

LA STRUCTURE HORIZONTALE **Partie B : LES PLANCHERS.**

1. Introduction.

Les dalles, ou planchers sont l'un des éléments les plus importants de la superstructure. Ils offrent une surface plane sur laquelle il est possible de circuler ou d'entreposer des marchandises ou encore sous lesquels il sera possible de s'abriter.

La plupart des constructions font appel à des dalles pour ces fonctions : soit sous formes de dalles en béton uniquement, soit encore sous forme de planchers mixtes (aciers béton , bois béton) .

On caractérise souvent les dalles comme des éléments dont l'épaisseur est faible devant les dimensions en plan ce qui rend ces éléments très économiques.

Rappelons à ce niveau que les dalle et planchers jouent un rôle important dans la stabilité des constructions aux charges horizontales (Vent et séisme) .Ceci dans la mesure où ces derniers contribuent grandement dans la distribution des efforts horizontaux aux éléments du contreventement (Prochain chapitre) .D'autre part , les planchers jouent aussi un rôle non pas moins négligeable :celui de reprendre puis transmettre les charges verticales aux porteurs horizontaux(poutres)qui seront chargés dans un second temps de les retransmettre aux porteurs verticaux (poteaux, colonnes ,voiles et noyaux) lesquels les feront descendre au sol via les fondations .

2. Principales exigences requises pour un plancher.

Les planchers en tant qu'éléments structurels auront pour rôles essentiels :

- ✚ Plate forme porteuse pour l'étage considéré
- ✚ Toit ou couverture pour l'étage sous jacent
- ✚ D'écran permettant le confort de l'habitant
- ✚ D'élément de stabilité.

Ainsi, se dégage les principales exigences à remplir pour tout type de plancher

- a) *Résistance aux charges verticales (permanentes et surcharges d'exploitation)*
- b) *Élément assurant la transition des efforts horizontaux (poussée des terres , vent , séisme) vers les éléments de contreventement .*

- c) *Permettre la circulation verticale entre étages à l'aides de trémies (escaliers , cages d'ascenseurs)*
- d) *Permettre le passage de conduits de fumée, de ventilation ou encore réservation pour vide ordures*
- e) *Supports des plafonds qu'ils soient adhérents ou suspendus*
- f) *Ecran isolant entre étages. Cette 'isolation peut être :*
 - ✚ *Isolation acoustique (effet de masse \Rightarrow masse de plancher ≥ 300 kg/m²)*
 - ✚ *Isolation thermique*
 - ✚ *Coupe feu en cas d'incendie.*

3. Classification des planchers.

3.1. Cassification en fonction du matériau constitutif.

Les planchers peuvent être classés en fonction du matériau constitutif. On distinguera alors :

- ✚ Planchers en bois : très utilisés en construction traditionnelle.
- ✚ Planchers en béton armé : largement utilisés en construction moderne en raison de leur grande stabilité, résistance ainsi que leurs faible coût.
- ✚ Planchers en béton précontraint: Ce type de plancher qui est en réalité très proche des planchers en béton armé offrent des portées très intéressantes .Seul inconvénient un léger surcoût par rapport aux dalles traditionnelles en béton armé .
- ✚ Les planchers orthotropes en acier : Largement utilisés dans les constructions industrielles et ouvrages d'art.
- ✚ Les planchers mixtes acier béton : Très économiques car alliant les avantages du béton et de l'acier en même temps .seul inconvénient la nécessité d'un faux plafond suspendu ainsi qu'une mauvaise tenue au feu si des dispositions particulières ne sont pas prises (mousse ignifuge)

3.2. Classification en fonction du système porteur.

Les planchers sont souvent classés en fonction de la disposition de leurs systèmes porteurs.

3.2.1. Les différents porteurs pour les planchers.

Pour transmettre les charges aux porteurs verticaux, les planchers s'appuient sur différents types d'appui

- a) Appuis linéaires :Ce type d'appui est assuré soit par des poutres en périphérie des différents panneaux de dalles soit au moyen de murs en maçonnerie (constructions traditionnelles) ou plus généralement par des voiles ou des noyaux en béton armé .
- b) Appuis ponctuels: ce type d'appui est assuré au moyen de poteaux, colonnes en béton armé ou en acier ou également mixtes acier béton.

Remarque.

A portées égales, les dalles sur appuis linéaires sont plus économiques que les dalles sur appuis ponctuels. Ceci dans la mesure où les épaisseurs de dalles dans ce cas sont nettement inférieures. Aussi il faut souligner que la présence de murs porteurs ou encore l'existence de poutres sous planchers complique la construction et limite la flexibilité architecturale .D'une manière générale, les dalles sur voiles se rencontrent fréquemment dans les espaces d'habitation. Alors que les dalles sur colonnes sont très prisées pour les surfaces commerciales, bureaux ou parkings ainsi que tout immeuble où une grande flexibilité dans le cloisonnement des surfaces est requise.

3.3. Les planchers en béton armé –béton précontraint.

3.3.1.Dalles sur appuis linéaires à répartition unidirectionnelle .

Dans ce type de planchers, les appuis linéaires sont unidirectionnels constitués par des poutres en béton armé ou précontraintes ou encore des voiles en béton armé.

Les caractéristiques dimensionnelles de cette conception sont comme suit.

- i. La portée l peut atteindre $l = 8$ mètres : espacement entre portiques.
- ii. La dalle dans ce cas appelée aussi dalle pleine possède une épaisseur h de 15 à 20 cm.

