

Report des charges d'une dalle vers une poutre : Comparatif des méthodes lignes de ruptures, Eléments Finis avec détermination des sections d'acier selon l'Eurocode 2 avec l'annexe nationale française (NF EN 1992-1-1/NA:2007)

Table des matières

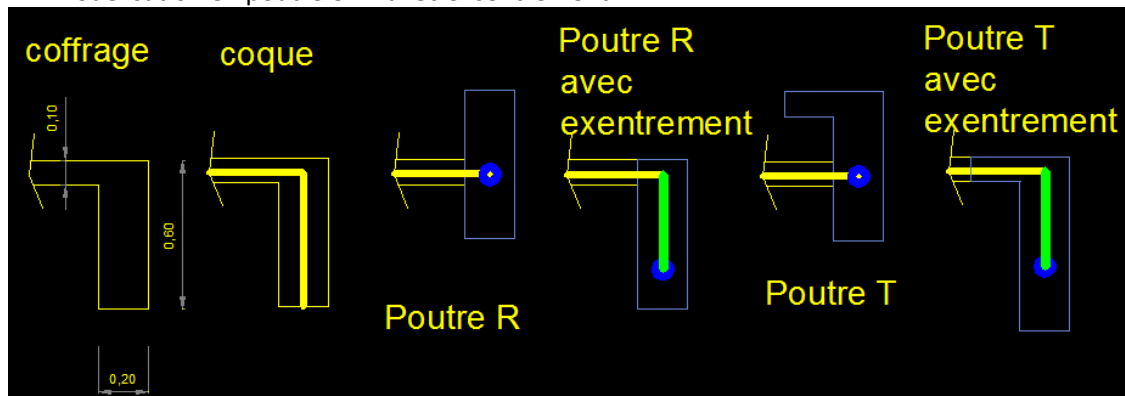
1. Objet :.....	2
2. Ligne de rupture - calcul Manuel	3
3. Ligne de rupture (RSA ou CBS).....	4
4. Eléments Finis coque pour la poutre	6
5. Poutre Rectangulaire.....	9
6. Poutre Rectangulaire avec excentrement	12
7. Poutre en T	12
8. Poutre en T avec excentrement.....	14
9. Comparaison.....	15

1. Objet :

Le logiciel **Autodesk® Robot™ Structural Analysis 2012** permet de considérer des dalles avec un modèle de report de charge aux lignes de ruptures ou en coque. De plus, la poutre peut être modélisée en éléments finis coque ou poutre avec ou non des excentrement. Nous allons observer le transfert des charges, l'évolution des moments de flexion et section d'acier au travers de ces différentes options.

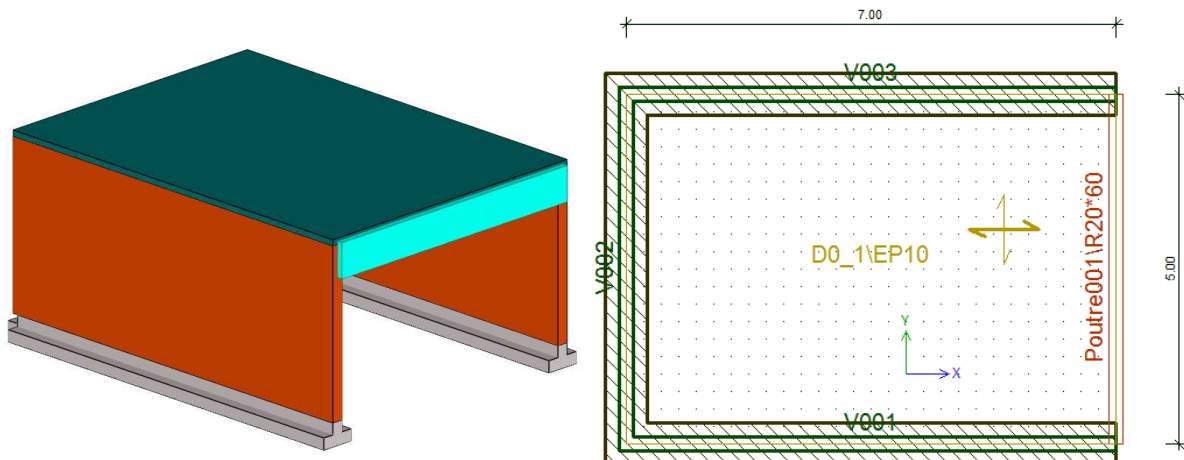
Pour une liaison modélisation dalle et poutre, en plus du choix des lignes de ruptures pour la dalle, il y a 5 choix vis-à-vis de la poutre :

- Modélisation uniquement en coque
- Modélisation en poutre Rectangulaire
- Modélisation en poutre Rectangulaire avec excentrement
- Modélisation en poutre en T
- Modélisation en poutre en T avec excentrement

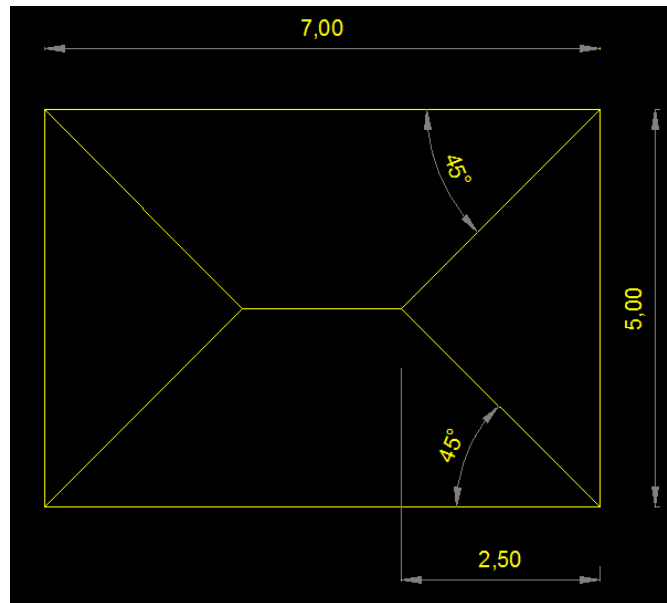


Pour illustrer cet exemple, nous prendrons un exemple simple ci-dessous :

- dalle : $e_p=10\text{cm}$, portée $5.00 \times 7.00\text{m}$
- Poutre : $b=0.20\text{m}$ $h=0.60\text{m}$ $l_x=5.00\text{m}$
- Matériau : C25/30 avec $\nu_u=0$, Masse Volumique $M_v=25\text{kN/m}^3$



2. Ligne de rupture - calcul Manuel



Charge de la dalle: $p = ep \cdot Mv = 0.10m \cdot 25kN/m^3 = 2.5 \text{ kN/m}^2$

Sur la poutre la charge varie de $p_1 = 2.50 \text{ m} \times 0.10 \times 25kN/m^3 = 6.25kN/ml$ au maximum, à $p_2=0$ au minimum.

