

## Notions de dimensionnement du béton armé : les poutres

Les poutres sont des pièces rectilignes, plus ou moins longues, reposant sur un certain nombre d'appuis ; par exemple dans un bâtiment, des poteaux, des murs ou des voiles. Elles sont en général de forme rectangulaire ou en forme de T.

### Fonctionnement de différents types de poutres

Dans une structure, une poutre subit des sollicitations complexes en fonction de ses points d'appui et les charges qui lui sont appliquées.

Les déformations d'une poutre chargée et les déformations qu'elle subit varient suivant la position des charges par rapport aux appuis de la poutre et suivant que ces charges sont concentrées ou uniformément réparties, statiques ou mobiles.

NOTA : lorsqu'une poutre est sollicitée par des charges verticales alternées (déplacement des charges sur la poutre), chaque section est sollicitée alternativement en compression et en traction.

On distingue les principaux cas suivants :

- **Poutre reposant librement sur 2 appuis**

La poutre s'incurve vers le bas en partie centrale sous l'effet de son propre poids et des charges appliquées. La partie inférieure de la poutre s'allonge ; elle est soumise à un effort de traction. La partie supérieure de la poutre se raccourcit, elle est donc soumise à une compression. Lorsqu'on augmente les charges sur la poutre, les déformations s'accroissent, de même que les tractions dans la partie inférieure et les compressions dans la partie supérieure.

NOTA : c'est donc dans la partie inférieure que l'on dispose des armatures pour s'opposer aux efforts de traction.

- **Poutres encastrées à une extrémité, l'autre extrémité libre ne reposant sur aucun appui :**

La poutre est en console. La fibre supérieure est tendue, la fibre inférieure est comprimée.

### 3/Le dimensionnement d'une poutre en béton armé

1. Pour la largeur de la **poutre** c'est simple, elle doit être en cohérence avec l'épaisseur du mur sur lequel elle appuie. ...
2. Pour la hauteur de la **poutre**, le TRUC c'est de prendre sa longueur et de la diviser par 10.

- **Poutre encastrée à ses 2 extrémités :**

A proximité des encastremets la partie inférieure est comprimée, la partie supérieure tendue. Dans la zone centrale la partie supérieure est comprimée la partie inférieure tendue.

- **Poutre encastrée à une extrémité et reposant librement sur un appui à l'autre extrémité :**

La partie inférieure de la zone proche de l'encastrement est comprimée, elle est tendue dans le reste de la poutre.

- **Poutre reposant sur plusieurs appuis intermédiaires (poutre continue) :**

Les zones tendues et comprimées se répartissent le long de la poutre. Partie supérieure tendue au niveau des appuis intermédiaires et comprimée entre les appuis.

## Dispositions constructives des armatures

Ces exigences sont extraites de la section 9 de la norme NF EN 1992-1-1 « Dispositions constructives relatives aux éléments et règles particulières ».

Armatures longitudinales

Les efforts de traction maximum en partie basse sont entièrement repris par les armatures longitudinales qui sont positionnées le plus bas possible, tout en conservant un enrobage suffisant.

La section d'armatures longitudinales doit être supérieure à  $A_{s,min}$ .

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \text{ et } A_{s,min} \geq 0,0013 b_t d.$$

avec

- $b_t$  largeur moyenne de la zone tendue.
- $f_{yk}$  limite caractéristique d'élasticité de l'acier
- $f_{ctm}$  valeur moyenne de la résistance en traction directe du béton
- $d$  hauteur utile de la section droite

La section maximale d'armatures est limitée à :  $A_{s,max} = 0,04 A_c$  avec  $A_c$  : aire de la section droite du béton

L'article 9.2.1.3 de la norme NF EN 1992-1-1 précise les règles à appliquer relatives à l'épure d'arrêt des barres.

NOTA : des armatures longitudinales sont disposées en partie haute des poutres. Elles sont destinées à faciliter la mise en place des armatures transversales dont la fonction est la reprise de l'effort tranchant.

Dans le cas des poutres hyperstatiques (poutres continues sur plusieurs appuis, encastrement), des efforts de traction se développent localement en partie supérieure de la poutre, ce qui conduit à y prévoir des armatures longitudinales (chapeaux).

Armatures transversales

Le taux d'armatures d'effort tranchant est égal à :

$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \sin \alpha}$	<p>avec</p> $\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$
---	--

Avec :

- $A_{sw}$  section d'armatures d'effort tranchant sur une longueur  $s$  ;
- $s$  espacement des armatures d'effort tranchant ;
- $b_w$  largeur de l'âme de l'élément.
- $\alpha$  angle d'inclinaison entre ces armatures et l'axe longitudinal de l'élément.
- $f_{yk}$  limite caractéristique d'élasticité de l'acier
- $f_{ck}$  résistance caractéristique en compression mesurée sur cylindre à 28 jours

### 3/Le dimensionnement d'une poutre en béton armé

Pour l'instant et afin de ne bourrer le crâne du lecteur, je lui donne une méthode empirique pour avoir une idée de la hauteur de la poutre ainsi que sa largeur .

