

Le béton armé – Dispositions Constructives

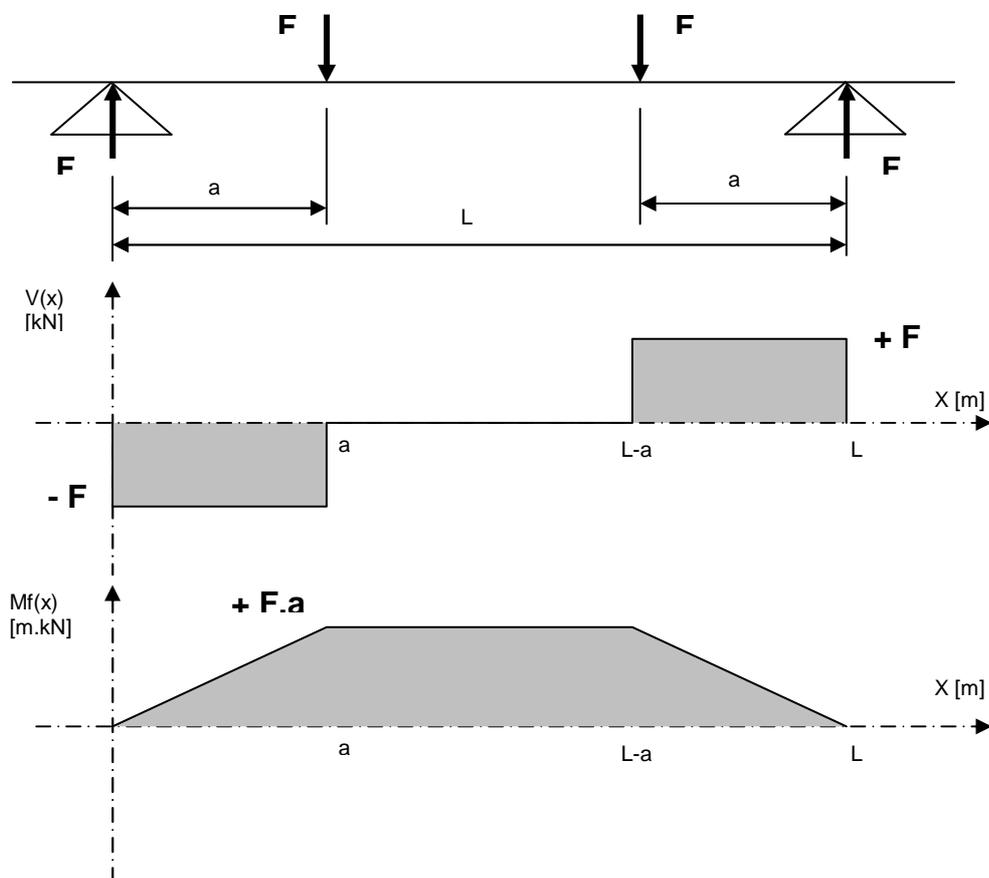
Eléments fléchis - Poutres

1/ ARMATURES PRINCIPALES – ETUDE EXPERIMENTALE

Nous avons déjà constaté au chapitre BA – Généralités - l'apparition de fissures dans les zones tendues des éléments fléchis. La mise en œuvre dans ces zones d'armatures longitudinales permet alors de limiter les effets de flexion à de la micro-fissuration.

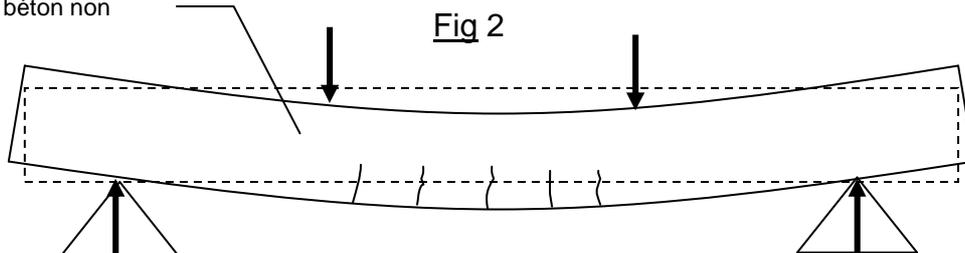
Une étude plus précise permet d'identifier le rôle des composantes $V(x)$ et $Mf(x)$ du torseur de cohésion dans l'ouverture des fissures, par un essai de chargement en flexion dite "4 points". Les résultats de l'étude mécanique sont les suivants (fig 1) :

Fig 1



La fissuration apparaît d'abord dans la zone centrale de la poutre. Seul $Mf(x)$ existe dans cette zone, l'effort tranchant y est nul. Les fissures sont perpendiculaires à la ligne moyenne de la poutre (fig 2).

