

Université de Batna 2  
 Faculté de Technologie  
 Département de Génie Civil  
 - Master - optim structure mixtes.

Cours = Dalles mixtes, avec tôles profilées en acier.

I - Preamble =

Ce chapitre concerne les dalles mixtes dont la portée est disposée dans le sous solle nervures. En application est pm- les calculs de structures des bâtiments où les charges d'exploitation sont statiques y compris les bâtiments industriels dont les planchers sont soumis à des charges mobiles.

Un soin particulier doit être apporté aux dispositions constructives dans le cas où les charges d'exploitation sont répétitives ou appliquées brusquement de sorte à produire des effets dynamiques, ceci pour assurer une action collaborative entre les différents éléments de la dalle.

II - Définitions

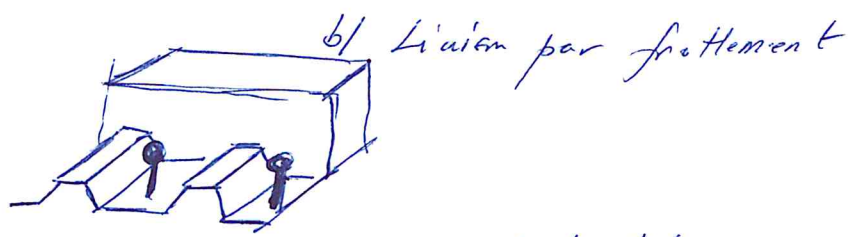
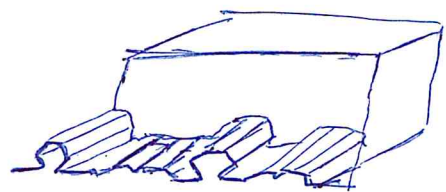
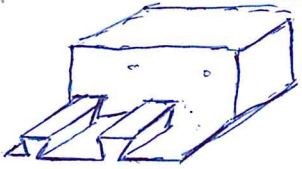
2.1. Dalles mixte = est une dalle dans laquelle on utilise des tôles profilées en acier comme coffrage permanent pm- supporte le béton frais, l'armature et les charges de construction.

Quand le béton durcit, le tôle en acier se combine avec lui et se comporte comme un tout avec une partie de l'armature extraite du plancher.

2.2 - Comportement mixte



a/ L'union mixte



cf an crage d'extremite'.  
fig - 1

Le Comportement Nexte a lieu quand-

- une dalle en beton composee de toles profilees en acier, plus toute armature supplementaire et le beton durcie sont combines de facon a former un seul et unique element de construction.
- les toles en acier doivent etre capable de transmettre le cisaillement transversal au niveau de surface de contact entre la tole et le beton - on doit assurer le li'aison entre tole et beton par l'un des moyens precedentement evokes.

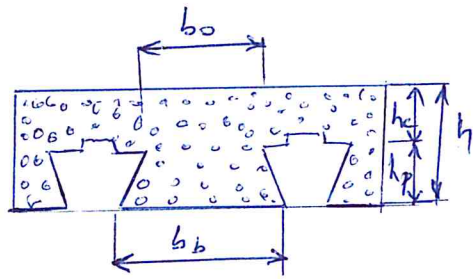
2.3- Dispositifs Constructives 2

2.3.1- Epaisseur dalles et armatures.

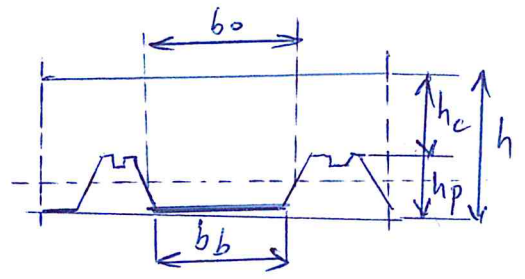
- L'epaisseur de la dalle doit etre au moins de 80mm.
- L'epaisseur du beton h<sub>c</sub> au dessus de la surface plane au dessus des nervures de la tole ne doit pas etre inf. a 40mm.
- si la dalle e une actre Nexte avec le poteau utilisee comme diaphragme, son epaisseur totale doit etre ≥ 90mm et h<sub>c</sub> ≥ 50mm.