1. *Pour la largeur* de la poutre c'est simple, elle doit être en cohérence avec l'épaisseur du mur sur lequel elle appuie. ex :Si votre mur fait 30 cm de largeur alors votre poutre devrait avoir une largeur de 30 cm aussi

2. *Pour la hauteur* de la poutre , **le TRUC** c'est de prendre **sa longueur est de la diviser par 10.**

Ex:

j'ai une poutre de 5.25 ml qui appuie sur un mur de 20 cm alors

hauteur

empirique prévue de la poutre =  $5.25 \text{ ml} / 10 = 0.52 = 52 \text{ cm}$

donc

section béton de la poutre =  $20 * 52 \text{ ht}$  si votre plancher a une épaisseur de 20 cm alors

la retombée de la poutre =  $52 - 20 = 32 \text{ cm}$  de retombée .(astuce valable uniquement en

maison individuelle ou les descentes de charges sont peu élevées et pas pour un immeuble)

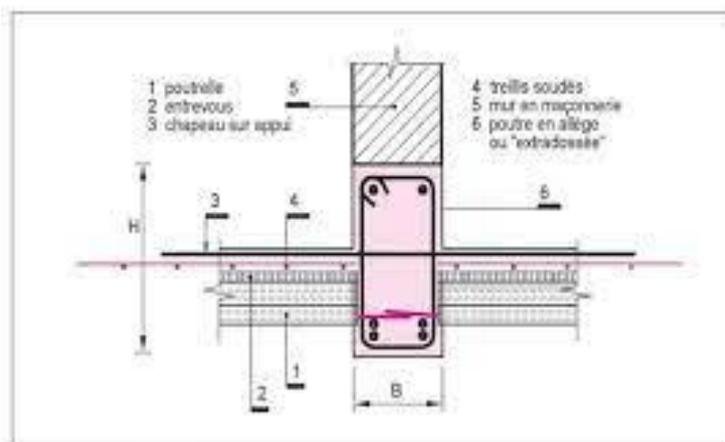


Fig. 29 : Coupe sur poutre avec petite retombée sous plancher pour permettre l'appui des poutrelles précontraintes

La **portée** d'une **poutre en béton** ne doit pas dépasser 5 m.

Quelles sont les dimensions d'une poutrelle ?

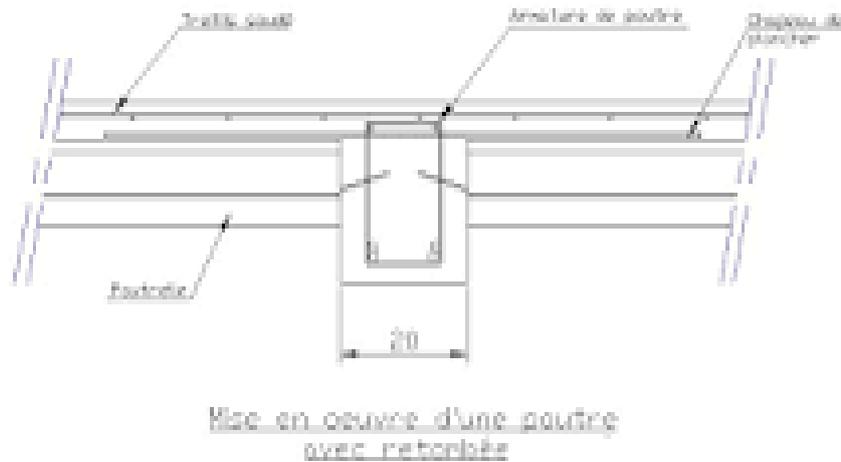
Longueur **poutrelle** 0,60 à 10 m. Hauteur **poutrelle** 10, 11, 13, 14 ou 17 cm. Entraxe de 60 à 75 cm. Épaisseur plancher 17 à 35 cm.

Quelle est la portée maximale d'une poutrelle ?

Les **poutrelles**

L'entraxe entre des **poutrelles** voisines ne doit pas dépasser plus de 75 cm sauf dans des cas

particuliers. La **portée maximale** est de 7 m avec une épaisseur de 12 à 20 cm. Dans certain cas, il peut être nécessaire d'assurer leur stabilité avec des étais provisoirement avant le coulage du béton.



Quelles sont les types de poutrelles ?

Il existe deux types de poutrelles béton, à savoir :

- La **poutrelle** en béton de **type treillis** : de profil triangulaire, elle **est** constituée, à la base, d'un talon plat destiné à supporter les hourdis ou entrevous. ...
- La **poutrelle** en béton précontraint : son profil **est** rectangulaire ou carré, voire en T inversé.

Quelle est la différence entre poutre et poutrelle ?