Poutre en béton non armé



C'est donc le **moment fléchissant $M_f(x)$** qui nécessite la mise en place **d'armatures principales longitudinales**.

Lorsque le moment est positif, la zone inférieure de la poutre est tendue. Les armatures principales sont situées dans cette zone.

L'expérience est maintenant menée sur une poutre excessivement armée dans sa zone inférieure de façon à limiter l'influence du moment fléchissant dans l'ouverture des fissures.

Une augmentation de l'effort F (fig 3) ouvre des fissures inclinées près des appuis (la zone centrale, excessivement armée, ne laisse apparaître qu'une micro-fissuration). L'effort tranchant est la principale composante du torseur de cohésion dans les zones de largeur "a" situées près des appuis.

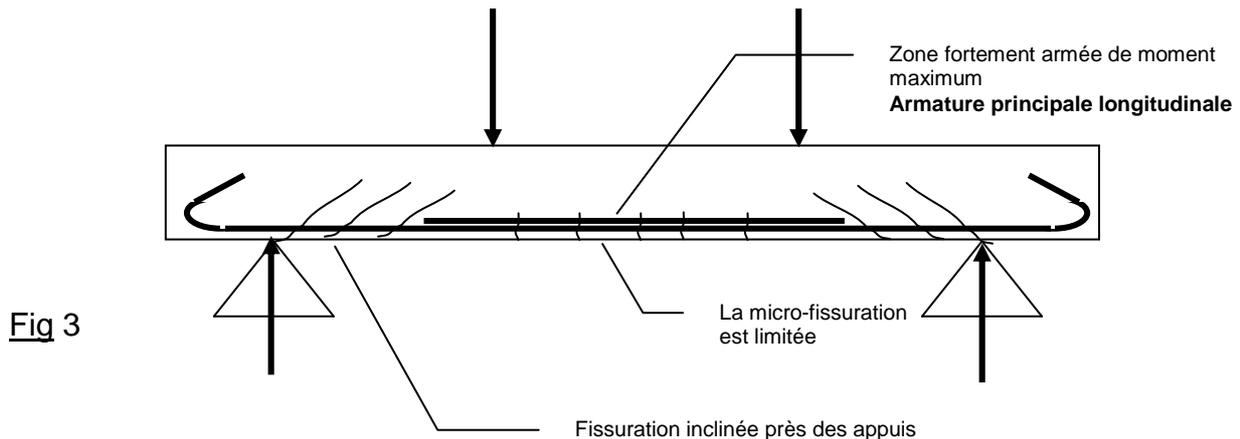


Fig 3

La solution consiste à positionner des armatures principales transversales afin de limiter l'ouverture des fissures inclinées dues à l'effort tranchant $V(x)$. Techniquement, ces armatures sont mises en œuvre verticalement et maintenues par des armatures dites de "montage" si nécessaire. Les sections d'armatures transversales sont constituées de cadres, étriers et/ou épingles selon la quantité d'armatures nécessaire à mettre en œuvre (fig 4).

