# SSLS146 - Calcul de ferraillage sur un bâtiment complet

**Résumé :**

L'objectif de ce test est de valider la nouvelle macro commande COMBINAISON_FERRAILLAGE, qui calcule la densité de ferraillage dimensionnante entre plusieurs cas de chargement. Le calcul est effectué sur un bâtiment complet.



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie

La structure utilisée est décrite en [1]. Les renforcements horizontaux sont réalisés avec des voiles planes. Le modèle a été crée à partir d'une géométrie BIM.

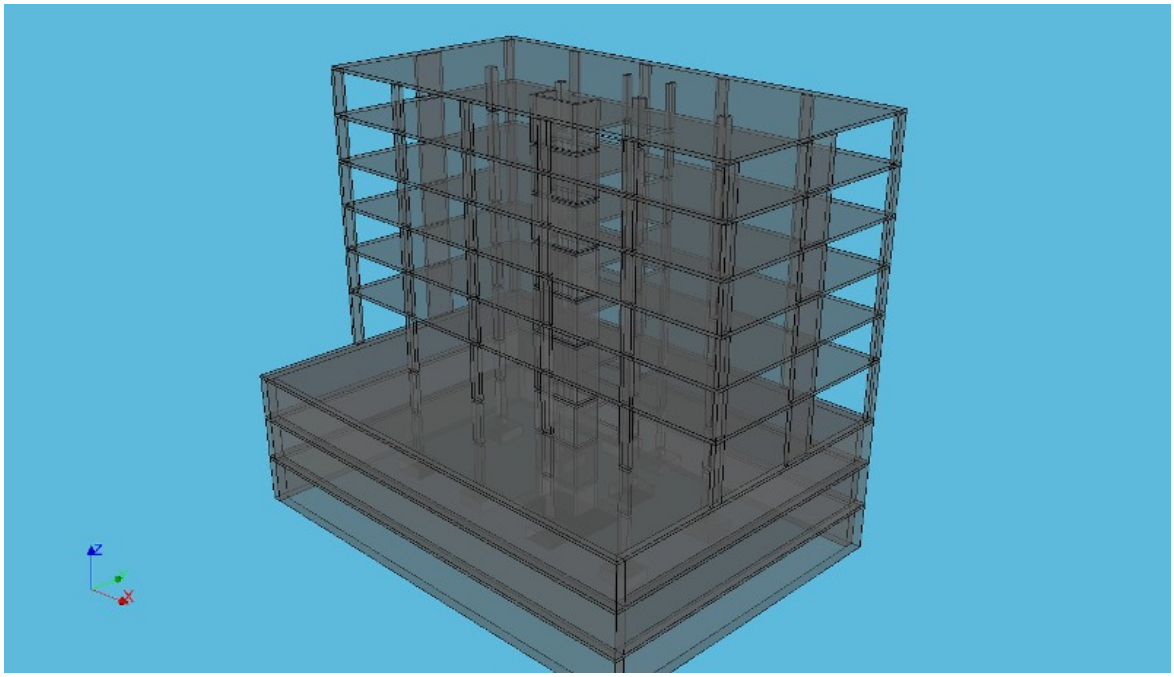


**Figure 1: Géométrie BIM de la structure**



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Sur cette base, on obtient une géométrie adaptée pour un calcul aux éléments finis (Figure 2 : Géométrie avec éléments de structure 1D et 2D).