**Poutrelle** est l'autre nom donné à certaines **poutres** : d'une manière générale, une **poutrelle** désigne une petite **poutre**, d'un matériau quelconque ; en charpente métallique, une **poutrelle** désigne un produit sidérurgique en acier laminé à chaud ayant une forme de H ou de I



Quel poids peut supporter une poutrelle ?

Quel poids peut supporter une **poutrelle** béton ? Charge maximale admissible : 450 kg/m<sup>2</sup>.

Quelle section de poutre pour une portée de 9m ?

Juste de tête comme ça **pour une portée** de 9 mètres **pour** un plancher la hauteur sera de l'ordre des 40 à 45cm avec des **sections** de 90x40 à chaque extrémité.

---

Quelle section de poutre pour une portée de 5m ?

Ainsi, si vous voulez faire une **portée** de 3 mètres, vous aurez besoin de **poutres** de 15 cm. Et si la **portée** est de 4 mètres, vous aurez besoin de **poutres** de 20 cm. Même une **portée** de 5 mètres est possible, avec des **poutres** de 25 cm d'épaisseur et en combinaison avec des entretoises, vous pouvez l'étendre à 6 mètres

Quelle est la largeur de la poutre ?

La **poutre est** un agrès de gymnastique artistique féminine. Une **poutre est** un parallélépipède rectangle, long de cinq mètres et large de dix centimètres, reposant à l'horizontale, à une hauteur variable du sol.

Comment calculer la taille d'une poutre porteuse ?

Il faut considérer toute la surface supportée par la **poutre** et après le multiplier par 350 kg/m<sup>2</sup>. Dans votre raisonnement, vous avez pris directement 0,95 m x 0,70 m x 350 kg/m<sup>2</sup> alors que c'est la portée qu'il faut **calculer**.

Le dimensionnement d'un **linteau**

Prenons deux exemples : Pour une ouverture de 100 cm de large, le **linteau** devra donc faire 140 cm de long (= 100 + 2 x 20) ; Pour une ouverture de 220 cm de large, le **linteau** devra donc faire 264 cm de long (= 220 + 220 x 1/10 x 2)

Cela permet de les déformer légèrement si les points de fixation **sont** trop éloignés les uns des autres. L'écartement des câbles pourrait alors constituer un danger de chute en cas de choc violent. Pour éviter ce phénomène, on préconise un espacement **maximal** de 130 cm **entre deux poteaux**.

Comment savoir si le plancher est solide ?

Un **plancher** plat et qui ne vibre pas quand on marche dessus attestera du fait que l'entraxe des solives (leur espacement parallèle) a été correctement conçu (ce calcul se fait en fonction

de l'épaisseur des lames de **plancher**). Tout **plancher** creux ou bombé **est** un signe immédiat de problème structurel

Comment savoir où sont les poutrelles ?

Dans le cas où les **poutrelles** sont perpendiculaires au placard : mesure l'emplacement du placard à l'étage et reporte le sous le plafond. Ensuite tu perces à peu près au milieu du placard.

### Calcul poutre

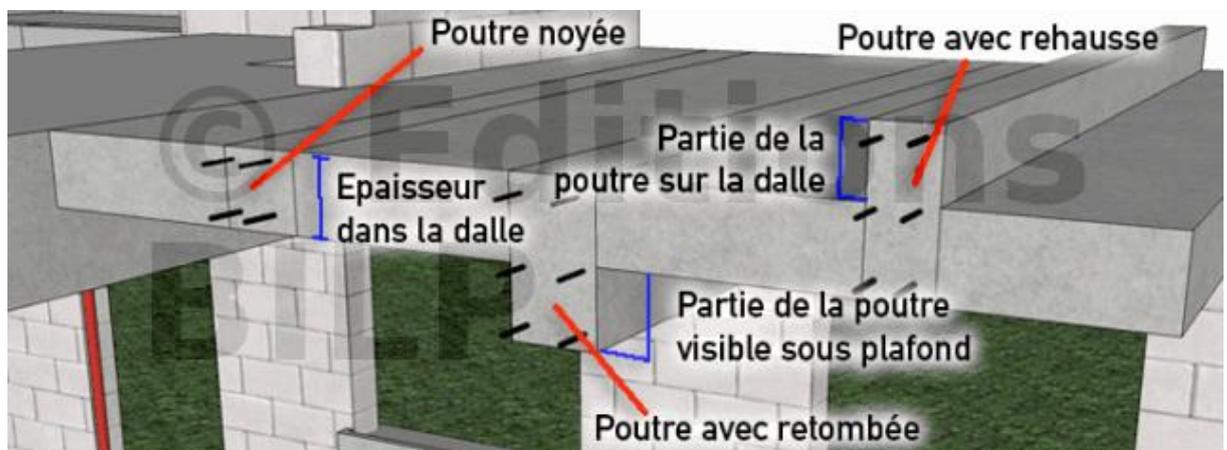
La **poutre** est axée à 3.30 ml largeur totale 6.60 et longueur de 9.45 ml. J'ai estimé la charge à 250 k/M<sup>2</sup> (chambre à l'étage) sur une demi largeur soit  $3.30 \times 9.45 \times 250$  égales 7796 kg. Pour une section de 120\*500 en lamellé collé me donne une longueur de 1027 cm.

