

Titre : SSLS145 - Calcul de ferrailage d'une plaque plane[...]

Date : 10/05/2019 Page : 1/8

Responsable : ESCOFFIER Florian

Clé : V3.03.145 Révision :
cd48afec864e

SSLS145 - Calcul de ferrailage d'une plaque plane chargée dans son plan

Résumé :

L'objectif de ce test est de valider la macro commande COMBINAISON_FERRAILLAGE qui calcule la densité de ferrailage dimensionnante entre plusieurs cas de chargement.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère une plaque rectangulaire de dimensions :

- épaisseur $B=30\text{ cm}$
- longueur $H=3\text{ m}$
- hauteur $L=12\text{ m}$

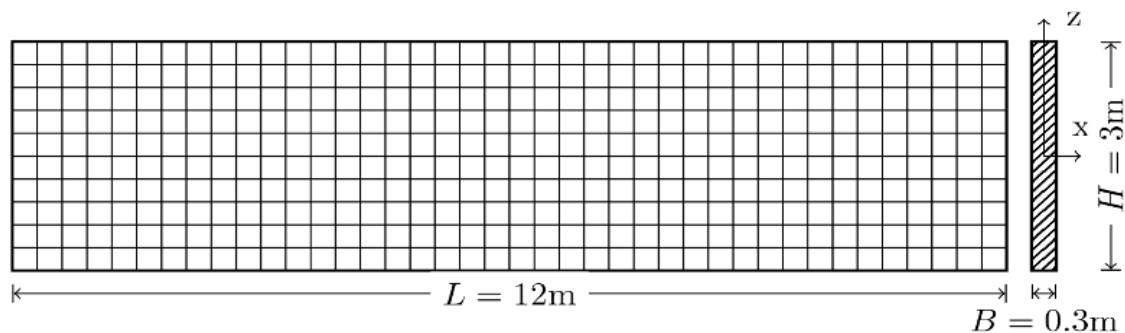


Figure 1. Géométrie de la plaque rectangulaire.

1.2 Propriétés du matériau

Le **béton** est élastique isotrope avec les propriétés matériau suivantes :

- $E=30\,000\text{ N/mm}^2$
- $\nu=0.3$

Pour le calcul du ferrailage (à l'Eurocode 2), on considère les propriétés suivantes :

- Enrobage inférieur et supérieur $c_{inf}=c_{sup}=30\text{ mm}$
- Résistance caractéristique à la compression du béton $f_{ck}=35\text{ MPa}$
- Limite d'écrouissage caractéristique de l'acier $f_{yk}=450\text{ MPa}$
- Coefficient de sécurité de l'acier à l'État Limite Ultime Fondamental $\gamma_s=1,15$
- Coefficient de sécurité du béton à l'État Limite Ultime Fondamental $\gamma_c=1,5$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La plaque est chargée dans son plan par une force $F=1,5 \cdot 10^6\text{ N}$ dans le premier cas de charge (chargement nodal « shearLd1 » dans le fichier de commande).

Un deuxième cas de charge (chargement nodal « shearLd2 » dans le fichier de commande) est obtenu en appliquant le double de cette force.

La plaque est encastree sur le côté gauche, à l'extrémité opposée du point d'application de la force (Figure 2) ; ainsi, tous les degrés de liberté sont mis à zéro.

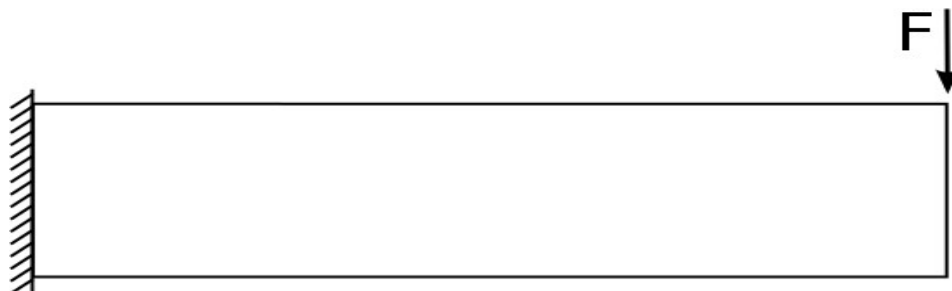


Figure 2. Blocage et chargement

1.4 Conditions initiales

La structure est initialement au repos.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Pour les deux cas de chargement, le ferrailage est calculé avec la méthode de Capra-Maury (commande `CALC_FERRAILLAGE` appelée par la commande `COMBINAISON_FERRAILLAGE`).