2.3.2- Granulats = Ils doivent avoir la taille nominale suivante.

- a - 0.4 h<sub>c</sub> (fig. 2)
- b -  $\frac{b_0}{3}$ , b<sub>0</sub> largeur moyenne des nervures (fig. 2)
- c - 31.5 mm (tamis)



profil à nervures saillantes

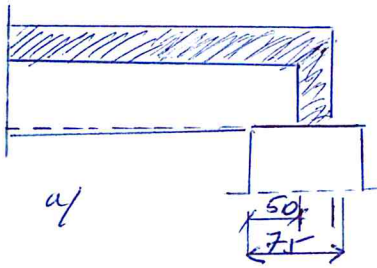


Profil à nervures enfoncées

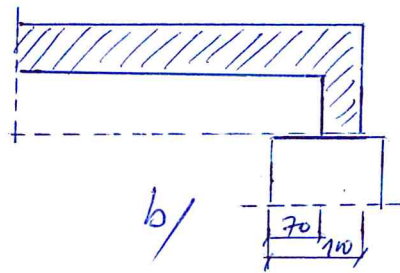
Fig-2 Dimensions du dalle et fôles.

2.3.3. Appuis - Exigences

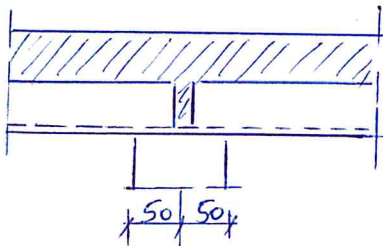
Les conditions d'appuis sont d'une importance capitale, qu'elle s'agisse d'un appui en acier, béton ou autre matériaux, tels que briques en bloc.



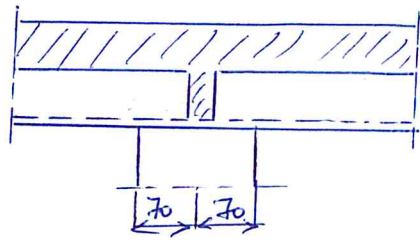
a/



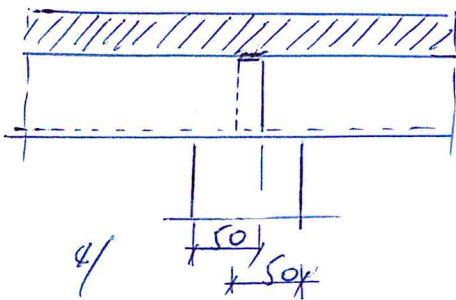
b/



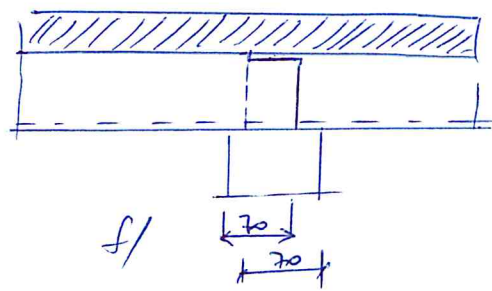
c/



d/



e/



f/

fig-3

a, b, et c = appui sur acier ou béton  
 b, d, f = " " " d'autr matériaux = briques, blocs.



2.4 Actes =

Afin de garantir un degré convenable de sécurité, et faire tenir compte de la totalité des libérations de calcul.

a- Tôles profilées en acier = utilisées comme coffrage, et fait procéder à la vérification de leur comportement.

b- dalle mixte - Procède à une vérification de la dalle après le début de l'acier et retrait.