### Les linteaux, les poutres

La poutre en béton armé remplace le mur de refend afin d'économiser de la place tout en supportant le plancher. C'est pourquoi son exécution doit être soignée. Elle peut prendre appui sur les murs (façades, refends) ou sur des poteaux en béton. Pour plus de renseignements concernant son coffrage et son ferrailage vous pouvez vous reporter sur le chapitre béton armé.

Dans un pavillon, nous pouvons trouver plusieurs sortes de poutres :

- **La poutre béton avec retombée** : La plus commune des poutres. Sa section dont la hauteur doit impérativement être plus importante que la dalle, une retombée est nécessaire, cette partie se trouve sous le plafond.
- **La poutre BA noyée** : Poutre dont la hauteur est égale à l'épaisseur de la dalle. Aucune retombée n'est nécessaire. Exemple chevêtre pour trémie d'escalier.
- **La poutre avec rehausse** : Elle est nécessaire lorsque la hauteur de poutre est plus grande que l'épaisseur de la dalle et qu'aucune retombée doit être présente sous le plafond. Le complément de hauteur de poutre se retrouve donc sur le plancher haut sous un mur.



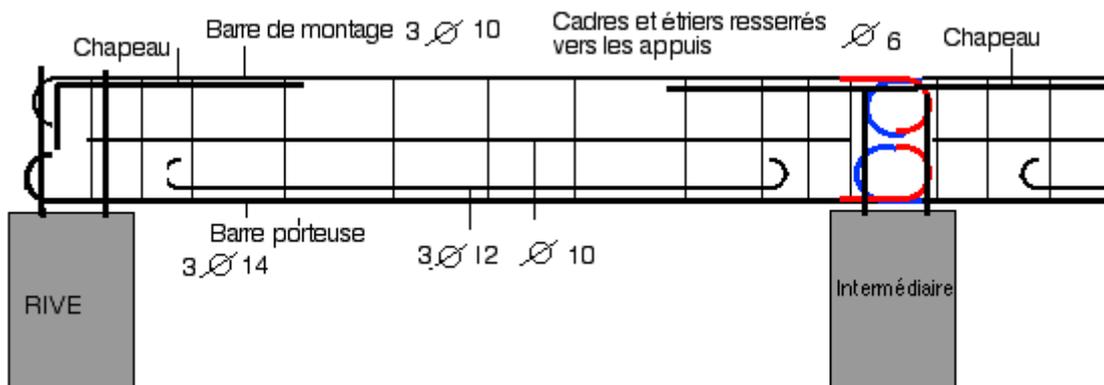
### Ferrailage

Les aciers principaux sont placés dans les parties tendues c'est-à-dire en partie basse (diamètre 12 mini) disposés en 1 ou 2 lits.

Le 1er lit est prolongé sur les appuis, le 2ème lit est d'une longueur égale à la portée moins 2 X le 1/8ème de la portée.