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Ce système est équivalent à une poutre encastrée et chargée en flexion à l'extrémité libre :

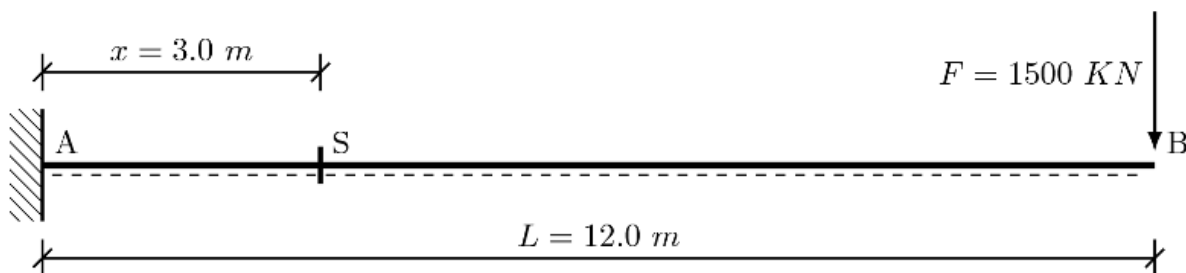


Figure 3. Représentation d'une poutre encastrée et chargée en flexion

Une première estimation des déplacements et des efforts peut donc être obtenue avec une modélisation d'Euler-Bernoulli :

- Flèche: $f = \frac{1}{3} \cdot \frac{FL^3}{EJ} = 42,66 \text{ mm}$
- Cisaillement: $T = F = 1,5 \cdot 10^6 \text{ N}$
- Moment de flexion à l'encastrement: $M = F \cdot (L - x) = 1,349 \cdot 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$
- Contrainte maximale à l'encastrement: $\sigma_{max} = \frac{M}{J} \cdot \frac{H}{2} = 29,997 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Pour le calcul du ferrailage et la combinaison dimensionnante, le deuxième cas ('shearLd2') de chargement étant le double du premier ('shearLd1'), c'est le deuxième qui sera toujours retenu.

2.3 Incertitudes sur la solution

La solution est analytique. Les différences entre la solution analytique et la solution de référence en non-régression sont dues au fait que la poutre est assez peu élancée (rapport H/L élevé) et on s'approche donc des limites du modèle d'Euler-Bernoulli.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise des éléments DKT.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 400 éléments de type QUAD4.

