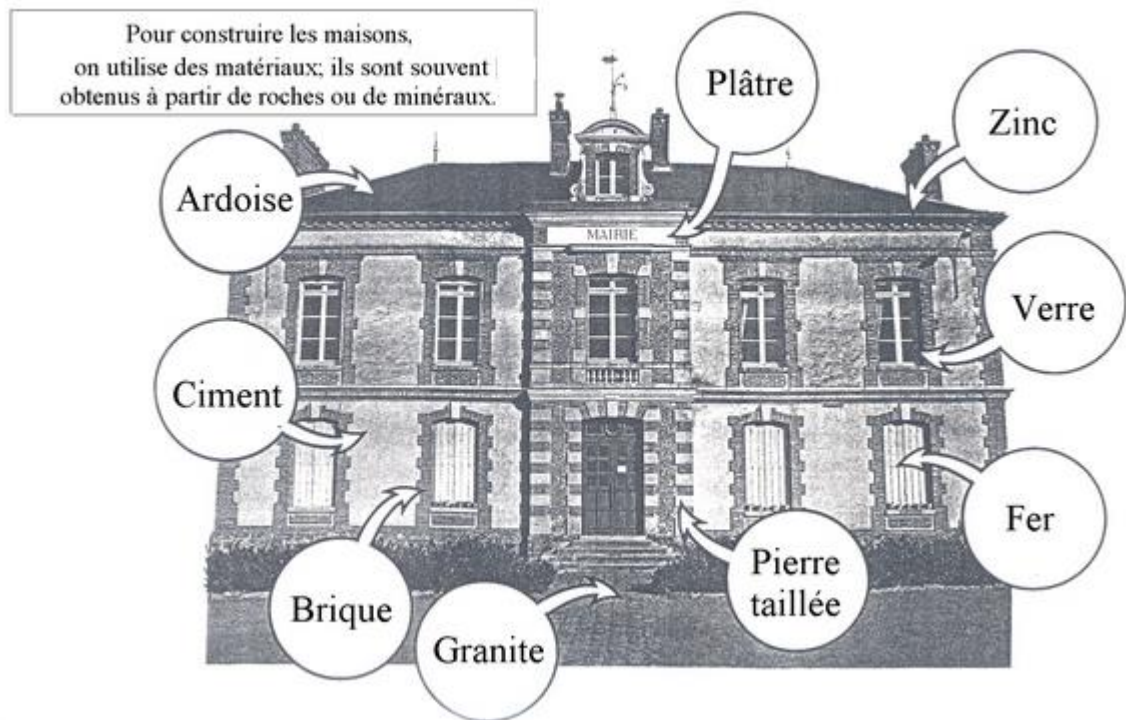


CALCUL DES CHARGES

La descente de charge a pour but l'évaluation des actions de pesanteur permanentes et variables ceci va nous permettre de calculer les poteaux, appuis et leurs fondations.

I. Images illustrant des matériaux et des revêtements utilisés dans les bâtiments :

LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION



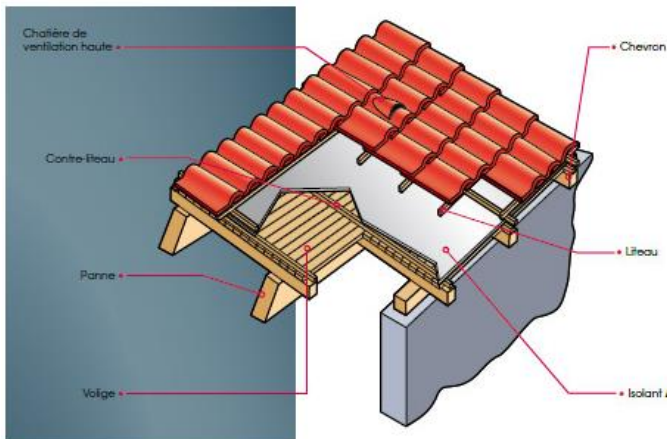
BETON ARME : CALCUL DES CHARGES



Parpaing plein béton



Parpaing creux béton



Toit en ardoises



Toit en tuiles



Etanchéité toitures terrasses

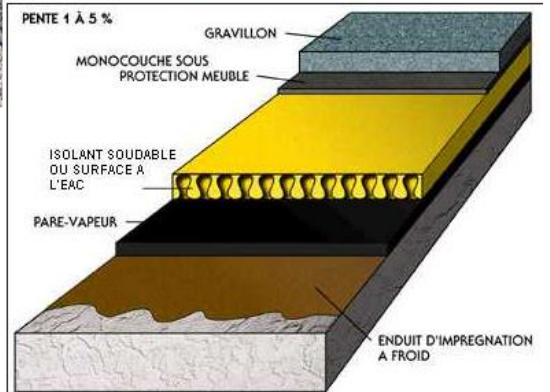
BETON ARME : CALCUL DES CHARGES



Asphalte coulé étanche



Protection lourde (gravillon) -
terrasse inaccessible



MENUISERIES



CARRELAGE



AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS



BETON ARME : CALCUL DES CHARGES



La charpente en bois de cœur de chêne



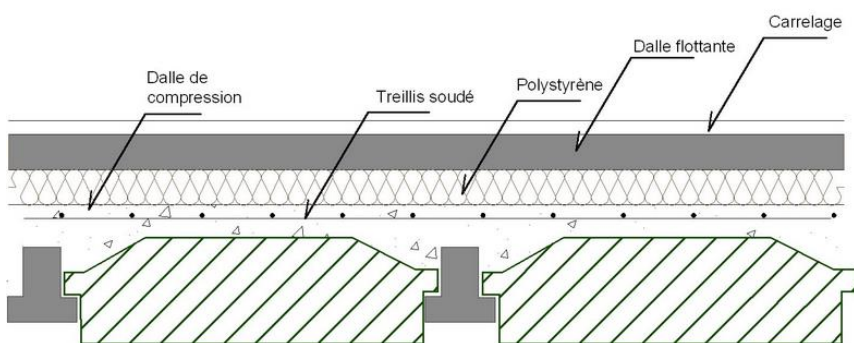
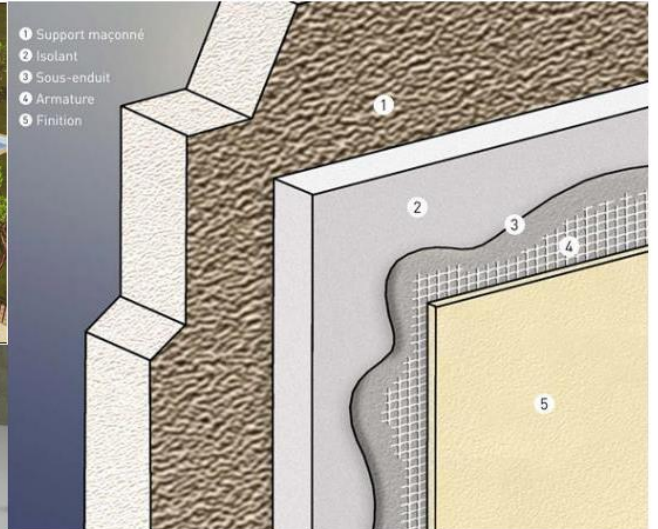
texture du bois de chêne



Polystyrène Extrudé



Polystyrène



la chape flottante en compléent

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Le bureau d'étude a pour mission d'établir les plans techniques nécessaires pour la réalisation du projet, à savoir :

- ✓ Les plans de béton armé ;
- ✓ Les plans de plomberie, d'électricité et d'assainissement.

Pour réaliser ces plans, le bureau d'étude se base sur les plans d'architectures et le rapport géotechnique établi par le laboratoire.

Les dessins de béton armé comportent :

- ✓ Les plans de coffrages qui présentent les formes et les dimensions des différents ouvrages à réaliser en béton armé (dalles, poutres, poteaux, voiles...).
- ✓ Les détails de ferrailage des différentes structures en Béton armé

