

Trinôme 1

LE LUYER Jean

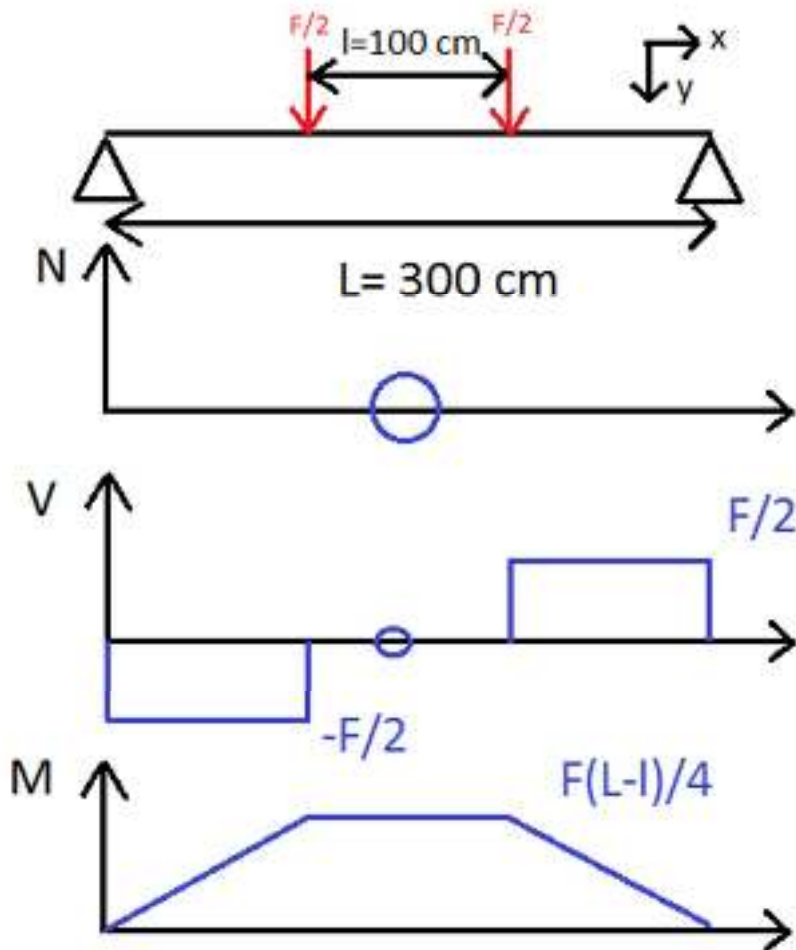
PERRET Olivier

TRAN Binh-Duc

TP 4B : Poutres en Béton Armé

I Etude théorique

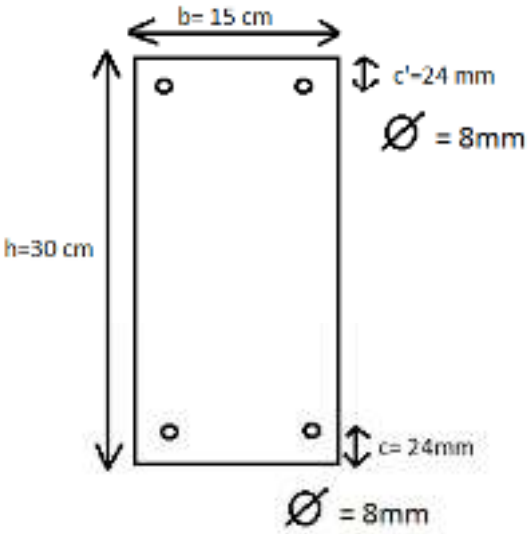
Tout d'abord, nous avons étudié les efforts dans la poutre suite à l'application d'une force F sur cette même poutre.



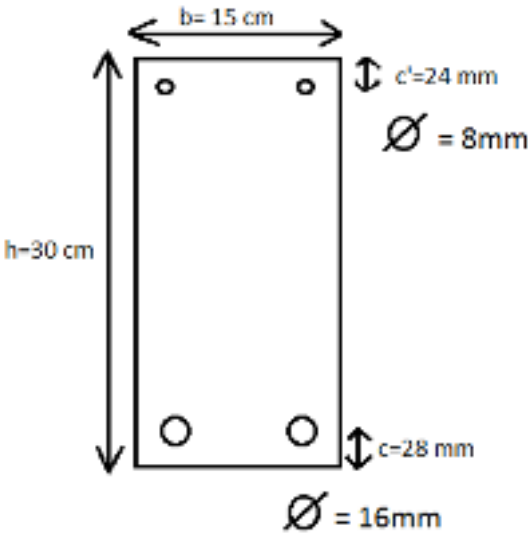
Calcul des efforts dans la poutre

Nous avons donc calculé que le moment maximum dans la poutre était situé dans la section centrale de la poutre et valait $F(L-l)/4$ soit $F/2$ car $L-l=2m$. On peut voir que l'intérêt de faire un essai de flexion 4 points est qu'il n'y a pas que la section centrale qui subit les moments maximaux mais toute la section entre les 2 points d'application de la force : on a alors une meilleure répartition des forces et il sera plus facile d'observer le comportement de la poutre sur cette section.