Charge équivalente en moment:	$peq = p \cdot lx / 3 = 2.5 \times 5 / 3$	= 4.167 kN/ml
Moment liée à la dalle :	$Mu1 = 1.35 \cdot peq \cdot lx^2 / 8 = 1.35 \cdot 4.167 \cdot 5^2 / 8$	= 17.6 kN.m
Moment de poids propre :	$Mu2 = 1.35 \cdot b \cdot h \cdot Mv \cdot lx^2 / 8$	= 12.7 kN.m
Moment total ELU :	$Mu = Mu1 + Mu2$	= 30.3 kN.m

Calcul BA aux Eurocodes 2, rectangle simplifié :

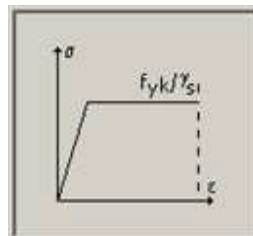
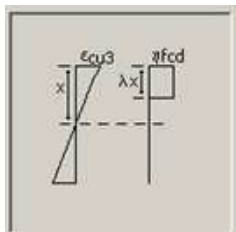
$d = 55 \text{ cm}$ $b = 20 \text{ cm}$ $fcd = \alpha_{cc} \cdot fck / \gamma_c = 1 \cdot 25 / 1.5 = 16.67 \text{ MPa}$ $\lambda = 0.8$ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 435 \text{ MPa}$

$$\mu = \frac{Mu}{b \cdot d^2 \cdot fcd} = 0.030$$


$$\alpha = 1.25 \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu} \right) = 0.0381$$

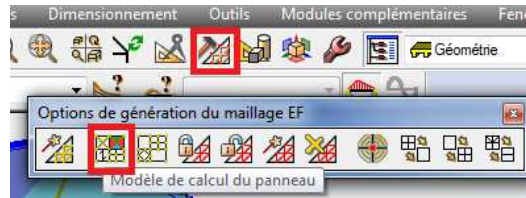
$$z = d \left(1 - \frac{\lambda}{2} \cdot \alpha \right) = 54.2 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu}{z \cdot f_{yd}} = 1.28 \text{ cm}^2$$



3. Ligne de rupture (RSA ou CBS)

Dans les options de maillage EF , nous allons choisir un modèle de calcul du panneau avec le paramétrage suivant :



Le modèle de calcul du panneau définit comment on obtiendra la solution pour les déplacements et les efforts internes du panneau et des objets qui le supportent. Le jeu de paramètres composant la caractéristique du modèle de calcul se compose de trois groupes de paramètres :

- Rigidité élastique - indiquez l'utilisation ou non d'éléments finis (si oui, de quel type)
- Liaison rigide des nœuds pour le plancher - indiquez l'utilisation ou non d'un raidissage des déplacements par diaphragme
- Transfert de charge - indiquez la manière dont les charges sont réparties sur les éléments contigus : sur la base des éléments finis et de la répartition par surfaces d'influence.

Dans cette boîte de dialogue, les paramètres suivants peuvent être définis :

Type d'éléments finis :

- Pas d'élément fini : les éléments finis ne sont pas générés lors de la création du modèle ; Robot génère uniquement un placage avec les paramètres de matériaux affectés par l'épaisseur spécifiée
- Type d'élément fini (coque, membrane) : des éléments à différents degrés de liberté sont utilisés pour différents types de structure (coque, PSO, PSO, AXI)

Remarque : Les charges thermiques sont réparties sur un panneau à l'aide d'éléments finis. Par conséquent, les charges thermiques ne sont pas incluses dans les calculs, si un modèle de calcul de panneau sans élément fini est utilisé.

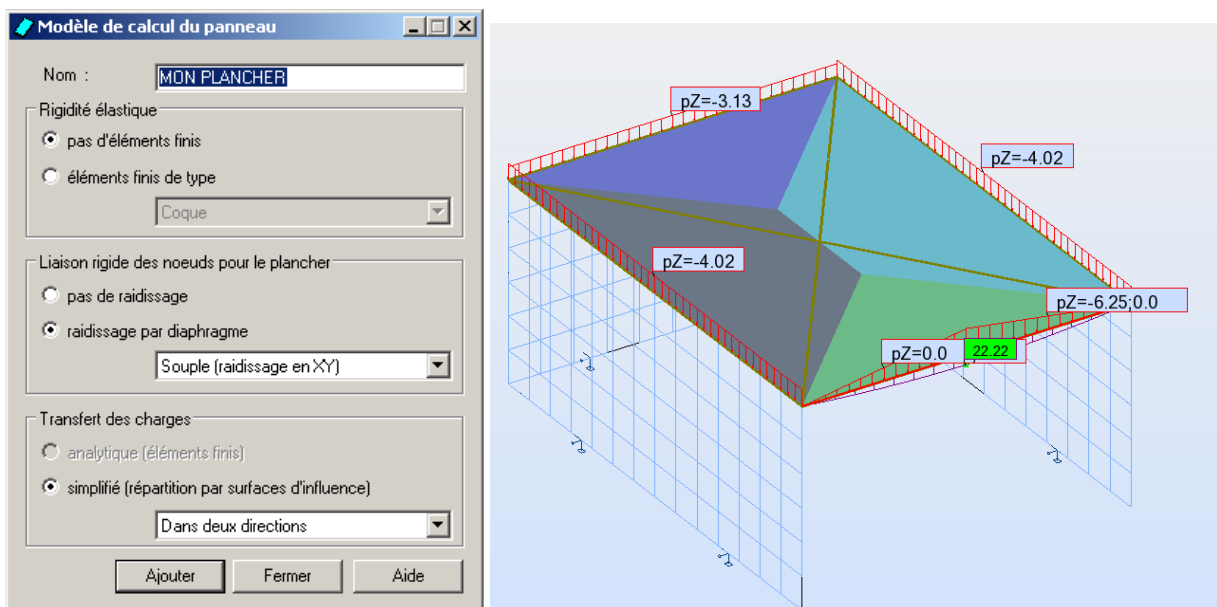
Pour distinguer un panneau avec un maillage par éléments finis dans un panneau dans lequel ce maillage n'est pas généré, un contour de panneau est tracé différemment : le panneau avec le maillage EF est représenté par une ligne en pointillés, tandis que le panneau sans maillage EF est représenté par une ligne continue.