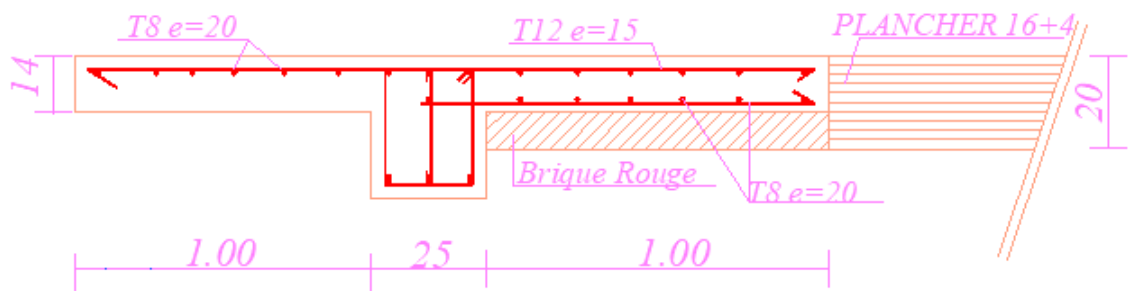


Fig. Exemple plan de ferrailage d'une dalle en consol

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

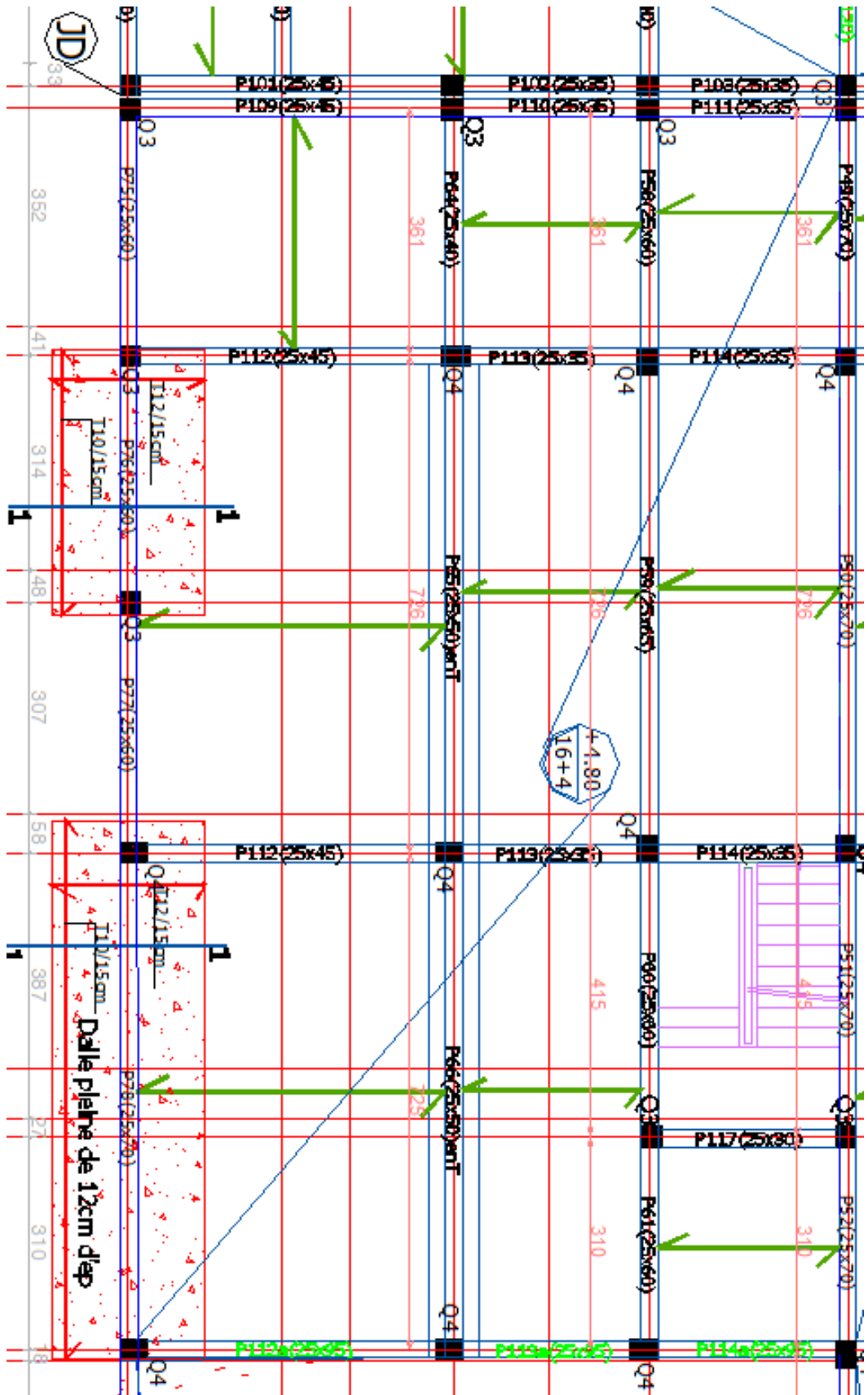
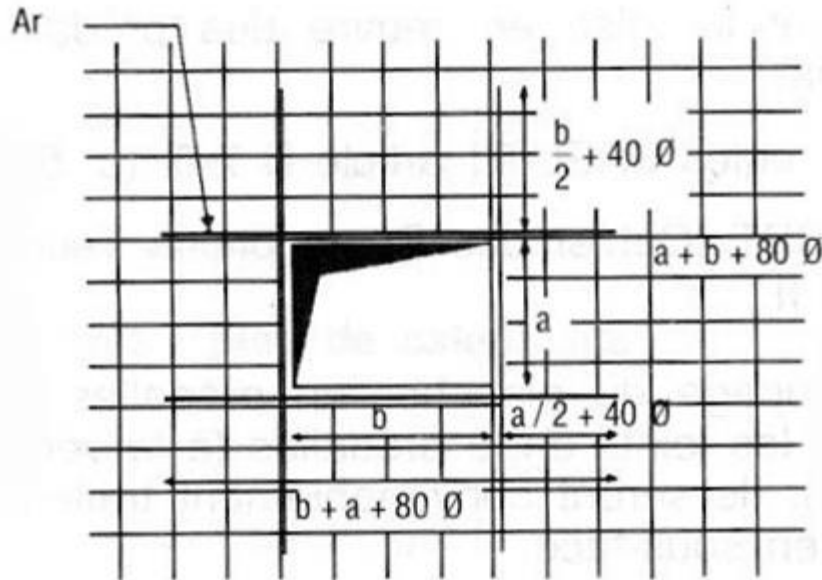


Fig. Exemple plan de coffrage d'un plancher

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

NB :

Sur le pourtour des trémies, on renforce avec des aciers :



III. ACTIONS PERMANENTES DANS LE BATIMENT :

Elles résultent du poids volumique des matériaux mis en œuvre.

Matériau	Poids volumique (kN/m^3)
Béton armé	25
Béton non armé	22
Plâtre	10
Mortiers aux liants hydrauliques	18
Briques pleines	19
Briques creuses	9
Parpaings pleins	21
Parpaings creux porteurs	9
Chêne	8
Sapin	5,5
Pierre tendre	15 à 19
Pierre dure	22 à 25
Maçonnerie en briques creuses	15
Maçonnerie en briques pleines	18
Maçonnerie en agglos creux	15
Maçonnerie en agglos pleins	21,5
Maçonnerie en pierre de taille	27

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Maçonnerie en moellons tendres	21
Maçonnerie en moellons durs	25
Sables et argiles secs	14 à 16
Sables et argiles humides	17 à 19
Verre	25
Acier	87,5
Bois	8
Isolation polystyrène expansé	0,3

Elles peuvent aussi être déduites du poids surfacique de différents éléments.

Revêtement	Poids surfacique (kN/m ²)
Chape en mortier, dalle flottante (par cm d'épaisseur)	0,2
Sable sec tamisé, (par cm d'épaisseur)	17
Carrelage y compris mortier de pose :	
grès cérame 4,5 mm	0,5
grès cérame 9 mm	0,6
dallage céramique	0,7 à 1
Parquet de 23 mm y compris lambourdes	0,25
Sols minces textiles ou plastiques	0,08
Toitures :	
- terrasse:	
Etanchéité multicouche	0,12
Asphalte coulé sablé	0,5
Gravillon de protection	0,2
- autres toitures (litesaux et voligeage compris) :	25
Couverture en ardoises	0,3
Couverture en tuiles	0,5 à 0,75

Planchers à poutrelles préfabriquées avec entrevous creux béton et comportant une dalle coulée en place de 4 cm à 5 cm.

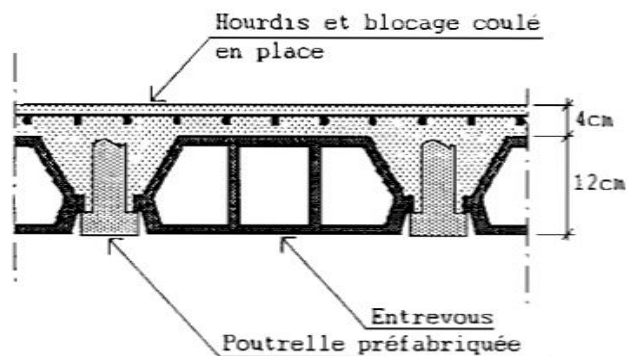


Figure 7-1

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Epaisseurs planchers en cm	Poids surfacique (kN/m ²)
12 + 4	2,4
16 + 4	2,65
20 + 5	3,25
25 + 5	4,15
30 + 5	5

Les cloisons de distribution, qui sont non porteuses, ont une densité relativement importante et régulière dans les bâtiments à usage d'habitation, bureaux, etc. En fonction de leur poids, ces cloisons peuvent être classées :

- ♦ cloisons " très légères ", dont le poids est ≤ 1 KN/m
- ♦ cloisons " légères ", dont le poids est $\leq 2,5$ KN/m
- ♦ cloisons "lourdes" , dont le poids est $> 2,5$ KN/m

Lorsque les planchers sont tels que la répartition des cloisons peut être considérée comme uniforme, on a pour les :

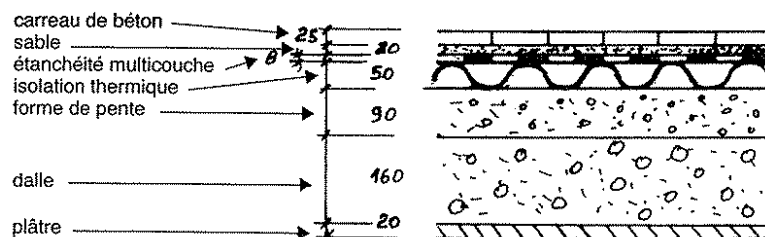
- ♦ cloisons " très légères ", 0,40 KN/m²
- ♦ cloisons " légères ", 1 KN/m²

Dans le cas de bâtiments d'habitation à refends transversaux porteurs rapprochés (ne comportant pratiquement pas de cloisons parallèles aux refends) , le poids uniformément réparti des cloisons peut être ramené à :

- ♦ cloisons " très légères ", 0,20 KN/m²
- ♦ cloisons " légères ", 0,50 KN/m²

Dans le cas des cloisons "lourdes" $> 2,5$ KN/m, on applique les charges linéique réelle.

