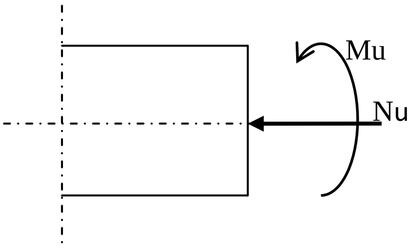
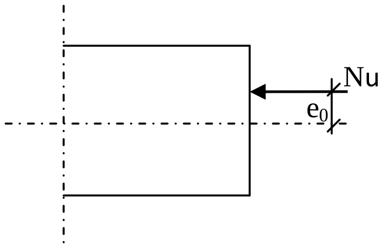
FLEXION COMPOSÉE

À l'Etat Limite Ultime

La flexion composée est une sollicitation qui résulte de l'effet simultané d'un moment fléchissant et d'un effort normal de compression ou de traction. Cet effet a lieu lorsqu'il s'agit d'un moment et d'un effort normal centré ou d'un effort normal excentré par rapport au centre de gravité.





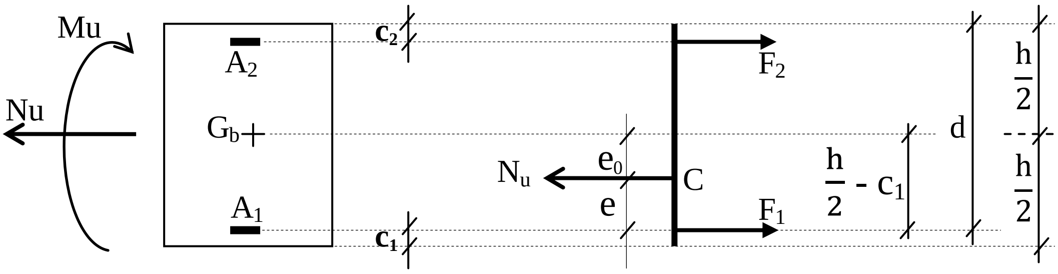
I. SECTION ENTIEREMENT TENDUE

I.1 Définition

Une section est entièrement tendue si Nu est un effort de traction appliqué entre les armatures. Le centre de pression "C" est à l'intérieur de la section.

$e_0 = \frac{Mu}{Nu} \leq \frac{h}{2} - c_1$

$e = \frac{h}{2} - c_1 - e_0$



I.2 Ferraillage

La section est entièrement tendue $\varepsilon s = 10‰$ d'où $\sigma s = \frac{fe}{\gamma s}$

$$A2 = \frac{Nu * e}{(d - c2)\sigma s} \qquad A1 = \frac{Nu}{\sigma s} - A2$$

II. SECTION PARTIELLEMENT COMPRIMEE

II.1 Définition

Une section est partiellement comprimée, si:

Nu est un effort de traction et $e_0 = \frac{Mu}{Nu} > \frac{h}{2} - c_1$ c'est à dire le centre de pression (C) est à l'extérieur du segment limité par A1 et A2.

Ou bien

Nu est un effort de compression et $e_0 = \frac{Mu}{Nu} > \frac{h}{2} - c_2$ c'est à dire le centre de pression (C) est à l'extérieur du segment limité par A1 et A2.

Ou bien

Nu est un effort de compression et les deux conditions suivantes sont simultanément vérifiées:

1. $e_0 = \frac{Mu}{Nu} \leq \frac{h}{2} - c_2$
2. $Nu*(d - c2) - Mua \leq (0.337 - 0.81\frac{c2}{h})b*h^2*f_{bc}$

Avec $Mua = Mu \pm Nu*(\frac{h}{2} - c_1)$: moment résultant par rapport aux centre de gravité des armatures tendues.