- Liaison rigide des nœuds pour la dalle (type de diaphragme pour les dalles)
- pas de raidissage - le diaphragme n'est pas généré
- raidissage par diaphragme :
 - total (corps rigide) - objet affectant à tous les nœuds situés dans le plan et le contour du panneau la liaison rigide ayant les caractéristiques d'un corps rigide (tous les degrés de liberté sont bloqués)
 - souple (raidissage en XY) - l'objet affectant à tous les nœuds situés dans le plan et le contour du panneau la liaison rigide ayant les caractéristiques d'une membrane rigide (les degrés de liberté UX, UY, RZ bloqués)

Transfert des charges

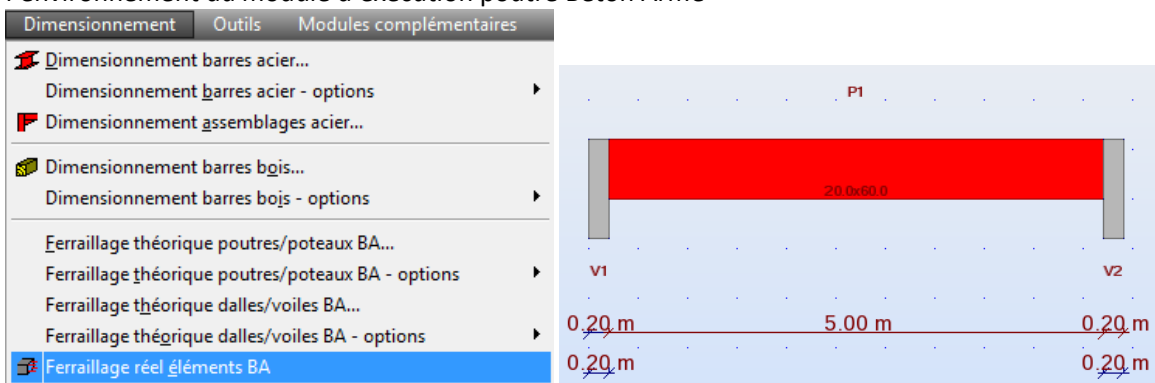
- Analytique (éléments finis) - solution standard basée sur la méthode de maillage par EF et la répartition des charges sur les nœuds du maillage EF
- Simplifié (méthode par surface d'influence) - distribution des charges au moyen de la méthode par surface d'influence ; deux options sont disponibles :
 - Dans une direction - distribution dans une direction en fonction de la méthode de répartition par surface d'influence ; la direction de la distribution des charges est associée au système de coordonnées local d'un panneau et la direction de la charge est associée à l'axe X du système de coordonnées local d'un panneau
 - dans deux directions - la répartition par surface d'influence dans deux directions.

Remarque : Les diaphragmes peuvent être générés uniquement sur les panneaux horizontaux situés dans le plan XY.



On retrouve ainsi un moment ELU $M_u = 30.0 \text{ kN.m}$

Après avoir sélectionné notre poutre, la fonction « Ferrailage réel éléments BA », nous envoie vers l'environnement du module d'exécution poutre Béton Armé

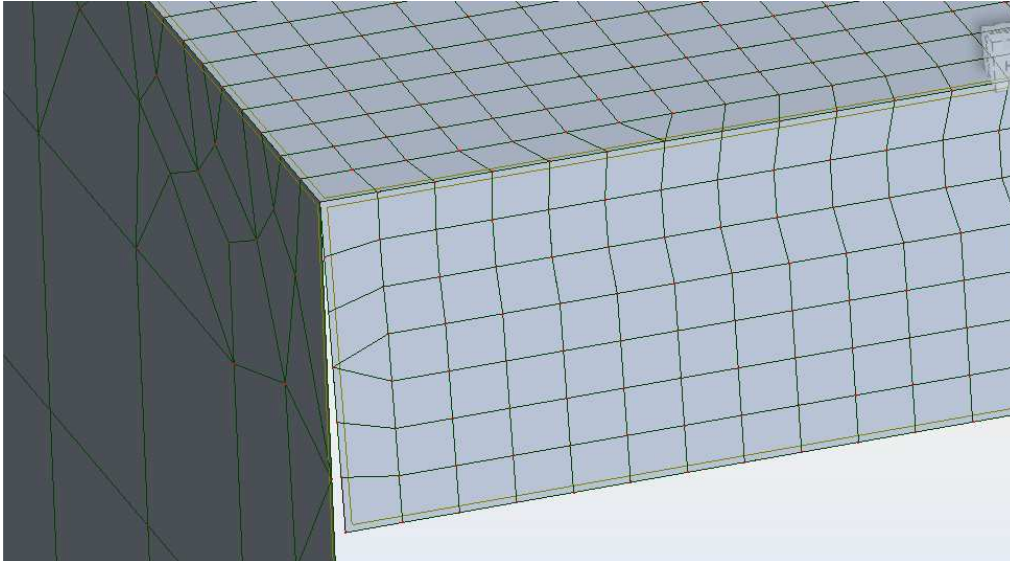


Section d'acier en flexion:
 $x = 2.60 \text{ [m] (+)}$

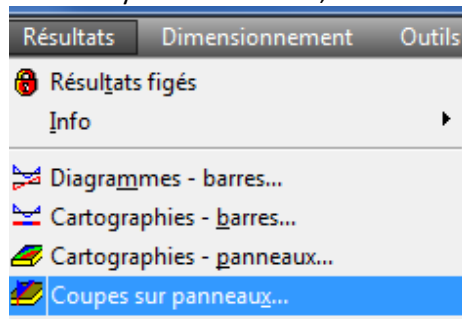
On trouve alors une section théorique de $Ab_t = 1.26 \text{ cm}^2$: Théorique $Ab_t = 1.26$