Généralement l'épaisseur de la dalle est telle que $\frac{l}{35} \leq \frac{h}{1} \leq \frac{l}{25}$

La figure **fig. 1** suivante représente une telle conception

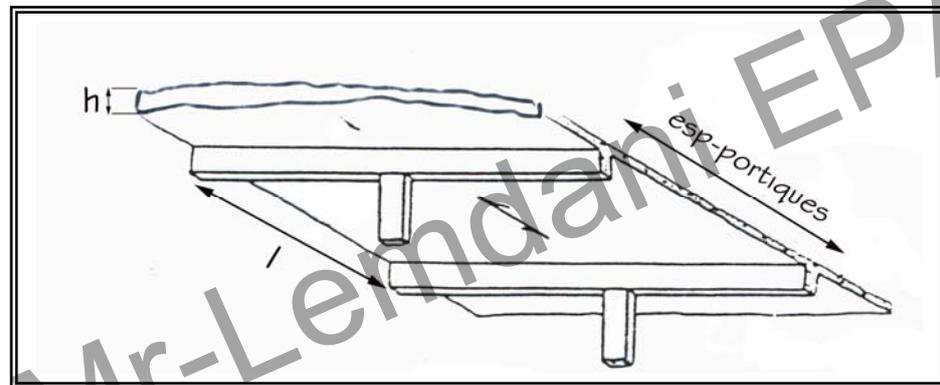


Fig.1.Dalles sur appuis linéaires à répartition unidirectionnelle

3.3.2.Dalles à répartition unidirectionnelle sur poutrelles .

Dans ce type de planchers, les appuis sont toujours linéaires et constitués par les poutrelles .les caractéristiques dimensionnelles sont telles que :

- i. L'espacement de ces dernières varie de 60 à 70 cm selon la conception.
- ii. L'épaisseur de la dalle que l'on appelle dans ce cas **dalle de compression** varie de 4 à 6 cm.
- iii. Dans ce type de plancher la portée des poutres peut atteindre $l=12$ mètres.

- iv. Pour les poutrelles en béton armé la portée ne dépasse que très rarement les 6mètres sauf dans le cas de poutrelles précontraintes ou la portée peut atteindre 8 mètres.

La figure **Fig2** suivante donne une schématisation d'une telle conception.

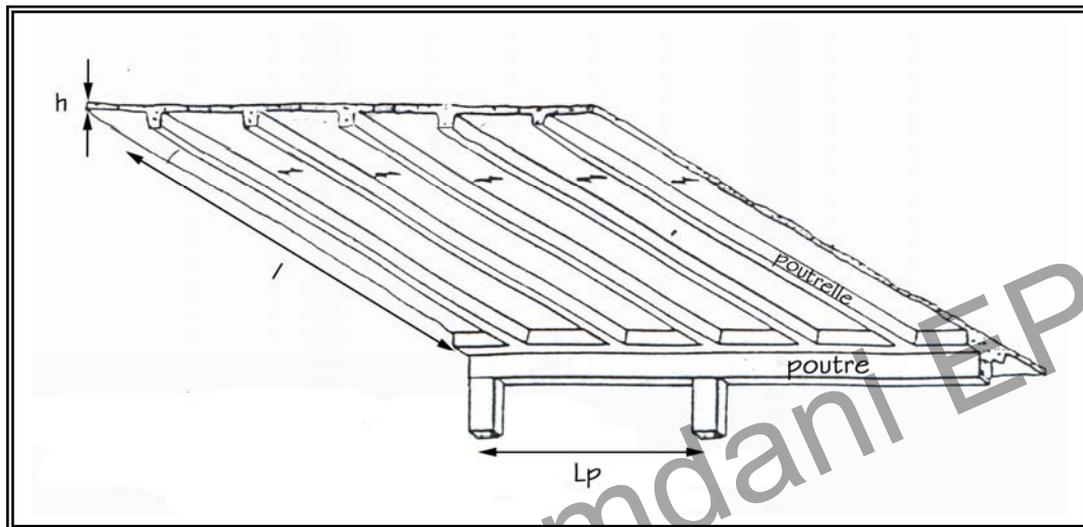


Fig.2. Dalles à répartition unidirectionnelle sur poutrelles.

Ce type de plancher est réputé économique, il est très utilisé dans les projets d'habitation et même dans les locaux à usage administratif .souvent on appelle ce type de plancher semi préfabriqué en corps creux .Ceci tiens du fait que les poutrelles sont initialement préfabriquées à part et seront mises en place en même temps que le coffrage et le ferrailage des poutres .Le mot corps creux trouve son origine dans les entrevous (hourdis) en ciment ou en terre cuite disposés entre les poutrelles et servant uniquement de coffrage perdu lors du coulage de la dalle de compression .Plus de détails sur ce système seront donnés lors des projections VIDEO ainsi qu'en Travaux dirigés .

3.3.3. Dalles nervurées à répartition unidirectionnelle.

Cette conception s'apparente grandement à la précédente (dalles sur poutrelles) du moins dans la constitution du système constructif. Ainsi les poutrelles sont remplacées par des nervures en béton armé dont l'inertie souvent non

négligeable comparée à celle des poutrelles offre une grande rigidité aux charges verticales pour ce type de plancher .Aussi dans cette nouvelle conception, on ne parle plus de dalle de compression mais bel et bien de dalle pleine .

Les caractéristiques dimensionnelles pour ce tye de plancher sont résumées comme suit :

- i. L'espacement des nervures varie de 1 à 2.50 m selon la conception et la destination finale. La hauteur de ces dernières peut être bornée par la

relation suivante $\frac{1}{20} \leq \frac{h_{\text{nervure}}}{L_{\text{nervure}}} \leq \frac{1}{15}$ L: portée de la nervure en mètres.