Nous avons également mesuré les dimensions de la section type pour gros et petit ferrailage.



Profil Petit Ferrailage



Profil Gros Ferrailage

Nous avons dû ensuite calculer les contraintes dans la section pour savoir quand les poutres se fissurent et quand elles se rompent. Pour cela nous avons fait des hypothèses de comportement sur nos matériaux. Tout d'abord sur le béton, la résistance à la compression $f_{cj} = 35 \text{ MPa}$ permet de

calculer la résistance en traction $f_{tj}=0,6+0.06f_{cj}=2,7\text{MPa}$. Nous avons également obtenu le module d'Young $E_b=11000*f_{cj}^{0,33}=36\text{ GPa}$.

Ensuite nous avons également fait des hypothèses pour le comportement de l'acier. (cf courbe photocopié).

Et enfin nous avons fait l'hypothèse d'un coefficient d'équivalence $n=15$.

Il fallait ainsi calculer le moment de fissuration et le moment de rupture des deux poutres. Les 3 trinômes se sont répartis les tâches, dans notre trinôme nous avons effectués les calculs pour la fissuration. Nous avons d'abord calculé pour chaque poutre la ligne du centre de gravité y_g

$$y_g = \frac{\frac{bh^2}{2} + nAsd}{bh + nAs}$$

avec $A_s = 2\pi R^2$ avec $R=8\text{mm}$ pour les gros aciers et 4mm pour les petits.

Ainsi on a trouvé $y_g=0,164\text{m}$ pour les gros aciers et $y_g=0,154\text{m}$ pour les petits aciers.

Nous en avons alors déduit le moment d'Inertie de la section avec la formule :

$$I_z = \frac{by_g^3}{3} + \frac{b(h - y_g)^3}{3} + nAs(d - y_g)^2$$

On a alors trouvé $I_z=4,167*10^{-4}\text{ m}^4$ pour les gros aciers et $I_z=3,607*10^{-4}\text{ m}^4$ pour les petits aciers. Enfin cette valeur va nous permettre de calculer la force qu'il faut appliquer pour voir les premières fissures avec la formule

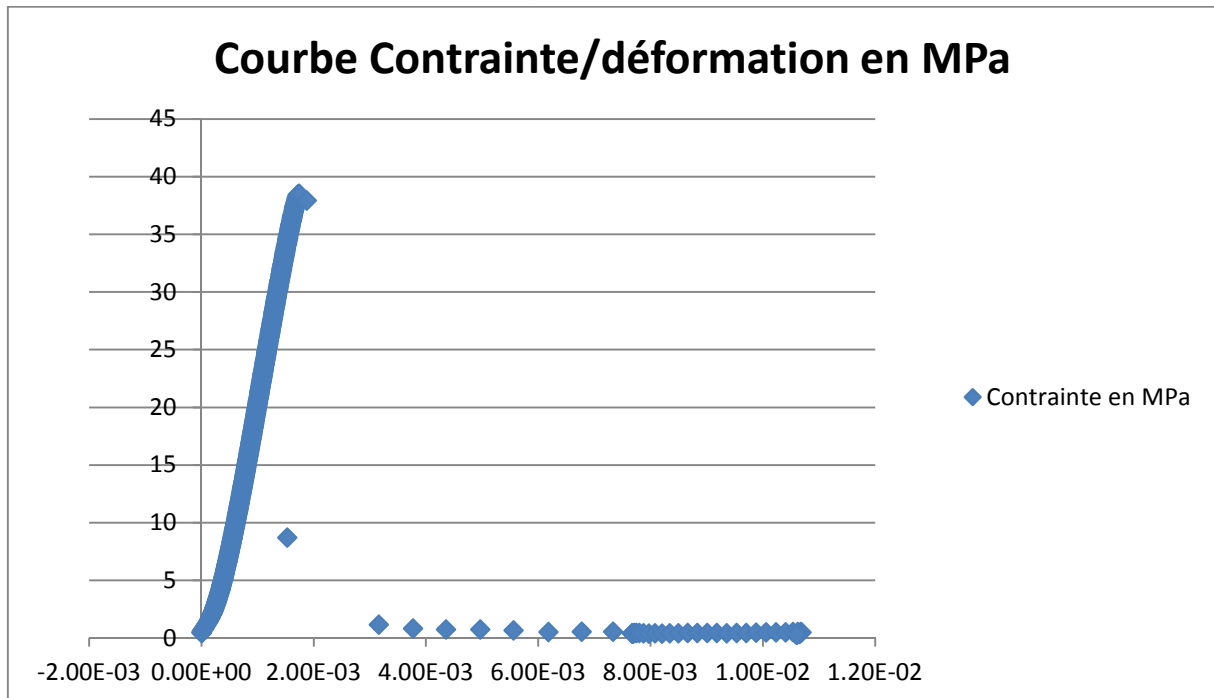
$$F = \frac{f_{tj} * I_z}{h - y_g}$$

Ainsi on va trouver une force de $16,5\text{ kN}$ pour les gros aciers et de $13,3\text{ kN}$ pour les petits aciers. Nous pouvons consigner ces valeurs dans un tableau avec les valeurs trouvées par les autres groupes.