4. Élément Fini coque pour la poutre

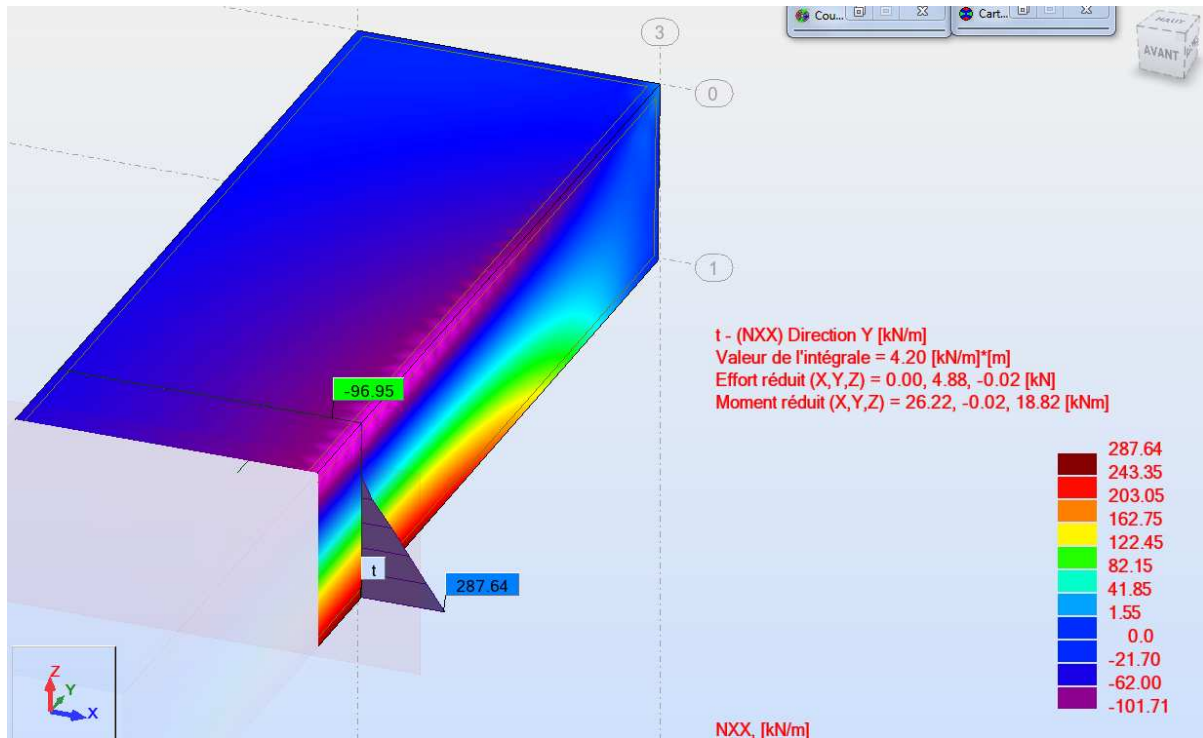
Sur ce modèle il est très difficile de calculer la poutre parfaitement bi-relâchée.
Nous faisons appuyer la poutre uniquement en tête.



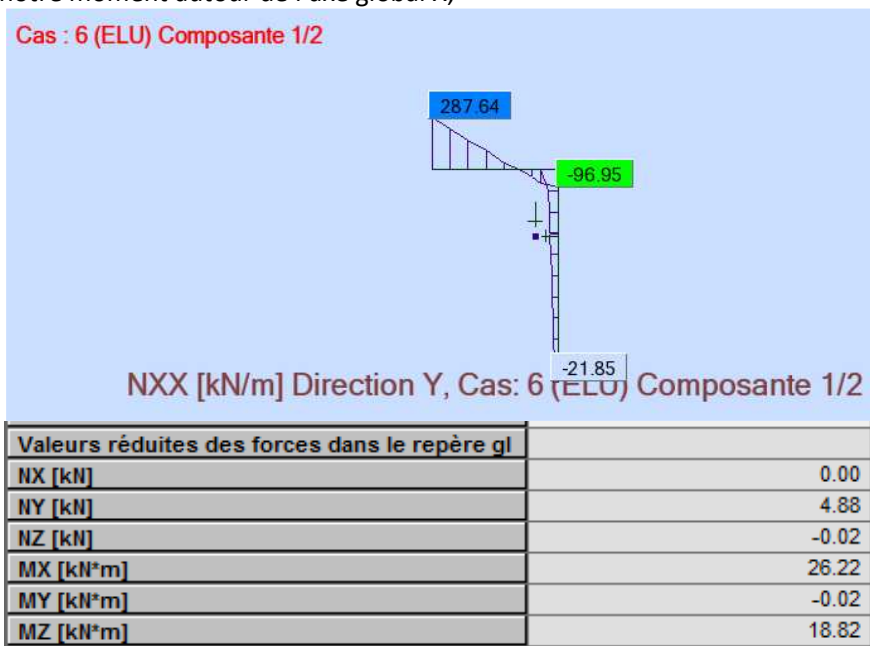
Pour analyser ces résultats, nous réalisons une coupe sur panneaux :



Nous pouvons superposer les résultats de cartographie et les résultats sur coupe pour mettre en évidence les efforts de membrane suivant le repère Y global, ainsi le repère de résultats xx est parallèle au repère globale Y.

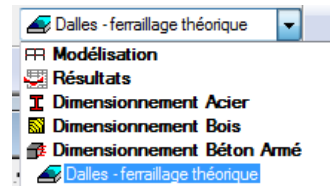


On peut également demander une analyse de la coupe après avoir sélectionné nos 2 panneaux. On retrouve ainsi notre moment autour de l'axe global X,