Exemple :



Coupe du plancher de la terrasse

épaisseurs en mm

matériaux	Epaisseur (m)	Poids volumique (KN/m ³)	Poids surfacique au KN/m ²
Carreau de béton	0,025	22 *	0,55
sable	0,020	17	0,34
Etanchéité multicouche	–	–	0,12

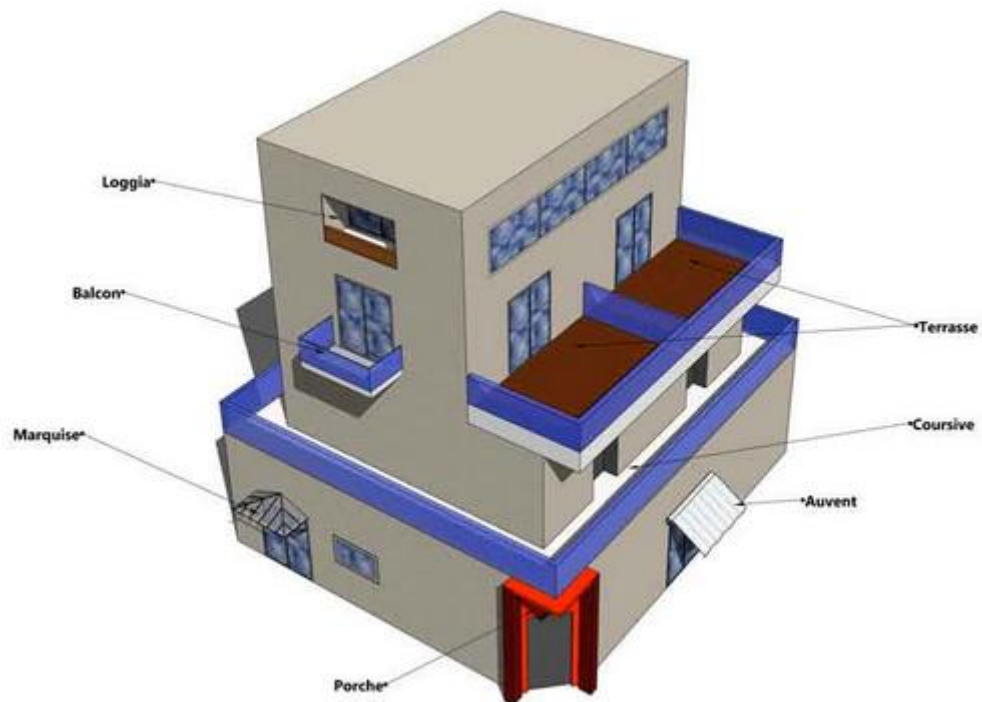
BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Isolation thermique	0,050	0,3	0,015
Forme de pente	0,090	22 *	1,98
Dalle	0,16	25	4
plâtre	0,020	10	0,2
Total en KN/m ²			7,205

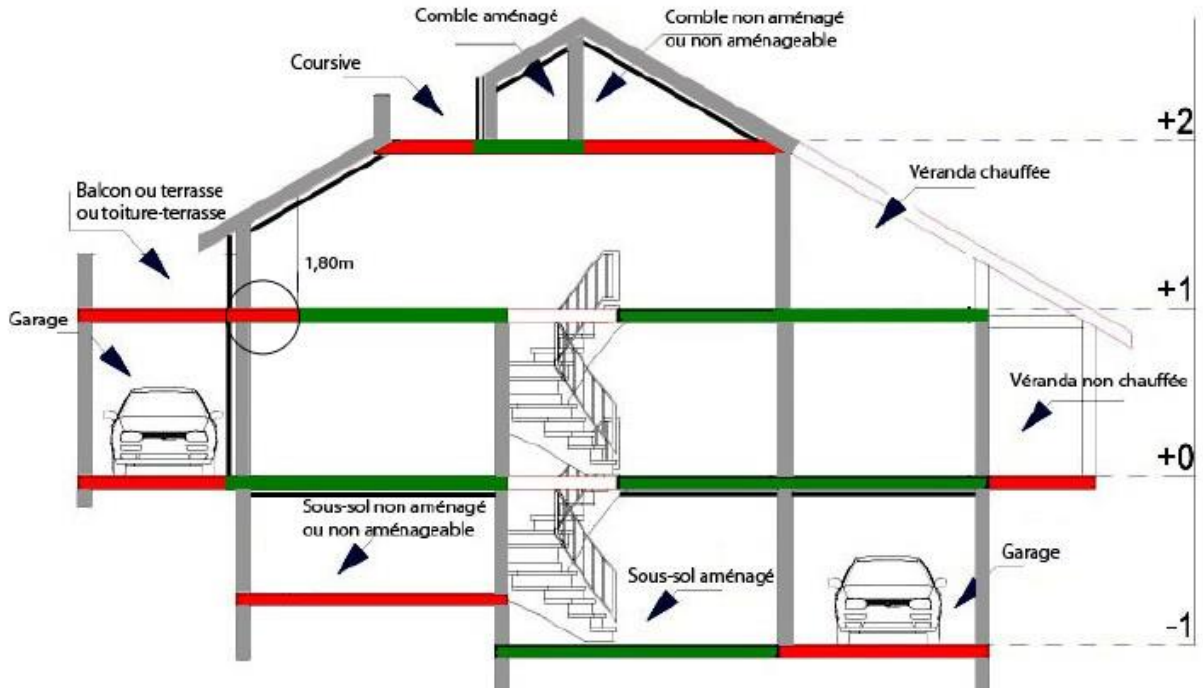
* béton non armé

IV. CHARGES D'EXPLOITATION DANS LE BATIMENT :

Elles résultent de l'exploitation envisagée par le maître d'ouvrage pour la construction envisagée.



BETON ARME : CALCUL DES CHARGES



Nature du local	Charges d'exploitation (kN/m ²)
Hébergement en chambres, salles de jeux et repos de crèche	1,5**
Hébergement collectifs (dortoirs)	2,5**
Salles de restaurants, cafés, cantines (nombre de places assises ≤ 100)	2,5**
Salles de réunions avec tables de travail	2,5**
Halls divers (gares, etc.) où le public se déplace	4*
Salles d'exposition de moins de 50 m ²	2,5*
Salles d'exposition de plus de 50 m ²	3,5*
Salles de réunion et lieux de culte avec assistance debout	5
Salles, tribunes et gradins des lieux de spectacle et de sport avec places debout	6
Salles de théâtre, de conférence, amphithéâtres, tribune avec siège	4
Cuisines des collectivités, non compris gros matériel	2,5
Boutiques et annexes	5**
Balcons	3,5
Balcons de bâtiments recevant du public	6
Loggias	Dito locaux contigus

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Circulations intérieures des bâtiments	Dito locaux desservis Ou 5,0 si publics
--	--

Nature et destination du local	Charges d'exploitation (kN/m ²)
Bâtiment à usage d'habitation : Logement y compris combles aménageable Balcons Escaliers (marches isolées exclues) Greniers proprement dits Garage et stationnement des voitures légères	1,5* 3,5 2,5 2,5 2,5
Bâtiments de bureaux : Bureaux proprement dits Circulation et escaliers Halls de réception Halls à guichets	2,5** 2,5 2,5 4*
Bâtiments scolaires et universitaires: Salles de classes, sanitaires Dortoirs collectifs Ateliers, laboratoires (matériaux lourds exclus) Circulations et escaliers Bibliothèques, salles de réunion Cuisines collectives	2,5 2,5** 2,5 4 4 5
Bâtiments hospitaliers et dispensaires : Chambres Circulations internes Locaux médicotechniques (salles de travail et d'opération)	1,5** 2,5 3,5
Locaux non accessible (sauf entretien), terrasse inaccessible	1
Terrasses privées (sans jardinières) accessibles aux usagers	1,5
Terrasses accessible recevant du public	Même charges que les locaux de même utilisation
Toitures, terrasses techniques: - Charge répartie + circulation et stockage des charges mobiles (en sus) - dalles, jardins privatifs + poids des terres (en sus)	1,5 1

*, ** les valeurs sont soumises à une dégression horizontale

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Des efforts horizontaux sont à appliqués sur les gardes corps à une hauteur de 1 m au dessus de la " zone de stationnement normal ". Ces efforts quasi-statiques sont :

Nature et destination du local	Charges d'exploitation (kN/m)
Garde-corps:	
- locaux privés	0,4 KN/m sans que l'effort global soit inférieur à 1,3 KN
- coursives et cages d'escalier des habitations collectives	0,6
- bâtiments recevant du public	1
- tribunes de stades	1,7
- installations industrielles :	
Circulations générales	0,6
autres	0,3

La charge spécifiée minimale appliquée verticalement sur la partie supérieure de tout garde-corps exigé est de 1,5 kN/m et il n'est pas obligatoire de considérer que cette charge agisse en même temps que la charge horizontale qui est mentionnée ci-dessus.

Par souci de simplification, les charges d'exploitation indiquées ci-dessus tiennent compte des équipements légers (canalisations de distribution des fluides, appareils sanitaires, radiateurs, appareils de chauffage individuels)

Pour une surface de moins de 1 m², c'est la valeur de la charge répartie sur un m² qui est à prendre en compte à moins qu'une charge concentrée soit plus défavorable.