Force (en kN)	Fissuration	Rupture
Petit Ferrailage	13,3	29,2
Gros Ferrailage	16,5	96,4

II Etude expérimentale du comportement des matériaux

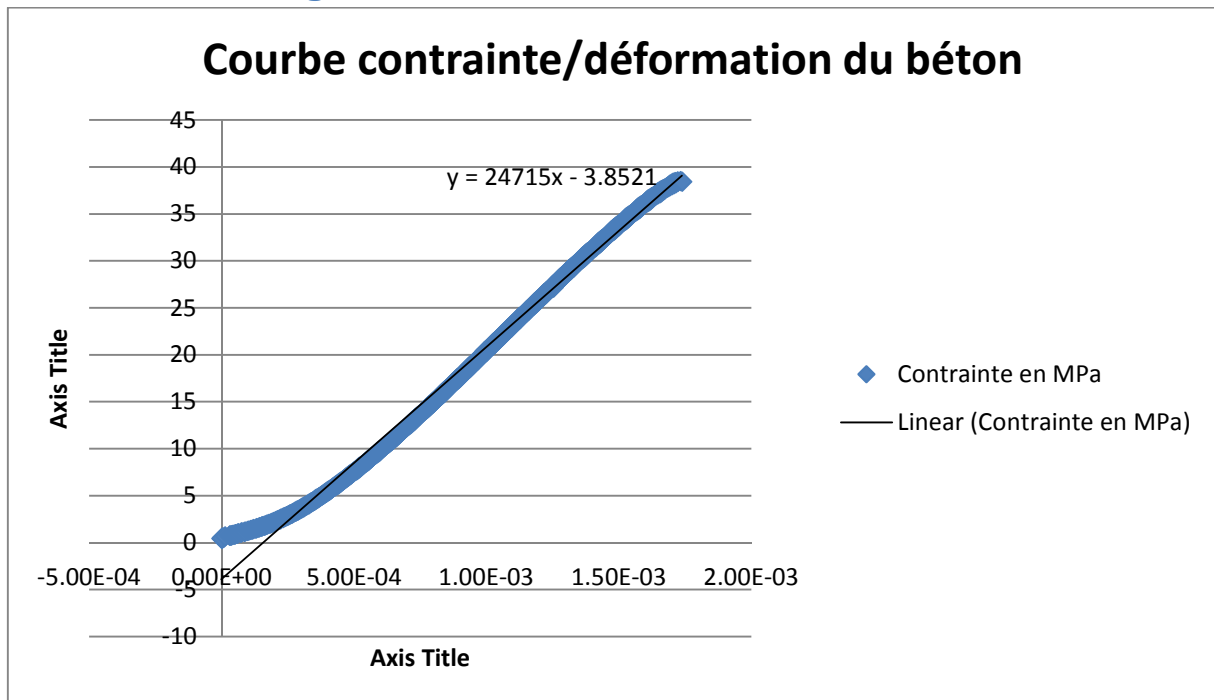
II.1 Résistance du béton à la compression et à la traction



Grâce à l'essai de compression de l'éprouvette de béton 16x32, nous avons pu obtenir la courbe contrainte/déformation : on observe que le béton a une résistance à la compression de 40MPa environ.

Lors de l'essai Brésilien, l'éprouvette de béton a rompu pour environ de 280kN. On a la formule $R_t = (F/\pi RH)$ dont R_t est la résistance en traction, F est la force appliquée par la presse au moment de la rupture, H est la hauteur de l'éprouvette, R est le rayon. Donc on obtient $R_t = 3,48$ GPa. Or on a $0,6 + 0,06F_{cj} = 3$ GPa avec F_{cj} la résistance en compression du béton armé. Compte tenu des erreurs expérimentales (mesure), nous constatons que cette valeur est proche de la résistance en traction du béton comme l'indique la formule précédente.

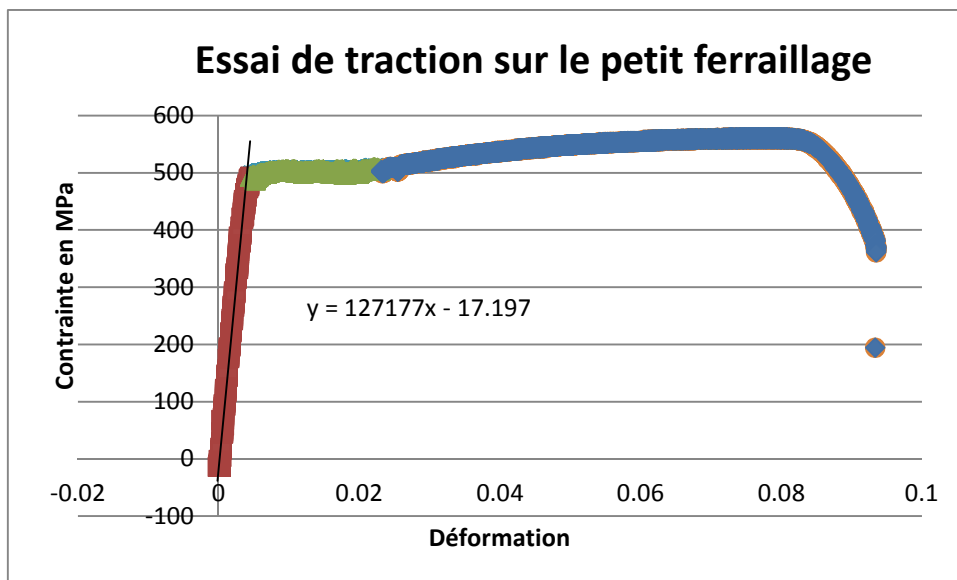
II.2 Module d'Young et le coefficient de Poisson du béton



