$

$$(\gamma - 1)/2 + f_{c28}/100 = (1.372 - 1)/2 + 25/100 = 0,436$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,023 \leq 0,436 \dots\dots\dots CV$$

**Appui de rive :**  $\alpha = 0,0358$

$$\gamma = 1.297/0.945 = 1,372$$

$$(\gamma - 1)/2 + f_{c28}/100 \Rightarrow (1,372 - 1)/2 + 25/100 = 0,437$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,0358 < 0,437 \dots\dots\dots CV$$

**-Appui intermédiaire :**  $\alpha = 0,1237$

$$\gamma = 4,324/3.150 = 1,372$$

$$(\gamma - 1)/2 + f_{c28}/100 = (1,372 - 1)/2 + 25/100 = 0,436$$

$$\alpha = 0,1237 < 0,436 \dots\dots\dots CV$$

**Condition de la flèche :**

$$h/L \geq 1/22.5 \Rightarrow 0.2/3.4 = 0,0588 \geq 1/22.5 = 0,044 \dots \dots \dots CV$$

$$\frac{h}{L} \geq \frac{M_t}{15.M_0} \Rightarrow 0.20/3.4 = 0,0588 \geq 6.269/15 \times 8.648 = 0,0483 \dots \dots \dots CV$$

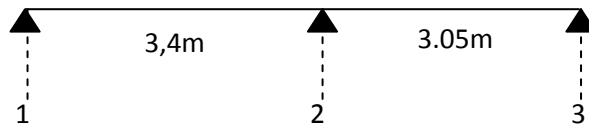
$$\frac{A}{b_0.d} \leq \frac{3,6}{f_e} \Rightarrow 1.57/10 \times 18 = 0,0087 \leq 3.6/400 = 0,009 \dots \dots \dots CV$$

⇒ Donc le calcul de la flèche est inutile

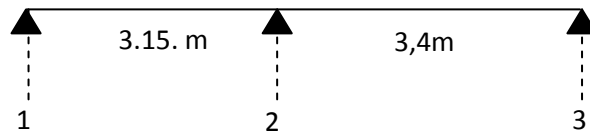
**2. Plancher étage courant :**

Dans ce plancher on à trois types des poutrelles :

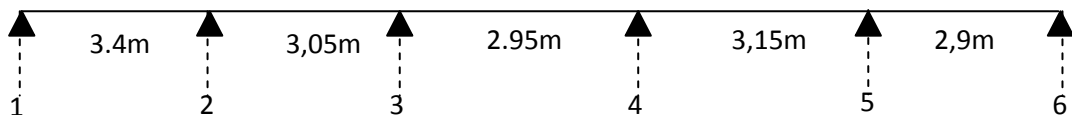
**Type « 01 »**



**Type « 02 »**



**Type «03 »**



-Calcul des constantes :

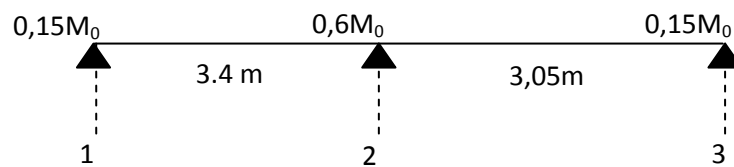
$$\alpha = \frac{Q}{Q+G} = \frac{1.5}{1.5+5.34} = 0.219$$

$$(1+0.3\alpha) = (1+0.3 \times 0.219) = 1.065$$

$$(1+0.3\alpha)/2 = (1+0.3 \times 0.219)/2 = 0.532$$

$$(1.2+0.3\alpha)/2 = (1.2+0.3 \times 0.219)/2 = 0.632$$

A.Type «01 »



a) Calcul à l'E.L.U :

**Combinaison de charge :** (Le calcul se fait pour une bande de  $b=65\text{cm}$ )

$$q_u = (1,35.G + 1,5.Q).b$$

$$= (1,35 \times 5,34 + 1,5 \times 1,5) \times 0,65 = \mathbf{6,148 \text{ KN/ml}}$$

Calcul les moments :

-Moment isostatique :  $M_0 = q_u.L^2/8$

$$L=3,4\text{m} ; M_{0(1-2)} = 6,148 \times (3,4)^2/8 = \mathbf{8,883 \text{ KN.m}}$$

$$L=3,05\text{m} ; M_{0(2-3)} = 6,148 \times (3,05)^2/8 = \mathbf{7,148 \text{ KN.m}}$$

-moment sur appui :

$$M_{a1} = 0,15M_{0(1-2)} = 0,15 \times 8,883 = \mathbf{1,332 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a2} = 0,6M_{0(1-2)} = 0,6 \times 8,883 = \mathbf{5,329 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a3} = 0,15M_{0(2-3)} = 0,15 \times 7,148 = \mathbf{1,072 \text{ KN.m}}$$

**-moment en travée :****Travée (1-2):** travée de rive

$$M_{t(1-2)} : \max \begin{cases} 1.065 (8.883) - (5.329 + 1.332)/2 = 6.136 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 8.883 = 5.614 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(1-2)} = \mathbf{6.136 \text{ KN.m}}$$

**Travée (2-3):** travée de rive

$$M_{t(2-3)} : \max \begin{cases} 1.065 (7.148) - (1.072 + 5.329)/2 = 4.417 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 7.148 = 4.523 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(2-3)} = \mathbf{4.417 \text{ KN.m}}$$

**-Calcul des efforts tranchants :**

$$T_{(1-2)}^w = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 3.4/2 = \mathbf{10.451 \text{ KN}}$$

$$T_{(1-2)}^e = 1,15 T_{(1-2)}^w = 1.15 \times 10.451 = \mathbf{12.018 \text{ KN}}$$

$$T_{(2-3)}^w = 1,15 q_u L/2 = 1.15 \times 6.148 \times 3.05/2 = \mathbf{10.782 \text{ KN}}$$

$$T_{(2-3)}^e = q_u L/2 = 6.148 \times 3.05/2 = \mathbf{9.375 \text{ KN}}$$

**b) Calcul à l'E.L.S:** (Le calcul ce fait pour une bande de  $b=65\text{cm}$ )

$$q_s = (Q + G) \cdot b = (5.34 + 1.5) \times 0.65 = \mathbf{4.446 \text{ KN/ml}}$$

**Calcul des moments :**

$$\mathbf{a-moment isostatique : } M_0 = q_s \cdot L^2/8$$

$$L=3.4\text{m} ; M_{0(1-2)} = 4.446 \times (3.4)^2/8 = \mathbf{6.424 \text{ KN.m}}$$

$$L=3,05\text{m}, M_{0(2-3)} = 4.446 \times (3.05)^2/8 = \mathbf{5.169 \text{ KN.m}}$$

**b -les moments sur appuis :**

$$M_{a1} = 0,15 M_{0(1-2)} = 0.15 \times 6.424 = \mathbf{0,963 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a2} = 0,60 M_{0(1-2)} = 0.6 \times 6.424 = \mathbf{3,854 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a3} = 0,15 M_{0(2-3)} = 0.15 \times 5.169 = \mathbf{0,7751 \text{ KN.m}}$$

c-Les moments en travées:

**Travée (1-2):** travée de rive

$$M_{t(1-2)} : \max \begin{cases} 1.065 (6.424) - (3.854+0.963)/2 = 4.438 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 6.424 = 4.059 \text{ KN.m} \end{cases}$$

**$M_{t(1-2)} = 4.438 \text{ KN.m}$**

**Travée (2-3):** travée de rive

$$M_{t(2-3)} : \max \begin{cases} 1.065 (5.169) - (3.584+0.775)/2 = 3.325 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 5.169 = 3.266 \text{ KN.m} \end{cases}$$

**$M_{t(2-3)} = 3.325 \text{ KN.m}$**

Diagrammes des moments et des efforts tranchants :

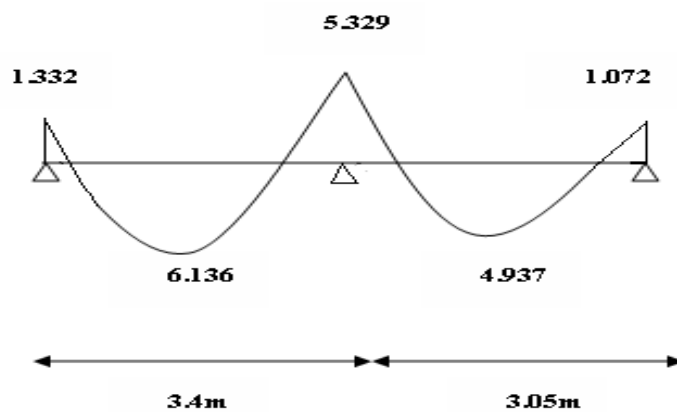


figure I. 50: Diagramme des moments à L'.ELU



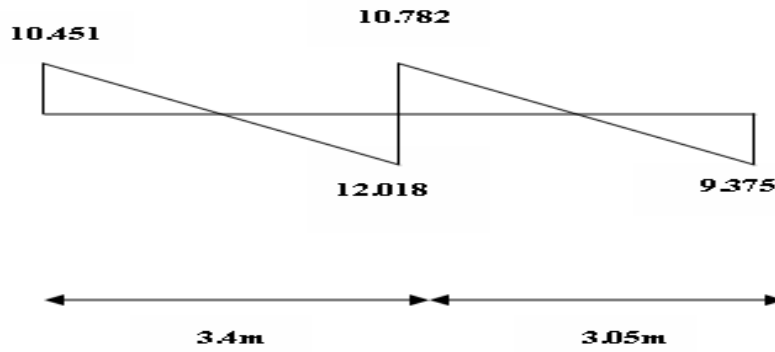


figure I. 51: Diagramme des efforts tranchants à l'ELU

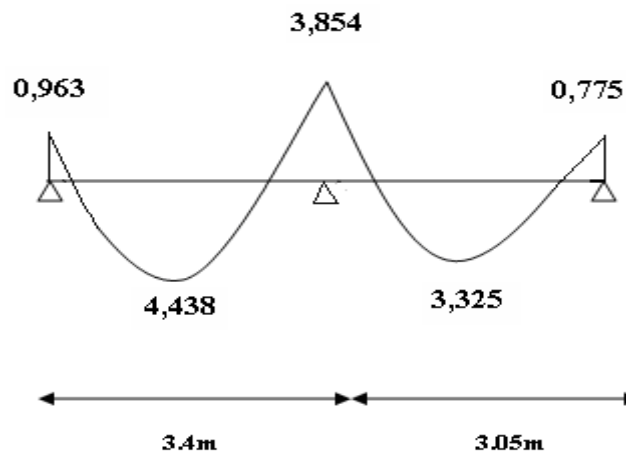


figure I. 52:: Diagramme des moments à l'E.L.S.

d) Ferrailage de la poutrelle « type01 »

-Le moment de la table de compression :

$$M_t = b \cdot h_0 \cdot f_{bc} \cdot (d - h_0/2) = 58,947 \text{ KN.m}$$

$M_t \geq M_{\max} \Rightarrow$  la section sera calculée comme une section rectangulaire  $b \cdot h = (65 \times 20) \text{ cm}^2$

Tableau de calcul 9 :

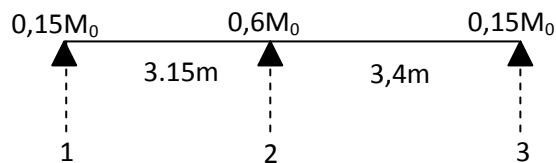
Tableau I. 9: Calcul de la poutre à 2 travées

section	$M_u$ (KN.m)	b (cm)	d (cm)	M	$\alpha$	z (m)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{smin}$	$A_{adoptée}$
1	1.332	10	18	0.0290	0.0368	0.1773	0.215	0.22	<b>1T10=0.79</b>
1-2	6.136	65	18	0.0205	0.0259	0.1781	0.990	1.413	<b>2T10=1.57</b>
2	5.329	10	18	0.1160	0.1545	0.1680	0.911	0.22	<b>2T10=1.57</b>
2-3	4.937	65	18	0.0165	0.0208	0.1785	0.794	1.413	<b>2T10=1.57</b>
3	1.072	10	18	0.0233	0.0295	0.1778	0.173	0.22	<b>1T10=0.79</b>

$$\mu = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} ; \quad \alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) ; \quad Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z \cdot \sigma_s} ; \quad A_{min} = \frac{0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28}}{f_e}$$

B.Type «02 »



a) Calcul à l'E.L.U :

**Combinaison de charge :** (Le calcul se fait pour une bande de b=65cm)

$$q_u = (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q) \cdot b$$

$$= (1,35 \times 5,34 + 1,5 \times 1,5) \times 0,65 = \mathbf{6,148 \text{ KN/ml}}$$

**Calcul les moments :**

**-Moment isostatique :**  $M_0 = q_u \cdot L^2 / 8$

$$L = 3,15 \text{ m} ; M_{0(1-2)} = 6,148 \times (3,15)^2 / 8 = \mathbf{7,625 \text{ KN.m}}$$

$$L = 3,4 \text{ m} , M_{0(2-3)} = 6,148 \times (3,4)^2 / 8 = \mathbf{8,883 \text{ KN.m}}$$

**-Moments sur appui :**

$$M_{a1}=0,15M_{0(1-2)}=0,15 \times 7.625= \mathbf{1.143 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a2}=0,6M_{0(1-2)}=0,6 \times 8.883= \mathbf{5.329 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a3}=0,15M_{0(2-3)}=0,15 \times 8.883= \mathbf{1.332 \text{ KN.m}}$$