- charges à prendre en compte -

- poids du béton
- charges du chantier = poids des ouvriers et matériel
- " de stockage éventuelle
- Effet de vance  $\Rightarrow$  surplus de béton dû à la flèche des tôles

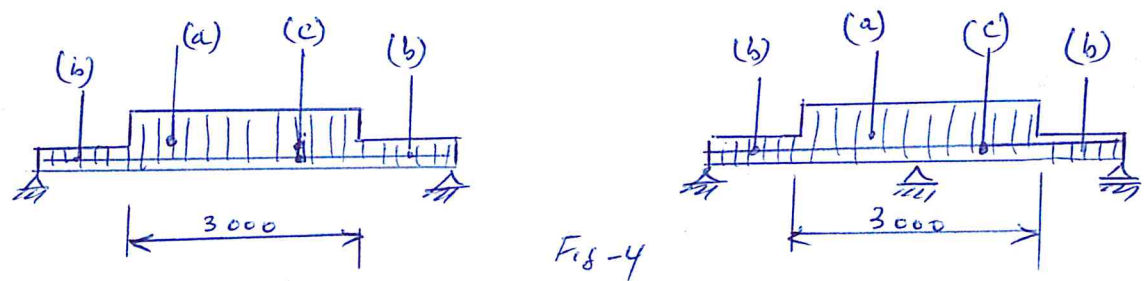
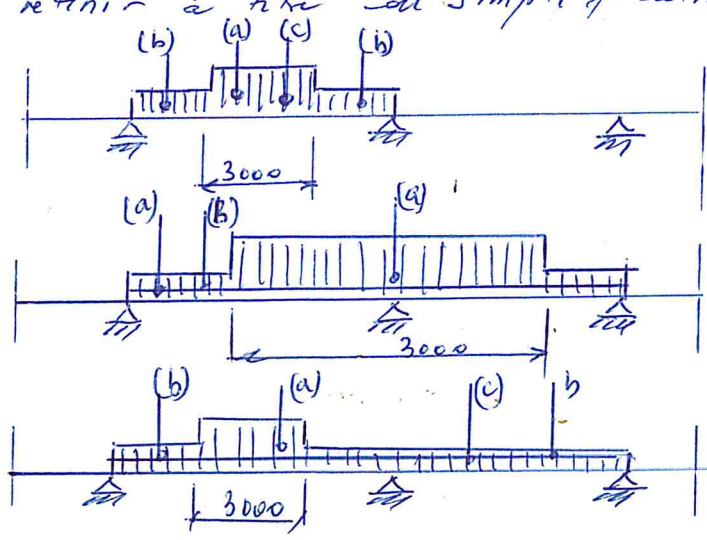


Fig-4 charges supportées par les tôles profilées

- (a) - concentration des charges de structure  $1.5 \text{ kN/m}^2$
- (b) - charges de structure réparties  $0.75 \text{ kN/m}^2$
- (c) - poids propre.

on peut retenir à titre de simplification les cas de charge suivants.



- (a) - concentration des charges  $1.5$
- (b) charge de structure  $0.75 \text{ kN/m}^2$
- (c) poids propre.

fig-5

## 2.5 - Analyse

L'analyse peut se faire par les méthodes suivantes.

- 1- analyse linéaire sans ou avec redistribution.
- 2- analyse globale plastique basée sur la méthode cinématique (borne supérieure), soit sur la méthode statique (borne inférieure). à condition que les sections ou une rotation plastique est requise possèdent une capacité de rotation suffisante, cela doit être démontré.
- 3- analyse élasto-plastique tenant compte des propriétés du matériau non linéaire.

NB - les méthodes linéaires d'analyse conviennent plus de ELS ainsi que les ELU. Les méthodes plastique avec des simplifications sont utilisées uniquement aux ELU.

## 2.6 - Largeur utile pour les charges concentrées ponctuelles et linéaire

Les charges concentrées ponctuelles ou linéaires parallèles à la portée de la dalle, doivent être supportées par celle-ci et sont considérées comme réparties sur une largeur  $b_m$  (fig. 6.).