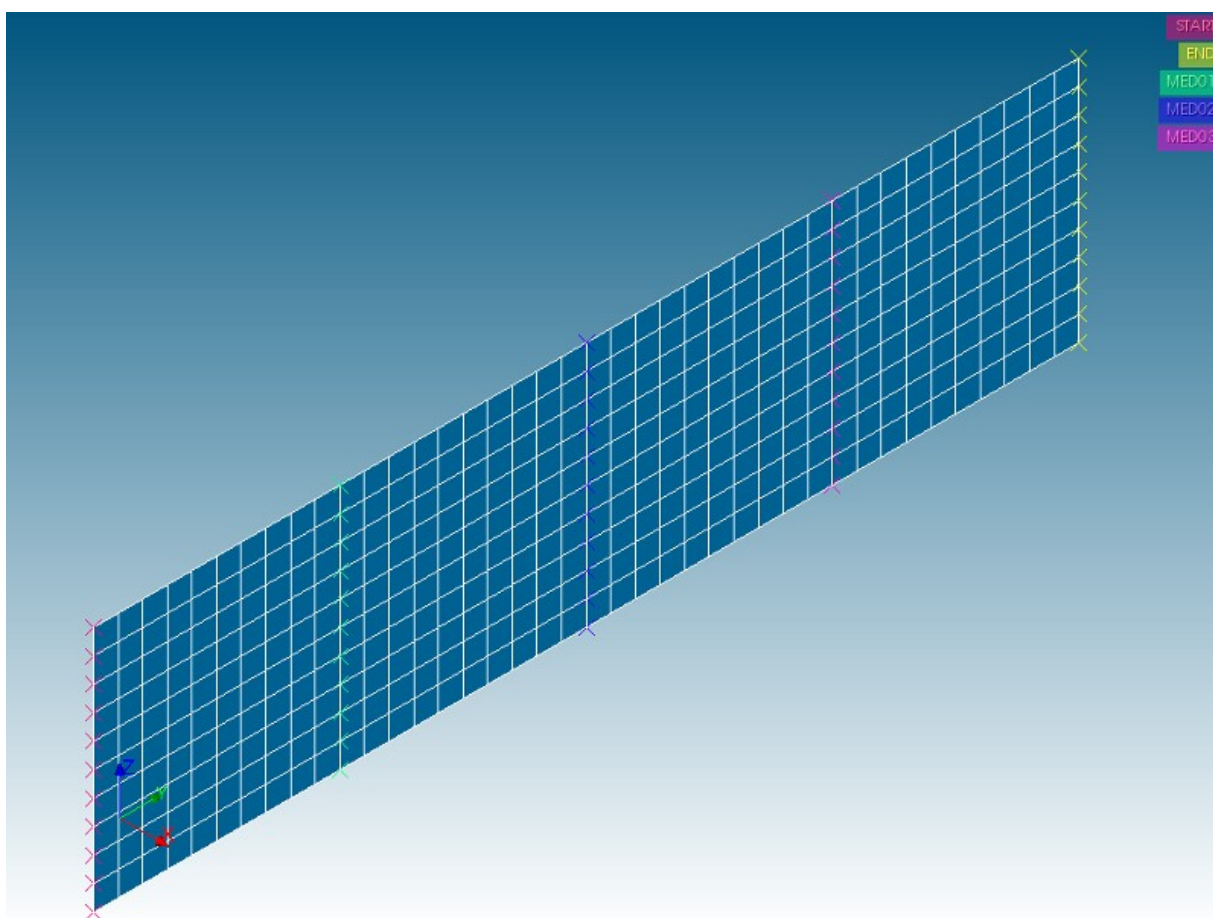


Figure 4. Maillage de la géométrie

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste d'abord le déplacement du point en bas droite de la plaque. Pour le deuxième cas ('shearLd2') les valeurs attendues sont le double par rapport au premier cas.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point <i>N2 - DZ</i> Cas 'shearLd1'	'ANALYTIQUE'	-42,66	0.04
Point <i>N2 - DZ</i> Cas 'shearLd1'	'NON_REGRESSION'		1.E-6
Point <i>N2 - SIYY</i> Cas 'shearLd1'	'ANALYTIQUE'	29,997	0.01
Point <i>N2 - SIYY</i> Cas 'shearLd1'	'NON_REGRESSION'		1.E-6

Ensuite on teste la composante de ferrailage *DNSYS* (densité d'armature horizontale en couche supérieure) calculée par COMBINAISON_FERRAILLAGE . On vérifie que la combinaison dimensionnante est bien celle qui correspond à la force maximale en termes d'armature *DNSYS* et de numéro d'ordre.

Le repère est configuré par le mot clé VECTEUR , pour affecter l'axe x locale correspondant à l'axe Z globale. Pour rappel, l'axe z locale correspond à la normale de chaque maille.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Maille <i>M230 - DNSYS</i> Cas 'shearLd1'	'NON_REGRESSION'		1.E-6
Maille <i>M230 - DNSYS</i> Cas 'shearLd2'	'NON_REGRESSION'		1.E-6
Maille <i>M230 - DNSYS</i> Cas 'COMB_DIME_ACIER'	'NON_REGRESSION'		1.E-6
Maille <i>M230</i> Cas 'COMB_DIME_ORDRE'	'ANALYTIQUE'	2	1.E-6

4 Synthèse des résultats

La combinaison dimensionnante correspond à celle avec la force appliquée la plus élevée (cas 2).

Pour ce calcul, les densités maximales de ferrailage sont identiques pour les deux cas de charges mais pas leur distribution.