**-Moments en travée :**

**Travée (1-2):** travée de rive

$$M_{t(1-2)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (7.625) - (1.143 + 5.329)/2 = 4.884 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 7.625 = 4.819 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(1-2)} = 4.884 \text{ KN.m}}$$

**Travée (2-3):** travée de rive

$$M_{t(2-3)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (8.883) - (1.332 + 5.329)/2 = 6.132 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 8.883 = 5.614 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(2-3)} = 6.132 \text{ KN.m}}$$

**-Calcul des efforts tranchants :**

$$T_{(1-2)}^w = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 3.15/2 = \mathbf{9.683 \text{ KN}}$$

$$T_{(1-2)}^e = 1,15 T_{(1-2)}^w = 1,15 \times 9.683 = \mathbf{11.135 \text{ KN}}$$

$$T_{(2-3)}^w = 1,15 q_u L/2 = 1,15 \times 6.148 \times 3.4/2 = \mathbf{12.019 \text{ KN}}$$

$$T_{(2-3)}^e = q_u L/2 = 6.148 \times 3.4/2 = \mathbf{10.451 \text{ KN}}$$

**b) Calcul à l'E.L.S:****Combinaison à l'E.L.S :**

$$q_s = (Q+G) \cdot b = (5.34 + 1.5) \times 0.65 = \mathbf{4.446 \text{ KN/ml}} \dots\dots\dots (\text{ pour un bande de } 0.65\text{m})$$

**Calcul les moments :**

-moment isostatique :  $M_0=q_s \cdot L^2/8$

$$L=3.15\text{m} ; M_{0(1-2)}= 4.446 \times (3.15)^2/8 = \mathbf{5.514 \text{ KN.m}}$$

$$L=3,4\text{m}, M_{0(2-3)}=4.446 \times (3.4)^2/8 = \mathbf{6.424 \text{ KN.m}}$$

-les moments sur appuis :

$$M_{a1}=0,15M_{0(1-2)}=0.15 \times 5.514 = \mathbf{0,827 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a2}=0,60M_{0(1-2)}=0.6 \times 6.424 = \mathbf{3,854 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a3}=0,15M_{0(2-3)}=0.15 \times 6.424 = \mathbf{0.963 \text{ KN.m}}$$

-Les moments en travées:

**Travée (1-2):** travée de rive

$$M_{t(1-2)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (5.514) - (0.827+3.854)/2 = 3.531 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 5.514 = 3.489 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(1-2)} = 3.531 \text{ KN.m}}$$

**Travée (2-3):** travée de rive

$$M_{t(2-3)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (6.424) - (0.963+3.854)/2 = 4.437 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 5.169 = 4.065 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(2-3)} = 4.437 \text{ KN.m}}$$

Diagrammes des moments et des efforts tranchants :

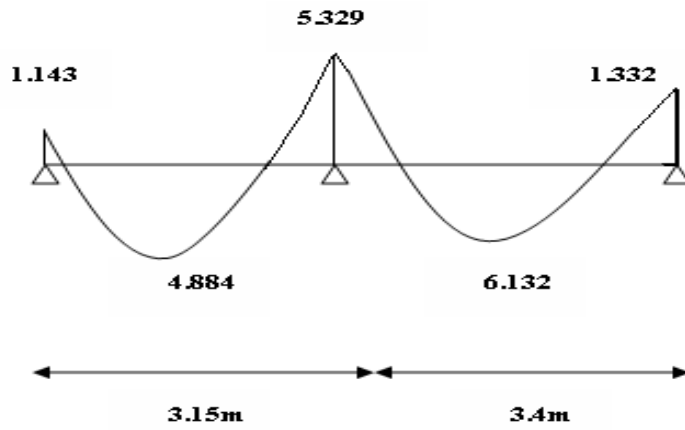


figure I. 53: Diagramme des moments à l'ELU

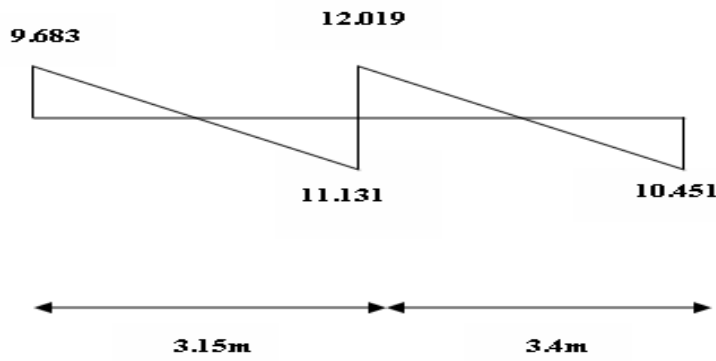


figure I. 54: Diagramme des efforts tranchants à l'ELU

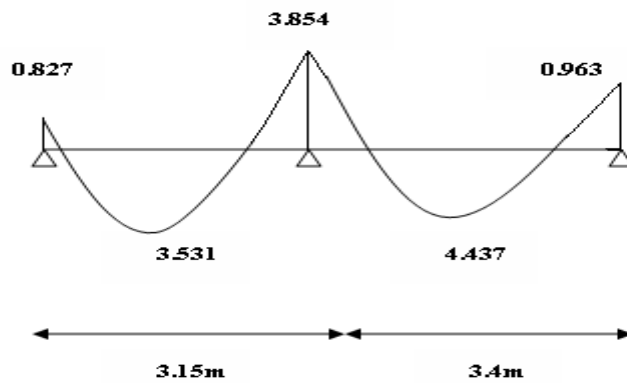


figure I. 55: Diagramme des moments à l'E.L.S.

Tableau I. 10: Résultats de calcul de la poutre type 2

SECTION	M <sub>U</sub> (KN.M)	B (CM)	D (CM)	M	A	Z (M)	A <sub>S</sub> (CM <sup>2</sup> )	A <sub>S</sub> MIN	A <sub>ADOPTÉE</sub>
1	1.143	10	18	0.0248	0.0315	0.1777	0.184	0.22	<b>1T10=0.79</b>
1-2	4.884	65	18	0.0163	0.0206	0.1785	0.786	1.413	<b>2T10=1.57</b>
2	5.329	10	18	0.1160	0.1546	0.1680	0.911	0.22	<b>2T10=1.57</b>
2-3	6.132	65	18	0.0205	0.0259	0.1781	0.989	1.413	<b>2T10=1.57</b>
3	1.332	10	18	0.0290	0.0368	0.177	0.215	0.22	<b>1T10=0.79</b>

C.Type « 03 » :

figure I. 56:

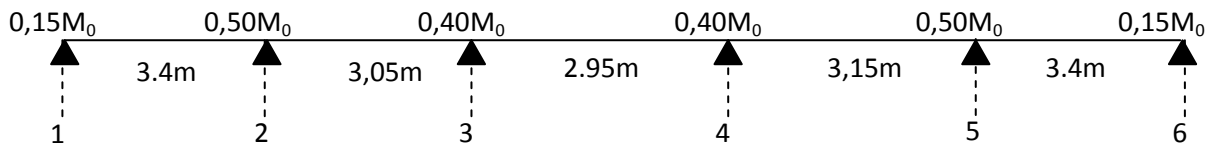


figure I. 57: Schéma de la poutre type 03

a) Calcul à l'E.L.U :

**Combinaison de charge :** (Le calcul se fait pour une bande de b=65cm)

$$q_u = (1,35.G + 1,5.Q).b$$

$$= (1,35 \times 5,34 + 1,5 \times 1,5) \times 0,65 = \mathbf{6,148 \text{ KN/ml}}$$

**Calcul les moments :**

**-Moment isostatique :**  $M_0 = q_u.L^2/8$

$$L=3,4\text{m} ; M_{0(1-2)} = 6,148 \times (3,4)^2/8 = \mathbf{8,883 \text{ KN.m}}$$

$$L=3,05\text{m} ; M_{0(2-3)} = 6,148 \times (3,05)^2/8 = \mathbf{7,148 \text{ KN.m}}$$

$$L=2,95\text{m} ; M_{0(3-4)} = 6,148 \times (2,95)^2/8 = \mathbf{6,687 \text{ KN.m}}$$

$$L=3,15\text{m} ; M_{0(4-5)}= 6.148 \times (3.15)^2/8 = \mathbf{7.625 \text{ KN.m}}$$

$$L=3.4 \text{ m}, M_{0(5-6)}= 6.148 \times (3.4)^2/8 = \mathbf{8.883 \text{ KN.m}}$$

Moments sur appui :

$$M_{a1}=0,15 M_{0(1-2)}=0.15 \times 8.883= \mathbf{1.332 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a2}=0,5 M_{0(1-2)}=0.5 \times 8.883= \mathbf{4.441 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a3}=0,4 M_{0(2-3)}=0.4 \times 7.148= \mathbf{2.859 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a4}=0,4 M_{0(4-5)}=0.4 \times 7.6253= \mathbf{3.050 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a5}=0,5 M_{0(5-6)}=0.5 \times 8.883= \mathbf{4.441 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a6}=0,15 M_{0(5-6)}=0.15 \times 8.883= \mathbf{1.332 \text{ KN.m}}$$

-Moments en travée:

**Travée (1-2):** travée de rive

$$M_{t(1-2)} : \max \begin{cases} 1.065 (8.883) - (4.441+1.332)/2 = 6.580 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 8.883 = 5.614 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$\mathbf{M_{t(1-2)} = 6.580 \text{ KN.m}}$$

**Travée (2-3) :** travée intermédiaire :

$$M_{t(2-3)} : \max \begin{cases} 1.065 (7.148) - (2.859+4.441)/2 = 3.968 \text{ KN.m} \\ 0.5328 \times 7.148 = 3.808 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$\mathbf{M_{t(2-3)} = 3.968 \text{ KN.m}}$$

**Travée (3-4) :** travée intermédiaire :

$$M_{t(3-4)} : \max \begin{cases} 1.065 (6.687) - (2.859+3.050)/2 = 4.172 \text{ KN.m} \\ 0.5328 \times 6.687 = 3.563 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$\mathbf{M_{t(3-4)} = 4.172 \text{ KN.m}}$$

**Travée (4-5):** travée intermédiaire :

$$M_{t(4-5)} : \max \begin{cases} 1.065 (7.625) - (4.441+3.050)/2 = 4.381 \text{ KN.m} \\ 0.5328 \times 7.625 = 4.054 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(4-5)} = 4.381 \text{ KN.m}$$

**Travée (5-6):** travée de rive :

$$M_{t(5-6)} : \max \begin{cases} 1.065 (8.883) - (1.332+4.441)/2 = 6.580 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 8.883 = 5.614 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(5-6)} = 6.580 \text{ KN.m}$$

-Calcul des efforts tranchants :  $T = q_u \cdot L/2$

$$T_{(1-2)}^w = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 3.4/2 = 10.451 \text{ KN}$$

$$T_{(1-2)}^e = 1.1 T_{(1-2)}^w = 1.1 \times 6.148 \times 3.4/2 = 11.496 \text{ KN}$$

$$T_{(2-3)}^w = 1.1 q_u \cdot L/2 = 1.1 \times 6.148 \times 3.05/2 = 10.313 \text{ KN}$$

$$T_{(2-3)}^e = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 3.05/2 = 9.375 \text{ KN}$$

$$T_{(3-4)}^w = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 2.95/2 = 9.068 \text{ KN}$$

$$T_{(3-4)}^e = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 2.95/2 = 9.068 \text{ KN}$$

$$T_{(4-5)}^w = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 3.15/2 = 9.683 \text{ KN}$$

$$T_{(4-5)}^e = 1.1 q_u \cdot L/2 = 1.1 \times 6.148 \times 3.15/2 = 10.651 \text{ KN}$$

$$T_{(5-6)}^w = 1.1 q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 3.4/2 = 11.496 \text{ KN}$$

$$T_{(5-6)}^e = q_u \cdot L/2 = 6.148 \times 3.4/2 = 10.451 \text{ KN}$$

b) Calcul à l'E.L.S:  $q_s = 4.446 \text{ KN.m}$

les moments sur appui :

$$M_{a1} = 0.15 M_{0(1-2)} = 0.15 \times 6.424 = 0.963 \text{ KN.m}$$

$$M_{a2} = 0.5 M_{0(1-2)} = 0.5 \times 6.424 = 3.212 \text{ KN.m}$$

$$M_{a3} = 0.4 M_{0(2-3)} = 0.4 \times 5.169 = 2.067 \text{ KN.m}$$

$$M_{a4} = 0.4 M_{0(4-5)} = 0.4 \times 5.514 = 2.205 \text{ KN.m}$$



$$M_{a5}=0,5 M_0 (5-6)=0,5 \times 6,424 = \mathbf{3.212 \text{ KN.m}}$$

$$M_{a6}=0,15 M_0 (5-6)=0,15 \times 6,424 = \mathbf{0.963 \text{ KN.m}}$$

-Moments en travée:

**Travée (1-2):** travée de rive :

$$M_{t(1-2)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (6.424) - (0.963 + 3.212) / 2 = 4.759 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 6.424 = 4.065 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(1-2)} = 4.759 \text{ KN.m}}$$

**Travée (2-3):** travée intermédiaire :

$$M_{t(2-3)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (5.169) - (3.212 + 2.067) / 2 = 2.869 \text{ KN.m} \\ 0.5328 \times 5.169 = 2.754 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(2-3)} = 2.869 \text{ KN.m}}$$

**Travée (3-4):** travée intermédiaire :

$$M_{t(3-4)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (4.836) - (2.067 + 2.205) / 2 = 3.018 \text{ KN.m} \\ 0.5328 \times 4.836 = 2.576 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(3-4)} = 3.018 \text{ KN.m}}$$