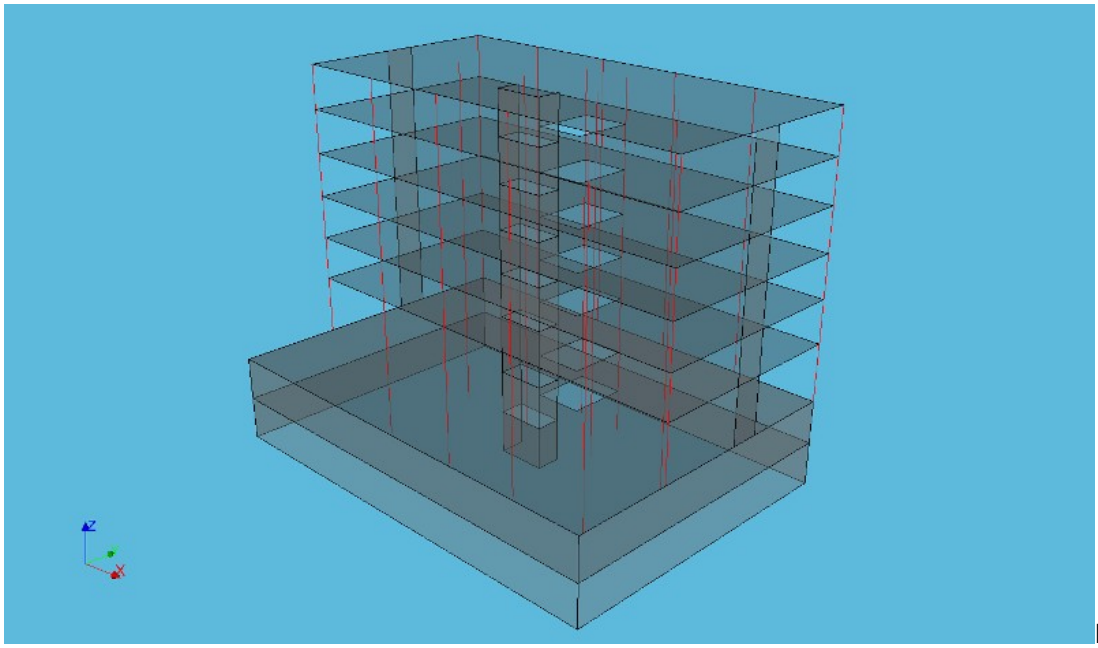


**Figure 2: Géométrie de la structure avec éléments de structure 2D et 1D.**

## 1.2 Propriétés du matériau

Le matériau est élastique isotrope dont les propriétés sont :

- $E = 30000\,MPa$
- $\nu = 0,3$

Les propriétés matériau nécessaires au calcul du ferraillage sont les suivantes (calcul effectué à l'ELU fondamental) :

- Module d'élasticité de l'acier : $E_s = 210000\,MPa$
- Enrobages inférieur et supérieur : $c_{inf} = c_{sup} = 4\,cm$
- Résistance caractéristique à la compression du béton : $f_{ck} = 35\,MPa$
- Limite élastique de l'acier (valeur caractéristique) : $f_{yk} = 450\,MPa$
- Coefficient de sécurité de l'acier (ELU fondamental) $\gamma_s = 1.15$
- Coefficient de sécurité du béton (ELU fondamental) : $\gamma_b = 1.5$

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Les voiles du groupe BOUNDARY_WALL ont été bloquées en déplacement : $DX = DY = DZ = 0$ (Figure 4.).

Les poteaux du groupe BOUNDARY_COLUMNS ont été encastrés : $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$ (Figure 3.).

Le chargement appliqué est le poids propre des planchers (groupes "GrSLAB…") en utilisant FORCE_COQUE et en considérant toujours la même épaisseur.



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Chaque étage à été calculé séparément pour générer une combinaison qui n'excite qu'un seul plancher à la fois.