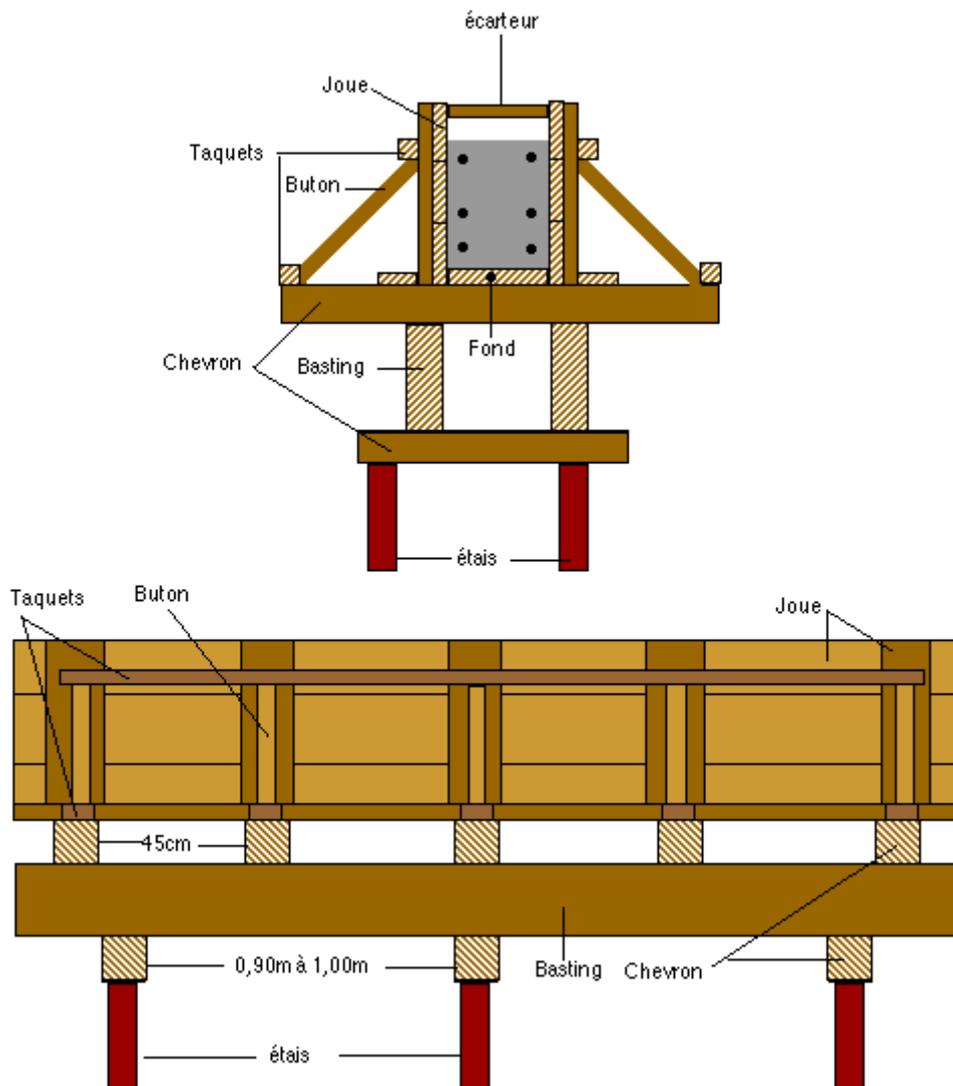
Souvent les poutres ont pour rôle de porter les poutrelles, dans ce cas, des barres de renfort diamètre 10 sont placées à hauteur du plancher inférieur.

Les cadres et étriers sont plus rapprochés vers les appuis. Des chapeaux (en partie haute) sont disposés sur les appuis 1/5ème de la portée pour les chapeaux de rive, 1/4 de la portée pour les chapeaux intermédiaires.



### **Coffrage d'une poutre**

Les moyens utilisés pour coffrer les linteaux peuvent être utilisés pour les poutres de faibles hauteurs et les petites portées <3,00m.



Le [linteau](#) est une poutre de petite portée surplombant une ouverture (fenêtre, porte...) pour soutenir la maçonnerie. Il doit reposer sur les appuis et avoir une hauteur minimale du 10ème de sa portée.

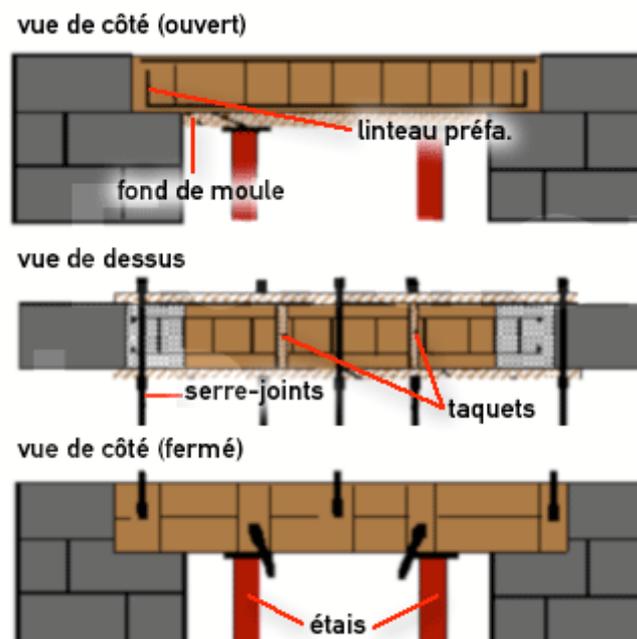
Pour coffrer un linteau, il faut :