**Travée (4-5):** travée intermédiaire

$$M_{t(4-5)} : \max \left\{ \begin{array}{l} 1.065 (5.514) - (2.205 + 3.212) / 2 = 3.168 \text{ KN.m} \\ 0.5328 \times 5.514 = 2.937 \text{ KN.m} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{M_{t(4-5)} = 3.168 \text{ KN.m}}$$

Travée (5-6): travée de rive :

$$M_{t(5-6)} : \max \begin{cases} 1.065 (6.424) - (3.212+0.963)/2 = 4.759 \text{ KN.m} \\ 0.632 \times 6.424 = 4.065 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$M_{t(5-6)} = 4.759 \text{ KN.m}$$

Diagrammes des moments et efforts tranchants :

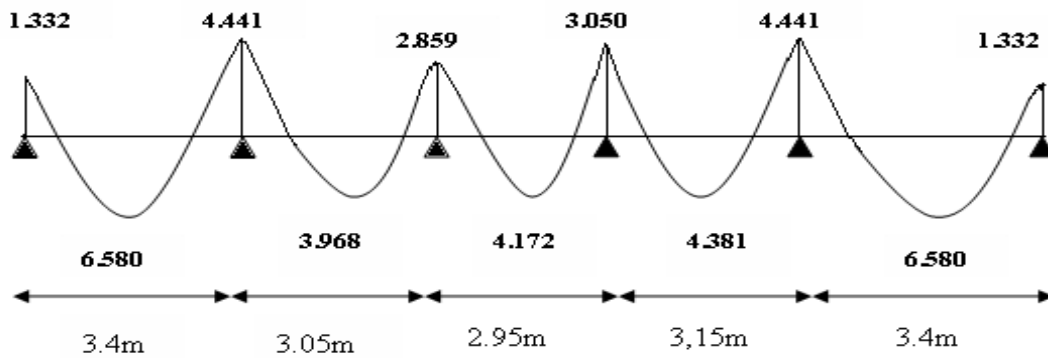


figure I. 58: Diagramme des moments à L'.ELU

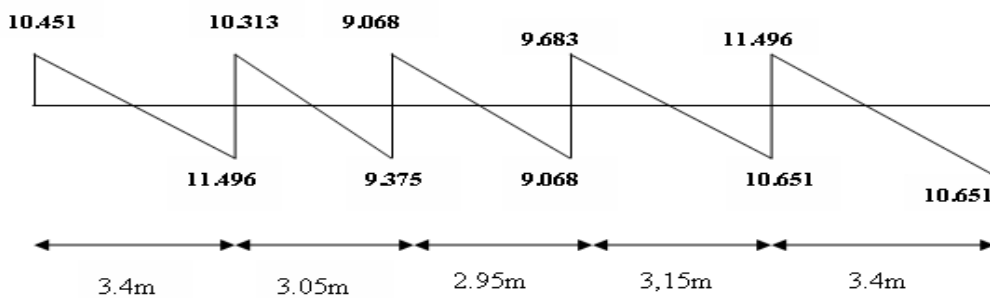


figure I. 59: Diagramme des efforts tranchants à L'.ELU

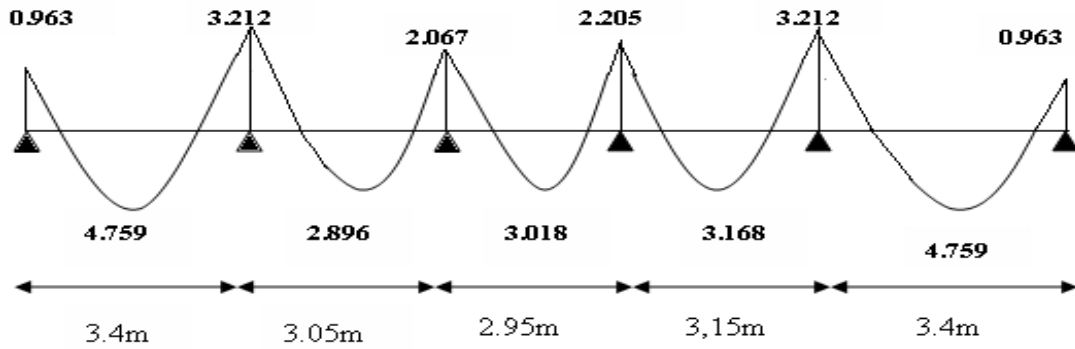


figure I. 60: Diagramme des moments à l'E.L.S.

Détermination des armatures :

-le moment de la table de compression :

$$M_t = b \cdot h_0 \cdot f_{bc} \cdot (d - h_0/2) \dots \dots \dots \text{BAEL91}$$

$$M_t = 0,65 \cdot 0,04 \cdot 14,17 \cdot (0,18 - 0,02) \cdot 10^{-3} = \mathbf{58,947 \text{ KN.m}}$$

$M_t \geq M_{\max} \rightarrow$  Donc l'axe neutre se trouve dans la table de compression ; et la section sera calculée comme une section rectangulaire :  $b \times h = (65 \times 20) \text{ cm}^2$

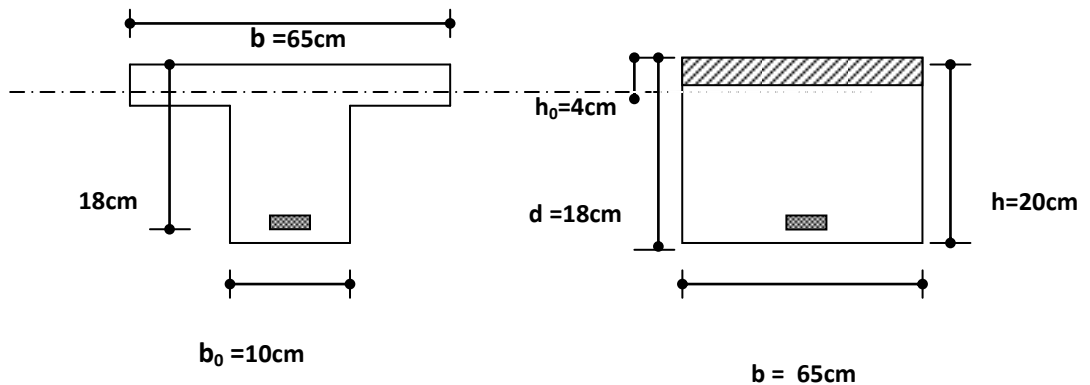


figure I. 61: Schéma de calcul des armatures à l'ELU

pour le calcul on utilise les formules suivantes :

$$\mu = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} \quad ; \quad \alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) \quad ; \quad Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z \cdot \sigma_s} \quad ; \quad A_{\min} = \frac{0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28}}{f_e}$$

Les résultats dans le tableau :

Tableau I. 11: Résultats du ferrailage de la poutre type 3

Appuis et traveès	M <sub>u</sub> (KN.m)	b (cm)	d (cm)	μ	α	Z (cm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>min</sub>	A <sub>dopté</sub> (cm <sup>2</sup> )
1	1.332	10	18	0.0290	0.0368	0.1773	0.215	0.22	<b>1T10=0,79</b>
1-2	6.580	65	18	0.0220	0.0278	0.1779	1.062	1.413	<b>2T10=1,57</b>
2	4.441	10	18	0.0967	0.1274	0.1708	0.747	0.22	<b>1T10=0,79</b>
2-3	3.968	65	18	0.0132	0.0167	0.1787	0.638	1.413	<b>2T10=1,57</b>
3	2.859	10	18	0.0622	0.0804	0.1742	0.471	0.22	<b>1T10=0,79</b>
3-4	4.172	65	18	0.0139	0.0175	0.1787	0.745	1.413	<b>2T10=1,57</b>
4	3.050	10	18	0.0664	0.0859	0.1738	0.504	0.22	<b>1T10=0,79</b>
4-5	4.381	65	18	0.0146	0.0184	0.1786	0.704	1.413	<b>2T10=1,57</b>
5	4.441	10	18	0.0967	0.1274	0.1708	0.747	0.22	<b>1T10=0,79</b>
5-6	6.580	65	18	0.0220	0.0278	0.1779	1.062	1.413	<b>2T10=1,57</b>
6	1.332	10	18	0.0290	0.0368	0.1773	0.215	0.22	<b>1T10=0,79</b>

Vérification à l'E.L.U :

-condition de non fragilité :

**- en travée :**

$$A_{\min} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e = 0.23 \times 65 \times 18 \times 2.1 / 400 = \mathbf{1,413 \text{ cm}^2}$$

$$1.57 \text{ cm}^2 \geq 1.413 \text{ cm}^2 \quad \dots\dots\dots \mathbf{CV}$$

**-sur appui :**

$$A_{\min} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_c = 0,23 \times 10 \times 18 \times 2,1 / 400 = \mathbf{0,22 \text{ cm}^2}$$

$$0,79 \text{ cm}^2 \geq 0,22 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \mathbf{CV}$$

**-Vérification contrainte tangentielle du béton :**

$$T_{u_{\max}} = 11,496 \text{ KN}$$

**\*fissuration non préjudiciable :**

$$\bar{\tau}_u = \min(0,2 \cdot f_{c28} / \gamma_b; 4 \text{ MPA}) = 3,33 \text{ MPA}$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{b_0 \cdot d} = \frac{11,496 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,18} = 0,638 \text{ MPA}$$

$$\tau_u = 0,638 \text{ MPA} \leq \bar{\tau}_u = 3,33 \text{ MPA} \dots\dots\dots \mathbf{CV}$$

**-Calcul des Armatures transversale :**

$$\phi_t = \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b_0}{10}; \phi_l\right) = \min(200/35; 100/10; 10) \text{ mm} = 5,71 \text{ mm}$$

On adopte un cadre  $\phi 6 \longrightarrow \mathbf{1 \text{ cadre T6}}$

$$\Rightarrow \mathbf{A_t = 2 \text{ T 6} = 0,56 \text{ cm}^2}$$

**-Espacement des armatures transversales:**

$$S_t \leq \min(0,9 \cdot d; 40 \text{ cm}) = \min(0,9 \cdot 18; 40 \text{ cm}) = \mathbf{16,2 \text{ cm}}$$

On adopte:  $\mathbf{S_t = 15 \text{ cm}}$

**Vérification de la compression du béton vis avis de l'effort tranchant:**

**-sur appui de rive :**

$$\sigma_{bc} = \frac{2 \cdot T_u}{b_0 \cdot 0,9d} = 2 \times \frac{10,451}{0,1 \times 0,9 \times 0,18 \times 10^3} = 1,290 \text{ MPA}$$

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,8 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,8 \times 25}{1,5} = 13,33 \text{ MPA}$$

$$\Rightarrow \sigma_{bc} = 1,290 \text{ MPA} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 13,33 \text{ MPA} \dots\dots\dots \mathbf{CV}$$

**-Appui intermediaire :**

$$\sigma_{bc} = \frac{2.T_u}{b_0.0,9d} = \frac{2 \times 11.496}{0.1 \times 0.9 \times 0.18 \times 10^3} = 1,419 \text{MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 1,419 \text{MPa} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 13,3 \text{MPa} \dots\dots\dots \text{CV}$$

Vérification à l'E.L.S :

**-Vérification des contraintes :**

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} ; \quad \alpha \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$$

**En travée (5-6) :**  $\alpha = 0,0278 ;$

$$\gamma = 6.580 / 4.759 = 1,382$$

$$(\gamma - 1) / 2 + f_{c28} / 100 = (1.382 - 1) / 2 + 25 / 100 = 0,441$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,0278 \leq 0,441 \dots\dots\dots \text{CV}$$

**Appui de rive :**  $\alpha = 0,0368$

$$\gamma = 1.332 / 0.963 = 1,383$$

$$(\gamma - 1) / 2 + f_{c28} / 100 \Rightarrow (1,383 - 1) / 2 + 25 / 100 = 0,442$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,0368 \leq 0,442 \dots\dots\dots \text{CV}$$

**-Appui intermédiaire :**  $\alpha = 0,1274$

$$\gamma = 4,441 / 3.212 = 1,382$$

$$(\gamma - 1) / 2 + f_{c28} / 100 = (1,382 - 1) / 2 + 25 / 100 = 0,441$$

$$\alpha = 0,1274 < 0,441 \dots\dots\dots \text{CV}$$

Condition de la flèche :

$$h/L \geq 1/22.5 \Rightarrow 0.2 / 3.4 = 0,0588 \geq 1 / 22.5 = 0,044 \dots\dots\dots \text{CV}$$

$$\frac{h}{L} \geq \frac{M_t}{15.M_0} \Rightarrow 0.20 / 3.4 = 0,0588 \geq 6.580 / 15 \times 8.883 = 0,0493 \dots\dots\dots \text{CV}$$

$$\frac{A}{b_0.d} \leq \frac{3,6}{f_e} \Rightarrow 1.57 / 10 \times 18 = 0,0087 \leq 3.6 / 400 = 0,009 \dots\dots\dots \text{CV}$$