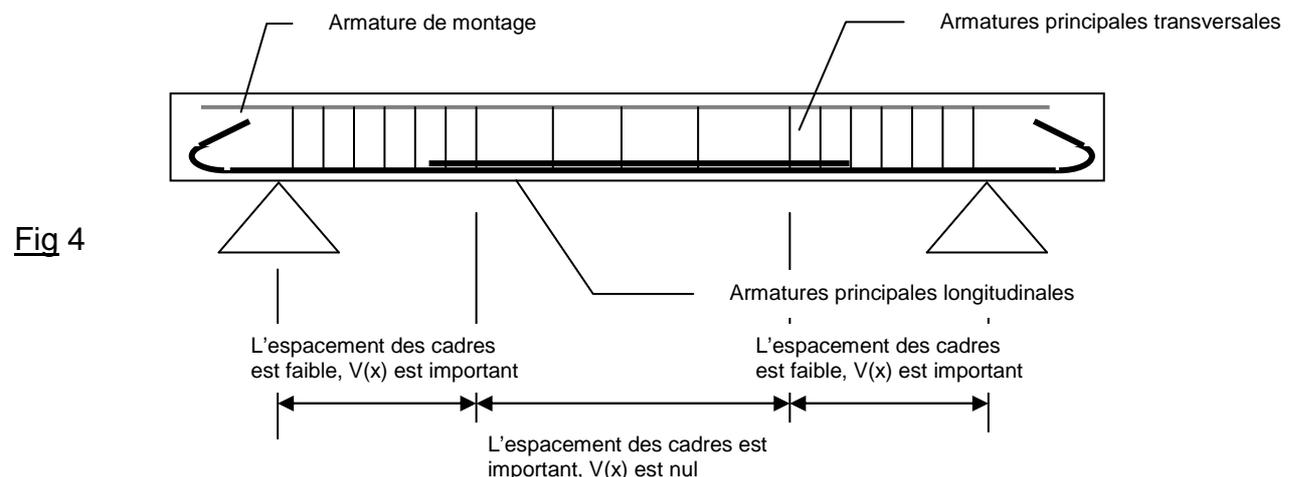


Fig 4

Conclusions :

C'est à partir du **diagramme $M_f(x)$** que les armatures principales **longitudinales** sont positionnées. Si $M_f(x)$ est positif alors la zone tendue est la zone inférieure de la poutre, et réciproquement.

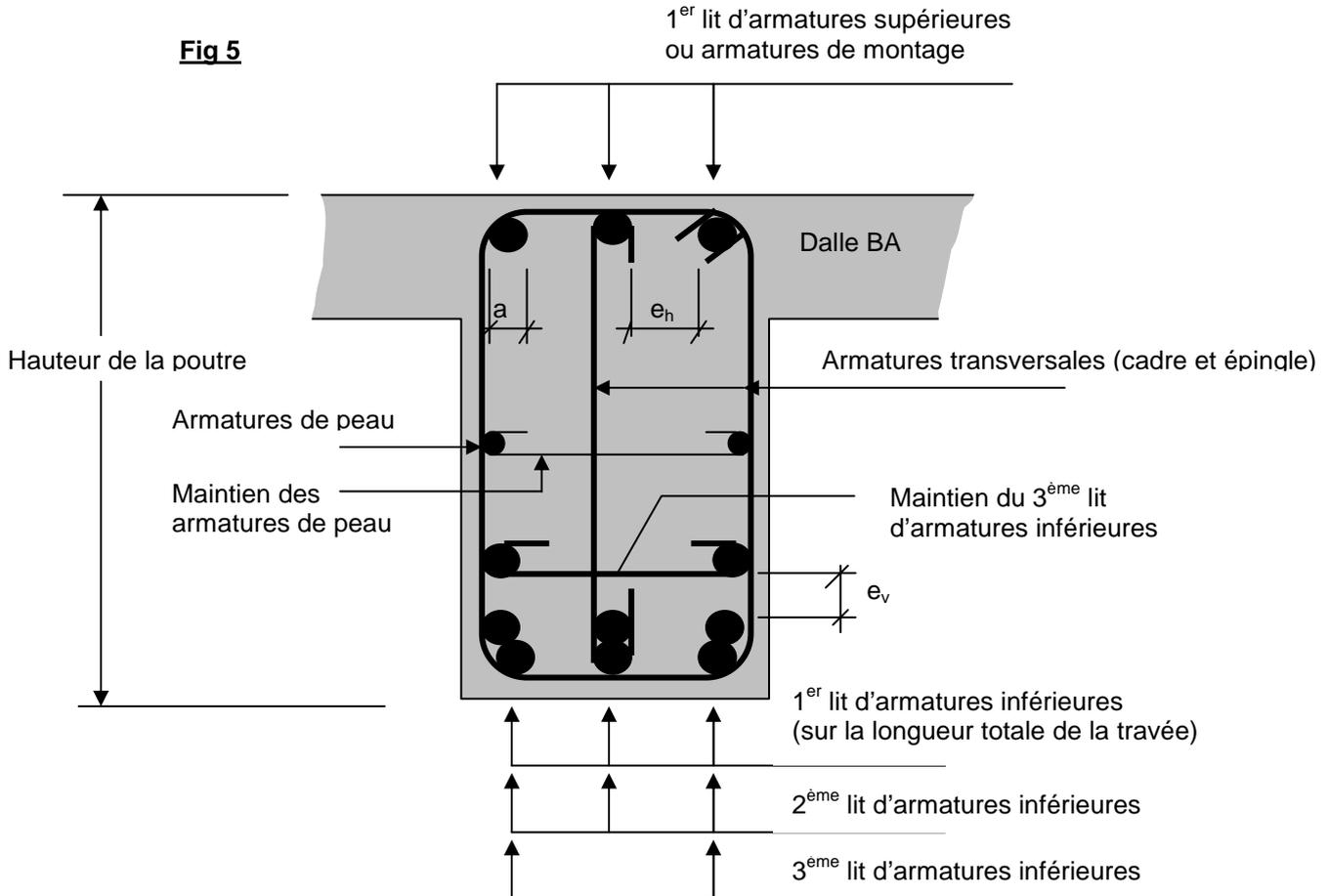
C'est à partir du **diagramme $V(x)$** que les armatures principales **transversales** sont positionnées. Plus $V(x)$ est important, plus les armatures sont proches (espacements faibles). En pratique, il s'agit des zones situées près des appuis et des charges concentrées.