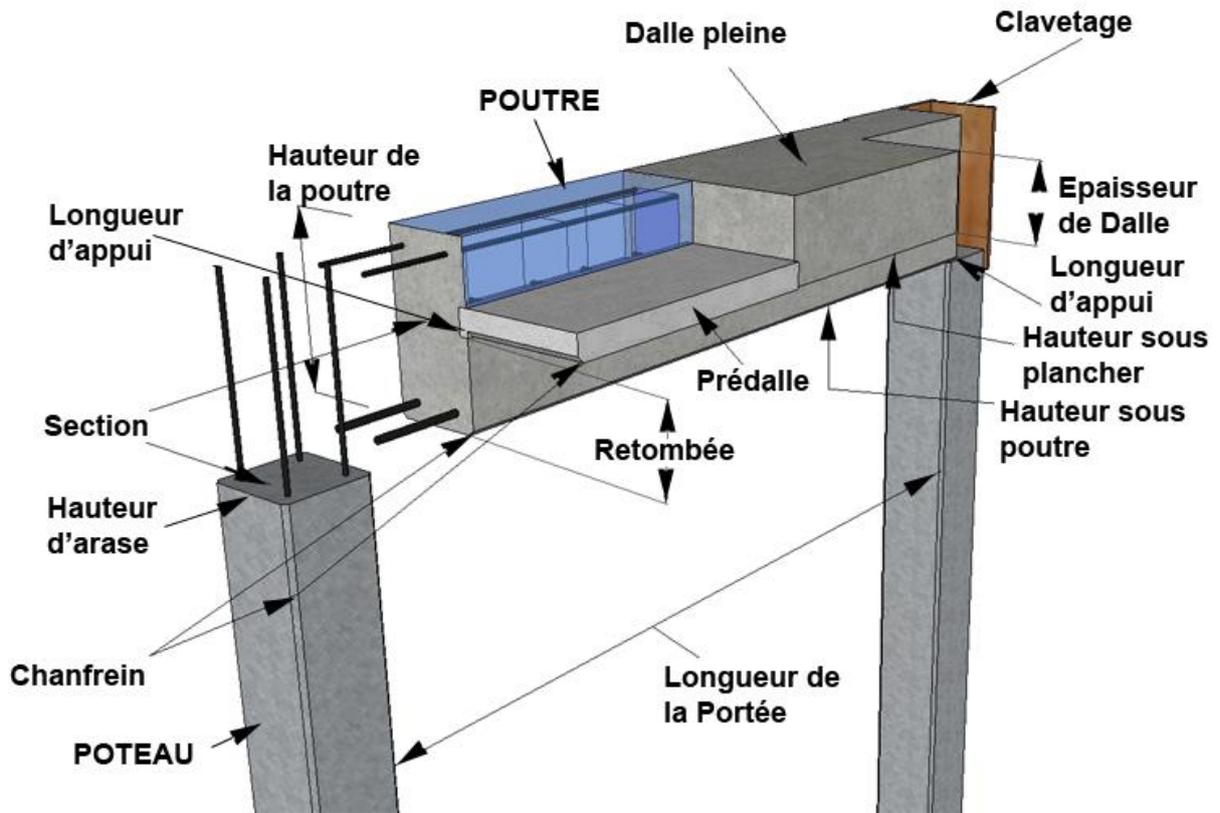
- Un [fond de moule](#) égal à la longueur de l'ouverture moins 1cm (pour faciliter le décoffrage) et d'épaisseur 2,7cm (soit d'une [planche de coffrage](#)).
- Deux [étais](#) pour une ouverture de 1 mètre.
- Un linteau préfabriqué en acier d'une longueur de l'ouverture plus 2 fois 20 cm minimum pour les appuis de chaque côté.
- Deux panneaux en bois d'une longueur suffisante pour prendre les deux agglos extérieures et d'une hauteur minimale équivalente au-dessous du fond de moule et au-dessus de l'agflo.
- Cinq [serre-joints](#) bien répartis.
- Deux taquets en bois de la largeur de l'agflo (à enlever après coulage). Pour coffrer un linteau en arrondi, c'est le même principe, mais le fond de moule doit avoir la forme du cintre. Le coffrage peut être en bois avec du contre-plaqué cintré ou en [polystyrène](#). Le ferrailage et le bétonnage se réalisent comme la poutre.

Le [linteau](#) est une poutre de petite portée surplombant une ouverture (fenêtre, porte...) pour soutenir la maçonnerie. Il doit reposer sur les appuis et avoir une hauteur minimale du 10ème de sa portée.

Pour coffrer un linteau, il faut :

- Un [fond de moule](#) égal à la longueur de l'ouverture moins 1cm (pour faciliter le décoffrage) et d'épaisseur 2,7cm (soit d'une [planche de coffrage](#)).
- Deux [étais](#) pour une ouverture de 1 mètre.
- Un linteau préfabriqué en acier d'une longueur de l'ouverture plus 2 fois 20 cm minimum pour les appuis de chaque côté.
- Deux panneaux en bois d'une longueur suffisante pour prendre les deux agglos extérieurs et d'une hauteur minimale équivalente au-dessous du fond de moule et au-dessus de l'agflo.
- Cinq [serre-joints](#) bien répartis.
- Deux taquets en bois de la largeur de l'agflo (à enlever après coulage). Pour coffrer un linteau en arrondi, c'est le même principe, mais le fond de moule doit avoir la forme du cintre. Le coffrage peut être en bois avec du contre-plaqué cintré ou en [polystyrène](#). Le ferrailage et le bétonnage se réalisent comme la poutre.