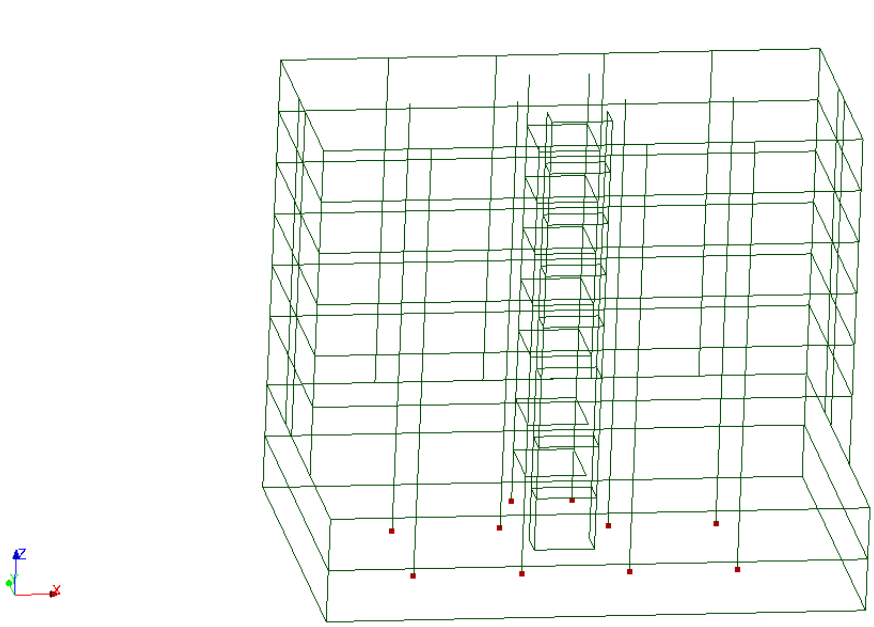



**Figure 3: Encastrement des poteaux (groupe BOUNDARY_COLUMNS)**

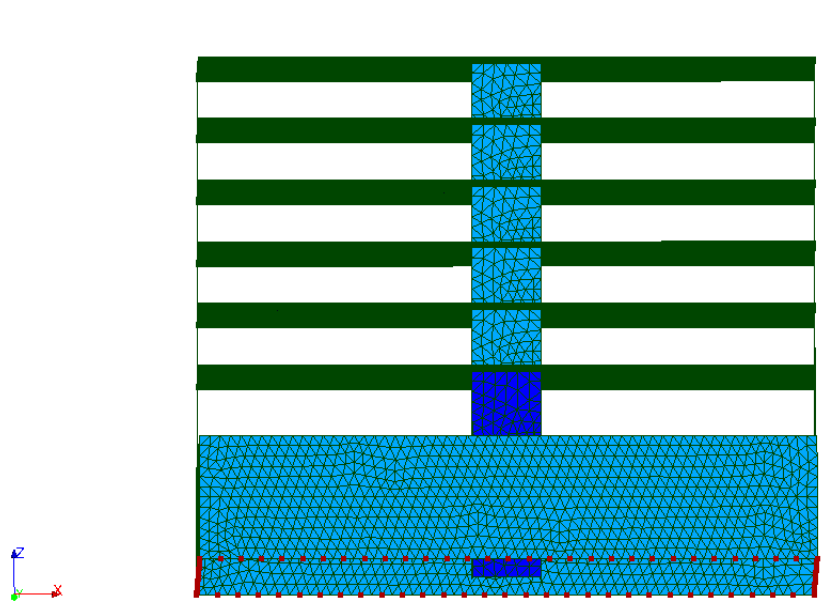



**Figure 4: Blocage des voiles (groupe BOUNDARY_WALL)**

## 1.4 Conditions initiales

La structure est initialement au repos.



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 2 Solution de référence

## 2.1 Méthode de calcul

Létude utilise indirectement CALC_FERRAILLAGE, qui exploite la méthode de calcul de densité d'armatures décrite par [2].

## 2.2 Grandeurs et résultats de référence

Propriétés des éléments surfaciques :

- Planchers, groupe GrGeomSLAB_21 : épaisseur 21 cm
- Voiles, groupe GrGeomWALL_60 : épaisseur 60 cm
- Voiles, groupe GrGeomWALL_25 : épaisseur 25 cm

Propriétés des éléments linéiques :

- Poteaux, groupe GrGeomCOLUMN_25_70, section rectangulaire : 25x70 cm
- Poteaux, groupe GrGeomCOLUMN_25_50, section rectangulaire : 25x50 cm
- Poteaux, groupe GrGeomCOLUMN_50_50, section rectangulaire : 50x50 cm

## 2.3 Incertitudes sur la solution

Solution de non régression.