V. DEGRESSION DES CHARGES D'EXPLOITATION :

1) DEGRESSION HORIZONTALE :

La probabilité d'occurrence d'une charge à sa valeur nominale sur une grande surface est moindre que sur une petite surface :

- ⇒ c'est pourquoi les valeurs des charges d'exploitation sont susceptibles de minoration lorsqu'elles sont appliquées à de grandes surfaces,
- ⇒ et éventuellement de majoration pour de petites surfaces :

a) Garages et parcs de stationnement pour les véhicules légers, de surface S en m² :

$$S \leq 20 \text{ m}^2: q = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

$$20 \text{ m}^2 \leq S \leq 60 \text{ m}^2: q = (3 - 0,025.S) \text{ KN/m}^2$$

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

$$S \geq 60 \text{ m}^2: q = 1,5 \text{ KN/m}^2$$

b) Charges repérées par * dans les tableaux du chapitre II :

La valeur de base du tableau est à multiplier le cas échéant par le coefficient λ suivant :

$$S \leq 15 \text{ m}^2: \lambda = 1$$

$$15 \text{ m}^2 \leq S \leq 50 \text{ m}^2: \lambda = (190 - S)/175$$

$$S \geq 50 \text{ m}^2: \lambda = 0,8$$

c) Charges repérées par ** dans les tableaux du chapitre II :

La valeur de base du tableau est à multiplier le cas échéant par le coefficient λ suivant :

$$S \leq 15 \text{ m}^2: \lambda = 1,5 - S/30$$

$$15 \text{ m}^2 \leq S \leq 50 \text{ m}^2: \lambda = (190 - S)/175$$

$$S \geq 50 \text{ m}^2: \lambda = 0,8$$

2) DEGRESSION VERTICALE :

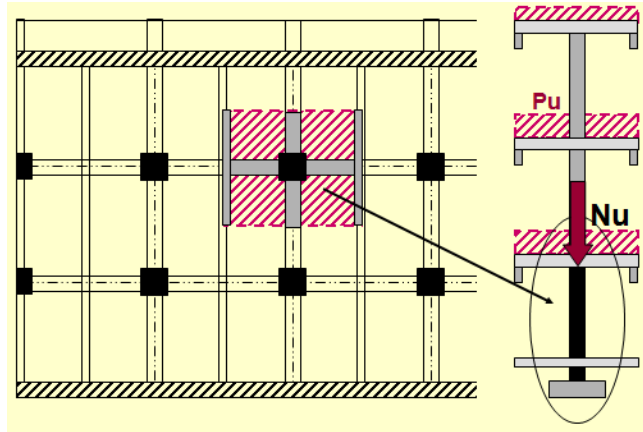


Bâtiment à appartements



Bâtiment à appartements

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES



Pour les mêmes raisons d'occurrence que ci-dessus, on applique une dégression verticale des surcharges aux bâtiments **à usage d'habitation ou d'hébergement** comportant **plus de cinq étages**.

Cette dégression n'est pas cumulable avec celle de grande surface ci-dessus, c'est à dire qu'elle s'applique à la valeur nominale de référence. (Mais pour un étage donné on peut prendre la charge la plus faible des deux méthodes).

Lorsque des locaux industriels ou commerciaux occupent certains niveaux, ces derniers ne sont pas comptés dans le nombre d'étage intervenant dans la loi de dégression, et les charges sur les planchers correspondants sont prises sans abattement.

Pour les bâtiments de bureaux, la dégression ne s'applique que sur la part de charge d'exploitation au-delà de 1 KN/m²

On note pour l'application de la loi de dégression de base :

S_0 : la charge d'exploitation pour le toit ou la terrasse

S_i : la charge d'exploitation pour le plancher de l'étage i , les étages étant numérotés de haut en bas

On calcul \sum_i : surcharge totale à considérer au dessus de l'étage n° i :

Etage	Surcharges S_i différentes	Surcharges identiques
Sous le toit et la terrasse : S_0	$\sum_0 : S_0$	$\sum_0 : S_0$
Sous le 1 ^{er} étage à partir du haut : S_1	$\sum_1 : S_0 + S_1$	$\sum_1 : S_0 + S$
Sous le 2 ^e étage à partir du haut : S_2	$\sum_2 : S_0 + 0,95. (S_1 + S_2)$	$\sum_2 : S_0 + 1,9S$
Sous le 3 ^e étage à partir du haut : S_3	$\sum_3 : S_0 + 0,9. (S_1 + S_2 + S_3)$	$\sum_3 : S_0 + 2,7S$
Sous le 4 ^e étage à partir du haut : S_4	$\sum_4 : S_0 + 0,85. (S_1 + S_2 + S_3 + S_4)$	$\sum_4 : S_0 + 3,4S$

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Sous le n ^e étage à partir du haut : S _n Pour n ≥ 5	$\sum_n : S_0 + \frac{3+n}{2n} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} S_i$	$\sum_n : S_0 + \frac{3+n}{2} \cdot S$
--	--	--

Lorsqu'il existe des bureaux:

En notant:

S_{ri} = 1 KN/m² pour les locaux de bureaux au plancher de l'étage i, les étages étant numérotés de haut en bas, et S_{ri} = 0 pour les autres

La dégression verticale est la suivante:

Etage	Surcharges Si différentes
Sous le toit et la terrasse : S ₀	$\sum_0 : S_0$
Sous le 1 ^{er} étage à partir du haut : S ₁	$\sum_1 : S_0 + S_1$
Sous le 2 ^e étage à partir du haut : S ₂	$\sum_2 : S_0 + 0,95 \cdot \sum_{i=1}^{i=2} (S_i - S_{ri}) + \sum_{i=1}^{i=2} S_{ri}$
Sous le 3 ^e étage à partir du haut : S ₃	$\sum_3 : S_0 + 0,90 \cdot \sum_{i=1}^{i=3} (S_i - S_{ri}) + \sum_{i=1}^{i=3} S_{ri}$
Sous le 4 ^e étage à partir du haut : S ₄	$\sum_4 : S_0 + 0,85 \cdot \sum_{i=1}^{i=4} (S_i - S_{ri}) + \sum_{i=1}^{i=4} S_{ri}$
Sous le n ^e étage à partir du haut : S _n Pour n ≥ 5	$\sum_2 : S_0 + \frac{3+n}{2n} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (S_i - S_{ri}) + \sum_{i=1}^{i=n} S_{ri}$

Exemple : bâtiment de neuf étages à usage d'habitation avec terrasse inaccessible sur rez-de-chaussée à usage de garage.

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Niveau	coefficient	Charges en KN/m ²	
		Avant dégression	Après dégression
terrasse	1	1	1
9e	1	1,5	1,5
8e	0,9	1,5	1,35
7e	0,8	1,5	1,2
6e	0,7	1,5	1,05
5e	0,6	1,5	0,9
4e	0,5	1,5	0,75
3e	0,5	1,5	0,75
2e	0,5	1,5	0,75
1e	0,5	1,5	0,75
RDC	1	2,5	2,5
Total		17	12,5

Les charges d'exploitation au niveau du rez-de-chaussée sont ainsi réduites de 26,5 %.

VI. DIFFERENTS TYPES DE PLANCHERS :

1) PLANCHERS A CHARGES D'EXPLOITATION MODEREES :

On dit que le plancher est à charges d'exploitation modérées lorsque:

- La charge d'exploitation est au plus égale à deux fois les charges permanentes ou à 5000 N/m² :
 $Q \leq \max\{2G ; 5000 \text{ N/m}^2\}$;
- de plus, les charges localisées appliquées à un élément quelconque du plancher (dalle, poutrelle, poutre) et généralement associées implicitement aux charges réparties doivent être inférieures à la plus grande des deux valeurs : **2000 N et le quart de la charge d'exploitation totale susceptible d'être appliqué à cet élément.**

Entre dans cette catégorie, les bâtiments à usage d'habitation et d'hébergement, de bureaux, les constructions scolaires et hospitalières.

2) PLANCHERS A CHARGES D'EXPLOITATION RELATIVEMENT ELEVEES :

On dit que le plancher est à charges d'exploitation relativement élevées lorsque:

- La charge d'exploitation est supérieure à deux fois les charges permanentes ou à 5000 N/m² :

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

$q > 2 g$ ou $q > 5000 \text{ N/m}^2$;

- Elles comprennent le plus souvent des charges localisées importantes, éventuellement mobiles et pouvant donner lieu à des effets dynamiques.

Entre dans cette catégorie les entrepôts et les bâtiments industriels (usines, ateliers,...)

VII. SURFACE DE CHARGEMENT A PRENDRE EN COMPTE :

Les charges agissant sur un élément porteur sont :

- ✓ d'une part, celles qui agissent directement sur lui
 - ✓ et d'autre part, celles qui lui sont transmises par les éléments qu'il supporte, compte tenu de leur continuité éventuelle.
- ❖ dans tout les cas, pour l'évaluation des charges transmises par les **hourdis** aux poutres (secondaires ou principales), on peut négliger l'effet de continuité des hourdis.
 - ❖ Pour la transmission des charges autres que les hourdis, il faut distinguer le cas des planchers à charge d'exploitation modérée et celui des plancher à charge d'exploitation relativement élevée.

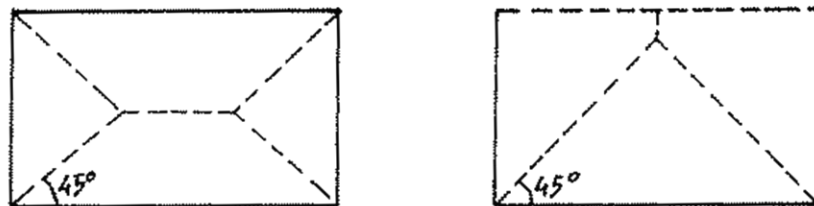
1) SUR UNE DALLE :

- ✓ La surface à prendre en compte pour les charges permanentes est la totalité de la surface de la dalle.
- ✓ Il en est de même pour les charges d'exploitation sauf application éventuelle de la dégression horizontale.