Cette courbe contrainte/déformation montre le domaine élastique du béton, ainsi nous pouvons déterminer le module d'Young $E = 24,715 \text{ GPa}$ avec la formule.

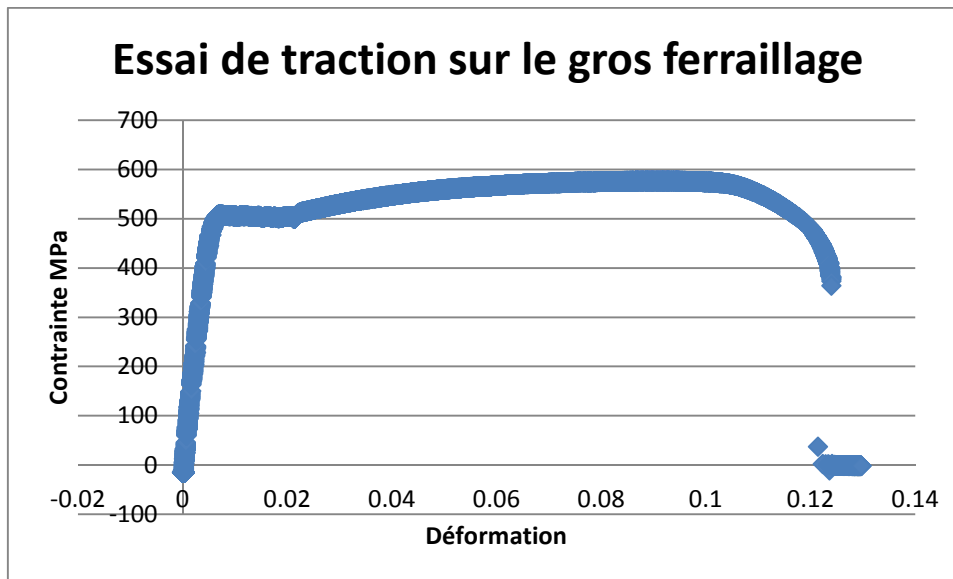
$$\sigma = E \epsilon$$

II.3 Résistance de la traction de l'acier



Sur cet essai de traction on peut voir que l'acier a trois comportements distincts :

- Tout d'abord c'est le comportement élastique (courbe rouge), cela nous permet de calculer le module d'élasticité, on trouve 127 GPa ce qui nous semble faible.
- La deuxième partie en vert est la zone plastique : l'acier se déforme sans que l'on augmente la contrainte : nous sommes alors à un palier de 500 MPa.
- Enfin, c'est la zone d'écrouissage, l'acier se déforme fortement jusqu'à la rupture