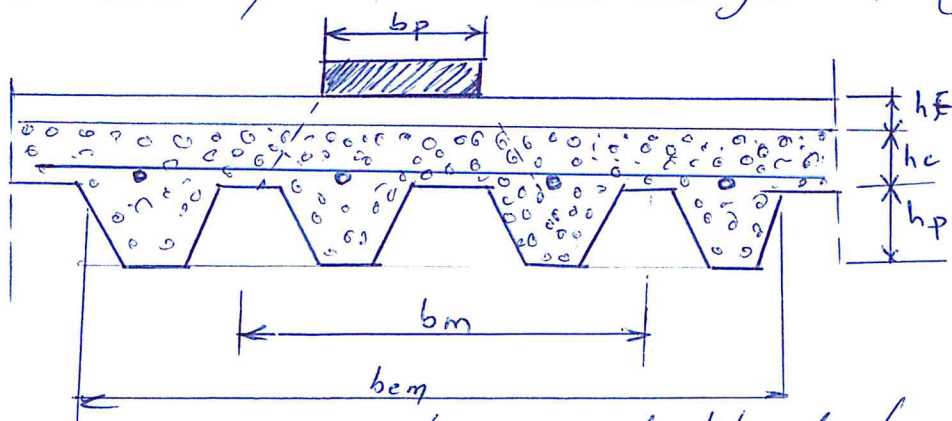


fig. 6 - répartition de charge concentrées.

$$b_m = b_p + 2(h_c + h_f)$$

$b_p$  = largeur de la charge concentrée  $\perp$  à la portée de la dalle

$h_c$  = épaisseur de la dalle au dessus du renfort de la tôle profilée

$h_f$  = épaisseur de finitions éventuelles.

6/

$P_m$  - l'analyse globale et le calcul de résistance, et l'environnement de prendre.

a -  $P_m$  - le cisaillement longitudinal et la flexion  
\*  $P_m$  - les travées à appuis simples et les travées de rive de dalle continues.

$$b_{em} = b_m + 2 L_p \left(1 - \frac{L_p}{L}\right) \leq \text{largeur de la dalle.}$$

\*  $P_m$  - les travées intermédiaires de dalle continues.

$$b_{em} = b_m + 1.33 L_p \left(1 - \frac{L_p}{L}\right) \leq \text{largeur de la dalle}$$

b -  $P_m$  - le cisaillement vertical.

$$b_{ov} = b_m + L_p \left(1 - \frac{L_p}{L}\right) \leq \text{largeur de la dalle.}$$

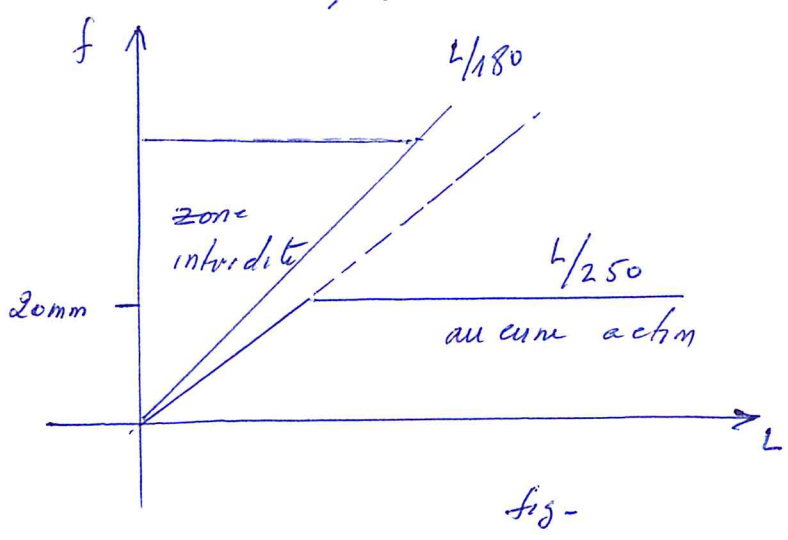
où  $L_p$  = distance mesurée entre le centre de la charge et l'appui le plus proche.

$$L = \text{largeur de la travée.}$$



# Vérification des Tôles profilées en Aciers (Asphalte).

- ELU = doit être conforme à la partie 1.3 EC3.
- ELS = \* les caractéristiques des profils sont déterminées sur la base de la partie 1.3 EC3.
  - \* La flèche <sup>de la tôle</sup> sur l'effet de son P.P et le poids du béton frais sous les charges de structure ne dépasse pas  $(\frac{L}{180})$  ou 20mm - L portée utile entre les appuis (et ils sont contrôlés comme des appuis dans ce cas).
  - \* La flèche de la tôle sous son poids propre et le poids du béton frais, avec exclusion des charges de structure, doit avoir comme valeur supérieure  $\frac{L}{180}$ .