$\Rightarrow$  Donc le calcul de la flèche est inutile

**ferrailage des planchers :**

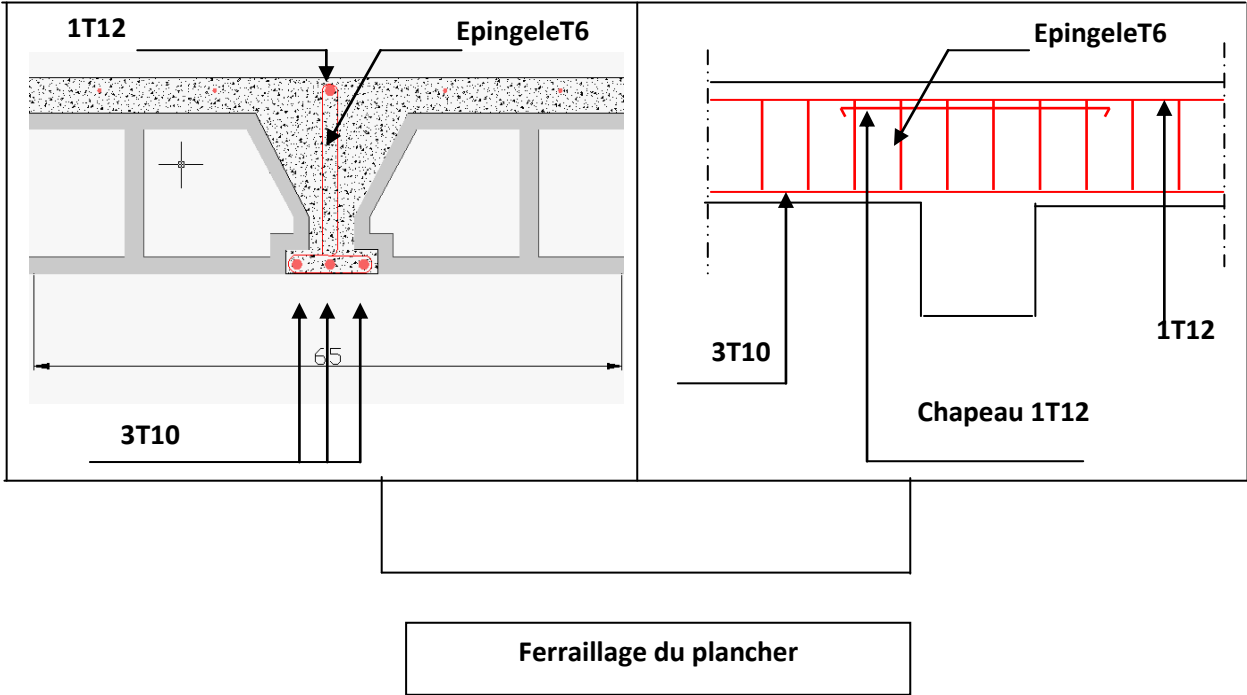


figure I. 62: ferrailage du planchers

**CONCLUSION : relative au calcul de plancher à corps creux (Référence Projet fin d'étude youcfi abdel salam école tp kouba 2006 )**

Nous avons jugé opportun d'illustrer cette partie bibliographique par cet exemple de calcul de plancher à corps creux par la méthode forfaitaire, qui est une méthode généralisée dans le calcul de béton armé (calcul de ferrailage) des planchers à surcharge modérée. Cette méthode est simple mais elle nécessite la vérification des conditions d'application.

Ce n'est pas la seule méthode appliquée dans le calcul des planchers, mais nous jugeons qu'elle a le mérite d'être rappelée pour raison de sa simplicité et de la généralisation de son application dans les bureaux d'études pour les planchers en béton armé.

Par ailleurs elle peut être appliquée dans les autres types de planchers dans la détermination des éléments de réduction (RDM) pour les autres types de planchers (en bois, en métal, mixte ...).



**Chapitre II**  
**Etanchéité Des**  
**Planchers Des**  
**Constructions**

## **II.1.INTRODUCTION**

Le principe fondamental de l'étanchéité saharienne est l'utilisation optimale des matériaux localement disponibles. Il consiste à poser une chape en mortier bâtard (mélange de ciment et chaux) comme couche d'étanchéité et une couche de matériaux locaux (béton de plâtre, béton de pouzzolane, argile, tuf, sable, mâchefer, etc.) comme couche d'isolation.

Sur la base de ce principe, ont été élaboré les règles techniques pour la conception et la réalisation de l'isolation et de l'étanchéité des toitures en zones sahariennes. L'application de ces règles est entrée en vigueur par arrêté Ministériel n° 27 du 14 février 1988. Par la suite, le champ d'application de ces règles a été étendu à d'autres wilayas et communes du pays par le nouvel Arrêté Ministériel du 04 Août 1986.

Après plus de seize années d'application de ces règles, il a été jugé utile et nécessaire de procéder à leur révision. Pour ce faire, la démarche est appuyée par la réalisation d'une mission d'enquête préliminaire menée sur le terrain afin de disposer de toutes les informations utiles permettant un renforcement et une amélioration des règles existantes.

A cet effet, il a aussi été établi un questionnaire adressé au différents intervenants dans la conception, le suivi et l'exécution des travaux de réalisation d'ouvrages notamment de l'étanchéité et ce, afin de recueillir un maximum de données sur la tenue et le comportement de ce type d'étanchéité appliquée en zones sahariennes. L'ensemble de ces actions ont abouti à dresser un bilan général de la situation quant à l'état et au comportement de cette étanchéité sur les ouvrages et ont donc servi de base à la révision de ces règles.

Ainsi, le présent document prend en compte les résultats du travail d'investigation approfondi entrepris in situ. Pour rappel, les missions menées sur le terrain qui ont ciblé toutes les wilayas du Sud où l'étanchéité saharienne a été exécutée depuis la promulgation des règles de 1986 avaient pour objectif de dresser un état des lieux du comportement de l'étanchéité saharienne conçue et réalisée sur la base des règles de 1986 et recueillir les avis des techniciens sur le terrain (BET, Entreprises, Maître d'Ouvrage, Contrôleurs).

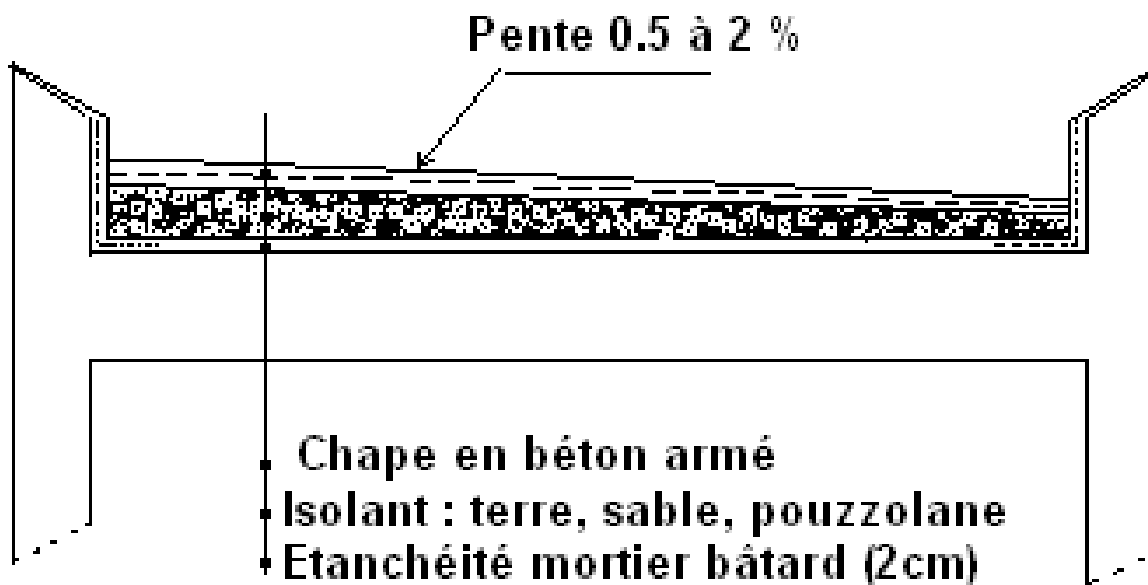
Le présent document final est à percevoir comme une révision des anciennes règles techniques existantes élaborées en 1986 par le CTC. Cette révision comporte des dispositions et recommandations de mise en œuvre de cette étanchéité revues et améliorées qui sont communément applicables aux wilayas et communes du Sud du pays telles que définies par le dernier arrêté.

## II.2.DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document ci-après qui définit les recommandations à respecter concernant la conception et la réalisation d'isolation et d'étanchéité des toitures, s'applique aux zones à fort ensoleillement et à faible pluviométrie et hygrométrie.

Il concerne les toitures terrasses en béton armé des ouvrages de types équipements publics et logements.

L'étanchéité de ces toitures est assurée par une couche de mortier bâtard de deux centimètres (02 cm). L'isolation thermique est constituée par un matériau assurant une inertie thermique, posée de manière à donner une pente de 0.5 à 2 %, ou par lame d'air ventilée. Sur cette couche est appliquée une chape en béton armé ou dallage, ou tout autre couche de mortier bâtard selon que la terrasse est accessible ou non. Un schéma ce principe d'étanchéité est donné en figure 1.



- ✓ figure I. 63: Principe d'étanchéité saharienne (*RPA99 version 2003 ; Document technique réglementaire D.T.R. E4 - 1 travaux étanchéité toitures terrasses et Inclinée*)

**Commentaire :**

Les toitures particulières de type terrasses jardin ou autres ne sont pas pris en considération. Il en est de même des ouvrages dits « techniques », tels que : centraux téléphoniques, postes transformateurs, etc.,...) et des toitures terrasses réalisées en matériaux autres que le béton.

**II.3.CLASSIFICATION DES TOITURES**

- Toitures terrasses plates accessibles : la pente est comprise entre 0.5 et 2% ; ces toitures recevront un revêtement de type carrelage, dallages ou autres permettant la circulation.
- Toitures terrasses inaccessibles : elles peuvent être plates ou inclinées.
- Toitures inclinées, en voûtes ou en coupoles.

**II.4.ISOLATION THERMIQUE**

L'isolation thermique des toitures, en zone saharienne où les écarts de températures sont élevés, est essentielle car elle permet d'éviter les désordres dans les planchers du plus haut niveau et d'assurer un confort thermique à l'intérieur des locaux. Elle peut être assurée par :

- un matériau assurant l'inertie thermique (terre, sable, granulats,...),
- un système à circulation d'air (double toit),
- une combinaison des deux.

**Commentaire :**

Il est admis de supprimer l'isolation thermique sur des petits ouvrages dont les dimensions entre joints sont limitées à environ 10 m et ne nécessitant pas de confort thermique.

**II.5.CONCEPTION DES TOITURES TERRASSES**

Les toitures terrasses qu'elles soient accessibles ou non, peuvent être conçues de deux manières :

- Les toitures terrasses avec isolation,
- Les toitures terrasses sans isolation

**II.5.1. Toitures terrasses sans isolation**

Il est distingué deux cas de figures :

- Toitures plates inaccessibles.
- Toitures plates accessibles.

### II.5.1.1. Toitures plates inaccessibles

Il s'agit de terrasses dont la superficie est inférieure ou égale à 100 m<sup>2</sup>.

L'étanchéité sera assurée par une chape en mortier bâtard de 2 cm d'épaisseur qui sera par la suite, badigeonner à la chaux (figure 2).

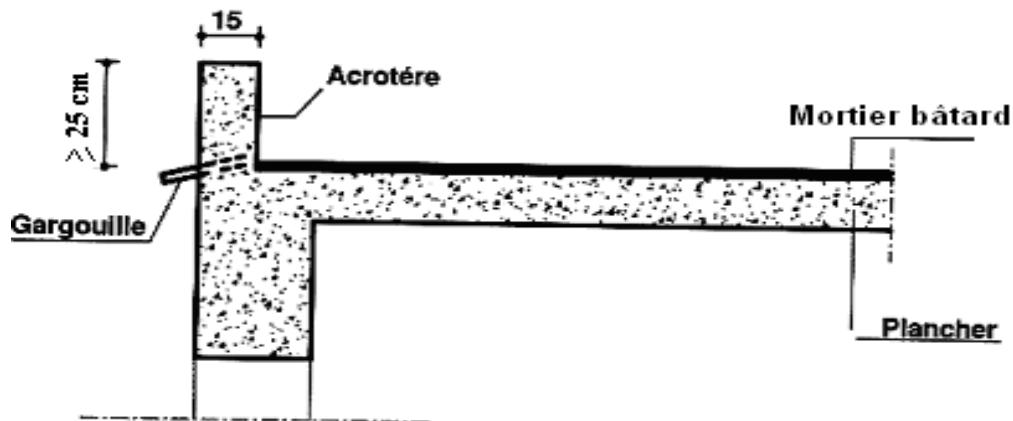


figure I. 64: Exemple de toiture inaccessible en béton

#### Commentaire :

Les superficies de terrasses inférieures à 100 m<sup>2</sup> sont peu sensibles aux effets des écarts de température et aux fissurations.

La couche de mortier bâtard permet aussi d'assurer une parfaite planéité.

Le badigeonnage à la chaux améliore le comportement de l'étanchéité en minimisant les chocs thermiques et ce, grâce à la couleur blanche de la chaux qui permet de réfléchir le rayonnement solaire.

### II.5.1.2. Toitures plates accessibles

L'accessibilité à ces toitures est assurée par la pose d'un revêtement en dure du type carrelage ou dallage.

L'étanchéité sera identique à celle décrite à l'article 4.1.1.

## II.5.2. TOITURES TERRASSES AVEC ISOLATION

Comme dans le cas des toitures terrasses sans isolation, on distingue deux cas de figures :

1. Toitures plates inaccessibles.
2. Toitures plates accessibles.

### II.5.2.1. Toitures plates inaccessibles

L'isolation de ces toitures peut être obtenue soit, par inertie thermique soit par une lame d'air ventilée. L'étanchéité sera identique à celle décrite à l'article 4.1.1.

#### ▪ Isolation par inertie thermique (figure 3)

L'isolation thermique sera constituée par un matériau assurant une inertie thermique, par utilisant des ressources disponibles localement, à savoir, la terre, le sable, le tuf ou la pouzzolane. Les caractéristiques thermiques de certains granulats lourds et légers sont données en annexe 3.