2/ DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Le respect des dispositions constructives définies au BAEL91 permet (fig 5) :

- une correcte mise en œuvre du béton dans le coffrage (entrave des armatures au passage du béton frais, du vibrage),
- un parfait fonctionnement mécanique des armatures de la poutre.

Les sections d'armatures longitudinales peuvent être importantes, la mise en œuvre de plusieurs lits superposés est alors nécessaire.



Espacements des armatures (art. A.4.2,1)

$$e_v \geq \sup \begin{cases} a \\ C_g \end{cases}$$

$$e_h \geq \sup \begin{cases} a \\ 1.5 C_g \end{cases}$$

- Avec
- a : largeur d'un paquet de barres (limité à deux barres).
 - C_g : diamètre du plus gros granulat.

Armatures de peau (art. A.4.8.3)

Afin de limiter la fissuration de retrait des retombées de poutre, des armatures de peau sont à mettre en œuvre :

Section des armatures de peau $\geq 3 \text{ cm}^2/\text{m}$ de parement (2 x retombée + largeur)

Condition de non fragilité (art. A.4.2.1)

Certaines poutres de faible portée, faiblement sollicités et de section (bxh) importante ne nécessite que peu d'armatures principales longitudinales. Cette section A_L en $[m^2]$ doit être néanmoins suffisante afin de permettre un fonctionnement mécanique correct :

$$\frac{A_L}{b \cdot d} \geq \frac{0.23 \times f_{tj}}{f_e}$$

avec : - $d = 0.9h$ (h hauteur de la poutre en $[m]$)