## 2.4 Références bibliographiques

[1] F. Biasioli, G.Mancini, M.Just, M.Curbach, J.Walraven, S.Gmainer, J.Arrieta, R.Frank, C.Morin, F.Robert "EUROCODE 2: BACKGROUND & APPLICATIONS - DESIGN OF CONCRETE BUILDINGS, worked examples"

[2] Alain CAPRA, Jean-Francis MAURY "Calcul automatique du ferraillage optimal des plaques ou coques en béton armé"



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 3 Modélisation A

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Pour les éléments surfaciques, on utilise des éléments DKT.

Pour les éléments linéiques, on utilise des éléments POU_D_E (Poutres d'Euler-Bernoulli).

## 3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage utilise des éléments triangulaires (9372) pour les surfaces et 2496 segments pour les poutres.

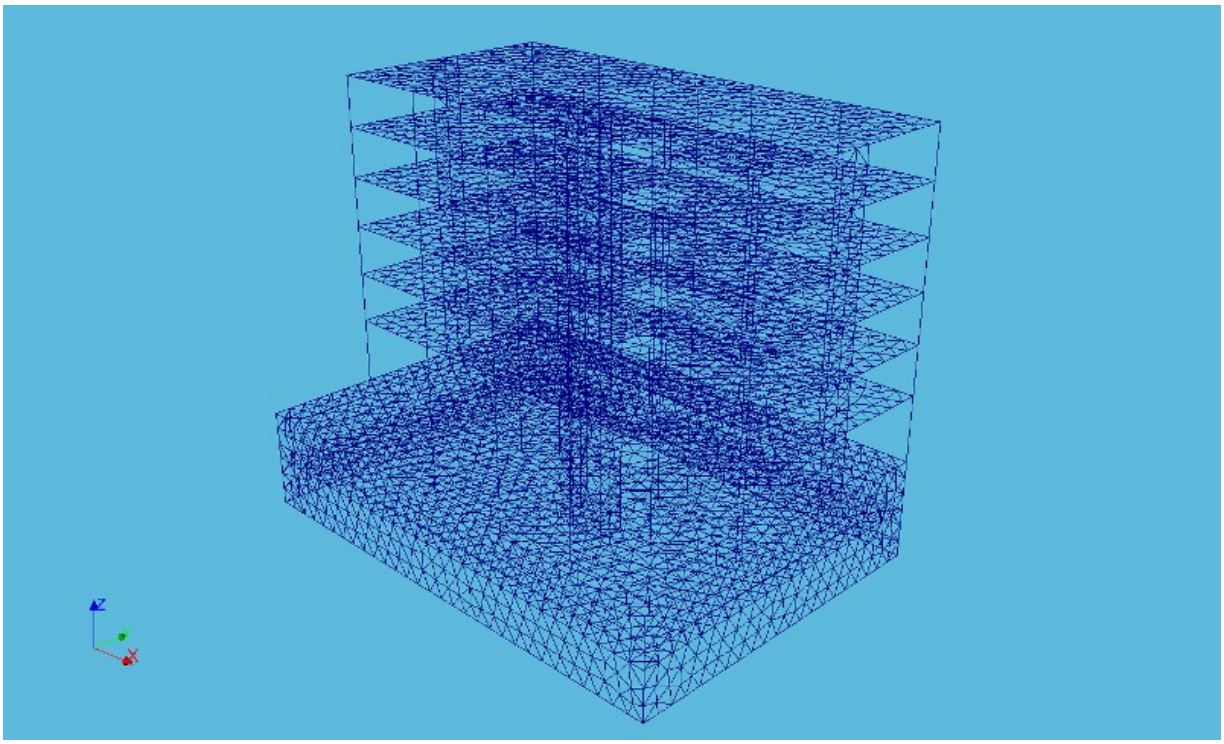


**Figure 5: Maillage de la structure**



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

## 3.3 Grandeurs testées et résultats

Les val eurs testées sont relatives à des maille s dans la même position de chaque plancher aux différents étages.