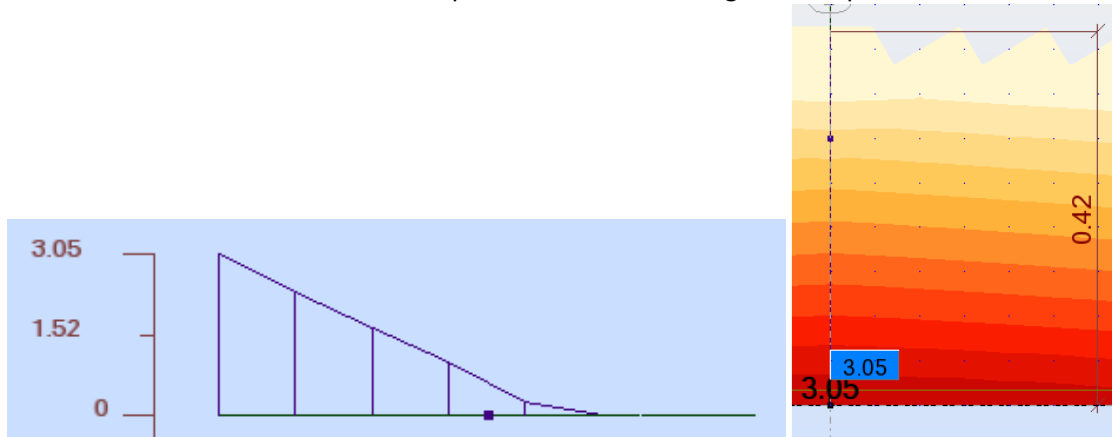


$M_u = M_X = 26.2 \text{ kN.m}$

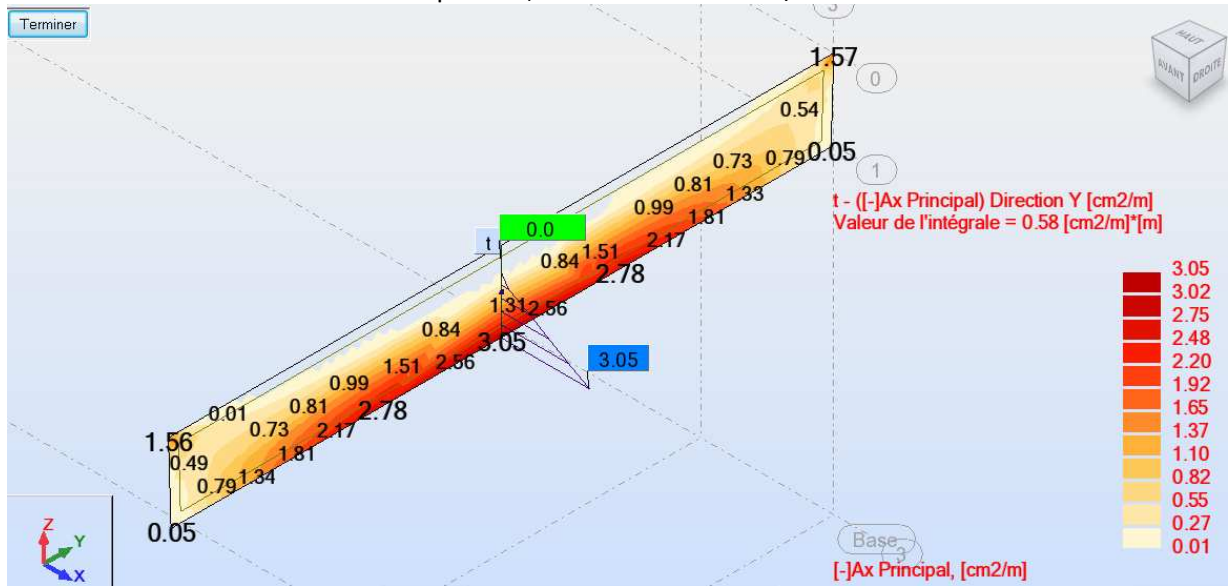
Nous allons effectuer le calcul des aciers selon les paramètres de l'EC2 et la décomposition/recomposition des efforts selon [Wood et Armer](#) (EC2 ENV Annexe 2, point A.2.8) dans le Menu



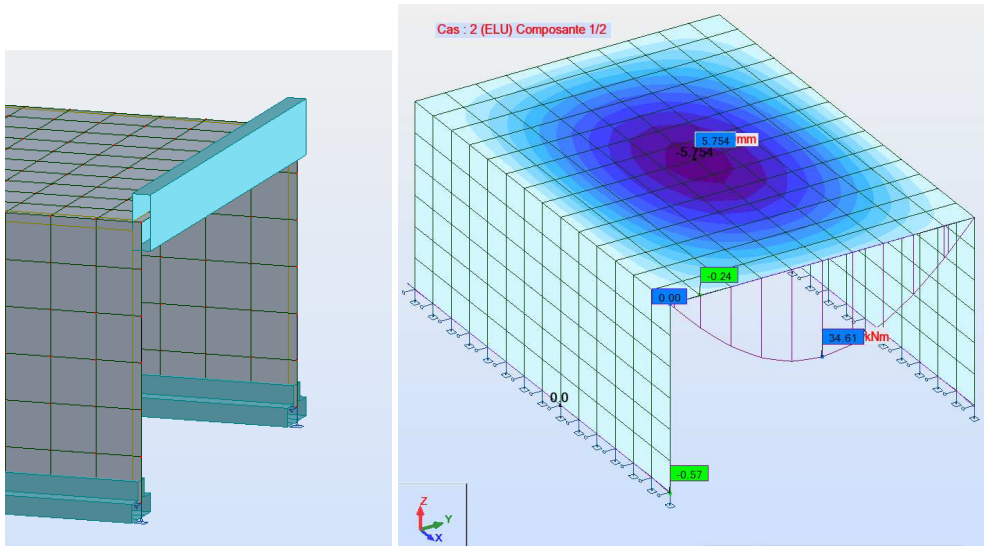
« Dimensionnement Béton Armé », puis Dalles – Ferrailage théorique :



On observe en section basse sur chaque face, soit $A_s = 2 \times 3.05 \times 0.42 / 2 = 1.28 \text{ cm}^2$