- b = largeur de la poutre en $[m]$

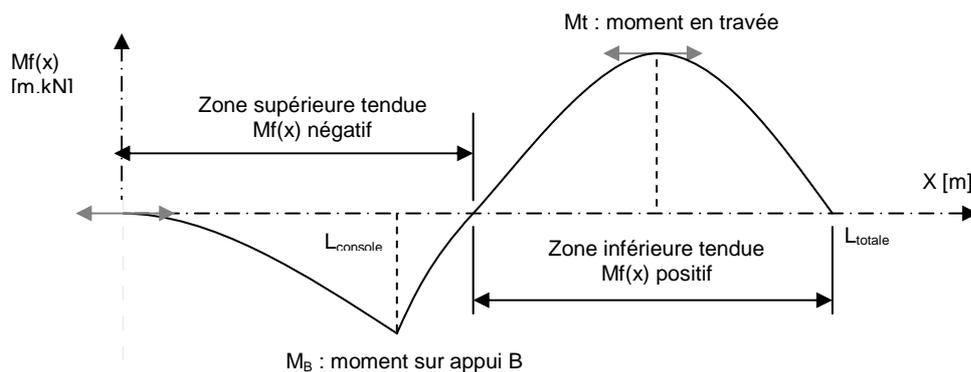
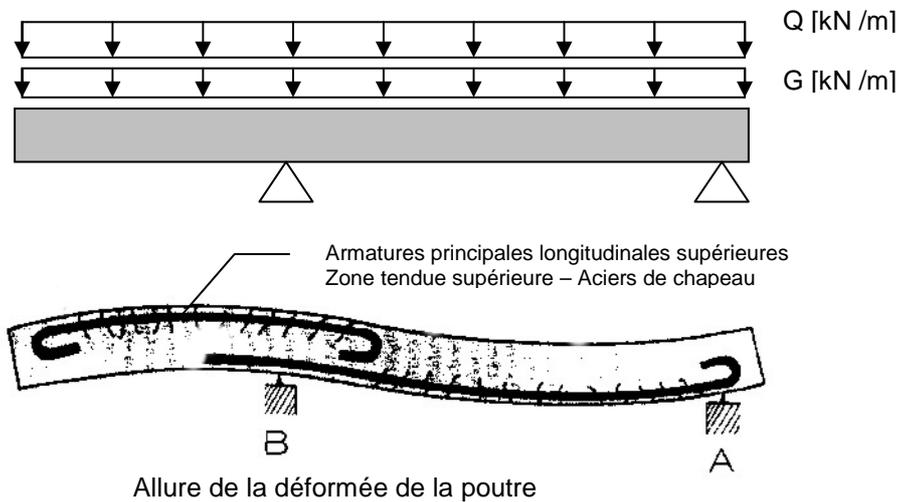
- f_e : la résistance à la traction des armatures $[Mpa]$

- f_{tj} : la résistance du béton à la traction en $[Mpa]$, en général on retient f_{t28}

3/ POUTRES ISOSTATIQUES EN CONSOLE

La zone supérieure de la console de ce type de poutres est tendue (le moment fléchissant est négatif dans cette zone). Des armatures principales longitudinales supérieures appelées "chapeaux" sont à mettre en œuvre afin de limiter la fissuration (fig 6).

Fig : 6



NOTAS :