2) SUR UNE POUTRE :

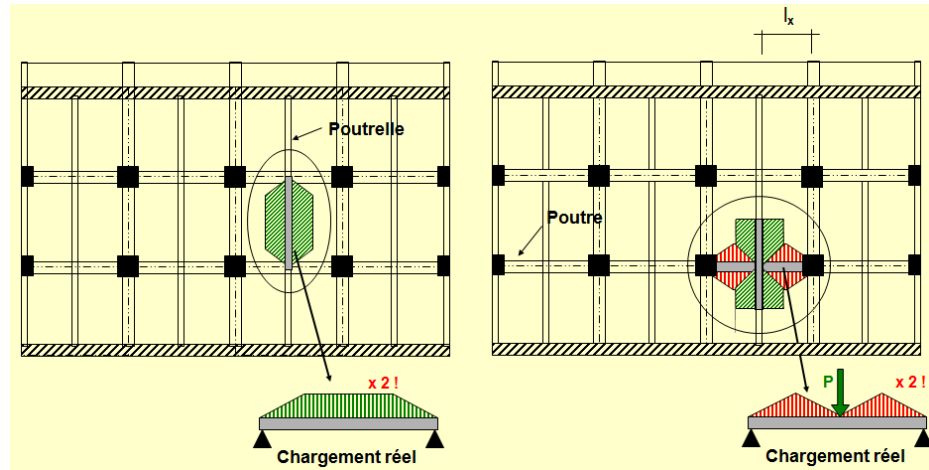
Les charges des dalles sont répartit sur les poutres qui les supportent en dessinant des lignes de partage situées à leur mi portée :

- ⇒ Pour les dalles sur quatre appuis ou sur trois appuis, on dessine des lignes à 45° .



Exemple de lignes à 45° sur 4 appuis et sur 3 appuis

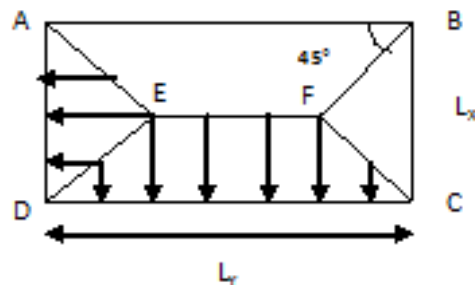
BETON ARME : CALCUL DES CHARGES



Soit une dalle soumise à :

- une charge d'exploitation uniformément répartie d'intensité q_B ,
- une charge uniformément répartie d'intensité permanente q_G (poids propre, chape, revêtement, etc.)

On note q_D : la charge globale transmise par la dalle (en tenant compte des coefficients de combinaison à L'ELU ou à L'ELS)



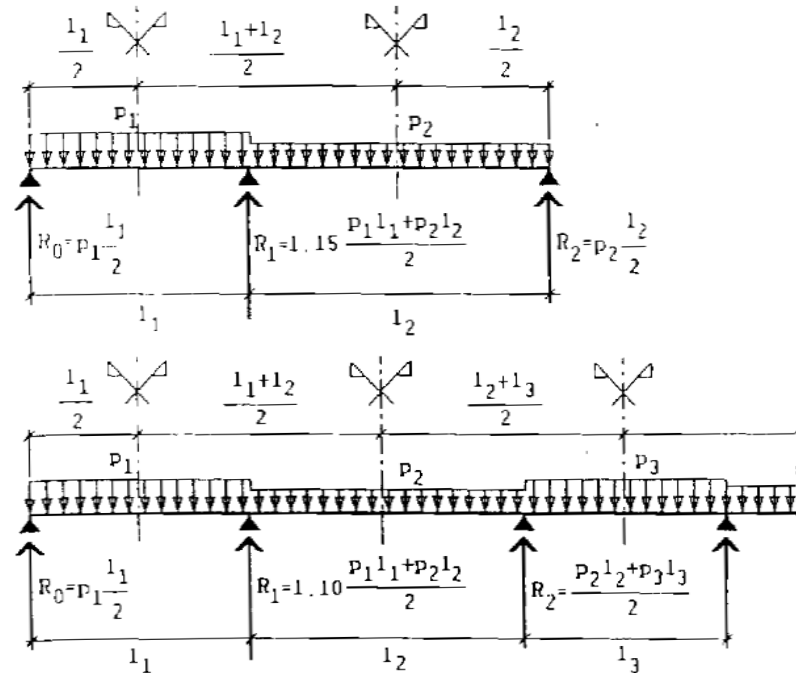
Les côtés AD ou BC supporte la charge totale : $q_D \cdot \frac{l_x^2}{4}$

et le côtés AB ou DC supporte la charge totale : $q_D \cdot \frac{l_x}{2} \cdot \left(l_y - \frac{l_x}{2} \right)$

Lorsqu'il s'agit de plancher à charges d'exploitation modérées, la descente de charge, par la transmission des charges aux appuis (poutres, poteaux), se fait en admettant la discontinuité des différents éléments exception faite toutefois:

- des travées de rive des poutrelles et des poutres où sur le premier appui intermédiaire, on majore les réactions correspondant aux travées indépendantes de :
 - 15% s'il s'agit de poutrelles à deux travées
 - et de 10% s'il s'agit de poutrelles à plus de deux travées.
- des travées de rives prolongées par une console où l'on tient compte de l'effet de console.

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES



Détermination des charges linéiques Transmise des dalles aux poutres :

❖ Charges sur une poutrelle :

Une poutrelle de longueur L_y reçoit les charges suivantes exprimées en charges par unité de longueur :

- son poids propre uniformément réparti d'intensité permanente p_p
- la charge de la partie de dalle directement placée au-dessus de la poutrelle, uniformément répartie, d'intensité permanente p_{DG} et d'exploitation p_{DQ} ;
- la charge provenant des deux parties trapézoïdales de la dalle appuyées sur la poutrelle, avec une répartition trapézoïdale d'intensités maximales permanente p_{TG} et d'exploitation p_{TQ} .

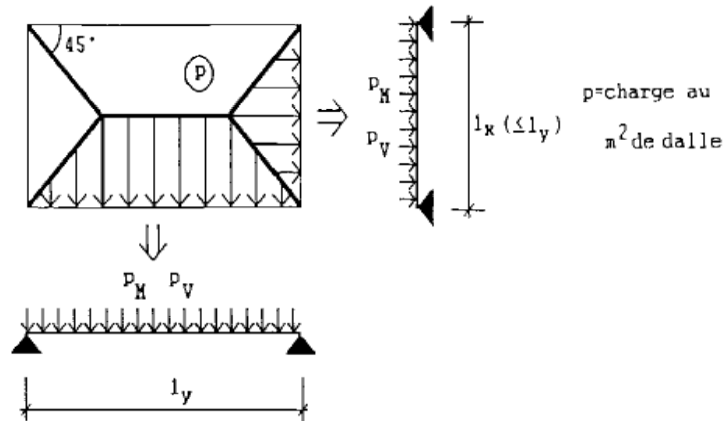
❖ Charges sur une poutre :

Une poutre supporte :

- son poids propre et le poids de la dalle située au-dessus d'elle, uniformément réparti
- les triangles des dalles qui l'entoure et s'appuient sur elle;
- la charge de la partie de dalle directement placée au-dessus de la poutre, uniformément répartie, d'intensité permanente p_{DG} et d'exploitation p_{DQ} ;
- la charge provenant des deux parties trapézoïdales de la dalle appuyées sur la poutrelle, avec une répartition trapézoïdale d'intensités maximales permanente p_{TG} et d'exploitation p_{TQ} .

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Pour le calcul des sollicitations sur les poutres (ou les poutrelles), on définit des charges uniformément répartie équivalentes sur les travées des poutres (ou des poutrelles) :



P_V : produisant le même effort tranchant sur appui de la poutre (ou poutrelle) de référence que la charge apportée par la dalle

P_M : produisant le même moment fléchissant à mi-travée de la poutre de référence que la charge apportée par la dalle

p : Charge appliquée par la dalle en KN/m^2 .

Les expressions de P_V et P_M sont données dans le tableau suivant :

	Trapèze	Triangle
P_V	$\left(1 - \frac{\alpha'}{2}\right) \frac{p \cdot l_x}{2}$	$\frac{p \cdot l_x}{4}$
P_M	$\left(1 - \frac{\alpha'^2}{3}\right) \frac{p \cdot l_x}{2}$	$\frac{p \cdot l_x}{3}$

Où : $\alpha' = \frac{l_x}{l_y}$

Pour deux panneaux situés de part et d'autre du porteur considéré, cumuler les charges équivalentes linéiques déterminées à l'aide des formules précédentes pour chacun des panneaux contigus.

3) SUR UN VOILE :

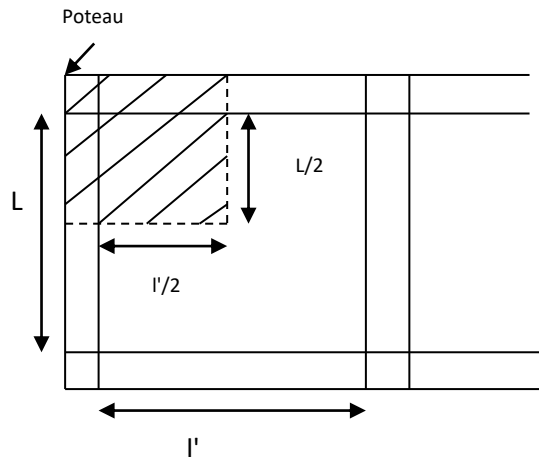
Pour un voile, les charges à prendre en compte résultent des réactions d'appui des dalles et poutres qui prennent appui dessus, en tenant compte de la valeur de la réaction d'appui due à l'hyperstaticité.