| Identification | Type de référence |
|---|---|
| Maille $M3452$ - $DNSXS$ Cas 'COMB_DIME_ACIER' | 'NON_REGRESSION' |
| Maille $M4511$ - $DNSXS$ Cas 'COMB_DIME_ACIER' | 'NON_REGRESSION' |
| Maille $M5114$ - $DNSXS$ Cas 'COMB_DIME_ACIER' | 'NON_REGRESSION' |
| Maille $M5960$ - $DNSXS$ Cas 'COMB_DIME_ACIER' | 'NON_REGRESSION' |
| Maille $M6815$ - $DNSXS$ Cas 'COMB_DIME_ACIER' | 'NON_REGRESSION' |
| Maille $M7652$ - $DNSXS$ Cas 'COMB_DIME_ACIER' | 'NON_REGRESSION' |
| Maille $M8601$ - $DNSXS$ Cas 'COMB_DIME_ACIER' | 'NON_REGRESSION' |

On vérifie aussi que la combinaison dimensionnante est bien celle du cas correspondant à chaque plancher.

| Identification | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Maille $M3452$ Cas ' COMB_DIME_ORDRE ' | 'ANALYTIQUE' | 1 | $10^{-6}$ |
| Maille $M4511$ Cas ' COMB_DIME_ORDRE ' | 'ANALYTIQUE' | 2 | $10^{-6}$ |
| Maille $M5114$ Cas ' COMB_DIME_ORDRE ' | 'ANALYTIQUE' | 3 | $10^{-6}$ |
| Maille $M5960$ Cas ' COMB_DIME_ORDRE ' | 'ANALYTIQUE' | 4 | $10^{-6}$ |
| Maille $M6815$ Cas ' COMB_DIME_ORDRE ' | 'ANALYTIQUE' | 5 | $10^{-6}$ |
| Maille $M7652$ Cas ' COMB_DIME_ORDRE ' | 'ANALYTIQUE' | 6 | $10^{-6}$ |
| Maille $M8601$ Cas ' COMB_DIME_ORDRE ' | 'ANALYTIQUE' | 7 | $10^{-6}$ |



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 4 Synthèse des résultats

Les images montrent les ferraillages calculés pour les différents cas de chargement et pour la combinaison dimensionnante.