II.2 Ferraillage

Les armatures sont déterminées de la manière suivante:

1. Calcul de la section en flexion simple sous Mua; d'où on calcule les armatures As et A's.
2. Si Nu est un effort de traction $A1 = As + \frac{Nu}{\sigma s}$ et A2 = A's
3. Si Nu est un effort de compression $A1 = As - \frac{Nu}{\sigma s}$ deux cas sont possibles:

1^er^ cas: $A1 \geq 0$ alors A2 = A's

2^ème^ cas: $A1 < 0$ ceci signifie qu'A1 = 0

Si A2 = A's = 0, aucune armature n'est nécessaire, théoriquement. Néanmoins, il faut prévoir dans la section des armatures minimales A1 + A2 = Maximum des deux valeurs suivantes:

$$A1+A2 = Max \begin{cases} 4\ cm^2 \text{ par mètre de périmètre de la section de béton. Et} \\ 0.2\% \text{ de la section de béton comprimé.} \end{cases}$$

Si A1 = 0 et $A2 \neq 0$, alors on détermine la position de l'axe neutre par résolution de l'équation $0.4x^2 - c_2x + \frac{Mua - Nu(d-c2)}{0.8*b*fbc} = 0$ d'où la valeur de x et celle de $\alpha = \frac{x}{d}$

- Si $\alpha \leq 0.259$, il s'agit du pivot A. $\varepsilon_{s1} = 10‰$ et $\varepsilon_{s2} = 10^{-3} * \frac{(x-c2)}{(d-x)}$
- Si $\alpha > 0.259$, il s'agit du pivot B. $\varepsilon_{bc} = 3.5‰$ et $\varepsilon_{s2} = 3.5*10^{-3} * \frac{(x-c2)}{x}$

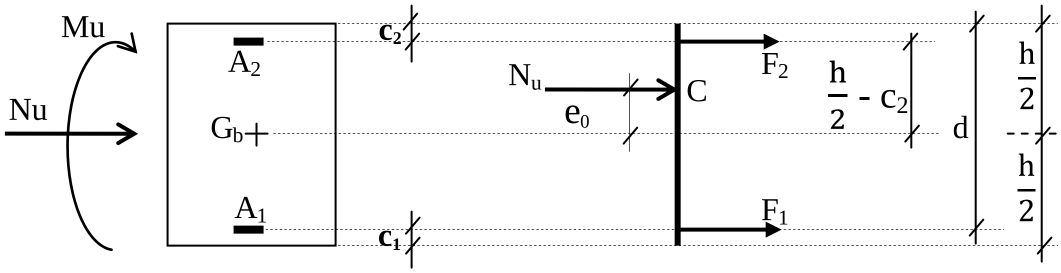
D'où on déduit la valeur de σ_{s2}. La valeur de la section d'armature comprimée est donnée par:

$$A2 = \frac{Nu - 0.8b*x*fbc}{\sigma s2}$$

Remarque: pour A1, il faut prévoir des armatures minimales telles que:

$$A1+A2 = \text{Max} \begin{cases} 4\ cm^2 \text{ par mètre de périmètre de la section de béton. Et} \\ 0.2\% \text{ de la section de béton comprimé.} \end{cases}$$

III. SECTION ENTIEREMENT COMPRIMEE



III.1 Définition

Une section est entièrement comprimée, si l'un des deux cas suivants est assuré:

1er cas

Les deux conditions ci-dessous sont simultanément vérifiées:

1. $e_0 = \frac{Mu}{Nu} \leq \frac{h}{2} - c_2$. Et
2. $Nu*(d - c2) - Mua \geq (\frac{h}{2} - c2)*b*h*f_{bc}$

Dans ce cas la section est doublement armée ($A1 \neq 0$ et $A2 \neq 0$) et $\varepsilon_{s2} = 2‰$

$$A1 = \frac{Nu - b*h*fbc}{\sigma s2} - A2$$

$$A2 = \frac{Mua - (d-0.5h)b*h*fbc}{(d-c2)\sigma s2}$$

Si A1 est < 0 alors on utilise la même méthode que celle du 2ème cas ci-dessous:

2ème cas

1. $e_0 = \frac{Mu}{Nu} \leq \frac{h}{2} - c_2$
2. $\left(0.337 - 0.81\frac{c2}{h}\right)*b*h^2*f_{bc} \leq Nu*(d - c2) - Mua < \left(\frac{h}{2} - c2\right)*b*h*f_{bc}$

Dans ce cas la section est simplement armée.

$$\psi = \frac{0.3571 + \frac{Nu*(d-c2)-Mua}{b*h^2*fbc}}{0.8571 - \frac{c2}{h}}$$

$1000\varepsilon_{s2} = 2 + (3.437 - \frac{8.019c1}{h})\sqrt{1-\psi}$ d'où on détermine $\sigma s2$

$$A2 = \frac{Nu - b*h*\psi*fbc}{\sigma s2}$$