- ii. L'épaisseur de la dalle pleine e_p varie de 8 à 15 cm. Dans le cas de charges ponctuelles importantes l'épaisseur peut même atteindre 20 cm et plus. Dans les cas courants , on pourra utiliser la relation suivante pour fixer à priori

l'épaisseur de la dalle $\frac{1}{35} \leq \frac{e_p}{L_{\text{min}}} \leq \frac{1}{25}$ L_{min} : plus petite portée (coté)

de la dalle .

- iii. Dans ce type de plancher la portée des poutres principales peut atteindre l=15 mètres.
- iv. Pour les nervures en béton armé la portée est variable : 6mètres en moyenne 8 mètres exceptionnellement.

La figure **Fig3** suivante donne une schématisation d'une telle conception.

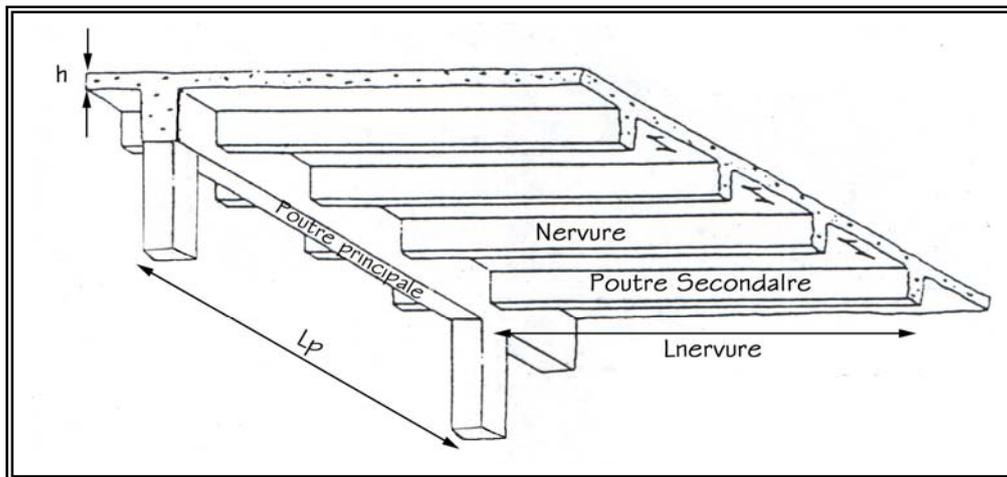


Fig.3. Dalles nervurées à répartition unidirectionnelle.

3.3.4. Dalles épaisses sur colonnes à répartition bidirectionnelle.

Comme leur nom le démontre bien, ce type de dalles est constitué par une dalle en béton armé ou précontraint reposant directement sur des appuis ponctuels : les colonnes ou poteaux. Sous l'influence des charges verticales (charges permanente et surcharges d'exploitation), les colonnes risquent de "transpercer" ou dans un langage plus technique de poinçonner la dalle. C'est phénomène est très dangereux car pouvant mener à la ruine de l'ouvrage il devra en somme être à tout pris évité .Pour ce faire la solution la plus simple consistera à donner des épaisseurs de dalles relativement importantes.

Sur la figure suivante Fig.4 est représenté une telle conception.

L'intérêt d'une telle conception se fait ressentir lorsque pour des raisons purement architecturales on ne veut pas de retombées de poutres .C'est le cas entre autres des grands halls d'hôtels, centres commerciaux etc. Ou bien lorsque la présence de retombées de poutres pose un problème lors du passage de conduits d'aération ou de climatisation.

Les caractéristiques dimensionnelles permises et nécessaires pour cette conception se résument comme suit :

- i. La portée libre entre colonnes varie de 8mètres pour une conception de la dalle en béton armé à 14mètres pour une conception de cette dernière en béton précontraint.
- ii. L'épaisseur de la dalle dans chaque doit être au minimum bornée par la

relation suivante :
$$\frac{1}{30} \leq \frac{h}{L_{\min}} \leq \frac{1}{20}$$

Nous remarquons donc que ce type d conception bien qu'offrant certains avantages architecturaux, présente néanmoins l'inconvénient d'être peu économique. Aussi pour un pays sismique comme l'Algérie les dalles seules doivent être capables de retransmettre les efforts inertiels dus au séisme aux différentes colonnes .Ceci passe irrémédiablement par une augmentation supplémentaire de l'épaisseur des dalles pleines. Et il n'existe actuellement aucune formule miracle permettant un dimensionnement rapide d'un tel système vis-à-vis des sollicitations sismiques : le soin est réservé aux Ingénieurs pour fixer à priori la section suffisante à attribuer à ce dalles.