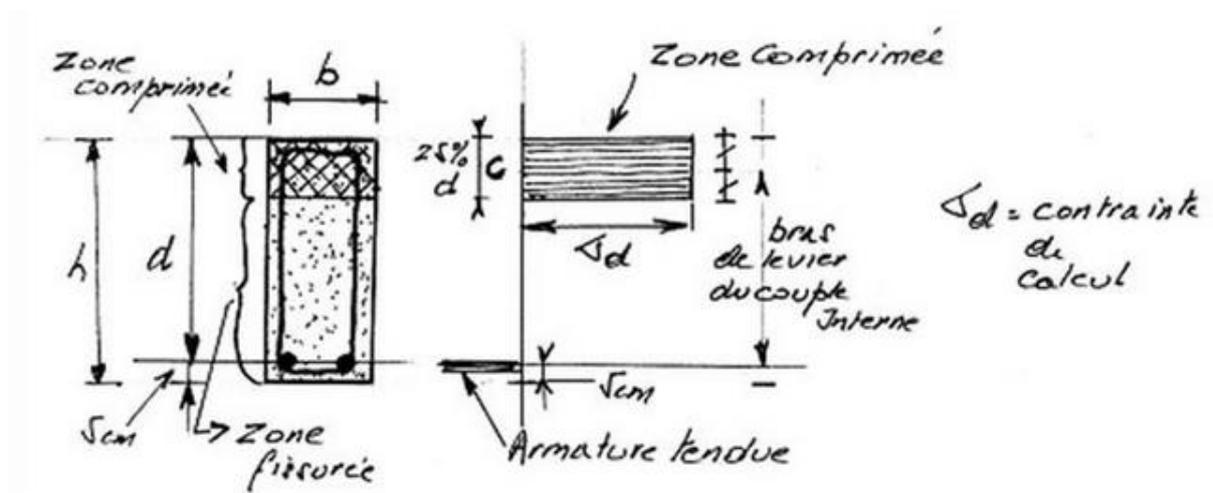




## Prédimensionnement des poutres béton

Vu que le béton armé est un matériau composite dont un des composants (le béton) ne résiste pas à la traction, le comportement structural des poutres en béton armé est différent de celui des poutres en acier et en bois.

De plus, à l'ELU on considère que le béton est totalement plastifié ce qui nous conduit au diagramme des contraintes suivant:

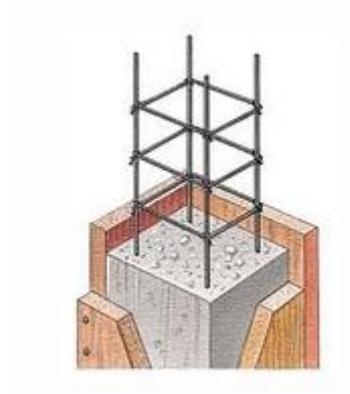


La hauteur  $c$  de la zone comprimée reste à fixer. Pour des raisons d'efficacité on limitera ici cette hauteur à 25% de la hauteur utile.

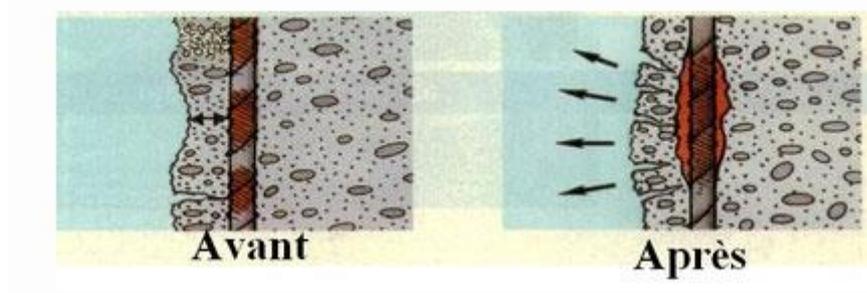
Les armatures en aciers sont protégées de la corrosion par le béton qui les enrobe. On doit tenir compte de cette épaisseur de béton que l'on appelle "l'enrobage" et qui fait 5cm d'épaisseur.

Sur l'image ci-contre cet enrobage est l'épaisseur du béton qui sépare les armatures du coffrage.

Pour tenir compte de l'enrobage des armatures, la hauteur utile  $d$  est égale à  $h - 5 \text{ cm}$ .



Si les armatures sont mal protégées, elles rouillent et "gonflent" ce qui fait éclater le béton.



Ce qui aboutit à ce type de résultat : attention, la ruine (de la structure) n'est pas loin !