Dans le cas où le matériau isolant utilisé est du sable, ce dernier doit être stabilisé. Ceci peut s'effectuer en disposant sur la couche de sable soit, une couche de gravier, un lait de chaux ou une légère couche en terre damée (2 cm).

L'épaisseur de la couche de mortier bâtard (en chaux et ciment), située au-dessus de la couche d'isolation thermique aura une épaisseur minimale de 5 cm. Celle-ci doit être réalisée en deux couches successives de 2,5 cm chacune et entre lesquelles est placé un treillis soudé (T.S).

Ce dernier est inséré après durcissement complet de la première couche.

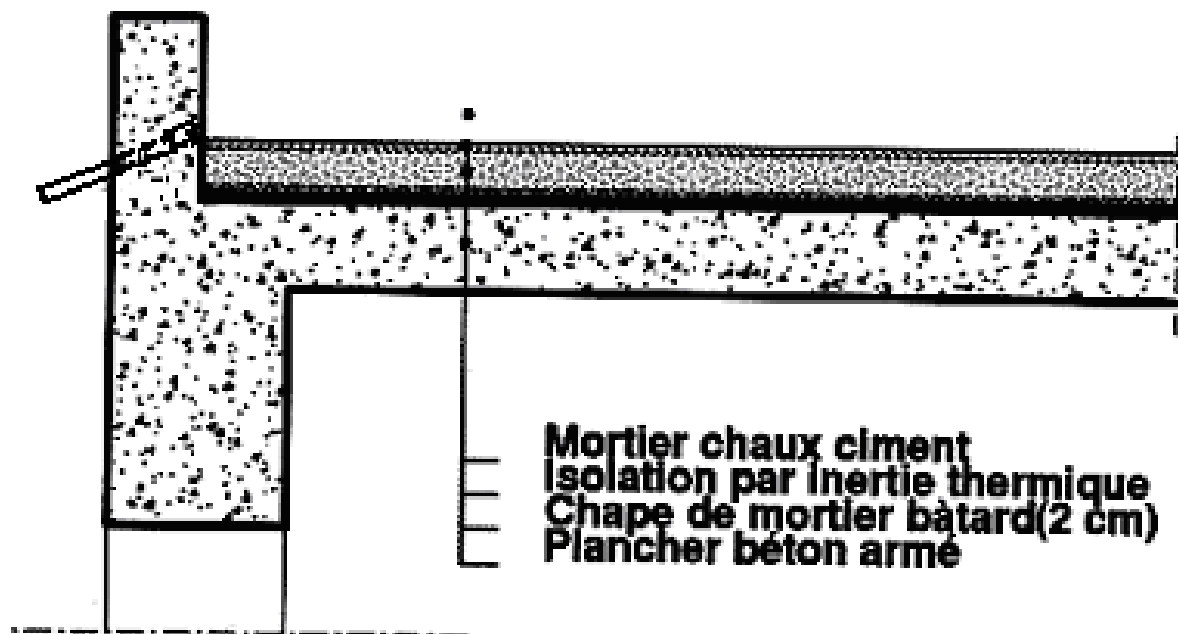


figure I. 65: Toiture terrasses inaccessibles avec isolation par inertie thermique

### Commentaire

La stabilisation de la couche d'isolation thermique permet d'empêcher le matériau isolant de se mélanger au mortier bâtard et qu'il n'absorbe une partie de son eau.

Le rôle du treillis soudé est d'empêcher sinon, minimiser les fissures sur la dernière couche en mortier bâtard.

L'épaisseur minimale de 5 cm de la couche située au-dessus de l'isolation thermique permet de supporter les charges d'exploitation lors des opérations d'entretien et de réparation

#### ▪ Isolation par lame d'air ventilée

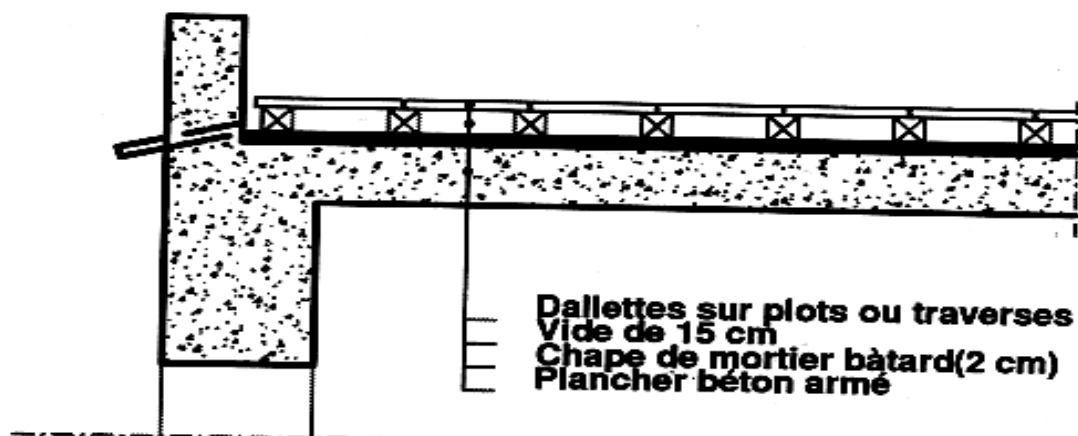
Le principe de cette isolation consiste à créer une lame d'air de 15 cm d'épaisseur, ventilée par effet thermique. Ce système d'isolation est réalisé en rapportant une couverture secondaire (figure 4). Celle-ci, par l'intermédiaire de traverses, prend appui sur des plots.

Cette couverture secondaire doit être conçue de manière à pouvoir résister à tout effort d'arrachement dus aux vents.

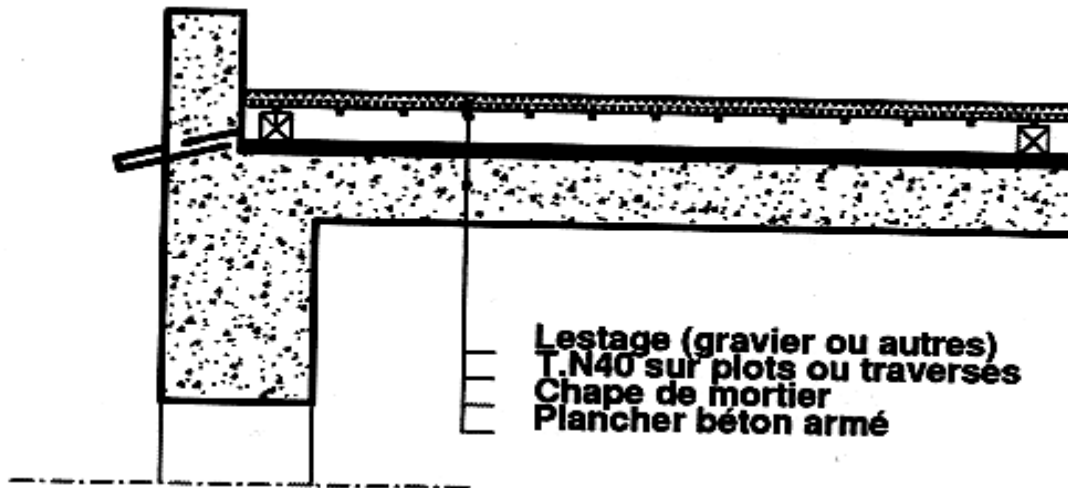
Les plots et les traverses devront être solidaires de la dalle en béton.

Les plots doivent présenter une section minimale d'appui de 35 cm<sup>2</sup> et avoir une hauteur d'au moins 15 cm.

Les traverses ne seront admises que dans un seul sens et doivent avoir une largeur minimale d'appui de 5 cm



- ✓ a : Couverture secondaire en dalle (RPA99 version 2003 ; Document technique réglementaire D.T.R. E4 - 1 travaux étanchéité toitures terrasses et Incliné)



b : Couverture secondaire en bac acier

figure I. 66: Exemples de toiture terrasse avec isolation par lame d'air ventilée

#### Commentaire :

La couverture secondaire peut être en dalles, en plaques d'éternit, en bac acier ou autres matériaux similaires.

Les plots peuvent être en béton, en plastique ou en bois leur répartition est fonction de la nature de la couverture secondaire.

Les traverses peuvent être maçonnées et leur espacement est fonction de la nature de la couverture secondaire.

#### II.5.2.2. Toitures plates accessibles (figures 5 et 6)

Elles peuvent être isolées de deux façons, soit par inertie thermique, soit par lame d'air ventilée.

##### Isolation par inertie thermique

La conception avec isolation par inertie thermique sera identique à celle de l'article 4.2.1.1, mais moyennant l'application d'une chape de béton armé ou dallage d'épaisseur de 5 cm minimum.

- **Isolation par lame d'air ventilée**

Les toitures à double toit ne peuvent être accessibles que dans le cas de dallage en béton conçu à cet effet.



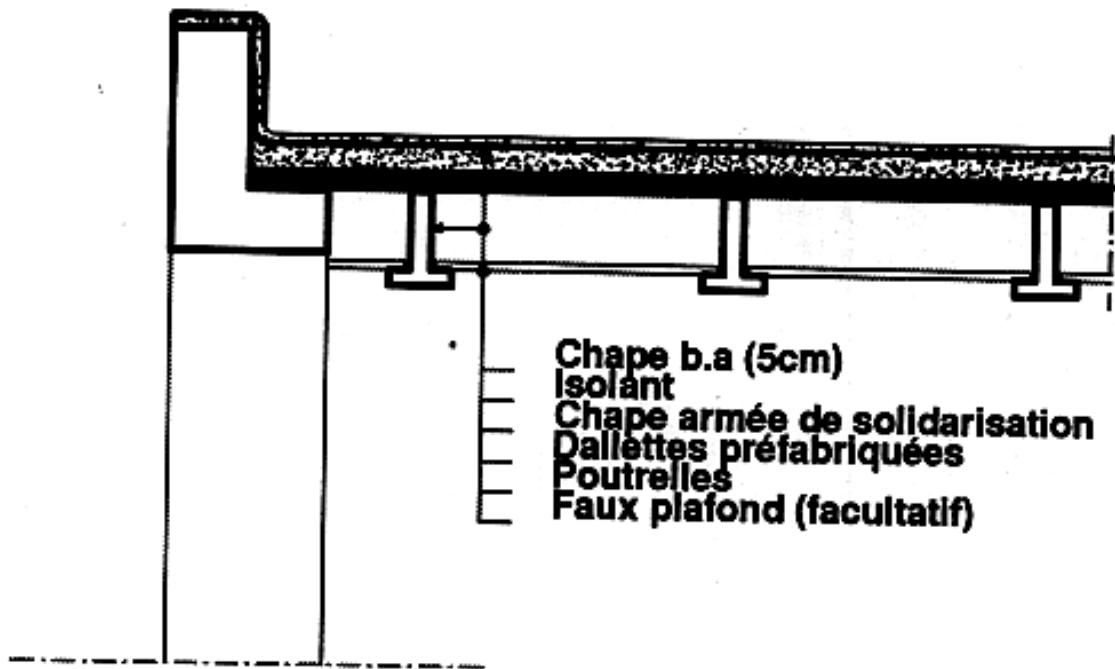


Figure 60 : Toiture terrasse accessible en béton

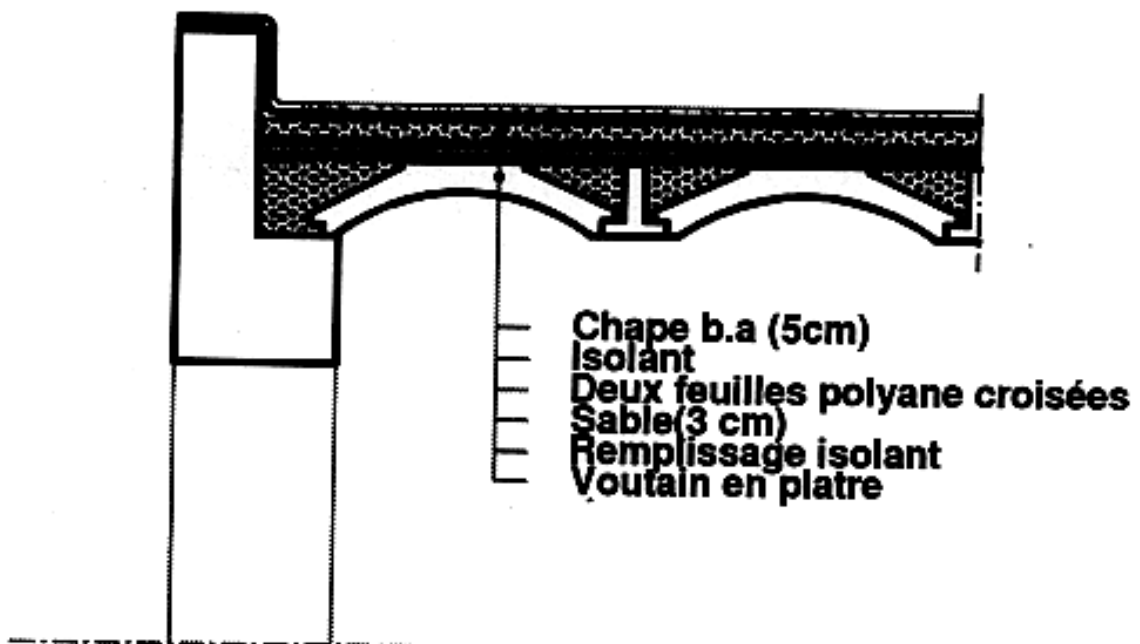


figure I. 67: Toiture terrasse accessible en matériau autre que le béton

### II.5.3. Voûtes, coupoles et toitures inclinées

L'étanchéité sera assurée par un mortier bâtard grillagé de 3 à 4 cm d'épaisseur.