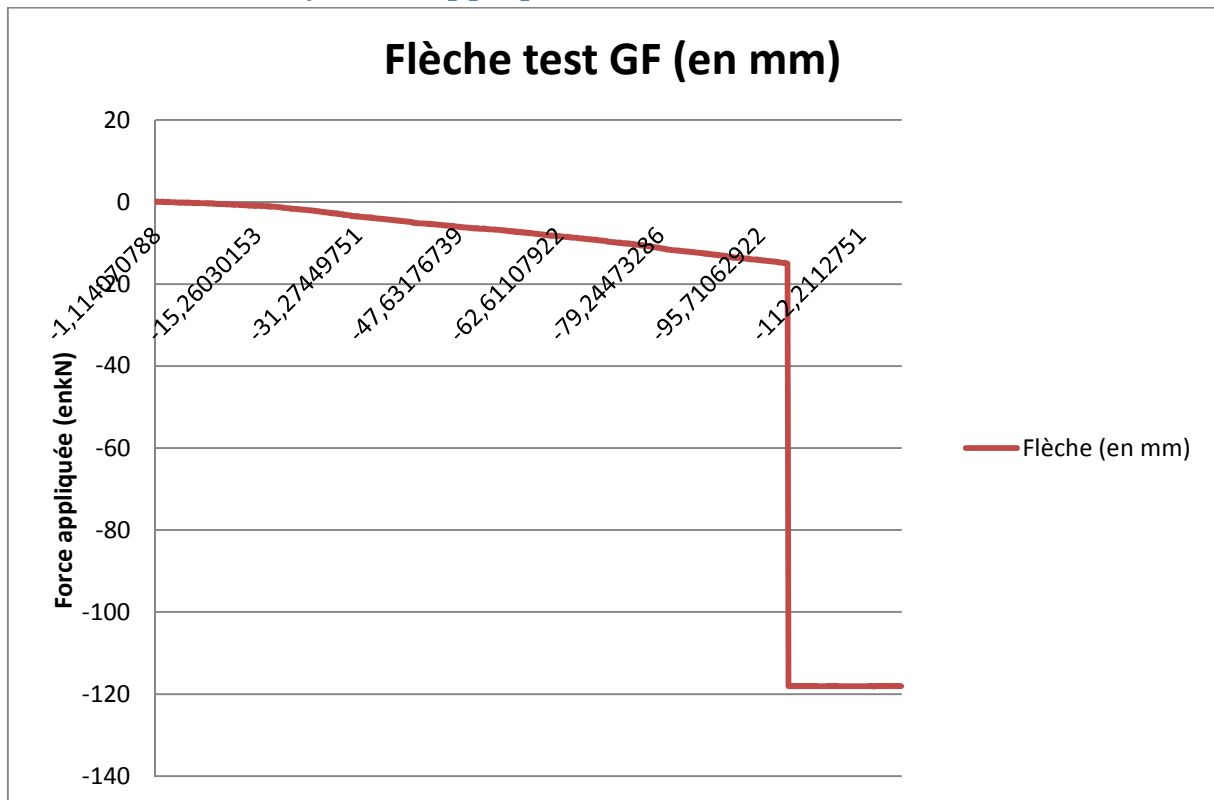
Nous pouvons voir que nous obtenons la même courbe pour le gros ferrailage.

III Etude expérimentale du comportement des poutres

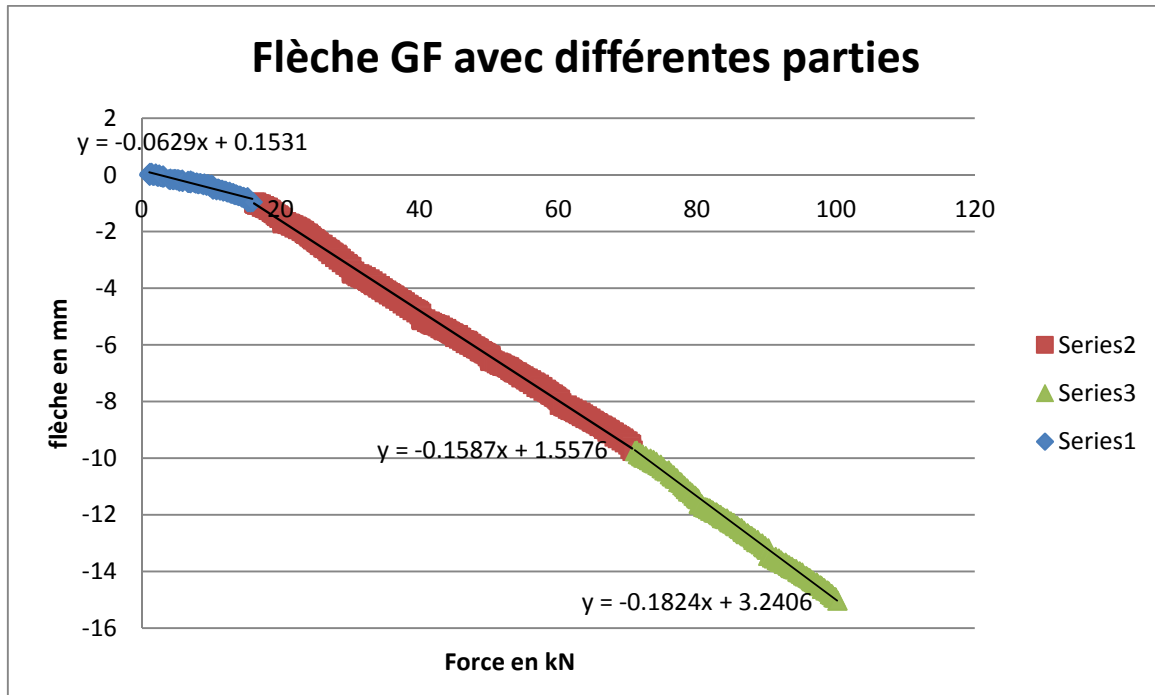
III.1 Observations

Entre les 2 essais nous avons observé des phénomènes différents. La poutre à gros ferrailage a tenu une charge bien plus conséquente que la poutre à petit ferrailage. Les fissurations sont apparues assez tôt dans l'expérience pour les 2 poutres : entre 15 et 20kN. Enfin, la rupture entre les 2 poutres a été très différente : la poutre à gros ferrailage a vu une rupture du béton mais les aciers ont permis de maintenir la poutre entre ses 2 appuis sans tomber dans l'intervalle. En revanche, la poutre à petit ferrailage a vu une rupture de l'ensemble de la poutre et donc les 2 parties rompues sont tombées dans l'intervalle entre les appuis. Ce deuxième type de rupture est donc bien plus dangereux que le premier car il engendre un véritable effondrement de la structure contrairement au premier type qui laisse le temps d'évacuer le bâtiment ou de prévenir d'un effondrement prochain.