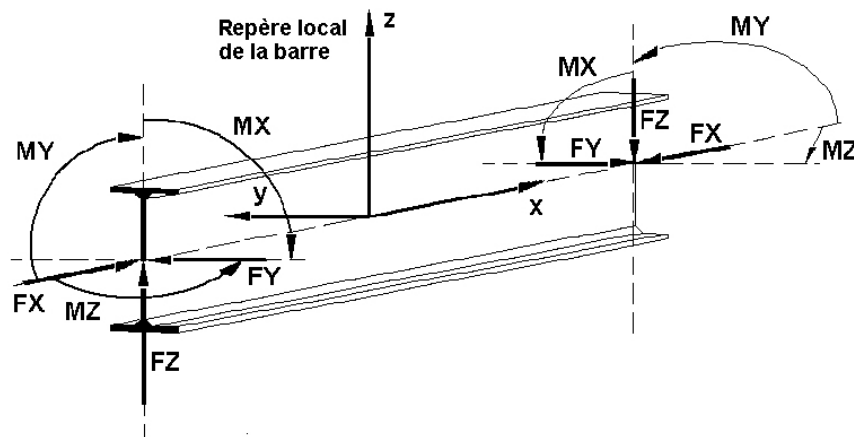
5. Poutre Rectangulaire

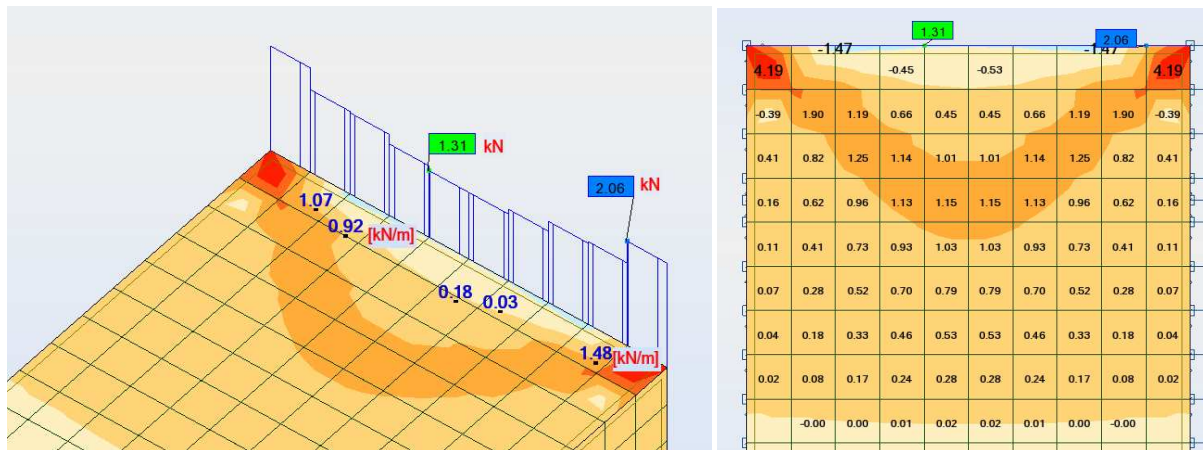


On trouve $M_u = 34.61 \text{ kN.m}$ et $N_u = 1.3 \text{ kN}$ (compression)

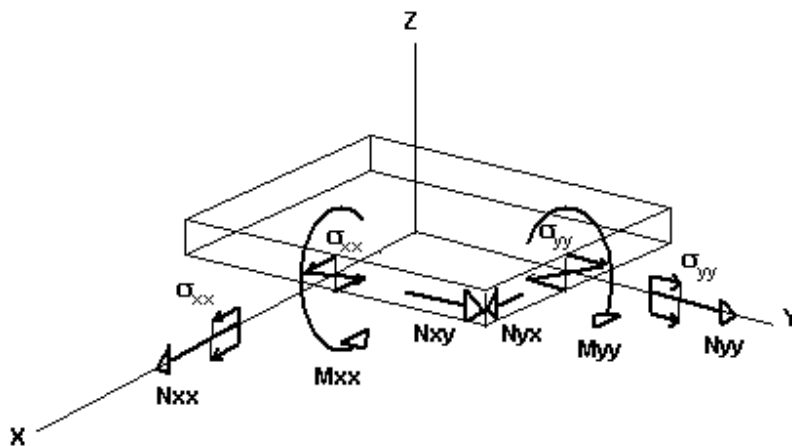
On remarque également des efforts de compressions dans la poutre de 1.3kN à 2.06 kN suivant les [conventions de signe des éléments de type barre](#) :

Directions positives des efforts et des moments :

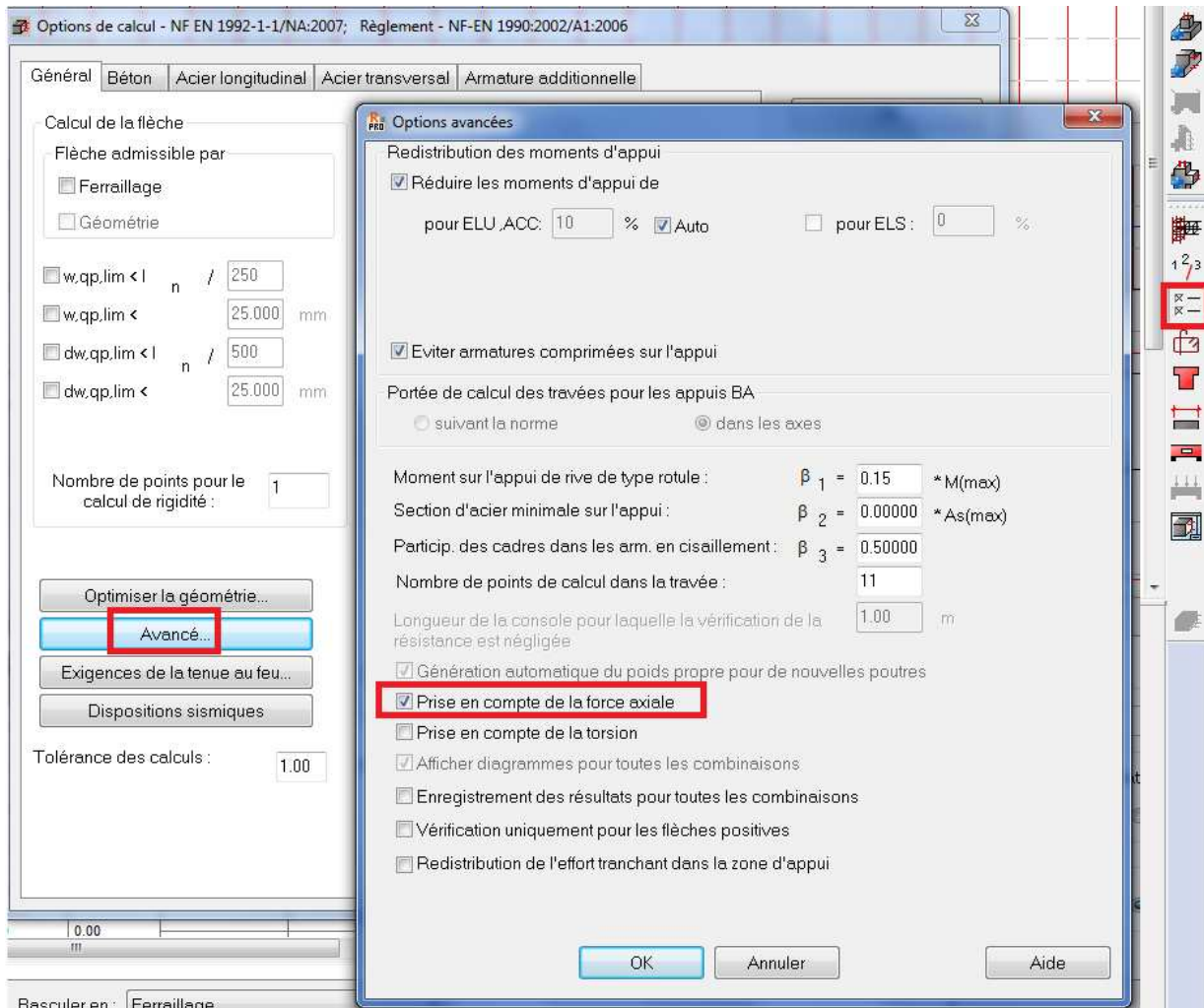




Avec un petit peu d'effort de traction dans la dalle de N parallèlement à la poutre, N_{yy} 4.19 à 0 kN/m sur une largeur variable liée à la déformation de la poutre, et la déformation globale du modèle, on retrouve [les conventions de signe des éléments de type EF](#) :