Les chenaux entre deux voûtes auront une pente minimale de 1%.

Un système de circulation d'air par ouvertures latérales sera prévu.

## II.6. OUVRAGES CONNEXES DES TOITURES

Il s'agit des points singuliers suivants :

- les acrotères,
- les évacuations d'eaux pluviales,
- Les joints de dilatation.
- Les trappes d'accès.
- Les emplacements techniques (socle pour citerne, antenne de parabole ou mât d'un relais de téléphonie sans fil).

### II.6.1. Acrotères

Les acrotères peuvent être en béton armé coulé en place ou en maçonnerie et ne doivent pas comporter des arrêtes arrondies (figures 7 et 8). Ils subiront un traitement particulier notamment au niveau du relevé. Ce relevé est réalisé à l'aide d'un solin périphérique grillage dont la hauteur totale n'excède pas 20 cm.

Les acrotères en béton armé coulés en place doivent être solidaires du dernier plancher de la structure porteuse. Leur épaisseur n'excédera pas 15 cm et leur hauteur sera d'au moins 25 cm à compter, à partir de l'extrémité supérieure du solin arrondi (figure 7).

#### Commentaire

La hauteur minimale de 25 cm de l'acrotère permet de garantir la sécurité des ouvriers dans leur mouvement, lors des opérations d'entretien et de réparation.

La partie basse des acrotères ne doit comporter aucun joint autre que ceux de la structure. Ils seront armés à 0.5 % d'acier par rapport à la section du béton.

Les acrotères en maçonnerie dans le cas des terrasses inaccessibles, auront une hauteur minimale de 25 cm et une épaisseur supérieure ou égale à 15 cm (figure 7). Pour les terrasses accessibles, il est nécessaire d'avoir des hauteurs d'acrotères plus importantes :

- les gardes corps en métal seront scellés sur les acrotères en bétons décrits plus hauts ;
- Les gardes corps ou murs en maçonnerie comporteront des chaînages verticaux au moins tous les 5 mètres.
- Ces chaînages de section droite minimale de  $200 \text{ cm}^2$  seront armés de 4 barres de 10 mm de diamètre ; ils devront être solidaires du plancher. Un chaînage horizontal sera réalisé en partie haute, sa section minimale sera de  $180 \text{ cm}^2$ .

Les parties inférieures des acrotères comporteront du côté intérieur des solins arrondis en mortier de 10 cm de base.

Tous les acrotères comporteront un relevé en enduit de mortier grillagé de 3 cm d'épaisseur partant de 25 cm minimum du nu coulé en continu avec l'enduit de la surface courante et sans joints.

Dans le cas où le revêtement de la toiture en surface courante est en mortier grillagé, celui-ci formera sans discontinuité le relevé de l'acrotère.

Dans le cas d'acrotère de hauteur importante, le relevé en mortier grillagé aura une hauteur minimale de 25 cm et sera prolongé par l'enduit classique du mur en maçonnerie (coté intérieur).

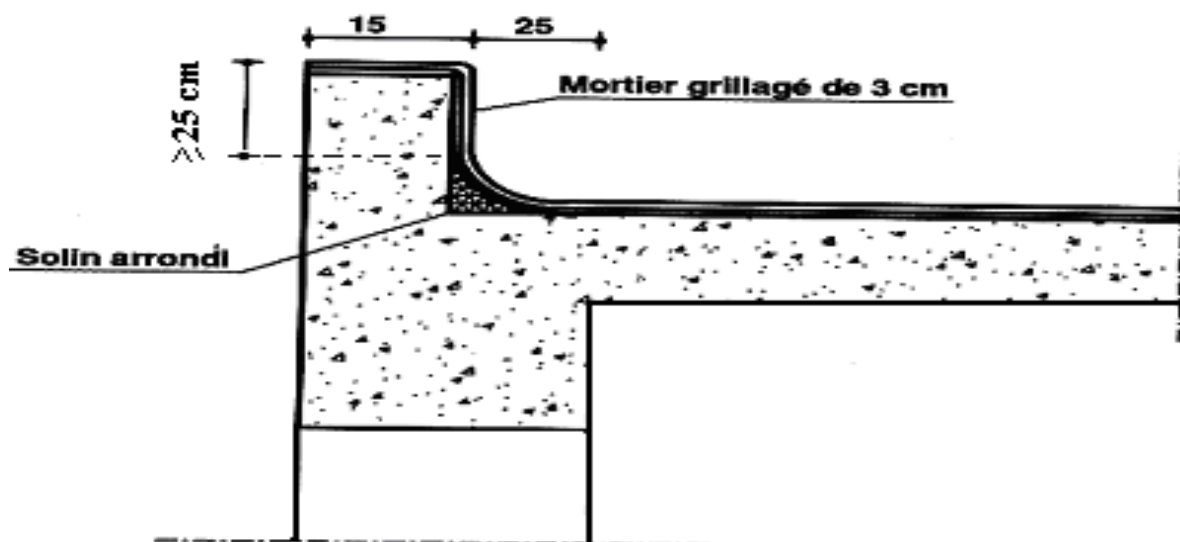


figure I. 68: Dimensions de l'acrotère en maçonnerie dans le cas d'une terrasse inaccessible

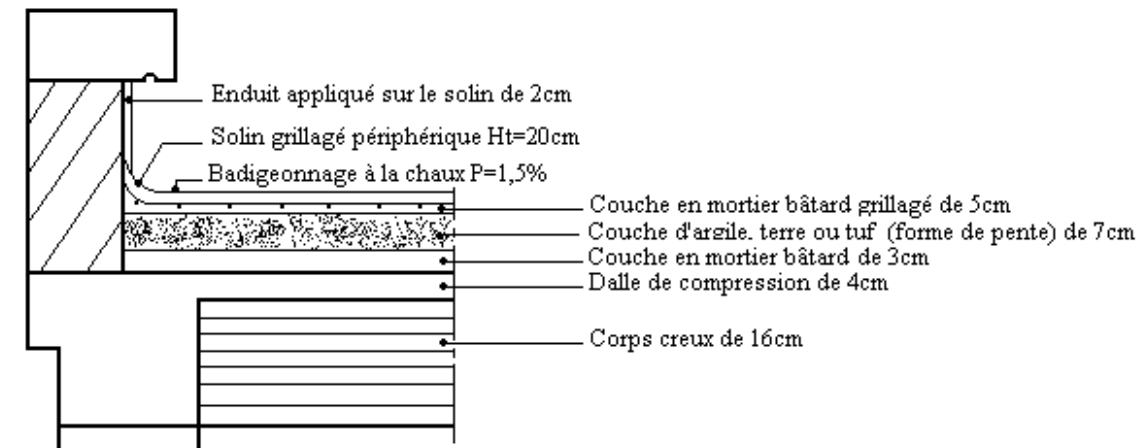


figure I. 69: Détail d'étanchéité pour terrasse inaccessible

### II.6.2. Evacuations d'eaux pluviales

Les évacuations s'effectueront latéralement et vers l'extérieur par des gargouilles qui dépasseront le nu de la façade d'au moins 20 cm et prendront naissance au niveau de la face supérieure du plancher. Leur inclinaison sera de  $20^\circ$  par rapport à l'horizontale.

En l'absence des descentes d'eaux pluviales, les gargouilles doivent être placées sous vents.

Lorsque les descentes d'eaux pluviales sont prévues, celles –ci seront admises en façade.

Elles peuvent être également disposées le long des patios et cours intérieures si les conditions de pentes ou le réseau d'évacuation des Eaux pluviales (E.P) l'exigent.

Les gargouilles seront scellées dans l'acrotère. L'entrée d'eau pluviale (E.E.P) (extrémité intérieure) sera munie d'une platine recouverte de l'enduit grillagé.

Les entrées d'eau seront obligatoirement munies de crapaudines. Le diamètre des gargouilles sera de 10 cm au moins. Le nombre d'évacuations sera déterminé en fonction de la surface de la toiture (S) par la formule :

$$\text{Si } \ll S \gg = 100 \text{ m}^2, n = \text{Max} (S/17, 4)$$

Si  $\ll S \gg > 100 \text{ m}^2$ , il est nécessaire de découper la surface à drainer en compartiment n'excédant pas  $100 \text{ m}^2$  et ce, par disposition de faux acrotères.

Avec n et S représentent respectivement, le nombre de gargouilles et la surface totale de la toiture en  $\text{m}^2$ .

## Commentaire

Le découpage de la surface en compartiments permet de réduire la distance entre tout point de la surface et la gargouille (dispositif d'évacuation des eaux).

Sur chaque façade de longueur supérieure ou égale à 10 m, il faut prévoir un minimum de deux gargouilles.

### II.6.3. Joints de dilatation

Des acrotères seront prévus le long des joints de dilatation ; ces acrotères jumelés recevront un chaperon en béton (figure 8). Il peut être admis une couverture métallique en acier galvanisé, plomb ou autre qui sera fixée mécaniquement sur un seul côté, à condition de s'assurer qu'elle résiste aux efforts d'arrachement dus aux effets du vent.

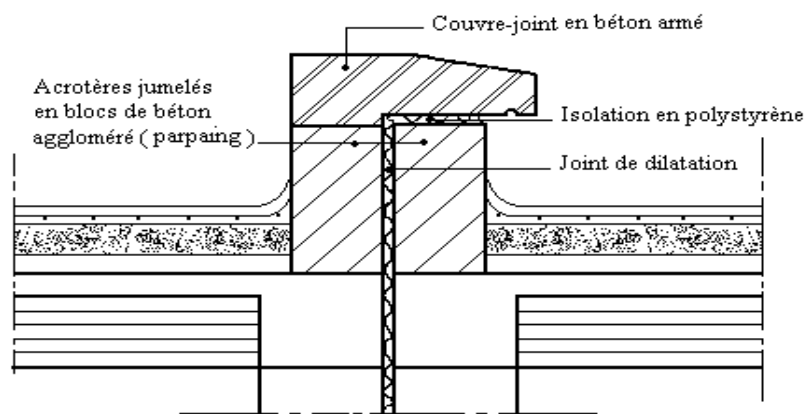


figure I. 70: Disposition constructive pour réaliser un couvre-joint en béton armé de deux acrotères jumelés (joint de dilatation)

Les joints plats feront l'objet d'études particulières au cas par cas.

### II.6.4. Trappe d'accès

Pour favoriser et rendre facile les opérations régulières d'entretiens sur des habitations autres que R.D.C, une trappe d'accès doit être prévue. L'accès doit faire 60 x 60 cm en plan et tous ses éléments métalliques doivent être protégés par une peinture anti-rouille appliquée en deux couches

**Commentaire**

La trappe d'accès est nécessaire en ce sens qu'elle permet la communication entre l'intérieur du bâtiment et la terrasse.

**II.6.5. Réservations techniques**

Par réservation technique, on entend tout ouvrage ou socle devant servir à l'installation d'une citerne d'eau, fixation d'une antenne parabolique ou le mat d'un relais téléphonique.

Lors de la conception des plans de la toiture, par les BET, ce dernier doit faire mention des détails d'exécution de ces socles

**II.7. ENTRETIEN DES TOITURES**

L'entretien des toitures est un facteur essentiel pour la durabilité des étanchéités et la sécurité des ouvrages, surtout en zone saharienne. Les toitures doivent donc être visitées périodiquement au moins une fois par an, de préférence juste avant la saison des pluies.

Lors de la visite, les opérations suivantes seront effectuées :

- Nettoyage de toute accumulation de sable éventuelle en toiture.
- Nettoyage des crapaudines afin d'assurer une bonne évacuation des eaux.
- Examen de l'état de la chape de mortier qui assure l'étanchéité et réparation des désordres éventuels.
- Badigeonnage avec un lait de chaux tous les deux ans au moins.

Cet entretien concerne les toitures terrasses et ce, quel que soit le type d'isolation utilisée.

**Chapitre III**  
**Construction**  
**Traditionnelle**

### III.1. Introduction

Les constructions traditionnelles dans Les Ksours d'Adrar, en fonction de leurs types et leur utilisation, offrent à leurs usagers une sérénité et un grand confort thermique, résultat de leur adaptation aux conditions climatiques grâce à l'utilisation de matériaux de construction locaux. Elles sont attractives et lient par les principes qu'elles inspirent -visibles dans l'architecture de leurs façades et de leurs espaces internes et externes - leur présent avec leur longue histoire.

Mais, l'exploitation optimale des anciennes constructions nécessite un suivi continu et un entretien régulier, en raison des changements de toutes sortes qu'elles subissent durant de longues périodes climatiques et de phénomènes naturels, outre leur vulnérabilité à l'usage excessif et les restaurations successives.

Pour préserver ces constructions traditionnelles, certains usagers recourent à l'« auto-restauration », invoquant la préservation durable de leur intégrité ou l'économie dans le coût des travaux. Ces interventions dégradent les constructions traditionnelles, par le manque d'expérience des intervenants, au risque parfois de les rendre inhabitables. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de suivre les techniques éprouvées de restauration et de faire appel à une main d'œuvre qualifiée.

Ce chapitre a pour objectif d'orienter les opérations de réfection des constructions traditionnelles.

Les façades et les terrasses qui constituent le cadre extérieur des habitations, sont les plus exposées aux changements climatiques et aux facteurs d'agression externes. Leur entretien est essentiel pour préserver les structures des constructions intactes, au cas par cas.