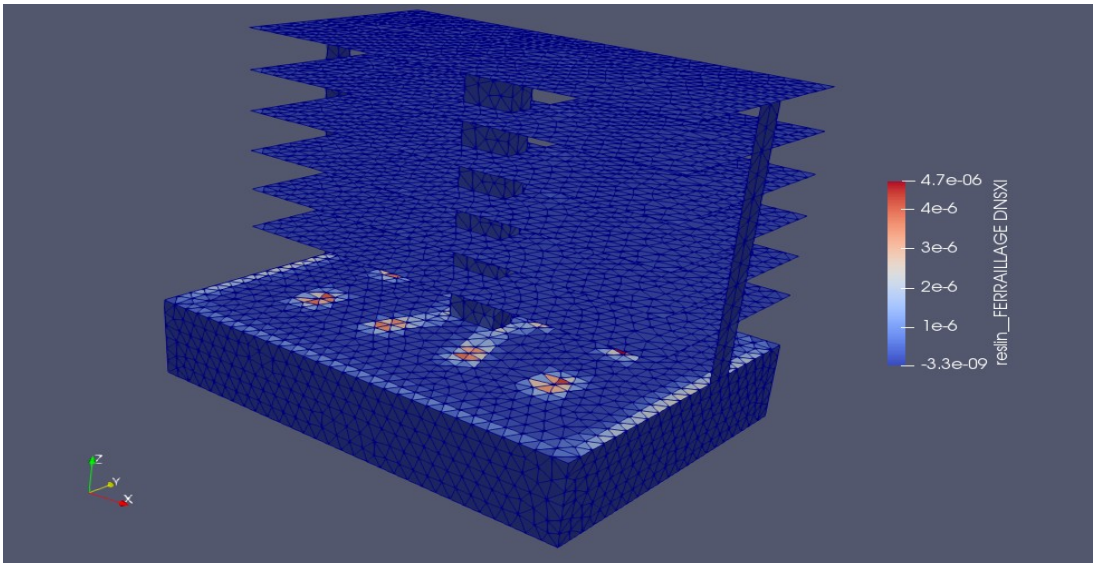



**Figure 6: Densité de ferraillage DNSXI pour le cas 1**

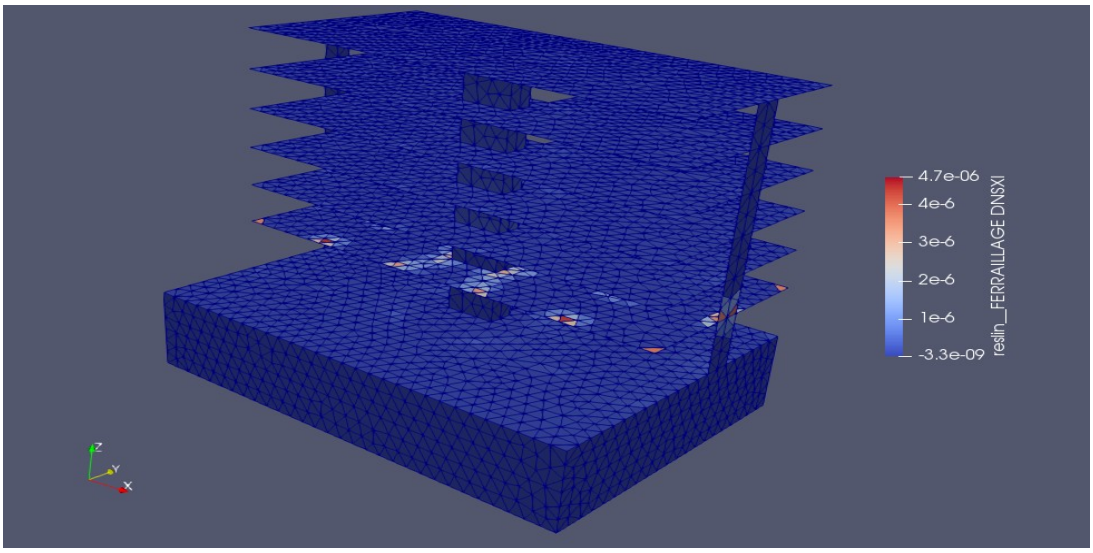



**Figure 7: Densité de ferraillage DNSXI pour le cas 2**



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