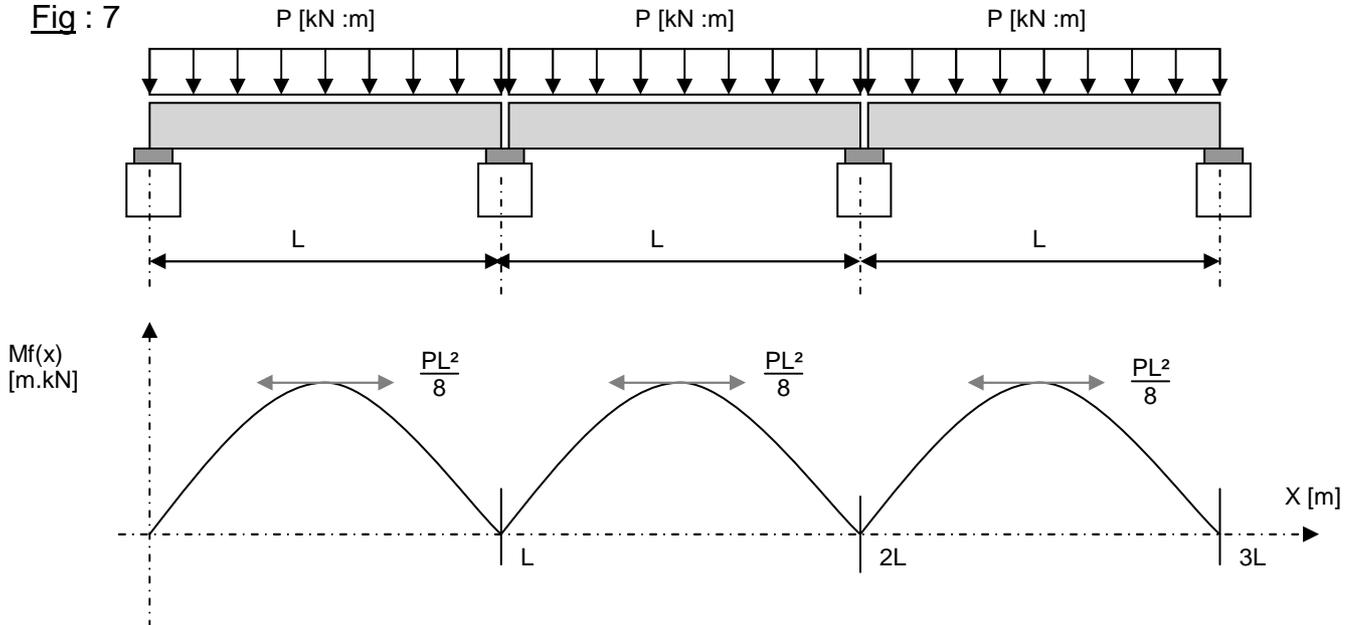
- Seul le tracé précis du diagramme $Mf(x)$ permet de déterminer la longueur de la zone tendue supérieure de la poutre et des aciers de chapeau. Celle-ci est d'autant plus importante que $L_{console}$ est grande par rapport à $L_{travée}$ et que Q n'existe que sur la console.
- La répartition des armatures transversales est effectuée à partir du diagramme $V(x)$.

4/ POUTRES HYPERSTATIQUES CONTINES SUR APPUIS

4/1 Etude mécanique

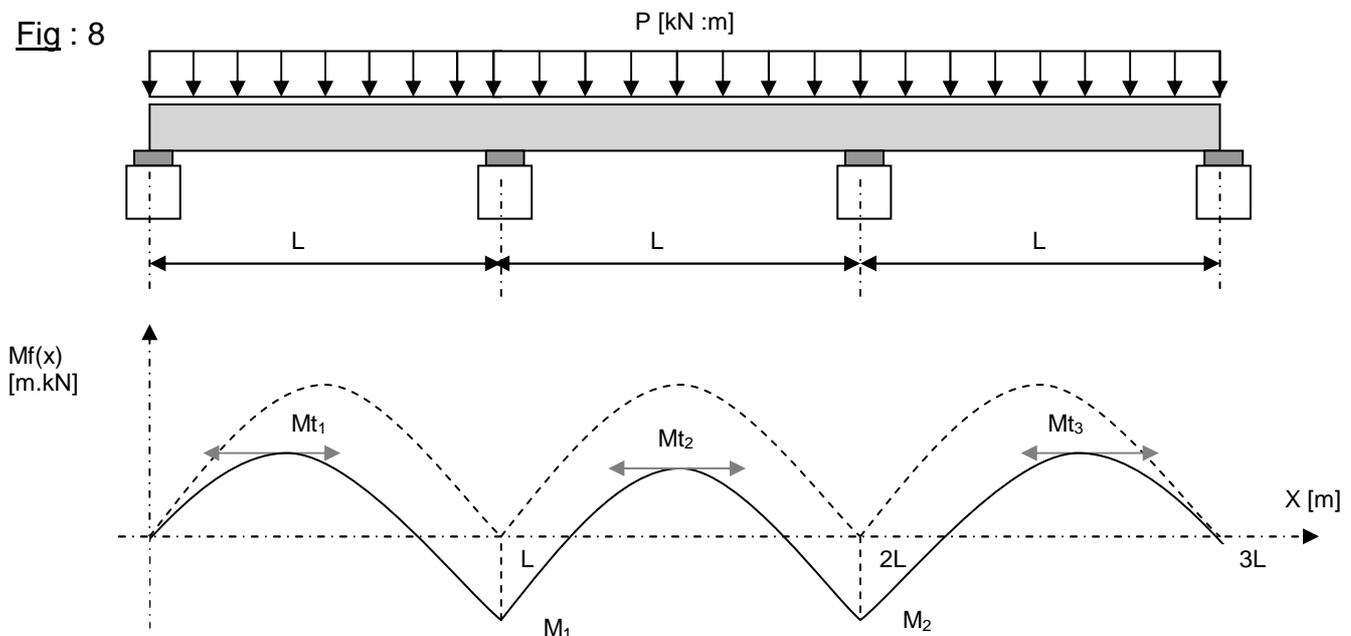
C'est le cas principal de réalisation des poutres en BA dans les bâtiments, là où la situation le permet. Le fonctionnement de ces poutres permet une économie des quantités d'armatures à mettre en œuvre en comparaison aux poutres isostatiques (fig 7).