Cette partie dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'action de l'Office de Protection et de Promotion de construction saharienne pour la valorisation des matériaux de constructions locales, et se fixe comme objectifs de faire valoir aux artisans spécialisés dans la construction traditionnelle, ainsi qu'aux restaurateurs du bâti ancien, les différentes qualités de la chaux et les techniques de base concernant sa fabrication et sa mise en œuvre, dans le but de mettre en valeur ce matériau produit et utilisé localement et qui a fait ses preuves, depuis des siècles, dans le domaine de la construction grâce à son adaptation à l'environnement et au climat saharien.



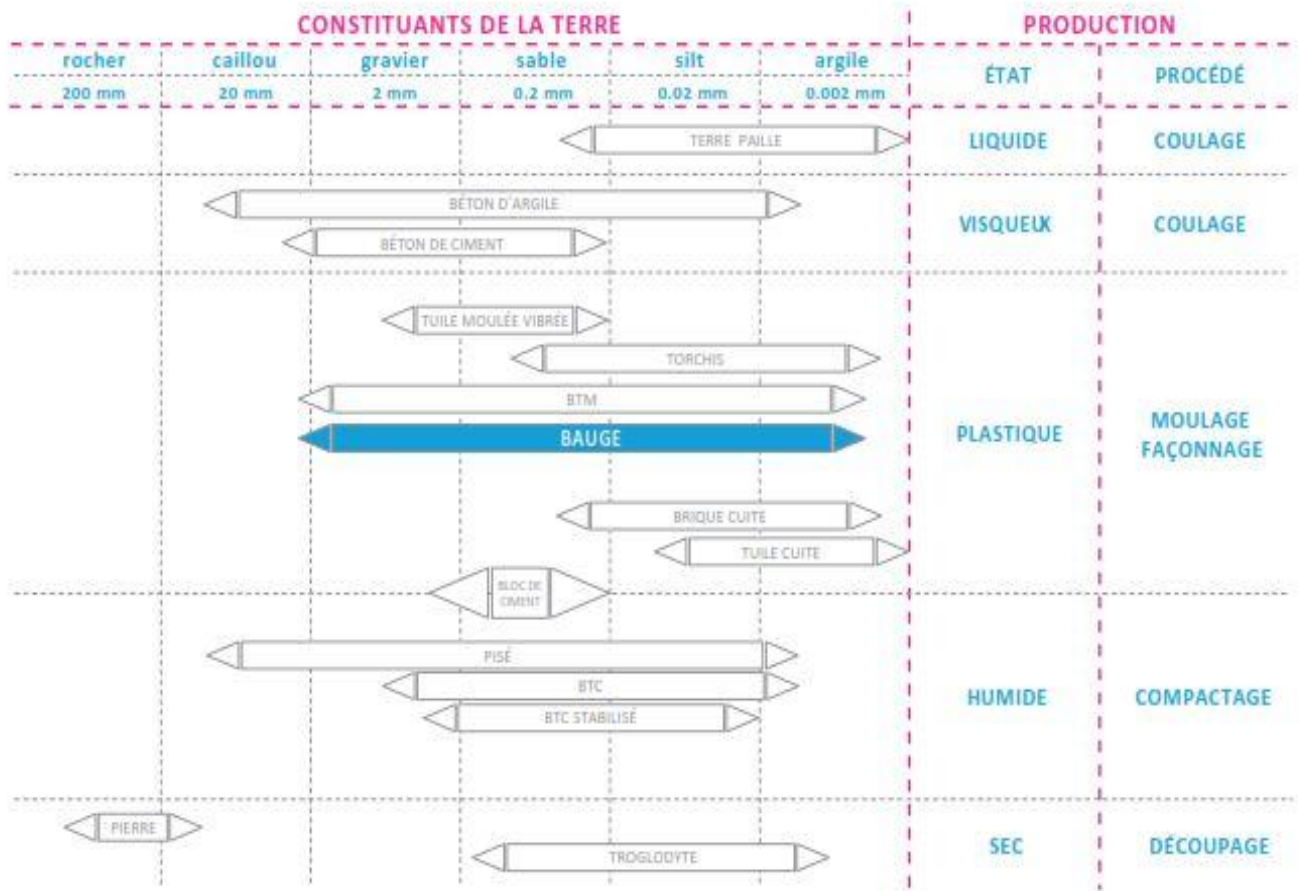
### III.2. Matière de remplissage : terre à bauge

#### III.2.1. Propriétés de la terre à bauge

La terre à bauge se caractérise par sa consistance très plastique, nécessaire aux différentes modalités de mise en œuvre qu'elles soient manuelles ou assistées d'outils.



**figure I. 71 :Photos de terre à bauge ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))**



### III.2.2. Granulométrie

Le plus souvent, il s'agit d'une terre très grasse, de nature limoneuse-argileuse.

La granulométrie recherchée pour le façonnage des murs monolithiques peut varier en fonction des argiles contenues dans la terre utilisée. Elle peut être épierrée des cailloux de trop grande taille qui gêneraient le façonnage à la main du matériau.

Par exemple, certaines terres très argileuses et suffisamment graveleuses, comme on trouve dans les sols latéritiques Samdjan à wilaya d'Adrar, sont si appropriées qu'elles peuvent être utilisées sans ajout de fibres et se manipulent aisément.

### III.2.2. Argile

Il existe différentes qualités d'argile dans le monde qu'il est nécessaire de connaître pour pouvoir déterminer leur usage approprié. L'argile apporte la cohésion et la plasticité nécessaire au mélange pour une mise en œuvre optimale.

Les argiles gonflantes par exemple sont impropres à la construction en terre.

La bauge s'adapte néanmoins très bien à la plupart des qualités d'argile .



**figure I. 72 :Test (meilleur tricot d'argile) ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))**

### **III.2.3. Eau**

L'état plastique du matériau est l'élément caractéristique de la bauge. Sa teneur en eau est déterminante pour obtenir une pâte ni trop collante, ni trop liquide pour pouvoir être façonnée à la main ou empilée à l'aide d'outils.

On considère généralement la teneur en eau entre 15-30% (volume) en fonction des propriétés des argiles. Après dessiccation de la matrice, la quantité d'eau et la qualité des argiles influenceront le retrait et par conséquent la formation de fissures dont dépend la solidité d'ensemble du mur.



**figure I. 73 :Eau** ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))

#### **III.2.4. Fibres**

L'ajout de fibres est communément utilisé dans le mélange. Ce sont des brins de paille ou de roseaux, des branches de bruyère, de la paille de blé ou d'avoine, parfois aussi du crin d'animal. Ces fibres sont utilisées comme stabilisant de la matière première .

En effet, elles diminuent les problèmes de fissuration et de retrait des argiles et jouent aussi un rôle structurant pour des murs d'épaisseurs très fines.



**figure I. 74 :les fibres** ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))

### III.2.5. Matériaux naturels de palme :



Branche de palmé (jaridde)



Bois de Palme



Karnaf



liffe

**figure I. 75 :Matériaux naturels de palme ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))**

### III.3. Masse volumique

La masse volumique est liée à la quantité de matière gazeuse présente dans la terre. Elle s'étale de  $1200 \text{ kg/m}^3$  à  $1600 \text{ kg/m}^3$  pour de la terre foisonnée.

Cette valeur augmente ou diminue ensuite en fonction de la technique de mise en œuvre.

Les étapes de façonnage manuel et le battage ont peu d'effet sur la densité finale du matériel.

Alors qu'une terre pisée peut atteindre une masse volumique de  $2000 \text{ kg/m}^3$ , la densité des murs de bauge varie entre  $1000$  et  $1500 \text{ kg/m}^3$  qu'ils soient fibrés ou pas.



figure I. 76 :Réalisation de murs

(dar zawya sidi ahmed timimoun)

#### **III.4. Résistance mécanique**

La terre mise en œuvre de manière monolithique (pisé, bauge) a généralement une résistance à la compression d'environ  $20 \text{ kg/cm}^2$  (2 MPa ou 20bar).

C'est 10 fois plus petit que la résistance du béton mais cela permet de répondre aux exigences des contraintes de charges admissibles (20 bar).

La présence d'éléments fibreux dans la bauge permet d'améliorer la résistance en traction, flexion et cisaillement, mais elle reste tout de même négligeable.

#### **III.5. Préparation de la terre**

Une fois extraite, la terre est étalée sur une épaisseur de 20cm, et les mottes sont brisées et les grosse pierres enlevées.

Elle est abondamment mouillée et malaxée jusqu'à l'obtention de l'état de pâte molle, puis on la recouvre de fibres (jonc, foin, paille, crin) et on malaxe aux pieds ou avec des animaux.

L'opération est répétée plusieurs fois ; on laisse ensuite le tas de terre reposer un ou plusieurs jours avant de la mettre en œuvre pour assurer la réaction complète de l'argile.

Les techniques utilisés pour faire le mélange de la pâte sont assez diverses, le mélange est souvent réalisé au sol ou dans une tranchée sur un support plastique.



**figure I. 77 :Préparation du mélange** ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))

### **III.6. Entretien périodique des façades**

Les façades requièrent un contrôle périodique pour diagnostiquer les dégradations qui les affectent afin d'intervenir dès leur apparition, avant qu'elles ne prennent d'importantes proportions.

Ceci réduira les efforts, le coût et préservera les façades le plus longtemps possible.

On revêt les façades d'un enduit de chaux préparé de façon traditionnelle, en utilisant des matières locales, pour une meilleure adhérence avec les matériaux utilisés. C'est une matière perméable qui assure une aération naturelle aux façades et qui « oriente » les éléments de la détérioration vers l'extérieur, spécialement les sels qui accompagnent l'humidité.

La couche de revêtement doit donc être renouvelée chaque fois qu'elle est abimée pour préserver la structure fondamentale des murs.

Les façades enduites conformément aux règles de l'art et protégées des facteurs de dégradation ne nécessitent pas de maintenance particulière, sauf celles requises contre la vétusté qui les affecte au fil du temps.

Les façades bien revêtues protègent durablement les murs.

Pour revêtir les façades à nouveau on suit les démarches suivantes :

- La préparation préalable du mortier de chaux à la manière traditionnelle.
- Bien décaper les couches de l'ancien revêtement dégradé.
- Purifier les espaces entre les pierres du mortier dégradé.
- Nettoyer ces écarts avec une brosse dure.
- Humidifier avec de l'eau pour laver la poussière positionnée sur les pierres et empêcher les murs d'absorber l'humidité du revêtement pour garantir une bonne cohésion de la couche du nouveau revêtement.
- Comblers les joints entre les pierres avec le mortier de chaux.
- Appliquer une première couche de revêtement pour couvrir les pierres et obtenir une face relativement plate à la surface de la façade, en donnant un toucher granuleux à la surface du revêtement pour la fixation de la couche finale.
- Réaliser la couche finale du revêtement de telle sorte qu'elle soit moins épaisse et que son aspect soit modulable par rapport à son état initial (lisse ou rude).
- Il convient de se contenter de remplir uniquement les joints si la façade est en pierres vues.
- Chaulage de la façade revêtue d'une première couche (lait de chaux à faible concentration) pour humidifier les murs et les laver de la poussière afin de garantir une bonne adhésion.

Chaulage avec une deuxième couche (lait de chaux blanc ou coloré d'une couleur sableuse), remuer continuellement pour garder l'homogénéité du mélange.

Il est possible d'ajouter quelques additifs afin d'améliorer sa qualité tel que le sel, l'alun, etc. Il convient d'éviter l'utilisation de substances isolantes telle que la colle qui lui fait perdre sa perméabilité et empêche la respiration naturelle des murs, entraînant l'effritement du chaulage et sa chute en temps humide.



Revêtement délabré

Décapage

Nettoyage des joints





Nettoyer à l'aide d'une brosse dure joints



Aspersion avec de l'eau



Remplissage des



Traitement de la surface à l'aide d'un régime de datte



Revêtement primaire



Revêtement fin



Revêtement parfait

figure I. 78 :Différents types de revêtements muraux

### III.7. Les Planchers Dans la Construction traditionnelle :

#### III.7.1. Définition :

les planchers sont des éléments porteurs des structures horizontales et haussent toutes les charges permanentes et temporaires aux éléments des structures verticales (poteaux, murs) les planchers ont un autre rôle de séparation des constructions en niveaux (étages) différents ils jouent aussi le rôle d'isolation thermique, phonique et la protection contre l'incendie ainsi que la résistance aux vibrations.

Les planchers permettent les liaisons horizontales entre les éléments des structures dans le cadre de leur stabilité et leur équilibre, ils sont de façon globale conçus en deux types, celui de résistance (structure) et celui de couverture.

#### III.7.2. Les planchers en plaques de pierre :

Les plaques de pierre de grande dimensionne sont posées de façon juxtaposée sur les murs et sont utilisées d'autres pierre de plus petites dimensionnes pour toucher les traces et les joints, ces éléments sont fixés à l'aide de mortiers argileux ou mortiers de terre.



**figure I. 79 :** Les planchers en plaques de pierre ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))

### III.7.3. Les planchers en bois recouverts de terre :

Ces planchers sont rencontrés dans les constructions où l'argile (terre) est l'élément principal dans la conception des structures. Ces planchers sont souvent rencontrés dans les constructions anciennes : les murs porteurs sont construits en premier lieu et ensuite les vides sont parqués en espaces égaux pour fixer les troncs d'arbres ou de palmiers sur lesquels sont fixés d'autres branches plus petites ou des roseaux et feuilles de palmiers sur lequel est coulée une couche de mortier de terre.