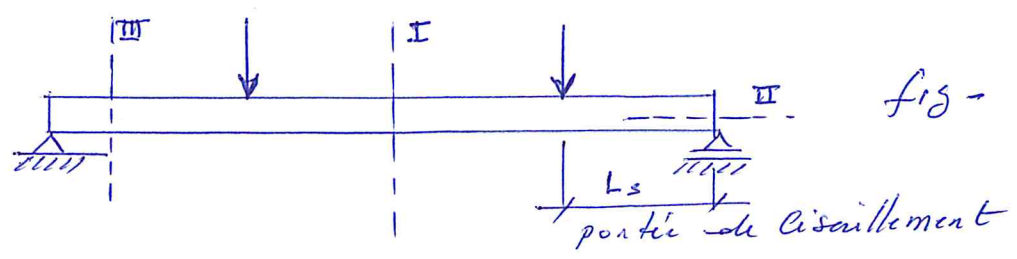


Il est permis de varier ces limites si =

- > une flèche plus importante ne risque pas d'affecter la sécurité
- > ... etc.

# Vérification des dalles mixtes

ELU = La résistance d'une dalle mixte doit être suffisante pour supporter les charges, sans l'occurrence des modes de ruine suivants.



- Section critique I = Flexion = résistance à la flexion Mp, Rd  
 Cette section peut être critique s'il existe une connexion complète au niveau du surface de contact de la tôle et le béton
- Section critique II = Cisaillement longitudinal = résistance au cisaillement longitudinal Vd, Rd -  
 On détermine la charge max. sur la dalle par la résistance de la Gmaxim.  
 La résistance ultime à la flexion Mp, Rd dans la section I ne peut être atteinte -  
 on définit ainsi la connexion partielle.
- Section critique III Cisaillement vertical et poinçonnement = résistance au cisaillement vertical Vd, Rd  
 Cette section n'est critique dans certains cas particuliers, exemples cas de dalle épaisses de faible portée avec des charges d'intensité relativement importantes.

Flexion = Le moment plastique résistant doit être déterminé par la théorie plastique conformément aux dispositions réglementaires, tenant compte de la limite d'élasticité de l'élément (tôle en acier)  
 $f_{yk} / \gamma_{ap}$

ont une section transversale mixte avec la répartition des contraintes -

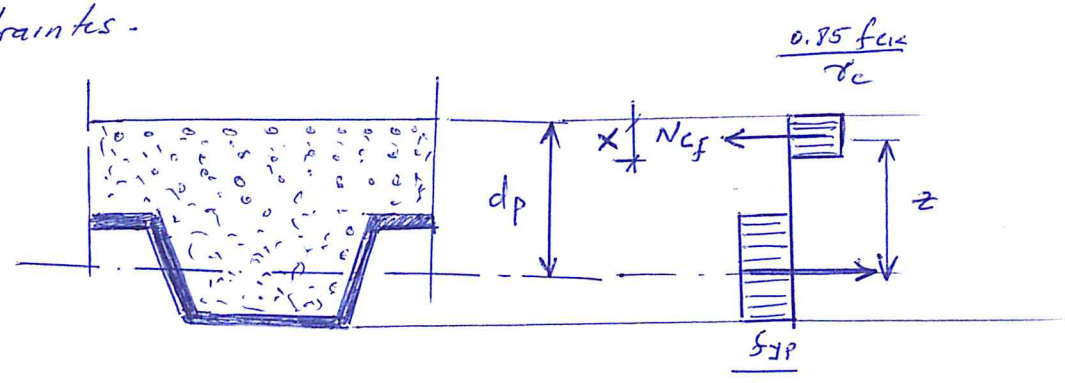


Fig - Répartition des contraintes par flexion positive si l'axe neutre est situé au dessus de la tôle



Deux cas peuvent se présenter, soit l'axe neutre tombe dans l'au dessus de la tôle, ou dans la tôle.