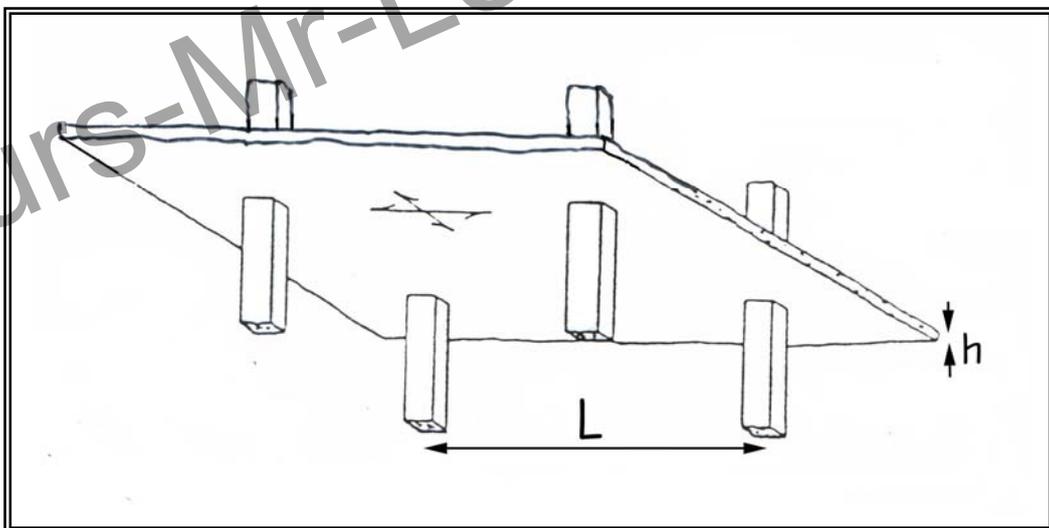


Fig.4. . Dalles épaisses sur colonnes à répartition bidirectionnelle.

3.3.5. Dalles épaisses à répartition bidirectionnelle sur chapiteaux.

L'option dalles épaisses sur chapiteaux s'apparente beaucoup à la conception précédente. Sauf que dans ce cas, et afin d'éviter que les poteaux ne poinçonnent la dalle on préfère au lieu d'augmenter l'épaisseur de la dalle évaser les poteaux en leurs têtes en créant ce que l'on appelle communément les chapiteaux.

Parfois lorsque les charges sur la dalles sont très importantes le chapiteau seul ne peut suffire pour garantir la résistance de la dalle vis-à-vis du poinçonnement .Pour cela et afin de rester (économique) on préfère augmenter l'épaisseur des dalles localement et on parlera alors e dalles sur chapiteaux avec surépaisseurs . La figure suivante Fig.5 traduit très bien sous forme schématique une pareille conception.

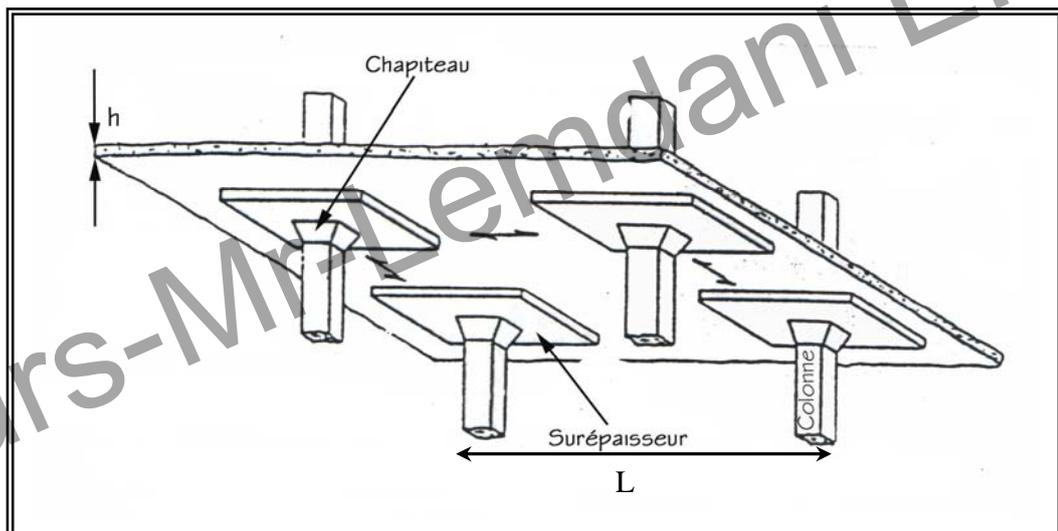


Fig.5. . Dalles épaisses à répartition bidirectionnelle sur chapiteaux.

Les caractéristiques dimensionnelles de ce type de conception sont comme suit :

- i. La portée libre entre colonnes varie de 7mètres pour une conception de la dalle en béton armé à 12mètres pour une conception de cette dernière en béton précontraint.

ii. L'épaisseur de la dalle dans chaque doit être au minimum bornée par la

$$\text{relation suivante : } \frac{1}{35} \leq \frac{h}{L_{\min}} \leq \frac{1}{25}$$

3.3.6. Dalles caissons ou à cassette à répartition bidirectionnelle.

Le cas des dalles caissons ou encore à cassettes se rapproche beaucoup des dalles nervurées .Sauf que dans ce cas les nervures sont dans deux directions qui peuvent être orthogonales ou non. Ce type de plancher est réputé très rigide et résistant tout en étant très économique .On le rencontre souvent ou de grandes portées ainsi que des charges importantes prévalent. C'est le cas des salles d'atelier et de travaux dirigés dans notre école EPAU.

Aussi dans les zones sismiques de tels planchers ont une très bonne réputation en terme de répartition des efforts sismiques aux différents éléments du contreventement (rigidité dans le plan de la dalle très importante avec une invariabilité directionnelle appréciable).

Le seul inconvénient dans cette conception reste la complication due à la réalisation (coffrage - ferrailage).

Sur la figure suivante fig. 6 est représenté le principe des planchers à caissons.