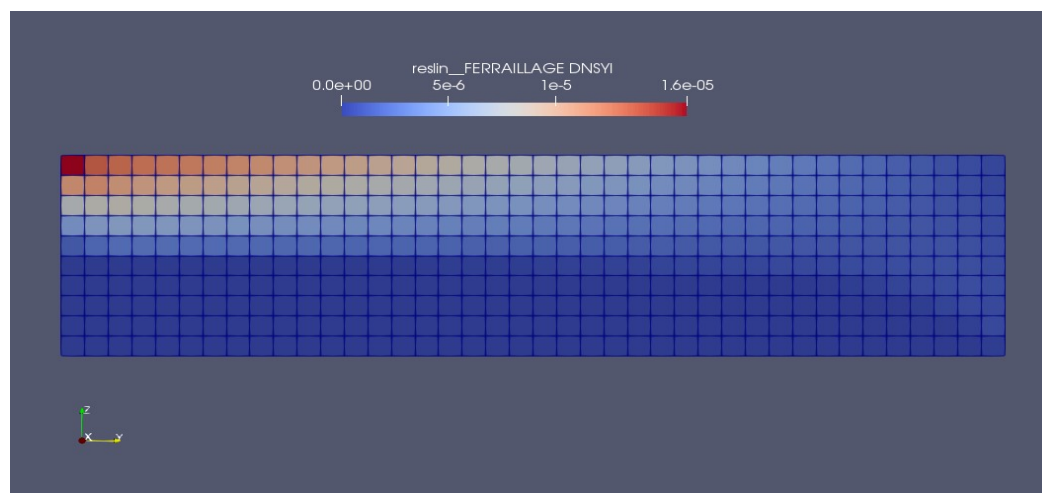


Figure 5.1 : Densité de ferrailage horizontal pour le cas de charge 1

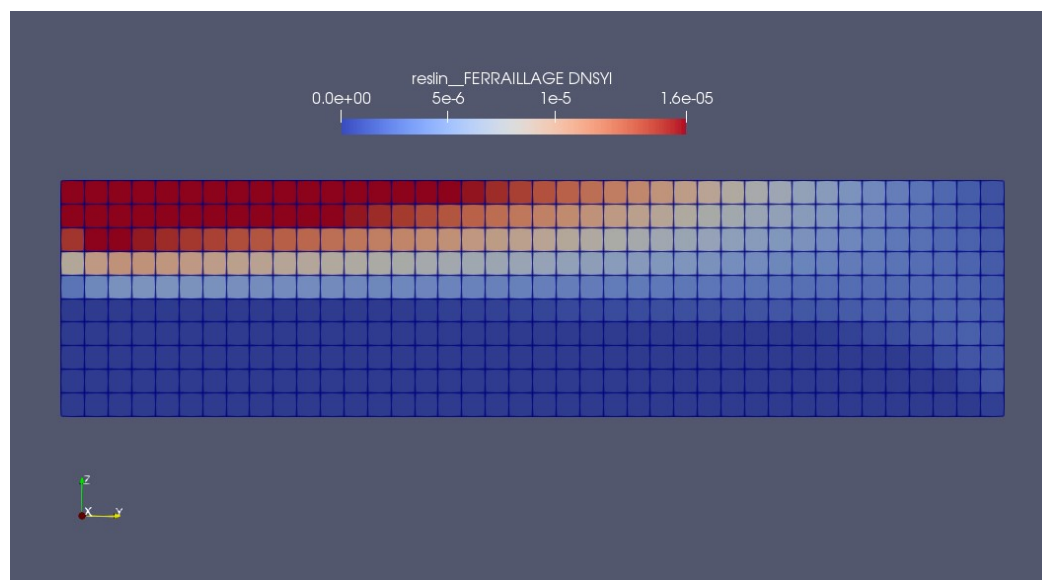


Figure 5.2 : Densité de ferrailage horizontal pour le cas de charge 2

La macro calcule, comme prévu, la combinaison dimensionnante (pour ce calcul, toujours le deuxième cas de chargement). Les zones où le ferrailage n'a pas pu être calculé par `CALC_FERRAILLAGE` (par exemple si l'armature est en compression) sont indiquées par le numéro d'ordre `-1`.

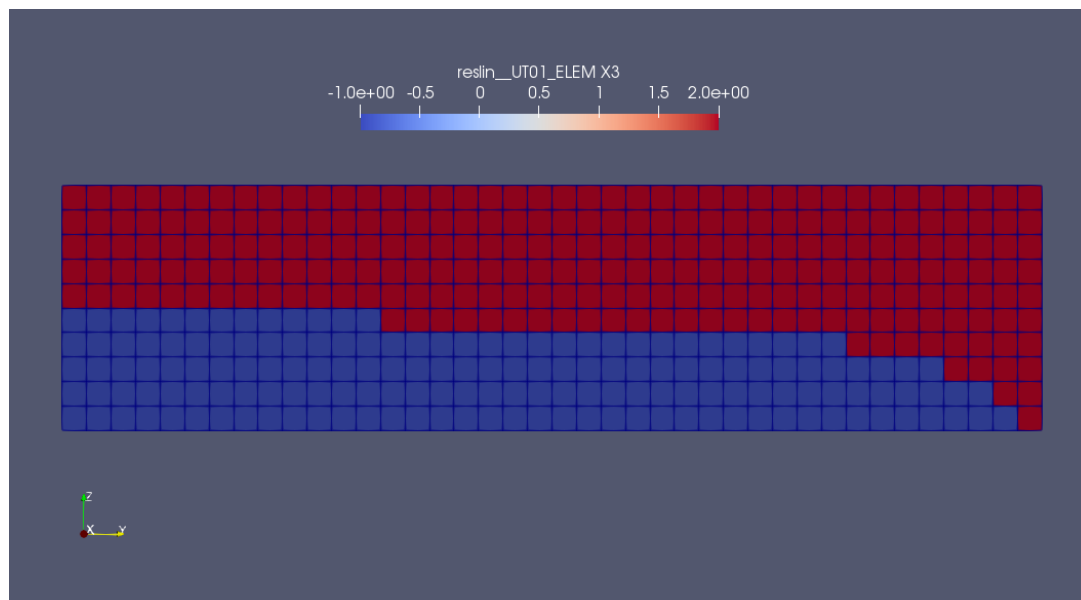


Figure 6 :: Numéro d'ordre de la combinaison dimensionnante