Cas 1 = Flexion positive - axe neutre au dessus de la tôle - on a alors les relations suivantes.

$$M_{p. Rd} = N_{ef} (d_p - 0.5x)$$

$$\text{on } N_{ef} = \frac{A_p f_{yp}}{\gamma_{ap}}$$

avec  $A_p$  = section efficace de la tôle en acier en traction -

$d_p$  = distance entre le haut de la dalle et le c.d.c de la section efficace de la tôle en acier

$x$  = hauteur du bloc de compression par le béton -

$$x = \frac{N_{ef}}{b \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c}}$$

où  $b$  = largeur de la section transversale considérée.

Cas 2 = Flexion positive - axe neutre situé dans la tôle.

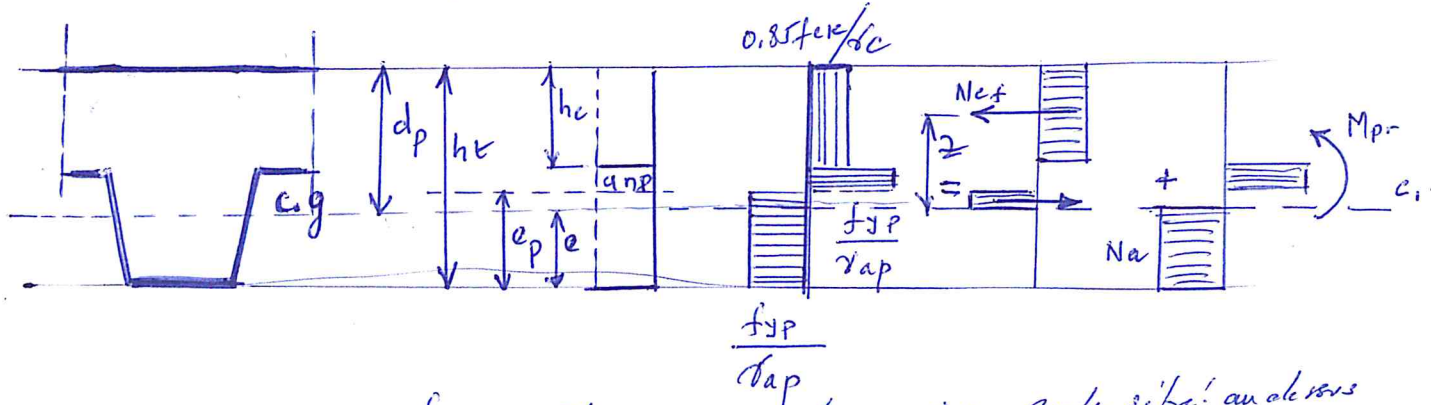


fig - Flexion positive - axe neutre situé au dessus de la tôle.

$$M_{p. Rd} = N_{ef} z + M_{pr}$$

$$\text{on } z = h_t - 0.5h_c - e_p + (e_p - e) \frac{N_{ef}}{A_p \cdot f_{yp} \gamma_{ap}}$$

$\bar{m} = M_{pr} =$  Moment résistant plastique réduit de la tôle.  
et est donné par la relation suivante:

$$M_{pr} = 1.25 M_{pa} \left( 1 - \frac{N_{ef}}{A_p \cdot f_{yp}} \right) \leq M_{pa}$$

$$N_{ef} = h_e \cdot b \cdot \frac{0.85 f_{ok}}{\gamma_c}$$

$M_{pa}$  = valeur de calcul de la résistance à la flexion de la section transversale efficace de la tôle.

$h_e$  = hauteur totale de la dalle.

$e_p$  = distance de l'axe neutre plastique à la fibre la plus tendue.

$e$  = distance de l'axe neutre à la fibre la plus tendue.

Cisaillement longitudinal pour les dalles dépourvues d'ancrages d'extrémités

- L'application est faite aux dalles mixtes avec liaison mécanique ou par frottement.