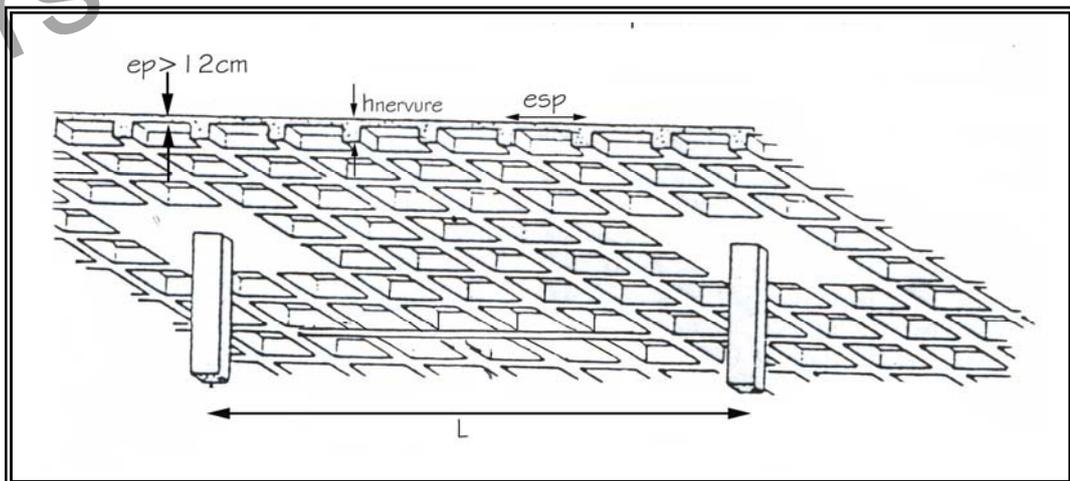


Fig.6. Dalles caissons ou à cassette à répartition bidirectionnelle.

Les caractéristiques dimensionnelles dans ce cas sont telles que :

- i. Portée libre de 12 à 20 mètres.
- ii. L'épaisseur e_p de la dalle au min 12 cm .
- iii. L'espacement des nervures est variable de 60 cm à 1.20 mètres
- iv. La retombée des nervures est bornée par la relation : $\frac{1}{20} \leq \frac{h_{\text{nervure}}}{L_{\text{min}}} \leq \frac{1}{15}$

3.3.7. Dalles pleines à répartition bidirectionnelle sur poutres.

Ce système de plancher est de loin le plus simple le plus classique .Il s'agit en fait de dalles en béton armé reposant sur des poutres en périphérie.

La figure suivante fig.7 donne l'allure d'un tel système.

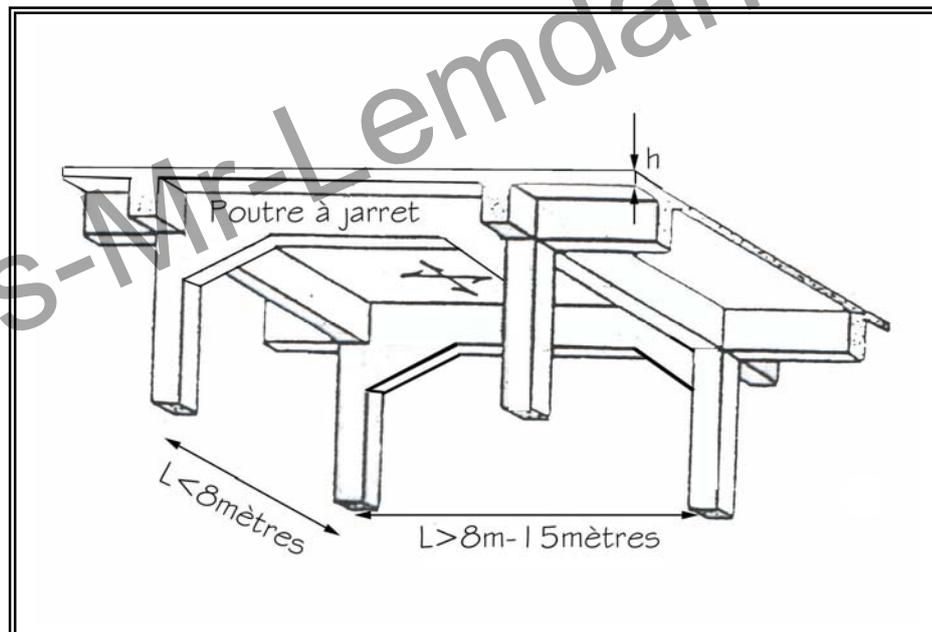


Fig.7. Dalles pleines à répartition bidirectionnelle sur poutres.

Les caractéristiques dimensionnelles de ce système se résument comme suit :

- i. La portée libre maximale des poutres est variable de 8m pour des poutres classiques à 15 mètres pour des poutres avec jarret.

- ii. L'épaisseur **h** de la dalle pleine est bornée par la formule suivante ;

$$\frac{1}{35} \leq \frac{h}{L_{\min}} \leq \frac{1}{25}$$

- iii. La retombée des poutres sans jarret peut être bornée par ;

$$\frac{1}{12} \leq \frac{H_{\text{poutre}}}{L_{\min}} \leq \frac{1}{10}$$

3.4. Les planchers mixtes acier - béton armé.

Comme leurs nom en témoigne bien ce sont des plancher constitués par deux matériaux l'acier et le béton. Ils allient en même temps les avantages des deux matériaux.

Ce type de planchers se rencontre fréquemment dans les constructions métalliques à usages divers : habitations, bureaux, hôpitaux, etc.