**figure I. 80** :Les planchers en bois recouverts de terre ([http : //www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction PDF](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/PDF/COURS-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction PDF))

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Ce travail nous a permis de faire le point sur la construction saharienne en générale et particulièrement sur les planchers et les toitures vis-à-vis de l'étanchéité.

La terre à l'eau des structures sahariennes sont est éléments vulnérables et posent de sérieux problèmes dans les bâtiments, lorsqu'ils sont exposées aux pluies. La pluviométrie étau faible, presque nulle, cequi pousse les concepteurs à négliger les règles de construction des éléments de couverture extérieures.

Parailleurs les conditions climatiques (chaleur en été et glacial en hiver) contribuent à la détérioration rapide des couvertures extérieures directement exposée.

Pour toutes ces raisons, l'étude doit tenir eu compte toutes les causes de dégradation, que ce soit dans un cadre de pathologie ou bien dans la conception initiale des ouvrages.

Dans ce mémoire nous avons d'abord exposé l'élément de structure horizontale que constituent les planchers et les toitures ce qui représente un recueil de connaissances pour le lecteur avant de nous intéresser aux questions d'étanchéité de la construction saharienne, pour enfin nous occuper des constructions sahariennes.

A partir de tout ce travail, nous formulerons les recommandations particulières pour la protection des constructions sahariennes en terres :

Pour une bonne protection et conservation de la construction en terre, il faut que celle-ci réponde aux quelques règles qui prennent en charge les conditions requises assurant la résistance de la construction, sa stabilité et son équilibre, pour permettre à la construction de résister aux charges naturelles extérieurs en particulier l'humidité et les infiltrations des eaux, le vent ainsi que les plantes diverses en plus des actions humaines que l'on ne peut pas négliger dont on site:

- Entretien permanent du plancher.
- Bien placer les évacuations des eaux.
- Ne pas mélanger les matériaux (ciment, chaux) avec l'argile.
- Respecter les règles de l'art et surtout les pourcentages dans les mélanges.
- Les chargements des planchers doivent être bien étudiés et non exagérés.
- Il faut bien damer les matériaux naturels avant de couler l'argile dessus.
- Les murs porteurs doivent être protégés des eaux de pluie, ainsi que les terrasses extérieures doivent avoir des pentes vers l'extérieur.
- Les gargouilles d'évacuation des eaux de pluie doivent porter assez loin.
- Les soubassements des murs en terre doivent être étanches.

# **Référence bibliographique**



## IV.2.1. *Bibliographie*

### Règlements :

- ✓ *RPA99 version 2003 ; (Document technique réglementaire D.T.R. E4 - 1 travaux étanchéité toitures terrasses et Inclinée).*
- ✓ *DTU 51.3*
- ✓ *Euro code 5 – NF EN 1995-1-1 et NF P 84-204-1*
- ✓ *Les règles parasismiques algériennes RPA99version 2003 et les règles BAEL 91*

### Livres :

- ✓ *Construction en terre*
- ✓ *La chaux matériau de construction et de réalisation*
- ✓ *Cours : Bâtiment LICENCE Génie Civil –Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef*

### Sites Web :

- ✓ *<https://www.fcba.fr> Magazine d'information*
- ✓ *[http://www.cstb.fr/pdf/cpt/CPT\\_2920.PDF](http://www.cstb.fr/pdf/cpt/CPT_2920.PDF)*
- ✓ *[http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/CoursParoisHoriz\\_procedes-generaux-deconstruction.pdf](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/CoursParoisHoriz_procedes-generaux-deconstruction.pdf)*
- ✓ *[http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/Cours-PLANCHER\\_procedes-generaux-deconstruction.pdf](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/Cours-PLANCHER_procedes-generaux-deconstruction.pdf)*
- ✓ *<http://www.gramme.be/unite9/beton/Documents/dalles.pdf>*
- ✓ *<http://www.scribd.com/doc/38623463/Cours-PLANCHER-Procédés-Generaux-de-Construction>*
- ✓ *[http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/cours-toitures-terrasses-APMBTP8\\_procedes-generauxde-construction.pdf](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/cours-toitures-terrasses-APMBTP8_procedes-generauxde-construction.pdf)*



**ANNEXE**

# Annexe

## ANNEXE 1 :

### COMMUNES D'ALGÉRIE CONCERNÉES PAR LES PRÉSENTES RECOMMANDATIONS

WILAYAS	Communes
ADRAR	Akabli – Aougrouit – Aoulef – Bouda – Bordj Badji Mokhtar – Charouine – Deldoul – Fenoughil – In Zghmir – Ksar kaddour – Metarfa – Ouled Ahmed timmi – Ouled Aissa – Ouled Said – Reggane – Sali – Sbaa – Talmine – Tamantit – Tamest – Timekten – Timiaouine – Timimoun – Timerkten – Tit – Tsabit – Zaouiet Kounta
BECHAR	Abadla- Béni abbès –Béni Ikhlef – Béni ounif – Boukais – El ouata – Erg Ferradj – Igli- Kenadsa – Kerzaz – Ksabi – Lahmar – Mechra Houari Boumedienne – Méridja- Mogheui – Ouled Khoudir – Tabaldala- Tamtert- Timoudi
BECKRA	Ouled djellal – Sidi Khaled – Besbes ( ex ouled Herket) – Ras El Miad ( ex Ouled Sassi) – Doucen
DJELFA	Sed Rahal – Guettarra – Oum Laadham
EL BAYADH	
EL OUED	Bayadha- Beni ghecha – Debila – Djamaa – Douar El Ma – Hassi Khelifa

## Annexe

	<p>– Kouinine – Magrane – Mih Ouansa – M’rara – Nakhla – Oued El Alenda – Oum Touyour – Ourmas – Reguiba – Robbah – Sidi amrane –</p> <p>Sidi Aoun – Sidi Khelil – Stili – Taghzout – Taleb Larbi – Tendla – Trifaoui</p>
GHARDAIA	<p>Berriane – Bounoura – Dhayet Bendhahoua – El Atteuf – El Guerrara –</p> <p>El meniaa – Hassi Fehal – Hassi Gara – Mansoura</p>
ILLIZI	
LAGHOUAT	<p>Bordj El Houasse – Bordj Omar Driss – Debdeb – Djanet – In Aménas</p>
NAAMA	
OUARGLA	<p>Ain Beida – Balidet Ameer – Benaceur – El Allia – El Borma – El Hadjira – Hassi Ben Abdellah – Hassi Messaoud – Megarine – M’naguer</p> <p>–Nezia – N’goussa – Rouissat – Sidi Khouiled – Sidi Slimane – Taibet –</p> <p>Tamacine – Tebesbest- Touggourt – Zaouia El Abidia</p>
TAMANRASSET	<p>Abalessa – Foggaret Ezzaouia – Idlès – In Amgueul – In Ghar – In Guezzam – In Salah – Tazrouk – Tin Zaouatine</p>
TINDOUF	<p>Oum El Assel</p>

# Annexe

---

## ANNEXE 2 :

### TERMINOLOGIE

#### TOITURE TERRASSE EN BETON ARME

Toute toiture à base de béton coulé en place ou préfabriqué, en dalle pleine ou composite (plancher nervuré à corps creux, plancher à prédalle, à poutrelles métalliques et voûtains.

#### TOITURE TERRASSE ACCESSIBLE

Toiture utilisable comme terrasse ou l'accès à la circulation à pied des personnes est possible.

#### TOITURE INACCESSIBLE

L'accès n'y est possible que pour entretien.

#### SUPPORT D'ETANCHEITE

Élément sur lequel est appliquée directement l'étanchéité.

#### FLACHE

Inégalité dans la planéité de la surface de la toiture.

#### MORTIER BATARD

Mortier constitué d'un mélange convenablement dosé en sable, chaux aérienne hydratée, ciment et eau.

La composition suivante est donnée à titre d'exemple ; il est à noter que le rapport en poids chaux/ciment peut être augmenté sans toutefois dépasser la valeur de l'unité :

Sable : 800 Kg

Chaux : 70 Kg

Ciment 152 Kg

Eau : 160 l

## Annexe

---

### ANNEXE 3 (\*) :

#### CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES DE QUELQUES MATÉRIAUX

MATERIAUX	$\lambda$ (kcal / m.h. ° C)	Poids Volumique (Kg /m <sup>3</sup> )
<sup>22</sup>	1,5	2400
-Copeaux de bois comprimés à 300 kg /m <sup>2</sup>	0,07	300
-Liège	0,04	200
-Plâtre sans granulat	0,45	1300
-Enduit en mortier de ciment	0,80	1900
-Enduit en mortier de chaux	0,60	1600
-Enduit en plâtre	0,45	1300
-Terre damée	0,90	1700 à 1900
-Sable de dune	0,35	1420
-Cendres volantes	0,17	900
-Pouzzolanes	0,13	750

(\*) Annexe rédigée par le CNERIB

## **I.8. LES DOCUMENTS REGLEMENTAIRES.**

### **I.6.1. I.6.1 Les Documents Techniques Unifiés**

Les principaux **DTU** concernant les travaux d'étanchéité sont :

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

### **I.6.2. Les Normes en vigueur**

NF P 84.301 Chape souple de bitume armé à armature toile de jute (TJ) (en désaffectation).

NF P 84.302 Feutres bitumés à armatures carton feutre (C.F.).

NF P 84.303 Chape souple de bitume armé à armature tissu de verre (TV).

NF P 84.305 Produits asphaltiques.

NF P 84.307 Feutres bitumés à armature en voile de verre (VV).

NF P 84.310 Barrière à la vapeur en aluminium bituminé.

## Annexe

---

NF P 84.311 Chape souple de b. armé à dble, armature en t. de verre et voile de verre (40 TV VV).

NF P 84.312 Chape souple de bitume armé à haute résistance à double armature en tissus de verre et voile de verre (50 TV VV HR).

NF P 84.313 Feutre bitumé à armature en voile de verre à haute résistance (36 S VV HR).

NF P 84.314 Chape souple de bitume armé à armature en voile de verre (40 VV).

NF P 84.315 Feutre bitumé à double armature en polyester et voile de verre (36 S PY VV).

NF P 84.316 Chape souple de bitume armé à armature tissu de verre auto protégé par feuille métallique thermostable (TV Th).

NF B 13.001 Roches, poudres et fines d'asphalte naturel.

NF B 57.054 Lièges agglomérés expansés purs supports d'étanchéité.

### **I.6.3. Terminologie**

\* ETANCHEITE: C'est l'ensemble des procédés qui rendent un ouvrage imperméable à l'eau provenant de l'extérieur

et séjournant à son contact. Par extension, le terme désigne le revêtement d'étanchéité.

\* REVETEMENT D'ETANCHEITE : Ensemble des matériaux utilisés pour réaliser cette étanchéité.

\* SUPPORT (de l'étanchéité): Elément sur lequel est appliqué directement le revêtement d'étanchéité

\* ELEMENT PORTEUR: Partie supérieure résistante du gros-oeuvre qui constitue ou sur lequel repose le support du revêtement.

\* STRUCTURE PORTEUSE: Elément résistant du gros-oeuvre supportant l'élément porteur

\* TOITURES: Ouvrages destinés à couvrir des bâtiments

\* TOITURES TERRASSES: Ouvrages d'allure horizontale destinés à couvrir des bâtiments.

## Annexe

---

\* **ECRAN PARE-VAPEUR:** Il protège un isolant de la vapeur d'eau migrant de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur

\* **COUCHE DE DIFFUSION:** Elle répartit la pression de la vapeur d'eau qui pourrait se trouver sous l'isolant si la température s'élève.

\* **ISOLATION THERMIQUE:** Elle peut être constituée d'une ou de plusieurs couches de produits isolants.

\* **COUCHE D'INDEPENDANCE:** Couche d'indépendance, destinée à éviter l'adhérence du revêtement sur son support.

\* **COUCHE DE DESOLIDARISATION:** Couche de désolidarisation, destinée à éviter l'adhérence de la protection lourde au revêtement d'étanchéité.

\* **PROTECTION** (du revêtement d'étanchéité): Ensemble des matériaux placés au-dessus de l'étanchéité pour la protéger des effets de la circulation ou du stationnement des personnes ou des véhicules et de l'action des divers

agents atmosphériques (air, froid, chaleur, gel, etc.)

Il y a deux types de protection:

1/ La protection "rapportée" pour laquelle on utilise des matériaux soit meubles (granulats libres), soit dura (matériaux agglomérés, dalles ou carreaux, asphalte gravillonné coulé sur asphalte pur +asphalte sablé).

2/ L'autoprotection" (métallique ou à base de granulés minéraux). Elle est collée en usine sur le matériau d'étanchéité.

\* **TRAVAUX ANNEXES**

- Relevés, reliefs, acrotères, costières, seuils, ressauts.

- Pénétrations diverses: souches, socles de lampadaires, pieds de garde-corps, bouches d'incendie ou d'arrosage, ventilations, lanterneaux, passages de câbles d'antennes, socles d'antennes TV ou de capteurs solaires, supports d'extracteurs VMC, etc.

- Intersections de versants: chéneaux, caniveaux, "noues" de rives ou centrales.

- Joints de dilatation.

- Costières métalliques pour relevés, bandes de rive ou d'égout pour retombées.



## Annexe

---

- Solins de protection.
- Platines à moignons d'évacuation des eaux pluviales, garde-grèves, crapaudines.
- Trop-pleins
- Chêneaux, noues, rives, faîtages et arêtières, égouts.
- Dispositifs d'éclairage, de ventilation, de désenfumage ou de passage: lanterneaux, verrières, etc.
- Dispositifs de sécurité (à étancher) pour les travaux d'entretien: arrimages, crochets, rails pour nacelles de laveurs de façade