L'effort tranchant de calcul  $V$  par une largeur de dalle  $b$  ne doit pas dépasser la résistance de calcul au cisaillement  $V_{e,rd}$  déterminée au moyen de la relation semi-empirique donnée ci-après.

$$V_{e,rd} = b \cdot d_p \frac{m \frac{A_p}{b L_s} + k}{\gamma_{vs}}$$

où  $b, d_p, L_s$  sont en mm

$A_p = \text{mm}^2$

$m$  et  $k$  sont en  $\text{N/mm}^2$

$m, k$  valeurs de calcul par les coeff. empiriques obtenus à partir d'essais effectués conformément à la réglementation

$\gamma_{vs} = 1.25.$

Pm - le calcul prendra  $l_s$  egal à

1)  $\frac{L}{4}$  = charge uniforme appliquée sur la totalité de la longueur de la travée

2) Distance entre la charge appliquée et l'appui le plus proche pour 02 charges égales et disposées symétriquement

3) Pm - d'autres combinaisons, il faut procéder à une évaluation basée sur des mesures d'essais.

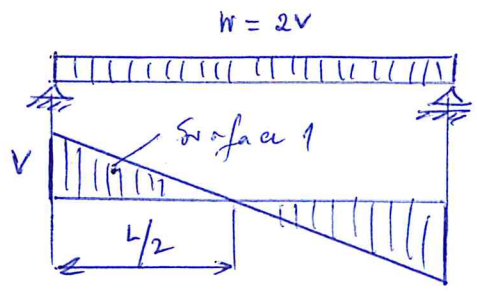
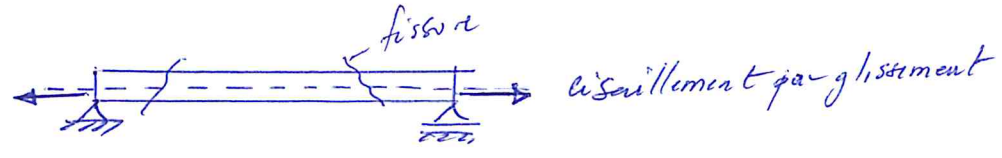
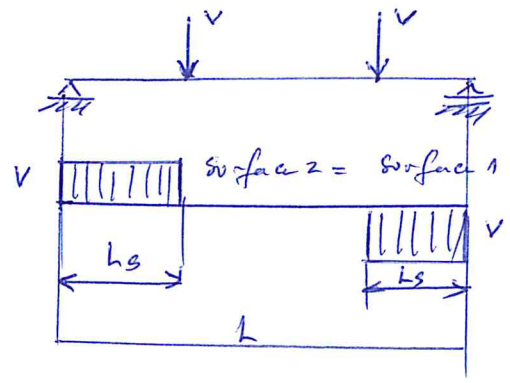


fig -



- cas où la dalle est continue - Il est permis d'utiliser une poutre simple équivalente entre les points d'inflexion ( $\frac{m_1 + m_2}{2}$  mètre)  
 pm - le déterminateur de la résistance au cisaillement. Pm - la travée de rive, on utilise la longueur totale.