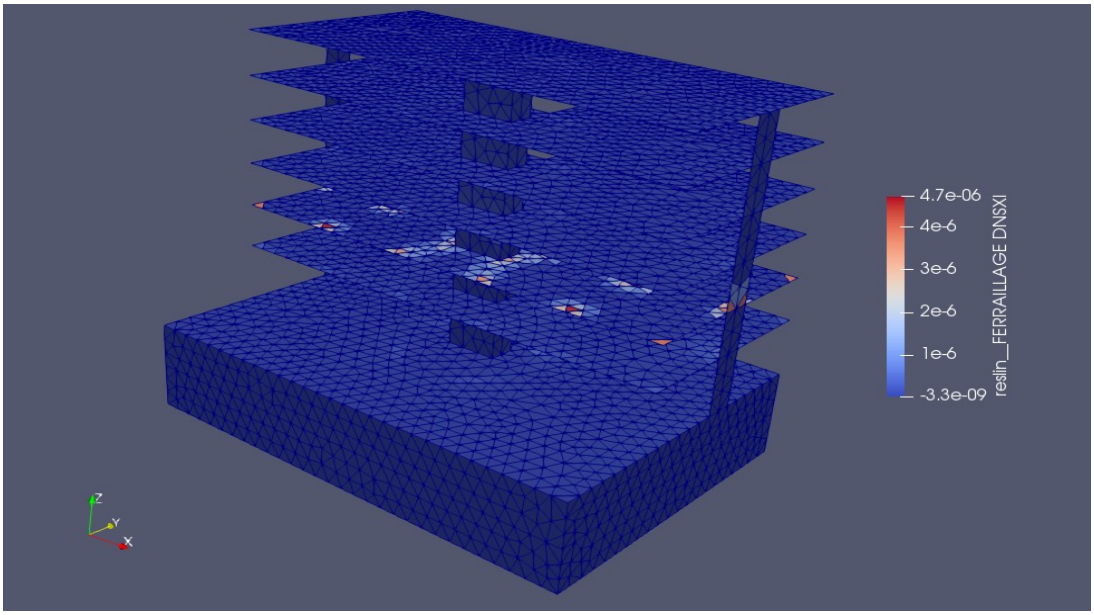



**Figure 8: Densité de ferraillage DNSXI pour le cas 3**

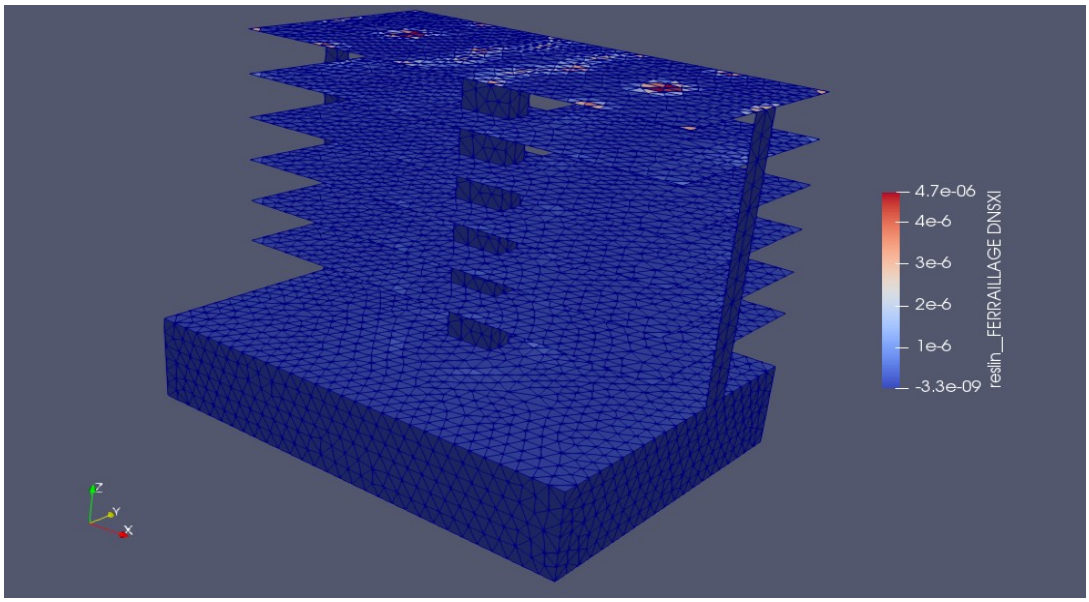



**Figure 9: Densité de ferraillage DNSXI pour le cas 7**



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