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Comme pour les poutres, on prend la répartition à 45° des surfaces concernées des dalles.

4) SUR UN POTEAU :

On applique les mêmes dispositions que pour les voiles. Pour un plancher-dalle, on prend la charge totale appliquée sur la surface de dalle affectée au poteau.



VIII. COMBINAISONS D'ACTION ET CAS DE CHARGES :

Selon que les différentes travées peuvent être chargées ou déchargées par la charge d'exploitation, différentes cas de charges doivent être étudiés.

1) Élément de planchers soumis uniquement aux actions des charges permanentes et des charges d'exploitation, à l'exclusion des charges climatiques :

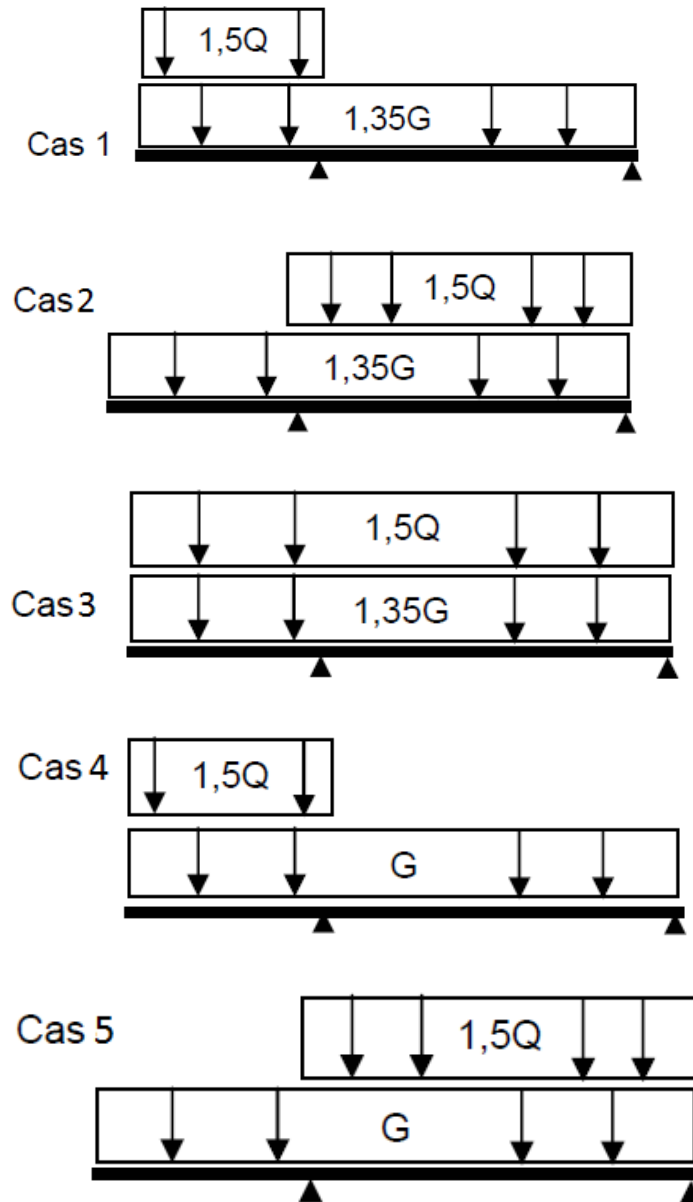
Les seules combinaisons à considérer vis-à-vis des états limites ultimes sont les suivantes :

Combinaison	Travées chargées	Travées déchargées
(1)	$1,35G + 1,5Q_B$	$1,35G$
(2)	$G + 1,5Q_B$	G

Dans le cas d'une poutre sur deux appuis simple prolongée par un porte à faux, les différents cas de charges à considérer sont les suivants:

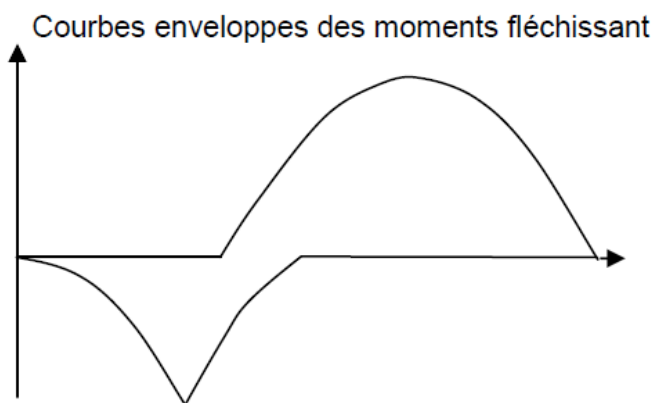
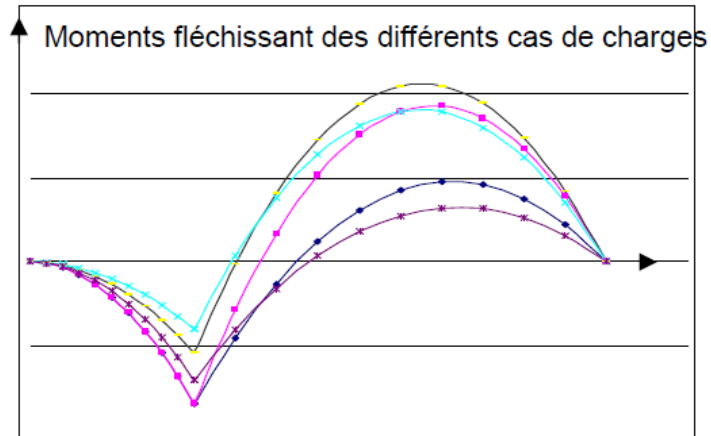
Combinaison	Travées entre appuis	Porte-à-faux
(1)	$1,35G$	$1,35G + 1,5Q_B$
(2)	$1,35G + 1,5Q_B$	$1,35G$
(3)	$1,35G + 1,5Q_B$	$1,35G + 1,5Q_B$
(4)	G	$G + 1,5Q_B$
(5)	$G + 1,5Q_B$	G

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

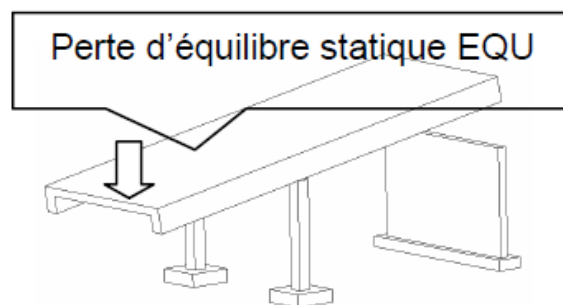
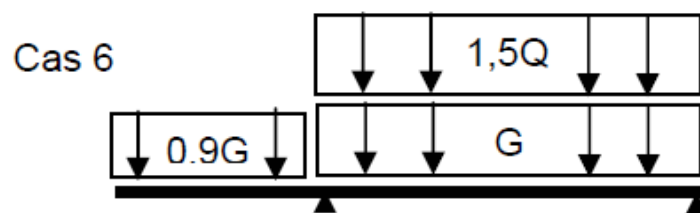


- Ce sont les cas de charges 2 et 5 qui sont éventuellement déterminant pour le moment en travée ($M_{\text{travée Max}}$)
- et le cas 1 et 3 qui sont déterminant pour le moment sur appui ($M_{\text{appui max}}$).

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

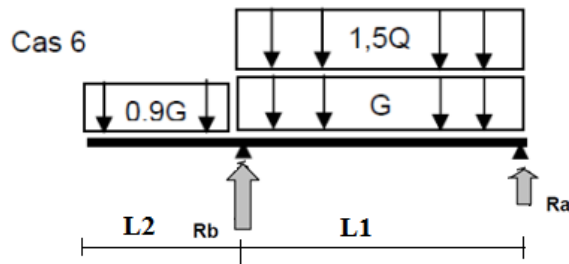


⇒ Un sixième cas est éventuellement déterminant pour l'équilibre statique (risque de basculement), le coefficient 0,9 est conforme à l'article B.3.3,1 du BAEL:



BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

Exemple :



Pour vérifier l'équilibre statique, il suffit de vérifier que R_a est bien dirigé vers le haut (R_a positif).

Soit en écrivant que la somme des moments par rapport à l'appui "b" est égal à 0 :

$$0,9G * L_2 * \frac{L_2}{2} - (G + 1,5 * Q) * L_1 * \frac{L_1}{2} + R_a * L_1 = 0 \Rightarrow R_a$$

2) Élément de planchers susceptible d'être soumis aux actions des charges permanentes, d'exploitation, et du vent :

Les combinaisons suivantes sont à considérer :

Combinaison	Travées chargées	Travées déchargées
(1)	$1,35G + 1,5Q_B$	$1,35G$
(2)	$G + 1,5Q_B$	G
(3)	$1,35G + 1,5Q_B + W$	$1,35G + W$
(4)	$G + 1,5Q_B + W$	$G + W$
(5)	$1,35G + 1,5W + 1,3\psi_0.Q_B$	$1,35G + 1,5W$
(6)	$1,35G + 1,5W + 1,3\psi_0.Q_B$	$G + 1,5W$

$1,3\psi_0 = 1$ pour les constructions courantes, à l'exclusion des salles de spectacle,

$1,3\psi_0 = 1,3$ pour les salles de spectacle, les bâtiments de stockage et, éventuellement, certaines constructions industrielles.