Il faut activer la prise en compte de la force axiale dans RSA Poutre BA dans les « Options de calcul » puis avec les options « Avancé » :



Après analyse dans Poutre Béton Armé, on trouve alors une section théorique de $A_{bt}=1.45\text{cm}^2$ en flexion

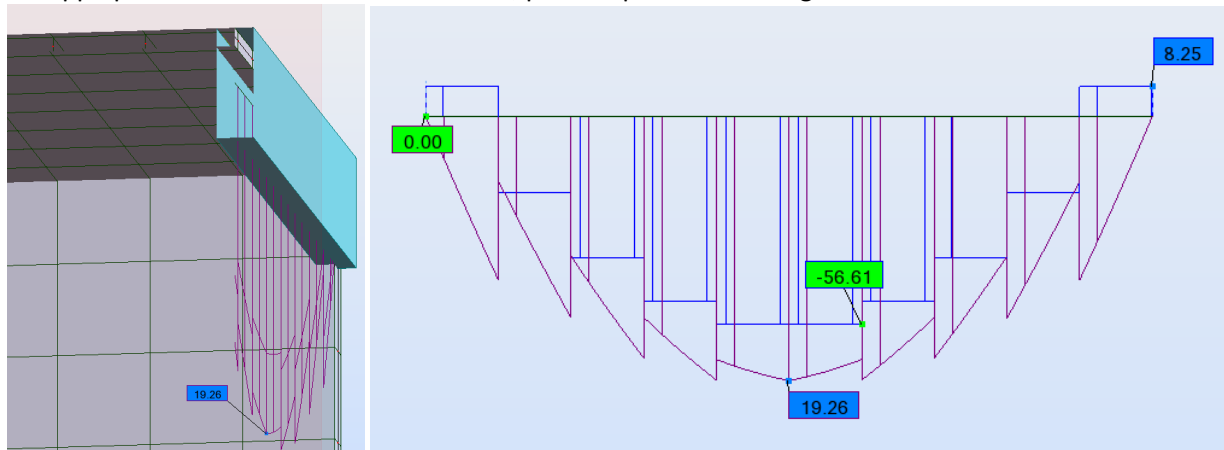
Section d'acier en flexion:

$x = 2.70 \text{ [m]}$ (+)

composé : Théorique $A_{bt} = 1.45$

6. Poutre Rectangulaire avec excentrement

On applique un excentrement de $bdl=20\text{cm}$, pour respecter le coffrage.



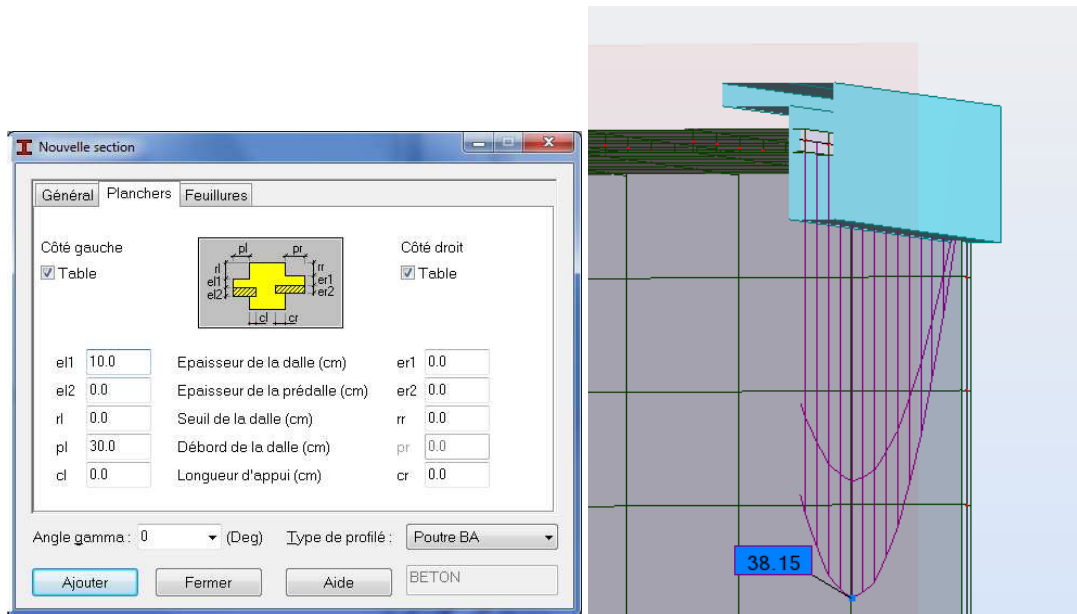
On trouve alors $Mu_0=19.3\text{kN.m}$ $Nu=-56.6\text{kN}$ effort de membrane dans la dalle -23 à 45kN/ml.

Après analyse dans Poutre Béton Armé, on trouve alors une section théorique de $Abt=1.51\text{cm}^2$ en flexion

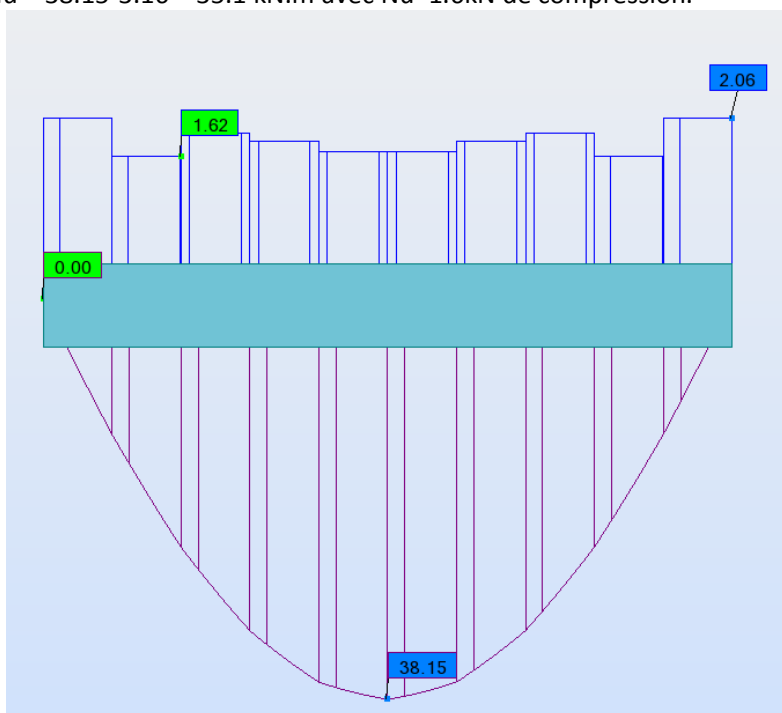
composée : Section d'acier en flexion:
 $x = 2.70 \text{ [m] (+)}$
 Théorique $Abt = 1.51$

7. Poutre en T

L'excentrement augmente la rigidité de la poutre vis-à-vis de la dalle.