III.2 Courbe flèche / effort appliqué



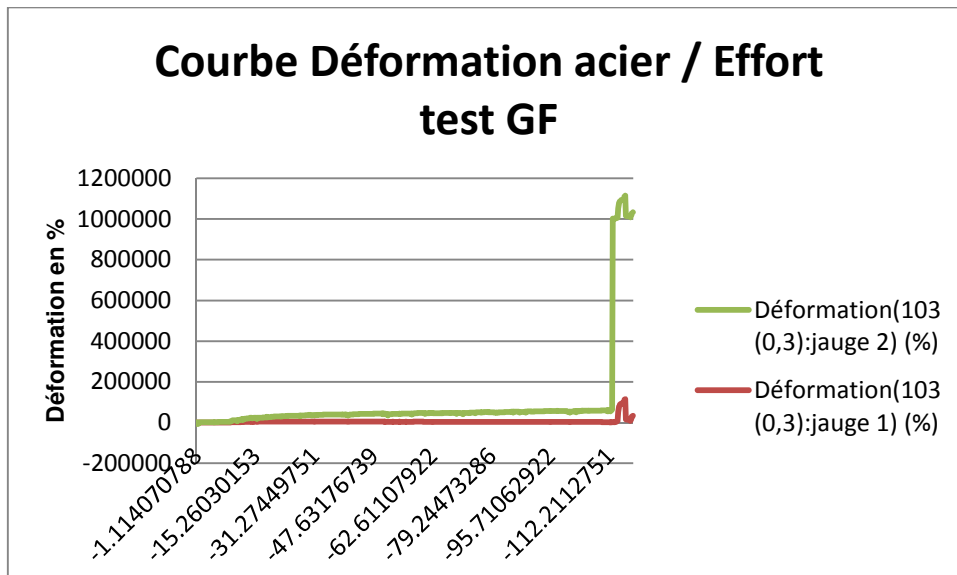
En regardant le graphique, on constate que la flèche de la poutre est en relation directe de la charge appliquée. Quand on augmente la charge, la flèche augmente aussi. Au début du test, la charge est au niveau de 0 mais la flèche est 1,11mm, cela est causé par le poids propre de la poutre. Et après, on élève la charge de plus en plus en observant la déformation de la poutre et en notant des chiffres récupérés par l'ordinateur. On peut voir facilement que la variation de la flèche est quasiment linéaire. Après d'avoir traité des données, on peut établir un nouveau graphique de variation de la flèche comme suivant :



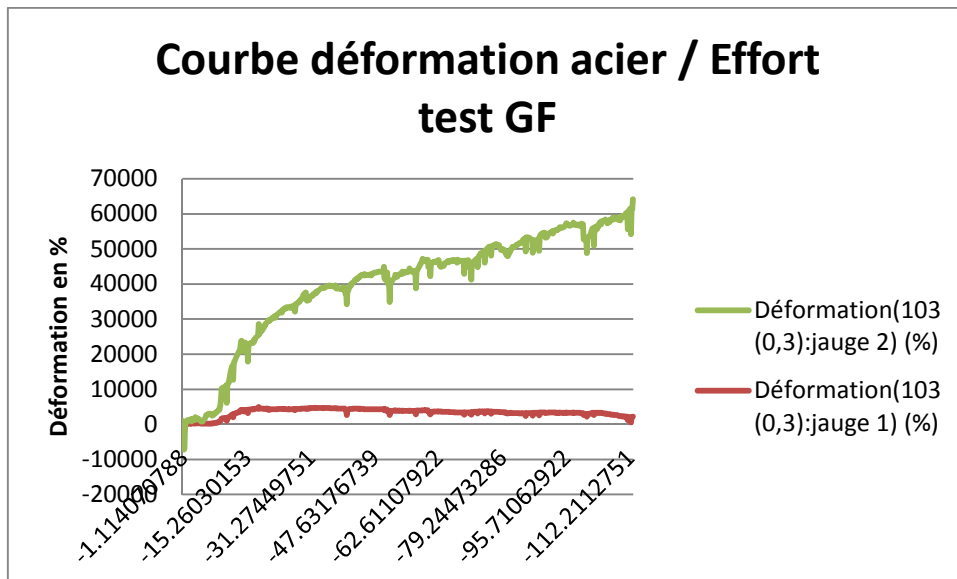
Dans ce graphique, la flèche a varié en 3 périodes principaux correspondant aux états du béton et du ferrailage en portant des charges. Cela nous montre clairement le comportement du béton armé en flexion (cas de gros ferrailage).