3.4.1. Conception d'un plancher mixte.

Examinons maintenant comment est constitué un plancher mixte. Voir fig.8

1. La dalle en béton sert principalement de plate forme de circulation transmettant les charges et surcharges aux éléments porteurs métalliques. Elle peut être constituée par un ensemble de pré-dalles juxtaposées et recouvertes par un revêtement .Dans d'autres cas la dalle est coulée sur place sur un bac en acier galvanisé.
2. Les éléments porteurs métalliques se composent des :
 - i. **Solives** : profilés métalliques régulièrement espacées (1mètre à 2m au maximum) dont la section est en général de type IPE ou IPN et s'appuyant sur les poutres porteuses.
 - ii. **Poutres porteuses**:Peuvent êtres à âme pleine ou à treillis. Ces poutres sont souvent désignées par l'appellation sommiers car recevant les solives et par voie de conséquence les charges et surcharges supportées par ces

dernières. Les poutres porteuses s'appuient sur les poteaux métalliques en HEA HEB HEM ou simplement en IPE.

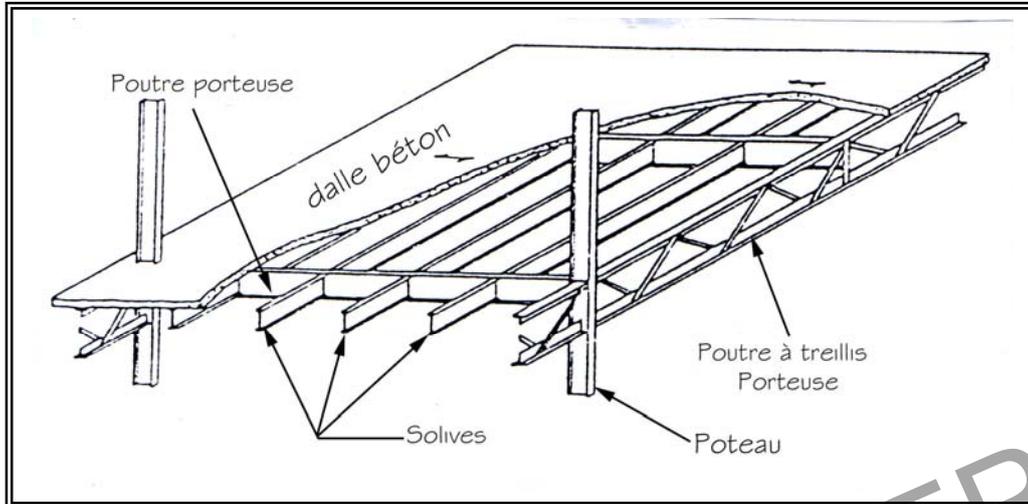


Fig.8. Constitution d'un plancher mixte acier dalle en béton.

3.4.2. Notion de plancher collaborant.

Les solives ainsi que les poutres porteuses sont essentiellement sollicitées en flexion simple avec cisaillement. Ceci veut dire que pour une section (solive poutre dalle en béton) donnée les fibres inférieures sont tendues tandis que les fibres supérieures comprimées. Fig. 9

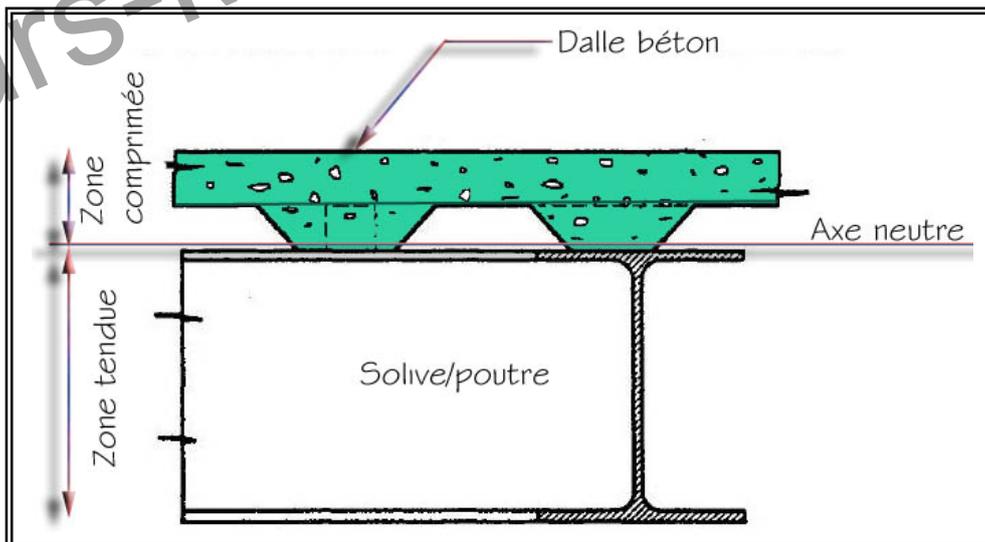


Fig.9. Principe de fonctionnement d'une dalle mixte acier - béton.

Or on sait que les éléments en acier résistent bien à la traction et mal à la compression (phénomènes d'instabilité par flambement, déversement), tandis que le béton lui résiste très bien à la compression et très mal à la traction.

Ainsi dans les sections mixtes la dalle en béton sera chargée de reprendre les efforts de compression tandis que la poutre métallique reprendra les effets de la traction et on parlera dans ce cas de **plancher collaborant**. Ceci confère en fait un rendement optimal à ce type de sections et une économie sans égale.

Remarque.

Afin d'assurer un fonctionnement conjoint de la poutre métallique et de la dalle en béton (plancher collaborant), on doit s'assurer que la liaison entre les deux éléments soit toujours assurée. Ceci est réalisé en pratique au moyen de dispositifs spécifiques que l'on décrira plus loin dans ce cours.

Quelque fois pour des raisons de simplification de la mise en œuvre, on laisse la dalle et la poutre métallique travailler indépendamment et on parle alors de plancher non collaborant .Il faut signaler que cette variante bien que techniquement acceptable demeure non économique. Sur le tableau suivant on compare les deux solutions plancher collaborant et non collaborant pour un espace parkings.