Fig : 7



Les trois poutres isostatiques reposent chacune sur 2 appuis d'extrémités. Les moments en travées valent $\frac{PL^2}{8}$ et servent de base aux calculs des quantités d'armatures longitudinales inférieures à mettre en œuvre. Une même et unique poutre continue de trois travées peut être réalisée, les résultats mécaniques sont les suivants (fig 8) :

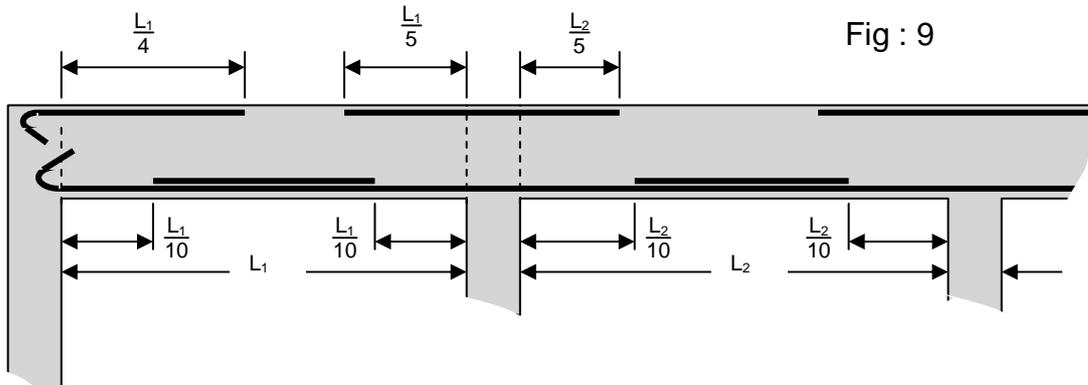
Fig : 8



Les trois moments en travées ont été significativement diminués, mais deux moments sur appuis M_1 et M_2 ont été créés. Le bilan est néanmoins à l'économie, les armatures de chapeau peuvent être utilisées comme armatures de montage.

4/2 Dispositions forfaitaires des armatures longitudinales

Dans les cas courants des poutres continues, le BAEL91 fixe une disposition forfaitaire des armatures longitudinales, sans l'utilisation d'un diagramme de $M_f(x)$ précis (fig 9) :



Le premier lit des armatures inférieures doit comporter au moins la moitié de la section totale des armatures inférieures. Celui-ci est ancré jusqu'aux appuis de la poutre. Les autres lits peuvent être arrêtés à une distance forfaitaire de $0.10L$.

Les armatures de chapeaux sont d'une longueur minimum égale à $0.20L$ (appui intermédiaire) ou $0.25L$ (appui de rive) sans toutefois être inférieurs à L_s .