III.3 Courbe Déformation acier / effort

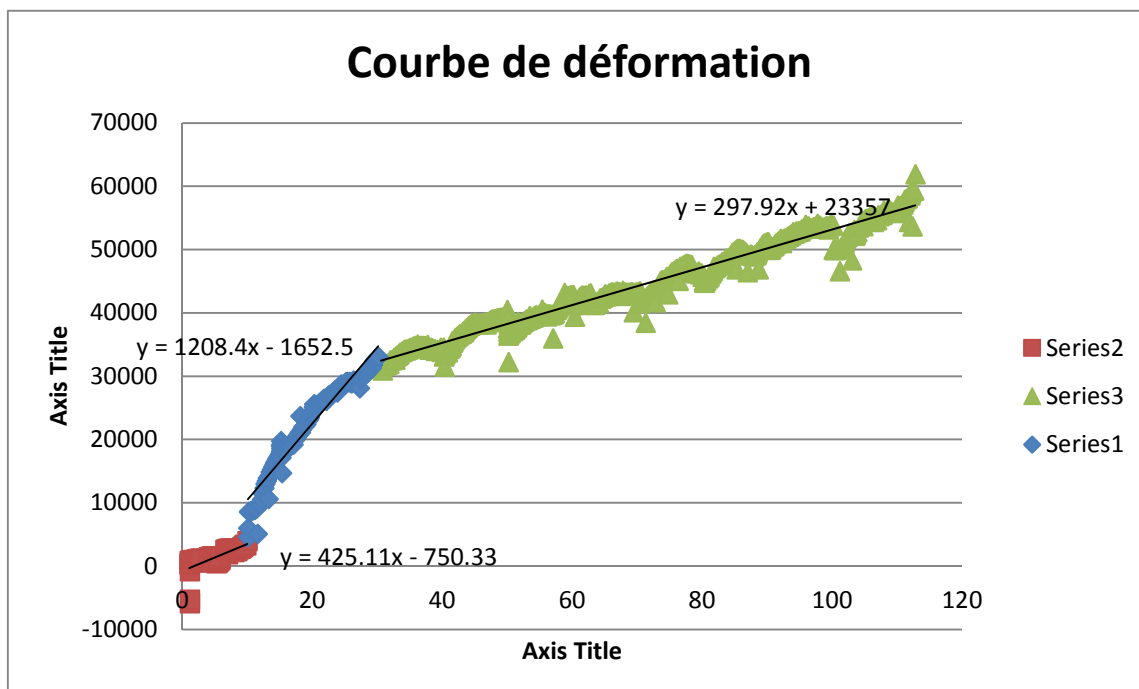
Voici la courbe de déformation d'acier/effort pendant la phase de flexion. Dans la vue d'ensemble, on constate que la déformation de la poutre semble varier linéairement jusqu'à une valeur déterminée, et après, il n'augmente plus bien que l'on continue à renforcer la charge.



Donc pour les résultats plus précis, on considère seulement dans la zone variable de la courbe de déformation. On a zoomé et isolé cette zone et on obtient le graphique au-dessous :



Faire pareil comme l'étape précédente, on a reçu un graphique sous forme simple. Dans ce graphique, la courbe de déformation, il comprend 3 parties différentes, ce sont des lignes correspondantes à 3 périodes de travail de la poutre.



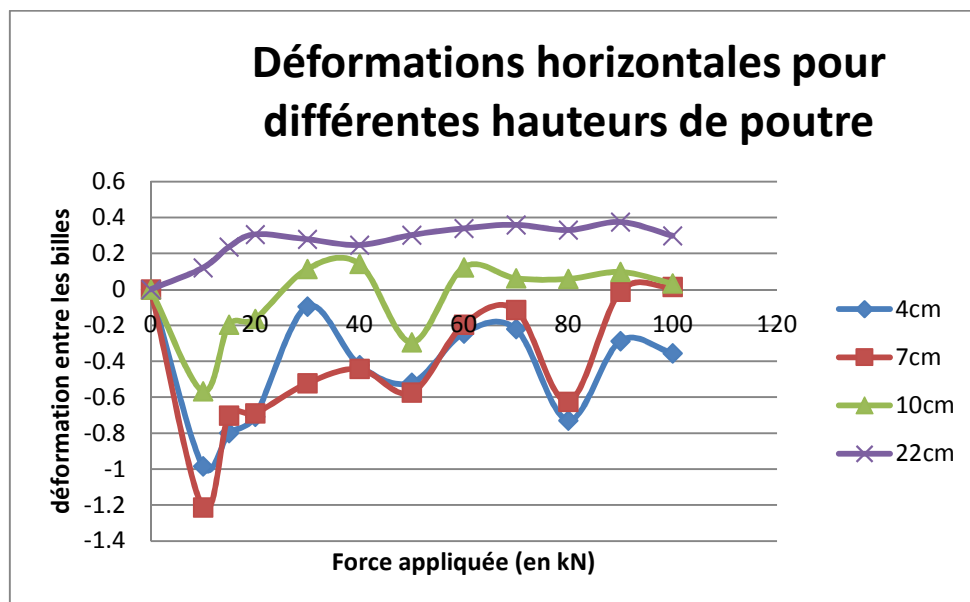
Au premier période, la charge appliquée est petite encore, les matériaux travaillent dans le domaine élastique, les contraintes et la déformation sur une section respectent donc la loi de Hooke. Mais quand la charge continue à augmenter, la déformation plastique développe, surtout dans la zone de traction. Les petites fissurations commencent à apparaitre lors que la contrainte du béton tendue est égale R_k .