⇒ Dans la grande majorité des cas, on aura normalement à retenir, pour la vérification des moments sur appuis et en travée, la plus défavorable des deux combinaisons :

$$1,35G + 1,5Q_B + W$$

$$1,35G + 1,5W + 1,3\psi_0.Q_B$$

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

3) Planchers susceptible d'être soumis à l'action de la neige :

Les combinaisons suivantes sont à considérer :

Combinaison	Travées chargées	Travées déchargées
(1)	$1,35G + 1,5Q_B$	$1,35G$
(2)	$G + 1,5Q_B$	G
(3)	$1,35G + 1,5Q_B + S_n$	$1,35G + S_n$
(4)	$G + 1,5Q_B + S_n$	$G + S_n$
(5)	$1,35G + 1,5 S_n + 1,3\psi_0.Q_B$	$1,35G + 1,5 S_n$
(6)	$1,35G + 1,5 S_n + 1,3\psi_0.Q_B$	$G + 1,5 S_n$

$1,3\psi_0 = 1$ pour les constructions courantes, à l'exclusion des salles de spectacle,

$1,3\psi_0 = 1,3$ pour les salles de spectacle, les bâtiments de stockage et, éventuellement, certaines constructions industrielles.

- ❖ Sur les toitures-terrasses, il est d'usage de prendre en compte soit la charge d'exploitation Q_B soit la charge de neige S_n mais non les deux simultanément, sauf dans certains cas particuliers comme les parkings en terrasse où il convient de se référer aux textes spécifiques à ces ouvrages.

IX. METHODES SIMPLIFIEES DE CALCUL DES PLANCHER :

Dans le cas particulier des planchers de bâtiments courants, comportant des poutres surmontées par une dalle générale à laquelle elles sont liées, il est légitime d'utiliser pour le calcul des poutres, les méthodes de calcul simplifiées indiquées ci-après:

1) Méthode forfaitaire applicable aux planchers a charge d'exploitation modérée :

La méthode s'applique aux constructions courantes où la charge d'exploitation es au plus égale à deux fois la charge permanente ou à 5000 N/m^2 :

$$Q \leq \max\{2G ; 5000 \text{ N/m}^2\}$$

Elle ne s'applique qu'aux éléments fléchis (poutres ou dalles calculées en flexion dans un seul sens) remplissant les conditions suivantes :

- ✓ les moments d'inertie des sections transversales sont les mêmes dans les différentes travées en continuité;
- ✓ les portées successives sont dans un rapport compris entre 0,8 et 1,25;
- ✓ de plus la fissuration est considérée comme peu préjudiciable et ne compromet pas la tenue du béton armé ni celle de ces revêtements.

Dans le cas où l'une de ces trois dernières conditions n'est pas satisfaite, alors :

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

⇒ on peut appliquer la méthode Caquot, mais il faut diminuer les moments sur appuis dus aux seules charges permanentes par application aux valeurs trouvées d'un coefficient compris entre 1 et 2/3; les valeurs des moments en travée sont majorées en conséquence.

a) Détermination des moments :

Soit :

- α le rapport des charges d'exploitation à la somme des charges permanentes et d'exploitation en travée :

$$\alpha = \frac{Q_B}{G + Q_B}$$

Où :

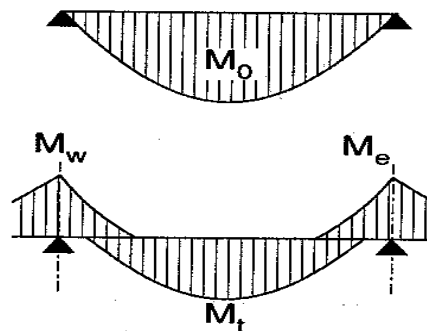
G : Charge permanente appliquée sur la poutre (KN/m)

Q_B : Charge variable appliquée sur la poutre (KN/m),

- M_0 la valeur maximale du moment fléchissant dans la travée de référence (isostatique, soumise aux mêmes charges et de même portée que la travée étudiée). La travée de portée L (entre nus des appuis) supporte une charge uniformément répartie p , ce moment vaut :

$$M_0 = \frac{p \cdot l^2}{8}$$

- M_w et M_e respectivement les valeurs absolues des moments sur appuis de gauche et de droite de la travée considérée,
- M_t le moment maximal en travée.



Les valeurs de M_t , M_w et M_e doivent vérifier les conditions suivantes :

$$1 : M_t \geq \max\{1,05M_0; (1 + 0,3\alpha)M_0\} - \frac{M_w + M_e}{2}$$

$$2 : M_t \geq \frac{1+0,3\alpha}{2} M_0 \text{ dans une travée intermédiaire}$$

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

$$M_t \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_0 \text{ dans une travée de rive}$$

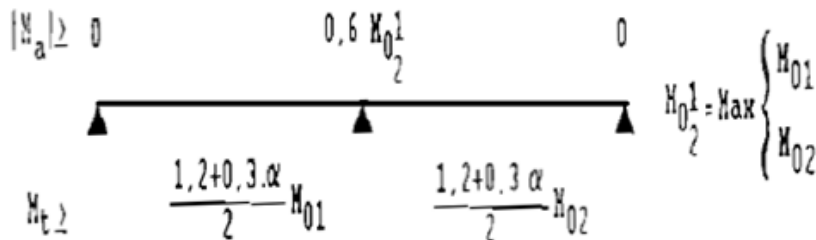
3 : la valeur absolue de chaque moment sur appui intermédiaire doit être au moins égale à :

- ♦ 0,6 M_0 pour une poutre à deux travées,
- ♦ 0,5 M_0 pour les appuis voisins des appuis de rive d'une poutre à plus de deux travées
- ♦ 0,4 M_0 pour les autres appuis intermédiaires d'une poutre à plus de trois travées

Dans la pratique :

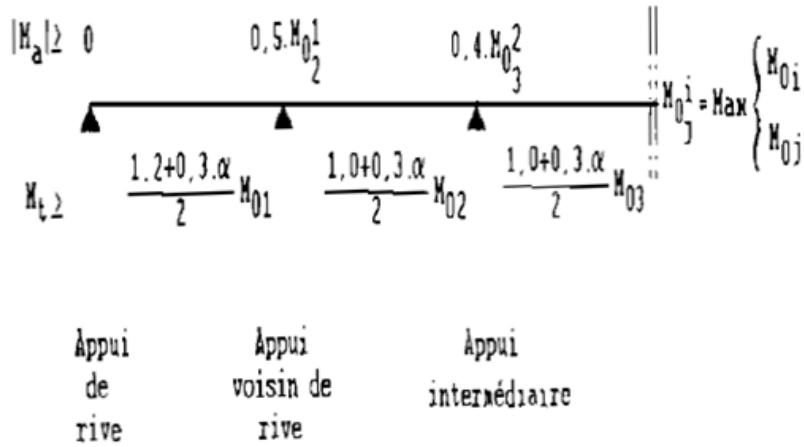
- on calcule dans chaque travée le moment isostatique équivalent M_0 ;
 - on détermine pour chaque appui le coefficient (0,4 - 0,5 - 0,6) à appliquer selon sa position,
 - puis le moment sur appui en multipliant par ce coefficient le plus grand des deux moments M_0 dans les travées encadrant cet appui;
 - enfin, on calcule le moment en travée M_t par application des conditions 1 et 2 ci-dessus.
- ❖ Sur un appui de rive, les armatures en chapeaux sont dimensionnées pour équilibrer un moment au moins égale à $0,15M_0$.

Cas d'une poutre à deux travées :



BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

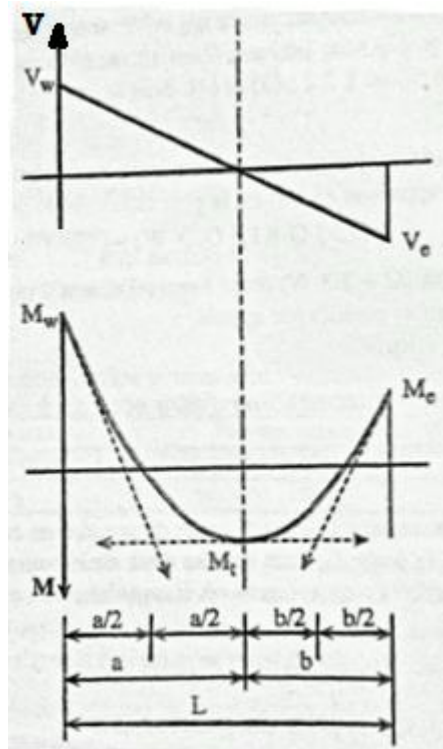
Cas d'une poutre à plus de deux travées :



❖ A l'appui de rive :

- Pour le calcul des moments en travée on prend $M_a = 0$
- Pour le ferrailage de l'appui de rive on prend $|M_a| = 0,15.M_0$

b) détermination de l'effort tranchant :



Sur une travée, le moment varie paraboliquement; le maximum est ainsi à des abscisses a de l'appui gauche (w) et b de l'appui droite (e), avec $L = a + b$, telles que :

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

$$a = L \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{M_e + M_t}{M_w + M_t}}}$$

$$b = L \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{M_w + M_t}{M_e + M_t}}}$$

$$V_w = 2 \frac{M_w + M_t}{a}$$

$$V_e = -2 \frac{M_e + M_t}{b}$$

NB :

L'effort tranchant est évidemment nul au point d'abscisse a.