	Solive	Epaisseur dalle	Observation
Variante plancher collaborant	IPE 180	8 cm	Gain de 39.4 % en acier Gain de 50 % en béton
Variante plancher non collaborant	IPE220	12 cm	

3.4.1. Les différentes variantes de planchers mixtes.

Nous examinons dans ce qui suit quelques unes des conceptions de planchers mixtes les plus utilisées. Nous ferons en plus une distinction entre plancher mixte collaborant et non collaborant bien que ce dernier ne possède réellement aucun intérêt économique.

3.4.1.1. Plancher mixte non collaborant avec pré dalles en béton armé.

Bien que ne présentant aucun avantage ni de la résistance ni de l'économie cette conception peut toutefois se retrouver dans les planchers à faible surcharges.

Elle consiste voir fig. 10 en une série de pré dalles en béton armé d'une portée variable de 3.5 m à 5 mètres pour une largeur standard d'environ 70 cm à 80 cm.

Ces pré dalles sont posées sur les solives et sont rendues solidaires de ces dernières par des points de soudures. Une fois les pré dalles posées on procèdera à la mise en place des revêtements pour obtenir un plancher fini.

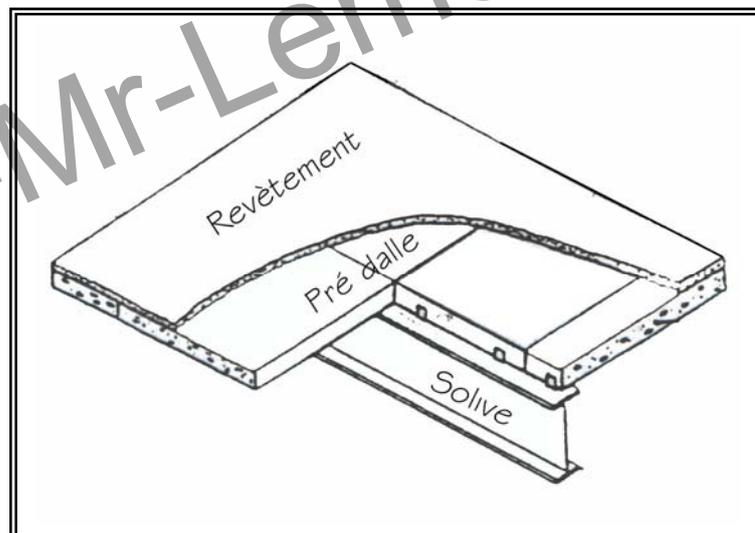


Fig.10. Plancher mixte à pré dalles.

3.4.1.2. Plancher mixte collaborant avec dalles en béton armé coulées sur place.

Comme son nom l'indique bien c'est un plancher collaborant : c'est-à-dire que la dalle en béton armé est rendue solidaire de la poutre en acier au moyen de dispositions spéciales assurant une parfaite connexion des deux éléments.

Dans ce cas précis, la connexion est assurée par un ensemble de goujons ou encore de connecteurs en aciers régulièrement espacés et s'opposant à la force de glissement qui tend à séparer les deux éléments. La dalle en béton est quant à elle coulée sur place à l'aide d'un coffrage traditionnel ce qui rend cette conception assez lourde avec des délais de mise en place du coffrage puis du ferrailage et enfin le coulage assez importants sans compter le temps du décoffrage. La figure suivante fig.11 donne une schématisation d'une pareille conception.

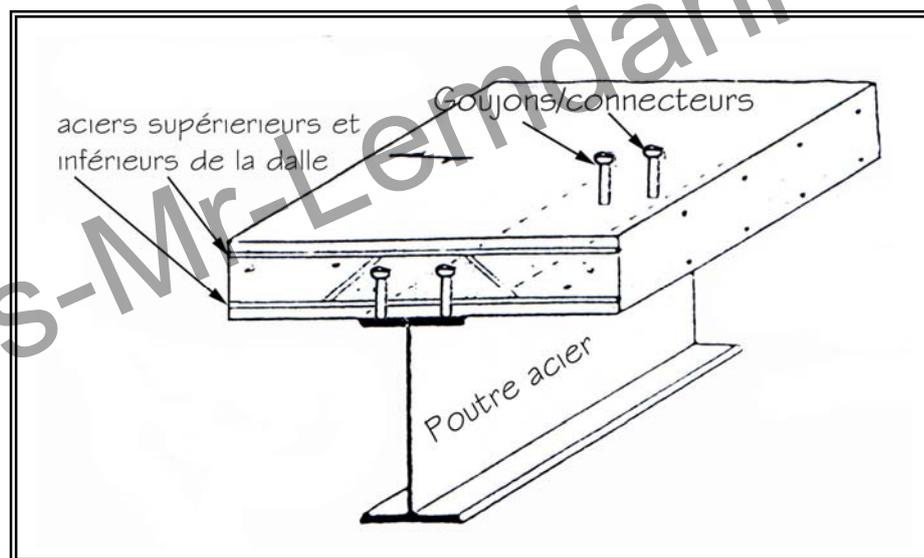


Fig.11. Plancher mixte collaborant avec dalles en béton armé coulées

Sous l'effet des charges et surcharges, la dalle est soumise à des effets de flexion dans le plan perpendiculaire de la poutre acier, ce qui impose la mise en place d'aciers en double nappe supérieure et inférieure afin de reprendre les moments positifs et négatifs.