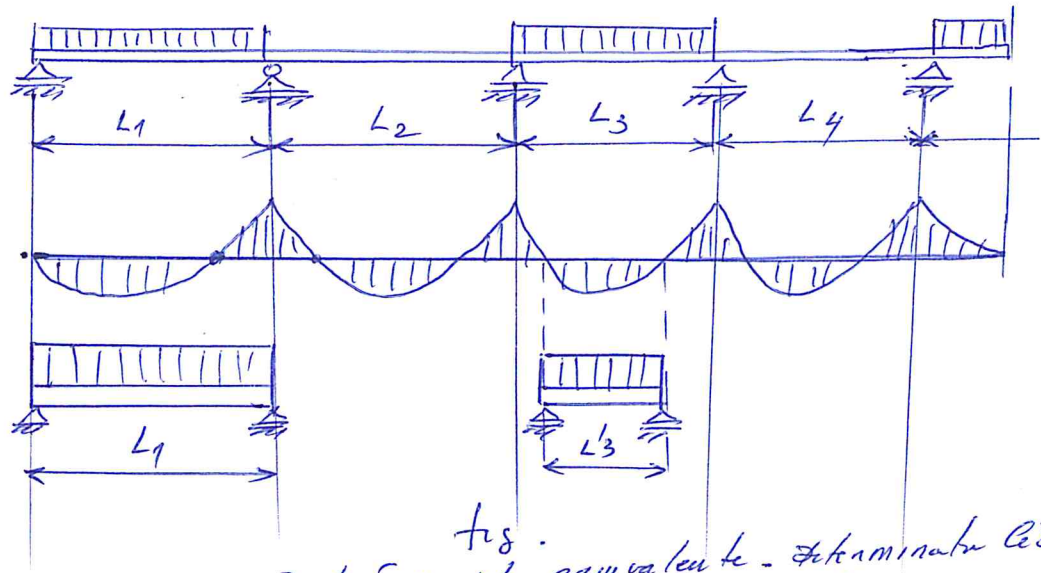


fig -  
 Poutre simple équivalente - déterminateur cisaillement  
 multi-troncal - dalle continue.



Dans le calcul de ces travées, on a plusieurs cas =

> Si les charges sont uniformément réparties et que les portées des travées successives ne diffèrent pas au plus de 15%, on admet que cette distance soit égale à 90% pm une travée de rive et 80% pm une travée intermédiaire.

Ceci dans le cas de participation de la tôle vis à vis de la résistance à la flexion dans les zones de  $M_{max}$  négatifs est négligé.

Dans le cas contraire, on prend le porteur de la travée isostatique équivalente égale à la portée de la travée réelle encastée. On obtient cette règle par détermination simultanément la mesure de cisaillement  $L_s$  et l'effort tranchant.

> Cisaillement longitudinal pm - les dalles comportant un ancrage à l'extrémité

cette méthode est valable pm - la connexion partielle et permet de déterminer la résistance au cisaillement longitudinal des dalles pm vues d'ancrages.

La résistance admise au cisaillement de  $m_j m_i$ , ou la résistance à la pression diamétrale de la tôle à l'axe de l'expression suivante -

$$P_{pb.Rd} = K_{\phi} \frac{d_{do} t_{sp}}{d_{ap}}$$

$$\bar{m} \quad K_{\phi} = 1 + \frac{a}{d_{do}} \leq 4.0$$

cette formule est invalidée par l'application de la limitation de  $a$  ci-dessous est remplacé par =

$$K_{\phi} = 1 + \frac{a}{d_{do}} \leq 3.0 \quad \checkmark$$

$\bar{m} = P_{pb.Rd}$  = résistance de calcul à la pression diamétrale d'un goupil en tôle soudée à travers la tôle

- $d_{do}$  = diamètre du condm du bordre périphérique que l'on peut prendre égal à 1.1 fois le diamètre du fût du goupin.
- $a$  = distance entre le centre du goupin et l'extrémité de la tôle sans dépasser  $2d_{do}$ .
- $t$  = épaisseur de la dalle.

Effort tranchant

- L'effort tranchant résistant  $V_{r,rd}$  d'une dalle mixte sur une largeur égale à l'entraxe du nervure est :

$$V_{r,rd} = b_0 d_p f_{rd} K_v (1.2 + 40g)$$

où  $b_0$  = largeur moyenne du nervure de béton

$f_{rd}$  = résistance du bat au cisaillement égale à  $0.25 \frac{f_{ctk}}{s_c}$

$f_{ctk}$  égale à  $f_{ctk} 0.05$

$$g = \frac{A_p}{b_0 d_p} \leq 0.02$$

$A_p$  = section efficace de la tôle en traction

$K_v = (1.6 - 0.1g) \geq 1$  avec  $d_p$  exprimée en m.

Ponçonnement

Résistance au ponçonnement  $V_{p,rd}$  d'une dalle mixte au niveau de la charge concentrée au moyen de :

$$V_{p,rd} = C_p h_c f_{rd} K_v (1.2 + 40g)$$

où  $C_p$  = périmètre critique.

$f_{rd}$  et  $K_v$  sont indiqués au 1/ chapitre précédent.