- **M_w et M_e respectivement les valeurs absolues des moments sur appuis de gauche et de droite de la travée considérée,**

2) Méthode de Caquot applicable aux planchers a charges d'exploitation relativement élevée :

La méthode s'applique essentiellement aux planchers pour lesquels la charge d'exploitation vérifie la condition :

$$Q \text{ (N/m}^2\text{)} \geq \begin{cases} 2G \\ \text{ou} \\ 5000 \text{ N/m}^2 \end{cases}$$

Elle s'applique également à des planchers à charges d'exploitation modérée, compte tenu de la remarque concernant le coefficient réducteur.

a) Détermination des moments sur appuis:

Nous traitons ici le cas des poutres non solidaires des poteaux, soit simplement appuyées sur ceci.

On considère l'appui i d'une poutre continue, entouré par les deux travées ouest (w) et est (e); ces travées supportent respectivement :

- une charge répartie uniforme d'intensité q_w et q_e ,
- des charges concentrées P_w et P_e , appliquées à des distances a_w et a_e de l'appui i

On calcule :

la longueur réduite de chaque travée L':

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

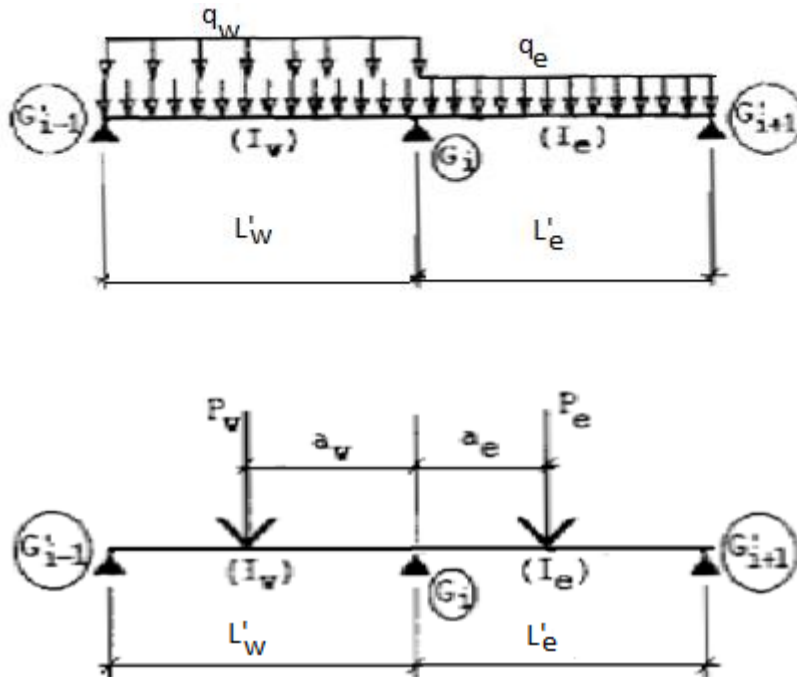
$L' = L$ pour une travée de rive

$L' = 0,8 L$ pour une travée intermédiaire

I : le moment d'inertie de la poutre

$$\beta = \frac{L'_e}{L'_w} \cdot \frac{I_w}{I_e}$$

pour chaque force concentrée : $x = \frac{a}{L'}$ puis $k = \frac{x(x-1)(x-2)}{2,125}$



- Lorsque l'inertie de la poutre est constante dans une travée, mais variable d'une travée à l'autre, **le moment sur l'appui** (calculé ici en valeur absolue) est la somme des trois moments suivants:

M_q : dû aux charges réparties sur les deux travées :

$$M_q = \frac{q_w L'_w{}^2 + \beta \cdot q_e L'_e{}^2}{8,5(1 + \beta)}$$

M_{Pw} : dû aux charges concentrées de la travée w :

$$M_{Pw} = \sum \frac{k_w \cdot P_w \cdot L'_w}{1 + \beta}$$

M_{Pe} : dû aux charges concentrées de la travée e :

$$M_{Pe} = \sum \frac{\beta \cdot k_e \cdot P_e \cdot L'_e}{1 + \beta}$$

BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

- Lorsque les travées ont toutes la même moment d'inertie, le **moment sur l'appui** (calculé ici en valeur absolue) est la somme des trois moments suivants:

M_q : dû aux charges réparties sur les deux travées :

$$M_q = \frac{q_w L_w'^3 + q_e L_e'^3}{8,5(L_w' + L_e')}$$

M_{pw} : dû aux charges concentrées de la travée w :

$$M_{pw} = \sum \frac{k_w \cdot P_w \cdot L_w'^2}{L_w' + L_e'}$$

M_{pe} : dû aux charges concentrées de la travée e :

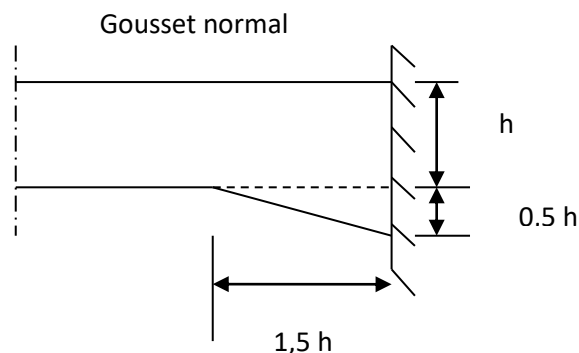
$$M_{pe} = \sum \frac{k_e \cdot P_e \cdot L_e'^2}{L_w' + L_e'}$$

Le moment sur appui est négatif et la valeur algébrique qui sera utilisée dans la suite, est égale à la valeur calculée par les formules précédentes affectée du signe (-).

Dans le cas des poutres à goussets normaux; les moments d'appuis sont obtenus par multiplication des résultats de formules précédentes par 1,1 ou :

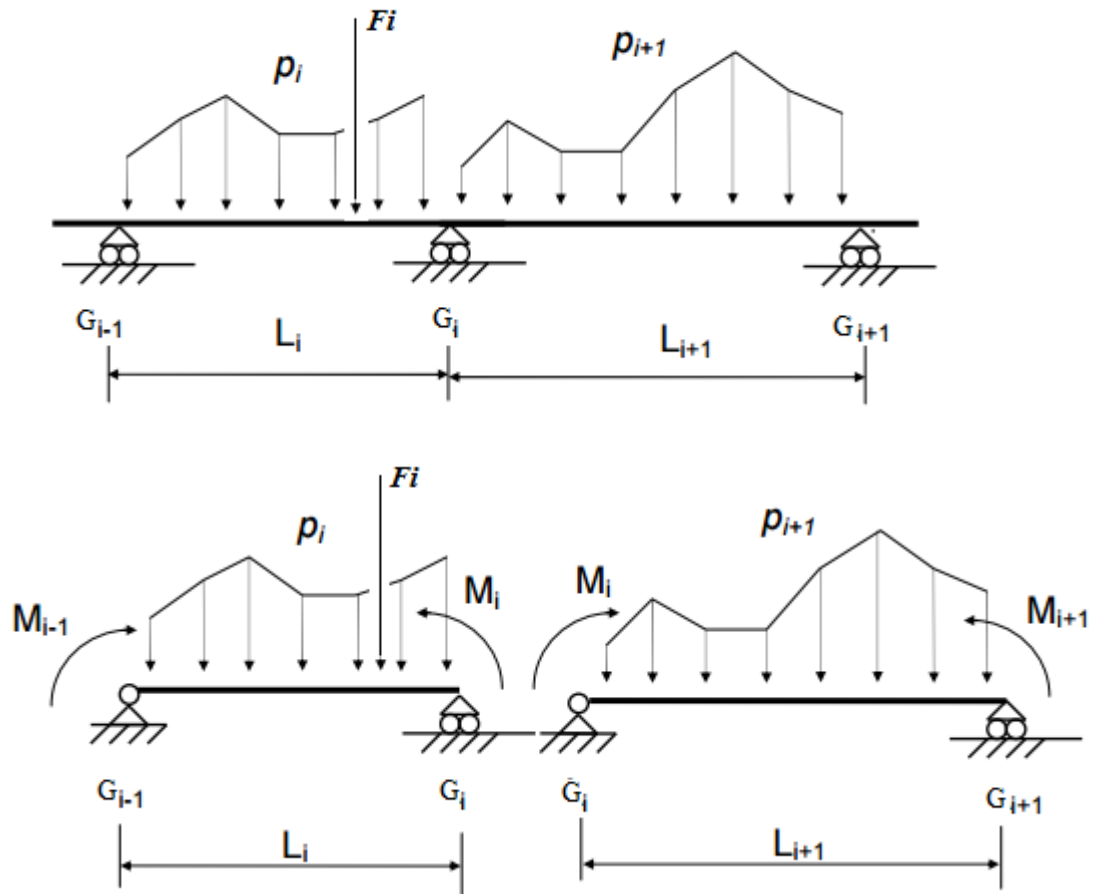
- pour les charges réparties, en remplaçant le coefficient 8,5 par 7,7;
- pour les charges concentrées, en remplaçant k par

$$k_1 = x \cdot (x - 1) \cdot (x - 2) / 1,925$$



BETON ARME : CALCUL DES CHARGES

b) Moment et effort tranchant dans la travée d'une poutre continue :



$$V(x) = \frac{d\mu}{dx} + \frac{M_i - M_{i-1}}{L_i}$$

$$M(x) = \mu(x) + M_{i-1} \left(1 - \frac{x}{L_i}\right) + M_i \cdot \frac{x}{L_i}$$

où

$\frac{d\mu}{dx}$: effort tranchant, de la travée isostatique, dans la section d'abscisse x .

$\mu(x)$: moment fléchissant, de la travée isostatique, dans la section d'abscisse x .

M_i : sont les moments sur les appuis.

Ces formules peuvent être utilisées pour déterminer les efforts tranchants (surtout sur les appuis) et les moments fléchissant (surtout les moments max) dans les travées des poutres continues.