L'épaisseur de la dalle e_p varie en fonction de l'espacement "d " entre deux solives et on pour habitude de retenir la relation suivante :

$$\frac{1}{12} \leq \frac{e_p}{d} \leq \frac{1}{10}$$

3.4.1.3. Plancher mixte collaborant avec dalles en béton armé sur coffrage perdu.

Dans un souci de simplifier la mise en œuvre des planchers mixtes des bacs en acier inoxydable et servant de coffrage perdu on vu le jour .Plusieurs variante existent chez nous en Algérie on citera les bacs TN 40, TR 35 et même TR 55.

Aussi il faut rappeler que l'introduction des coffrages perdus en bacs d'acier dans la conception des planchers mixte a permis d'éliminer la nappe d'aciers inférieure : c'est la section du bac qui sera chargée de reprendre les traction dues à la flexion Seule une nappe de treillis soudés en face supérieure persistera et sera chargée de reprendre les moments négatifs sur appuis.

La figure Fig. 12 suivante donne les détails relatifs à une telle conception.

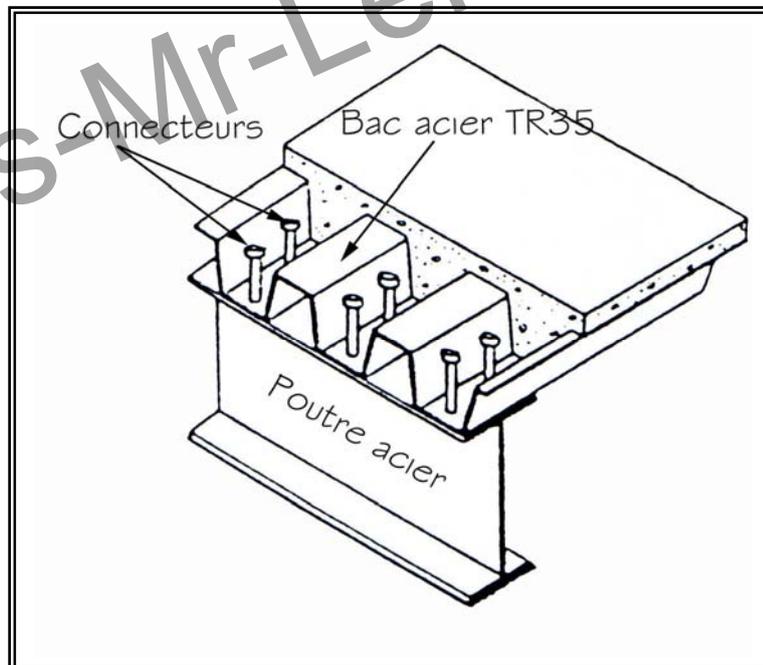


Fig.12. Plancher mixte collaborant avec dalles en béton armé sur coffrage perdu.

3.4.1.4. Plancher mixte collaborant avec dalles en béton armé sur

Bacs en aciers Hi Bond.

En voulant toujours améliorer les conceptions existantes tout en les simplifiant, une nouvelle famille de bacs en acier a vu le jour il s'agit des bacs en acier Hi Bond (en anglais High bond = forte adhérence).

En effet dans les planchers mixtes utilisant ce type de bac nous n'avons plus besoin de disposer ni de nappe inférieure d'acier ni même de connecteurs .La connexion de la dalle est assurée par des callosités (sorte de boursouffure locale de la tôle) régulièrement espacées. Voir fig..13

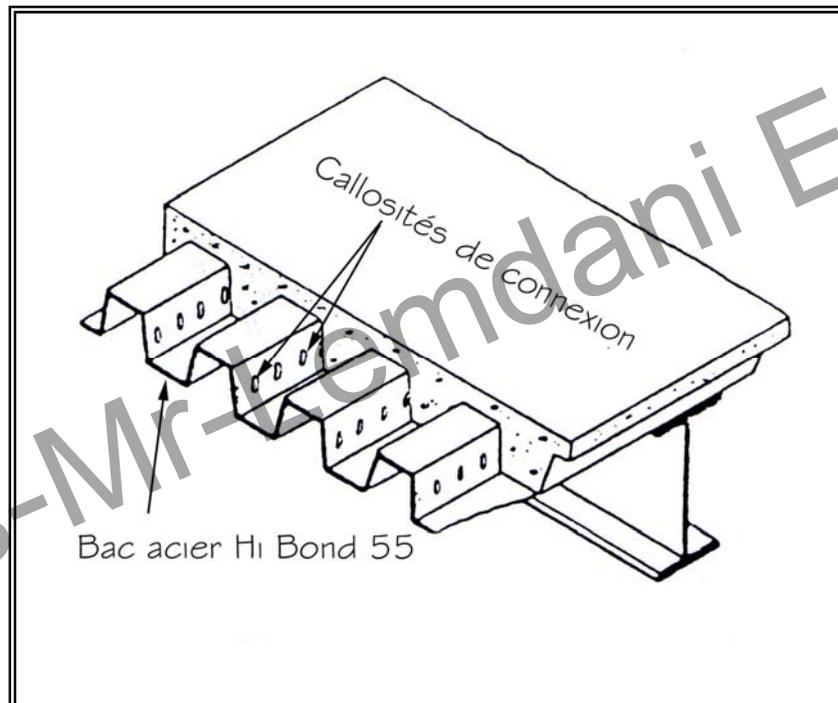


Fig.13. Plancher mixte collaborant avec dalles en béton armé sur
Bacs en aciers Hi Bond.

Il faut noter que ce type de conception offre de grands avantages tant sur le plan de la rapidité d'exécution que sur le plan de la stabilité et de la résistance. Seul inconvénient les bacs Hi Bond sont plus chers que les bacs en acier classiques.