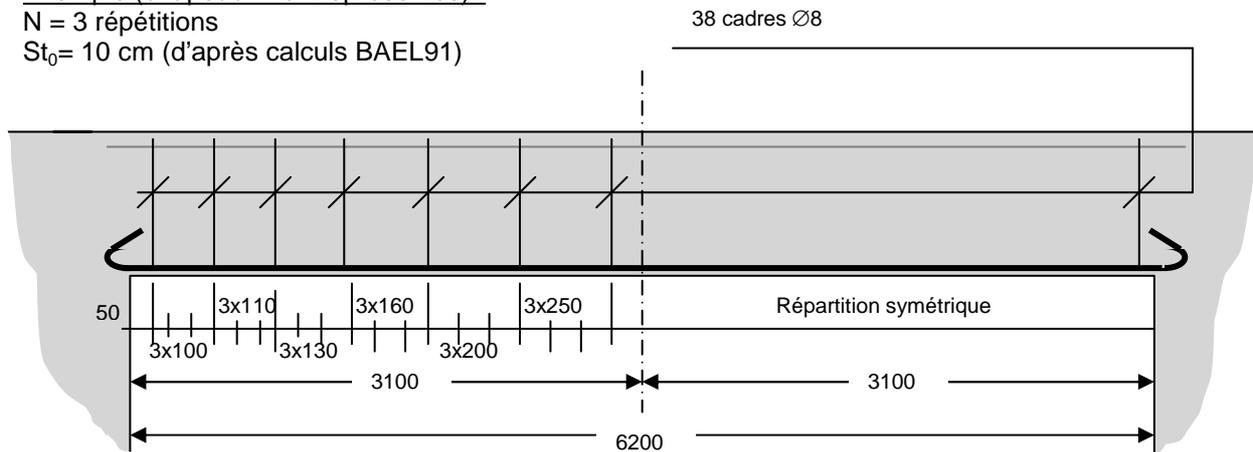
5/ REPARTITION FORFAITAIRE DES ARMATURES TRANSVERSALES

L'espacement des armatures transversales peut être défini par une méthode forfaitaire dite de "Caquot". Le premier espacement St_0 est calculé selon le BAEL 91. Les espacements augmentent progressivement en suivant la suite 7- 8-9-10-11-13-16-20-25-35-40 cm, en répétant la valeur adoptée autant de fois (N) qu'il existe de mètres dans la demi-portée de la poutre.

Exemple (chapeaux non représentés) :

$N = 3$ répétitions

$St_0 = 10$ cm (d'après calculs BAEL91)



Espacements des armatures transversales (art. A.5.1,22)

$$St \leq \min \begin{cases} 0.9 d \\ 40 \text{ cm} \end{cases}$$

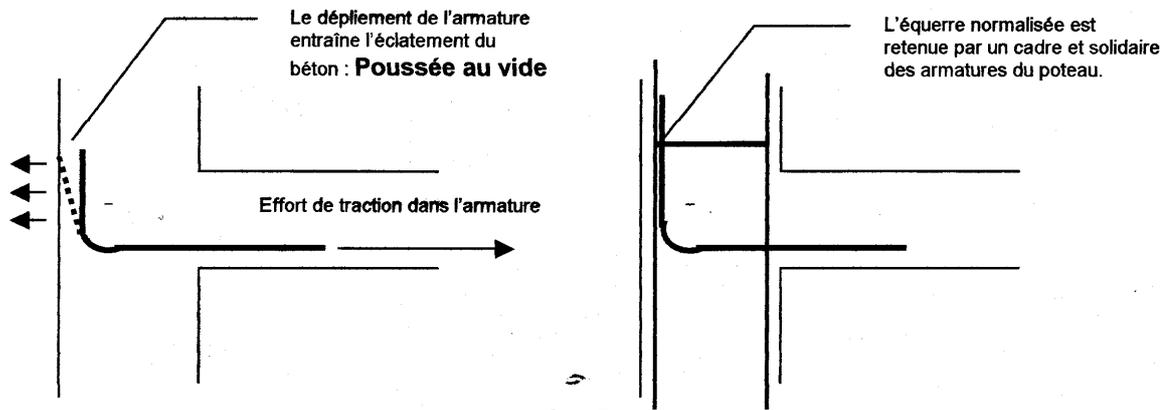
avec $d = 0.9 h$ (hauteur de la poutre)

6/ POUSSEE AU VIDE

Les éléments en béton armé comportant des armatures dont la mise en tension peut provoquer l'éclatement du béton de parement (enrobage) sont sujets à la poussée au vide.*

De nombreuses situations techniques sont la source de ce types de désordres (barres non retenues, changement de direction des armatures, paillasse d'escaliers...).

Equerre normalisée non retenue :



NOTA : Ce problème peut être solutionner en préférant la mise en place d'un crochet normalisé.