Au deuxième période, la charge continue à élever, l'ouverture des fissurations augmente de plus en plus. A la position des fissurations, le béton tendu n'a plus la capacité portante et toutes les efforts normaux sont supportés absolument par le ferrailage. Au dernier période, la charge augmente

encore, les fissurations développent de leur forme et de la quantité vers la fibre supérieure de la poutre. Ils apparaîtront de plus en plus et la zone compressive du béton diminue, le ferrailage transmet à l'état élasto-plastique. Quand la charge est supérieure que la capacité portante du ferrailage, le phénomène de rupture se passe.

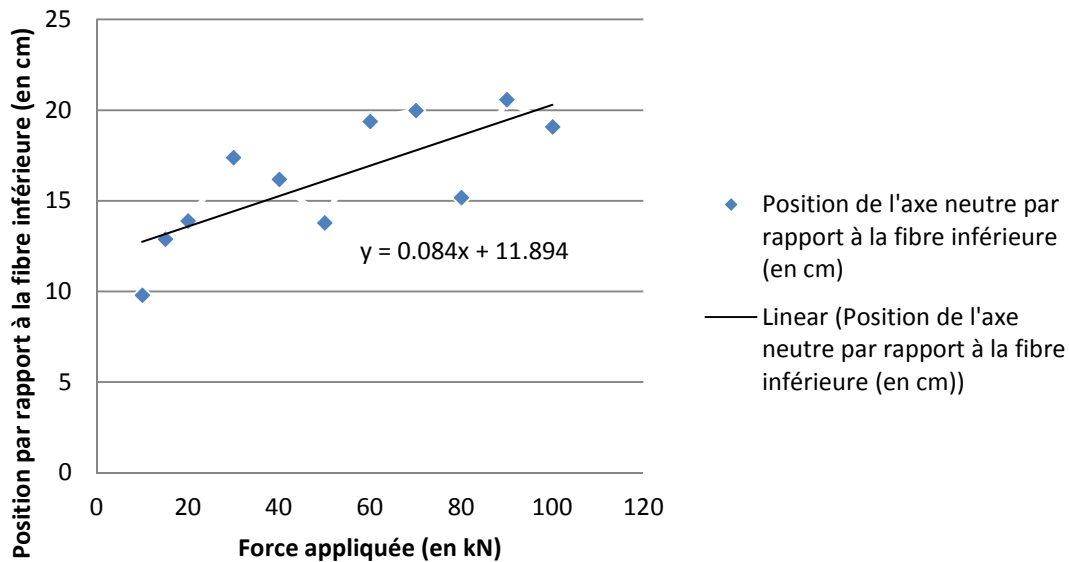
III.4 Déplacement relatifs dans la section de poutre à gros ferrailage

Pour étudier les déplacements horizontaux dans la poutre à gros ferrailage, nous avons placé des repères physiques sur cette poutre et avons relevé pendant toute la durée de l'expérience leur espacement pour différentes hauteur de poutre par rapport à la fibre supérieure : 4, 7, 10 et 22cm. Ensuite nous avons calculé la différence d'espacement par rapport à la situation initiale (poutre non chargée) divisé par la distance initiale pour obtenir les déformations et nous avons consignés ces valeurs dans le graphique ci-dessous.



Une déformation positive signifie que la zone est soumise à de la traction, une déformation négative signifie que la zone est soumise à de la compression. Nous pouvons voir sur ce graphique que la zone à 22 cm (partie inférieure de la poutre) est constamment soumise à de la traction ce qui semble logique. Au début les 3 autres zones sont soumises à de la compression. Cependant cette observation n'est pas valable pour toute la durée de l'expérience. On constate assez rapidement que la zone à 10 cm passe en traction : à partir de 30 kN (on peut supposer que la valeur trouvée à 50 kN présente un défaut car elle s'éloigne beaucoup de la tendance globale de la courbe). On constate également que la zone à 7 cm est à la fin de l'expérience soumise ni à de la compression, ni à de la traction (déplacement proche de 0) elle marque alors l'emplacement de l'axe neutre. En effet, cette évolution des déformations (et donc des contraintes) dans la zone supérieure de la poutre montre une remontée de l'axe neutre illustrée ci-dessous.

Position de l'axe neutre par rapport à la fibre inférieure en fonction de la force du verrin (en cm)



En analysant des données, on peut tirer la conclusion semblable que les autres graphiques, on observe que la position de l'axe neutre change en 3 étapes comme le comportement du béton de du ferrailage. Chaque étape comprend 2 périodes : augmentation et diminution. La charge augmente, la position de l'axe neutre va au loin de la fibre inférieure. De plus, afin de faciliter des calculs, on a établi une ligne moyenne du déplacement de l'axe neutre en se basant sur ses positions variables.