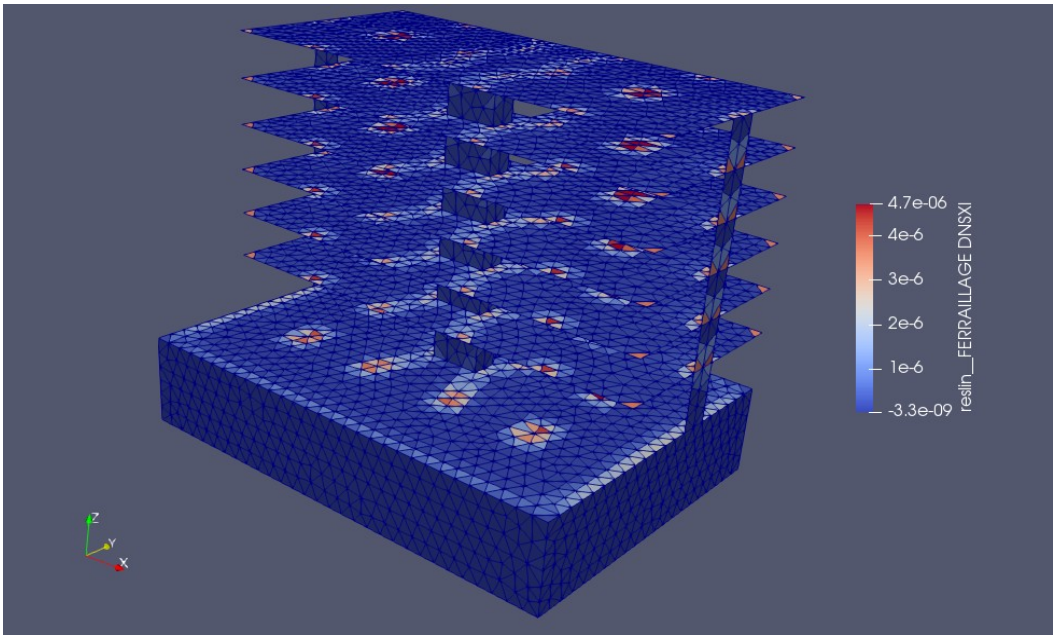



**Figure 10: Densité de ferraillage DNSXI (combinaison dimensionnante)**

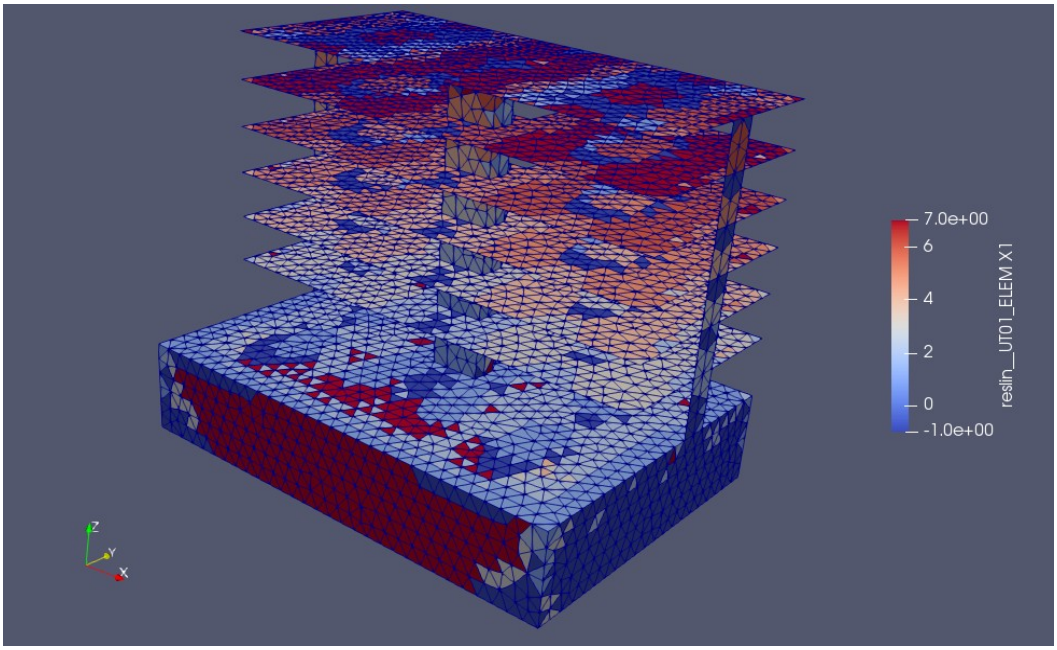



**Figure 11: Numéro d'ordre de la combinaison dimensionnante**



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)