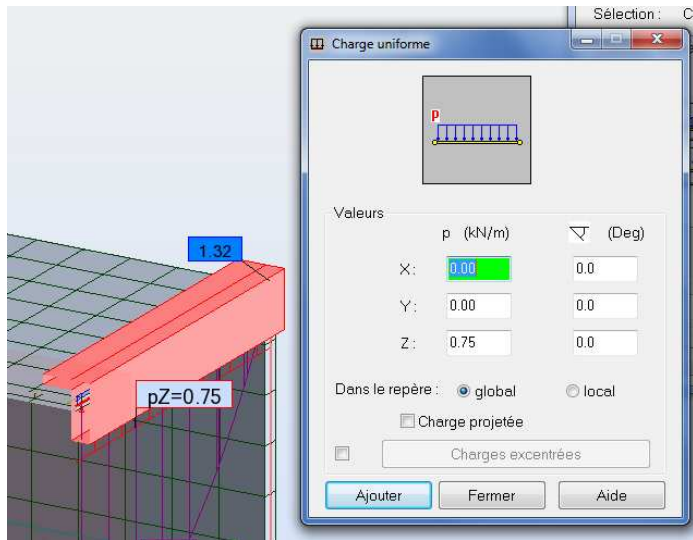


$M_y = 38.09 \text{ kN.m}$ mais on compte 2 fois les 30cm de débord sur 10cm, soit sur un autre cas il faut déduire $M_{ad1} = 1.35 * 0.30 * 0.10 * 25 * 5^2 / 8 = 3.16 \text{ kN.m}$
 D'où $M_u = 38.15 - 3.16 = 35.1 \text{ kN.m}$ avec $N_u = 1.6 \text{ kN}$ de compression.



Après analyse dans Poutre Béton Armé, on trouve alors une section théorique de $Abt = 1.60 \text{ cm}^2$ en flexion mais on compte 2 fois les 30cm de débord.

On pourrait mettre une charge vers le haut de $p_{cor} = 0.30 * 0.10 * 25 = 0.75 \text{ kN/ml}$ pour éviter ce problème :

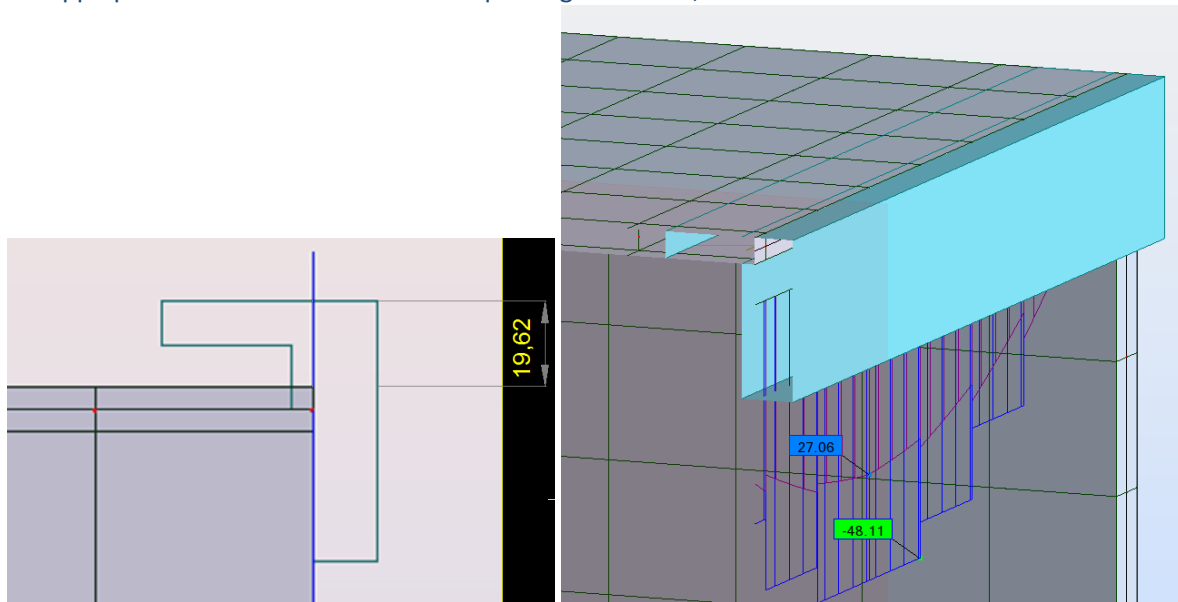


Section d'acier en flexion:
 $x = 2.70$ [m] (+)
 Théorique $Abt = 1.47$

Après analyse dans Poutre Béton Armé, on trouve alors une section théorique de $Abt=1.47\text{cm}^2$

8. Poutre en T avec excentrement

On applique un excentrement en fibre sup corrigé de 10cm, soit un excentrement de 19.6cm



On obtient $M_u = 27.06 - 3.16 = 23.9\text{kN.m}$ et $N_u = -48.11\text{kN}$ (traction)

Section d'acier en flexion:
 $x = 2.70$ [m] (+)
 Théorique $Abt = 1.50$

9. Comparaison

	Manuel	Ligne de Rupture RSA	Poutre en coque	poutre R	poutre R excentré	poutre en T	poutre en T excentré
Nu (kN)	0	0	4.9	1.3	-56.6	1.6	-48.1
Mu (kN.m)	30.3	30.0	26.2	34.6	19.3	35.0	23.9
As (cm ²)	1.28	1.26	1.28	1.28	1.45	1.47	1.50

Globalement, plus on modélise une poutre raide (Inertie et excentrement) vis-à-vis de la dalle, plus la poutre reprend d'effort. Si on rentre un excentrement, cela crée naturellement un effort de traction dans la poutre qu'il ne faut pas négliger.