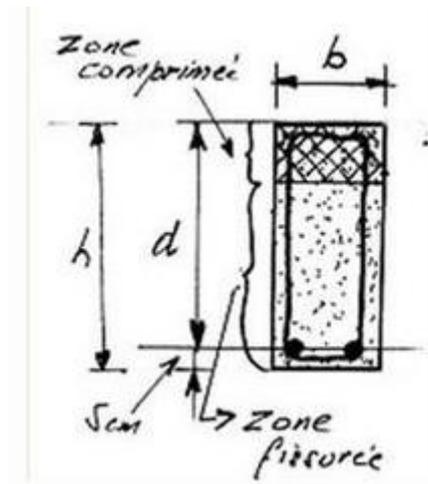
La contrainte dans le béton est la contrainte de calcul qui est la contrainte caractéristique multipliée par un coefficient réducteur (pour chargement permanent) et divisée par le coefficient de minoration. Pour un **béton 30/37** (résistance caractéristique  $30 \text{ N/mm}^2$  - cette résistance est

obtenue par écrasement d'un cylindre de 15 cm de diamètre et de 30 cm de hauteur, le second chiffre, 37, correspond à l'écrasement d'un cube de 20 cm de côté) la contrainte de calcul vaut :

$$30 \times 0.85 \text{ (coefficient réducteur pour mise en charge de longue durée)} / 1.5 \text{ (coefficient de minoration)} = 17 \text{ N/mm}^2$$

La contrainte dans le béton est la contrainte de calcul qui est la contrainte caractéristique multipliée par un coefficient réducteur (pour chargement permanent) et divisée par le coefficient de minoration. Pour un **béton 30/37** (résistance caractéristique 30 N/mm<sup>2</sup> - cette résistance est obtenue par écrasement d'un cylindre de 15 cm de diamètre et de 30 cm de hauteur, le second chiffre, 37, correspond à l'écrasement d'un cube de 20 cm de côté) la contrainte de calcul vaut :

$$30 \times 0.85 \text{ (coefficient réducteur pour mise en charge de longue durée)} / 1.5 \text{ (coefficient de minoration)} = 17 \text{ N/mm}^2$$



Le moment résistant de cette section est donc

$$M_{Rd} = 0.25 \cdot d \cdot b \cdot 17 \text{ N/mm}^2 \cdot (d - 0.125 \cdot d) \text{ avec } d = h - 5 \text{ cm}$$

où:

$0.25 \cdot d \cdot b \cdot 17 \text{ N/mm}^2$  est l'effort de compression du côté de la fibre comprimée (par équilibre de translation, cet effort est également l'effort de traction dans l'armature inférieure)

$(d - 0.125 \cdot d)$  est le bras de levier du couple interne soit la hauteur structurale de la section

Pour rappel : il faut  $M_{Rd} \geq M_{Sd}$

$M_{sd}$ , moment sollicitant de calcul, est calculé considérant les actions sur la poutre

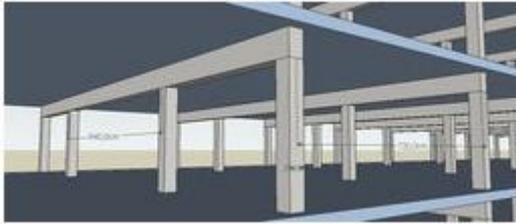
$M_{Rd}$ , moment résistant de calcul de la section, est obtenu par tâtonnement.

Pour définir la section, deux dimensions sont à déterminer :  $b$  et  $h$

Généralement on fixera d'abord  $b$  en tenant compte des critères suivants :

- - En bâtiment courant  $b$  est compris entre 20 et 30 cm
  - -  $b$  est égal à la dimension correspondante des colonnes
- Pour des raisons d'efficacité (économie de matière), on veillera à prendre  $h$  environ égal à 3  $b$ .

Application : calcul d'une poutre ELU



## ELS

La section étant connue suite au calcul à l'ELU on peut en déterminer l'inertie  $I=bh^3/12$ . Mais vu que, sous l'effet des contraintes de traction, le **béton est fissuré** on ne prendra que **60% de cette inertie**.

Sur cette base on peut procéder au calcul de la flèche sous les actions non majorées.

Considérant la problématique du fluage il sera important de différencier les actions permanentes et les actions variables.

Pour la flèche élastique on prendra en compte le module d'élasticité suivant :

**E béton : 32 000 N/mm<sup>2</sup>**

Pour tenir compte du fluage **on doublera la flèche sous les actions permanentes** et on ne tiendra pas compte de la flèche élastique due au poids propre. Voir la notion intitulées "Les Sécurités" pour plus de détails.

Pour la commodité du calcul il sera plus simple de calculer une flèche élastique considérant des actions permanentes multipliées par 2 :

Par exemple, pour une poutre bi-encastée :

F « dangereuse » = (actions du poids propre+ action parachèvement\*2 + actions variables)  
\*L<sup>4</sup>/

$$(384 * E * (b * h^3 / 12) * 0.60)$$

On ne tient compte ainsi de la flèche due au fluage sous le poids propre, de la flèche élastique et de la flèche de fluage sous les charges permanentes et de la flèche élastique sous les charges variables.

La flèche obtenue est comparée à la flèche maximale admissible.

Si la flèche maximale autorisée n'est pas respectée il faut augmenter l'inertie de la poutre.

Application : calcul d'une poutre ELS